



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA
LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**

Rubeny Daniel García Campos

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA
LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE
ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RUBENY DANIEL GARCÍA CAMPOS

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 21 de agosto de 2014.

Rubeny Daniel García Campos



Guatemala, 23 de octubre de 2014
REF.EPS.DOC.1083.10.2014

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rubeny Daniel García Campos** con carné No. **200722085**, 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 LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.**

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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
29 de octubre de 2014

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 LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rubeny Daniel García Campos, con Carnet No. 200722085, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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.

Aientamente,

CON FIDUCIA Y ENSEÑANZA A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua
/bbdeb.





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
26 de enero de 2015

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 LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rubeny Daniel García Campos, con Carnet No. 200722085, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

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





Guatemala, 17 de febrero de 2015
Ref.EPS.D.85.02.15

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 LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rubeny Daniel Garcia Campos, carné 200722085**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



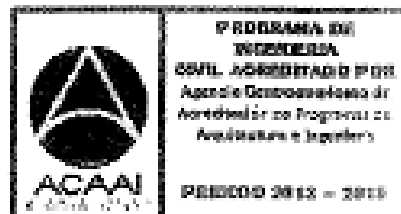
El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Rubeny Daniel García Campos, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

[Handwritten Signature]
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2015.

/bbdeb.





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ROBLAR, Y DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS COLONIA NUEVA, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Rubeny Daniel García Campos**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Angel Roberto Sic Garcia'.

Ing. Angel Roberto Sic Garcia
Decano



Guatemala, abril 2015

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por darme la vida y la bendición de poder alcanzar esta meta.
- Mis padres** Augusto García Lemus y Aracely Campos de García, por apoyarme hasta donde sus circunstancias lo permitieron.
- Mis hermanos** Briseth Aracely y Joel Augusto García Campos.
- Mis tíos** En especial Aura Marina García de Martínez y William Martínez, por su ayuda, amor y comprensión.
- Mis primos** Erick, Arnoldo, Mario Fernando y Oldrin Martínez García.
- Mis abuelos** Por el cariño y amor que me han brindado siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Pilar de la sabiduría donde forje parte de mis grandes anhelos, en especial a la Facultad de Ingeniería.

**Municipalidad de Santa
Catarina Mita, Jutiapa**

Por brindarme la oportunidad de poder realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Asesor de EPS

Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por su amistad y valiosa asesoría.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA MITA.....	1
1.1. Aspectos físicos.....	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Localización	1
1.1.3. División política.....	2
1.1.4. Población	4
1.1.5. Hidrografía	5
1.1.6. Orografía.....	6
1.2. Aspectos de infraestructura	7
1.2.1. Vías de acceso	7
1.2.2. Servicios públicos	7
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA LA ALDEA EL ROBLAR	9
2.1. Descripción del proyecto	9
2.2. Levantamiento topográfico	9
2.3. Fuente	9
2.4. Caudal de aforo	10

2.5.	Análisis de la calidad del agua	10
2.6.	Normas de diseño	10
2.6.1.	Período de diseño.....	11
2.6.2.	Población de diseño	11
2.6.3.	Dotación	12
2.7.	Cálculo de caudales	13
2.7.1.	Caudal medio diario.....	13
2.7.2.	Caudal máximo diario.....	14
2.7.3.	Caudal del bombeo.....	14
2.8.	Parámetros de diseño.....	15
2.8.1.	Presión estática	16
2.8.2.	Presión dinámica	16
2.9.	Diseño de línea de impulsión.....	17
2.9.1.	Cálculo de diámetro económico.....	17
2.9.2.	Cálculo de la potencia de la bomba.....	18
2.9.3.	Verificación de golpe de ariete.....	21
2.9.4.	Especificaciones del equipo de bombeo.....	22
2.10.	Diseño de redes de distribución	41
2.11.	Obras hidráulicas.....	45
2.12.	Sistema de desinfección.....	46
2.13.	Planos.....	48
2.14.	Mantenimiento y operación.....	48
2.15.	Cálculo tarifario.....	49
2.16.	Evaluación socioeconómica	52
2.16.1.	Valor presente neto (VPN).....	53
2.16.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	53
2.17.	Especificaciones técnicas.....	54
2.18.	Presupuesto	58
2.19.	Estudio de Impacto Ambiental (EIA).....	59

3.	DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS, COLONIA NUEVA.	63
3.1.	Descripción del proyecto	63
3.2.	Diseño arquitectónico	63
3.2.1.	Distribución de ambientes.....	64
3.3.	Estudio de suelo	64
3.3.1.	Ensayo triaxial	65
3.4.	Descripción del sistema a utilizar	68
3.4.1.	Descripción del sistema en mampostería a utilizar	68
3.4.2.	Ventajas estructurales de la mampostería reforzada.....	68
3.4.3.	Elementos del sistema de mampostería reforzada.....	69
3.4.3.1.	Mampostería.....	69
3.4.3.2.	Mortero	71
3.4.3.3.	Acero de refuerzo	72
3.4.3.4.	Amarres	73
3.5.	Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).....	73
3.6.	Tipos de carga.....	83
3.6.1.	Cargas gravitacionales	83
3.6.2.	Carga viva.....	83
3.6.3.	Carga muerta.....	83
3.7.	Método de análisis estructural del edificio	84
3.7.1.	Análisis simplista	84
3.7.2.	Procedimiento de análisis	85
3.8.	Integración de cargas	86
3.9.	Cálculo de cargas laterales	87

3.9.1.	Cálculo de esfuerzo por sismo.....	88
3.9.2.	Distribución de fuerzas por piso.....	95
3.10.	Solución por método simplista.....	96
3.10.1.	Localización del centro de masa de la estructura ...	99
3.10.2.	Localización del centro de rigidez.....	101
3.11.	Distribución de cargas y momentos en los muros	104
3.11.1.	Cálculo de esfuerzo máximo permisible	117
3.11.2.	Cálculo de esfuerzo de corte	118
3.11.3.	Cálculo de esfuerzo de tensión.....	118
3.12.	Diseño de muros críticos	119
3.13.	Diseño de losas	128
3.13.1.	Cálculo de momentos actuantes.....	129
3.13.2.	Balanceo de momentos	144
3.13.3.	Armado de losa.....	151
3.14.	Diseño de vigas interiores	153
3.15.	Módulo de gradas.....	157
3.16.	Diseño de cimentación	161
3.16.1.	Diseño del espesor del cimiento.....	163
3.16.2.	Diseño de área de acero requerido	165
3.17.	Presupuesto	174
3.18.	Estudio de Impacto Ambiental (EIA).....	176
CONCLUSIONES		179
RECOMENDACIONES.....		181
BIBLIOGRAFÍA.....		183
APÉNDICE.....		185
ANEXOS		187

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de Santa Catarina Mita.....	2
2.	Censo de población.....	4
3.	Mapa de cuenca hidrográfica.....	5
4.	Precipitación en milímetros por año.....	6
5.	Momentos actuantes en la losa.....	30
6.	Muro de tanque de distribución.....	36
7.	Mapa de zona sísmica.....	76
8.	Muros estructurales primer nivel.....	97
9.	Muros estructurales segundo nivel.....	98
10.	Centro de masa losa de entrepiso.....	102
11.	Centro de masa losa de techo.....	112
12.	Relación modular.....	121
13.	Detalle de columnas.....	122
14.	Detalle de soleras.....	124
15.	Losas de entrepiso.....	130
16.	Losas de techo.....	139
17.	Armado de viga primer nivel.....	155
18.	Armado de viga segundo nivel.....	156
19.	Diagrama de momento para módulo de gradas según ACI-318.....	160
20.	Detalle de cimiento corrido.....	166

TABLAS

I.	División política	3
II.	Carga dinámica total de diámetros propuestos	27
III.	Cargas actuantes en el muro de tanque de distribución	37
IV.	Datos para asumir capacidad soporte del suelo	39
V.	Cálculo hidráulico de redes de distribución	42
VI.	Presupuesto de abastecimiento de agua potable	59
VII.	Matriz de impacto ambiental	60
VIII.	Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi	67
IX.	Proporciones del mortero por volumen	72
X.	Índice de sismicidad.....	75
XI.	Nivel mínimo de protección sísmica requerida.....	76
XII.	Clasificación por tipo de estructura	78
XIII.	Redundancia estructural q1 según número de tramos.....	80
XIV.	Número de ejes estructurales (índice q2)	80
XV.	Configuración en planta	82
XVI.	Guía para establecer la estructuración sismo resistente de una edificación	88
XVII.	Período de vibración	90
XVIII.	Función de ampliación dinámica.....	91
XIX.	Factor de reducción de respuesta sísmica.....	91
XX.	Distribución de la fuerza de sismo por piso.....	95
XXI.	Momentos de volteo por piso	96
XXII.	Primer nivel de muros en sentido X	99
XXIII.	Primer nivel de muros en sentido Y	100
XXIV.	Centro de masa de entrepiso	102
XXV.	Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido x-x.....	105

XXVI.	Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido x-x.....	106
XXVII.	Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido y-y.....	107
XXVIII.	Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido y-y.....	108
XXIX.	Resultados finales del primer nivel sentido x-x	109
XXX.	Resultados finales del primer nivel sentido y-y	109
XXXI.	Segundo nivel de muros en sentido x	110
XXXII.	Segundo nivel de muros en sentido y	110
XXXIII.	Centro de masa losa de techo	111
XXXIV.	Resultados de análisis de mampostería en segundo nivel sentido x – x.....	113
XXXV.	Resultados de análisis de mampostería en segundo nivel sentido x – x.....	114
XXXVI.	Resultados de análisis de mampostería en segundo nivel sentido y – y.....	114
XXXVII.	Resultados finales del segundo nivel sentido x – x.....	115
XXXVIII.	Resultados finales del segundo nivel sentido y - y	115
XXXIX.	Resultados finales de primer nivel en ambas direcciones de sismo	116
XL.	Resultados finales de segundo nivel en ambas direcciones de sismo.....	117
XLI.	Resumen de acero necesario para muros de primer nivel en ambos sentidos.....	126
XLII.	Distribución de refuerzo horizontal en muros primer nivel	127
XLIII.	Distribución de refuerzo vertical en muros primer nivel	128
XLIV.	Unidades de descarga y diámetros mínimos del sifón y derivación	168

XLV.	Probabilidad en gasto por Método de Hunter	169
XLVI.	Diámetros de derivación en colector.....	170
XLVII.	Corriente y potencia de acuerdo a calibre AWG	174
XLVIII.	Presupuesto de edificio administrativo.....	175
XLIX.	Matriz de impacto ambiental	176

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Ao	Aceleración máxima efectiva del terreno
CM	Carga muerta
CU	Carga última
CV	Carga viva de diseño
Qs	Caudal simultáneo
Cm	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
PVC	Cloruro de polivinilo
C	Coefficiente de fricción hidráulica de la tubería
Cs	Coefficiente sísmico de diseño
CMD	Consumo máximo diario
CMH	Consumo máximo horario
Vb	Corte basal
CT	Cota del terreno
Δ	Deformación
\emptyset	Diámetro comercial de la tubería
f_m	Esfuerzo básico de ruptura de la mampostería
e	Excentricidad
Q	Factor de calidad sismoresistente
R	Factor de reducción
Ro	Factor genérico de reducción de respuesta sísmica
D(T)	Función de ampliación dinámica
Io	Índice de sismicidad del sitio

q1-q7	Índices de calidad
kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
E	Módulo de elasticidad de compresión
Fy	Módulo de elasticidad del acero
Ev	Módulo de elasticidad en corte
I	Momento de inercia en dirección de la deformación
Ta	Período de vibración que define el espectro de sísmico de diseño.
T	Período fundamental de vibración de la estructura
f'c	Resistencia del concreto a compresión a los 28 días

GLOSARIO

Aforo	Medida de volumen de agua que circula en una sección o corriente por unidad de tiempo.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Agua potable	Agua sanitariamente segura y agradable a los sentidos.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.
Caudal	Volumen de agua expresado generalmente en litros sobre unidad de tiempo (segundos).
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Derivas	Deformación postelástica desarrolladas en una estructura después de varias excursiones fuera del rango elástico.
Diafragma rígido	Está constituido por las losas de concreto reforzado y son capaces de transmitir las fuerzas horizontales de corte a los elementos verticales en proporción a la rigidez de los mismos, además son capaces de transmitir las fuerzas rotacionales causadas por la

excentricidad de la masa con respecto al centro de rigidez de la estructura.

Dotación	Cantidad de agua en litros asignada a un usuario o habitante en un día.
Excentricidad	Distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez.
Fuente	Lugar donde se realiza la toma de agua para abastecimiento de la comunidad.
Grava	Acumulaciones sueltas de fragmentos de roca, que tienen más de 2 milímetros de tamaño.
Hipoclorador	Instrumento que sirve para la dosificación de pequeñas cantidades de hipoclorito de calcio en la entrada de un tanque de distribución de agua potable.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
Mampostería reforzada	Está conformada por muros construidos con piezas prismáticas de piedra artificial, macizas o con celdas, unidas con mortero, y reforzadas con concreto y acero ya sea confinado o integral.

RESUMEN

El primer proyecto consiste en el diseño del sistema de agua potable por bombeo para la aldea El Roblar, municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa. Esta aldea carece de un sistema de agua potable propio. Por medio de gestiones administrativas de la Municipalidad y el INFOM UNEPAR, se realizó la perforación de un pozo profundo de 220 metros (720 pies), con tubería de acero negro de 8 pulgadas de diámetro interno, un nivel dinámico de 212 metros y un nivel estático de 188 metros de profundidad.

Se realizó la prueba de bombeo para determinar el caudal del pozo, el cual es de 30 galones por minuto en un aforo de 24 horas, por medio de un sistema de bombeo el agua será conducida a la parte más alta de la aldea, con una diferencia de altura de 90 metros medidos de la boca del pozo al tanque de almacenamiento para su posterior distribución por gravedad, beneficiando así a la población en un período de diseño de 22 años.

El segundo proyecto consiste en el diseño estructural y planificación de un edificio administrativo, el cual es necesario para lograr la integración de las áreas administrativas y salones de clases de las dos casas de estudio que laboran dentro del complejo arquitectónico educativo municipal, la Universidad Mariano Gálvez y la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este proyecto beneficiará a la población estudiantil, acortando las distancias de desplazamiento entre un edificio y otro, además del adecuado funcionamiento de las instalaciones de servicio educativo.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de agua potable para la aldea El Roblar, y un edificio para uso administrativo de las casas de estudios superiores que ejercen dentro del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa.

Específicos

1. Diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable para mejorar las condiciones de vida, la economía e incrementar el desarrollo en la aldea El Roblar, Santa Catarina Mita, Jutiapa.
2. Realizar pruebas de laboratorio para determinar las características del agua a utilizar y así evitar enfermedades gastrointestinales, las cuales afectan a la población por abastecerse de fuentes contaminadas.
3. Capacitar a la comunidad de la aldea El Roblar para evitar gastos innecesarios, debido a la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable a instalarse en la comunidad.
4. Realizar el diseño estructural en mampostería reforzada según normas correspondientes.

5. Diseñar espacios adecuados para el desarrollo de las actividades administrativas de las dos casas de estudio superior que se encuentran en el casco urbano, Santa Catarina Mita, Jutiapa.

INTRODUCCIÓN

El agua como componente principal de la vida humana es un elemento indispensable para el bienestar social y desarrollo económico de un país. Este es un recurso limitado que debe ser cuidado y aprovechado de manera racional. Para hacer uso de este vital líquido, cada vez se requiere mayor capital humano, equipo especializado, recursos económicos, entre otros. Para beneficiar a toda la población es necesario explotar cualquier fuente de abastecimiento de agua, por ejemplo: la perforación de pozos profundos, elevando así los costos de producción.

Según estudios realizados por el Instituto de Fomento Municipal el agua superficial se ha agotado en un 75 por ciento en las áreas rurales del territorio guatemalteco o no es suficiente para satisfacer la demanda del vital líquido. Debido al crecimiento de la comunidad en estudio es factible perforar un pozo mecánico profundo como fuente de abastecimiento y bombear el agua a la parte más alta de la aldea El Roblar, para su posterior distribución por gravedad.

En el interior del casco urbano del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa es necesario crear áreas y espacios apropiados para fortalecer la infraestructura. Por ello se priorizó el diseño estructural y planificación de un edificio que contemple las actividades administrativas de las dos casas de estudio que laboran dentro del complejo arquitectónico del Centro de Estudios Superiores Municipales, para mejorar la capacidad y calidad en el préstamo de servicios educativos que satisfagan la necesidad y demanda de la población estudiantil dentro del municipio.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SANTA CATARINA MITA

1.1. Aspectos físicos

Son todos los aspectos específicos de la comunidad, estos son: ubicación geográfica, división política, población, hidrografía y orografía, que determinan el comportamiento del municipio.

1.1.1. Ubicación

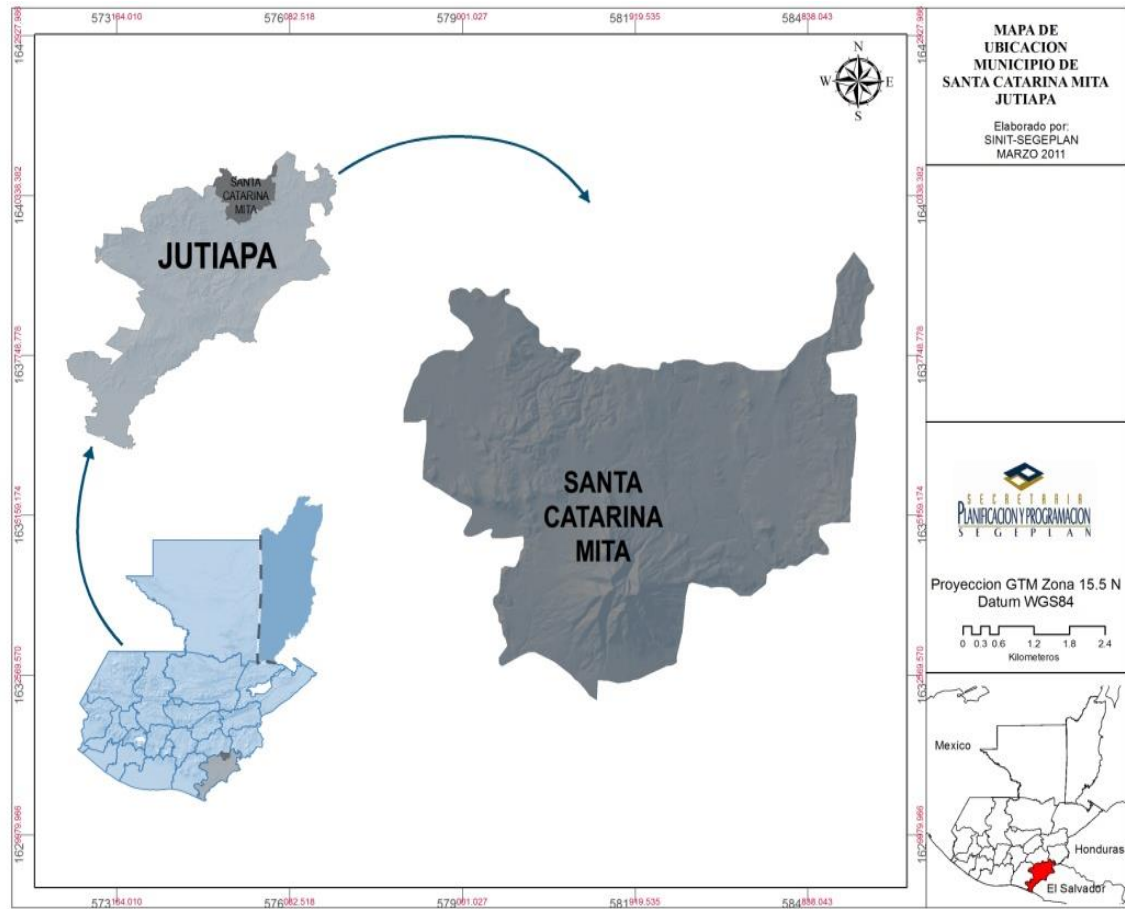
El municipio de Santa Catarina Mita se encuentra ubicado en el departamento de Jutiapa, República de Guatemala, a una distancia de 154 kilómetros de la ciudad capital, y a 34 kilómetros de la cabecera departamental.

La cabecera municipal está cercana a las faldas del volcán Suchitán, motivo por el cual el trazo de sus calles se inclina de sur a norte, por lo general el terreno del municipio es quebrado y pedregoso, lleno de lomas y depresiones que rara vez forman pequeñas planicies.

1.1.2. Localización

La cabecera municipal cuenta con 132 kilómetros cuadrados, se localiza en la latitud 14° 27' 02" norte y en la longitud 89° 44' 34" oeste, ubicado a una altura de 700 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con San Manuel Chaparrón (Jalapa), al este con Agua Blanca, (Jutiapa), al sur con Asunción Mita y El Progreso (Jutiapa), al oeste con El Progreso (Jutiapa) y Monjas (Jalapa).

Figura 1. **Mapa de Santa Catarina Mita**



Fuente: SEGEPLAN 2011.

1.1.3. **División política**

El municipio de Santa Catarina Mita está conformado por barrios: El Centro, El Barreal, La Javía, La Ermita, Valle Nuevo, El Tamarindo, Santa Elena, Colonia Nueva, Colonia Vista Hermosa y Colonia Osorio Rodríguez; además de 20 aldeas y 25 caseríos; con un total de 46 comunidades pobladas.

Tabla I. División política

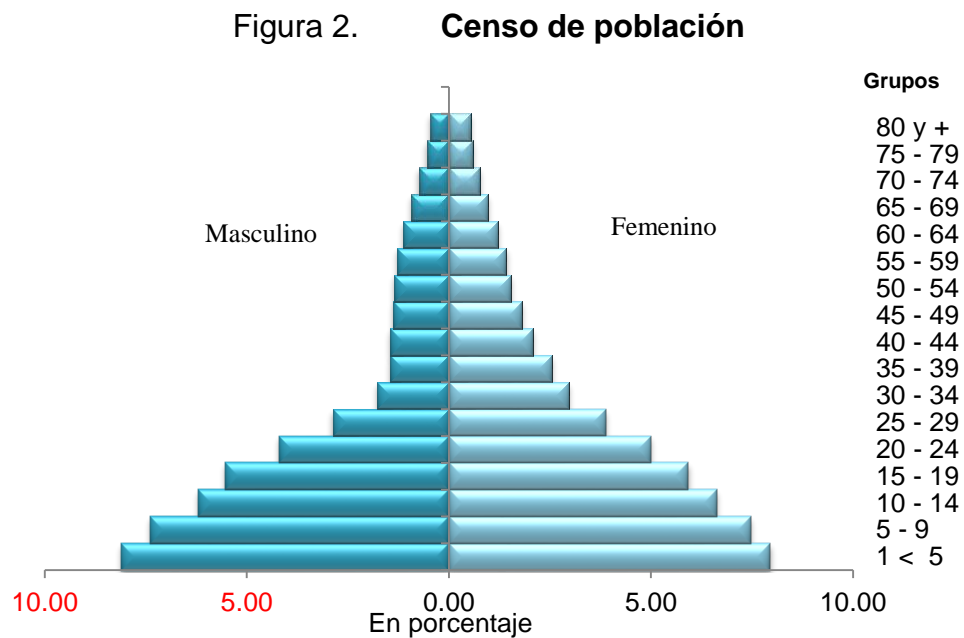
N°	Aldeas	Kilómetros
1	Aldea Nueva	9
2	Horcones	6
3	Suchitán	11
4	Cuesta del Guayabo	13
5	El Limón	15
6	Buena Vista	5
7	El Quebracho	8
8	El Rodeo	6
9	La Barranca	2,5
10	Jocote Dulce	21
11	Las Lajas	13
12	Llano de Chinchilla	2
13	Zorrillos	5
14	Magueyes	20
15	Santa Rosa	13
16	Zacuapa	8
17	Carbonera	17
18	san Nicolás	5
19	La Arada	9
20	Sabanetas	11
N°	Caserios	
1	La Unión	8
2	La Aradita	7
3	Llano del Lagarto	6
4	Laguna de Retana	13
5	Los Quintana	13
6	El Jocotillo	7
7	El Roblar	8
8	El Mezcal	10
9	Los Aguilares, González y Montoyas	7
10	Los Chilamates	12
11	Uluma	25
12	Corinto	25
13	Laguna de San Pedro	21
14	El Guapinol	4
15	La Montañita	17
16	Los Tenas	18
17	Cuesta Los Ambrocios	6
18	Los Sandoval	7
19	El Brasil	5
20	San Jorge	22
21	San Vicente	9
22	Llano de San Vicente	8
23	Cuesta de García	3
24	La Tuna	15
25	El Puente	2
N°	Fincas / Haciendas	
1	San Isidro	8
2	San Miguel	9
3	El Coco (hacienda)	7

Fuente: PEP 2005-2013.

1.1.4. Población

La Dirección Municipal de Planificación en su censo en 2010, registra una tasa de crecimiento poblacional de 2,8 por ciento, con ello la proyección al 2010 fue de 29 264 con base en el censo 2002 y para el 2025 se proyecta una población de 44 282.

Los residentes en el área urbana son 11 413, equivalente al 39 por ciento y 17 851 habitantes en el área rural, equivalente al 61 por ciento, esto demuestra mayor concentración de población en el área rural; la composición de la población por grupo étnico es de 23 782 no indígena, equivalente al 99,54 por ciento e indígena equivalente al 0,46 por ciento, principalmente de la etnia maya y xinca; la densidad poblacional del municipio es de 178 habitantes por kilómetro cuadrado. Santa Catarina Mita constituye el tercer municipio más poblado del departamento de Jutiapa.

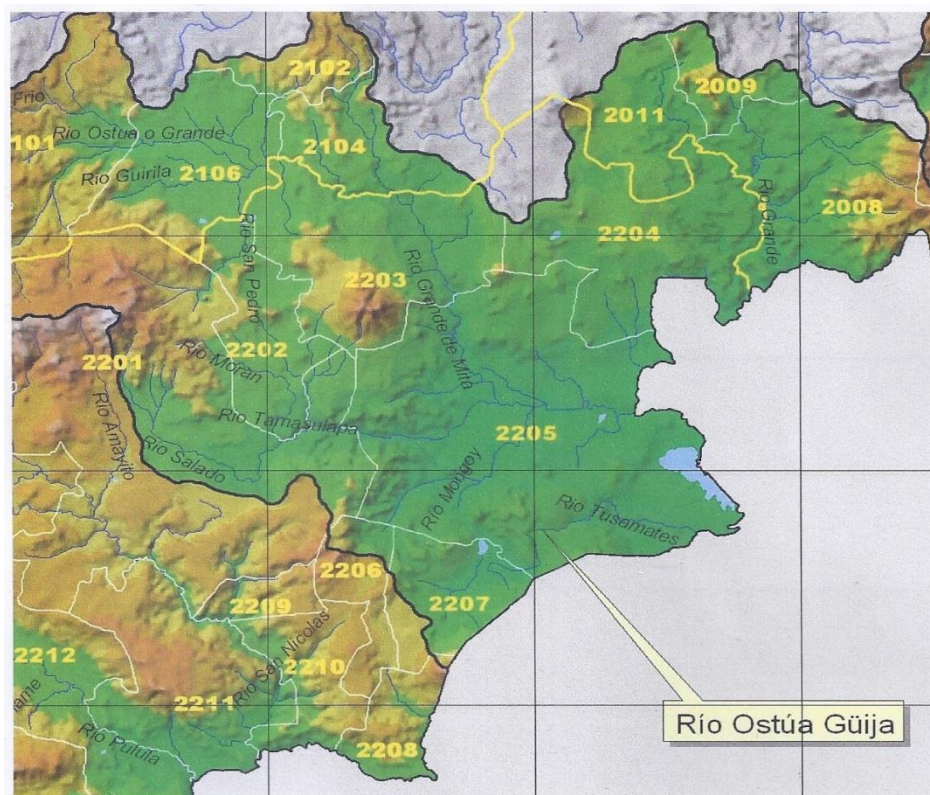


Fuente: XI Censo de Población del Instituto Nacional de Estadística (INE), 2002.

1.1.5. Hidrografía

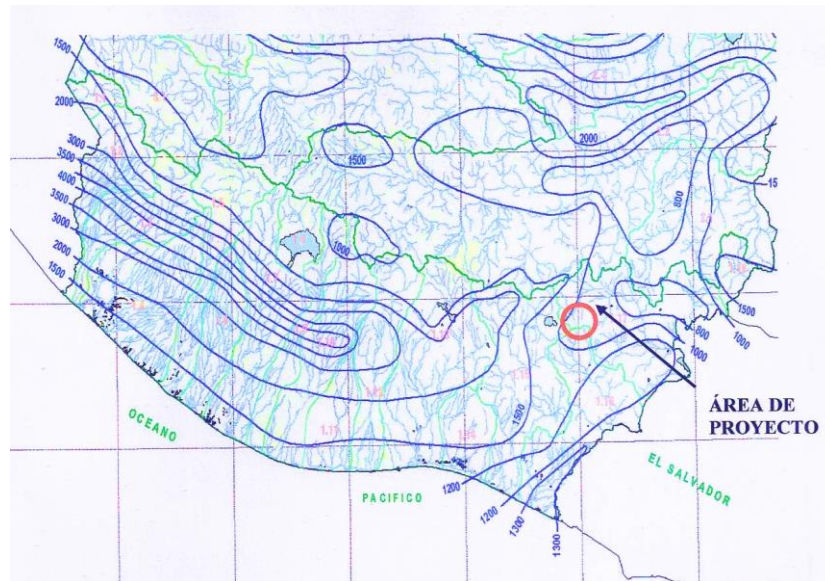
La zona hidrográfica en la que se encuentra ubicada el área de influencia pertenece a la cuenca del río Ostua-Güija 2203 (ver figura 3), donde los niveles de precipitación están en los 800 a 1 000 milímetros al año (ver figura 4). El área de estudio de acuerdo al mapa geológico se encuentra en zona predominante volcánica como lava basáltica y pómez, de acuerdo al tipo de roca sedimentaria de la región se pueden encontrar uno o varios acuíferos dentro de los primeros 200 metros de profundidad que son susceptibles de ser explotados como fuente de agua potable.

Figura 3. Mapa de cuenca hidrográfica



Fuente: Programa de Desarrollo de Aguas Subterráneas en Áreas Rurales, UNEPAR.

Figura 4. Precipitación en milímetros por año



Fuente: Programa de Desarrollo de Aguas Subterráneas en Áreas Rurales, UNEPAR.

1.1.6. Orografía

Los terrenos son generalmente quebrados, con pendientes que oscilan entre 10 por ciento y 30 por ciento, solamente se indican suelos regularmente planos en aldea Jocote Dulce y alrededores, una buena parte de la aldea Las Aradas, Jocotillo y en menos proporción en El Rodeo. La gran superficie que cubren los cerros conlleva a pendientes arriba del 60 por ciento.

El municipio se encuentra en la depresión norte-oriental del volcán Suchitán, el cual presenta cinco picos importantes, los más mencionados son el San Jacinto entre Zacuapa y Quebracho y el Mataltepe entre Quebracho, Horcones y Suchitán. Otros picos de este volcán son el cerro Chino, el Mataltepe, La Bandera, La Montaña de Suchitán, y otra serie de cerros con variados nombres, generalmente como Los Roblares.

Al nororiente se reconocen el Cerro de Ixtepeque y el Bonete, en las aldeas como La Lomita, Cerro El Pinal de los Mazariegos, Cerro de la Cruz, La Huehuecha, Cerro Bendito, La Loma de Don Baudilio en Horcones; Los Fusiles y El Cementerio en Cuesta de Guayabo; Los Pinales y el Divisadero, en Arada; Las Flores y Calderas, en Sabanetas; Los Pinales entre Jocote Dulce y San Jorge; Cerrito Colorado en Buena Vista; Las Lomas en la Barranca; La Nicha y Cañas Viejas en El Guapinol y San Vicente en Santa Rosa.

1.2. Aspectos de infraestructura

Es el factor fundamental del proceso histórico y determina en última instancia el desarrollo y cambio social; dicho de otro modo, cuando cambia la infraestructura, cambia el conjunto de la sociedad respecto a las relaciones sociales, el poder y las instituciones.

1.2.1. Vías de acceso

La arteria principal que conduce al municipio es la carretera Interamericana CA-1 teniendo dos ramales: uno el antiguo camino de terracería, que se desprende de la cabecera municipal de El Progreso, haciendo un recorrido de 16 kilómetros y pasando por las comunidades de Cuesta del Guayabo, Suchitán, aldea Nueva, Horcones y algunos caseríos. El ramal dos, carretera asfaltada CA-1 hasta llegar al kilómetro 135 en el cruce llamado La Arenera.

1.2.2. Servicios públicos

Santa Catarina Mita cuenta con la mayoría de los servicios básicos en salud, educación, transporte urbano y extraurbano, agua, energía eléctrica, red

vial, sin embargo, aún hace falta una mayor cobertura para satisfacer las necesidades de toda la población. Presenta una dinámica social muy importante en aspectos educativos, en la salud, organización, participación y seguridad ciudadana.

Los servicios de salud son prestados a través del centro de salud que se encuentra ubicado en la cabecera municipal, y 6 puestos de salud localizados en las aldeas La Barranca, Jocote Dulce, Aldea Nueva, Carbonera, El Limón y Horcones. La prestación de servicios en cuanto a educación actualmente, los indicadores manifiestan que, ha aumentado el índice de alumnos en los diferentes niveles educativos, así como la mayor parte de comunidades cuentan con establecimientos educativos a nivel pre-primaria y primaria.

Se cuenta con una extensión de la Universidad de San Carlos de Guatemala donde funciona la carrera de Pedagogía, y la Universidad Mariano Gálvez cuenta con las carreras de Ingeniería Industrial, Pedagogía y Administración Educativa, esta última también tiene presencia de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. El nivel de analfabetismo es bajo siendo el 25 por ciento de la población estudiantil, la movilidad en educación tiene más afluencia hacia la cabecera municipal, esto indica que se tiene mayor cobertura en todos los niveles.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA LA ALDEA EL ROBLAR

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en la introducción de un sistema de agua potable por bombeo para su posterior distribución por gravedad, la fuente utilizada será un pozo profundo perforado anteriormente por el Instituto de Fomento Municipal (INFOM); este abastecerá a los 238 habitantes actualmente, así como a una población futura en un período de diseño de 22 años. Debido a lo quebrado del terreno se diseñará una red de distribución abierta para poder cumplir con todas las conexiones domiciliarias de la aldea El Roblar.

2.2. Levantamiento topográfico

Se utilizó un sistema de poligonal abierta, tanto en la línea de conducción como en la línea de distribución de la comunidad, debido a la dispersión de las viviendas, así como la altimetría del lugar para saber la diferencias de altura en puntos de interés.

2.3. Fuente

La fuente provee de agua en cantidad y calidad suficiente al sistema, que debido a características topográficas hace difícil encontrar fuentes del vital líquido superficial, el recurso más próximo es un pozo mecánico con la que cuentan para abastecerse de agua. El pozo tiene una profundidad de 720 pies y posee una tubería de acero negro de 8 pulgadas de diámetro interno, el cual se

encuentra ubicado en la cota 1 105,67, el nivel estático en la cota 917,67 y un nivel dinámico en la cota 893,67.

2.4. Caudal de aforo

El aforo incluye una prueba de bombeo de larga duración (24 horas) con su respectiva recuperación e interpretación de los parámetros hidráulicos (90 por ciento del nivel estático original). El resultado del aforo realizado fue de 30 galones por minutos.

2.5. Análisis de la calidad del agua

Es un dato esencial para el diseño, ya que el agua de mala calidad debe ser sometida a tratamiento para hacerla potable a los humanos. La calidad del agua depende de factores fisicoquímicos y bacteriológicos que deben cumplir ciertos parámetros para determinar el tipo de tratamiento que deberá utilizarse o la ausencia del mismo. La calidad del agua para el consumo humano está regida por las acciones del sector de salud pública y por la Norma COGUANOR 4010.

2.6. Normas de diseño

Las normas garantizan la unidad de criterios dispersos que buscan sentar la base de la interoperabilidad de un sistema de procesos o de un producto, en este caso el diseño y construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable.

2.6.1. Período de diseño

Es el tiempo estimado en el cual el servicio será efectivo para la población de diseño. Para determinar este tiempo se tomó en cuenta el período de vida útil de los materiales y el tipo de proyecto, que será de un máximo de 22 años.

2.6.2. Población de diseño

Para la estimación de la población de diseño se requiere un cálculo aproximado de la población a servir, debido a que presenta variaciones en el tiempo que se debe a factores como crecimiento poblacional, tasa de natalidad, mortalidad, inmigración y emigración. Para realizar la estimación se utilizará el método de crecimiento geométrico, el cual se describe a continuación:

$$P_f = P_{act.}(1+R)^n$$

Donde:

P_f = población futura

$P_{act.}$ = población actual

R = tasa de crecimiento poblacional

n = vida útil del proyecto

Se determinó una población actual de 238 habitantes y la tasa de crecimiento poblacional de 2,8 por ciento (según INE), se sustituyen los datos así:

$P_{act.}$ = 238 habitantes

R = 0,028

n = 22 años

$$P_f = 238 \times (1+0,028)^{22}$$

$$P_f = 437 \text{ habitantes}$$

2.6.3. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día. Para la elección adecuada de la dotación deberán tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Clima
- Nivel de vida
- Actividades productivas
- Calidad y cantidad del agua
- Servicios comunales o públicos
- Facilidad de drenajes
- Administración del sistema

Si los hubiere, deberán tomarse en cuenta estudios de demanda de la población o poblaciones similares. A falta de esto se tomarán los siguientes:

- Servicio a base de llena cántaros exclusivamente: 30 a 60 litros por habitante por día.
- Servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales: 60 a 90 litros por habitante por día.
- Servicio exclusivo de conexiones prediales fuera de la vivienda: 60 a 120 litros por habitante por día.
- Servicio de conexiones intradomiciliares con opción a varios grifos por vivienda: 90 a 170 litros por habitante por día.

- Servicio de pozo excavado o hincado con bomba manual mínimo: 20 litros por habitante por día.
- Servicios de aljibes: 20 litros por habitante por día.

Debido a los factores observados anteriormente se eligió una dotación de 110 litros por habitante por día.

2.7. Cálculo de caudales

El caudal de diseño es el que se necesita transportar en la tubería; tanto en la línea de conducción como en la línea de distribución, siendo de suma importancia para el desempeño del funcionamiento del sistema y abastecimiento de la población.

2.7.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario se obtiene del producto de la dotación adoptada según el requerimiento de la comunidad por el número de habitantes, que se estiman al final del período de diseño.

$$\bar{Q}_{md} = \frac{P_f \cdot \text{dotación}}{86\,400}$$

Donde:

\bar{Q}_{md} = caudal medio diario

P_f = población futura

$$\bar{Q}_{md} = \frac{437 \text{ hab} \times 110 \text{ l/hab/día}}{86\,400}$$

$$\bar{Q}_{md} = 0,56 \text{ litros/segundos}$$

2.7.2. Caudal máximo diario

El consumo máximo diario o caudal de conducción, es el mayor consumo que se da en un día al año. Este será el producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor que oscile entre 1,2 y 1,5, para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes y 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes. Se utilizó para el proyecto el factor de 1,5.

$$\bar{Q}_{MD} = Q_{md} \times FMD$$

Donde:

\bar{Q}_{MD} = caudal máximo diario

\bar{Q}_{md} = caudal medio diario

FMD = factor máximo diario

$$\bar{Q}_{MD} = 0,56 \text{ l/s} \times 1,5$$

$$\bar{Q}_{MD} = 0,84 \text{ litros/segundos}$$

2.7.3. Caudal del bombeo

Es la cantidad de agua por unidad de tiempo (Q_b) que se necesita bombear y que se requiere para abastecer a la comunidad, la cual se calcula con la siguiente expresión:

$$\bar{Q}_b = \frac{QMD \times 24 \text{ horas}}{\text{horas de bombeo}}$$

Donde:

\bar{Q}_b = caudal de bombeo

\bar{Q}_{MD} = caudal máximo diario

Horas de bombeo = 11 horas diarias

Se recomienda un uso máximo de la bomba por día de 12 horas para motores diésel y de 18 horas para motores eléctricos.

$$\bar{Q}_b = \frac{0,84 \text{ l/s} \times 24 \text{ horas}}{11 \text{ horas}}$$

$$\bar{Q}_b = 1,83 \text{ litros/segundos}$$

Teniendo el caudal de bombeo se debe verificar que el caudal disponible sea suficiente para satisfacer la demanda.

Entonces el $Q_{aforo} > Q_{bombeo}$

$$1,90 \text{ litros/segundos} > 1,83 \text{ litros/segundos}$$

El caudal de bombeo requerido es menor que el caudal que proporciona la fuente, por lo cual cumple con el diseño.

2.8. Parámetros de diseño

Son reglas o criterios utilizados como referencia para el dimensionamiento de tuberías y otro tipo de obras relacionados con el diseño de sistemas de agua potable y sistemas de saneamiento en una comunidad rural.

Las velocidades máximas y mínimas para la línea de conducción son las siguientes:

- Velocidad mínima: 0,60 metros/segundo
- Velocidad máxima: 3,00 metros/segundo

Velocidad para la línea de distribución:

- Velocidad mínima: 0,40 metros/segundo
- Velocidad máxima: 3,00 metros/segundo

2.8.1. Presión estática

Es la presión que soporta la tubería cuando el líquido está sin movimiento o en reposo. Las presiones mínimas y máximas en las líneas de conducción y de distribución deben ser menor que la presión de trabajo de la tubería a utilizar, aunque hay que tomar en cuenta la calidad de los accesorios y válvulas, para evitar fugas cuando el acueducto esté en servicio.

En la línea de conducción la máxima presión estática es de 90 metros columna de agua y en red de distribución, la máxima presión estática permitida es de 40 metros columna de agua.

2.8.2. Presión dinámica

Se produce cuando el líquido está en movimiento, la presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 metros columna de agua, y 7 metros columna de agua en casos especiales. Los parámetros de diseño mencionados anteriormente se encuentran en la *Guía de Normas Sanitarias*

para el Diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano, noviembre 2011.

2.9. Diseño de línea de impulsión

Es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio de almacenamiento. Esta línea tiene que cumplir con los parámetros de diseño antes mencionados en la *Guía de Normas Sanitarias para el Diseño de Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua para Consumo Humano, noviembre 2011.*

2.9.1. Cálculo de diámetro económico

Es de vital importancia determinar el diámetro correcto para el sistema de agua, debido a eso dependerá la potencia de la bomba, si se adopta un diámetro demasiado grande se encontraran pérdidas de carga relativamente pequeñas pero el costo de la tubería se elevará, y si el diámetro es pequeño la tubería será de menor costo pero el bombeo será de más horas, lo cual dañará la economía de la comunidad.

El diámetro económico (D_e) se puede determinar de la siguiente expresión:

$$D_e = 1,8675 \times \sqrt{\bar{Q}_b}$$

D_e = diámetro económico

\bar{Q}_b = caudal de bombeo

Para el cálculo del diámetro se deberá verificar el diámetro comercial para el uso en el sistema.

2.9.2. Cálculo de la potencia de la bomba

Según el tipo de fuente, en este caso un pozo profundo es necesario la colocación de una bomba sumergible, para lo cual es necesario calcular la potencia de la bomba de la siguiente expresión:

$$POT = \frac{Q_b \times CDT}{76 \times E_f}$$

POT = potencia de la bomba (Horse Power)

\bar{Q}_b = caudal de bombeo

CDT = carga dinámica total

E_f = eficiencia de la bomba

La capacidad de la bomba y la eficiencia del motor deberán ser suficientes para elevar el caudal de bombeo previsto contra la carga dinámica total, la eficiencia de la bomba en ningún caso será menor del 60 por ciento.

- Carga Dinámica Total (CDT)

La Carga Dinámica Total es la carga que debe suministrar la bomba para elevar el caudal requerido, la CDT se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

CDT = carga dinámica total

H_s = altura del nivel dinámico a boca del pozo

Hc = pérdidas en cargas de succión

Hi = altura de descarga

Hf = pérdidas de carga en la línea de impulsión

hm = pérdidas menores

hv = pérdidas por velocidad

- Altura del nivel dinámico a la boca del pozo (Hs)

Es la diferencia de nivel que existe entre la cota del nivel dinámico y la cota de la boca del pozo, se calcula de la siguiente manera:

$$Hs = \text{CT boca del pozo} - \text{CT nivel dinámico}$$

$$Hs = 1\,105,67 \text{ m} - 893,67 \text{ m}$$

$$Hs = 212 \text{ metros}$$

- Pérdida de carga en la succión (Hc)

Es la pérdida producida por el paso del agua en la tubería, y se da desde donde se encuentra sumergida la tubería hasta donde está colocada la bomba; se calcula aplicando la fórmula de Hazzen & Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{\theta^{4,87} \times C^{1,85}}$$

L = longitud de la tubería de succión

Q = caudal en la línea (de bombeo)

C = coeficiente de fricción de la tubería (100 para Hg y 150 para PVC)

θ = diámetro de la tubería a utilizar

- Altura de la boca del pozo a la descarga (Hi)

Es la diferencia de nivel de la cota de la boca del pozo (hi) a la cota del tanque de almacenamiento (hf), determinándose de la siguiente manera:

$$H_i = h_f - h_i$$

- Pérdidas de carga en la línea de impulsión (Hf)

Son las pérdidas ocasionadas por el paso del líquido en la línea de impulsión, medidos de la boca del pozo al tanque de almacenamiento. Esta se obtiene aplicando la fórmula de Hazzen & Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{\theta^{4,87} \times C^{1,85}}$$

Donde:

L = longitud de la tubería a tanque de almacenamiento

Q = caudal en la línea (caudal de bombeo)

C = coeficiente de fricción de la tubería (100 para Hg y 150 para PVC)

θ = diámetro de la tubería a utilizar

- Pérdidas menores (hm)

Por los diferentes accesorios utilizados en el sistema, generalmente se estima el 10 por ciento de las pérdidas por fricción en la tubería de la siguiente manera:

$$h_m = 10\% \times H_f$$

- Pérdidas por velocidad (h_v)

Son las pérdidas ocasionadas por el paso del líquido en la tubería y los cambios de velocidad que experimenta, si se conoce la velocidad del líquido en la tubería, entonces:

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

Donde:

V = velocidad del agua

g = gravedad (9,81 m/s²)

2.9.3. Verificación de golpe de ariete

Se debe considerar el golpe de ariete para evitar el daño en las tuberías y demás dispositivos que pueden producir el cambio brusco de presiones y de dirección de flujo ocasionado por la operación de válvulas y bombas. En líneas de bombeo se emplearán dispositivos de alivio si la presión dinámica, más la sobrepresión de golpe de ariete igualan o exceden la presión de trabajo de la tubería. El golpe de ariete se determina de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} + \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

α = celeridad de onda (m/s)

K = módulo de elasticidad volumétrica del agua (2,07*10⁴ kg/cm²)

E = módulo de elasticidad de la tubería (3*10⁴ kg/cm²)

θ_i = diámetro interno de la tubería (mm)

e = espesor de las paredes del tubo (mm)

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

$$\Delta P = \frac{\alpha \times V}{g}$$

α = celeridad de onda (m/s)

V = velocidad del flujo (m/s)

g = gravedad (9,81 m/s²)

2.9.4. Especificaciones del equipo de bombeo

Esta especificación cumple para: el suministro, pruebas, inspección, puesta en marcha, repuestos, garantía, entrenamiento, manuales de operación, mantenimiento y repuestos de los sistemas de bombeo como se muestra en los planos.

El diámetro económico se determina de la siguiente manera:

$$De = 1,8675 \times \sqrt{Qb}$$

$$De = 1,8675 \times \sqrt{1,83}$$

$$De = 2,53 \text{ pulgadas}$$

Para determinar el diámetro económico que se utilizará en el sistema, se hará una comparación de pérdidas en diámetros comerciales de 2,5 y 3 pulgadas.

- Pérdidas de carga en la succión (Hc)

Se utilizará 212 metros de tubería de Hg y la pérdida se determina de la siguiente manera:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{\theta^{4,87} \times C^{1,85}}$$

Diámetro de 2,5 pulgadas de Hg

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times (212 \text{ m}) \times 1,05 \times (1,83 \text{ l/s})^{1,85}}{2,5^{4,87} \times 100^{1,85}}$$

$$H_c = 2,60 \text{ metros}$$

Diámetro de 3 pulgadas de Hg

$$H_c = 1,07 \text{ metros}$$

- Altura de descarga (Hi)

La boca del pozo está en la cota 1 105,67 metros y la cota del tanque de distribución es de 1 193,37 metros.

$$H_i = h_f - h_i$$

$$H_i = 1\,193,37 - 1\,105,67$$

$$H_i = 87,70 \text{ metros} \approx 88 \text{ metros}$$

- Pérdida de carga por la fricción en la tubería (Hf)

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{\theta^{4,87} \times C^{1,85}}$$

Pérdida para el diámetro de 2,5 pulgadas

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times 1\,320 \times 1,05 (1,83)^{1,85}}{2,5^{4,87} \times 100^{1,85}}$$

$$H_f = 17,01 \text{ metros}$$

Perdida para el diámetro de 3 pulgadas

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times 1\,320 \times 1,05 (1,83)^{1,85}}{3^{4,87} \times 100^{1,85}}$$

$$H_f = 7,00 \text{ metros}$$

- Pérdidas menores (hm)

Para el diámetro de 2,5 pulgadas

$$h_m = 10\% H_f$$

$$h_m = 0,1 \times 17,01 \text{ m}$$

$$h_m = 1,70 \text{ metros}$$

Para el diámetro de 3 pulgadas

$$h_m = 0,70 \text{ metros}$$

- Pérdidas por velocidad

Si se conoce cuál es el valor de la velocidad en la tubería, se calcula de la siguiente manera:

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

Para tubería de 2,5 pulgadas

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

$$V = \frac{0,00183}{\frac{\pi}{4} \times (2,5115 \times 0,025389)^2}$$

$$V = 0,57 \text{ m/s}$$

$$h_v = \frac{0,57^2}{2 \times 9,81}$$

$$h_v = 0,0165 \text{ metros}$$

Para tubería de 3 pulgadas

$$V = 0,41 \text{ m/s}$$

$$h_v = 0,0085 \text{ metros}$$

- Golpe de ariete

Cálculo de celeridad para diámetro de 2,5 pulgadas

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} + \frac{D_i}{e}}}$$

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2,07 \times 10^4}{105 \times 10^4} + \frac{2,5}{0,211}}}$$

$$\alpha = 395,85 \text{ m/s}$$

Cálculo de celeridad para diámetro de 3 pulgadas

$$\alpha = 363,77 \text{ m/s}$$

Sobrepresión para diámetro de 2,5 pulgadas

$$\Delta P = \frac{\alpha \times V}{g}$$

$$\Delta P = \frac{395,85 \text{ m/s} \times 0,57 \text{ m/s}}{9,81 \text{ m/s}}$$

$$\Delta P = 23,00 \text{ metros}$$

Sobrepresión para diámetro de 3 pulgadas

$$\Delta P = 15,20 \text{ metros}$$

Tabla II. **Carga dinámica total de diámetros propuestos**

Pérdidas	Diámetro 2,5"	Diámetro 3"
Velocidad (m/s)	0,57	0,41
Hs	212,00	212,00
Hc	2,60	1,07
Hi	87,70	87,70
Hf	17,01	7,00
hm	1,70	0,70
hv	0,0165	0,0085
CDT	321,60	308,89
ΔP	23,00	15,20
TOTAL	344,60	324,09

Fuente: elaboración propia.

Según el análisis propuesto se determina que la tubería a utilizar será de Hg de 3 pulgadas de diámetro, por lo cual es necesario calcular la potencia de la siguiente manera:

$$POT = \frac{Q_b \times CDT}{76 \times E_f}$$

$$POT = \frac{1,83 \text{ l/s} \times 308,89}{76 \times 0,60}$$

$$POT = 12,40 \text{ HP}$$

Es necesario utilizar una bomba de 15 caballos de fuerza para poder abastecer de agua a la comunidad, pero debido a que la Municipalidad de

Santa Catarina Mita ya cuenta con una bomba de 30 caballos de fuerza se utilizará esta última, para el cálculo del costo de la energía necesaria para que la bomba trabaje de una manera adecuada.

- Diseño de tanque de distribución

Para el diseño del tanque de distribución debe considerarse su capacidad, debido a que esta estará en función del caudal y variaciones horarias, su ubicación debe ser la adecuada para abastecer por gravedad todas las viviendas de la comunidad.

El tipo de tanque puede ser enterrado, semienterrado o elevado, y construido de concreto armado, concreto ciclópeo, metal y recientemente de plástico. Debe ser diseñado de tal manera que el agua tiene que ser siempre potable, debe estar cubierto, pero impidiendo el paso de la lluvia, polvo o animales y otros ajenos al sistema de agua, pero con accesos necesarios para la limpieza y respiración, así como drenajes que permitan vaciarlo.

Según las normas de UNEPAR, recomienda utilizar los datos de la demanda real de la comunidad para establecer el volumen del tanque de distribución, de lo contrario se considerará para su diseño el 25 a 40 por ciento del caudal medio diario en el caso de sistemas por gravedad y de 40 a 65 por ciento en sistemas por bombeo, en este caso se utilizará un factor de 60 por ciento.

$$VOL = 60\% \times Q_{md}$$

$$VOL = \frac{0,60 \times 0,56 \text{ l/s} \times 86\,400 \text{ s/día}}{1\,000 \text{ l/m}^3}$$

$$\text{VOL} = 29 \text{ m}^3$$

Teniendo la relación de volumen de la siguiente manera:

$$\text{VOL} = A \times H$$

$$\text{Si } H = 2 \text{ m}$$

$$\text{Área} = \frac{29 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$\text{Área} = 14,50 \text{ m}^2$$

$$A = \sqrt[2]{14,50 \text{ m}^2}$$

$$\text{Ancho} = 3,81 \text{ metros}$$

$$\text{Largo} = 3,81 \text{ metros}$$

$$\text{Alto} = 2,00 \text{ metros}$$

Estas son las dimensiones preliminares, pero debido a características de suelo y el área disponible, se tomarán las siguientes dimensiones:

$$\text{Ancho} = 4,00 \text{ metros}$$

$$\text{Largo} = 4,00 \text{ metros}$$

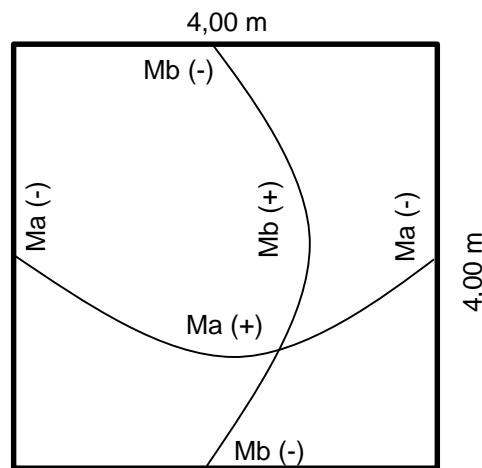
$$\text{Alto} = 2,00 \text{ metros}$$

Obteniendo un volumen de agua de 32 metros cúbicos.

- Diseño de losa

Para el diseño de la cubierta se utilizará una losa plana, la que se diseñará por el Método 3 del código ACI.

Figura 5. **Momentos actuantes en la losa**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

- Coeficiente de momentos (m)

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

$$m = \frac{4,00 \text{ m}}{4,00 \text{ m}}$$

$$m = 1$$

Debido a que m es mayor a 0,5 se diseñará la losa en dos sentidos.

- Espesor de la losa (t)

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{4,00 \text{ m} \times (2) + 4,00 \times (2)}{180}$$

$$t = 0,09 \text{ metros}$$

- Integración de cargas

Carga muerta:

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

$$\text{Peso propio: } 2\,400 \text{ kg/m}^3 \times 0,09 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 216 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sobrecarga} = 50 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga muerta total (CM)} = 266 \text{ kg/m}$$

Carga viva (CV) se considera 100 kg/m para techo inaccesible.

Para determinar la carga última se necesita maximizar las cargas; tanto la carga muerta como la carga viva con los siguientes factores:

$$\text{CMU} = 1,4 \times \text{CM}$$

$$\text{CVU} = 1,7 \times \text{CV}$$

$$\text{CMU} : 1,4 \times 266 \text{ kg/m}$$

$$\text{CMU} : 372,40 \text{ kg/m}$$

$$\text{CVU} : 1,7 \times 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{CVU} : 170 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga total} = \text{CMU} + \text{CVU} = 372,40 \text{ kg/m} + 170 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga total} = 542,40 \text{ kg/m}$$

Se calculan los momentos positivos como negativos de la losa, tomando en cuenta que la losa está simplemente apoyada.

Momentos positivos

$$MA^{(+)} = MA^{(+)}_{CM} + MA^{(+)}_{CV}$$

$$MA^{(+)} = (A^2 \times Ca \times \text{CMU}) + (A^2 \times Ca \times \text{CVU})$$

$$MA^{(+)} = (4,00^2 \times 0,036 \times 372,40 \text{ kg/m}) + (4,00^2 \times 0,036 \times 170 \text{ kg/m})$$

$$MA^{(+)} = 312,42 \text{ kg-m} = 312 \text{ kg-m}$$

$$MB^{(+)} = MB^{(+)}_{CM} + MB^{(+)}_{CV}$$

$$MB^{(+)} = (B^2 \times Ca \times \text{CMU}) + (B^2 \times Ca \times \text{CVU})$$

$$MB^{(+)} = (4,00^2 \times 0,036 \times 372,40 \text{ kg/m}) + (4,00^2 \times 0,036 \times 170 \text{ kg/m})$$

$$MB^{(+)} = 312,42 \text{ kg-m} = 312 \text{ kg-m}$$

Momentos negativos

$$MA^{(-)} = A^2 \times Ca \times \text{CU}$$

$$MA^{(-)} = 4,00^2 \times 0,00 \times 542,40 \text{ kg/m}$$

$$MA^{(-)} = 0,00 \text{ kg-m}$$

$$MB^{(-)} = B^2 \times Ca \times CU$$

$$MB^{(-)} = 4,00^2 \times 0,00 \times 542,40 \text{ kg/m}$$

$$MB^{(-)} = 0,00 \text{ kg-m}$$

Los momentos en B son negativos, debido a que la losa está simplemente apoyada, se toma 1/3 del valor del momento positivo en A como en B.

$$MA^{(-)} = \frac{1}{3} MA^{(+)}$$

$$MA^{(-)} = 104 \text{ kg-m}$$

$$MB^{(-)} = \frac{1}{3} MA^{(+)}$$

$$MB^{(-)} = 104 \text{ kg-m}$$

- Cálculo del área de acero
 - Análisis por flexión

Mu (momento último) = 31 200 kg-cm

f'c (resistencia del concreto) = 210 kg / cm²

f'y (resistencia del acero) = 2 810 kg / cm²

b (franja unitaria) = 100 cm

d (peralte efectivo) = 6,02 cm

ø (factor según ACI-318) = 0,90

Cálculo del peralte (d)

$$d = t - r - \theta/2,$$

$$(3/8) = 0,95$$

$$d = 9 - 2,5 - 0,95/2$$

$$d = 6,02 \text{ cm}$$

Cálculo del área de acero mínimo

$$A_{smin} = 40\% \left(\frac{14,1}{f_y} \right) (b)(d)$$

$$A_{smin} = 40\% \left(\frac{14,1}{2810 \text{ kg/cm}^2} \right) (100)(6,02)$$

$$A_{smin} = 1,21 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$1,21 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S$$

$$S = 58,68 \text{ cm}$$

$S_{max} = 3t = 3(9 \text{ cm}) = 27 \text{ cm}$, debido a que $S > S_{max}$ se debe calcular el área de acero para S_{max} .

As 100 cm

0,71 cm² 27 cm

$$As = 2,63 \text{ cm}^2$$

Momento último que resiste el área de acero (2,63 cm²)

$$Mu = \phi \left[As \times fy \left(d - \frac{As \times fy}{1,7 \times f'c \times b} \right) \right]$$

$$Mu = 38\ 663 \text{ kg} - \text{cm}$$

38 663 kg – cm > 31 200 kg – cm cumple

- As por temperatura

$$As = 0,002 \text{ b} \times \text{t}$$

$$As = 0,002 (100)(9)$$

$$As = 1,80 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

1,80 cm² 100 cm

0,71 cm² S

$$S = 39,40 \text{ cm}$$

Se tomará el espaciamento de 27 centímetros, para mejor entendimiento de los albañiles se utilizará el espaciamento de 25 centímetros.

Refuerzo de acero

Colocar varillas N° 3 a cada 25 centímetros, en ambos sentidos.

- Diseño de muros

El tipo de tanque es superficial y el muro será de concreto ciclópeo, será diseñado como un muro por gravedad, con carga en la parte superior debida a la losa y viga perimetral.

Presión horizontal del agua a una profundidad H

$P_{\text{agua}} = \text{peso del agua} \times \text{altura}$

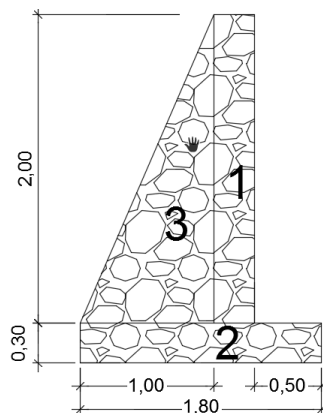
$P_{\text{agua}} = 1 \text{ t/m}^3 \times 1,70 \text{ m} = 1,70 \text{ ton/m}^2$

Carga de la presión del agua a una profundidad H:

$q_{\text{agua}} = \frac{1}{2} P_{\text{agua}} \times H$

$q_{\text{agua}} = \frac{1}{2} (1,70 \text{ ton/m}^2 \times 1,70 \text{ m}) = 1,45 \text{ ton/m}$

Figura 6. **Muro de tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

- Momento respecto al punto 0 debido a la carga del agua

$$M_{\text{agua}} = q_{\text{agua}} \times \text{brazo}$$

$$M_{\text{agua}} = 1,45 \text{ t/m} \times (0,30 \text{ m} + 0,30 \text{ m} + (1/3 \times 1,70 \text{ m})) = 1,69 \text{ ton/m} - \text{m}$$

Tabla III. **Cargas actuantes en el muro de tanque de distribución**

N°	Área (m ²)	Ps concreto (ton/m ³)	Carga (ton/m)	Brazo (m)	Momento (t/m - m)
1	2 x 0,30 = 0,60	2,50	1,50	1+0,15 = 1,15	1,72
2	1,80 x 0,30 = 0,54	2,50	1,35	1,80/2 = 0,90	1,21
3	1/2 x 1 x 2 = 1,00	2,50	2,50	2/3 x 1 = 0,67	1,68
			5,35		4,61

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del peso de la losa más la viga perimetral

$$W_{\text{losa + viga}} = \left[\text{CU} \times \frac{\text{Área tributaria}}{L} \right] + [\text{Ps concret} \times \text{secc viga} \times 1,40]$$

$$W_{\text{losa + viga}} = \left[542,40 \times \frac{4 \text{ m}^2}{4,00 \text{ m}} \right] + [2,4 \times 0,15 \times 0,20 \times 1,40]$$

$$W_{\text{losa + viga}} = 542,50 \text{ kg/m} = 0,54 \text{ ton/m}$$

- Momento que provoca la losa y viga perimetral

$$M_{\text{losa + viga}} = (P_{\text{losa + viga}}) \times \text{brazo}$$

$$M \text{ losa} + \text{viga} = 0,54 \text{ ton/m} \times 1,15 = 0,62 \text{ t/m} - \text{m}$$

- Verificación de estabilidad contra el volteo

$$F_v = \frac{\sum \text{Momentos pasivos}}{\sum \text{Momentos activos}} = \frac{M_{\text{muro}} + M_{\text{losa}} + \text{viga}}{M_{\text{agua}}}$$

$$F_v = \frac{(4,61 + 0,62) \text{ ton/m} - \text{m}}{1,69 \text{ ton/m} - \text{m}} = 3,09 > 1,50 \text{ cumple}$$

- Verificación de estabilidad contra deslizamiento

$$F_d = \frac{\sum \text{Fuerzas pasivas}}{\sum \text{Fuerzas activas}} \times (\varphi \tan 30^\circ) = \frac{W_{\text{muro}} + P_{\text{losa}} + \text{viga}}{q_{\text{agua}}} \times 0,90 \times \tan(0,52)$$

$$F_d = \frac{(5,35 + 0,54) \text{ Ton/m} - \text{m}}{1,45 \text{ Ton/m} - \text{m}} = 2,11 > 1,50 \text{ cumple}$$

- Verificación de presiones

La distancia x a partir del punto 0 donde actúan las cargas verticales será:

$$X = \frac{\sum M_o+ \rightarrow}{\sum \text{Fuerzas del muro}} = \frac{M_{\text{muro}} + (M_{\text{losa}} + \text{viga}) - M_{\text{agua}}}{W_{\text{muro}} + (W_{\text{losa}} + \text{viga})}$$

$$X = \frac{(4,61 + 0,62 - 1,69)}{5,35 + 0,54} = 0,61 \text{ m}$$

Se debe cumplir que $3a > L$ para que no existan presiones negativas.

$$3(0,61) = 1,83 > 1,80 \text{ cumple}$$

La excentricidad e es la siguiente:

$$e = L/2 - x = (1,83/2 - 0,61) = 0,305$$

Las presiones máximas y mínimas se calculan con la siguiente fórmula:

$$q = \frac{W \text{ muro} + W_{\text{losa}} + \text{viga}}{\text{Base} \times L} \times \left[1 \pm \frac{6xe}{\text{base} \times L} \right]$$

$$q = \frac{5,35 + 0,54}{1 \times 1,80} \times \left[1 \pm \frac{6 \times 0,305}{1 \times 1,80} \right]$$

q máxima = 6,60 ton/m² < Valor soporte del suelo, cumple

El tipo de suelo es arena y arcilla mezclada, con una capacidad soporte de 20 toneladas por metro cuadrado.

q mínima = 0,10 ton/m² > 0 no existen presiones negativas, cumple

Tabla IV. **Datos para asumir capacidad soporte del suelo**

Tipo de suelo	Peso (kg/m ²)	∅	Vs (ton/m ²)
Arcilla dura	1 600 - 1 900	25 - 35	40
Arcilla suave	1 500 - 1 600	20 - 25	10
Arena y arcilla mezclada	1 500 - 1 900	23 - 30	20
Arena fina	1 900 - 2 100	25 - 35	30
Arena gruesa	1 600 - 1 900	33 - 40	40
Grava	1 900 - 2 100	33 - 40	60

Fuente: elaboración propia.

Se tiene un volumen de agua de 32 metros cúbicos y el peso del agua es de 1 tonelada por metro cúbico, el peso del agua en la parte inferior del tanque es de 32 toneladas.

$$\text{Peso en la losa Inferior} = \frac{\text{Peso del agua sobre la losa}}{\text{Área de la losa inferior}}$$

$$\text{Peso en la losa Inferior} = \frac{32 \text{ toneladas}}{16 \text{ m}^2}$$

$$\text{Peso en la losa inferior} = 2 \text{ ton/m}^2$$

Como el valor soporte del suelo es mayor, solo se necesita de acero mínimo en losa inferior, para lo cual se colocará piso de concreto ciclópeo de 30 centímetros de espesor.

- Verificación de corte en el talón

Fuerza última de resistencia en franja unitaria:

$$V_{cu} = \frac{0,85 \times 0,53 \times \sqrt{f'c} \times \text{franja unitaria} \times t}{1000}$$

$$V_{cu} = \frac{0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 100 \times 30}{1000}$$

$$V_{cu} = 19,60 \text{ toneladas}$$

El peso que soporta el talón está conformado por el peso de la losa inferior, su peso propio y el peso del agua.

$$W \text{ talón} = P_s \times F_U \times (t \text{ losa} + t \text{ talón}) \times P_s \text{ agua} \times F_U \times \text{altura del agua}$$

$$W \text{ talón} = 2,5 \text{ t/m}^3 \times 1 \text{ m} \times (0,30 + 0,30) \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3 \times 1 \text{ m} \times 1,70 = 2,55 \text{ t/m}$$

- Corte actuante

$$V_a = \frac{W \text{ talón} \times \text{base talón}}{2} = \frac{2,55 \text{ ton/m} \times 0,50 \text{ m}}{2} = 0,64 \text{ toneladas}$$

La fuerza última de resistencia V_{cu} es mayor que la fuerza actuante V_a , por lo que el talón resiste el corte sin necesidad de refuerzo.

2.10. Diseño de redes de distribución

Es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el consumidor. Se utilizó un sistema de ramales abiertos.

- Diseño de redes abiertas

En los sistemas rurales de agua potable, es muy frecuente utilizar redes abiertas, esto es debido a que las viviendas se encuentran dispersas y no se encuentran bien definidas las calles y avenidas como ocurre en el área urbana.

- Diseño de red cerrada

Está cerrada por tuberías interconectadas que forman mallas o circuitos, siendo este método el más eficiente, debido a que mantiene las presiones utilizadas en lugares donde las calles y avenidas se encuentran bien definidas.

- Diseño de red combinada

Es la combinación de la red cerrada y abierta, utilizada cuando una pequeña cantidad de viviendas están dispersas, pero la mayoría de la población tiene bien definidas sus calles y avenidas.

- Cálculo hidráulico de redes de distribución

Se determinarán los siguientes factores que se utilizarán para el cálculo hidráulico de la red de distribución.

Tabla V. **Cálculo hidráulico de redes de distribución**

Bases de diseño de línea de distribución	
Fuente	Pozo
Aforo de la fuente	1,90 l/s
Tipo de sistema	Por gravedad
Red de distribución	Red abierta
Viviendas actuales	57 viviendas
Densidad de población	5 hab/vivienda
Población actual	238 habitantes
Población futura	437 habitantes
Tasa de crecimiento	2,80%
Dotación	110 l/hab/día
Período de diseño	22 años
Factor de día máximo	1,5
Factor de hora máximo	2,5
Caudal medio diario	0,56 l/s
Caudal máximo diario	0,84 l/s
Caudal máximo horario	1,39 l/s
Caudal unitario de vivienda	0,0243 l/s/viv
Volumen del tanque	40 m ³
Tubería	PVC
Constante de fricción	150
Constante K del caudal instantáneo	0,15 y 0,20

Fuente: elaboración propia.

El cálculo hidráulico se hará de la siguiente manera: tomando el tramo inicial como ejemplo desde la estación E-45 a E-55 el caudal a utilizar será el caudal de diseño o máximo horario igual a 1,39 litros por segundo, el cual tiene que ser mayor al caudal instantáneo.

$$Q_{inst} = k \sqrt{N-1}$$

Q_{inst} = caudal instantáneo

N = número de viviendas

k = 0,20

$$Q_{inst} = 0,20 \sqrt{57 - 1}$$

$$Q_{inst} = 1,50 \text{ l/s}$$

Debido a que el caudal instantáneo es mayor que el máximo horario se utilizará el caudal instantáneo para el cálculo del diámetro de la tubería.

$Q_{inst} = 1,50 \text{ l/s}$

Longitud = 160,05 m (5% de ondulación)

Cota de tanque = 1 194,35

Cota E-55 = 1 168,60

Coeficiente Hazen William del PVC = 150

$$\text{Presión estática} = \text{cota tanque} - \text{Cota E-55}$$

$$\text{Presión estática} = 1 194,35 - 1 168,60$$

$$\text{Presión estática} = 25,75 \text{ m}$$

Para esta pérdida de carga se calcula el diámetro teórico utilizando la fórmula de Hazen Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times L \times Q^{1,85}}{\theta^{4,87} \times C^{1,85}}$$

H_f = pérdida de carga (m)

L = longitud de la tubería (m)

Q = caudal (l/s)

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

θ = diámetro de la tubería a utilizar

$$\theta = \left(\frac{1\,743,811 \times 160,05 \times 1,05 \times 1,50^{1,85}}{25,75 \times 150^{1,85}} \right)^{(1/4,87)}$$

$$\theta = 1,18 \text{ pulg}$$

El diámetro a utilizar en el tramo es el resultante de comparar diámetros comerciales superiores e inferiores con el diámetro teórico obtenido, utilizando el que mejor se adapte al diseño hidráulico. Para este tramo se utilizará el diámetro de 1 ½ pulgadas con un diámetro interior de 1,75 pulgadas, y su pérdida de carga es de:

$$H_f = \frac{1\,743,811 \times 160,05 \times 1,05 \times 1,50^{1,85}}{1,75^{4,87} \times 150^{1,85}}$$

$$H_f 1,5" = 3,83 \text{ m}$$

La presión o carga dinámica en la estación E-55 es igual a la resta de la presión estática y la pérdida de carga en el tramo. Para el resto de estaciones se obtiene restando la cota piezométrica menos la cota de terreno de la estación.

$$P \text{ dinámica} = P \text{ estática} - h_f = 25,75 \text{ m} - 3,83 \text{ m}$$

$$P \text{ dinámica} = 21,92 \text{ m}$$

Se calcula la velocidad del líquido en el tramo, tomando en cuenta que la velocidad tendrá que ser mayor a 0,60 metros por segundo y menor a 3 metros por segundo.

$$V = \frac{1,974 \times Q}{\theta^2}$$

$$V = \frac{1,974 \times 1,50}{1,75^2}$$

$$V = 0,97 \text{ m/s}$$

2.11. Obras hidráulicas

Son llamadas obras de arte, según la necesidad que se presente en cualquier punto que pueda afectar el sistema hidráulico, entre las obras hidráulicas se utilizaron las siguientes:

- Caja rompe presión

Su función es disminuir la presión estática en la tubería, debido a pendientes muy pronunciadas que puedan dañar los accesorios. Las

dimensiones mínimas serán las que permitan la maniobra del flotador y demás accesorios y en ningún caso menores a 0,65 x 0,50 x 0,80 metros libres. Se colocaran en las estaciones E-65 y E-83.

- Caja y válvula de compuerta

Son válvulas que funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta, lo cual evita el golpe de ariete, se utilizan para regular el paso del agua en ramales, se colocará en las estaciones E-55, E-80, E-83.

2.12. Sistema de desinfección

El tratamiento es el proceso que se le da al agua, que por sus características no reúne condiciones específicas para un uso determinado, esto se realiza generalmente para poblaciones grandes o cuando la captación es en ríos, lagos o lagunas.

El tipo de tratamiento se establecerá mediante el análisis de los resultados obtenidos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Laboratorio Nacional, Laboratorio de Fomento Municipal (INFOM) u otro laboratorio certificado para el análisis de la calidad del agua.

- Desinfección

Es el proceso de destrucción de microorganismos presentes en el agua, mediante la aplicación directa de medios físicos o químicos. Uno de los métodos físicos utilizados es la filtración, aunque no garantiza la calidad del

agua, la ebullición es otro método que destruye microorganismos patógenos que se encuentran en el agua.

El cloro es el método químico más utilizado para desinfección, tiene la capacidad de penetrar en las células y de combinarse con las sustancias celulares vivas.

- Tabletas de tricloro

Son pastillas de cloro que tienen un tamaño de 3 pulgadas de diámetro por 1 pulgada de espesor, con una solución de cloro al 90 por ciento y un 10 por ciento de estabilizador, el peso de la tableta es de 200 gramos y la velocidad a la que se disuelve en agua en reposo es de 15 gramos en 24 horas.

Se utilizará un alimentador automático de tabletas de tricloro, para determinar la cantidad de tabletas para clorar el caudal de agua para el proyecto se hace mediante la fórmula que se utiliza para hipocloritos de la siguiente manera:

$$G = \frac{C \times M \times D}{\% \times c}$$

Donde:

G = gramos de tricloro

C = miligramos por litro

M = litros de agua a tratarse por día

D = número de días que durará

c = concentración de cloro

$$G = \frac{0,001 \times 48\,384 \times 14}{0,90}$$

$$G = 752,64 \text{ gramos}$$

Se necesitan 752,64 gramos de tricloro, lo cual equivale a 3,76 tabletas cada 15 días, para lo cual se requiere de un alimentador automático Rainbow serie 320.

Para diámetros mayores a 2 pulgadas, el alimentador debe colocarse en paralelo con la línea de conducción; en tanto que el diámetro de la conducción es igual o menor a 2 pulgadas, el alimentador debe colocarse en serie.

2.13. Planos

La representación gráfica del abastecimiento de agua potable son: planta general del sistema de agua potable, planta y perfil de línea de conducción por bombeo, así como la planta y perfil de distribución por gravedad y ramales, tanque de distribución y detalles de obras de arte utilizadas se pueden observar en anexos.

2.14. Mantenimiento y operación

Para que el sistema de agua potable preste un servicio eficiente durante el período de diseño, es necesario revisar periódicamente todos sus componentes para verificar que sigan en buen estado, en caso contrario se deben realizar las reparaciones pertinentes.

Con el fin de prevenir anticipadamente los daños que se pudieran ocasionar al sistema de agua potable, se tiene que tomar en cuenta el mantenimiento preventivo. Entre las acciones preventivas que se deberán tomar se puede mencionar algunas:

- Verificar la existencia de derrumbes o hundimientos del suelo en la trayectoria del paso de tuberías.
- Revisar periódicamente el buen estado de las válvulas y verificar la existencia de fugas en el sistema.

2.15. Cálculo tarifario

Para que el sistema pueda operar adecuadamente y al mismo tiempo se le pueda dar el mantenimiento respectivo, con el objetivo de garantizar la sostenibilidad del mismo y así prestar un servicio eficiente, los usuarios tienen que costearlo por medio de un pago mensual. Por lo tanto se debe tomar en cuenta los costos de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y un costo de reserva, los cuales se describen a continuación.

- Costo de operación (O)

Este costo será destinado a la operación del sistema, la cual realizará un fontanero quien revisará la tubería y conexiones domiciliarias, así como el sistema de desinfección. El encargo de los cobros tarifarios revisará las lecturas de los contadores.

$$O = 1,43 \left(\left(\text{longitud de tubería} \times \frac{1}{3} \text{ jornal} \right) + \left(\text{No. conexiones} \times \frac{1}{20} \times \text{jornal} \right) \right)$$

$$O = 1,43 \left(\left(6,00 \text{ m} \times \frac{1}{3} \text{ Q.65} \right) + \left(57 \times \frac{1}{20} \times \text{Q.65} \right) \right)$$

$$O = \text{Q. 450,80}$$

- Costo de mantenimiento (M)

Este costo es incluido debido a que siempre se necesitan hacer ampliaciones en la red; en compra de materiales, se estima un 4 por millar del costo total del proyecto.

$$M = \frac{0,004 \times \text{Q. 505 655,58}}{20}$$

$$M = \frac{0,004 \times \text{Q. 505 655,58}}{20}$$

$$M = \text{Q. 101,13}$$

- Costo de tratamiento (T)

Es el costo que se requiere para la compra de las pastillas de tricloro, destinados para el sistema de desinfección del agua, el cual se hará mensualmente.

$$T = \frac{30 \times \text{costo tableta gr} \times \text{relación agua cloro} \times \text{Qc} \times 86\ 400}{\text{concentración de cloro}}$$

$$T = \frac{30 \times 0,40 \times 0,001 \times 0,56 \times 86\ 400}{0,90}$$

$$T = Q. 483,84$$

- Costo de administración (A)

Este fondo servirá para gastos de papelería, sellos y viáticos estimados en un 15 por ciento de los tres anteriores.

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

$$A = 15\% (450,80 + 101,13 + 483,84)$$

$$A = Q. 155,36$$

- Costo de reserva (R)

Flujo de efectivo reservado para imprevistos que afecten directamente al proyecto, el cual será del 12 por ciento de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 12\% (O + M + T)$$

$$R = Q 124,30$$

- Cálculo de la energía (E)

El motor será sumergible de 25 caballos de fuerza con un gasto energético de 18 650 watts, con un tiempo de bombeo de 7 horas diarias en la actualidad, con un total de 57 conexiones actualmente.

Consumo diario de energía = 18 650 Watts x (7 horas)

Consumo diario de energía = 130 550 Watts-hora

Costo del consumo diario = 130 550 KWatts – hora x (Q. 1,77 KW-h)

Costo del consumo diario = Q.231,07

Costo mensual de energía eléctrica = Q. 6 932,20 /mes

- Tarifa calculada

Es la suma de los costos mencionados anteriormente por el número de viviendas que utilizarán el servicio.

$$\text{Tarifa} = \frac{\text{O+M+T+A+R+E}}{\text{No. viviendas}}$$

$$\text{Tarifa} = \text{Q. } 144,70$$

2.16. Evaluación socioeconómica

Es la determinación de la rentabilidad de un proyecto mediante uno o más indicadores, con el objetivo de facilitar el proceso de toma de decisiones. El resultado del indicador se usa como criterio de decisión, entre los indicadores más utilizados se tiene el valor presente neto (VPN).

2.16.1. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto (VPN) se recomienda ser calculado con una tasa de interés superior a la tasa de interés de oportunidad (TIO), con el fin de tener un margen de seguridad para cubrir ciertos riesgos, como la liquidez, efectos inflacionarios o desviaciones que no se tengan previstas. Al VPN también se le llama VAN, y se calcula de la siguiente manera:

$$VAN = \sum_{n=0}^N \frac{In - En}{(1+i)^n}$$

Donde:

In = ingresos

En = egresos

N = número de períodos considerado

i = tasa de interés de oportunidad

i = 72/N en caso de que N sea menor de 50 años

i = 72 / 22 años

i = 3,27% el margen de seguridad de la tasa de interés será de 5%

El valor presente neto del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea El Roblar, con una anualidad de:
VPN1 = Q 519 115,58 (P/A,0,05,22)

2.16.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se debe contar con una tasa de interés con la cual se cumplan las condiciones en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión. Se puede decir que la tasa interna de retorno es la tasa máxima de utilidad que

podrá obtenerse o pagarse, será la tasa de interés que hará que los costos sean iguales o equivalentes a los ingresos.

2.17. Especificaciones técnicas

Son los documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos entre otros.

- Limpieza

La línea para instalación de la tubería deberá en todo caso ser inicialmente limpiada de troncos, árboles, vegetación viva o muerta en un ancho mínimo de 1,20 metros; 0,60 metros a cada lado del eje de instalación de la tubería.

Todo el material resultante de la limpieza, chapeo y desmonte, deberá ser colocado donde no se ocasione daño a las propiedades vecinas o incinerado.

- Zanjeo

Las tuberías se instalarán siguiendo los ejes que se indiquen en los planos, como lo señale el supervisor o las bases especiales.

Se deberá cortar zanja simétrica al eje de instalación de la tubería, dejando los siguientes recubrimientos sobre el diámetro del tubo; a menos que las bases especiales indique algo distinto:

- En terrenos cultivados, caminos o áreas de tránsito liviano, 0,80 metros
- En caminos de tránsito pesado, 1,00 metro
- Donde no exista posibilidad de tránsito o cultivo, 0,80 metros

El fondo de la zanja deberá ser recortado cuidadosamente para permitir un apoyo uniforme de la tubería. En los casos que se encuentren piedras y raíces, se deberá remover del fondo de la zanja y los espacios deben llenarse con material suelto compactado para aplanar el fondo de la zanja.

En los terrenos con poca estabilidad, se deberá apuntalar la zanja para evitar desplomes de las paredes. Se deberá tomar las medidas necesarias para vaciar la zanja de agua proveniente de infiltración o lluvia, por medio de desagüe en los puntos bajos, por bombeo o por tablestacados según convenga el caso, manteniéndola seca hasta que se rellene.

En los casos en que la tubería deba ser colocada en zanja cortada en roca, deberá excavarse la roca hasta un mínimo de 15 centímetros por debajo del nivel de instalación de la tubería, rellenándola posteriormente con material adecuado compacto para formar apoyo uniforme.

El ancho de la zanja deberá ser suficiente para la correcta instalación de la tubería, así como para permitir una adecuada compactación del relleno a los lados de la misma.

Según el tipo de tubería que se use, podrá ser necesario hacer ampliaciones de la zanja en los puntos de unión o de instalación de accesorios, para permitir una adecuada instalación de las uniones.

- Instalación de tubería de PVC

Se cortará la tubería a escuadra utilizando guías y luego se quitará la rebaba del corte y se limpiará el tubo de viruta interior y exteriormente. El tubo debe penetrar en el accesorio o campana de otro tubo sin forzarlo por lo menos un tercio de la longitud de la copla, si no es posible, debe afilarse o lijarse la punta del tubo.

Se aplicará el cemento solvente que debe estar completamente fluido y si el cemento empieza a endurecerse en el frasco, deberá desecharse.

Antes de aplicarse el cemento solvente se debe quitar toda clase de suciedad que se encuentra en la parte que se va a aplicar, tanto en el exterior del tubo como en la superficie interior del accesorio.

El cemento solvente debe ser aplicado en una capa delgada y uniforme; puede usarse cepillo o brocha. Se deberá hacer rápidamente, ya que el cemento seca en dos minutos aproximadamente. No se deberá exagerar el uso del solvente, sino que solo darle un revestimiento a las dos piezas.

Para el ensamble se deberá hacer una rotación de 1/4 de vuelta, presionando el tubo cuando las superficies todavía estén húmedas, debiéndose dejar fija la unión por lo menos 30 minutos.

La tubería deberá colocarse cuidadosamente en la zanja y tener el cuidado al trabajarla que los operarios no se paren en ella.

- Tubería de HG

La tubería de hierro galvanizado será tipo liviano y se colocará únicamente sobre el terreno natural y en ningún momento se podrá enterrar. La tubería deberá enroscarse perfectamente entre un tubo y otro; la tubería será sujeta con anclajes debidamente ubicados mediante un gancho de hierro N° 3/8 a la base, los anclajes de los ganchos deberán medir por lo menos 20 centímetros dentro de la fundición y se colocarán como mínimo dos bases de concreto por tubo. Los accesorios deben soportar una presión de trabajo mínima de 700 libras por pulgada cuadrada, con esfuerzo plano y roscas según normas ASPT. Deben satisfacer la Especificación Federal WW-P521 Tipo 11.

- Concreto

La proporción a utilizar será 1:2:3; cemento, arena y pedrín, el cemento a utilizar será de 4 000 libras por pulgada cuadrada y los agregados deberán estar libres de materias nocivas para producir un buen concreto, así como presentar una granulometría regular; el pedrín será de trituración. La elaboración del concreto será realizada en una área limpia libre de contaminantes orgánicos para poder lograr una resistencia de 210 kilogramos por centímetro cuadrado.

- Concreto ciclópeo

Se realizará según se indique en planos de construcción, con un 67 por ciento de piedra bola y un 33 por ciento de sabieta con una proporción 1:2 cemento y arena. Los muros de concreto ciclópeo deberán impermeabilizarse por medio de un revestimiento de sabieta con proporción 1:2; cemento y arena, alisado en las paredes donde se tenga contacto con el agua.

- Cajas y válvulas

Todas las cajas serán de concreto reforzado y cumplir con las especificaciones detalladas en planos de construcción, se debe verificar el buen funcionamiento de las válvulas antes de ser colocadas en el sistema.

- Losa y tapadera de cajas

Son las cubiertas de las diferentes obras hidráulicas, las cuales deberán tener un desnivel mínimo de 2 por ciento y la superficie deberá tener un acabado cernido con cemento y arena en una proporción 1:2. Las tapaderas deberán permitir un fácil acceso para poder verificar el buen funcionamiento, así como el mantenimiento necesario.

2.18. Presupuesto

Es la cuantificación de los costos de materiales y mano de obra a utilizar en el sistema, así como los costos indirectos que incluyen la dirección y administración del proyecto. La comunidad aportará la mano de obra no calificada.

Tabla VI. Presupuesto de abastecimiento de agua potable

Nº	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Costo por renglón
1	Trabajos preliminares				
1,1	Bodega	1	global	Q 4 880,00	Q 4 880,00
1,2	Limpieza y chapeo	1	global	Q 800,00	Q 1 200,00
2	Sistema de bombeo				
2,1	Bomba centrífuga 30Hp y tablero de control	1	global	Q 49 976,00	Q 49 976,00
3	Topografía				
3,1	Replanteo topográfico	3,2	Km-l	Q 2 450,00	Q 7 840,00
4	Excavación				
4,1	Manual	71,3	m³	Q 80,00	Q 5 704,00
5	Línea de conducción				
5,1	Tubería Hg 3" cédula 40 con rosca y coplas	242	unidad	Q 854,00	Q 206 668,00
5,2	Cheque horizontal 3"	2	unidad	Q 830,00	Q 1 660,00
5,3	Válvula de compuerta	2	unidad	Q 1 100,00	Q 2 200,00
6	Tanque de distribución (30 metros cúbicos)				
6,1	Tanque de concreto ciclópeo	1	global	Q 70 332,00	Q 70 332,00
6,2	Caja de válvula de salida	1	unidad	Q 2 132,00	Q 2 132,00
7	Línea de distribución				
7,1	Tubería PVC 1 1/2 " 160psi	55	unidad	Q 118,00	Q 6 490,00
7,2	Tubería PVC 1 " 160psi	48	unidad	Q 76,00	Q 3 648,00
7,3	Tubería PVC 1 1/2 " 160psi	138	unidad	Q 65,00	Q 8 970,00
7,4	Caja rompe presión con válvula de flote	2	unidad	Q 5 497,00	Q 10 994,00
7,5	Accesorios	1	global	Q 3 835,00	Q 3 835,00
7,6	Conexiones domiciliarias	57	unidad	Q 125,00	Q 7 125,00
8	Sistema de cloración				
8,1	Hipoclorador	1	unidad	Q 4 500,00	Q 4 500,00
Costo de materiales y mano de obra					Q 398 154,00
	Dirección técnica (10%)	Q	39 815,40		
	Administración (7%)	Q	27 870,78		
	Utilidad (10%)	Q	39 815,40		
Costo total del proyecto					Q 505 655,58

Fuente: elaboración propia.

2.19. Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

Siempre en toda construcción es importante hacer una evaluación del impacto ambiental, con el objetivo de identificar y mitigar los impactos que el proyecto producirá en el medio ambiente. En el estudio de impacto ambiental se verificará la alteración o cambio en el ambiente producidos por los efectos de acción humana.

Para poder determinar el impacto ambiental se utilizará la Matriz de Leopold en la influencia de las actividades a realizar en el proyecto:

Tabla VII. **Matriz de impacto ambiental**

Referencias de impacto				Actividades					
Duración del tiempo Temporal (T) Permanente (P) Grado de Impacto: Ø No Significativo M Moderado + Significativo positivo - Significativo Negativo NA No Aplica				Trabajos preliminares	Excavación	Línea de conducción y distribución	Tanque de distribución	Sistema de cloración	
MEDIO NATURAL	MEDIO FÍSICO	AGUA	SUBTERRÁNEA	1. Calidad agua	N A	NA	N A	NA	N A
				2. Variación de caudal	N A	NA	NA	N A	N A
				3. Patrón de drenaje	N A	NA	NA	NA	T M
		SUPERFICIAL	4. Calidad del Agua	NA	NA	N A	NA	N A	
			5. Variación caudal	NA	NA	NA	NA	N A	
			6. Patrón de drenaje	NA	NA	NA	N A	N A	
	SUELO	7. Uso potencial del suelo	T	P -	NA	N A	P +		
		8. Alteración de cubierta vegetal	T -	P -	NA	N A	P -		
		9. Erosión	NA	NA	NA	N A	N A		
		10. Asentamiento y campamentos	NA	NA	NA	N A	N A		
		11. Vibraciones o compactaciones	Ø	Ø	NA	N A	Ø		
	ATMÓSFERA	12. Calidad del aire	NA	NA	NA	N A	N A		
		13. Visibilidad	NA	NA	P -	N A	N A		
		14. Emanación de humo o gases	NA	NA	NA	N A	N A		
		15. Ruido	T M	M	M	M	N A		
		16. Olor	NA	NA	NA	N A	N A		

Continuación de la tabla VII.

Medio Biótico	Flora	17. Especies forestales	NA	NA	NA	N A	N A
		18. Arbustos	NA	NA	P -	N A	N A
		19. Pastos o especies vegetativas menores	T M	M	M	M	N A
		20. Cultivos agrícolas	NA	N A	NA	NA	
	Fauna	21. Aves	NA	NA	NA	N A	N A
		22. Mamíferos	NA	NA	NA	N A	N A
		23. Acua-fauna	NA	NA	NA	N A	N A
		24. Insectos	NA	NA	NA	N A	N A
		25. Paisaje natural escénico	P-	P-	P-	P-	P-
		26. Especies endémicas	NA	NA	NA	N A	N A
Ecosistemas	27. Áreas de reserva natural	NA	NA	NA	N A	N A	
Antropológico y social	Socio Económico y cultural	28. Salud	NA	NA	NA	N A	N A
		29. Vivienda	NA	NA	NA	N A	N A
		30. Generación empleo	T+	T+	T+	T	T
						+	+
		31. Educación	P+	P+	P+	P +	P +
		32. Patrones culturales	NA	NA	NA	N A	N A
		33. Locomoción	NA	NA	NA	N A	N A
34. Salud	NA	NA	NA	N A	N A		

Fuente: elaboración propia.

Según el estudio de impacto ambiental visto anteriormente, se puede determinar que el impacto en el ambiente no es significativo comparado con el impacto social de carácter positivo, debido a que los habitantes de la comunidad pueden beneficiarse de agua potable sanitariamente segura, mejorando así la salud de los habitantes de la aldea El Roblar.

3. DISEÑO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE ESTUDIOS UNIVERSITARIOS, COLONIA NUEVA

3.1. Descripción del proyecto

La demanda de estudiantes en el edificio municipal del Centro de Estudios Superiores crece anualmente, lo cual hace necesario la construcción de un edificio para las actividades administrativas que son de vital importancia para el manejo y funcionamiento del Centro de Estudios Superiores, que labora dentro del complejo arquitectónico y lograr así la integración en el funcionamiento administrativo y los salones de clases.

La construcción de un edificio administrativo logrará un beneficio común entre los diferentes sectores educativos y proporcionará una infraestructura que funcione acorde a sus necesidades inmediatas, contando con todos los ambientes necesarios para su funcionamiento; además de desarrollar beneficios sociales y económicos, solucionando problemas de logística en cuanto al desplazamiento de los estudiantes y el personal de servicio.

3.2. Diseño arquitectónico

Debe satisfacer las necesidades de espacios que cumplan con los requerimientos, tanto en lo estético como en lo tecnológico, así como que el tipo constructivo utilizado sea seguro y económico para poder beneficiar a la comunidad.

3.2.1. Distribución de ambientes

El proyecto consiste en la construcción de un área física que contenga las actividades administrativas de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Mariano Gálvez, la cual se compone de un edificio de dos plantas con un área de construcción en planta baja de 358 metros cuadrados; distribuida en 2 salas de espera con un área de 54 metros cuadrados, 2 secciones de archivo y 2 recepciones de atención al cliente con un área de 34 metros cuadrados y 2 áreas especiales de atención al estudiante con un área total de 19 metros cuadrados, 2 oficinas de coordinador de 20 metros cuadrados, un módulo de gradas de acceso a la segunda planta con un área de 19 metros cuadrados y una sección de cocina de 26 metros cuadrados, así como una cafetería igual a 58 metros cuadrados y 2 servicios sanitarios.

En la segunda planta se planificó tener un espacio físico para sala de reuniones para ambas instituciones con un área de 60 metros cuadrados, y un área de audiovisuales de 8 metros cuadrados, teniendo así un área en la segunda planta igual a 238 metros cuadrados, completando así el conjunto administrativo con un área total de construcción de 596 metros cuadrados.

3.3. Estudio de suelo

El estudio del suelo permite conocer las propiedades físicas y mecánicas; es decir la composición de los elementos en las capas de profundidad, así como el tipo de cimentación más acorde con la obra a construir y los asentamientos de la estructura en la relación al peso que el suelo soportará.

Basándose en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir cuatro estados de consistencia según su humedad que son: sólido,

semisólido, plástico y líquido; los límites de Atterberg determinan el grado de plasticidad de acuerdo a los contenidos de humedad en los puntos de transición de un estado a otro.

El ensayo realizado lo describe según las Normas AASHTO T-89 y T-90 como un limo arcilloso de alta plasticidad color café. La característica principal es de muy baja compresibilidad y deficiente plasticidad.

3.3.1. Ensayo triaxial

La finalidad del ensayo triaxial es obtener parámetros del suelo y la relación esfuerzo – deformación, a través de la determinación del esfuerzo cortante. Es un ensayo complejo, pero la información que entrega es la más representativa del esfuerzo cortante que sufre una masa de suelo al aplicarle carga.

El ensayo consiste en colocar una muestra cilíndrica de suelo dentro de una membrana de caucho o goma, que se introduce en una cámara especial y se le aplica una presión igual en todo sentido y dirección. Alcanzado ese estado de equilibrio, se aumenta la presión normal o axial, sin modificar la presión lateral aplicada hasta que se produce la falla. Realizando por lo menos tres pruebas con presiones laterales diferentes, en un gráfico se dibujan los círculos de Mohr que representan los esfuerzos de falla de cada muestra y trazando una tangente o envolvente a estos, se determinan los parámetros ϕ y c del suelo que se obtuvieron del ensayo realizado que se puede observar en anexos de este informe.

La capacidad de carga de suelo se determina mediante la teoría de Terzaghi con la siguiente ecuación para estimar la capacidad de carga última de cimentaciones:

$$q_u = \left(\frac{2}{3} c \cdot N_c\right) + (q \cdot N_q) + \left(\frac{1}{2} \gamma_s \cdot B \cdot N_\gamma\right)$$

Donde:

c = cohesión del suelo

γ_s = peso específico del suelo

$q = \gamma \cdot D_f$ (D_f = profundidad hasta la base de la cimentación)

N_c, N_q, N_γ = factores de capacidad de carga

Los factores de capacidad de carga corresponden al grado de cohesión y al ángulo de fricción interna ($\Phi = 20,01^\circ$) encontrada en el ensayo de suelo, que se puede verificar en la sección de anexos y que según la teoría de Terzaghi son los siguientes:

$$N_c = 11,85$$

$$N_q = 3,88$$

$$N_\gamma = 1,12$$

$$q_u = \left(\frac{2}{3} \cdot 14,48 \cdot 11,5\right) + (1,5 \cdot 0,80 \cdot 3,88) + \left(\frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot 0,45 \cdot 1,12\right)$$

$$q_u = 119,38 \text{ ton/m}^2$$

Tabla VIII. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi

ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'	ϕ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: Braja M, Das. *Principio de ingeniería de cimentaciones*. p. 160.

Para obtener la carga neta admisible se le aplicará un factor de seguridad de 5 a la carga última, esto según el libro de Braja M, Das. *Principio de Ingeniería de Cimentaciones*. p. 165 debido a incertidumbres y riesgos implicados en esta ocasión, por ser un edificio de administración educativo con afluencia de estudiantes.

$$q_{adm} = \frac{119,38 \text{ ton/m}^2}{5}$$

$$q_{adm} = 23,88 \text{ ton/m}^2$$

3.4. Descripción del sistema a utilizar

El sistema a utilizar será de mampostería reforzada, en este tipo de muros el acero de refuerzo se coloca y concentra en elementos verticales y horizontales fundidos con concreto, ambas concentraciones de refuerzo deben confinar a las unidades de mampostería.

3.4.1. Descripción del sistema en mampostería a utilizar

Los muros de carga deben tener un espesor mínimo de 150 milímetros, estos muros de carga deben ubicarse buscando la mejor simetría y la mejor rigidez torsional del edificio, esto se logra colocando los muros simétricos lo más cerca de la periferia. La estructura poseerá muros resistentes a cargas laterales dispuestas en dos direcciones ortogonales, por lo menos el 80 por ciento de las cargas por gravedad deben ser soportadas por los muros.

3.4.2. Ventajas estructurales de la mampostería reforzada

Además de proporcionar una función estructural sirve como elemento divisorio y aislante, su sistema constructivo no requiere de un equipo elaborado y costoso, aunque la calidad de la mano de obra juega un papel importante en las propiedades estructurales del muro terminado. Una pared de block hueco de concreto es resistente al fuego y al sonido, mejorando la sensación térmica del ambiente.

3.4.3. Elementos del sistema de mampostería reforzada

Las unidades más utilizadas en el levantado de muros de mampostería son de ladrillo de barro cocido o bloques huecos de concreto, la mampostería reforzada se conforma de la siguiente manera:

3.4.3.1. Mampostería

Se entiende como mampostería el sistema constructivo de unidades formadas o modeladas, por lo general lo suficientemente pequeñas para que una sola persona los manipule, se adhieren con mortero para formar paredes o muros.

Las formas de las unidades pueden variar según la región, pero en general pueden tenerse unidades sólidas y unidades perforadas. Las unidades sólidas pueden tener hasta un 25 por ciento de huecos en cualquier sección, y la distancia mínima que debe existir entre los huecos y el borde de la pieza debe ser de 20 milímetros. Las unidades perforadas pueden tener hasta un 65 por ciento de vacíos, medido en un plano paralelo al plano sobre el cual se sienta.

- Bloques de concreto

Los bloques de concreto son hechos de una mezcla de cemento hidráulico y arena de río o arena pómez, los cuales tienen que cumplir con la Norma NGO 41 054.

Los tamaños más comunes son de 150 o 200 milímetros de ancho por 400 milímetros de largo por 200 milímetros de alto, o bien de 140 o 190 milímetros

de ancho por 390 milímetros de largo por 190 milímetros de alto. Los bloques tipo A son aquellos que cuentan con una resistencia a compresión a los 28 días de 50 kilogramos por centímetro cuadrado, los de tipo B cuentan con una resistencia a compresión a los 28 días de 35 kilogramos por centímetro cuadrado y tipo C con una resistencia de 25 kilogramos por centímetro cuadrado. Existen unidades enteras, esquineros, mitades y soleras. Recientemente han aparecido bloques con dimensiones similares a los ladrillos, por ejemplo 140 milímetros de ancho por 290 milímetros de largo y 90 milímetros de alto.

- Ladrillos de barro cocido

Son unidades básicamente hechas de barro o arcilla con o sin adición de otros materiales, moldeada o extraída en forma rectangular, con o sin agujeros y endurecida a altas temperaturas hasta su fusión incipiente.

Los ladrillos pueden clasificarse como macizos, perforados y tubulares. Los macizos o tayuyos se pueden moldear a mano sin prensar la pasta de arcilla, y también se pueden producir de manera industrial con máquinas que amasan, moldean y prensan al vacío. Los ladrillos tayuyos comúnmente son de 110 milímetros de ancho por 230 milímetros de largo por 65 milímetros de alto, mientras que los perforados son de 140 milímetros de ancho por 230 o 290 milímetros de largo por 65 milímetros de alto, los tubulares son de 140 milímetros de ancho por 230 o 290 milímetros de largo por 65 milímetros de alto.

La resistencia a compresión mínima de los ladrillos, medido sobre el área bruta dependerá de su fabricación, los hechos a mano presentan resistencias medias entre 2,5 y 4,0 megapascales (25 y 40 kilogramos por centímetro

cuadrado), mientras que los ladrillos hechos a máquina, la resistencia media oscila entre 5,0 y 12 megapascales (50 y 120 kilogramos por centímetro cuadrado). Los ladrillos deben cumplir con la Norma NGO 41 022.

3.4.3.2. Mortero

Son los materiales que sirven de liga entre las unidades de mampostería, así como de sello contra la penetración de aire y humedad. Los principales componentes de un mortero son cemento, cal, arena y agua; el cemento le da al mortero resistencia y durabilidad y la cal mejora sus propiedades de adherencia.

La cal no reemplaza al cemento pero le da trabajabilidad, mayor retención de agua, elasticidad y plasticidad; permitiéndole al albañil distribuir uniformemente el mortero y llenar completamente las uniones. La arena actúa como relleno y contribuye a la economía y a la resistencia, debe de estar bien graduada y limpia, libre de arcillas y materia orgánica que pueden reducir la resistencia del mortero y puede causar manchas en la mezcla.

Una arena con partículas muy grandes causan vacíos entre las partículas, lo que resulta en una mezcla con poca trabajabilidad y mucha permeabilidad. Por otro lado, si la arena es muy fina, resulta una mezcla más débil y porosa, requiriendo más cantidad de cemento para cubrir completamente todas las partículas.

El agua le da plasticidad a la mezcla y la dosificación dependerá del tipo de mortero que se quiera, una guía para la dosificación del mortero se expresa de la siguiente manera:

Tabla IX. **Proporciones del mortero por volumen**

Tipo de mortero	Partes de cemento por volumen	Partes de cal por volumen	Resistencia mínima promedio a compresión a 28 días		Retención mínima de agua (%)	Arena
			MPa	kg/cm ²		
M	1	¼	17,5	175,0	75	No menor que 2,25 y no mayor que 3,5 veces la suma de los volúmenes de cemento y cal
S	1	de ¼ a ½	12,5	125,0	75	
Sa	1	1	7,0	70,0	75	
N	1	De ½ a 1 ¼	5,3	53,0	75	

* Cuando se coloca acero estructural en el mortero de cemento y cal, el contenido máximo de aire debe ser del 12 %.

Fuente: AGIES NSE 4-10.

3.4.3.3. Acero de refuerzo

Este material se usa en varias formas: barras de refuerzo, pernos, clavos, perfiles estructurales entre otros. Las barras de refuerzo deben cumplir con la Norma NTG 36011 (ASTM C915), se prefieren corrugadas porque mejora la adherencia entre el concreto y el acero. La resistencia del refuerzo puede ser de 280 megapascales (2 800 kilogramos por centímetro cuadrado o grado 40), 420 megapascales (4 200 kilogramos por centímetro cuadrado o grado 60), o 500 megapascales (5 000 kilogramos por centímetro cuadrado o grado 70), alta resistencia de conformidad con Norma NTG 36011.

El refuerzo denominado localmente como grado 33 o comercial, no debe usarse en vista que no posee ductilidad ni uniformidad y por el alto grado de variabilidad en resistencia y dimensiones. El acero de refuerzo debe almacenarse por encima del nivel del terreno, sobre plataformas, largueros, bloques u otros soportes de madera, para ser protegidos contra daños

mecánicos y deterioro superficial, incluyendo los efectos de intemperie y ambientes corrosivos.

3.4.3.4. Amarres

Los amarres son requeridos en paredes múltiples, cuando las uniones del mortero toman resistencia, estos amarres aseguran las unidades y resisten la presión lateral de la lechada, previniendo el pandeo o separación de las unidades de mampostería.

3.5. Especificaciones según Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES)

Para establecer el nivel de protección sísmica necesaria se requiere conocer las condiciones sísmicas de cada localidad y la clasificación de cada obra, así como los parámetros y espectros sísmicos que posteriormente sirven para el análisis y diseño de las estructuras.

- Clasificación de las obras

Se clasifica la obra dependiendo del impacto socioeconómico que implique la falla o cesión de funciones de la misma, para ello existen las siguientes categorías:

- Esencial

Este tipo de obras no pueden fallar durante o después de un desastre natural, por lo que deben mantenerse en funcionamiento durante y después del mismo, entre ellos están los hospitales, instalaciones de emergencias,

quirófanos, instalaciones de defensa civil, bomberos, policía y comunicaciones asociadas con la atención de desastres, instalaciones de captación y tratamiento de agua, puentes de carreteras de primer orden, entre otros.

- Importante

Estas son aquellas que albergan o pueden afectar a gran número de personas, donde sus ocupantes estén restringidos a desplazarse, donde se presten servicios no esenciales después de un desastre, entre los que se pueden mencionar: los edificios educativos y guarderías, edificaciones del estado no esenciales, hospitales, sanatorios y centros de salud públicos y privados, prisiones, museos, edificios mayores de 5 niveles o de 3 000 metros cuadrados de área interior como teatros, cines, templos, mercados, auditorios, restaurantes o similares que alojen a más de 300 personas.

- Ordinaria

Entre ellas están las que no se mencionaron anteriormente como viviendas, comercios, edificios industriales y agrícolas que por su tamaño, función o volumen no se pueden clasificar en otra categoría.

- Utilitarias

Entre estas están aquellas que no se diseñan para albergar personas, pero que en un momento determinado puede utilizarse para ello, en períodos de tiempo no prolongados, en caso de duda se pueden clasificar como ordinarias.

- Índice de sismicidad de sitio (I_0)

Es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación e incide en la selección del espectro sísmico de diseño.

Tabla X. Índice de sismicidad

Zona	I_0	A_0	A_f	Observaciones
2	2	0.15 g	0.015 g	cuando sea necesario interpolarlo sobre líneas norte - sur
3	3	0.15 a 0.40 g	0.015 a 0.15 g	
4.1	4	0.40 g	0.15 a 0.20 g	
4.2	4	0.40 g	0.20 g	

Fuente: Norma AGIES NR-2 p.12

- Nivel de protección requerido

Es la medida del grado de protección suministrado al público y a los usuarios de las obras derivados de las cargas y amenazas naturales, este valor es determinado por el índice de sismicidad y la clasificación de la obra.

La distribución geográfica del índice de sismicidad se especifica en el listado de amenazas sísmica por municipios que se puede observar en los anexos, los niveles mínimos de protección sísmica se pueden observar en la siguiente tabla:

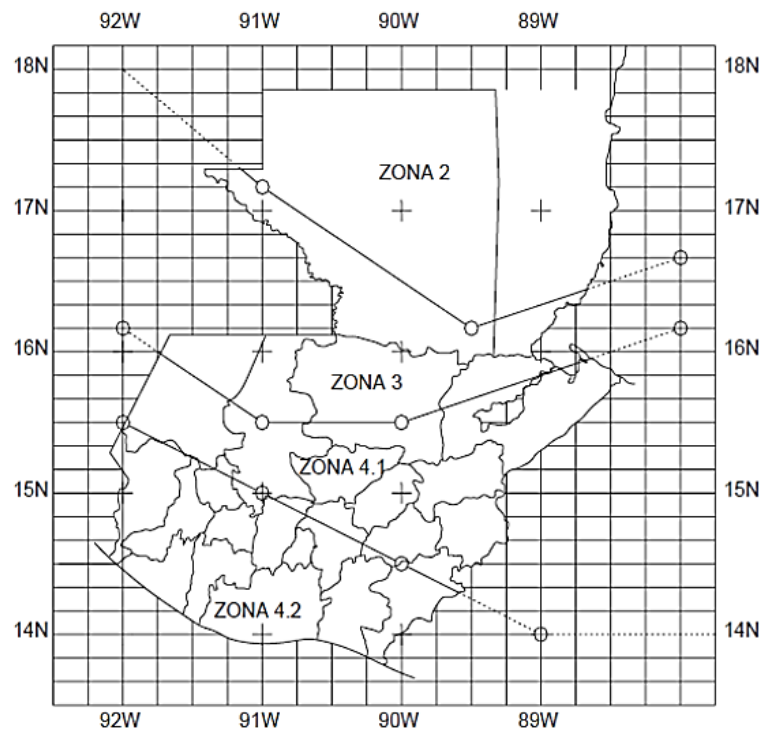
Tabla XI. **Nivel mínimo de protección sísmica requerida**

Índice de sismicidad I _o	Clasificación de la obra				
	Crítica	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
2	C2	C1	B	B	A
3	D	C2	C2	B	B
4	E	D	C2	C1	B
5	E	E	D	C2	C1

Nota: Ver clasificación de obra
Ver índice de sismicidad

Fuente: Norma AGIES NR-2 p.8.

Figura 7. **Mapa de zona sísmica**



Fuente: AGIES NR-2 p.12.

- Perfil del suelo

Otra variante que es determinante en el análisis sísmico es el perfil del suelo que se menciona en AGIES NR-2, para poder establecer el espectro del sismo de diseño, los cuales son:

- Perfil del suelo S1 que debe satisfacer cualquiera de las siguientes condiciones, roca de cualquier clase, este material se caracteriza por tener velocidades de ondas de corte mayores a 800 metros por segundo. Este es un suelo rígido cuyo basamento rocoso está a menos de 50 metros de profundidad; constituido por arenas, gravas densas o arcillas firmes.
- Perfil del suelo S2 debe satisfacer cualquiera de las siguientes condiciones, suelo firme cuyo basamento rocoso está a 50 metros de profundidad, conformado por suelos granulares densos, limos densos, cenizas volcánicas o arcillas firmes. Generalmente son suelos firmes y estables cuyo perfil no se califica como S1 ni S3.
- Perfil del suelo S3 debe satisfacer cualquiera de las siguientes condiciones, generalmente perfiles de suelo donde la velocidad de onda de corte del depósito es menor de 200 metros por segundo.

- Aceleración máxima efectiva del terreno (A_0)

Es un parámetro para el cálculo del sismo básico de diseño, A_0 es una reducción de la aceleración máxima absoluta y se utiliza porque ocurre solo una vez durante el sismo. Los valores para cada zona están expresados en la tabla de índice de sismicidad vista anteriormente.

- Tipos de estructuras

La estructura de una edificación se clasificará conforme lo especificado en la siguiente tabla:

Tabla XII. **Clasificación por tipo de estructura**

Tipo de estructura	C	Sistema vertical sismo resistente
Sistema de cajón	E1	Con muros estructurales de Mampostería reforzada Concreto reforzado Mampostería sin refuerzo Mampostería reforzada interiormente Madera Marcos arriostrados
Sistema de marcos	E2	
Marcos ordinarios	E2.1	Acero estructural Concreto reforzado
Marcos especiales	E2.2	Acero estructural Concreto reforzado
Sistema combinado de muros y marcos	E3	Muros de mampostería reforzada Muros de concreto reforzado Marcos arriostrados en lugar de muros Arriostres ordinarios Arriostres excéntricos
Sistema dual de muros y marcos	E4	Muros de mampostería reforzada Muros de concreto reforzado Marcos arriostrados en lugar de muros Arriostres ordinarios Arriostres excéntricos
Péndulo invertido	E5	De concreto reforzado Confinado Ordinario De estructura de acero Con detalles ordinarios Con detalles sísmicos De estructura de madera
Otro tipo	E6	Clasificar como E5

Fuente: AGIES NSE-2.

Según el tipo de edificación y lo visto anteriormente se puede determinar el corte basal que afecta el edificio.

El diafragma es un elemento estructural que actúa como una viga horizontal de gran peralte conectando las cargas, de las caras de los muros y cargando los elementos. También se puede definir como aquel elemento estructural que es capaz de transmitir las fuerzas laterales a los muros de corte sin exceder una deflexión que cause daño a algún miembro vertical.

- Diafragma rígido: son aquellos que transmiten las fuerzas horizontales de corte a los elementos verticales resistentes directamente proporcional a la rigidez de los muros, a la vez que transmiten las fuerzas rotacionales debidas a la excentricidad de la masa respecto al centro de rigidez cuando está sometida a carga horizontal.
- Diafragma flexible: son aquellos que transmiten las fuerzas horizontales a los elementos verticales resistentes en proporción al área tributaria de cada elemento.

Cuando se utiliza un sistema de diafragma rígido, debe asumirse que la fuerza torsional se distribuye en los muros de corte en proporción directa a sus rigideces relativas y sus distancias al centro de rigidez.

- Configuración de la edificación

Se determinan los índices de calidad q_i con base en la redundancia estructura, la configuración en planta y la configuración vertical.

La redundancia estructural se utiliza para cada dirección de análisis según el número de tramos de ejes estructurales y al de muros en cada dirección.

Tabla XIII. **Redundancia estructural q1 según número de tramos**

Número de tramos	Requisito	Índice q1
4 o más	Tramo menor > 0.75 tramo mayor	+ 2.50
	Tramo menor < 0.45 tramo mayor	+ 1.50
3	Tramo menor > 0.75 tramo mayor	+ 1.50
	Tramo menor < 0.45 tramo mayor	0.00
2	Tramo menor > 0.70 tramo mayor	0.00
	Tramo menor < 0.45 tramo mayor	- 2.50
1	-----	- 3.00
ninguno	Es estructura tipo E5	---

Fuente: Norma AGIES NR-3 p.14.

Tabla XIV. **Número de ejes estructurales (índice q2)**

Número de ejes estructurales	Requisito	Índice q2
5 ó más	-----	+ 2.50
4 ejes	$S_{\min} > 0.70 S_{\max}$	+ 2.50
	$S_{\min} > 0.45 S_{\max}$	0.00
3 ejes	$S_{\min} > 0.70 S_{\max}$	0.00
	$S_{\min} > 0.45 S_{\max}$	- 2.50
2 ó menos	-----	- 3.00

Fuente: Norma AGIES NR-3. p.14.

La S observada en la tabla es el espaciamiento medido entre ejes, de centro a centro.

La presencia de riostras para el índice (q3) se obtiene de la condición siguiente: si la estructura tiene el 33 por ciento de sus ejes estructurales uno o más muros estructurales, cuya relación longitud y altura sea mayor que 1,5 o ya sea dos o más muros cuya relación longitud y altura sea mayor que 0,67 se le podrá asignar un índice $q3 = +2,5$. Si en cada eje que esté acoplado con dinteles dúctiles se puede añadir +1 al índice q3.

La configuración en planta está relacionada con la regularidad en planta, debido a ello para poder analizar el método de carga estática equivalente, el análisis modal espectral en dos dimensiones, o el análisis dinámico paso a paso bidimensional, una estructura deberá satisfacer los requisitos de regularidad horizontal:

- La distancia horizontal entre el centro de rigidez en cualquier nivel y el centro de masa de todos los niveles no deberá exceder a 0,30 veces a la máxima dimensión en planta de la estructura para ese nivel particular, medida perpendicularmente en la dirección de la aplicación de las fuerzas laterales.
- Los diafragmas no deberán tener variaciones abruptas en rigidez, ni diseños que pudieran influenciar significativamente la distribución de las fuerzas laterales.

El índice de regularidad en planta (q4) podrá ser asignado si cumple con las condiciones anteriormente descritas con $q4 = +2,5$ en cada dirección de análisis. Si ningún piso tiene regularidad en planta, se asignará un $q4 = -4$ en cada dirección de análisis.

La excentricidad que se presenta en la planta (q5) se toma en cuenta si la distancia horizontal entre el centro de rigidez en cualquier nivel y el centro de masa por arriba de ese nivel no excede 0,30 veces la máxima dimensión de la

planta se podrá asignar un índice de calidad $q_5 = +5,0$ en cada dirección de análisis. Si no cumple se asignará un índice de calidad $q_5 = - 8,0$ en cada dirección de análisis.

Con base en la configuración vertical, para poder utilizar el método de análisis de la carga estática equivalente, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- La rigidez de cualquiera de los entresijos de la estructura, deberá ser mayor o igual a la rigidez del entresijo inmediato superior.
- Los desplazamientos laterales o derivas de cada piso serán proporcionales a la altura de ese piso medido sobre el nivel del suelo.
- Los tabiques, sillares y otros elementos no estructurales no deberán contribuir a la rigidez lateral del entresijo.

Si se cumple con los requisitos anteriormente mencionados se puede asignar un índice de calidad $q_6 = +0,00$. Si no cumple con los requisitos se le dará un índice de calidad $q_6 = -12,00$.

Tabla XV. **Configuración en planta**

Índice número	Condición	Índice q_i
q4	Todos los pisos tienen plantas regulares Sí ningún piso tiene planta regular Situaciones intermedias	+ 2.5 - 4.0 Interpolar
q5	Sí cumple con el inciso a o bien b Sí no cumple con ninguno de los incisos a o b No habrá interpolación entre estos dos valores.	+ 5.0 - 8.0

Fuente: Norma AGIES NR-3. p.16.

3.6. Tipos de carga

Toda estructura está expuesta directamente a recibir cargas de diferentes tipos, es por ello que la edificación tiene que ser diseñada de tal forma que resista o soporte todo aquello que pueda dañarla.

Las estructuras en mampostería reforzada tienen que soportar las cargas sin sobrepasar los máximos esfuerzos permisibles de los materiales, las cargas que debe resistir la estructura se enumeran a continuación.

3.6.1. Cargas gravitacionales

Son todas aquellas cargas permanentes producidas por el efecto de gravedad, como lo son el peso propio de la edificación, peso de los materiales de construcción, acabados, fachadas y techos, entre otros.

3.6.2. Carga viva

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación, no incluyendo cargas de viento y sismo. Según el AGIES NR-2 establece diferentes cargas vivas de uso frecuente según el uso que se le dará a la edificación, para este caso se utilizará una carga viva de 250 kilogramos por metro cuadrado, que corresponde al tipo de uso de oficinas administrativas.

3.6.3. Carga muerta

Las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen pero no están limitados al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, tabiques fijos y equipo permanente rígidamente

anclado. Para la integración de cargas se utilizarán valores representativos de los pesos de los materiales.

3.7. Método de análisis estructural del edificio

Se encuentran varios métodos utilizados para el diseño estructural en mampostería reforzada, pero los más utilizados en el medio son el análisis simplista y el análisis realista. Para el diseño estructural del edificio administrativo se utilizará el método simplista.

El diseño estructural en mampostería reforzada se basa principalmente en los esfuerzos de trabajos, para que las unidades de mampostería puedan soportar las cargas actuantes. El método de los esfuerzos de trabajo está basado principalmente en que los esfuerzos estén en el rango elástico de los materiales, que sean proporcionales a las deformaciones y que a la vez sean proporcionales al eje neutro. Lo que se debe de tener presente es que la mampostería no actúa a tensión, la tensión actúa en el refuerzo ubicado en el centro de gravedad de las barras.

3.7.1. Análisis simplista

Como cualquier método siempre existen ventajas y limitaciones, por lo que este no es la excepción. Este tipo de análisis es menos laborioso que el realista, por lo que la obtención de resultados se logra en menor tiempo.

Para hacer un análisis simplista de una estructura en mampostería, se tomarán las siguientes suposiciones:

- Los muros tienden a experimentar ladeo paralelo al plano que contiene el muro, en el sentido contrario no se considera.
- Los muros en general se comportan como miembros verticales sujetos a fuerzas horizontales concentradas en los niveles de piso.
- Cuando la fuerza lateral es distribuida a cada muro se considera únicamente los muros paralelos a la dirección en que ésta actúa, presentándose efectos de traslación en la dirección de la fuerza y de rotación respecto al centro de rigidez cuando este no coincide con el centro de masa.

Las suposiciones vistas anteriormente se encontraron en la tesis: *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios*, del ingeniero civil Oscar Argueta Hernández, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería 1980.

3.7.2. Procedimiento de análisis

Primero se deben numerar los muros verticales y horizontales de la estructura para ambos niveles, tal como se muestra en las figuras 8 y 9, considerando que no se toman los vanos de puertas y ventanas.

- Integración de cargas que afectan la estructura
- Calcular el centro de masa y el centro de rigidez de la estructura
- Análisis de viento
- Análisis de sismo
- Cálculo de momentos de volteo
- Distribución de cargas y momentos en muros de mampostería

3.8. Integración de cargas

La distribución de las solicitaciones actuantes en cada nivel entre los muros resistentes, deberá efectuarse teniendo en cuenta la rigidez con relación a la deformabilidad del entrepiso solicitado por las fuerzas sísmicas actuantes.

Carga viva (azotea sin acceso, horizontal o inclinada) = 100 kg/m²

Carga viva (entrepiso, uso de oficinas) = 250 kg/m²

Área de losa de primer nivel = 267,67 m²

Área de losa de segundo nivel = 234,48 m²

Mampostería = 15 x 20 x 40 centímetros

Alto de muros = 3,20 metros

Espesor de losa = 0,12 metros

- Cálculo de cargas gravitacionales (techo, entrepiso y muros)

Techo	Losa	2 400 x 0,12	= 288 kg / m ²
	Acabados		= 30 kg / m ²
	Desniveles	1 600 x 0,05	= 80 kg / m ²
	Carga muerta		<hr/> 398 kg / m ²
	Carga viva		100 kg / m ²
	Entrepiso	Losa	2 400 x 0,12
Acabados			= 30 kg / m ²
Rellenos		1 200 x 0,05	= 60 kg / m ²
Piso			= 70 kg / m ²
Carga muerta			<hr/> 448 kg / m ²
Carga viva			250 kg / m ²

Muros

Primer Nivel	Peso de la mampostería	= 210 kg / m ²
	Longitud total de muros	= 88,85 m
	Acabados	= 30 kg / m ²
	Carga muerta de muros	= 240 kg / m ²

$$W_{\text{muro 1ro. Nivel}} = (240 \text{ kg / m}^2 \times 3,20 \text{ m} \times 88,85 \text{ m}) = 68\,237 \text{ kg}$$

Segundo Nivel	Peso de la mampostería	= 210 kg / m ²
	Longitud total de muros	= 61,85 m
	Acabados	= 30 kg / m ²
	Carga muerta de muros	= 240 kg / m ²

$$W_{\text{muro 2do. Nivel}} = (240 \text{ kg / m}^2 \times 3,20 \text{ m} \times 61,85 \text{ m}) = 47\,500 \text{ kg}$$

$$\text{Techo} = (398 \times 234,48) + (0,5 \times 47\,500) = 115\,666 \text{ kg}$$

$$2^\circ. \text{ nivel} = (448 \times 245,07) + (0,5 \times (68\,237 + 47\,500)) + 0,25 \times (250) = 167\,722 \text{ kg}$$

$$1^\circ. \text{ Nivel} = ((0,5 \times 3,20) + 0,80) \times (88,85 \times 240) = 51\,178 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total de la estructura} = 344\,566 \text{ kg} = 344,50 \text{ Ton}$$

3.9. Cálculo de cargas laterales

Las cargas laterales que afectan directamente la estructura son las cargas de viento y las de sismo. Las cuales se calcularán como se muestra a continuación.

3.9.1. Cálculo de esfuerzo por sismo

Para el análisis de la carga de sismo es necesario establecer la estructuración sismorresistente de una edificación. Para determinar las condiciones de la estructura y de sismo, se basará en la norma de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica de Guatemala (AGIES).

Tabla XVI. **Guía para establecer la estructuración sismo resistente de una edificación**

Nombre de la edificación	Edificio administrativo de estudios universitarios					
Clasificación de la obra	Obra ordinaria					
Índice de sismicidad del sitio	zona = 4,2					
Nivel de protección requerido	C1					
Perfil del suelo	S3					
Aceleración máxima efectiva del terreno	0,40 g					
Tipo de estructura	Sistema de cajón E1					
Descripción de la estructura						
Número de pisos bajo el suelo	0		Sobre el suelo	2,00	m	
Altura total bajo el suelo	0		Sobre el suelo	6,40	m	
Longitud X máx bajo el suelo	0		Sobre el suelo	27,25	m	
Longitud Y máx bajo el suelo	0		Sobre el suelo	11,20	m	
Configuración de la estructura	Dirección de análisis				Valores q_i	
	X	Ambos	Y		Min	Max
Redundancia estructural						
Número de tramos	$q_1 = 1,50$		$q_1 = 0,00$		-3,00	2,50
Número de ejes estructurales	$q_2 = 2,50$		$q_2 = 2,50$		-3,00	2,50
Presencia de muros o riostras	$q_3 = 2,50$		$q_3 = 2,50$		0,00	3,50
Configuración en planta						
Regularidad en planta		$q_4 = -2,00$			-4,00	2,50
Excentricidad en planta	$q_5 = 5,00$		$q_5 = 5,00$		-8,00	5,00
Configuración vertical						
Regularidad vertical	$q_6 = 0,00$		$q_6 = 0,00$		-12,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

- Corte basal

Se le llama de esta manera debido a que se considera fijo en la base, se diseñará en cada dirección del análisis para resistir como mínimo el corte en la base por el método estático equivalente y se calcula según la AGIES con la fórmula:

$$V_b = C_s \times W_s$$

W_s = la carga muerta total del edificio más un 25 por ciento de la carga viva, debido a que estas cargas son capaces de generar fuerzas inerciales que contribuyen al corte basal.

C_s = es el coeficiente sísmico de diseño para cada dirección de análisis, calculado de la siguiente manera:

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

Donde:

R = es el factor de reducción

T_A = es uno de los períodos de vibración que definen al espectro sísmico de diseño

T = es el período fundamental de vibración de la estructura

$S_a(T)$ = es la demanda sísmica de diseño para una estructura con período T

- Período de vibración T

El período fundamental de vibración de la edificación, puede asignarse el valor genérico empírico T_e , el cual se calcula de la siguiente manera:

$$T = T_e = \frac{0,09 \times H_n}{\sqrt{L}}$$

Donde:

H_n = altura del edificio en metros, desde la base o el nivel del terreno

L = distancia entre ejes estructurales en la dirección de análisis en metros

- Período de vibración

Los períodos de vibración T_A y T_B dependen directamente del perfil del suelo donde se encuentra la estructura en análisis.

Tabla XVII. **Período de vibración**

	S1	S2	S3
T_A	0,12	0,12	0,12
T_B	0,40	0,52	0,74

Fuente: ORTÍZ MENDOZA, Jorge Luis. *Diseño de un edificio de mampostería reforzada*. p. 72.

- Demanda sísmica de diseño

Se utiliza para calcular el coeficiente sísmico de diseño (C_s) y se determina de la siguiente manera:

$$S_a \times T = A_o \times D(T)$$

Donde:

A_o = es la aceleración máxima efectiva del terreno correspondiente al sismo básico de diseño

$D(T)$ = es la función de ampliación dinámica

Tabla XVIII. **Función de ampliación dinámica**

Condición	Función de ampliación dinámica
$T < T_A$	$D(T) = 1 + 1.5 T / T_A$
$T_A < T < T_B$	$D(T) = 2.5$
$T > T_B$	$D(T) = 2.5 (T_B / T)^{0.67}$

Fuente: Norma AGIES NR-2 p.14.

- Factor de reducción de respuesta sísmica

Se utiliza para reducir la respuesta elástica, dependerá del sistema estructural que se trabaje en el diseño y se determinará mediante la siguiente ecuación.

$$R = 1,2 R_o \times Q$$

Donde:

R_o = factor genérico de reducción de respuesta sísmica.

Q = factor de calidad sismo resistente.

Tabla XIX. **Factor de reducción de respuesta sísmica**

Tipo de estructura	C	Sistema vertical sismo resistente	Factor R_o
Sistema de cajón	E1	Con muros estructurales de:	
		Mampostería reforzada	2.50
		Concreto reforzado	3.50
		Mampostería sin refuerzo	1.00
		Mampostería reforzada interiormente	1.70
		Madera	4.00
Marcos arriostrados	3.00		
Sistema combinado de muros y marcos	E3	Muros de mampostería reforzada	3.50
		Muros de concreto reforzado	4.50
		Marcos arriostrados en lugar de muros	
		Arriostres ordinarios	3.50
		Arriostres excéntricos	4.00

Fuente: Norma AGIES NR-3 p.6.

- Cálculo de corte basal

$$V_b = C_s \times W_s$$

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

- Cálculo de período fundamental

$$T = T_e = \frac{0,09 \times H_n}{\sqrt{L}}$$

Donde:

H_n = altura del edificio (m)

L = longitud (x,y) (m)

En eje X

$$T = \frac{0,09 \times (6,40\text{m})}{\sqrt{27,25\text{m}}}$$

$$T = 0,11$$

En eje Y

$$T = \frac{0,09 \times (6,40\text{m})}{\sqrt{11,20\text{m}}}$$

$$T = 0,17$$

- Período de vibración T_A y T_B

Como el perfil del suelo es S3 se tiene $T_A = 0,12$ y $T_B = 0,74$

- Determinar el valor de $D(T)$

En eje X $D(T) = 1 + 1,5 (T / T_A)$
 $D(T) = 1 + 1,5 (0,11 / 0,12)$
 $D(T) = 2,38$

En eje Y $D(T) = 2,50$

- Cálculo de la demanda sísmica de diseño

$$S_a \times T = A_o \times D(T)$$

En eje X $S_a(T) = 0,40 \times 2,38$
 $S_a(T) = 0,95$

En eje Y $S_a(T) = 0,40 \times 2,50$
 $S_a(T) = 1,00$

- Cálculo del factor de reducción de respuesta sísmica R

$$R = 1,2 \times R_o \times Q$$

$$R_o = 2,50$$

- Cálculo del factor de calidad sismo resistente Q

$$Q = 1 + 0,10 \sum q_i$$

En eje X $Q = 1 + 0,10 (1,50 + 2,50 + 2,50 - 2,00 + 5,00 + 0,00)$
 $Q = 1,95$

En eje Y $Q = 1 + 0,10 (0,00 + 2,50 + 2,50 - 2,00 + 5,00 + 0,00)$
 $Q = 1,80$

- Cálculo de R

$$\begin{aligned} \text{En eje X} \quad R &= 1,20 \times (2,50) \times (1,95) \\ R &= 5,85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En eje Y} \quad R &= 1,20 \times (2,50) \times (1,80) \\ R &= 5,40 \end{aligned}$$

- Cálculo de la carga de viento

$$F_v = \text{Área} \times q$$

$q = 0,325 \text{ kg} / \text{m}^2$ para el departamento de Jutiapa. (Anexo)

$$\begin{aligned} \text{En eje X} \quad F_v &= (6,40)(27,25)(0,325) \\ F_v &= 56,68 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{En eje Y} \quad F_v &= (6,40)(11,20)(0,325) \\ F_v &= 23,30 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Cálculo del corte basal V

$$V = \frac{S_a(T) \times W_s}{R}$$

$W_s = (\text{peso estructura}) + (25\% \text{ carga viva}) = 344,56 + 22,60 = 367,17 \text{ Ton}$

$$\begin{aligned} \text{En eje X} \quad V_x &= (0,95 \times 367,17) / (5,85) \\ V_x &= 59,625,90 \text{ kg} \\ V_x &= 59,62 \text{ Ton} \end{aligned}$$

En eje Y $V_y = (1,00 \times 367\,170) / (5,40)$
 $V_y = 67\,994 \text{ kg}$
 $V_y = 68 \text{ Ton}$

3.9.2. Distribución de fuerzas por piso

El cortante basal se distribuirá a lo alto de la estructura, tomando en cuenta para ello el peso de cada nivel y la posición en que se encuentra referente al nivel de piso, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_j = V \times \frac{W_i \times h_i}{\sum_{i=0}^n W_i h_i}$$

Tabla XX. Distribución de la fuerza de sismo por piso

NIVEL	W _i (Ton)	H _i (m)	EJE X			EJE Y		
			W _i * H _i K	F _x (Ton)	F _x Acomulado	W _i * H _i K	F _y (Ton)	F _y Acomulado
TECHO	115,67	7,20	832,82	33,02	33,02	832,82	37,66	37,66
2do.	167,72	4,00	670,88	26,60	59,62	670,88	30,34	68,00
1ro.	51,18	0,00	0,00	0,00	59,62	0,00	0,00	68,00
Sumatoria			1 503,70			1 503,70		

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momentos de volteo

Son generados principalmente por la acción de las fuerzas laterales generadas por los vientos o sismos que afecten la estructura. Si el momento de volteo es lo suficientemente grande, puede sobrepasar la carga muerta de la estructura e inducir tensiones en los extremos de los muros de corte.

Los momentos de volteo pueden causar grandes fuerzas de compresión, que requieren de un aumento en la resistencia de la mampostería ($f''m$) que se pretende utilizar, o requiriendo un aumento en el acero de refuerzo o en el ancho de las unidades de mampostería.

Tabla XXI. **Momentos de volteo por piso**

NIVEL	EJE X					EJE Y				
	Fi (Ton)	Hi (mts)	Fi * Hi	(Hi - Hx)	Mvx (ton-m)	Fi (Ton)	Hi (mts)	Fi * Hi	(Hi - Hx)	Mvx (ton-m)
TECHO	33,02	7,20	237,74	0,00	0,00	37,66	7,20	271,15	0,00	0,00
2do.	26,60	4,00	106,40	3,20	105,66	30,34	4,00	121,36	3,20	120,51
1ro.	0	0,00	0,00	4,00	344,14	0	0,00	0,00	4,00	392,51
Sumatoria			344,14					392,5		

Fuente: elaboración propia.

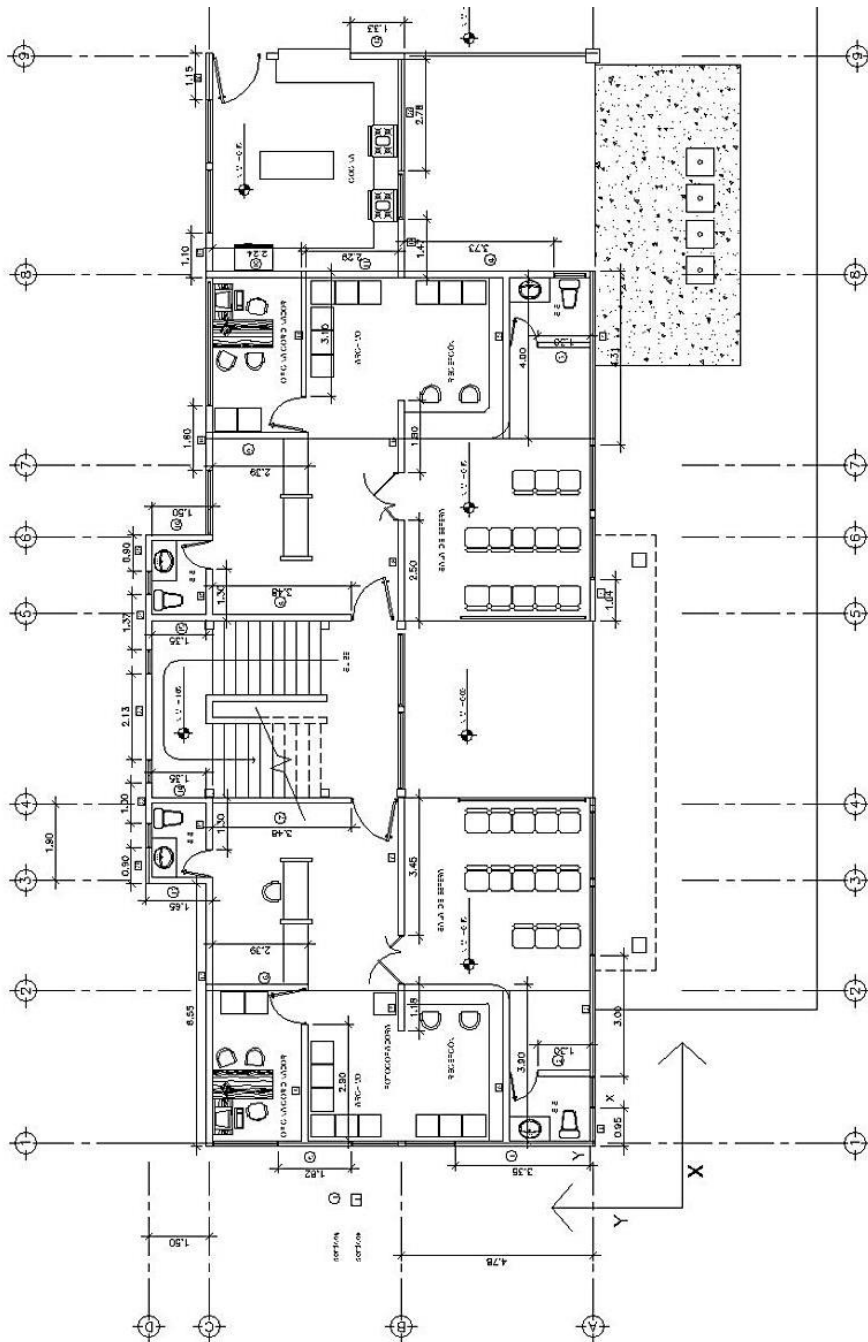
$$Mvx = 344,14 \text{ ton} - \text{m}$$

$$Mvy = 392,50 \text{ ton} - \text{m}$$

3.10. Solución por método simplista

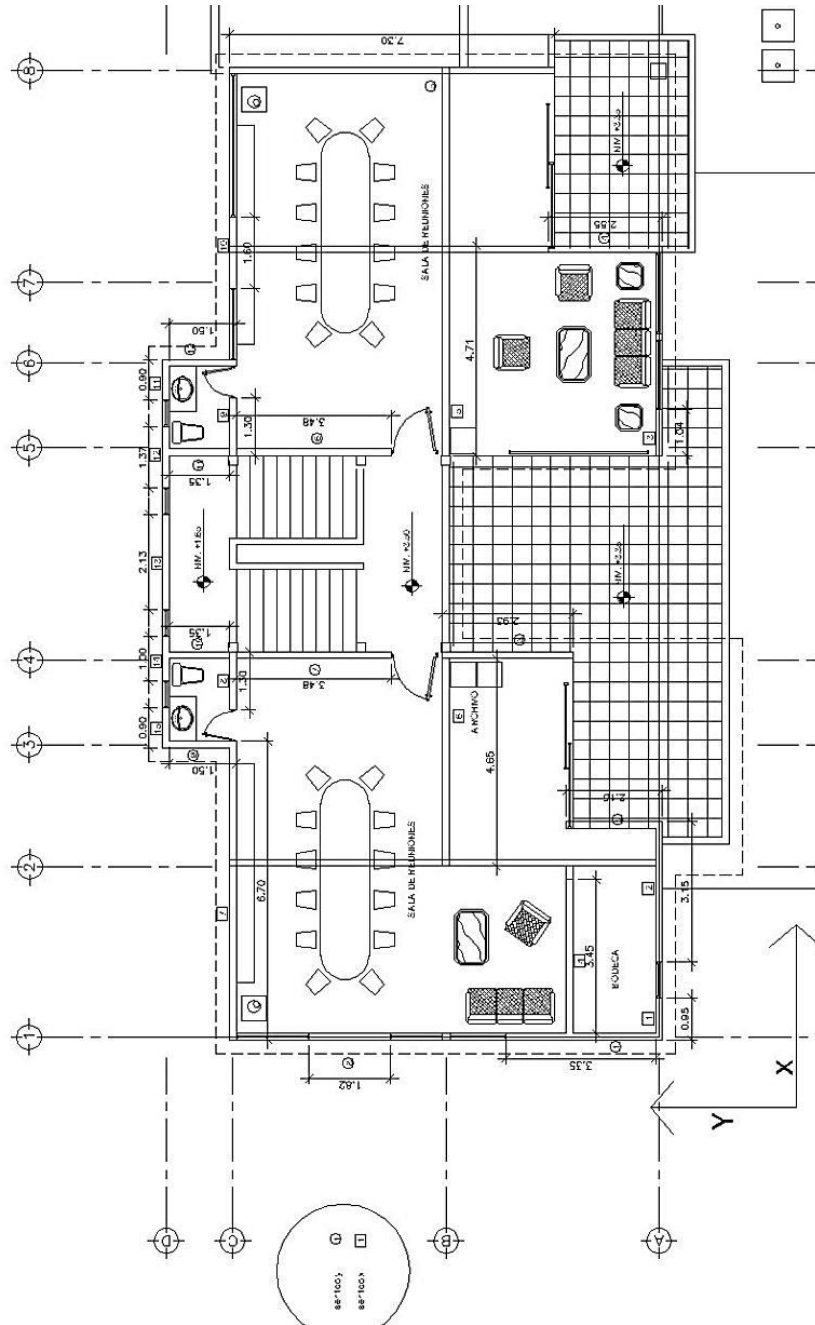
Se enumeran los muros horizontales y verticales de la estructura para ambos niveles, como se muestra en los planos siguientes, considerando que no se toman los vanos de puertas y ventanas. Para observar la enumeración de los muros estructurales se pueden utilizar los planos que se encuentran en los anexos.

Figura 8. Muros estructurales primer nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

Figura 9. Muros estructurales segundo nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

3.10.1. Localización del centro de masa de la estructura

El centro de masa determina en qué posición se encontrará el peso de cada entrepiso y con esto poder calcular la excentricidad para ubicar en qué punto se localiza la fuerza de cortante en el edificio.

Después de enumerar los muros estructurales tanto horizontal como vertical de los dos niveles de la edificación, se determinará el centro de rigidez y el centro de masa por nivel.

Tabla XXII. Primer nivel de muros en sentido X

Muro	Longitud	h / L	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R * X	R * Y
1	0,95	3,37	0,21	0,48	0,00	0,46	0,00	0,00	0,00
2	3,00	1,07	2,27	3,18	0,00	9,54	0,00	0,00	0,00
3	1,04	3,08	0,26	13,54	0,00	14,08	0,00	0,00	0,00
4	4,31	0,74	3,79	19,57	0,00	84,35	0,00	0,00	0,00
5	4,15	0,77	3,61	19,58	2,15	81,26	8,92	0,00	7,76
6	3,90	0,82	3,32	1,95	2,15	7,61	8,39	0,00	7,13
7	1,18	2,71	0,36	3,39	4,78	4,00	5,64	0,00	1,70
8	3,45	0,93	2,79	6,90	4,78	23,81	16,49	0,00	13,35
9	2,50	1,28	1,68	14,28	4,78	35,70	11,95	0,00	8,05
10	1,80	1,78	0,91	17,62	4,78	31,72	8,60	0,00	4,36
11	3,10	1,03	2,38	20,17	7,16	62,53	22,20	0,00	17,06
12	2,90	1,10	2,15	1,52	7,16	4,41	20,76	0,00	15,38
13	6,55	0,49	6,32	3,31	9,55	21,68	62,55	0,00	60,36
14	1,30	2,46	0,45	7,98	9,55	10,37	12,42	0,00	4,28
15	1,30	2,46	0,45	13,68	9,55	17,78	12,42	0,00	4,28
16	1,60	2,00	0,71	17,58	9,55	28,13	15,28	0,00	6,82
17	1,10	2,91	0,30	22,12	9,55	24,33	10,51	0,00	2,86
18	1,15	2,78	0,33	26,60	9,55	30,59	10,98	0,00	3,19
19	1,47	2,18	0,59	22,30	4,78	32,78	7,03	0,00	2,84
20	2,78	1,15	2,01	25,63	4,78	71,25	13,29	0,00	9,60
21	0,90	3,56	0,18	6,92	11,05	6,23	9,95	0,00	1,99
22	1,00	3,20	0,24	8,47	11,05	8,47	11,05	0,00	2,61
23	2,13	1,50	1,27	10,64	11,05	22,66	23,54	0,00	13,99
24	1,37	2,34	0,51	12,99	11,05	17,80	15,14	0,00	5,59
25	0,90	3,56	0,18	14,72	11,05	13,25	9,95	0,00	1,99
Suma	55,83					664,77	317,03		195,21

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Primer nivel de muros en sentido Y

Muro	Longitud	h / L	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R * X	R * Y
1	3,55	0,90	2,91	0,00	1,67	0,00	5,93	0,00	0,00
2	1,30	2,46	0,45	1,75	0,72	2,28	0,94	0,78	0,00
3	1,30	2,46	0,45	19,90	0,72	25,87	0,94	8,92	0,00
4	3,75	0,85	3,14	21,65	2,78	81,19	10,43	68,05	0,00
5	1,82	1,76	0,93	0,00	7,16	0,00	13,03	0,00	0,00
6	2,39	1,34	1,56	3,90	8,27	9,32	19,77	6,08	0,00
7	3,48	0,92	2,83	8,55	7,74	29,75	26,94	24,18	0,00
8	3,48	0,92	2,83	13,09	7,74	45,55	26,94	37,02	0,00
9	2,39	1,34	1,56	17,65	8,27	42,18	19,77	27,51	0,00
10	2,24	1,43	1,39	21,65	8,27	48,50	18,52	30,06	0,00
11	2,29	1,40	1,44	21,65	6,00	49,58	13,74	31,28	0,00
12	1,33	2,41	0,47	27,10	5,43	36,04	7,22	12,82	0,00
13	1,65	1,94	0,76	6,55	10,38	10,81	17,13	5,00	0,00
14	1,35	2,37	0,49	8,55	10,38	11,54	14,01	4,19	0,00
15	1,35	2,37	0,49	13,09	10,38	17,67	14,01	6,41	0,00
16	1,50	2,13	0,62	15,10	10,38	22,65	15,57	9,37	0,00
Suma	35,17					432,93	224,87	271,66	

Fuente: elaboración propia.

- Resultados del análisis de primer nivel

$$L = 91,00 \text{ m} \quad Lx = 55,83 \text{ m} \quad Ly = 35,17 \text{ m}$$

$$Rx = 37,26 \text{ m} \quad Ry = 22,32 \text{ m}$$

$$Lx = 1097,70 \text{ m} \quad Ly = 541,90 \text{ m}$$

$$R^*X = 271,66 \text{ m} \quad R^*Y = 195,21 \text{ m}$$

- Centro de masa de muros

$$X_{cm} = \frac{\sum L \times X}{\sum L} = \frac{664,77 + 432,93}{55,83 + 35,17} = 12,06 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum L \times Y}{\sum L} = \frac{317,03 + 224,86}{55,83 + 35,17} = 5,95 \text{ m}$$

3.10.2. Localización del centro de rigidez

Es el eje por el cual el centro de masa y las fuerzas laterales suelen rotar. La rigidez está relacionada con la deformación de la edificación, donde las deformaciones no deben ser excesivas.

Si el muro está en voladizo se deberá usar la fórmula que se muestra a continuación:

$$\Delta_{\text{voladizo}} = \frac{P}{E_m * t} * \left[\left(\frac{h}{d} \right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{d} \right) \right]$$

Si el muro está empotrado o tiene un grado de fijación tanto superior como inferior; la expresión para calcularlo es la siguiente:

$$\Delta_{\text{empotrado}} = \frac{P}{E_m * t} * \left[4 * \left(\frac{h}{d} \right)^3 + 3 * \left(\frac{h}{d} \right) \right]$$

Con los datos calculados anteriormente se encuentra el centro de rigidez de la siguiente manera:

$$X_{cr} = \frac{R * X}{R_y} = \frac{271,66}{22,325} = 12,17 \text{ m}$$

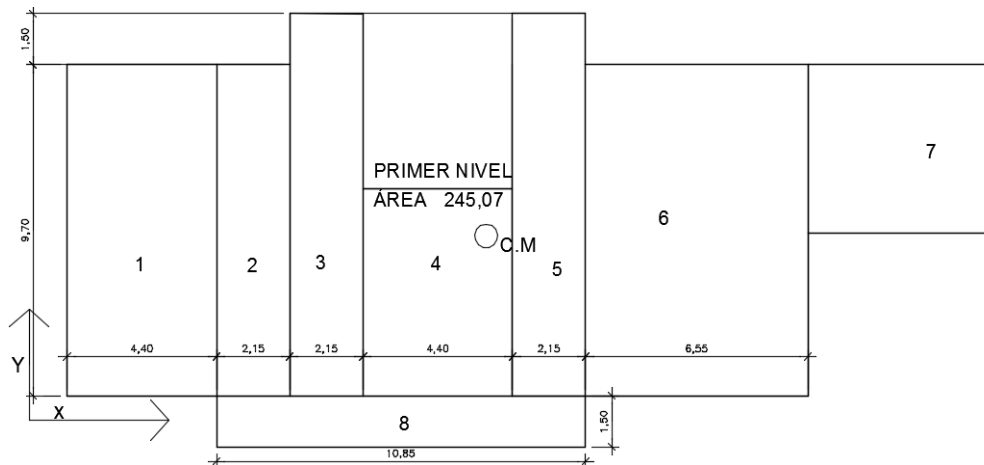
$$Y_{cr} = \frac{R * Y}{R_x} = \frac{195,22}{37,27} = 5,24 \text{ m}$$

Tabla XXIV. Centro de masa de entrepiso

Figura	Área	X	Y	X*A	Y*A
1	42,68	2,20	6,35	93,89	271,01
2	20,86	5,48	6,35	114,29	132,43
3	24,10	7,63	7,02	183,88	169,18
4	26,71	10,90	4,54	291,14	121,26
5	24,10	14,18	7,02	341,74	169,18
6	63,54	18,52	6,35	1 176,76	403,48
7	26,84	24,52	8,74	658,12	234,58
8	16,28	9,82	0,75	159,87	12,21
Suma	245,10			3 019,69	1 513,34

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Centro de masa losa de entrepiso



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

$$X_{cm} = \frac{3019,69}{245,10} = 12,32 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = \frac{1513,34}{245,10} = 6,17 \text{ m}$$

- Centro de masa combinado (losa + muros)

$$\begin{aligned} W \text{ losa de techo} &= \text{CM techo} * \text{área de losa} = 398 \text{ kg/m}^2 * 234,48 \text{ m}^2 \\ &= 93\,323 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ losa de entrepiso} &= \text{CM entrepiso} * \text{área de losa entrepiso} \\ &= 448 \text{ kg/m}^2 * 267,67 \text{ m}^2 = 119\,916 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ muros 1er. nivel} &= \text{CM muros} * \text{perímetro de muros} \\ &= 240 \text{ kg / m}^2 * 3,20 \text{ m} * 88,85 \text{ m} = 68\,237 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \text{ muros 2do. nivel} &= \text{CM muros} * \text{perímetro de muros} \\ &= 240 \text{ kg / m}^2 * 3,20 \text{ m} * 61,85 \text{ m} = 47\,500 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Entrepiso

$$X = \frac{(W_{\text{losa entrepiso}} * X_{\text{cm}}) + (W_{\text{muros 1er.nivel}} * X_{\text{cm muros}})}{W_{\text{losa entrepiso}} + W_{\text{muros 1er.nivel}}}$$

$$X = \frac{(119\,916 * 12,32) + (68\,237 * 12,06)}{119\,916 + 68\,237}$$

$$X = 12,23 \text{ m}$$

$$Y = \frac{(119\,916 * 6,17) + (68\,237 * 5,95)}{119\,916 + 68\,237}$$

$$Y = 6,09 \text{ m}$$

Se tomarán para el análisis los resultados de $X = 12,23$ y $Y = 6,09$ metros.

- Cálculo de excentricidad con respecto al centro de rigidez

Debido a que no se conoce a cabalidad ciertos determinantes en la construcción, como lo puede ser el tipo de materiales y la calidad no permiten un análisis exacto, se calcula una excentricidad o un desplazamiento del 5 por ciento desde el centro de masa calculado anteriormente.

$$e'x = | X_{cr} - X_{cm} \quad e'x = 12,17 \text{ m} - 12,23 \text{ m} = 0,06 \text{ m}$$

$$e'y = | Y_{cr} - Y_{cm} \quad e'y = 5,24 \text{ m} - 6,09 \text{ m} = 0,85 \text{ m}$$

Excentricidad mínima del 5 por ciento de la dimensión perpendicular a la fuerza aplicada.

$$\text{Sentido X} = 0,05 \times 27,25 \text{ m} = 1,36 \text{ m}$$

$$\text{Sentido Y} = 0,05 \times 11,20 \text{ m} = 0,56 \text{ m}$$

3.11. Distribución de cargas y momentos en los muros

Las fuerzas y momentos inducidos en los muros serán distribuidos según la siguiente ecuación:

Las fuerzas de corte se distribuirán de acuerdo a las rigideces relativas de los muros:

$$F_v = \frac{R}{\sum R} * 2V$$

Los muros de mampostería reforzada se diseñarán para resistir dos veces la fuerza de corte que actúa sobre ellas.

$$2V = \text{Corte}$$

Las fuerzas de corte debidas al momento torsionante sobre el edificio se obtendrán por medio de la siguiente ecuación:

$$F_T = \frac{R_d}{\sum R_d^2} * M_T$$

Donde:

$$M_T = e * V$$

Los momentos de volteo se distribuirán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$M_{\text{volteo}} = \frac{R}{\sum R} * M_v$$

Tabla XXV. Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido x – x

CORTE = 2V =	2 *	59,62	119,24	ton.	e'y =	0,85	m		
ey = e'y + emin y =			2,21	m	e min y =	1,36	m		
MOMENTO DE TORSION =	CORTE * e y		131,98	ton - m					
MOMENTO DE VOLTEO =			344,14	ton - m					
Ycr =			5,24	m					
dy =	Y - Ycr								

Muro	Rigidez	Y	dy (valor abs)	R * dy	R * dy ²	F v (R/ΣR)(2V)	F t (Rd/ΣRd ²)*Mt	F Fv + Ft	M vi (R/ΣR)*(Mv)	M ti F t * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	0,21	0,00	5,24	1,08	5,68	0,66	-0,28	0,66	1,91	-0,91	1,91
2	2,27	0,00	5,24	11,87	62,17	7,25	-3,12	7,25	20,92	-9,97	20,92
3	0,26	0,00	5,24	1,37	7,15	0,83	-0,36	0,83	2,41	-1,15	2,41
4	3,79	0,00	5,24	19,87	104,07	12,14	-5,21	12,14	35,02	-16,69	35,02
5	3,61	2,15	3,09	11,14	34,41	11,54	-2,92	11,54	33,32	-9,36	33,32
6	3,32	2,15	3,09	10,25	31,65	10,62	-2,69	10,62	30,64	-8,61	30,64
7	0,36	4,78	0,46	0,16	0,07	1,14	-0,04	1,14	3,29	-0,14	3,29
8	2,79	4,78	0,46	1,28	0,59	8,94	-0,34	8,94	25,79	-1,08	25,79
9	1,68	4,78	0,46	0,77	0,35	5,39	-0,20	5,39	15,55	-0,65	15,55
10	0,91	4,78	0,46	0,42	0,19	2,92	-0,11	2,92	8,43	-0,35	8,43
11	2,38	7,16	1,92	4,58	8,80	7,62	1,20	8,83	22,00	3,85	25,85
12	2,15	7,16	1,92	4,13	7,93	6,88	1,08	7,96	19,84	3,47	23,31
13	6,32	9,55	4,31	27,25	117,49	20,22	7,15	27,37	58,36	22,89	81,25
14	0,45	9,55	4,31	1,93	8,34	1,43	0,51	1,94	4,14	1,62	5,77
15	0,45	9,55	4,31	1,93	8,34	1,43	0,51	1,94	4,14	1,62	5,77
16	0,71	9,55	4,31	3,08	13,28	2,29	0,81	3,09	6,60	2,59	9,18
17	0,30	9,55	4,31	1,29	5,57	0,96	0,34	1,30	2,77	1,09	3,86
18	0,33	9,55	4,31	1,44	6,22	1,07	0,38	1,45	3,09	1,21	4,30
19	0,59	4,78	0,46	0,27	0,12	1,90	-0,07	1,90	5,48	-0,23	5,48
20	2,01	4,78	0,46	0,92	0,42	6,43	-0,24	6,43	18,55	-0,77	18,55
21	0,18	11,05	5,81	1,04	6,07	0,58	0,27	0,85	1,66	0,88	2,54
22	0,24	11,05	5,81	1,37	7,97	0,76	0,36	1,12	2,18	1,15	3,33
23	1,27	11,05	5,81	7,36	42,76	4,05	1,93	5,98	11,69	6,18	17,87
24	0,51	11,05	5,81	2,94	17,10	1,62	0,77	2,39	4,68	2,47	7,15
25	0,18	11,05	5,81	1,04	6,07	0,58	0,27	0,85	1,66	0,88	2,54
Suma	37,27				502,84				344,14		

Fuente: elaboración propia.

Si $e'_{\min y} > e'y$, se debe hacer la distribución de la fuerza lateral para $e'y - e$ accidental y .

Tabla XXVI. Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido x – x

CORTE = 2V =	2 *	59,62	119,24	ton.	$e'y =$	0,85	m		
$e_y = e'y - e_{\min y} =$			0,51	m	$e_{\min y} =$	1,36	m		
MOMENTO DE TORSION =	CORTE * e y		30,19	ton - m					
MOMENTO DE VOLTEO =			344,14	ton - m					
Ycr =			5,24	m					
dy =	Y - Ycr								

Muro	Rigidez	Y	dy (valor abs)	R * dy	R * dy ²	F v (R/ΣR)(2V)	F t (Rd/ΣRd ²)*Mt	F Fv + Ft	M vi (R/ΣR)*(Mv)	M ti F t * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	0,21	0,00	5,24	1,08	5,68	0,66	-0,07	0,66	1,91	-0,21	1,91
2	2,27	0,00	5,24	11,87	62,17	7,25	-0,71	7,25	20,92	-2,28	20,92
3	0,26	0,00	5,24	1,37	7,15	0,83	-0,08	0,83	2,41	-0,26	2,41
4	3,79	0,00	5,24	19,87	104,07	12,14	-1,19	12,14	35,02	-3,82	35,02
5	3,61	2,15	3,09	11,14	34,41	11,54	-0,67	11,54	33,32	-2,14	33,32
6	3,32	2,15	3,09	10,25	31,65	10,62	-0,62	10,62	30,64	-1,97	30,64
7	0,36	4,78	0,46	0,16	0,08	1,14	-0,01	1,14	3,29	-0,03	3,29
8	2,79	4,78	0,46	1,28	0,59	8,94	-0,08	8,94	25,79	-0,25	25,79
9	1,68	4,78	0,46	0,77	0,35	5,39	-0,05	5,39	15,55	-0,15	15,55
10	0,91	4,78	0,46	0,42	0,19	2,92	-0,03	2,92	8,43	-0,08	8,43
11	2,38	7,16	1,92	4,58	8,80	7,62	0,28	7,90	22,01	0,88	22,88
12	2,15	7,16	1,92	4,13	7,93	6,88	0,25	7,12	19,84	0,79	20,64
13	6,32	9,55	4,31	27,25	117,49	20,22	1,64	21,86	58,36	5,24	63,60
14	0,45	9,55	4,31	1,93	8,34	1,44	0,12	1,55	4,14	0,37	4,51
15	0,45	9,55	4,31	1,93	8,34	1,44	0,12	1,55	4,14	0,37	4,51
16	0,71	9,55	4,31	3,08	13,28	2,29	0,19	2,47	6,60	0,59	7,19
17	0,30	9,55	4,31	1,29	5,58	0,96	0,08	1,04	2,77	0,25	3,02
18	0,34	9,55	4,31	1,44	6,22	1,07	0,09	1,16	3,09	0,28	3,37
19	0,59	4,78	0,46	0,27	0,13	1,90	-0,02	1,90	5,48	-0,05	5,48
20	2,01	4,78	0,46	0,92	0,42	6,43	-0,06	6,43	18,55	-0,18	18,55
21	0,18	11,05	5,81	1,05	6,07	0,58	0,06	0,64	1,66	0,20	1,86
22	0,24	11,05	5,81	1,37	7,97	0,76	0,08	0,84	2,18	0,26	2,44
23	1,27	11,05	5,81	7,36	42,76	4,05	0,44	4,49	11,69	1,41	13,11
24	0,51	11,05	5,81	2,94	17,10	1,62	0,18	1,80	4,68	0,57	5,24
25	0,18	11,05	5,81	1,05	6,07	0,58	0,06	0,64	1,66	0,20	1,86
Suma	37,27				502,84				344,14		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Resultados de análisis de mampostería en primer nivel
sentido y – y

CORTE = 2V =	2 *	68	136,00	ton.	e'x =	0,06	m		
ex = e'x + emin x =			0,62	m	e min x =	0,56	m		
MOMENTO DE TORSION =	CORTE * e y		42,16	ton - m					
MOMENTO DE VOLTEO =			392,50	ton - m					
Xcr =			12,17	m					
dx =	X - Xcr								

Muro	Rigidez	X	dx (valor abs)	R * dx	R * dx^2	F v (R/ΣR)(2V)	F t (Rd/ΣRd^2)*Mt	F Fv + Ft	M vi (R/ΣR)*(Mv)	M ti Ft * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	2,91	0,00	12,17	35,41	430,87	17,73	-0,98	17,73	51,16	-3,14	51,16
2	0,45	1,75	10,42	4,67	48,68	2,73	-0,13	2,73	7,88	-0,41	7,88
3	0,45	19,90	7,73	3,47	26,81	2,73	0,10	2,83	7,88	0,31	8,19
4	3,14	21,65	9,48	29,80	282,58	19,15	0,83	19,97	55,26	2,64	57,91
5	0,93	0,00	12,17	11,36	138,25	5,69	-0,31	5,69	16,42	-1,01	16,42
6	1,56	3,90	8,27	12,89	106,54	9,49	-0,36	9,49	27,40	-1,14	27,40
7	2,83	8,55	3,62	10,23	37,03	17,23	-0,28	17,23	49,72	-0,91	49,72
8	2,83	13,09	0,92	2,61	2,40	17,23	0,07	17,30	49,72	0,23	49,95
9	1,56	17,65	5,48	8,54	46,82	9,49	0,24	9,73	27,40	0,76	28,16
10	1,39	21,65	9,48	13,17	124,84	8,46	0,36	8,82	24,41	1,17	25,58
11	1,44	21,65	9,48	13,70	129,90	8,80	0,38	9,18	25,40	1,22	26,62
12	0,47	27,10	14,93	7,06	105,43	2,88	0,20	3,08	8,31	0,63	8,94
13	0,76	6,55	5,62	4,28	24,07	4,65	-0,12	4,65	13,41	-0,38	13,41
14	0,49	8,55	3,62	1,77	6,41	2,98	-0,05	2,98	8,61	-0,16	8,61
15	0,49	13,09	0,92	0,45	0,42	2,98	0,01	2,99	8,61	0,04	8,65
16	0,62	15,10	2,93	1,82	5,33	3,78	0,05	3,83	10,91	0,16	11,08
Suma	22,33				1 516,37				392,50		

Fuente: elaboración propia.

Si $e'_{min x} > e'x$, se debe hacer la distribución de la fuerza lateral para $e'y - e$ accidental x .

Tabla XXVIII. Resultados de análisis de mampostería en primer nivel sentido y – y

CORTE = 2V =	2 *	68	136,00	ton.	e'x =	0,06	m		
ex = e'x - emin x =			0,50	m	e min x =	0,56	m		
MOMENTO DE TORSION =	CORTE * e y		34,00	ton - m					
MOMENTO DE VOLTEO =			392,50	ton - m					
Xcr =			12,17	m					
dx =	X - Xcr								

Muro	Rigidez	X	dx (valor abs)	R * dx	R * dx ²	Fv (R/ΣR)(2V)	Ft (Rd/ΣRd ²)*Mt	F Fv + Ft	Mvi (R/ΣR) ² (Mv)	Mti Ft * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	2,91	0,00	12,17	35,41	430,87	17,73	-0,80	17,73	51,16	-2,55	51,16
2	0,45	1,75	10,42	4,67	48,68	2,73	-0,11	2,73	7,88	-0,34	7,88
3	0,45	19,90	7,73	3,47	26,81	2,73	0,08	2,81	7,88	0,25	8,13
4	3,14	21,65	9,48	29,80	282,58	19,15	0,67	19,82	55,26	2,15	57,41
5	0,93	0,00	12,17	11,36	138,25	5,69	-0,26	5,69	16,42	-0,82	16,42
6	1,56	3,90	8,27	12,89	106,54	9,49	-0,29	9,49	27,40	-0,93	27,40
7	2,83	8,55	3,62	10,23	37,03	17,23	-0,23	17,23	49,72	-0,74	49,72
8	2,83	13,09	0,92	2,61	2,40	17,23	0,06	17,29	49,72	0,19	49,91
9	1,56	17,65	5,48	8,54	46,82	9,49	0,19	9,69	27,40	0,62	28,01
10	1,39	21,65	9,48	13,17	124,84	8,46	0,30	8,76	24,41	0,95	25,36
11	1,44	21,65	9,48	13,70	129,90	8,80	0,31	9,11	25,40	0,99	26,39
12	0,47	27,10	14,93	7,06	105,43	2,88	0,16	3,04	8,31	0,51	8,82
13	0,76	6,55	5,62	4,28	24,07	4,65	-0,10	4,65	13,41	-0,31	13,41
14	0,49	8,55	3,62	1,77	6,41	2,98	-0,04	2,98	8,61	-0,13	8,61
15	0,49	13,09	0,92	0,45	0,42	2,98	0,01	2,99	8,61	0,03	8,64
16	0,62	15,10	2,93	1,82	5,33	3,78	0,04	3,82	10,91	0,13	11,04
Suma	22,33				1 516,37				392,50		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Resultados finales del primer nivel sentido x-x**

Muro	Fx		Mdis.	
1	0,66	ton	1,91	ton - m
2	7,25	ton	20,92	ton - m
3	0,83	ton	2,41	ton - m
4	12,14	ton	35,02	ton - m
5	11,54	ton	33,32	ton - m
6	10,62	ton	30,64	ton - m
7	1,14	ton	3,29	ton - m
8	8,94	ton	25,79	ton - m
9	5,39	ton	15,55	ton - m
10	2,92	ton	8,43	ton - m
11	8,83	ton	25,85	ton - m
12	7,96	ton	23,31	ton - m
13	27,37	ton	81,25	ton - m
14	1,94	ton	5,77	ton - m
15	1,94	ton	5,77	ton - m
16	3,09	ton	9,18	ton - m
17	1,30	ton	3,86	ton - m
18	1,45	ton	4,30	ton - m
19	1,90	ton	5,48	ton - m
20	6,43	ton	18,55	ton - m
21	0,85	ton	2,54	ton - m
22	1,12	ton	3,33	ton - m
23	5,98	ton	17,87	ton - m
24	2,39	ton	7,15	ton - m
25	0,85	ton	2,54	ton - m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Resultados finales del primer nivel sentido y-y**

Muro	Fx		M dis.	
1	17,73	ton	51,16	ton -m
2	2,73	ton	7,88	ton -m
3	2,83	ton	8,19	ton -m
4	19,97	ton	57,91	ton -m
5	5,69	ton	16,42	ton -m
6	9,49	ton	27,40	ton -m
7	17,23	ton	49,72	ton -m
8	17,30	ton	49,95	ton -m
9	9,73	ton	28,16	ton -m
10	8,82	ton	25,58	ton -m
11	9,18	ton	26,62	ton -m
12	3,08	ton	8,94	ton -m
13	4,65	ton	13,41	ton -m
14	2,98	ton	8,61	ton -m
15	2,99	ton	8,65	ton -m
16	3,83	ton	11,08	ton -m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Segundo nivel de muros en sentido x

Muro	Longitud	h / L	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R * X	R * Y
1	0,95	3,37	0,21	0,44	0,00	0,42	0,00	0,00	0,00
2	3,00	1,07	2,27	3,18	0,00	9,54	0,00	0,00	0,00
3	1,04	3,08	0,26	13,54	0,00	14,08	0,00	0,00	0,00
4	3,45	0,93	2,79	1,80	2,00	6,21	6,90	0,00	5,59
5	3,91	0,82	3,33	15,37	4,78	60,10	18,69	0,00	15,92
6	3,91	0,82	3,33	6,52	4,78	25,49	18,69	0,00	15,92
7	6,70	0,48	6,49	3,31	9,55	22,18	63,99	0,00	61,94
8	1,30	2,46	0,45	7,98	9,55	10,37	12,42	0,00	4,28
9	1,30	2,46	0,45	13,68	9,55	17,78	12,42	0,00	4,28
10	1,60	2,00	0,71	17,58	9,55	28,13	15,28	0,00	6,82
11	0,90	3,56	0,18	14,73	11,05	13,26	9,95	0,00	1,99
12	1,37	2,34	0,51	13,00	11,05	17,81	15,14	0,00	5,59
13	2,13	1,50	1,27	10,64	11,05	22,66	23,54	0,00	13,99
14	1,00	3,20	0,24	8,48	11,05	8,48	11,05	0,00	2,61
15	0,90	3,56	0,18	6,93	11,05	6,24	9,95	0,00	1,99
Suma	33,46					262,75	217,99		140,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Segundo nivel de muros en sentido y

Muro	Longitud	h / L	Rigidez	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L * X	L * Y	R * X	R * Y
1	3,35	0,96	2,676	0,00	1,75	0,000	5,863	0,000	0,000
2	2,00	1,60	1,124	4,60	1,00	9,200	2,000	5,171	0,000
3	2,93	1,09	2,184	8,55	3,39	25,052	9,933	18,672	0,000
4	2,55	1,25	1,742	17,60	1,20	44,880	3,060	30,657	0,000
5	7,30	0,44	7,146	21,65	5,98	158,045	43,654	154,720	0,000
6	3,48	0,92	2,828	13,10	2,74	45,588	9,535	37,046	0,000
7	3,48	0,92	2,828	8,55	2,74	29,754	9,535	24,179	0,000
8	1,82	1,76	0,934	0,00	6,93	0,000	12,613	0,000	0,000
9	1,50	2,13	0,621	6,55	10,22	9,825	15,330	4,066	0,000
10	1,35	2,37	0,489	8,55	10,30	11,543	13,905	4,185	0,000
11	1,35	2,37	0,489	13,10	10,30	17,685	13,905	6,412	0,000
12	1,50	2,13	0,621	15,10	10,30	22,650	15,450	9,374	0,000
Suma	32,61					374,22	154,78	294,48	

Fuente: elaboración propia.

- Resultados del análisis de segundo nivel

$L = 66,07 \text{ m}$ $L_x = 33,46 \text{ m}$
 $L_y = 32,61 \text{ m}$ $R_x = 22,65 \text{ m}$
 $R_y = 23,68 \text{ m}$ $L_x = 636,97 \text{ m}$
 $L_y = 372,77 \text{ m}$
 $R^*X = 294,48 \text{ m}$ $R^*Y = 140,91 \text{ m}$

- Centro de masa de muros

$X_{cm} = 9,64 \text{ m}$
 $Y_{cm} = 5,64 \text{ m}$

- Centro de rigidez de muros

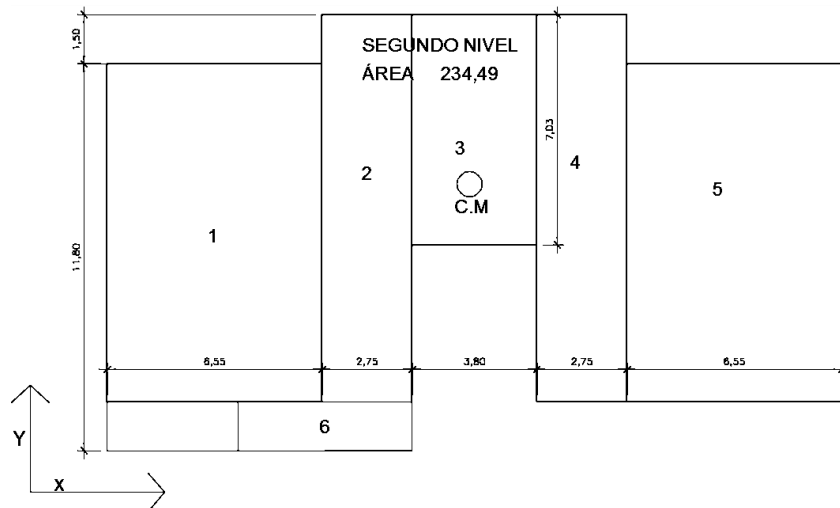
$X_{cr} = 12,43 \text{ m}$
 $Y_{cr} = 6,22 \text{ m}$

Tabla XXXIII. Centro de masa losa de techo

Figura	Área	X	Y	X*A	Y*A
1	67,47	3,28	6,65	221,30	448,68
2	32,45	7,92	7,40	257,00	240,13
3	26,70	11,20	9,78	299,04	261,13
4	32,45	14,48	7,40	469,88	240,13
5	67,47	19,12	6,65	1 290,03	448,68
6	7,95	6,65	0,75	52,87	5,96
SUMA	234,49			2 590,12	1 644,70

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Centro de masa losa de techo



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

$$X_{cm\ losa} = 11,04\ m$$

$$Y_{cm\ losa} = 7,01\ m$$

- Centro de masas combinado (losa + muros)

- Techo

$$X = \frac{(W_{losa\ techo} \times X_{cm}) + (W_{muros\ 2do.nivel} \times X_{cm\ muros})}{W_{losa\ techo} + W_{muros\ 2do.nivel}}$$

$$X = \frac{(93\ 323 \times 11,04) + (47\ 500 \times 9,64)}{93\ 323 + 47\ 500}$$

$$X = 10,57\ m$$

$$Y = \frac{(93\ 323 \times 7,01) + (47\ 500 \times 5,64)}{93\ 323 + 47\ 500}$$

$$Y = 6,55\ m$$

- Cálculo de excentricidad con respecto al centro de rigidez

$$e'x = X_{cr} - X_{cm} = 1,87 \text{ m}$$

$$e'y = Y_{cr} - Y_{cm} = 0,33 \text{ m}$$

Tabla XXXIV. **Resultados de análisis de mampostería en segundo nivel sentido x – x**

CORTE = 2V =		2 *	33,02	66,40	ton.	e'y =	0,33	m			
ey = e'y + e _{min y} =				1,42	m	e _{min y} =	1,09	m			
MOMENTO DE TORSION =		CORTE * e y		46,81	ton - m						
MOMENTO DE VOLTEO =				105,66	ton - m						
Y _{cr} =				6,22	m						
dy =		Y - Y _{cr}									
Muro	Rigidez	Y	dy (valor abs)	R * dy	R * dy ²	F v (R/ΣR)(2V)	F t (Rd/ΣRd ²)*Mt	F Fv + Ft	M vi (R/ΣR)*(Mh)	M ti F t * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	0,21	0,00	6,22	1,29	8,01	0,60	-0,19	0,60	0,97	-0,61	0,97
2	2,27	0,00	6,22	14,10	87,69	6,61	-2,10	6,61	10,57	-6,72	10,57
3	0,26	0,00	6,22	1,62	10,09	0,76	-0,24	0,76	1,22	-0,77	1,22
4	2,79	2,00	4,22	11,79	49,76	8,14	-1,76	8,14	13,03	-5,62	13,03
5	3,33	4,78	1,44	4,80	6,91	9,71	-0,71	9,71	15,53	-2,29	15,53
6	3,33	4,78	1,44	4,80	6,91	9,71	-0,71	9,71	15,53	-2,29	15,53
7	6,49	9,55	3,33	21,59	71,87	18,91	3,22	22,13	30,26	10,29	40,54
8	0,45	9,55	3,33	1,49	4,97	1,31	0,22	1,53	2,09	0,71	2,80
9	0,45	9,55	3,33	1,49	4,97	1,31	0,22	1,53	2,09	0,71	2,80
10	0,71	9,55	3,33	2,38	7,92	2,08	0,35	2,44	3,33	1,13	4,47
11	0,18	11,05	4,83	0,87	4,19	0,52	0,13	0,65	0,84	0,41	1,25
12	0,51	11,05	4,83	2,44	11,81	1,48	0,36	1,84	2,36	1,16	3,53
13	1,27	11,05	4,83	6,11	29,52	3,69	0,91	4,60	5,91	2,91	8,82
14	0,24	11,05	4,83	1,14	5,50	0,69	0,17	0,86	1,10	0,54	1,64
15	0,18	11,05	4,83	0,87	4,19	0,52	0,13	0,65	0,84	0,41	1,25
Suma	22,65				314,33				105,66		

Fuente: elaboración propia.

Si $e'_{min y} > e'y$, se debe hacer la distribución de la fuerza lateral para $e'y - e$ accidental y .

Tabla XXXV. Resultados de análisis de mampostería en segundo nivel sentido x – x

CORTE = 2V =		2 *	33,02	66,40	ton.	e'y =	0,33	m			
ey = e'y - emin y =				0,76	m	e min y =	1,09	m			
MOMENTO DE TORSION =		CORTE * e y		46,81	ton - m						
MOMENTO DE VOLTEO =				105,66	ton - m						
Ycr =				6,22	m						
dy =		Y - Ycr									
Muro	Rigidez	Y	dy (valor abs)	R * dy	R * dy^2	F v (R/ΣR)(2V)	F t (Rd/ΣRd^2)*Mt	F Fv + Ft	M vi (R/ΣR)*(Mv)	M ti F t * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	0,21	0,00	6,22	1,29	8,01	0,60	-0,10	0,60	0,97	-0,33	0,97
2	2,27	0,00	6,22	14,10	87,69	6,61	-1,13	6,61	10,57	-3,61	10,57
3	0,26	0,00	6,22	1,62	10,09	0,76	-0,13	0,76	1,22	-0,42	1,22
4	2,79	2,00	4,22	11,79	49,76	8,14	-0,94	8,14	13,03	-3,02	13,03
5	3,33	4,78	1,44	4,80	6,91	9,71	-0,38	9,71	15,53	-1,23	15,53
6	3,33	4,78	1,44	4,80	6,91	9,71	-0,38	9,71	15,53	-1,23	15,53
7	6,49	9,55	3,33	21,59	71,87	18,91	1,73	20,64	30,26	5,53	35,79
8	0,45	9,55	3,33	1,49	4,97	1,31	0,12	1,43	2,09	0,38	2,47
9	0,45	9,55	3,33	1,49	4,97	1,31	0,12	1,43	2,09	0,38	2,47
10	0,71	9,55	3,33	2,38	7,92	2,08	0,19	2,27	3,33	0,61	3,94
11	0,18	11,05	4,83	0,87	4,19	0,52	0,07	0,59	0,84	0,22	1,06
12	0,51	11,05	4,83	2,44	11,81	1,48	0,20	1,67	2,36	0,63	2,99
13	1,27	11,05	4,83	6,11	29,52	3,69	0,49	4,18	5,91	1,57	7,47
14	0,24	11,05	4,83	1,14	5,50	0,69	0,09	0,78	1,10	0,29	1,39
15	0,18	11,05	4,83	0,87	4,19	0,52	0,07	0,59	0,84	0,22	1,06
Suma	22,65				314,33				105,66		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. Resultados de análisis de mampostería en segundo nivel sentido y – y

CORTE = 2V =		2 *	37,66	75,32	ton.	e'x =	1,87	m			
ex = e'x + emin x =				2,42	m	e min x =	0,56	m			
MOMENTO DE TORSION =		CORTE * e y		91,13	ton - m						
MOMENTO DE VOLTEO =				120,50	ton - m						
Xcr =				12,43	m						
dx =		X - Xcr									
Muro	Rigidez	X	dx (valor abs)	R * dx	R * dx^2	F v (R/ΣR)(2V)	F t (Rd/ΣRd^2)*Mt	F Fv + Ft	M vi (R/ΣR)*(Mv)	M ti F t * Hmuro	M diseño Mvi + Mti
1	2,68	0,00	12,43	33,27	413,74	8,51	-2,19	8,51	13,61	-7,00	13,61
2	1,12	4,60	7,83	8,81	69,00	3,58	-0,58	3,58	5,72	-1,85	5,72
3	2,18	8,55	3,88	8,48	32,96	6,95	-0,56	6,95	11,11	-1,78	11,11
4	1,74	17,60	5,17	9,00	46,47	5,54	0,59	6,13	8,86	1,89	10,75
5	7,15	21,65	9,22	65,86	606,87	22,73	4,33	27,06	36,36	13,85	50,21
6	2,83	13,10	0,67	1,88	1,25	8,99	0,12	9,12	14,39	0,40	14,78
7	2,83	8,55	3,88	10,99	42,68	8,99	-0,72	8,99	14,39	-2,31	14,39
8	0,93	0,00	12,43	11,61	144,37	2,97	-0,76	2,97	4,75	-2,44	4,75
9	0,62	6,55	5,88	3,65	21,50	1,97	-0,24	1,97	3,16	-0,77	3,16
10	0,49	8,55	3,88	1,90	7,39	1,56	-0,12	1,56	2,49	-0,40	2,49
11	0,49	13,10	0,67	0,33	0,22	1,56	0,02	1,58	2,49	0,07	2,56
12	0,62	15,10	2,67	1,65	4,41	1,97	0,11	2,08	3,16	0,35	3,51
Suma	23,682				1390,853				120,50		

Fuente: elaboración propia.

Si $e'_{\min x} < e'x$, se debe hacer la distribución de la fuerza lateral para $e'x - e$ accidental y .

Tabla XXXVII. **Resultados finales del segundo nivel sentido x - x**

Muro	Fx		Mdis.	
1	0,60	ton	0,97	ton - m
2	6,61	ton	10,57	ton - m
3	0,76	ton	1,22	ton - m
4	8,14	ton	13,03	ton - m
5	9,71	ton	15,53	ton - m
6	9,71	ton	15,53	ton - m
7	22,13	ton	40,54	ton - m
8	1,53	ton	2,80	ton - m
9	1,53	ton	2,80	ton - m
10	2,44	ton	4,47	ton - m
11	0,65	ton	1,25	ton - m
12	1,84	ton	3,53	ton - m
13	4,60	ton	8,82	ton - m
14	0,86	ton	1,64	ton - m
15	0,65	ton	1,25	ton - m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Resultados finales del segundo nivel sentido y - y**

Muro No.	Fy		Mdis.	
1	8,51	ton	13,61	ton - m
2	3,58	ton	5,72	ton - m
3	6,95	ton	11,11	ton - m
4	6,13	ton	10,75	ton - m
5	27,06	ton	50,21	ton - m
6	9,12	ton	14,78	ton - m
7	8,99	ton	14,39	ton - m
8	2,97	ton	4,75	ton - m
9	1,97	ton	3,16	ton - m
10	1,56	ton	2,49	ton - m
11	1,58	ton	2,56	ton - m
12	2,08	ton	3,51	ton - m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Resultados finales de primer nivel en ambas direcciones de sismo**

PRIMER NIVEL								
Muro	Fx		Mdis.		Muro	Fy		
1	0,66	ton	1,91	ton - m	1	17,73	ton	ton - m
2	7,25	ton	20,92	ton - m	2	2,73	ton	ton - m
3	0,83	ton	2,41	ton - m	3	2,83	ton	ton - m
4	12,14	ton	35,02	ton - m	4	19,97	ton	ton - m
5	11,54	ton	33,32	ton - m	5	5,69	ton	ton - m
6	10,62	ton	30,64	ton - m	6	9,49	ton	ton - m
7	1,14	ton	3,29	ton - m	7	17,23	ton	ton - m
8	8,94	ton	25,79	ton - m	8	17,30	ton	ton - m
9	5,39	ton	15,55	ton - m	9	9,73	ton	ton - m
10	2,92	ton	8,43	ton - m	10	8,82	ton	ton - m
11	8,83	ton	25,85	ton - m	11	9,18	ton	ton - m
12	7,96	ton	23,31	ton - m	12	3,08	ton	ton - m
13	27,37	ton	81,25	ton - m	13	4,65	ton	ton - m
14	1,94	ton	5,77	ton - m	14	2,98	ton	ton - m
15	1,94	ton	5,77	ton - m	15	2,99	ton	ton - m
16	3,09	ton	9,18	ton - m	16	3,83	ton	ton - m
17	1,30	ton	3,86	ton - m				
18	1,45	ton	4,30	ton - m				
19	1,90	ton	5,48	ton - m				
20	6,43	ton	18,55	ton - m				
21	0,85	ton	2,54	ton - m				
22	1,12	ton	3,33	ton - m				
23	5,98	ton	17,87	ton - m				
24	2,39	ton	7,15	ton - m				
25	0,85	ton	2,54	ton - m				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Resultados finales de segundo nivel en ambas direcciones de sismo**

SEGUNDO NIVEL									
Muro	Fx		Mdis.		Muro No.	Fy		Mdis.	
1	0,60	ton	0,97	ton - m	1	8,51	ton	13,61	ton - m
2	6,61	ton	10,57	ton - m	2	3,58	ton	5,72	ton - m
3	0,76	ton	1,22	ton - m	3	6,95	ton	11,11	ton - m
4	8,14	ton	13,03	ton - m	4	6,13	ton	10,75	ton - m
5	9,71	ton	15,53	ton - m	5	27,06	ton	50,21	ton - m
6	9,71	ton	15,53	ton - m	6	9,12	ton	14,78	ton - m
7	22,13	ton	40,54	ton - m	7	8,99	ton	14,39	ton - m
8	1,53	ton	2,80	ton - m	8	2,97	ton	4,75	ton - m
9	1,53	ton	2,80	ton - m	9	1,97	ton	3,16	ton - m
10	2,44	ton	4,47	ton - m	10	1,56	ton	2,49	ton - m
11	0,65	ton	1,25	ton - m	11	1,58	ton	2,56	ton - m
12	1,84	ton	3,53	ton - m	12	2,08	ton	3,51	ton - m
13	4,60	ton	8,82	ton - m					
14	0,86	ton	1,64	ton - m					
15	0,65	ton	1,25	ton - m					

Fuente: elaboración propia.

3.11.1. Cálculo de esfuerzo máximo permisible

El método aceptado por la AGIES NSE 7.4 para el diseño de muros reforzados es el método de esfuerzos de trabajo, también llamados esfuerzos de servicio, aún cuando se incluyan las fuerzas de origen sísmico. Para esfuerzos causados por dichas fuerzas, los esfuerzos admisibles de trabajo que se dan en esta sección pueden multiplicarse por un factor de 1,33, correspondiente a un aumento del 33 por ciento de sobreesfuerzo por ser el sismo una carga temporal.

- Cálculo del máximo esfuerzo axial permitido

El esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior, en kg/cm^2 , no deberá exceder el valor calculado con:

$$F_a = 0,20 f' m \left[1 - \left(\frac{h}{40 t} \right)^3 \right]$$

Donde:

F_a = esfuerzo axial de compresión en el muro de mampostería

$f' m$ = resistencia a la compresión de la mampostería

t = espesor del muro

h = altura libre del muro

3.11.2. Cálculo de esfuerzo de corte

El esfuerzo de corte en muros producido por fuerzas laterales en kilogramos por centímetro cuadrado, no deberá exceder el valor calculado de acuerdo con:

$$F_v = 0,30 * \sqrt{f' m}$$

- Cálculo de esfuerzo flexionante máximo permitido para mampostería

El esfuerzo de compresión producido por la flexión en kilogramos por centímetro cuadrado, no deberá exceder al valor obtenido con:

$$F_b = 0,33 * f' m$$

3.11.3. Cálculo de esfuerzo de tensión

El esfuerzo de tensión en las barras de acero de refuerzo, en kilogramos por centímetro cuadrado no deberá exceder el valor indicado en:

$$F_s = 0,40 \cdot f_y$$

3.12. Diseño de muros críticos

Son aquellos que están más alejados de los ejes, en este caso es el muro número 13 en sentido X, ya con las fuerzas y los momentos de diseños calculados por el método simplista se hace una comparación con los esfuerzos actuantes y los esfuerzos admisibles.

- Diseño de muro N° 13

Área tributaria del muro = 4,66 m²

$$C_m = \left[\frac{398 \cdot 4,66}{6,55} + \frac{448 \cdot 4,66}{6,55} + 2 \cdot 240 \cdot 3,20 \right]$$

$$C_m = 2\,140,34 \text{ kg/m}$$

$$C_v = \left[\frac{250 \cdot 4,66}{6,55} \right]$$

$$C_v = 177,86 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga última} = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$\text{Carga última} = 3\,299 \text{ kg/m}$$

- Cálculo de esfuerzo axial actuante (f_a)

$$f_a = \frac{W_u}{b \cdot t} \quad \frac{3\,299 \cdot 6,55}{15 \cdot 655} = 2,20 \text{ kg/cm}^2$$

- Cálculo de corte unitario (f_v) y esfuerzo flexionante

$$f_v = \frac{F}{t \cdot L} = \frac{27\,370 \text{ kg}}{15 \cdot 655} = 2,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{Mc}{I} = \frac{6Mx}{t \cdot L^2} = \frac{6 \cdot 81,25 \cdot 1\,000 \cdot 100}{15 \cdot 655^2} = 7,58 \text{ kg/cm}^2$$

- Esfuerzos admisibles

$$F_a = 0,20 \cdot 35 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{300}{40 \cdot 15} \right)^3 \right]$$

$$F_a = 6,12 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 0,30 \cdot \sqrt{35 \text{ kg/cm}^2}$$

$$F_v = 1,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_b = 0,33 \cdot 35 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_b = 11,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_s = 0,40 \cdot 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_s = 1\,124 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \left(1,33 - \frac{f_a}{F_a} \right) \cdot F_b$$

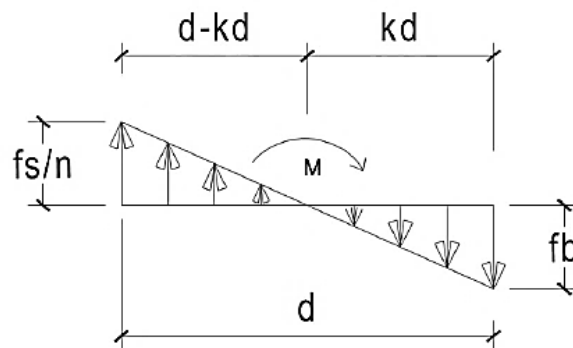
$$f_b = \left(1,33 - \frac{2,20}{3,06} \right) \cdot 11,55 = 7,22 \text{ kg/cm}^2$$

- Relación modular

$$n = E_s / E_m = (2,1E6) / (750 * 35) = 80$$

$$f_s/n = 1124 / 80 = 14,05$$

Figura 12. **Relación modular**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

$$\frac{80}{6,55 - 6,55k} = \frac{7,22}{6,55 k}$$

$$k = 0,10$$

$$j = 1 - k/3 = 1 - (0,033)$$

$$j = 0,97$$

- Determinación de acero mínimo

$$A_s \text{ min en columnas} = 0,0007 b * h$$

$$As \text{ min en soleras} = 0,015 b * h$$

- Determinación de acero requerido

$$As \text{ req} = \frac{M}{f_s * j * d} = \frac{81,25 * 1\ 000 * 100}{1\ 124 * 0,97 * 645} = 11,53 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ min} = 0,0007 * 15 * 655 = 6,88 \text{ cm}^2$$

$$As \text{ req} > As \text{ min}$$

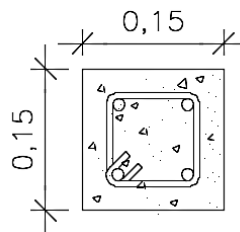
- Área de acero total en el muro

$$As = (2 * (4 * 1,29)) + (1 * (4 * 0,71))$$

$$As = 13,16 \text{ cm}^2$$

Figura 13. **Detalle de columnas**

COLUMNAS PRINCIPALES

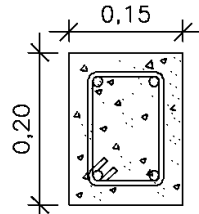


4 varillas #4 + Estribos # 2 @ 0,15 mts

COLUMNA C-1

$$As = 5,16 \text{ cm}^2$$

Continuación de la figura 13.



4 varillas #4 + Estribos # 2 @ 0,15 m

COLUMNA C-2

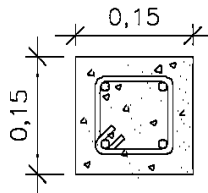
$$As = 5,16 \text{ cm}^2$$

Gancho estandar doblado
a no menos de 135° según
ACI 318-05 cap. 7.10.5.3 y con
una longitud mínima de $6db$ según
ACI 318-05 cap. 7.1.3

El recubrimiento para las columnas será
de 1 pulgada.

Columnas Terciarias
El gancho estandar será con un
doblez de 180° mas una extensión
de 4 db pero no menor de 60 mm
en el extremo libre de la barra, según
ACI 318-05 cap. 7.1.1

COLUMNAS SECUNDARIAS

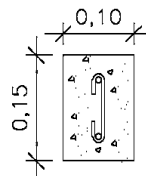


4 varillas #3 + Estribos # 2 @ 0,15 m

COLUMNA C-3

$$As = 2,84 \text{ cm}^2$$

COLUMNAS TERCARIAS



2 varillas #3 + Estribos # 2 @ 0,15 m

COLUMNA C-4

Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

- Diseño a corte

$$A_v = \frac{S_b \cdot f_v}{f_s} = \frac{S(15) \cdot 2,78}{1\ 124} = 0,037 \cdot S \text{ cm}^2$$

Si se colocan 3 soleras a una distancia de 1,20 metros

$$A_v = 120 \cdot 0,037 = 4,44 \text{ cm}^2$$

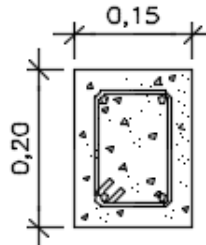
Se utilizará el área mayor que sea necesario para resistir los momentos de volteo, ya sea el A_s min o el A_s requerido.

Figura 14. **Detalle de soleras**



$$A_s = 2,84 \text{ cm}^2$$

Continuación de la figura 14.



4 varillas #3 + Estribos # 2 @ 0,15 m

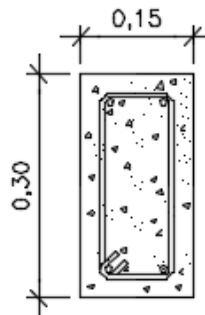
SOLERA INTERMEDIA

$$A_s = 2,84 \text{ cm}^2$$

Gancho estandar doblado
a no menos de 135° según
ACI 318-05 cap. 7.10.5.3 y con
una longitud minima de $6d_b$ según
ACI 318-05 cap. 7.1.3

El recubrimiento para las columnas será
de 1 pulgada.

Columnas Terciarias
El gancho estandar será con un
doblez de 180° mas una extensión
de $4 d_b$ pero no menor de 60 mm
en el extremo libre de la barra, según
ACI 318-05 cap. 7.1.1



4 varillas #3 + Estribos # 2 @ 0,15 m

SOLERA CORONA

$$A_s = 2,84 \text{ cm}^2$$

Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

Tabla XLI. **Resumen de acero necesario para muros de primer nivel en ambos sentidos**

Muro X	Longitud	As min cm ²	As req cm ²	Muro Y	Longitud	As min cm ²	As req cm ²
1	0,95	1,00	1,99	1	3,55	3,73	4,94
2	3,00	3,15	6,89	2	1,30	1,37	2,08
3	1,04	1,09	2,29	3	1,30	1,37	2,15
4	4,31	4,53	8,03	4	3,75	3,94	5,27
5	4,15	4,36	7,94	5	1,82	1,91	3,09
6	3,90	4,10	7,77	6	2,39	2,51	3,93
7	1,18	1,24	2,76	7	3,48	3,65	4,89
8	3,45	3,62	7,39	8	3,48	3,65	4,91
9	2,50	2,63	6,15	9	2,39	2,51	4,02
10	1,80	1,89	4,63	10	2,24	2,35	3,89
11	3,10	3,26	8,24	11	2,29	2,40	3,96
12	2,90	3,05	7,95	12	1,33	1,40	2,29
13	6,55	6,88	12,26	13	1,65	1,73	2,78
14	1,30	1,37	4,38	14	1,35	1,42	2,18
15	1,30	1,37	4,38	15	1,35	1,42	2,19
16	1,60	1,68	5,67	16	1,50	1,58	2,53
17	1,10	1,16	3,46				
18	1,15	1,21	3,70				
19	1,47	1,54	3,69				
20	2,78	2,92	6,60				
21	0,90	0,95	2,79				
22	1,00	1,05	3,29				
23	2,13	2,24	8,29				
24	1,37	1,44	5,16				
25	0,90	0,95	2,79				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Distribución de refuerzo horizontal en muros primer nivel**

Muro X	Longitud	As req cm ²	Columnas	Area de Acero Total
1	0,95	1,99	1P+1T	6,50
2	3,00	6,89	1P +1S +1T	9,34
3	1,04	2,29	1P +1T	6,50
4	4,31	8,03	2P + 1S	13,00
5	4,15	7,94	1P + 2S	10,76
6	3,90	7,77	2P + 1S	13,00
7	1,18	2,76	1P + 1S	7,92
8	3,45	7,39	2P + 1S	13,00
9	2,50	6,15	1P + 1S	7,92
10	1,80	4,63	1P +1T +1S	9,34
11	3,10	8,24	1P +1T +1S	9,34
12	2,90	7,95	1P +1T +1S	9,34
13	6,55	12,26	2P +2S	15,84
14	1,30	4,38	1P +1T	6,50
15	1,30	4,38	1P +1T	6,50
16	1,60	5,67	1P +2T	7,92
17	1,10	3,46	1P + 1T	6,50
18	1,15	3,70	1P + 1T	6,50
19	1,47	3,69	1P + 1T	6,50
20	2,78	6,60	1P + 1S	7,92
21	0,90	2,79	1P + 1T	6,50
22	1,00	3,29	1P + 2T	7,92
23	2,13	8,29	1P +1S+1T	9,34
24	1,37	5,16	1S + 2T	5,68
25	0,90	2,79	1P + 1T	6,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Distribución de refuerzo vertical en muros primer nivel**

Muro Y	Longitud	As req cm ²	Columnas	Area de Acero Total
1	3,55	4,94	1P+ 1T	6,50
2	1,30	2,08	1S	2,84
3	1,30	2,15	1S	2,84
4	3,75	5,27	1P+ 1T	6,50
5	1,82	3,09	1S + 1T	4,26
6	2,39	3,93	1S + 1T	4,26
7	3,48	4,89	1P + 1T	6,50
8	3,48	4,91	1P + 1T	6,50
9	2,39	4,02	1S + 1T	4,26
10	2,24	3,89	1S + 1T	4,26
11	2,29	3,96	1P	5,08
12	1,33	2,29	1S	2,84
13	1,65	2,78	1S	2,84
14	1,35	2,18	1S	2,84
15	1,35	2,19	1S	2,84
16	1,50	2,53	1S	2,84

Fuente: elaboración propia.

3.13. Diseño de losas

Las losas deben ser lo suficientemente rígidas para garantizar que todos los muros se muevan uniformemente en caso de un sismo y las cubiertas deben ser estables ante las cargas laterales. El espesor para losa plana es de $0,09 < t < 0,12$ metros y nervurada con un espesor $t > 0,12$ metros. El espesor a utilizar en el diseño de la losa será el mayor de todas las losas con un $t = 0,11$ metros y el método para calcular los momentos actuantes en las losas será el Método 3 del ACI.

- Carga última de diseño

- Entrepiso

$$CMu = 1,4 * (448 \text{ kg/m}^2) = 627 \text{ kg/m}^2$$

$$CVu = 1,7 * (250 \text{ kg/m}^2) = 425 \text{ kg/m}^2$$

$$CUT = 1,4 * (448 \text{ kg/m}^2) + 1,7 * (250 \text{ kg/m}^2)$$

$$CUT = 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2$$

$$t = 0,11 \text{ m}$$

3.13.1. Cálculo de momentos actuantes

Para el cálculo de diseño de la cubierta se utilizará una losa plana, la que se diseñará por el Método 3 del Código ACI, donde se encuentran los momentos actuantes para el tipo de losa armada que se utilizará.

- Entrepiso

Momentos positivos

$$Ma(+)= (Ca+ * CVu * a^2) + (Ca+ CMu * a^2)$$

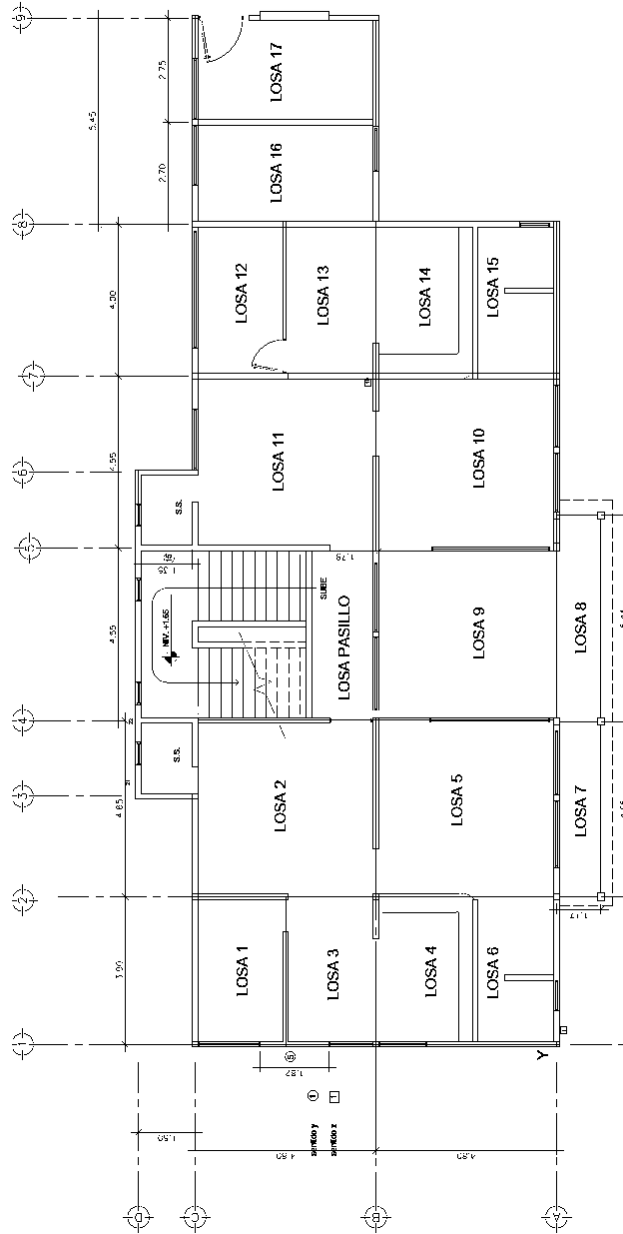
$$Mb(+)= (Cb+ * CVu * b^2) + (Cb+ CMu * b^2)$$

Momentos negativos

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

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

Figura 15. Losas de entrepiso



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

○ Losa 1 (Caso 4)

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

$$M_{a(-)} = (0,089 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,40)^2\text{m}) = 539,40 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,011 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (3,90)^2\text{m}) = 176 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,067 * 425 * 2,40^2) + (0,053 * 627 * 2,40^2)$$

$$M_{a(+)} = 355,43 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 425 * 3,90^2) + (0,007 * 627 * 3,90^2)$$

$$M_{b(+)} = 125 \text{ kg-m}$$

○ Losa 2 (Caso 8)

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

$$M_{a(-)} = (0,038 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,65)^2\text{m}) = 864,54 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,056 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 1\ 357,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,028 * 425 * 4,65^2) + (0,020 * 627 * 4,65^2)$$

$$M_{a(+)} = 528,45 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,030 * 425 * 4,80^2) + (0,023 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 626 \text{ kg-m}$$

○ Losa 3 (Caso 9)

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

$$M_{a(-)} = (0,085 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,40)^2\text{m}) = 515,16 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,006 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (3,90)^2\text{m}) = 96 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,059 * 425 * 2,40^2) + (0,036 * 627 * 2,40^2)$$

$$M_{a(+)} = 274,45 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,007 * 425 * 3,90^2) + (0,004 * 627 * 3,90^2)$$

$$M_{b(+)} = 83,40 \text{ kg-m}$$

○ Losa 4 (Caso 9)

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

$$M_{a(-)} = (0,083 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,60)^2\text{m}) = 590,37 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,008 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (3,90)^2\text{m}) = 128 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,05 * 425 * 2,60^2) + (0,034 * 627 * 2,60^2)$$

$$M_{a(+)} = 287,76 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 425 * 3,90^2) + (0,005 * 627 * 3,90^2)$$

$$M_{b(+)} = 105,86 \text{ kg-m}$$

○ Losa 5 (Caso 2)

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

$$M_{a(-)} = (0,050 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,65)^2\text{m}) = 1\ 137,55 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,041 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 993,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,030 * 425 * 4,65^2) + (0,020 * 627 * 4,65^2)$$

$$M_{a(+)} = 546,83 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,025 * 425 * 4,80^2) + (0,016 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 475,93 \text{ kg-m}$$

○ Losa 6 (Caso 4)

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

$$M_{a(-)} = (0,092 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,15)^2\text{m}) = 447,50 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,008 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (3,90)^2\text{m}) = 128 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,072 * 425 * 2,15^2) + (0,056 * 627 * 2,15^2)$$

$$M_{a(+)} = 303,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,007 * 425 * 3,90^2) + (0,005 * 627 * 3,90^2)$$

$$M_{b(+)} = 92,93 \text{ kg-m}$$

○ Losa 9 (Caso 2)

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

$$M_{a(-)} = (0,050 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,55)^2\text{m}) = 1\ 089,15 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,041 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 993,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,030 * 425 * 4,55^2) + (0,020 * 627 * 4,55^2)$$

$$M_{a(+)} = 523,56 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,025 * 425 * 4,80^2) + (0,016 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 475,90 \text{ kg-m}$$

○ Losa 10 (Caso 9)

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

$$M_{a(-)} = (0,065 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,55)^2\text{m}) = 1\ 415,90 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,029 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 703,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,032 * 425 * 4,55^2) + (0,024 * 627 * 4,55^2)$$

$$M_{a(+)} = 593,08 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,025 * 425 * 4,80^2) + (0,017 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 490,38 \text{ kg-m}$$

○ Losa 11 (Caso 2)

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

$$M_{a(-)} = (0,050 * 1\,052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,55)^2\text{m}) = 1\,089,15 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,041 * 1\,052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 993,95 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,030 * 425 * 4,55^2) + (0,020 * 627 * 4,55^2)$$

$$M_{a(+)} = 523,56 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,025 * 425 * 4,80^2) + (0,016 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 475,93 \text{ kg-m}$$

○ Losa 12 (Caso 8)

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

$$M_{a(-)} = (0,080 * 1\,052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,40)^2\text{m}) = 484,85 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,018 * 1\,052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,0)^2\text{m}) = 303 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,065 * 425 * 2,40^2) + (0,048 * 627 * 2,40^2)$$

$$M_{a(+)} = 332,47 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,009 * 425 * 4,0^2) + (0,007 * 627 * 4,0^2)$$

$$M_{b(+)} = 131,42 \text{ kg-m}$$

○ Losa 13 (Caso 2)

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

$$M_{a(-)} = (0,081 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,40)^2\text{m}) = 490,90 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,010 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,0)^2\text{m}) = 168,35 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,058 * 425 * 2,40^2) + (0,034 * 627 * 2,40^2)$$

$$M_{a(+)} = 264,76 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,007 * 425 * 4,0^2) + (0,004 * 627 * 4,0^2)$$

$$M_{b(+)} = 87,73 \text{ kg-m}$$

○ Losa 14 (Caso 9)

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

$$M_{a(-)} = (0,085 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,60)^2\text{m}) = 604,60 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,006 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,0)^2\text{m}) = 101,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,059 * 425 * 2,60^2) + (0,036 * 627 * 2,60^2)$$

$$M_{a(+)} = 322 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,007 * 425 * 4,0^2) + (0,004 * 627 * 4,0^2)$$

$$M_{b(+)} = 87,73 \text{ kg-m}$$

○ Losa 15 (Caso 4)

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

$$M_{a(-)} = (0,092 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,15)^2\text{m}) = 447,47 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,008 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,0)^2\text{m}) = 134,68 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,072 * 425 * 2,15^2) + (0,056 * 627 * 2,15^2)$$

$$M_{a(+)} = 303,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,007 * 425 * 4,0^2) + (0,005 * 627 * 4,0^2)$$

$$M_{b(+)} = 97,76 \text{ kg-m}$$

○ Losa 16 (Caso 5)

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

$$M_{a(-)} = (0,089 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,70)^2\text{m}) = 682,68 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,00 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 0,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,063 * 425 * 2,70^2) + (0,038 * 627 * 2,70^2)$$

$$M_{a(+)} = 368,88 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,005 * 425 * 4,80^2) + (0,002 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 77,85 \text{ kg-m}$$

○ Losa 17 (Caso 6)

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

$$M_{a(-)} = (0,096 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (2,75)^2 \text{m}) = 763,90 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,00 * 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2 \text{m}) = 0,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,073 * 425 * 2,70^2) + (0,058 * 627 * 2,70^2)$$

$$M_{a(+)} = 491,28 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,006 * 425 * 4,80^2) + (0,004 * 627 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 116,53 \text{ kg-m}$$

○ Techo

$$C_{Mu} = 1,4 * (398 \text{ kg/m}^2) = 557 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{Vu} = 1,7 * (100 \text{ kg/m}^2) = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{UT} = 1,4 * (448 \text{ kg/m}^2) + 1,7 * (250 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_{UT} = 727 \text{ kg/m}^2$$

$$t = 0,12 \text{ m}$$

Momentos positivos

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

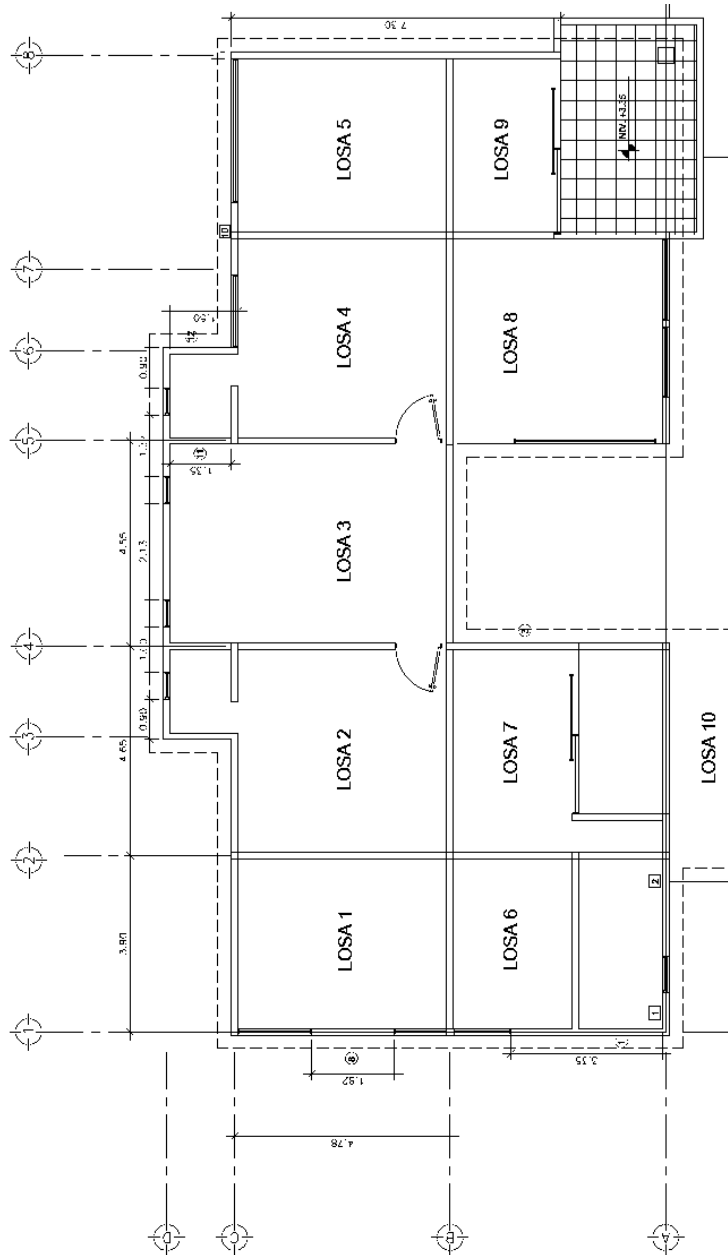
$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

Momentos negativos

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

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

Figura 16. Losas de techo



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

- Losa 1 (Caso 4) = Losa 6

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

$$M_{a(-)} = (0,071 * 727 \text{ kg/m}^2 * (3,90)^2\text{m}) = 785,09 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,029 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 485,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,048 * 170 * 3,90^2) + (0,039 * 557 * 3,90^2)$$

$$M_{a(+)} = 454,52 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,020 * 170 * 4,80^2) + (0,016 * 557 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 283,66 \text{ kg-m}$$

- Losa 2 (Caso 2)

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

$$M_{a(-)} = (0,050 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,65)^2\text{m}) = 785,97 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,041 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 686,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,030 * 170 * 4,65^2) + (0,020 * 557 * 4,65^2)$$

$$M_{a(+)} = 351,15 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,025 * 170 * 4,80^2) + (0,016 * 557 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 303,25 \text{ kg-m}$$

○ Losa 3 (Caso 9)

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

$$M_{a(-)} = (0,081 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,55)^2\text{m}) = 1\,219,11 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,011 * 727 \text{ kg/m}^2 * (6,20)^2\text{m}) = 307,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,050 * 170 * 4,55^2) + (0,033 * 557 * 4,55^2)$$

$$M_{a(+)} = 556,50 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,011 * 170 * 6,20^2) + (0,006 * 557 * 6,20^2)$$

$$M_{b(+)} = 200,35 \text{ kg-m}$$

○ Losa 4 (Caso 2)

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

$$M_{a(-)} = (0,050 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,55)^2\text{m}) = 752,53 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,041 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 686,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,030 * 170 * 4,55^2) + (0,020 * 557 * 4,55^2)$$

$$M_{a(+)} = 336,21 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,025 * 170 * 4,80^2) + (0,016 * 557 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 303,25 \text{ kg-m}$$

○ Losa 5 (Caso 4)

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

$$M_{a(-)} = (0,071 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,0)^2\text{m}) = 825,87 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,029 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 485,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,048 * 170 * 4,0^2) + (0,039 * 557 * 4,0^2)$$

$$M_{a(+)} = 478,13 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,020 * 170 * 4,80^2) + (0,016 * 557 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 283,66 \text{ kg-m}$$

○ Losa 7 (Caso 4)

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

$$M_{a(-)} = (0,055 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,65)^2\text{m}) = 864,58 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,045 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2\text{m}) = 753,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,035 * 170 * 4,65^2) + (0,030 * 557 * 4,65^2)$$

$$M_{a(+)} = 489,96 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,029 * 170 * 4,80^2) + (0,024 * 557 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 421,58 \text{ kg-m}$$

○ Losa 8 (Caso 4)

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

$$M_{a(-)} = (0,055 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,55)^2 \text{m}) = 827,79 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,045 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,80)^2 \text{m}) = 753,75 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,035 * 170 * 4,55^2) + (0,030 * 557 * 4,55^2)$$

$$M_{a(+)} = 469,12 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,029 * 170 * 4,80^2) + (0,024 * 557 * 4,80^2)$$

$$M_{b(+)} = 421,58 \text{ kg-m}$$

○ Losa 9 (Caso 9)

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

$$M_{a(-)} = (0,085 * 727 \text{ kg/m}^2 * (2,38)^2 \text{m}) = 350,03 \text{ kg-m}$$

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

$$M_{b(-)} = (0,006 * 727 \text{ kg/m}^2 * (4,0)^2 \text{m}) = 69,79 \text{ kg-m}$$

$$M_{a(+)} = (C_{a+} * C_{Vu} * a^2) + (C_{a+} * C_{Mu} * a^2)$$

$$M_{a(+)} = (0,059 * 170 * 2,38^2) + (0,036 * 557 * 2,38^2)$$

$$M_{a(+)} = 170,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{b(+)} = (C_{b+} * C_{Vu} * b^2) + (C_{b+} * C_{Mu} * b^2)$$

$$M_{b(+)} = (0,007 * 170 * 4,0^2) + (0,004 * 557 * 4,0^2)$$

$$M_{b(+)} = 54,69 \text{ kg-m}$$

- Losa 10

Como la losa está en voladizo el momento actuante se calcula de la siguiente manera:

$$WL^2 / 2 = (727 * 1,20^2) / 2 = 523 \text{ kg - m}$$

3.13.2. Balanceo de momentos

Cuando las losas tienen continuidad en alguno de sus lados, se tendrían diferentes momentos actuantes, para lo cual es necesario el balance de momentos, para balancear los momentos actuantes se utiliza el siguiente criterio:

Si $0,8 * M_{\text{mayor}} < M_{\text{menor}}$; entonces $M_{\text{bal}} = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) / 2$

Si $0,8 * M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces M_{bal} = proporcional a su rigidez

- Balance por rigideces

$$D1 = D2 = K1 / (K1 + K2)$$

$$M_{\text{bal 1}} = M_{\text{mayor}} - (D1 * (M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}))$$

$$M_{\text{bal 2}} = M_{\text{mayor}} + (D1 * (M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}))$$

- Balance de momentos de losa 1(M_b -) y losa 2(M_a -) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 3,90 = 0,26$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,65 = 0,22$$

$$D1 = (0,22) / (0,22 + 0,26) = 0,46$$

$$D2 = (0,26) / (0,22 + 0,26) = 0,54$$

$$Mbal 1 = Mmayor - (D1*(Mmayor - Mmenor))$$

$$Mbal 1 = 750,80 - (0,46*(750,80 - 176))$$

$$Mbal 1 = 486,76$$

$$Mbal 2 = Mmenor + (D2*(Mmayor - Mmenor))$$

$$Mbal 2 = 176 + (0,54 *(750,80 - 176))$$

$$Mbal 2 = 486,76$$

El momento ya balanceado es de 486,76 kg – m.

- Balance de momentos de losa 5(Ma-) y losa 4(Mb-) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 3,90 = 0,26$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,65 = 0,22$$

$$D1 = (0,22) / (0,22 + 0,26) = 0,46$$

$$D2 = (0,26) / (0,22 + 0,26) = 0,54$$

$$Mbal 1 = Mmayor - (D1*(Mmayor - Mmenor))$$

$$Mbal 1 = 1 137,55 - (0,46*(1 137,55 - 128))$$

$$Mbal 1 = 673,16$$

$$Mbal 2 = Mmenor + (D2*(Mmayor - Mmenor))$$

$$Mbal 2 = 1 137,55 + (0,54 *(1 137,55 - 128))$$

$$Mbal 2 = 673,16$$

El momento ya balanceado es de 673,16 kg – m.

- Balance de momentos de losa 5(Ma-) y losa 9(Ma-)

$$M_{bal} = (1\ 089,15 + 864,54) / 2 = 976,84 \text{ kg – m}$$

El momento ya balanceado es de 976,84 kg – m.

- Balance de momentos de losa 9(Ma-) y losa 10(Ma-) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 4,55 = 0,22$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,55 = 0,22$$

$$D1 = (0,22) / (0,22 + 0,22) = 0,50$$

$$D2 = (0,22) / (0,22 + 0,22) = 0,50$$

$$M_{bal\ 1} = M_{mayor} - (D1 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal\ 1} = 1\ 415,90 - (0,50 * (1\ 415,90 - 1\ 089,15))$$

$$M_{bal\ 1} = 1\ 252,52$$

$$M_{bal\ 2} = M_{menor} + (D2 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal\ 2} = 1\ 089,15 + (0,50 * (1\ 415,90 - 1\ 089,15))$$

$$M_{bal\ 2} = 1\ 252,52$$

El momento ya balanceado es de 1 252,52 kg – m.

- Balance de momentos de losa 10(Ma-) y losa 14(Ma-) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 4,55 = 0,22$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,00 = 0,25$$

$$D1 = (0,25) / (0,22 + 0,25) = 0,53$$

$$D2 = (0,22) / (0,22 + 0,25) = 0,47$$

$$M_{bal\ 1} = M_{mayor} - (D1 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal\ 1} = 1\ 415,90 - (0,53 * (1\ 415,90 - 604,60))$$

$$M_{bal\ 1} = 985,91$$

$$M_{bal\ 2} = M_{menor} + (D2 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal\ 2} = 604,60 + (0,47 * (1\ 415,90 - 604,60))$$

$$M_{bal\ 2} = 985,91$$

El momento ya balanceado es de 985,91 kg – m.

- Balance de momentos de losa 11(Ma-) y losa 13(Ma-) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 4,55 = 0,22$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,00 = 0,25$$

$$D1 = (0,25) / (0,22 + 0,25) = 0,53$$

$$D2 = (0,22) / (0,22 + 0,25) = 0,47$$

$$\begin{aligned} \text{Mbal 1} &= \text{Mmayor} - (\text{D1} * (\text{Mmayor} - \text{Mmenor})) \\ \text{Mbal 1} &= 1\,089,15 - (0,53 * (1\,089,15 - 490,90)) \\ \text{Mbal 1} &= 772,08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mbal 2} &= \text{Mmenor} + (\text{D2} * (\text{Mmayor} - \text{Mmenor})) \\ \text{Mbal 2} &= 490,90 + (0,47 * (1\,089,15 - 490,90)) \\ \text{Mbal 2} &= 772,08 \end{aligned}$$

El momento ya balanceado es de 772,08 kg – m.

- Balance de momentos de losa 13(Ma-) y losa 16(Ma-)

$$\begin{aligned} \text{Mbal} &= (682,68 + 490,90) / 2 = 586,80 \text{ kg – m} \\ \text{El momento ya balanceado es de } &586,80 \text{ kg – m.} \end{aligned}$$

- Balance de momentos de losa 16(Ma-) y losa 17(Ma-)

$$\begin{aligned} \text{Mbal} &= (682,68 + 763,90) / 2 = 723,30 \text{ kg – m} \\ \text{El momento ya balanceado es de } &723,30 \text{ kg – m.} \end{aligned}$$

- Balance de momentos de losa 2(Mb-) y losa 5(Mb-)

$$\begin{aligned} \text{Mbal} &= (1\,357,60 + 993,95) / 2 = 1\,175,77 \text{ kg – m} \\ \text{El momento ya balanceado es de } &1\,175,77 \text{ kg – m.} \end{aligned}$$

- Balance de momentos de losa 10(Mb-) y losa 11(Mb-)

$$\begin{aligned} \text{Mbal} &= (703,03 + 993,95) / 2 = 848,50 \text{ kg – m} \\ \text{El momento ya balanceado es de } &848,50 \text{ kg – m.} \end{aligned}$$

- Balance de momentos de segundo nivel
- Balance de momentos de losa 1(Ma-) y losa 2(Ma-)

$$M_{bal} = (785,09 + 785,90) / 2 = 785,50 \text{ kg – m}$$

El momento ya balanceado es de 785,50 kg – m.

- Balance de momentos de losa 2(Ma-) y losa 3(Ma-) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 4,65 = 0,22$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,55 = 0,22$$

$$D1 = (0,22) / (0,22 + 0,22) = 0,50$$

$$D2 = (0,22) / (0,22 + 0,22) = 0,50$$

$$M_{bal\ 1} = M_{mayor} - (D1 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal\ 1} = 1\ 219,14 - (0,50 * (1\ 219,14 - 785,90))$$

$$M_{bal\ 1} = 1\ 002,52$$

$$M_{bal\ 2} = M_{menor} + (D2 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal\ 2} = 490,90 + (0,50 * (1\ 089,15 - 490,90))$$

$$M_{bal\ 2} = 1\ 002,52$$

El momento ya balanceado es de 1 002,52 kg – m

- Balance de momentos de losa 4(Ma-) y losa 5(Ma-)

$$M_{bal} = (752,53 + 825,87) / 2 = 789,20 \text{ kg – m}$$

El momento ya balanceado es de 789,20 kg – m.

- Balance de momentos de losa 6(Ma-) y losa 7(Ma-)

$$M_{bal} = (785,09 + 864,58) / 2 = 824,83 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento ya balanceado es de 824,83 kg – m.

- Balance de momentos de losa 8(Ma-) y losa 9(Mb-) por método de rigideces

$$K1 = 1 / L1 = 1 / 4,65 = 0,22$$

$$K2 = 1 / L2 = 1 / 4,00 = 0,25$$

$$D1 = (0,25) / (0,22 + 0,22) = 0,53$$

$$D2 = (0,22) / (0,22 + 0,22) = 0,47$$

$$M_{bal 1} = M_{mayor} - (D1 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal 1} = 827,79 - (0,53 * (827,79 - 69,79))$$

$$M_{bal 1} = 426,05$$

$$M_{bal 2} = M_{menor} + (D2 * (M_{mayor} - M_{menor}))$$

$$M_{bal 2} = 69,79 + (0,47 * (827,79 - 69,79))$$

$$M_{bal 2} = 426,05$$

El momento ya balanceado es de 426,05 kg – m

- Balance de momentos de losa 2(Mb-) y losa 7(Mb-)

$$M_{bal} = (686,75 + 753,75) / 2 = 720,25 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento ya balanceado es de 720,25 kg – m.

- Balance de momentos de losa 4(Mb-) y losa 8(Mb-)

$$M_{bal} = (686,75 + 753,75) / 2 = 720,25 \text{ kg – m}$$

El momento ya balanceado es de 720,25 kg – m.

3.13.3. Armado de losa

Para realizar el armado es necesario conocer la cuantía de acero para resistir los momentos actuantes en las losas, debido a que ya se tienen los momentos balanceados de las losas, se utiliza el momento máximo que afecta la losa para cuantificar el acero necesario de la siguiente manera:

Cálculo de peralte efectivo

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

$$d = 11 - 2,5 = 8,5 \text{ centímetros}$$

$$A_{smin} = \rho * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{14,1}{2\ 810} * 100 * 8,5 = 4,26 \text{ cm}^2$$

$$4,26 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S$$

$$S = 16,66 \text{ centímetros}$$

$S_{m\acute{a}x} = 3 (t) = 3(11) = 33 \text{ centímetros}$, utilizar el espaciamiento de 16,66 centímetros.

$$Mu = \phi \left[As \times fy \left(d - \frac{As \times fy}{1,7 \times f'c \times b} \right) \right]$$

$$Mu = 0,90 \left[4,26 \times 2\,810 \left(8,5 - \frac{4,26 \times 2\,810}{1,7 \times 210 \times 100} \right) \right] * 0,01$$

$$Mu = 879,62 \text{ kg} - \text{m}$$

El momento máximo que afecta la losa de entrepiso se encuentra en la losa 9 con un momento de 1 252,52 kilogramos metro.

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

$$As \text{ req} = \left[100*8,5 - \sqrt{(100*8,5)^2 - \frac{1\,252,52*100}{0,003825*210}} \right] * 0,85 * \left(\frac{210}{2\,810} \right)$$

$$As \text{ req} = 6,18 \text{ cm}^2$$

$$6,18 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S$$

$$S = 12 \text{ centímetros}$$

En las losas de entrepiso número 1, 3, 4, 6, 7, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17 usar refuerzo Núm. 3 a cada 15 centímetros, y en las losas de entrepiso número 2, 5, 9, 10, 11 colocar refuerzo Núm. 3 a cada 12 centímetros.

3.14. Diseño de vigas interiores

Se diseñará una viga que transmitirá la carga de la losa de entrepiso número 7 y 8, la cual estará sometida a esfuerzos de compresión y tensión.

La longitud de la viga de la losa número 8 será de 5,44 metros medida a eje entre columnas.

$$A_t = 3,26 \text{ m}^2$$

$$C_{Mu} = 1,4 * (448 \text{ kg/m}^2) = 627 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{Vu} = 1,7 * (250 \text{ kg/m}^2) = 425 \text{ kg/m}^2$$

$$C_{UT} = 1,4 * (448 \text{ kg/m}^2) + 1,7 * (250 \text{ kg/m}^2)$$

$$C_{UT} = 1\ 052,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Peso propio de la viga} = 325 \text{ kg/m}^2$$

$$W = \frac{C_{u*área}}{\text{Longitud viga}} + P_{pviga}$$

$$W = \frac{1\ 052,2 * 3,26}{5,44} + 325 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 995,55 \text{ kg/m}^2$$

$$M(-) = \frac{W * L^2}{24}$$

$$M(-) = \frac{995,55 * 5,44^2}{24}$$

$$M(-) = 1\ 227,60 \text{ kg-m}$$

$$M(+)= \frac{W*L^2}{14}$$

$$M(+)= \frac{995,55*5,44^2}{14}$$

$$M(+)= 2\ 104,42\ \text{kg-m}$$

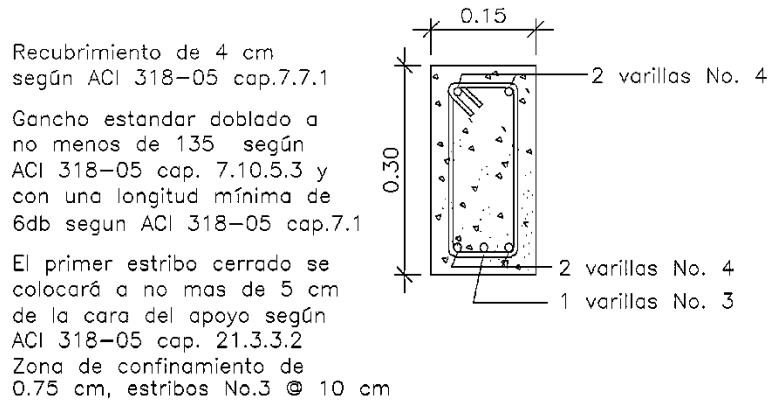
Se procede a calcular el área de acero requerido para los momentos positivos y negativos que afectan la viga de la siguiente manera:

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

Para el momento negativo el área de acero requerido es igual a 1,86 centímetros cuadrados, para el momento positivo es igual a 3,30 centímetros cuadrados. El área de acero mínimo que requiere la viga es de 1,96 centímetros cuadrados. Debido a que el área de acero que requiere el momento negativo es menor que el área de acero mínimo, trabajar con el área de acero mínimo.

Para cubrir el momento negativo se tomarán 2 varillas Núm. 4 corridas, cubriendo el área de acero mínimo y el 33 por ciento del área de acero requerido para el momento negativo, y para el momento positivo 2 varillas Núm. 4 corridas y 1 Núm. 3, cubriendo el área de acero mínimo y el 50 por ciento del área de acero requerido para el momento negativo y positivo.

Figura 17. Armado de viga primer nivel



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

Para reducir el peralte de la losa de techo se colocará una viga de 4,75 metros medida a ejes de columnas, para calcular el área de acero requerido para soportar las cargas se tiene las siguientes condiciones:

Techo

Entrepiso

$$CMu = 1,4 * (398 \text{ kg/m}^2) = 557 \text{ kg/m}^2$$

$$CVu = 1,7 * (100 \text{ kg/m}^2) = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$CUT = 1,4 * (448 \text{ kg/m}^2) + 1,7 * (250 \text{ kg/m}^2)$$

$$CUT = 727 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Área tributaria} = 10,30 \text{ m}^2$$

$$W = \frac{Cu * \text{área}}{\text{Longitud viga}} + Pp\text{viga}$$

$$W = \frac{727 * 10,30}{4,75} + 283 \text{ kg/m}^2$$

$$W = 1\,859 \text{ kg/m}^2$$

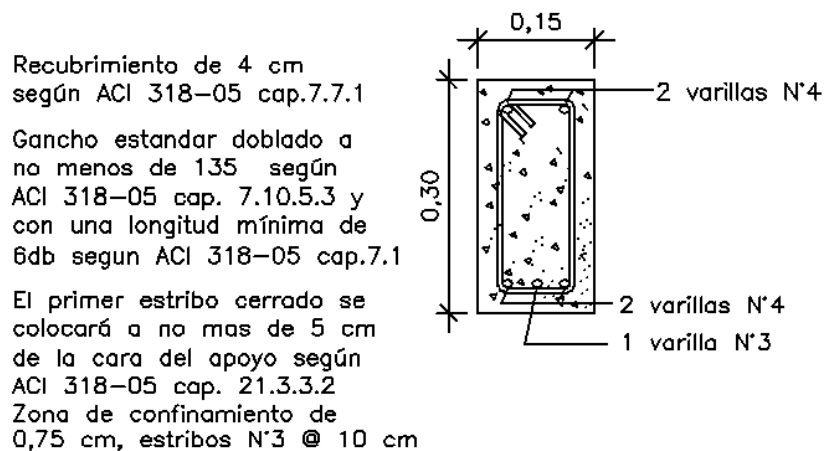
$$M(-) = 1\,747,65 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+)= 2\,996 \text{ kg} - \text{m}$$

Para el momento negativo el área de acero requerido es igual a 2,40 centímetros cuadrados, para el momento positivo es igual a 4,27 centímetros cuadrados. El área de acero mínimo que requiere la viga es de 2,26 centímetros cuadrados.

Para cubrir el momento negativo se tomarán 2 varillas Núm. 4 corridas, cubriendo el área de acero mínimo y el 33 por ciento del área de acero requerido para el momento negativo, y para el momento positivo 2 varillas Núm. 4 corridas y 1 Núm. 5, cubriendo el área de acero mínimo y el 50 por ciento del área de acero requerido para el momento negativo y el 50 por ciento del área de acero requerido para el momento positivo.

Figura 18. **Armado de viga segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

3.15. Módulo de gradas

Un sistema de escaleras es una parte integral en una estructura debido a que por medio de esta se puede conectar un punto con otro dentro de la misma edificación, pero con diferentes cotas de nivel medidos de un mismo punto de referencia.

El uso de oficinas administrativas hace necesario que el módulo de gradas sea diseñado con sistemas de seguridad y evacuación al momento de presentarse una catástrofe, esto quiere decir que tengan la capacidad de resistir la combinación de cargas críticas que en un momento dado puedan ser inducidas.

Para el diseño del módulo de escaleras debe seguir con los siguientes criterios de huella (H) y contrahuella (C):

$$H > 20 \text{ cm}; C < H$$

$$H + 2C < 64 \text{ cm}$$

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

$$H \cdot C = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Carga de diseño para una escalera:

$$CM = PP (\text{escalera}) + PP (\text{acabados})$$

$$PP (\text{escalera}) = Wc = t + c/2$$

Número de escalones:

$$\text{Altura} / \text{Cmax}$$

$$\text{Altura} / \text{Cmax} = 3,00 / 0,15 = 20 \text{ gradas de } 15 \text{ centímetros}$$

Para utilizar 20 gradas tiene que cumplir con los criterios vistos anteriormente que son los siguientes:

$$H = 30 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$C = 15 \text{ cm}$$

$$H + 2C = (30) + (2 \cdot 15) = 60 \text{ cm} < 64 \text{ cm}$$

$$C + H = 15 + 30 = 45 \text{ cm}$$

$$C \cdot H = 15 \cdot 30 = 450 \text{ cm}^2$$

Debido a que los cálculos anteriores cumplen con los criterios de diseño, se tendrán 20 gradas de 15 centímetros de contrahuella y 18 huellas de 30 centímetros.

La losa trabaja en un sentido, y se calcula de la siguiente manera:

$$t = L / 20 = 1,55 \text{ m} / 20 = 0,08 \text{ m}$$

Carga muerta

$$\left(2400 \cdot \left(0,08 + \frac{0,15}{2} \right) \right) + 75 = 447 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva = 300 kg, según AGIES NSE-2

Carga última

$$1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} = 1,4 (447) + 1,7 (300) = 1\ 135,80 \text{ kg /m}^2$$

Los momentos actuantes se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Momentos negativos} = WL^2 / 14 = (1\ 135,80 * 1,55^2) / 14 = 195 \text{ kg - m}$$

$$\text{Momentos positivos} = WL^2 / 10 = (1\ 135,80 * 1,55^2) / 10 = 273 \text{ kg - m}$$

Cálculo de acero

$$A_s \text{ min} = \frac{14,10}{f_y} * b * d = \frac{14,10}{2\ 810} * 100 * 8,0 = 4,01 \text{ cm}^2$$

Determinar el área de acero requerido para el momento negativo como para el momento positivo de la siguiente manera:

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

$$A_s (-) = 0,97 \text{ cm}^2$$

$$A_s (+) = 1,37 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el área de acero mínimo para el cálculo del armado de la losa de la siguiente manera:

$$4,01 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S$$

$$S = 17,70 \text{ centímetros}$$

$S_{\text{máx}} = 3 (t) = 3(8) = 24$ centímetros, utilizar el espaciamiento de 17,70 centímetros.

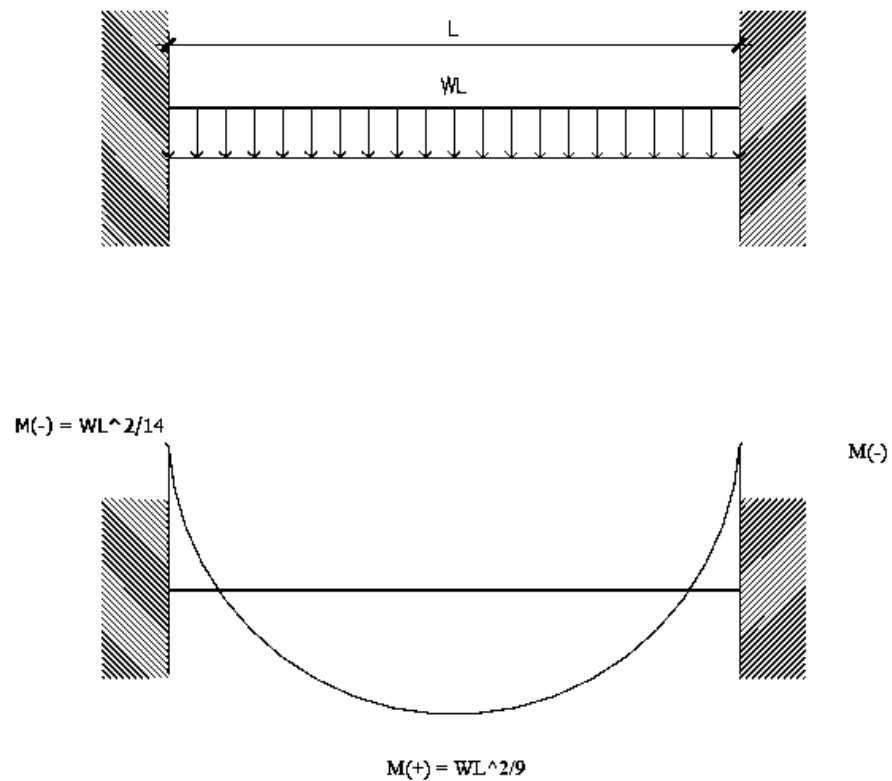
Acero por temperatura para el refuerzo en el sentido transversal:

$$A_{\text{temp}} = 0,002 b \cdot t = 0,002 \cdot 100 \cdot 8 = 1,60 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo:

$$S_{\text{máx}} = 3 \cdot t = 3 \cdot 8 = 24 \text{ cm}$$

Figura 19. **Diagrama de momento para módulo de gradas según ACI-318**



Fuente: SIC GARCÍA, Angel Roberto. *Guía teórica práctica del curso de concreto armado 2*. p. 247.

El sistema de gradas se diseñará para trabajar como vigas empotradas en ambos extremos, y se utilizará los momentos que se observan en la figura 18.

Se propone un armado de acero con varilla Núm. 3 a cada 15 centímetros en ambos sentidos, para el refuerzo en las gradas tanto en la cama superior como en la cama inferior, y para la losa varilla Núm. 3 a cada 15 centímetros en el sentido corto y varilla Núm. 3 a cada 20 centímetros en el sentido largo.

3.16. Diseño de cimentación

El tipo de cimentación será un cimiento corrido, debido a que los muros son diseñados para resistir las cargas que serán transmitidas a los cimientos que soportarán el peso de la estructura.

Datos:

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ ton/m}^2$$

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

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{espesor} = 0,20 \text{ m}$$

$$Fcu = 1,50$$

$$\gamma_s = 1,50 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{adm} = 23,88 \text{ ton/m}^2$$

$$W_u = \frac{W_{\text{edificio}}}{L_{\text{total}}}$$

Donde:

W_u = peso que soporta el cimiento corrido

W_{edif} = peso del edificio

L_{total} = longitud de muros

$$W_u = \frac{344,50 \text{ ton}}{88,85 \text{ m}}$$

$$W_u = 3,88 \text{ ton/m}$$

Carga de trabajo (W_t)

$$W_t = \frac{W_u}{F_{cu}}$$

$$W_t = \frac{3,88 \text{ ton/m}}{1,50}$$

$$W_t = 2,59 \text{ ton/m}$$

Para determinar el peso por unidad de área, es necesario saber las cargas necesarias que afectan sobre el suelo, tomando todos los factores que intervienen en la cimentación como lo son el peso del suelo, la carga de trabajo y el peso propio del cimiento. Se calcula de la siguiente manera:

$$P_{total} = W_t + W_{suelo} + W_{cimiento}$$

$$P_{total} = 2,59 + (1,50 * 0,45 * 0,60 * 1) + (2,4 * 0,45 * 0,20 * 1)$$

$$P_{total} = 3,21 \text{ ton}$$

$$q_{act} = \frac{P_{total}}{\text{Área}}$$

$$q_{act} = \frac{3,21 \text{ ton}}{0,45 \text{ m} \times 1 \text{ m}}$$

$$q_{act} = 7,13 \text{ ton/m}^2$$

Se determinó que la carga actuante es menor que la admisible de trabajo, por lo que se trabajará con las dimensiones de cimentación dada en planos constructivos.

3.16.1. Diseño del espesor del cimiento

Es uno de los elementos principales, debido a que este transmite los esfuerzos producidos al suelo de manera uniforme, aunque en ciertas ocasiones se produzcan cargas puntuales, por lo que el cimiento tiene que ser diseñado para cualquier tipo de esfuerzos a los que será sometido.

Para verificar si el espesor del cimiento es el adecuado, se calcula la presión última de diseño aplicando un factor de seguridad de carga última que está entre el rango de 1 a 1,5.

$$q_{dis \ u} = F_{cu} \times q_{act}$$

$$q_{dis \ u} = 1,50 \times 7,13 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{dis \ u} = 10,70 \text{ ton/m}^2$$

Espesor del cimiento (d)

$$d = t - rec - (\phi/2), (\phi=3/8)$$

$$d = 20 - 7,50 - (0,96/2)$$

$$d = 12 \text{ centímetros}$$

Chequeo por efectos cortantes

$$x = \frac{0,45-0,15}{2} - 0,12 = 0,03 \text{ m}$$

$$V_{act} = q_{dis} u * x$$

$$V_{act} = (10,70 \text{ ton/m}^2 * 0,03 \text{ m} * 1 \text{ m})$$

$$V_{act} = 0,32 \text{ ton}$$

$$V_r = 0,53 * 0,85 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210} * 100 * 12$$

$$V_r = 7,83 \text{ ton}$$

$$V_{act} < V_r$$

El corte actuante es menor que el corte resistente, quiere decir que el espesor del cimiento es el adecuado.

Diseño a flexión

$$M = \frac{W L^2}{2}$$

$$M = \frac{10,70 \text{ ton/m} (0,175\text{m})^2 * 1000}{2}$$

$$M = 163,84 \text{ kg-m}$$

3.16.2. Diseño de área de acero requerido

El diseño de la cuantía de acero requerida en un cimiento corrido, varía de acuerdo a las dimensiones del cimiento así como el tipo de terreno y las cargas que se desean transmitir al suelo, soportando de tal manera todos los esfuerzos producidos.

Para poder determinar la cuantía de acero es necesario calcular el acero requerido para el momento máximo que actúa a flexión en el cimiento corrido de la siguiente manera:

$$M = 163,84 \text{ kg-m}$$

$$As \text{ req} = \left[(100*12) - \sqrt{(100*12)^2 - \frac{163,84*100}{0,003825*210}} \right] * 0,85 * \left(\frac{210}{2810} \right)$$

$$As \text{ req} = 0,54 \text{ cm}^2$$

$$As_{min} = \frac{14,1}{2810} * 100 * 8,5 = 6,02 \text{ cm}^2$$

$$6,02 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S$$

$$S = 11,80 \text{ cm}$$

La separación de los eslabones será de 10 centímetros.

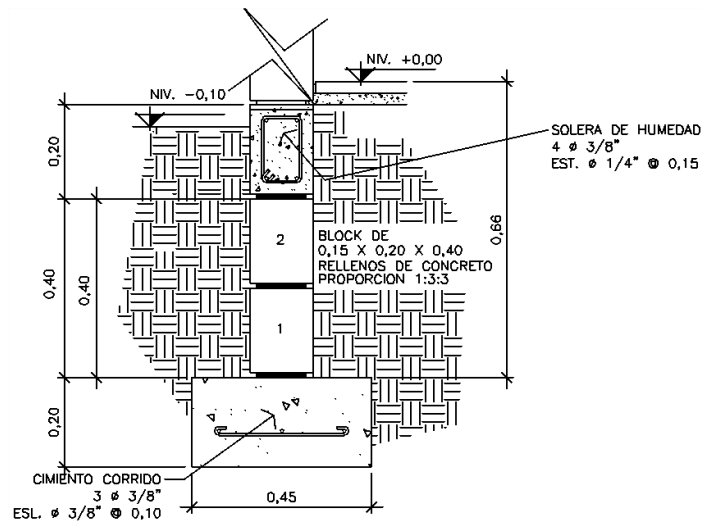
Acero por temperatura

$$As \text{ temp} = 0,002 * b * t$$

$$As \text{ temp} = 0,002 * 0,45 * 20 = 1,80 \text{ cm}^2$$

El área de acero para el cimiento corrido será de 3 varillas Núm. 3 corridas y eslabones Núm. 3 a cada 10 centímetros.

Figura 20. **Detalle de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD Civil 3D 2014.

- Instalaciones

Para que una edificación funcione adecuadamente es necesario el cálculo de todas las instalaciones eléctricas, sanitarias e hidráulicas detallando los materiales y normas que se deben de seguir debido al tipo de uso de la edificación.

- Instalaciones hidráulicas

Para las instalaciones hidráulicas se utilizará tubería de PVC, debido a que es el material con mayor facilidad de instalación así como estándares de calidad y durabilidad.

Para el cálculo de la instalación hidráulica se utilizará el Método de Hunter, este es un método probabilístico que establece que un sistema trabajará eficientemente si contando con n artefactos, se diseña con m para ello funcionando al 1 por ciento del tiempo.

Para estimar la demanda máxima depende directamente del uso de la edificación si es privada o pública. La clasificación se da por clases como se muestra a continuación:

- Primera clase

Esta es de uso privado y se aplica para instalaciones en viviendas, cuartos, baños privados, hoteles e instalaciones similares, destinados a una familia o una persona.

- Segunda clase

Se le llama así al uso semipúblico, corresponde a instalaciones en edificios de oficina, fábricas, o similares, en donde los muebles son usados por un número limitado de personas que ocupan la edificación.

- Tercera clase

A esta clase corresponden las instalaciones de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, como los baños públicos, sitios de espectáculos y similares.

Tabla XLIV. **Unidades de descarga y diámetros mínimos del sifón y derivación**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	---	---	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	---	4	4	---	2	2
Fregadero de viviendas	3	---	---	1 ¼	---	---
Fregadero de restaurante	---	8	8	---	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	---	1 ¼	1 ¼	---
Vertedero	---	8	8	4	4	---
Bebadero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	---	---	1 ½	---	---
Lavaplatos comercial	---	4	---	---	---	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 22.

Demanda estimada

6 Inodoros * 5 U Hunter = 30 U.H

6 lavamanos * 2 U Hunter = 12 U.H

1lavadero * 4 U Hunter = 4 U.H

Total 46 U.H

Para aplicar el Método de Hunter se conocen los gastos probables según el número de unidades Hunter dados en litros por segundo de la siguiente manera:

Tabla XLV. Probabilidad en gasto por Método de Hunter

Nº U.H.	Gasto		Nº U.H.	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0,12	x	40	0,91	1,74
4	0,16	x	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	0,57	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	2,03	2,95
38	0,88	1,70	160	2,14	3,04

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 24.

La probabilidad de gastos según la tabla XLV, la demanda máxima es de 1,03 litros por segundo al cual se le aplicará un factor de seguridad de 60 por ciento y según datos recopilados en la Dirección Municipal de Planificación en la red de distribución de agua potable se obtiene una velocidad promedio de 2 metros por segundo, para obtener el diámetro de la tubería de la siguiente manera:

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{(0,62 / 1\ 000)}{2\ \text{m/s}} = 0,31^{-3}\ \text{m}^2 = \frac{(39,37\ \text{pulg})^2}{1\ \text{m}^2} = 0,48\ \text{pulg}^2$$

Se utilizará tubería de PVC de 3/4" de diámetro.

- Instalaciones sanitarias

Las instalaciones sanitarias evacuan las aguas de uso de la edificación y las dirigen al colector municipal, es importante seleccionar el diámetro adecuado, así como el uso de las pendientes para poder evacuar los sólidos y las aguas de la mejor manera y así impedir el paso de malos olores y organismos patógenos de las tuberías al interior del edificio. La pendiente mínima para los ramales de descarga debe ser del 2 por ciento para diámetros menores o iguales a 2 pulgadas.

Tabla XLVI. **Diámetros de derivación en colector**

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	135000

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 35.

De lo anterior se obtiene para los drenajes sanitarios se utilizarán para la tubería de los sanitarios, tubería de 3 pulgadas de diámetro con una pendiente de 2 por ciento y para los lavamanos será de 2 pulgadas de diámetro con una

pendiente de 2 por ciento para unificarlo en una tubería de 3 pulgadas, para que sea recolectado en una tubería de diámetro de 6 pulgadas en el colector municipal.

- Instalación de drenajes de agua pluvial

Es de suma importancia evacuar el agua proveniente de la lluvia en la edificación, debido a que en Santa Catarina Mita no se tiene lecturas de estaciones hidrométricas del INSIVUMEH, se utilizarán las de la estación ubicada en Asunción Mita, Jutiapa.

El diámetro de la tubería a utilizar esta dado por la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

C = relación de la escorrentía y cantidad de lluvia

I = intensidad de lluvia en mm/hora

A = área a drenar en hectáreas

$$I = \frac{A}{(B+t)^n}$$

Donde:

A, B y n = parámetros de diseño conforme a análisis de tormentas

t = tiempo de concentración

$$I = \frac{14,900}{(50+25)^{1,158}} = 100,43 \text{ mm/hora}$$

Según datos de la estación hidrométrica de Asunción Mita, Jutiapa la intensidad de lluvia es de 110,65 milímetros por hora, el coeficiente de escorrentía a utilizar es de 0,95 por superficie de techo impermeable.

$$Q = \frac{0,95 \cdot 100,43 \cdot 0,050}{360} = 0,013 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro de la tubería se calcula con la fórmula de Manning:

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{Q \cdot n}{0,312 \cdot S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

N = coeficiente de rugosidad para PVC

S = pendiente de la tubería, %

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{0,013 \cdot 0,009}{0,312 \cdot 0,02^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,108 \text{ m}$$

El cálculo del diámetro teórico obtuvo un valor de 10,80 centímetros lo cual es una tubería de PVC de diámetro comercial de 4 pulgadas.

- Instalaciones eléctricas
 - Iluminación

La iluminación es un factor determinante en el máximo desempeño de las tareas administrativas dentro de la edificación. Se distribuyeron 6 circuitos de iluminación con una potencia unitaria de 40 watts para la planta baja, así como 3 circuitos para la planta alta, el calibre de los conductores será número 12 AWG con forro termoplástico. Los requerimientos de iluminación son de 300 luxes para oficinas (según el normativo para el diseño de centros educativos oficiales) y se cuenta con un servicio de 120 voltios monofásico que provee la empresa eléctrica del municipio.

La distribución de la iluminación y los detalles técnicos de materiales se pueden observar en planos de iluminación en la sección de anexos.

- Fuerza

Se asignará un valor de 300 watts de potencia a cada tomacorriente, el circuito está formado por un máximo de 9 unidades y la corriente se calcula con la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{2\,700}{120} = 22,5 \text{ amperios}$$

De acuerdo con la tabla XX de corriente soportada, se escogerá un calibre de cable adecuado que soporte la potencia utilizada.

Tabla XLVII. **Corriente y potencia de acuerdo a calibre AWG**

Calibre AWG	Corriente soportada	Watts soportados 127V
18	10 Amperes	1270
16	13 Amperes	1651
14	18 Amperes	2286
12	25 Amperes	3175
10	30 Amperes	3810
8	40 Amperes	5080

Fuente: Norma de instalaciones eléctricas NOM-001 SEDE 2005.

Se necesitará calibre 12 para la instalación de fuerza en la edificación.

3.17. Presupuesto

Es la cuantificación de los costos de materiales y mano de obra a utilizar en la construcción de la edificación, así como los costos indirectos que incluyen la dirección y administración del proyecto.

Tabla XLVIII. Presupuesto de edificio administrativo

Nº	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo por renglón
1	Trabajos preliminares				
1,1	Limpieza y chapeo	m ²	245	Q 20,00	Q 4 900,00
1,2	Bodega	m ²	32	Q 90,00	Q 2 880,00
1,3	Trazo y nivelación	m ²	180	Q 40,00	Q 7 200,00
2	Cimentación				
2,1	Cimiento corrido	ml	164	Q 196,55	Q 32 234,80
2,2	Zapatas Z-1	unidad	3	Q 807,40	Q 2 422,20
3	Muros				
3,1	Levantado de muro de 15 x 20 x 40 cm	m ²	453	Q 245,00	Q 110 985,00
4	Columnas				
4,1	Principales (C1,C2)	unidad	60	Q 1 165,00	Q 69 900,00
4,2	Secundarias (C3)	unidad	46	Q 863,00	Q 39 698,00
4,3	Terciarias (C4)	unidad	42	Q 445,00	Q 18 690,00
4,4	Tipo aisladas (C5)	unidad	3	Q 1 430,00	Q 4 290,00
5	Soleras				
5,1	Hidrófuga	ml	151	Q 225,00	Q 33 975,00
5,2	Intermedia	ml	151	Q 210,00	Q 31 710,00
5,3	Corona	ml	164	Q 252,00	Q 41 328,00
6	Vigas				
6,1	Tipo V-1	unidad	2	Q 2 450,50	Q 4 901,00
6,2	Tipo V-2	unidad	2	Q 3 200,35	Q 6 400,70
7	Gradas				
7,1	Módulo de gradas	global	1	Q 7 200,00	Q 7 200,00
8	Losas				
8,1	Losa de entepiso t = 0.11 m	m ²	245	Q 335,00	Q 82 075,00
8,2	Losa de techo t = 0.12 m	m ²	235	Q 380,00	Q 89 300,00
9	Acabados				
9,1	Piso cerámico	m ²	230	Q 152,00	Q 34 960,00
9,2	Repello y cernido de losa entepiso	m ²	245	Q 120,00	Q 29 400,00
9,3	Repello y cernido de losa de techo	m ²	235	Q 120,00	Q 28 200,00
9,3.1	Aislamiento termico de losa de techo	m ²	235	Q 80,00	Q 18 800,00
9,4	Repello y cernido de muros	m ²	453	Q 180,00	Q 81 540,00
9,5	Puertas	global	1	Q 39 000,00	Q 39 000,00
9,6	Ventanas	global	1	Q 45 000,00	Q 45 000,00
9,7	Inodoro	unidad	6	Q 1 100,00	Q 6 600,00
9,8	Lavamanos	unidad	6	Q 890,00	Q 5 340,00
9,9	Pila	unidad	1	Q 1 000,00	Q 1 000,00
10	Instalaciones				
10,1	Iluminacion	global	1	Q 7 850,00	Q 7 850,00
10,2	Fuerza	global	1	Q 4 235,00	Q 4 235,00
10,3	Agua Potable	global	1	Q 3 675,00	Q 3 675,00
10,4	Drenajes	global	1	Q 7 500,00	Q 7 500,00
Costo total de materiales y mano de obra					Q 903 189,70
	Imprevistos (10%)	Q	90 318,97		
	Administración (10%)	Q	90 318,97		
	Supervisión (7%)	Q	63 223,28		
Costo total del proyecto					Q 1 147 050,92

Fuente: elaboración propia.

3.18. Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

Se refiere a la predicción de los cambios ocasionados por el proyecto durante su fase de ejecución, funcionamiento y abandono. Se pretende determinar de manera preventiva los impactos negativos y positivos que puede ocasionar un proyecto, y se pueden definir las medidas correctivas para minimizar los efectos que ocasionarían los impactos negativos.

Para poder determinar el impacto ambiental se utilizará la matriz de Leopold en la influencia de las actividades a realizar en el proyecto:

Tabla XLIX. **Matriz de impacto ambiental**

Referencias de impacto				Actividades					
Duración del tiempo Temporal (T) Permanente (P) Grado de Impacto: Ø No Significativo M Moderado + Significativo positivo - Significativo Negativo NA No Aplica				Trabajos preliminares	Cimentación	Levantado de muros, columnas	Losa y acabados	Instalaciones	
MEDIO NATURAL	MEDIO	AGUA	SUBTERRÁNEA	1. Calidad agua	NA	NA	NA	NA	NA
				2. Variación de caudal	NA	NA	NA	NA	NA
				3. Patrón de drenaje	NA	NA	NA	NA	T M
		SUPERFICIAL	4. Calidad del Agua	NA	NA	NA	NA	NA	
			5. Variación caudal	NA	NA	NA	NA	NA	
			6. Patrón de drenaje	NA	NA	NA	NA	NA	
	SUELO		7. Uso potencial del suelo	T	P -	NA	NA	P +	
			8. Alteración de cubierta vegetal	T -	P -	NA	NA	P -	
			9. Erosión	NA	NA	NA	NA	NA	
			10. Asentamiento y campamentos	NA	NA	NA	NA	NA	
			11. Vibraciones o compactaciones	Ø	Ø	NA	NA	Ø	

Continuación de la tabla XLIX.

	ATMÓSFERA	12. Calidad del aire	NA	NA	NA	N A	N A
		13. Visibilidad	NA	NA	P -	N A	N A
		14. Emanación de humo o gases	NA	NA	NA	N A	N A
		15. Ruido	T M	M	M	M	N A
		16. Olor	NA	NA	NA	N A	N A
Medio Biótico	Flora	17. Especies forestales	NA	NA	NA	N A	N A
		18. Arbustos					
		19. Pastos o especies vegetativas menores	NA	NA	P -	N A	N A
		20. Cultivos agrícolas	T M	M	M	M	N A
	Fauna	21. Aves	NA	N A	NA	NA	
		22. Mamíferos	NA	NA	NA	N A	N A
		23. Acua-fauna	NA	NA	NA	N A	N A
		24. Insectos	NA	NA	NA	N A	N A
		25. Paisaje natural escénico	P-	P-	P-	P-	P-
		26. Especies endémicas	NA	NA	NA	N A	N A
Ecosistemas	27. Áreas de reserva natural	NA	NA	NA	N A	N A	
Antropológico y social	Socio Económico y cultural	28. Salud	NA	NA	NA	N A	N A
		29. Vivienda	NA	NA	NA	N A	N A
		30. Generación empleo	T+	T+	T+	T +	T +
		31. Educación	P+	P+	P+	P +	P +
		32. Patrones culturales	NA	NA	NA	N A	N A
		33. Locomoción	NA	NA	NA	N A	N A
		34. Salud	NA	NA	NA	N A	N A

Fuente: elaboración propia.

Se puede concluir que el impacto ambiental no es significativo, debido a que no presenta ningún tipo de daño ambiental, además se cuenta con áreas verdes específicas dentro del complejo arquitectónico, así como la reforestación en áreas aledañas a la construcción y el material de desperdicio en obra se trasladara a un botadero municipal.

CONCLUSIONES

1. Con la introducción del sistema de agua potable para la aldea El Roblar se beneficiará a un total de 238 habitantes actualmente y a 437 habitantes en el futuro con agua potable sanitariamente segura, libre de organismos patógenos que dañen la salud de la comunidad.
2. Se calcularon los costos de operación y mantenimiento del sistema de agua potable para que los habitantes de la aldea El Roblar eviten gastos innecesarios. Aunque el sistema de bombeo elevó los costos de consumo de agua, debido a que es factible utilizar la bomba de 15 caballos de fuerza calculada anteriormente, en lugar de la bomba de 30 caballos de fuerza con que cuenta la Municipalidad, para que el consumo de agua potable sea de bajo costo y así mejorar la economía de la comunidad.
3. El diseño estructural en mampostería reforzada del edificio administrativo se realizó según normas nacionales como AGIES y FHA, contando con todos los servicios necesarios para el adecuado funcionamiento de las actividades administrativas.
4. Para el cálculo de la capacidad soporte del suelo se utiliza un factor de seguridad que va de 1 a 5. En el proyecto se utilizará un factor de seguridad de 5 debido al uso de la estructura que será de oficinas administrativas y tendrá cierta cantidad de afluencia de estudiantes.

5. En el diseño estructural se determinó la fuerza cortante en la base o corte basal, el cual fue calculado por el método estático equivalente según normas AGIES, tomando en cuenta el índice de sismicidad y debido a que el proyecto se encuentra ubicado en la zona 4.2 es requirió un nivel de protección sísmica suministrado al público y a los usuarios de la edificación.
6. El precio calculado para la construcción fue de Q. 2 390,00 por metro cuadrado, el cual está entre el rango de costos de construcción de la Municipalidad de Santa Catarina Mita que está entre Q. 2 000,00 por metro cuadrado y Q. 3 200,00 por metro cuadrado.
7. Se planificaron los proyectos anteriormente mencionados, especificando los presupuestos para que la Municipalidad pueda tomar decisiones sobre su ejecución.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda antes de iniciar el proceso de ejecución del proyecto realizar una inspección y revisión del pozo, de la tubería y los accesorios que se encuentran instalados en el lugar, debido a que la perforación se ejecutó en el 2010 y este ha permanecido sin funcionamiento.
2. Es importante que la Municipalidad acompañada del Ministerio de Salud Pública, realice actividades educativas para el uso adecuado del agua potable.
3. Se deberá respetar las dimensiones de los elementos presentados en los planos constructivos adjuntados al informe, clase de mampostería, espesores de recubrimiento, resistencia del concreto así como el acero de refuerzo.
4. El presupuesto fue elaborado con base en precios del 2014, la Municipalidad deberá actualizar los precios debido al alza de los materiales de construcción.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ HAASE, Ricardo Augusto. *Programas para el análisis de estructuras de mampostería reforzada por los métodos simplista y realista*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 221 p.
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*. (ACI 318S-05). Michigan, Estados Unidos de América: ACI 318, 2005. 518 p.
3. ARGUETA HERNÁNDEZ, Oscar. *Estudio sobre el comportamiento de muros de mampostería como estructura de edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 126 p.
4. ASOCIACIÓN GUATEMALTECA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL Y SÍSMICA. *Mampostería Reforzada*. AGIES NSE-7.4. Guatemala, 2010. 26 p.
5. _____. *Normas estructurales de diseño recomendadas para la república de Guatemala*. AGIES NR-2. Guatemala: AGIES, 2000. 63 p.
6. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 5a ed. México: Cengage Learning. 2008. 743 p.

7. INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. 2a ed. Guatemala: INFOM, 2011. 100 p.
8. MENDEZ BARREONDO, Luis Antonio. *Diseño del edificio escolar y gimnasio polideportivo en la aldea cerro de oro del municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 292 p.
9. MENDÓZA GÓMEZ, Gelver Estuardo. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para la aldea El Suculique y diseño del pavimento para la aldea Llano Grande, municipio de Huehuetenango, departamento de Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 278 p.

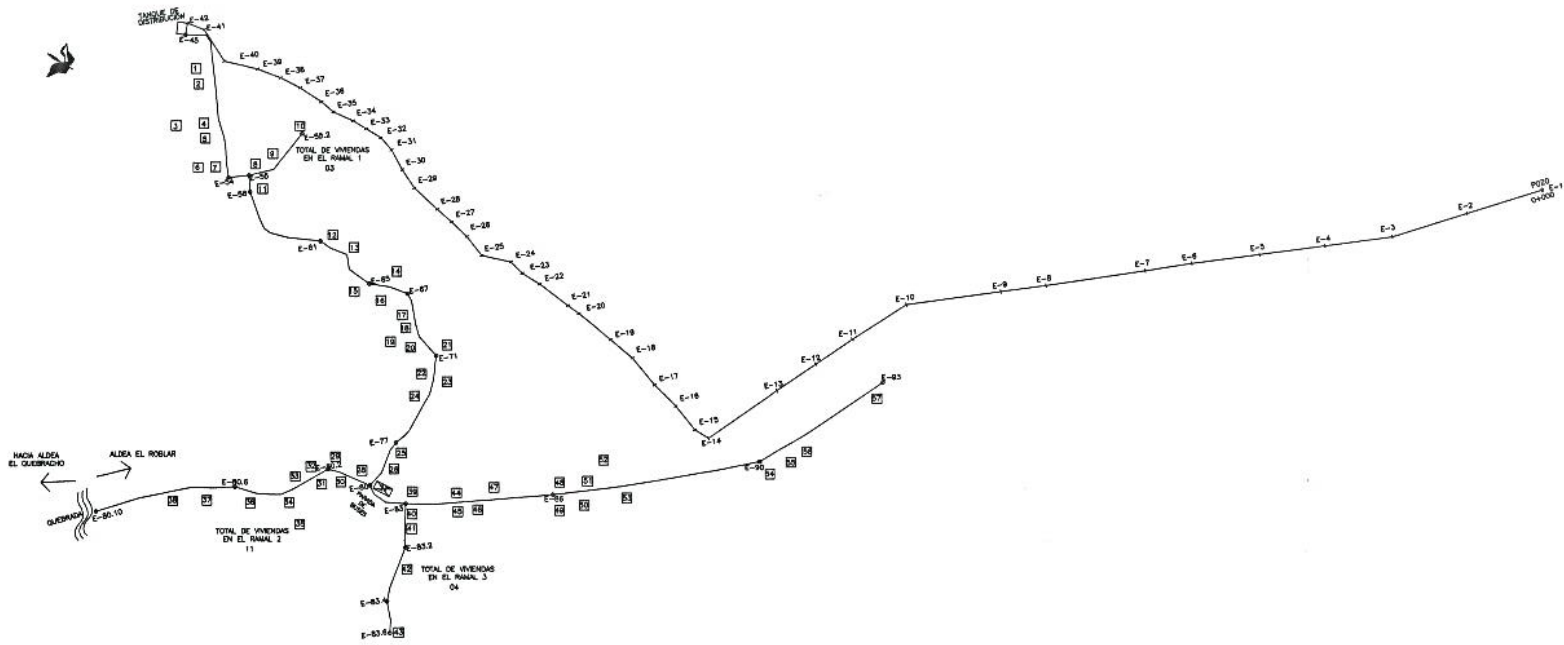
APÉNDICE

Apéndice 1. **Resumen del diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea El Roblar, Santa Catarina Mita, Jutiapa.**

De	A	Cota		Longitud(m)	Q (l/s)	C (PVC)	Diámetro teórico	Diámetro interior	Presión estática	Hf (m)	Hf acumulada (m)	Presión dinámica	Velocidad (m)	Cota piezométrica	Presión tubería (psi)	Tubos PVC	Descripción de la tubería
		Inicial	Final														
E-45	E-55	1194,35	1168,60	160,05	1,50	150	1,18	1,75	25,75	3,83	3,83	21,92	0,97	1190,52	36,79	28	Tubo pvc de 1 1/2" de 160 psi
De E-55 a E-55.2 ramal N° 1																	
E-55	E-55.2	1168,60	1173,48	59,86	1,33	150	0,96	1,20	20,87	7,20	11,04	13,67	1,82	1183,31	29,81	10	Tubo pvc de 1" de 160 psi
E-55	E-65	1168,60	1152,66	154,78	1,26	150	1,00	1,75	41,69	2,68	6,51	39,01	0,81	1187,84	59,56	27	Tubo pvc de 1 1/2" de 160 psi
En la E-65 construir una caja rompe presión con válvula de flote																	
E-65	E-80	1152,66	1124,74	218,30	0,87	150	1,01	1,20	27,92	11,98	11,98	15,94	1,19	1140,68	39,89	38	Tubo pvc de 1" de 160 psi
De E-80 a E-80.10 ramal N° 2																	
E-80	E-80.10	1124,74	1117,80	242,54	0,27	150	0,63	0,93	34,86	5,29	17,27	29,57	0,62	1135,39	49,80	42	Tubo pvc de 3/4" de 160 psi
E-80	E-83	1124,74	1120,22	37,06	0,61	150	0,59	0,93	32,44	3,65	29,25	28,79	1,39	1123,41	46,34	6	Tubo pvc de 3/4" de 160 psi
En la E-83 construir una caja rompe presión con válvula de flote																	
De E-83 a E-83.6 ramal N° 3																	
E-83	E-83.6	1120,22	1105,70	111,76	0,52	150	0,83	0,93	14,52	8,19	8,19	6,33	1,19	1112,03	20,74	20	Tubo pvc de 3/4" de 160 psi
E-83	E-93	1120,22	1107,10	398,27	0,28	150	0,87	0,93	13,12	9,29	9,29	3,83	0,64	1110,93	18,74	70	Tubo pvc de 3/4" de 160 psi

Apéndice 2. **Planos constructivos del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea El Roblar, y edificio administrativo de estudios superiores universitarios Colonia Nueva, Santa Catarina, Jutiapa**

(Las escalas indicadas en los planos son originales para un formato A-1, por lo que los dibujos dentro de los planos no corresponden a la escala indicada, pues se han tenido que reducir para poder incorporarlos en el presente trabajo)



PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO Y LINEA DE DISTRIBUCION POR GRAVIDAD ESCALA: 1:2000

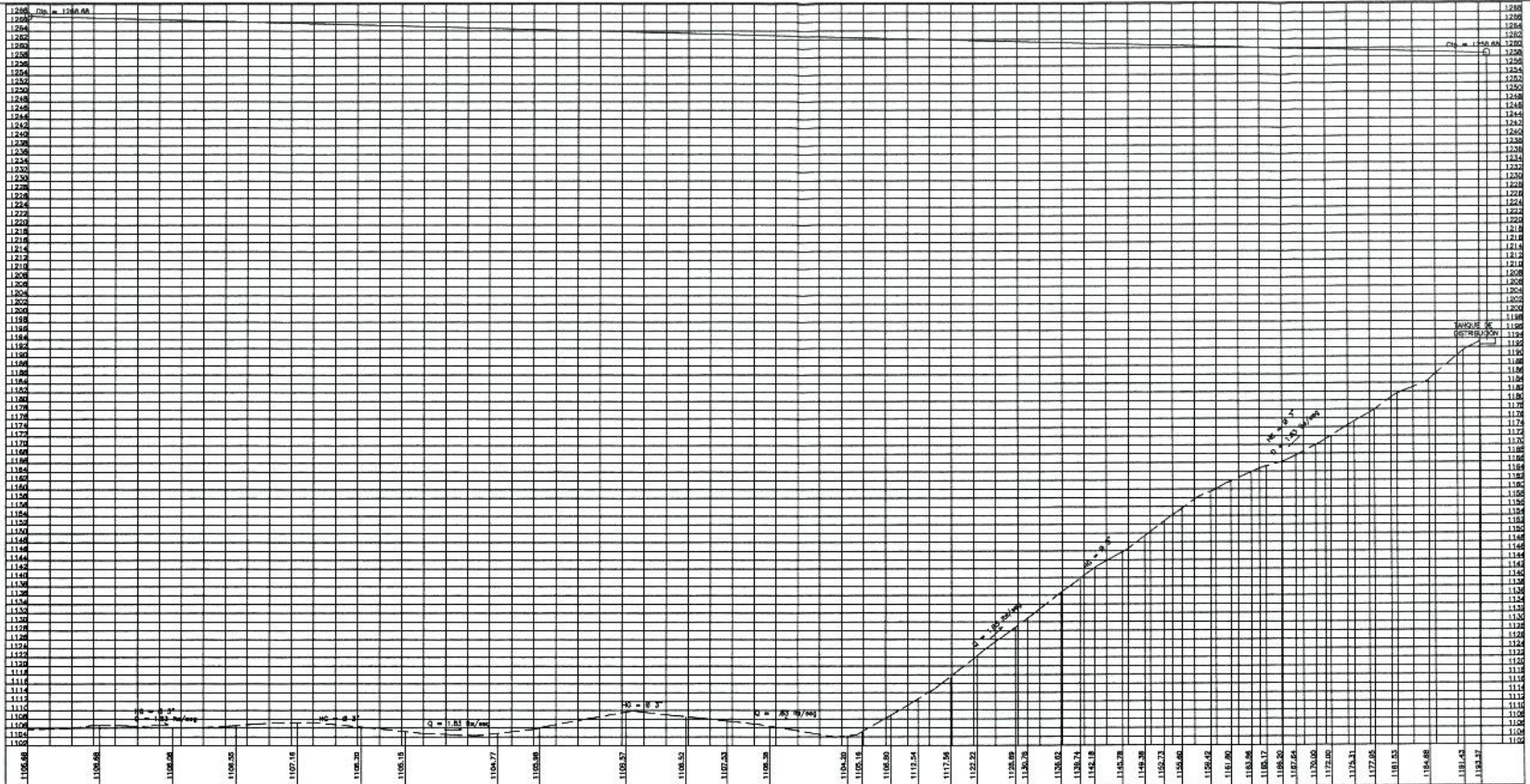


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 INGENIERIA CIVIL
 EPEESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMP



Ing. Manuel Alfredo Arraizaga Uchaeta
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

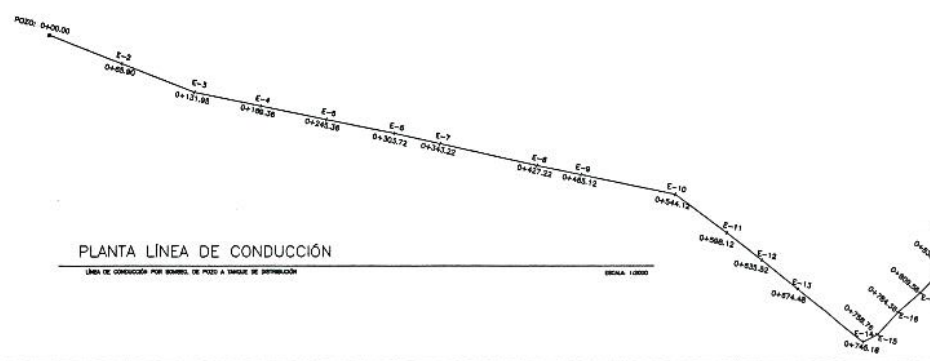
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		2014
CONTIENE:	PLANTA GENERAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO	DISEÑO EPEESISTA RODRIGO Y OLIVERO EPEESISTA DISEÑO EPEESISTA ESCALA: INDICADA
 <p>ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMP EPS INGENIERIA CIVIL</p>	<p>ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMP EPS INGENIERIA CIVIL</p>	 <p>MUNICIPALIDAD SANTA CATERINA MIRZA, JUTIAPA</p>



PERFIL LINEA DE CONDUCCION

LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO DE PIEDO A SANGRE DE DISTRIBUCION

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:50



PLANTA LINEA DE CONDUCCION

LINEA DE CONDUCCION POR BOMBEO DE PIEDO A SANGRE DE DISTRIBUCION

ESCALA: 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

EDIFICIO ADMINISTRATIVO

PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION
DE AGUA POTABLE POR BOMBEO

RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
ING. INGENIERIA CIVIL

2014

EPESISTA

REVISO Y CALIFICO

EPESISTA

DISEÑO

EPESISTA

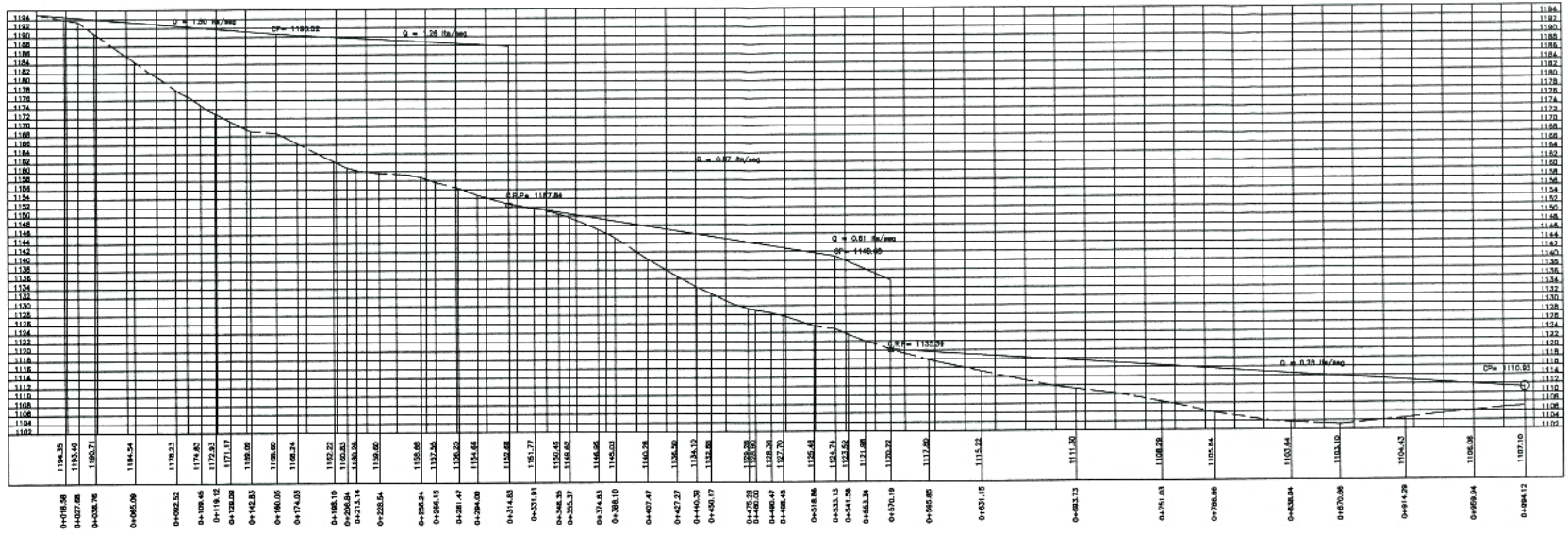
EDICAL

PROYECTADA

2

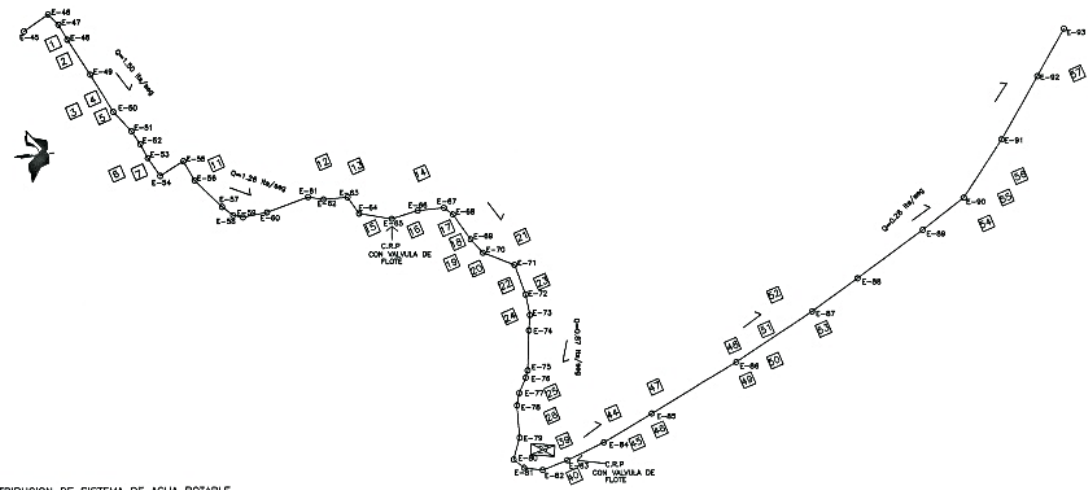
5

MUNICIPALIDAD
SANTA CATARINA, JUTUPA



PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE
LINEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

ESCALA HORIZONTAL: 1:1000
ESCALA VERTICAL: 1:500



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE
LINEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

ESCALA: 1:1500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA TAMPO

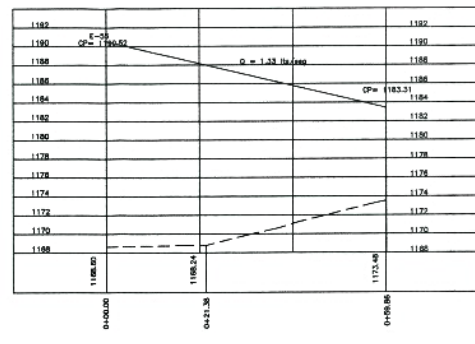
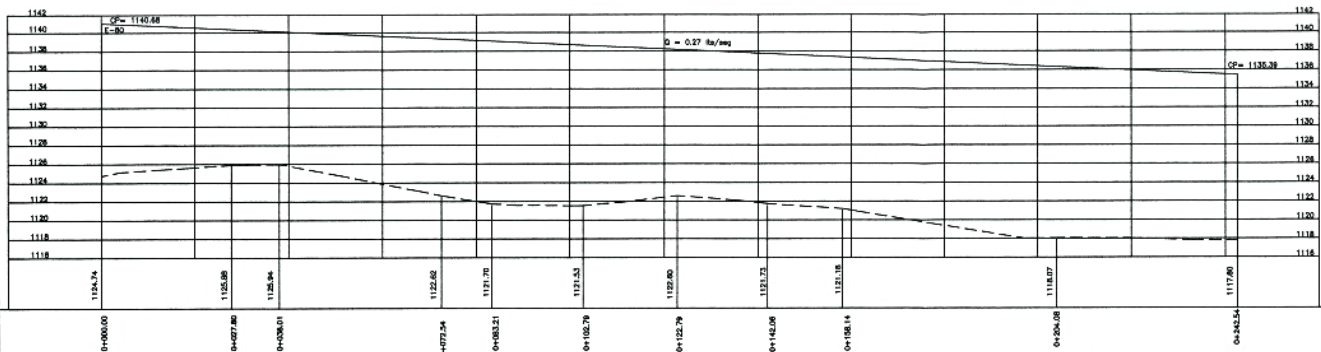
Ing. Rubeny Daniel Garcia Tampos
Ejercicio Profesional Supervisado
Ingenieria Civil

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE 2014

PLANTA Y PERFIL DE LINEA DE DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE POR GRAVEDAD

ARG. RUBENY MEJIA GARCIA
INGENIERIA DE INFRAESTRUCTURA

ESCALA INICIAL: 3 ESCALA ACTUAL: 5	<p>MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA MIRAFLORES, JUTUPA</p>
---------------------------------------	---

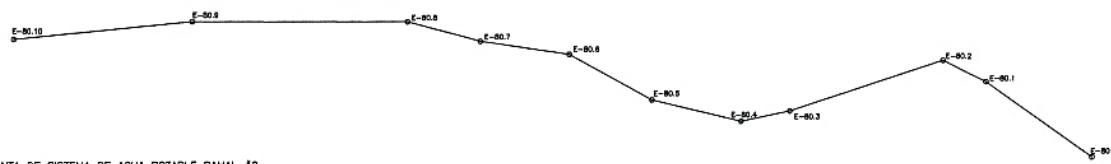


PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE RAMAL # 2
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE RAMAL # 1
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

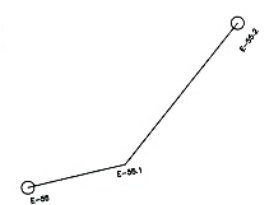
ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250



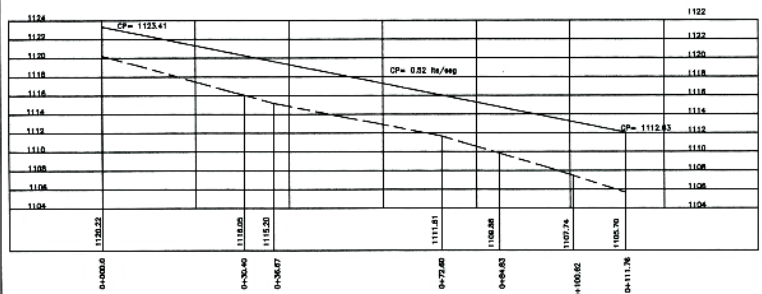
PLANTA DE SISTEMA DE AGUA POTABLE RAMAL #2
LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO Y LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

ESCALA: 1:500



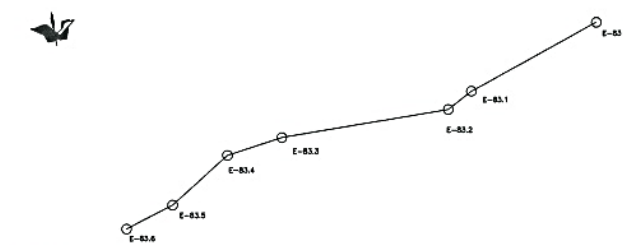
PLANTA DE SISTEMA DE AGUA POTABLE RAMAL #1
LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO Y LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

ESCALA: 1:500



PERFIL DE DISTRIBUCIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE RAMAL # 3
LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

ESCALA HORIZONTAL: 1:500
ESCALA VERTICAL: 1:250

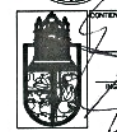


PLANTA DE SISTEMA DE AGUA POTABLE RAMAL #3
LÍNEA DE CONDUCCIÓN POR BOMBEO Y LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN POR GRAVEDAD

ESCALA: 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERÍA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS



ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
PLANTA Y PERFIL DE RAMALES
DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
ING. ALFREDO ARRIOLA
AYUDA EPS
ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
EPS INGENIERÍA CIVIL

EPZ:	2014
FECHA:	
EPESISTA:	
REVISOR Y CALIFICADOR:	
EPESISTA:	
PROYECTO:	
EPESISTA:	
ESCALA:	INDICADA
INDICADA:	4
INDICADA:	5
MUNICIPALIDAD:	SANTA CATARINA MIRAL, JUTIAPA.

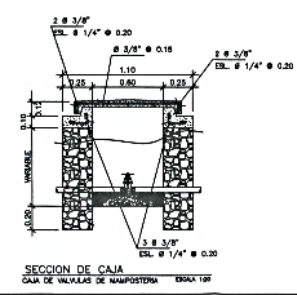
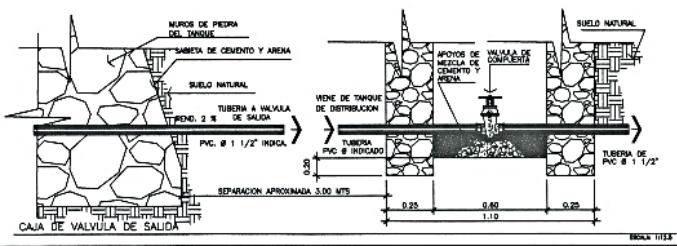
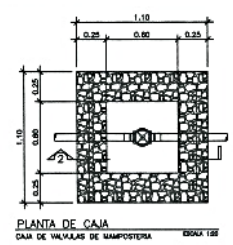
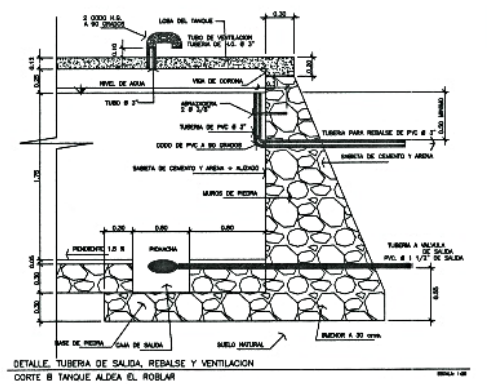
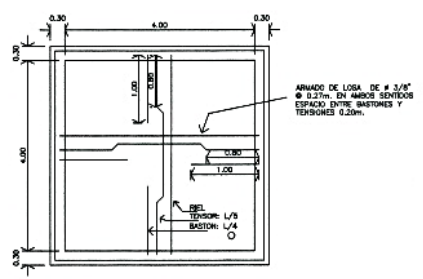
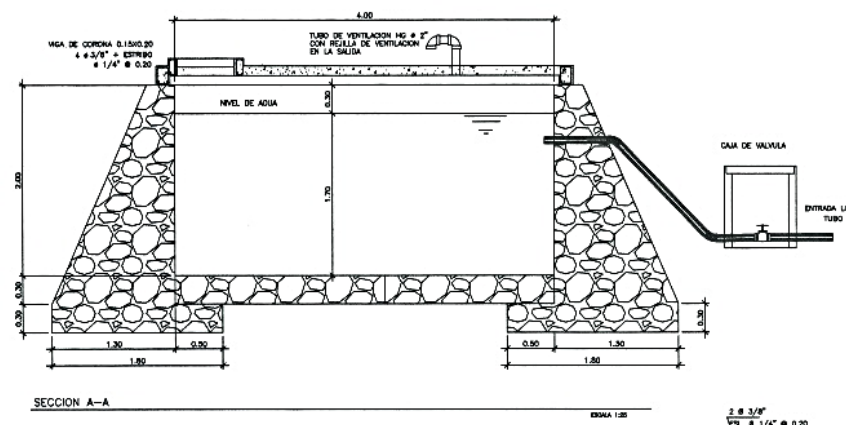
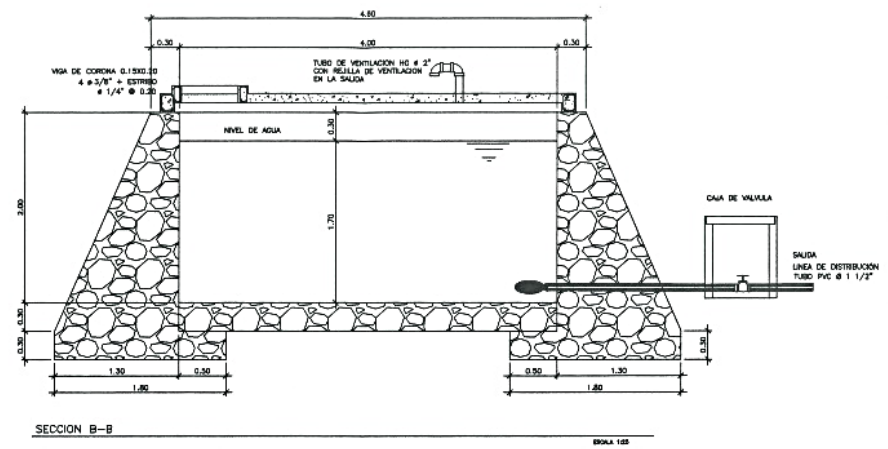
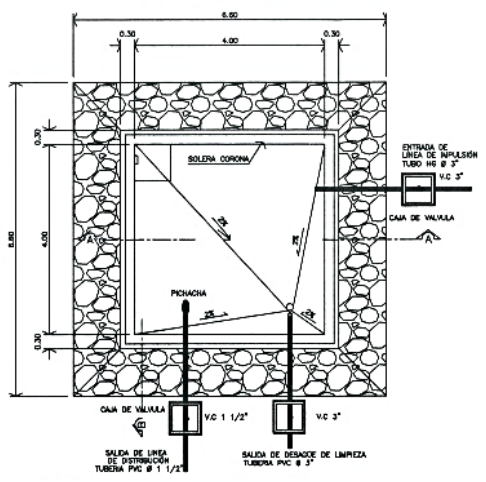
CONCRETO CIGUEPEP
 PROPORCION
 67% DE PIEDRA DE BOLA
 33% DE SABETA PROPORCION 1:2 CEMENTO, ARENA

CONCRETO
 $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ 3000 psi
 PROPORCION
 1 cemento
 2 arena
 3 pedras de 3/4"

ACERO DE REFUERZO
 $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ 40,000 psi

ESPECIFICACIONES:

1. LOS MUROS DE PIEDRA DEBERAN IMPERMEABILIZARSE EN SUS CARAS INTERIORES POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABETA DE CEMENTO Y ARENA PROPORCION (1:2) ALZADO
2. LA LOSA DE CONCRETO DEBERA TENER UN DESMIEL DE 18 PARA EVITAR EL AGUA PLUVIAL. LA SUPERFICIE DEBERA QUEDAR CERCA (CEMENTO + ARENA) PROPORCION 1:3
3. EL CONCRETO $F_c = 3,000 \text{ Lbs/ft}^2$ PROPORCION (1:2:3)
4. ACERO DE REFUERZO SE USARA DE GRADO ESTRUCTURAL EN FORMA DE BARRAS CORRUGADAS DE 2810 kg/cm² = 40,000 PSI.
5. SOBRE LA PARTE SUPERIOR DEL MURO HACER UN ALZADO DE SABETA DE 0.01 MTS DE ESPESOR Y SOBRE ESTA COLOCAR MATERIAL BULAMOSO PARA EVITAR CONTACTO DIRECTO ENTRE LOS Muros Y LA LOSA
6. RECUBRIMIENTOS 0.03 MTS. SI NO SE INDICA OTRA TOMAMOS EL ROSTRO DE LA BARRA Y LA SUPERFICIE
7. EL TENDIDO BAJO LA LOSA DEBERA SER APRISONADO
8. CONCRETO PROPORCION 1:2:3 = 8 SACOS DE CEMENTO + 0.5 m³ DE ARENA DE RIO + 0.7 m³ DE PIEDRA = 6 GALONES DE AGUA POR SACO DE CEMENTO
9. LA TUBERIA DE ENTRADA AL TANQUE SE COLOCARA CERCA DEL ACCESO DEL MIMO TAL Y COMO SE INDICA EN EL PRESENTE PLANO, CON EL PROPOSITO DE REALIZAR MEDICIONES INSTANTANEAS DE CALIDAD Y EL MANTENIMIENTO DEL MISMO



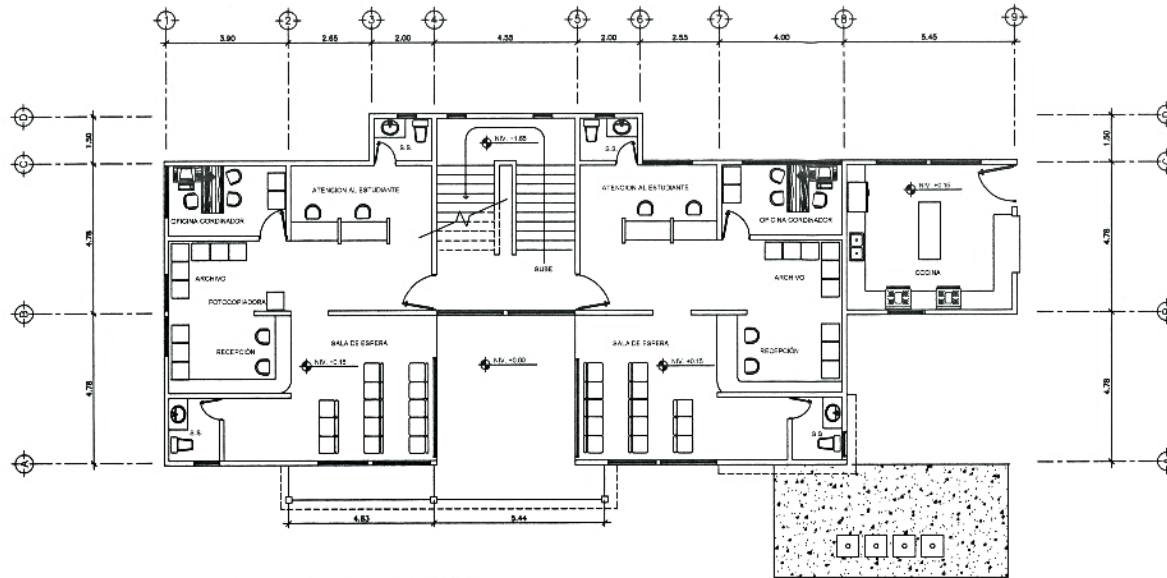
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 INGENIERO SUPERVISOR DE EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS
 INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

SISTEMA ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
 E.P.S. 2014
 INGENIERO SUPERVISOR DE EPS
 REVISOR Y CALIFICADOR
 ASISTENTE
 DISEÑADOR
 EPESISTA
 ESCALA: 5
 INDICADA: 5

MANUEL ALFREDO OCHOA
 SANTA CATERINA, META, JUTUPA

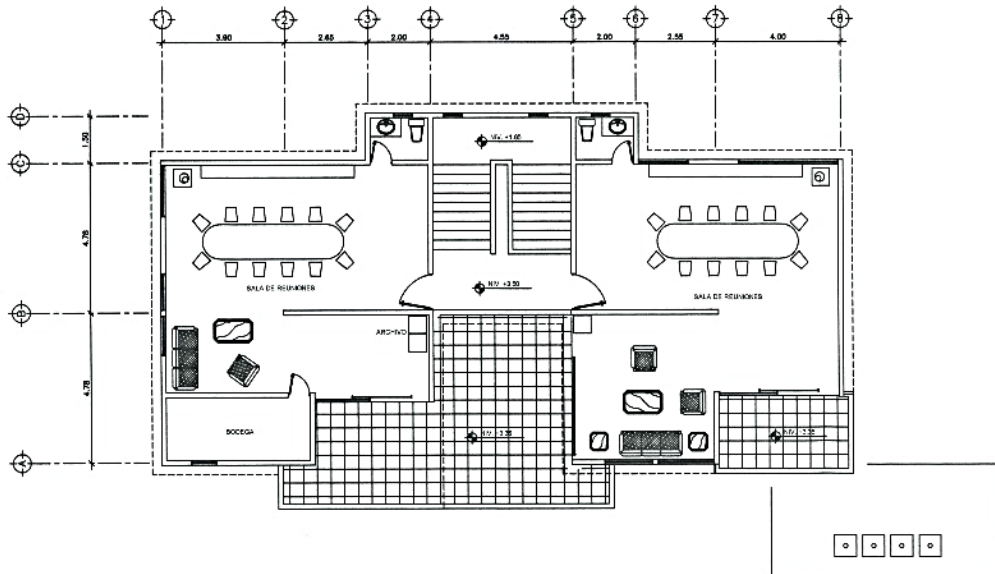
RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
 EPS INGENIERIA CIVIL



PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:75



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

EPS 2014

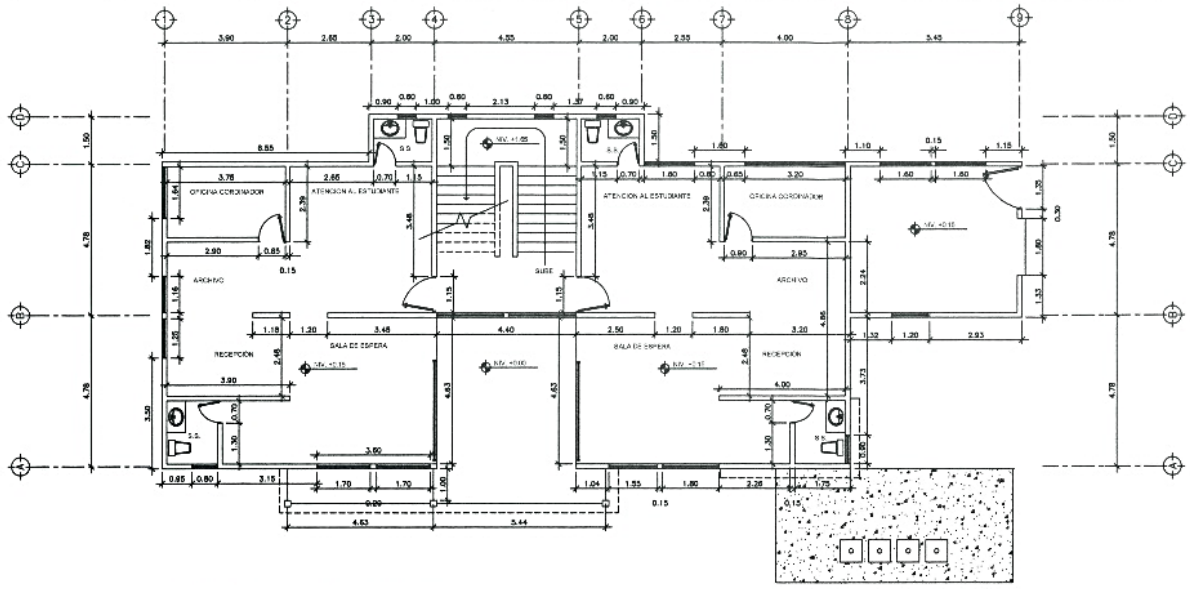
PLANTA AMUEBLADA

RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
INGENIERO DE INGENIERIA CIVIL

DR. ROSARIO MENENDEZ
INFRAESTRUCTURA

MUNICIPALIDAD
SANTA CATERINA, UTA, JUTUPA

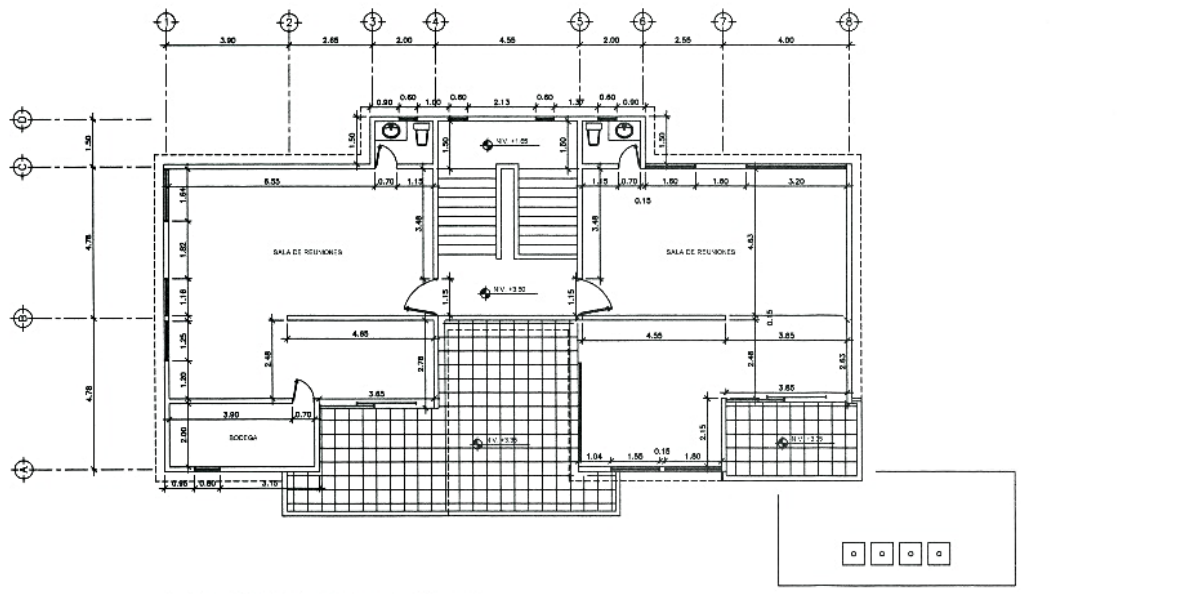




PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:75



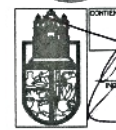
PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

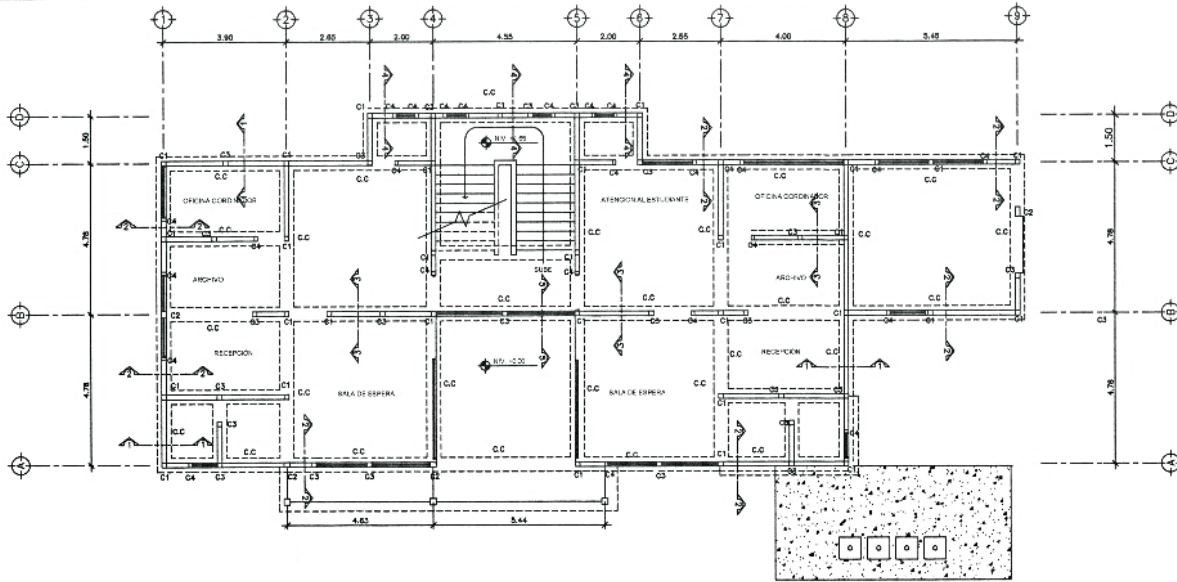
ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Unidad de Ingeniería



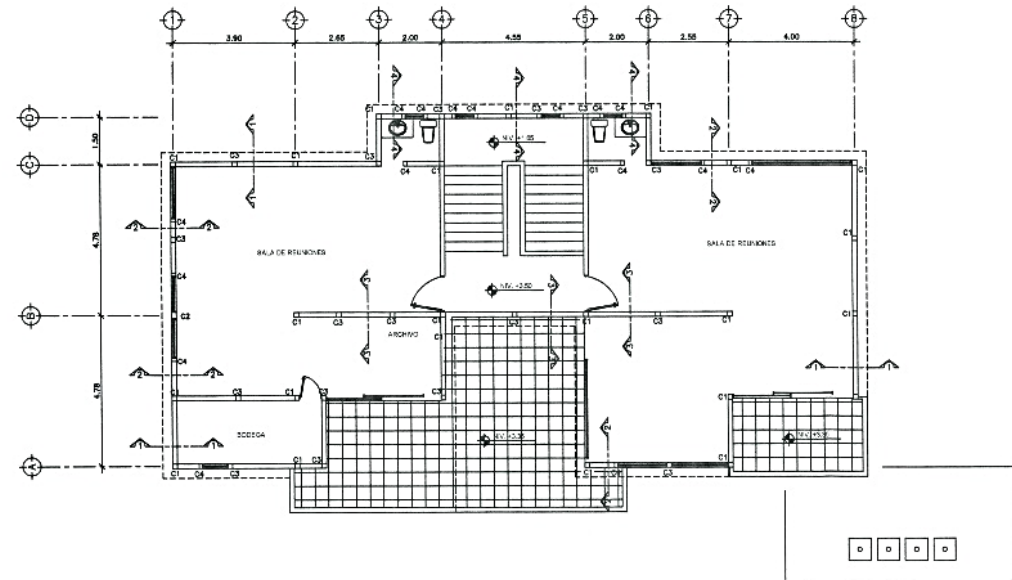
CONTIENE: PLANTA ACOTADA
 AÑO: 2014
 DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO
 RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
 INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA
 ESCALA: INDICADA
 MUNICIPALIDAD SANTA CATERINA, UTA, JUTUPA



PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS PRIMER NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

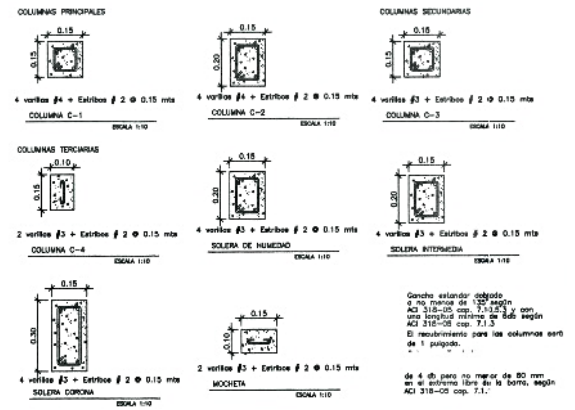
ESCALA 1:75



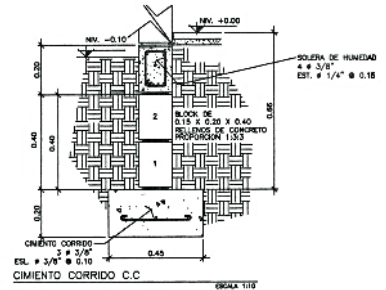
PLANTA DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:75



Concreto estándar delgado
a no mayor de 130 mm según
ACI 318-08 esp. 7.1.2.3 y con
una longitud mínima de 300 mm según
ACI 318-08 esp. 7.1.3
El recubrimiento para las columnas será
de 1 pulgada.
de 4 db para no menor de 80 mm
en el sistema libre de la botra según
ACI 318-08 esp. 7.1.1.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERIA CIVIL
EPISTETA: RUBENY DANIEL GARCIA CHAMPES
UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS
Escuela de Ingenieria

DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO 2014

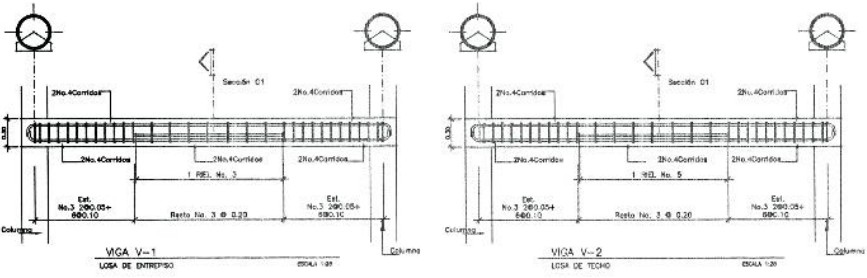
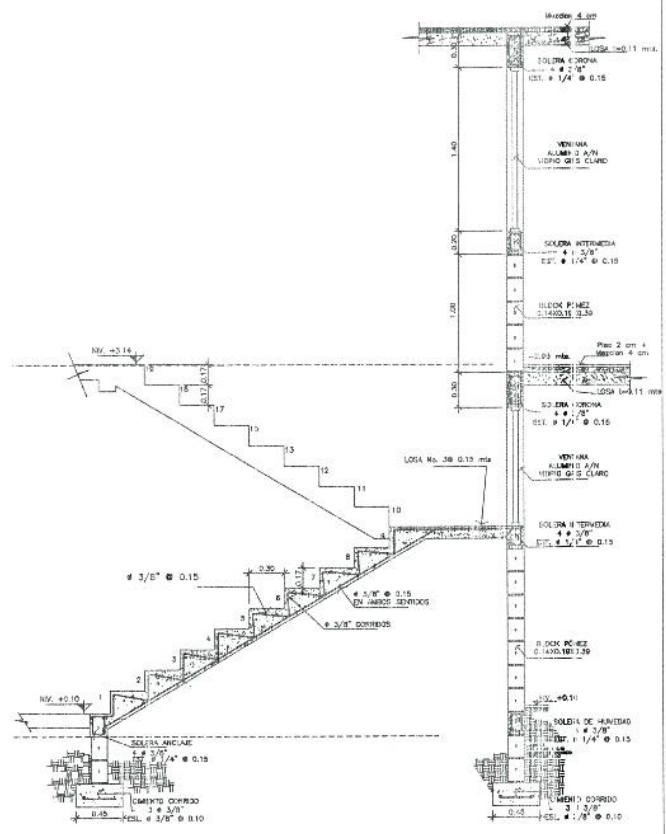
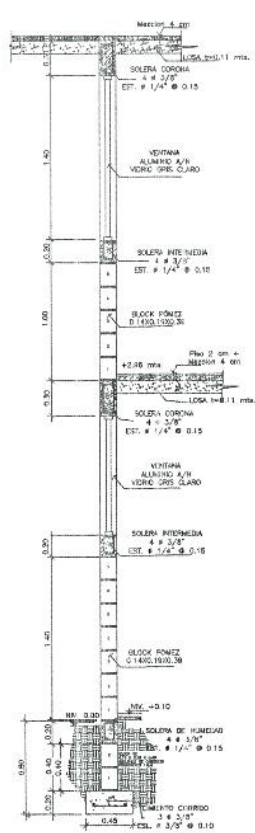
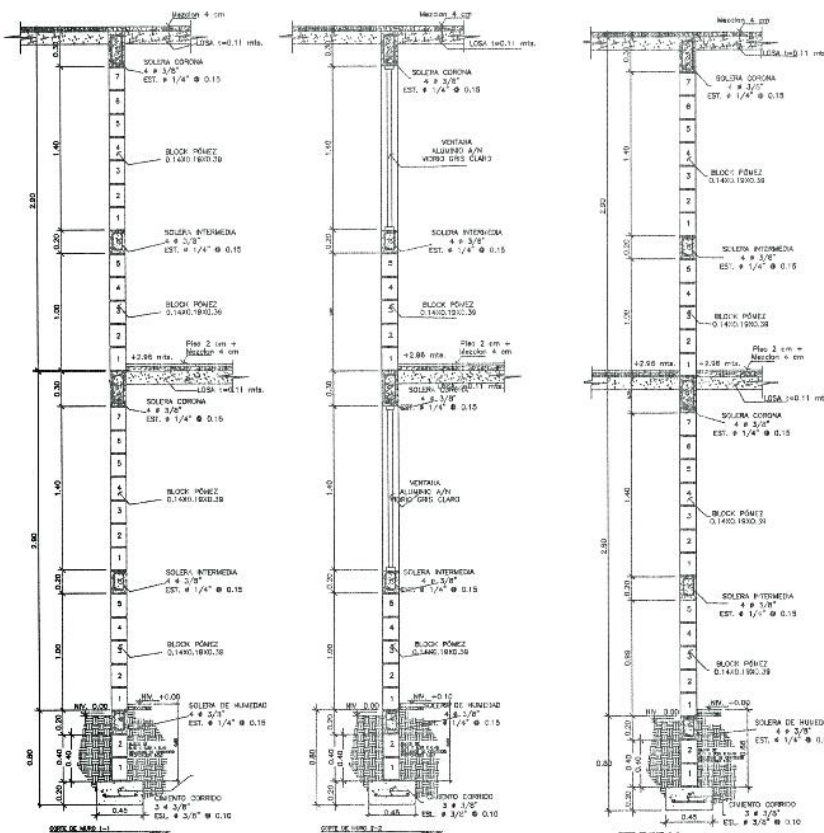


PLANTA CIMENTACION Y COLUMNAS

ING. RUBENY DANIEL GARCIA CHAMPES
INGENIERO ESPECIALIZADO EN ESTRUCTURAS

ING. RUBENY DANIEL GARCIA CHAMPES
INGENIERO ESPECIALIZADO EN ESTRUCTURAS

DISEÑO: EPISTETA
REVISOR Y CARGA: EPISTETA
DIBUJO: EPISTETA
ESCALA: INDICADA
MUNICIPALIDAD: SANTA CATALINA MTA., JUTUPA



Requerimiento de 4 cm según ACI 318-05 099.7.1.1
 Gancho exterior colocado a no más de 130 mm del ACI 318-05 099.7.1.2 y con una longitud mínimo de 600 mm según ACI 318-05 099.7.1.2
 El primer rebite cerrado se colocará a no más de 5 cm de la cara de apoyo según ACI 318-05 099.7.1.2
 Zonas de confinamiento de 0.75 m, rebites No.3 @ 10 cm

Requerimiento de 4 cm según ACI 318-05 099.7.1.1
 Gancho exterior colocado a no más de 130 mm del ACI 318-05 099.7.1.2 y con una longitud mínimo de 600 mm según ACI 318-05 099.7.1.2
 El primer rebite cerrado se colocará a no más de 5 cm de la cara de apoyo según ACI 318-05 099.7.1.2
 Zonas de confinamiento de 0.75 m, rebites No.3 @ 10 cm



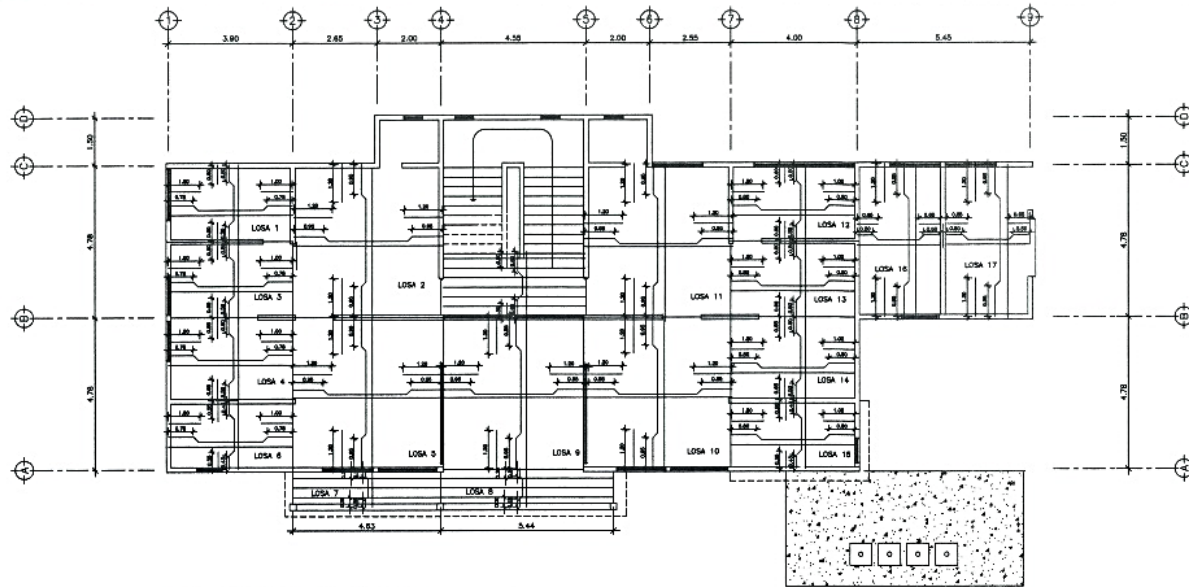
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Dr. Manuel Alfredo Arriola Ochoa
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA GONZALEZ
 DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

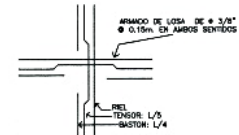
PROYECTO: MUROS Y DETALLE DE VIGAS Y GRADAS

ING. RUBENY DANIEL GARCIA GONZALEZ
 EPS INGENIERIA CIVIL

ING. JUAN ALVARO SANTA CATERINA, M.T.A., JI.TAPAS



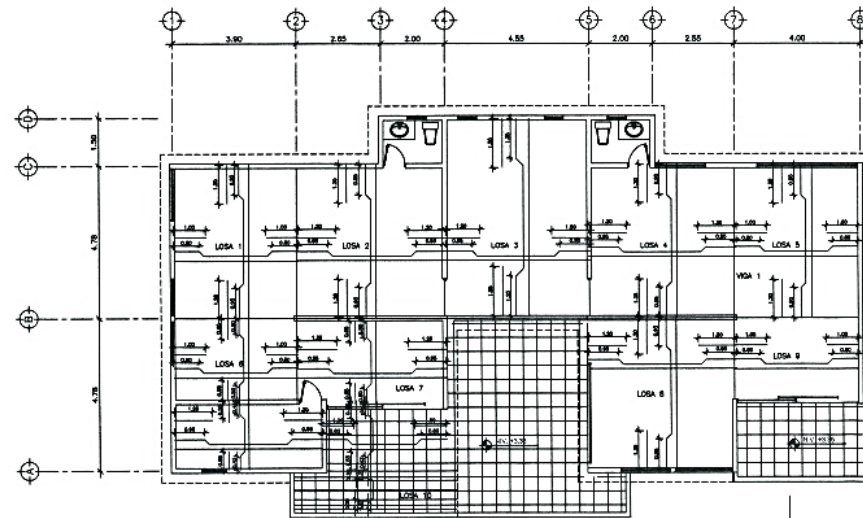
LOSAS DE ENTREPISO
 No. 1,3,4,6,12,13,14,15,16,17
 Usar refuerzo No.3 Φ 15 cm
LOSAS DE ENTREPISO
 No. 2,5,8,10,11
 Usar refuerzo No.3 Φ 12 cm
LOSAS DE ENTREPISO
 No. 7,8 y puesto de escaleras
 Usar refuerzo No.3 Φ 15 cm
 en el lado corto y No. 5 Φ 30 cm
 de acero por temperatura en el sentido largo.
LOSAS DE TECHO
 Usar refuerzo No.3 Φ 12 cm
 en ambos sentidos de la losa.
ESPESORES DE LOSA
 ENTREPISO = 0.11 cm.
 TECHO = 0.12 cm.



PLANTA DE ARMADO LOSA ENTREPISO

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75



PLANTA DE ARMADO LOSA DE TECHO

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

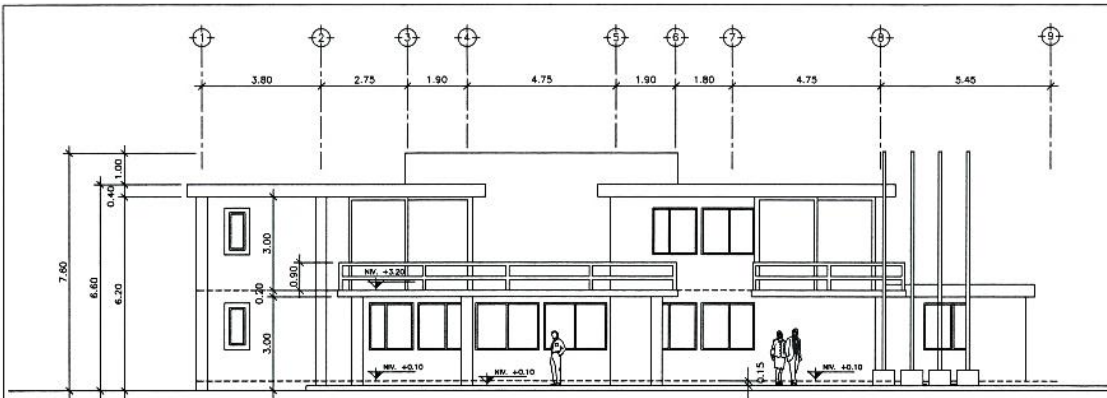


PLANTA DE ARMADO DE LOSAS

RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
 EPS INGENIERIA CIVIL



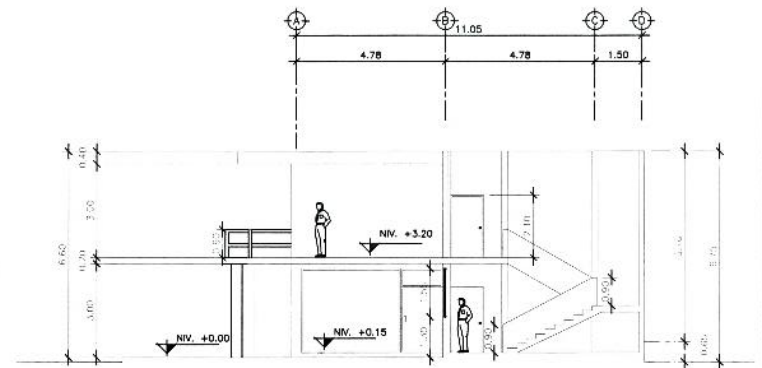
EPES	2014
DISEÑO	
EPESISTA	
REVISOR Y CAJE	
EPESISTA	
PROYECTO	
EPESISTA	
ESCALA	INDICADA
MUN	SANTA CRUZ
AUDI	MITA, JIJUTPA



ELEVACIÓN FRONTAL.

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

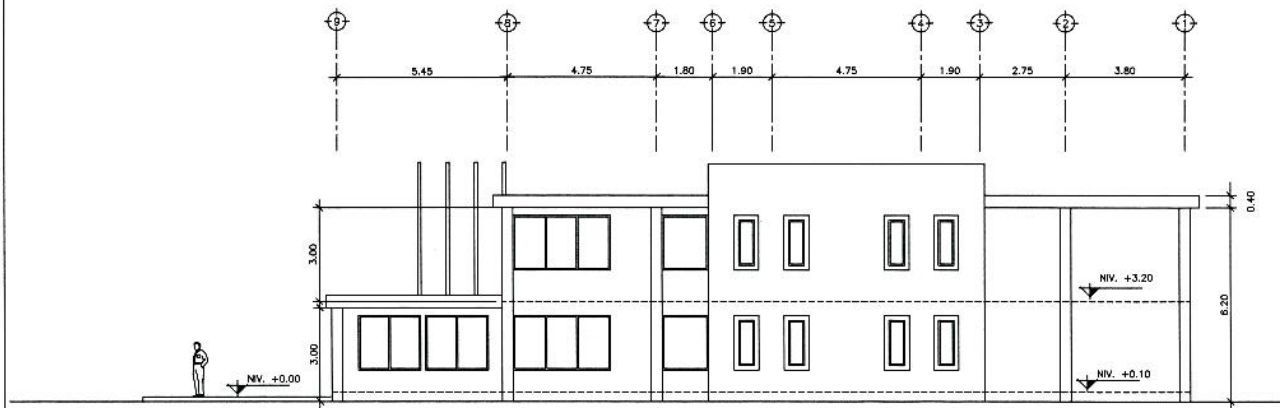
ESCALA 1:75



SECCIÓN TRANSVERSAL B-B

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75



ELEVACIÓN POSTERIOR.

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y EPS
 INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA



DISENO ESTRUCTURAL, EDIFICIO ADMINISTRATIVO

ELEVACIONES

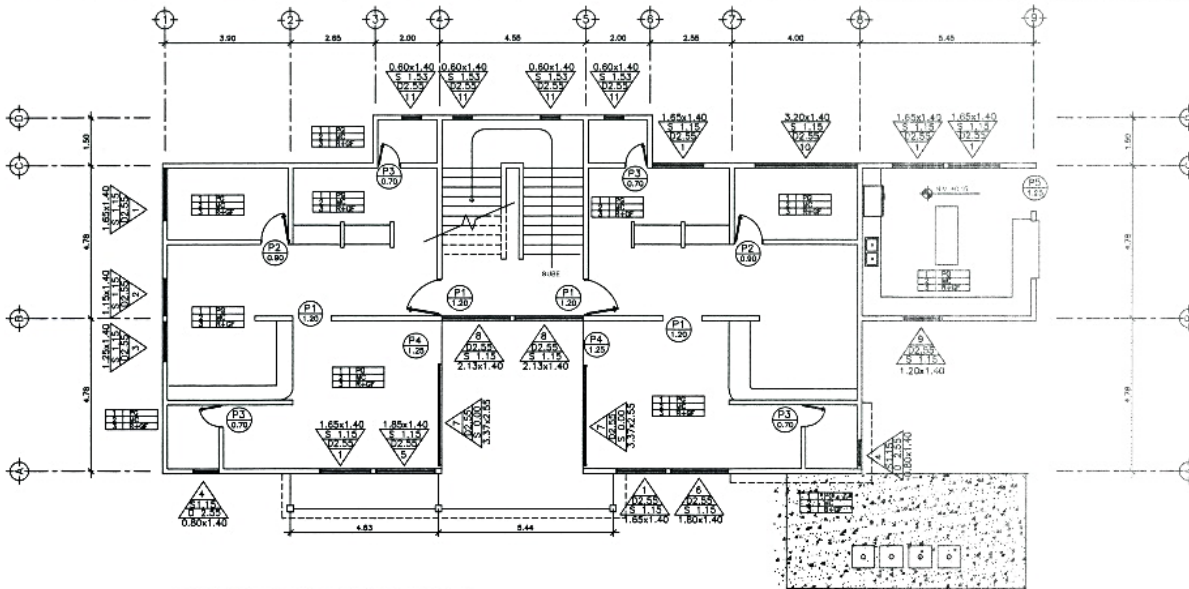
CONTIENE:
 EPESISTA
 REVISO Y CALIFICA
 EPESISTA
 DISEÑO
 EPESISTA
 ESCALA:
 INDICADA

PROF. ALFREDO ARRIVILLAGA
 INGENIERO CIVIL

PROF. ROSARIO MENDOZA
 INGENIERA CIVIL

RUBENY DANIEL GARCIA GONZALEZ
 EPESISTA CIVIL

WILSON FALCÓN
 SANTA CATALINA, JUTUPAMA



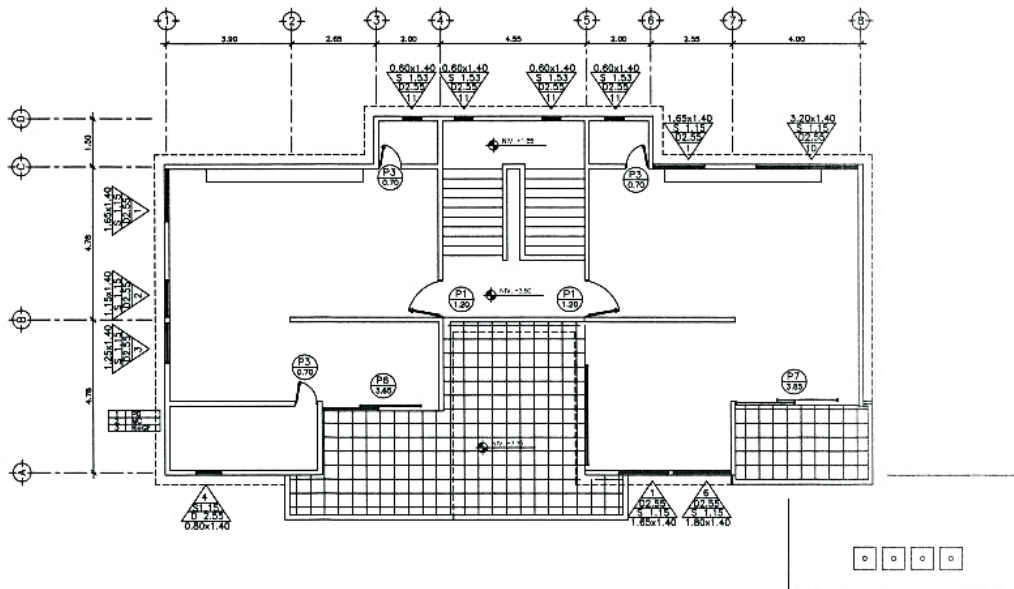
PLANTA ACABADOS PRIMER NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:15

PLANILLA DE VENTANAS				
TIPO	DIMENSIONES	CANTIDAD	SILLAR	DINTEL
VENTANA 1	1.66x1.40	9	1.15	2.55
VENTANA 2	1.55x1.40	2	1.15	2.55
VENTANA 3	1.35x1.40	2	1.15	2.55
VENTANA 4	0.80x1.40	3	1.15	2.55
VENTANA 5	1.85x1.40	1	1.15	2.55
VENTANA 6	1.80x1.40	2	1.15	2.55
VENTANA 7	3.87x2.58	2	0.00	2.55
VENTANA 8	2.13x1.40	2	1.15	2.55
VENTANA 9	1.20x1.40	1	1.15	2.55
VENTANA 10	3.20x1.40	2	1.15	2.55
VENTANA 11	0.60x1.40	6	1.25	2.25

PLANILLA DE PUERTAS		
TIPO	DIMENSIONES	CANTIDAD
PUERTA 1	1.20x2.10	6
PUERTA 2	0.90x2.10	2
PUERTA 3	0.70x2.10	7
PUERTA 4	1.25x2.10	2
PUERTA 5	1.25x2.10	1
PUERTA 6	3.85x2.10	1
PUERTA 7	3.85x2.10	1



PLANTA ACABADOS SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

PLANTA DE ACABADOS

ING. ALBERTO ARRIVALLAGA
EPESISTA

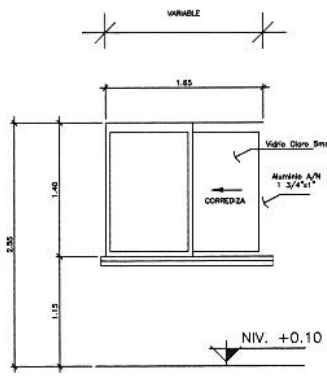
ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
EPESISTA



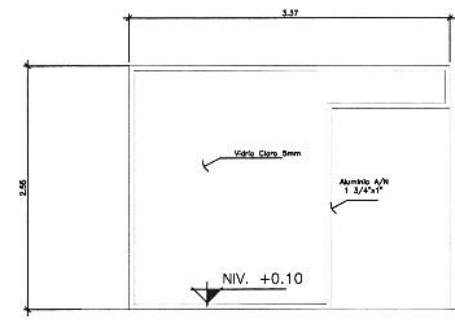
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Manuel Alfredo Arrivallaga Ochoa
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Escuela de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

EPS: 2014
PROYECTO: EPEPESISTA
REVISOR Y CALIFICADOR: EPEPESISTA
PROYECTISTA: EPEPESISTA
ESCALA: INDICADA

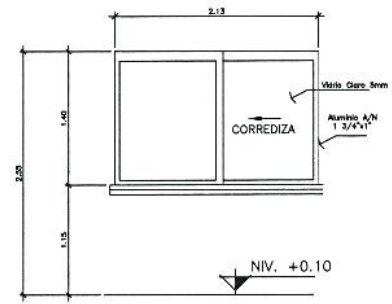
MUNICIPIO: ALENDE
CANTON: MITA, JUTUPA



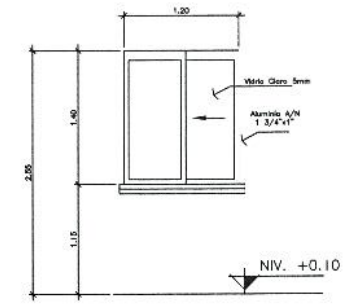
VENTANA (TIPO 1-6)
ESCALA 1:25



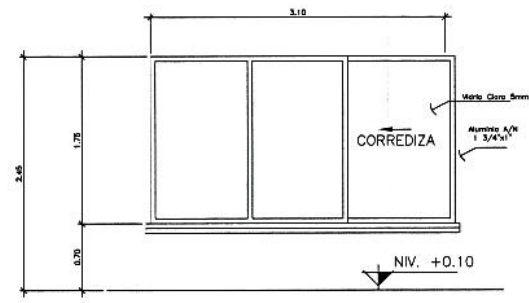
VENTANA TIPO 7
ESCALA 1:25



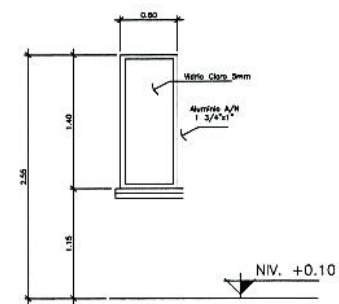
VENTANA TIPO 8
ESCALA 1:25



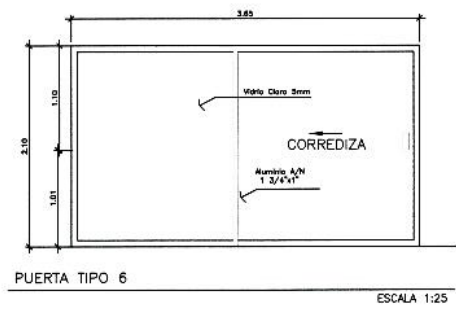
VENTANA TIPO 9
ESCALA 1:25



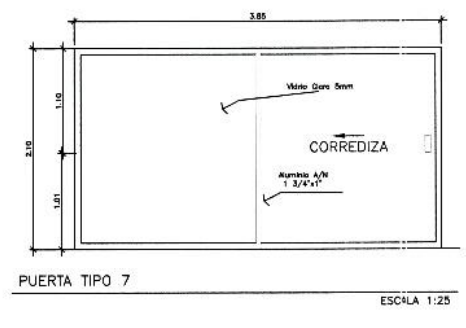
VENTANA TIPO 10
ESCALA 1:25



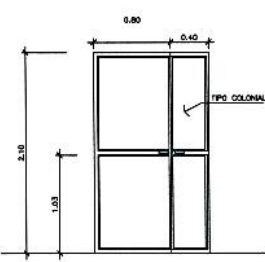
VENTANA TIPO 11
ESCALA 1:25



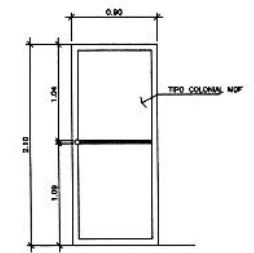
PUERTA TIPO 6
ESCALA 1:25



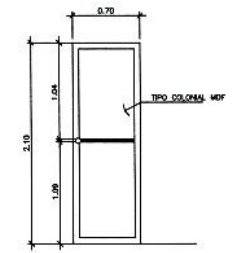
PUERTA TIPO 7
ESCALA 1:25



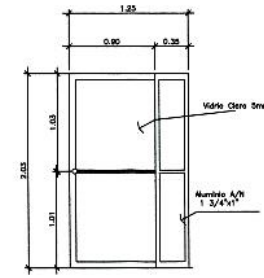
PUERTA TIPO 1
ESCALA 1:25



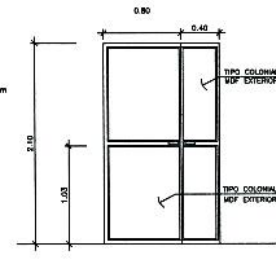
PUERTA TIPO 2
ESCALA 1:25



PUERTA TIPO 3
ESCALA 1:25



PUERTA TIPO 4
ESCALA 1:25



PUERTA TIPO 5
ESCALA 1:25

ESPECIFICACIONES DE VENTANAS Y PUERTAS

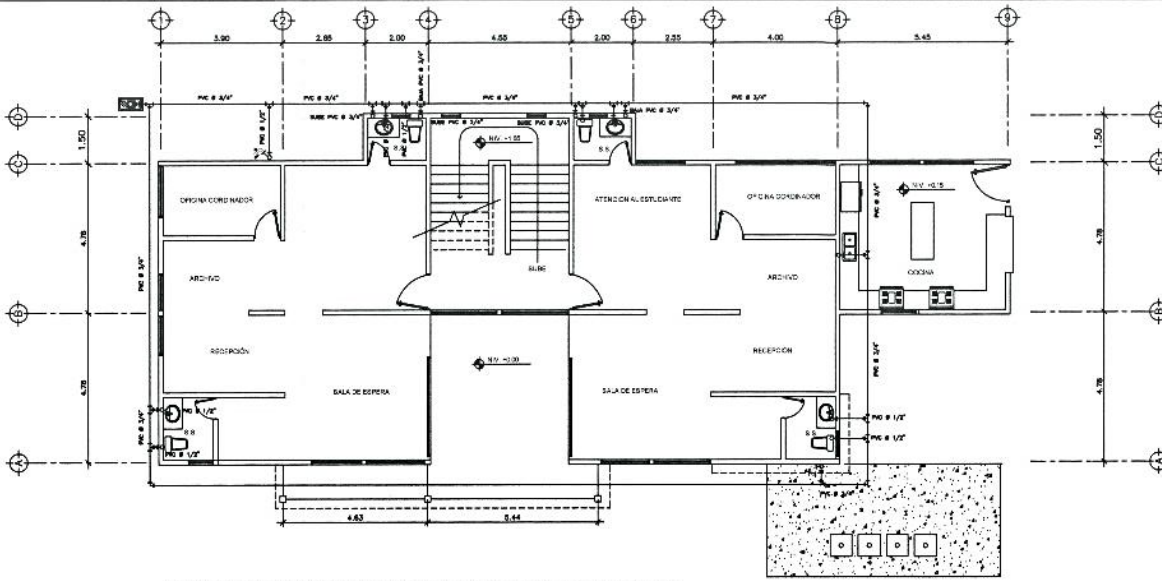
- SE UTILIZARA VIDRIO CLARO DE 5mm DE ESPESOR Y SERAN SUJETOS AL MARCO DE LA VENTANA CON EMPAQUE DE CAUCHO.
- EL ALUMINIO SERA ANODIZADO NATURAL DE PERFIL DE 1 3/4 x 1" PARA MARCOS DE VENTANERIA.
- SE UTILIZARA CELICONE PARA SELLAR LAS JUNTAS.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ING. Manuel Alfredo Arraiza Ochoa
ASESOR-SUPERVISOR DE EPS
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA
Módulo de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



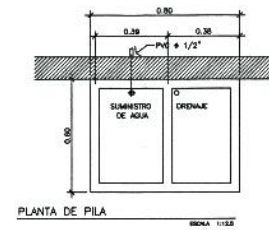
DETALLE DE ACABADOS
DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO
RUBENY DANIEL GARCIA CAÑOS
EPS INGENIERIA CIVIL
MTC. ROSARIO LOPEZ
INFRAESTRUCTURA
RUBENY DANIEL GARCIA CAÑOS
EPS INGENIERIA CIVIL
MUNICIPIO DE SANTA CATERINA N. VILLA, JUTUPA



PLANTA DE INSTALACION DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL

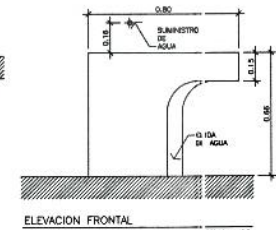
EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75



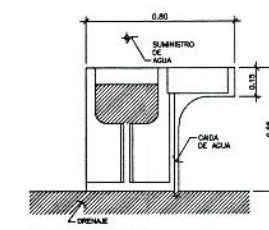
PLANTA DE PILA

ESCALA 1:125



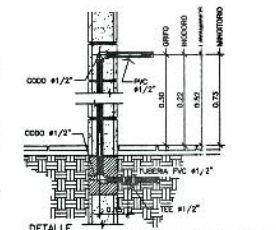
ELEVACION FRONTAL

ESCALA 1:125



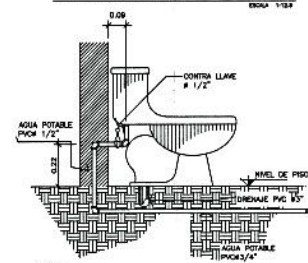
SECCION TRANSVERSAL

ESCALA 1:125



DETALLE DE TUBA DE AGUA PARA ARIENADOS SANITARIOS

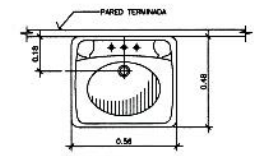
ESCALA 1:125



PERFIL ABASTO DE AGUA EN INODO

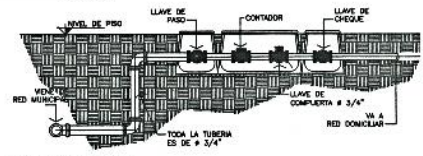
ESCALA 1:25

SIMBOLOGIA PARA AGUA POTABLE	
	CONDUCCION PARA AGUA POTABLE
	CONDUCCION Ø 1/2\"/>



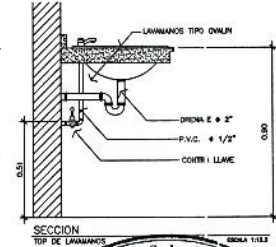
PLANTA LAVANIOS AVALON

ESCALA 1:125



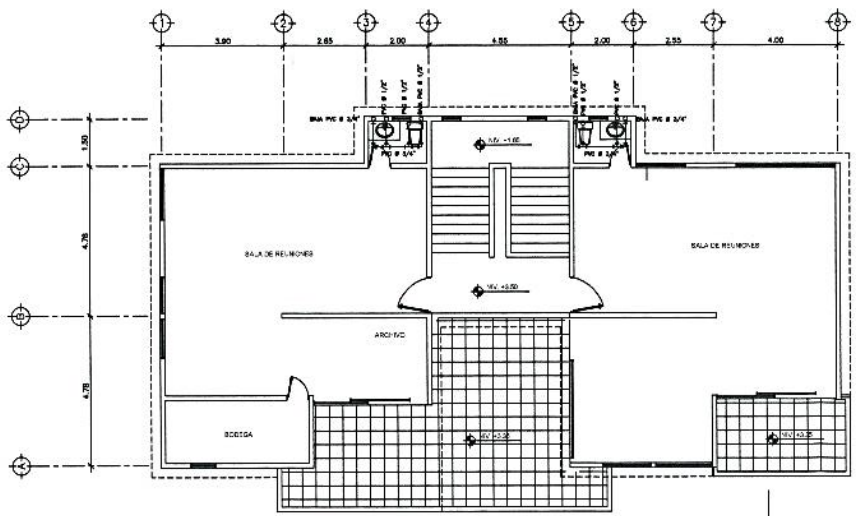
DETALLE DE ACOMETIDA DE AGUA POTABLE TIPO RESIDENCIAL (CAJA MEDICION)

ESCALA 1:25



SECCION TOP DE LAVANIOS

ESCALA 1:125



PLANTA DE INSTALACION AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75

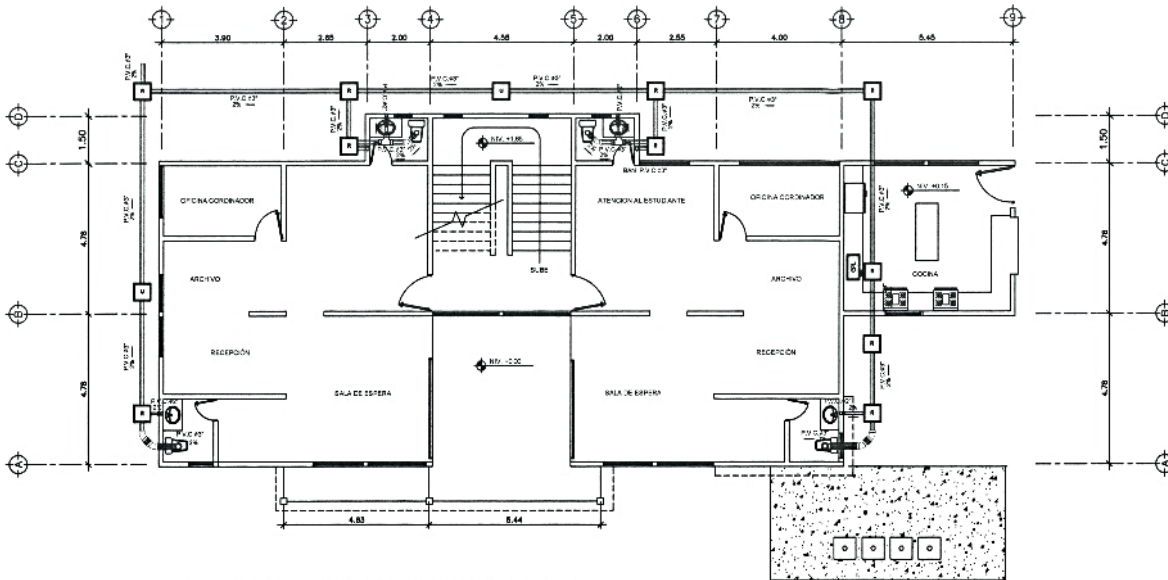


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS



DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO
PLANTA INSTALACION AGUA POTABLE
ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
SUPERVISOR DE EPS

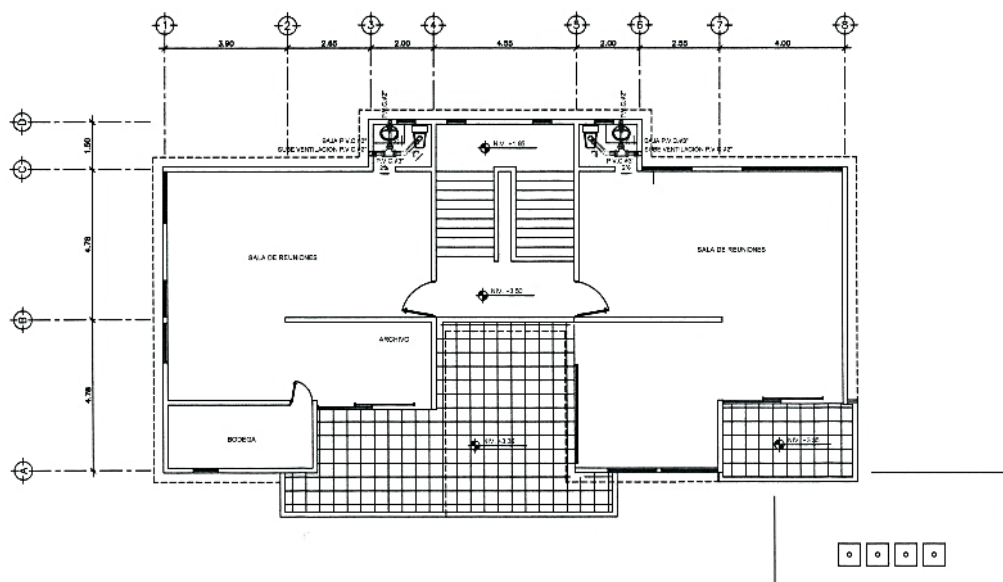
EPS	2014
EPESISTA	
PROYECTO Y CALIDAD	
EPESISTA	
DISEÑO	
EPESISTA	
ESCALA	INDICADA
INDICADA	
SANTA CATERINA, META, GUATEMALA.	



PLANTA DE DRENAJE SANITARIO PRIMER NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

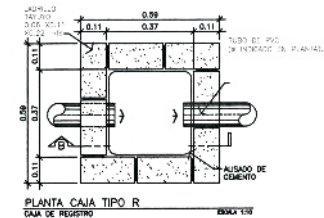
ESCALA 1:75



PLANTA DE DRENAJE SANITARIO SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

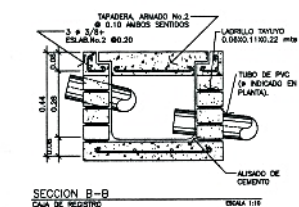
ESCALA 1:75



PLANTA CAJA TIPO R

CAJA DE REGISTRO

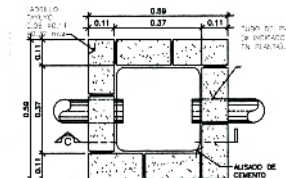
ESCALA 1:10



SECCION B-B

CAJA DE REGISTRO

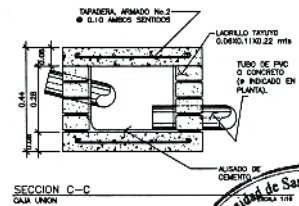
ESCALA 1:10



PLANTA CAJA TIPO U

CAJA UNION

ESCALA 1:10



SECCION C-C

CAJA UNION

ESCALA 1:10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERIA CIVIL
EPELISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS



DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

EPS 2014

PLANTA INSTALACION DRENAJE SANITARIO

DISEÑO EPELISTA

REVISOR Y CALZADO EPELISTA

DISEÑO EPELISTA

ESCALA INDICADA

REVISOR EPELISTA

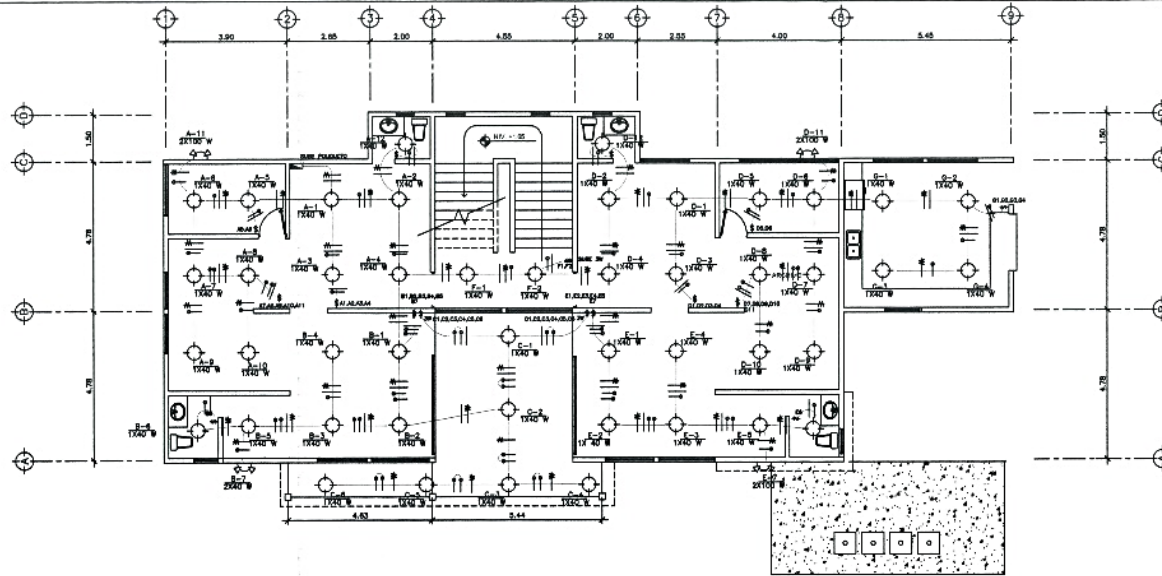
MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHOA

ESCALA INDICADA

RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

REVISOR EPELISTA





PLANTA DE ILUMINACION PRIMER NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:70

SIMBOLOGIA PARA INSTALACION DE ILUMINACION	
	CONDUCTO Ø 3/4"
	TUBERIA PARA INTERRUPTORES 1/8 CAJAS RECTANGULARES
	ALAMBRE POSITIVO CALIBRE 12
	ALAMBRE NEUTRO CALIBRE 12
	ALAMBRE RETORNO CALIBRE 12
	LAMPARA EN CIELO DE 40 W.
	REFLECTORES DE 2X100 W
	LAMPARA EN PARED DE 40 W
	TUBERIA VERTICAL
	INTERRUPTOR THREE WAY A 1.50 mts 5/NPT
	INTERRUPTOR SIMPLE A 1.50 mts 5/NPT
	INTERRUPTOR DOBLE A 1.50 mts 5/NPT
	TABLERO DE CIRCUITOS (CAJA DE PLANCHAS)
	INDICA CANTIDAD DE VAYS
	CIRCUITO-ANTEFACTO

NOTA: TODA LA TUBERIA DE ALIMENTACION SERA TIPO POLIVICTO Ø 3/4"

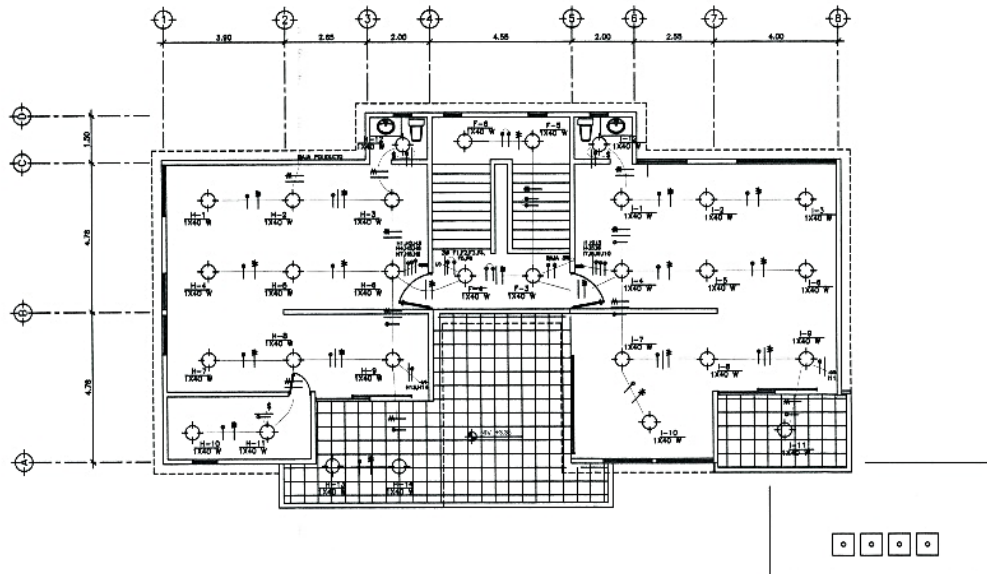
ESPECIFICACIONES DE LAMPARAS

REFLECTORES DE 2 X 100 W.
FLUORESCENTE EMPOTRADOS EN PARED
PLAFONERAS 100 W.
FLUORESCENTE EMPOTRADAS EN PARED

PLANTA 1ER. NIVEL ILUMINACION		PLANTA 2DA. NIVEL ILUMINACION	
40 W	45	40 W	50
2 X100 W	4	2 X100 W	0

ESPECIFICACIONES DE ELECTRICIDAD:

- Las CAJAS OCTOGONALES QUE SIRVERN PARA LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE LA TUBERIA, SERAN DE 4"Ø.
- VER TABLA DE TUBOS ELECTRICOS REQUERIDOS PARA DIAMETROS DE TUBERIA.
- EL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES SERA NO. 12 AWG CON FORRO TERMOPLASTICO TH PARA ACTIVOS Y NEUTROS Y PARA RETORNOS TAMBIEN NO. 12.
- LOS INTERRUPTORES SE COLOCARAN A LA ALTURA INDICADA EN LA SIMBOLOGIA Y SU FLUJO CON SU LADO MAYOR EN POSICION VERTICAL.
- TODOS LOS CIRCUITOS SALEN DEL TABLERO.
- LOS INTERRUPTORES NO SE TOMAN EN CUENTA PARA FORMAR EL CIRCUITO A MENOS QUE SE PREVEA, UTILIZAR LA COMBINACION INTERRUPTOR-TONACORRIENTE.
- EN EL CASO DE LA TUBERIA QUE SEA BECA EL PISO PARA TONACORRIENTES SE DEBE DE COLOCAR ANTES DE PUNEAR LA SOLERA DE HORMON, PARA EVITAR ROMPER ESTA AL HACER LA INSTALACION.
- EL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES SERA NO. 10 AWG CON FORRO TERMOPLASTICO TH SE DEBE DEJAR MARGEN DE INCH DE DIAMETRO MAYOR A LA COLOCADA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACION Y FUERZA PARA EVITAR ROMPER LAS SOLERAS 1/20 VIAS.



PLANTA DE ILUMINACION SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES

ESCALA 1:70

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Facultad de Ingeniería y EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR DE EPS
 INGENIERIA CIVIL
 EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

EPS: 2014

USUARIO:
 EPESISTA
 REVISOR Y CARGO:
 EPESISTA
 DIBUJOS:
 EPESISTA
 ESCALA:
 PROPORCIONADA

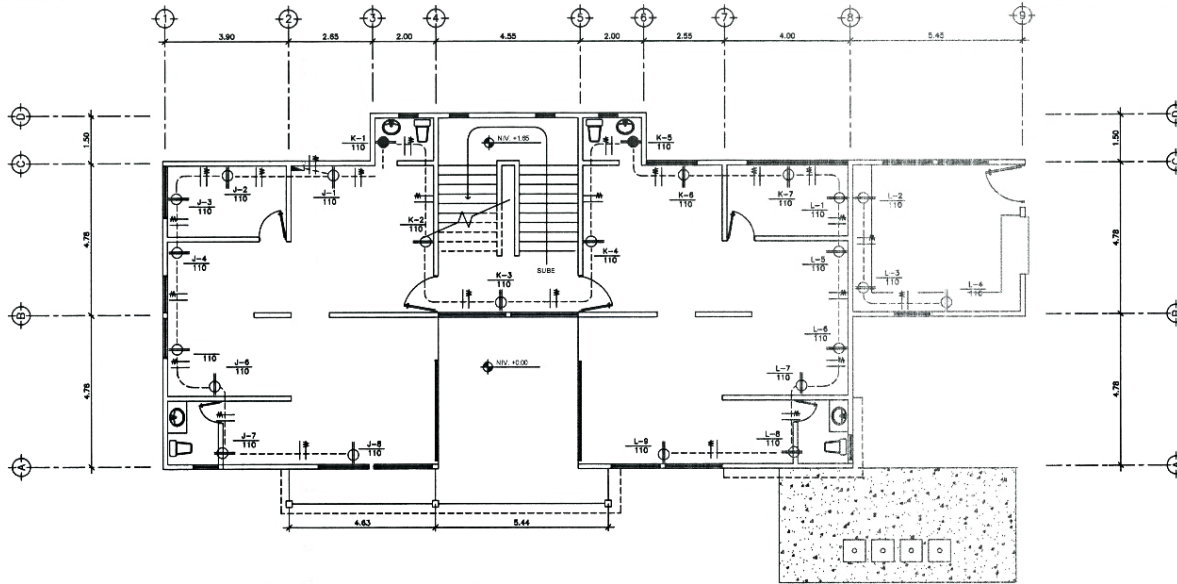
MUNI
 SANTA CRUZ

DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

PLANTA INSTALACION ELECTRICA, ILUMINACION

ING. ALFREDO ARRIVILLAGA OCHOAETA EPS

ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS EPS INGENIERIA CIVIL



PLANTA DE INTALACION ELECTRICA PRIMER NIVEL

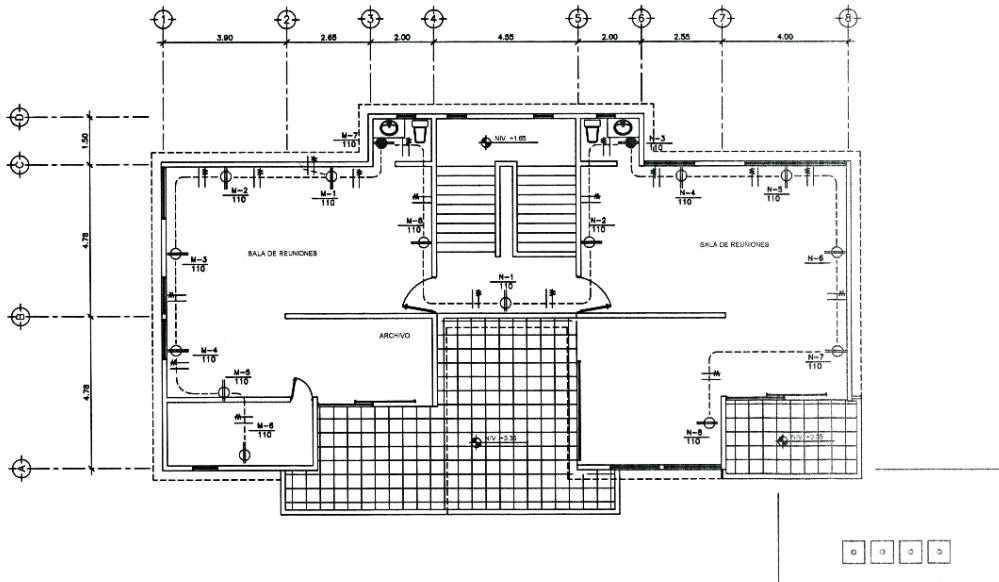
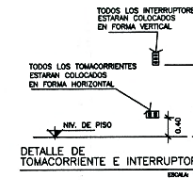
EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75

SIMBOLOGIA PARA INSTALACION DE FUERZA	
---	TUBERIA (POLIDUCTO) EN PARED 1/0 PISO
---	ALAMBRE POSITIVO CALIBRE 12 CON FORRO ROJO
---	ALAMBRE NEUTRO CALIBRE 12 CON FORRO NEGRO
○	TOMACORRIENTE 110V DOBLE A 0.40 mts S/N/PT
○	TOMACORRIENTE 110V DOBLE A 1.50 mts S/N/PT
□	TABLERO DE CIRCUITOS
○	TUBERIA VERTICAL

NOTA: TODA LA TUBERIA DE INSTALACION DE FUERZA SERA POLIDUCTO COLOR NEGRO # 3/4"


DEFINICION DE FUERZA	
GRUPO	TOMACORRIENTES
1	1
2	2
3	3
4	4




PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA SEGUNDO NIVEL

EDIFICIO ADMINISTRATIVO, CENTRO DE ESTUDIOS SUPERIORES.

ESCALA 1:75



Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
INGENIERIA CIVIL
EPESISTA: RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS

DISEÑO ESTRUCTURAL EDIFICIO ADMINISTRATIVO

CONTIENE:
PLANTA INSTALACION ELECTRICA, FUERZA

ING. RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS
EPESISTA

EPS: 2014
DISEÑO: EPESISTA
REVISÓ Y CALIF: EPESISTA
DIBUJO: EPESISTA
ESCALA: INDICADA
LUGAR: SANTA CÁTAR

ANEXOS

Anexo 1. Presión del viento

Departamento	Velocidad máxima De viento Kms. / hora	k	Vd k * Vb	Cd	Presión de viento
Alta Verapaz	11.10	0.80	8.88	1.43	0.541
Baja Verapaz	6.50	0.80	5.20	1.43	0.186
Chimaltenango	17.30	0.80	13.84	1.43	1.315
Chiquimula	6.10	0.80	4.88	1.43	0.163
El Progreso	1.70	0.80	1.36	1.43	0.013
Escuintla	6.10	0.80	4.88	1.43	0.163
Guatemala	51.00	0.80	40.80	1.43	11.426
Huehuetenango	9.20	0.80	7.36	1.43	0.372
Izabal	12.00	0.80	9.60	1.43	0.633
Jalapa	7.10	0.80	5.68	1.43	0.221
Jutiapa	8.60	0.80	6.88	1.43	0.325
Petén	9.00	0.80	7.20	1.43	0.356
Quetzaltenango	10.90	0.80	8.72	1.43	0.522
Quiché	10.00	0.80	8.00	1.43	0.439
Retalhuleu	6.00	0.80	4.80	1.43	0.158
San Marcos	5.00	0.80	4.00	1.43	0.110
Santa Rosa	3.00	0.80	2.40	1.43	0.040
Sololá	15.60	0.80	12.48	1.43	1.069
Zacapa	9.30	0.80	7.44	1.43	0.380

$$\text{Presión de viento} = 0.0048 * C_d * V_d^2$$

Donde:

Cd Coeficiente de empuje = factor de empuje (0.75) + factor de succión (0.68).

Vd Velocidad de diseño.

Vb Velocidad de viento en la base.

k Coeficiente que depende de la velocidad y la altura del edificio = 0.80 según el RDF-76.

Vd = k * Vb para alturas iguales o menores a 10 metros.

Las velocidades de viento que aparecen en la tabla son las máximas registradas en cada región de 1990 – 2003 según datos proporcionados por el INSIVUMEH, con excepción del departamento de Guatemala, debido a que se tomó el dato registrado en marzo de 1980 en la estación central.

Fuente: AGIES NR2.

Anexo 2. Resultado ensayo Límites de Atterberg



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 0253 S.S.

O.T.: 31,114

Interesado: Mario David Contreras Mérida

Proyecto: EPS "Diseño de Centro de Estudios Superiores, Casco Urbano, Santa Catarina Mita, Jutiapa."

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Santa Catarina Mita, Jutiapa

FECHA: 01 de abril del 2013

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	82.6	45.2	MH	Limo Arcilloso de Alta Plasticidad Color Café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo 3. Resultado ensayo de análisis granulométrico



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 0254 S.S.

O.T. No. 31,114

Interesado: Mario David Contreras Mèrida

Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.

Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11

Proyecto: EPS "Diseño de Centro de Estudios Superiores, Casco Urbano, Santa Catarina Mita, Jut

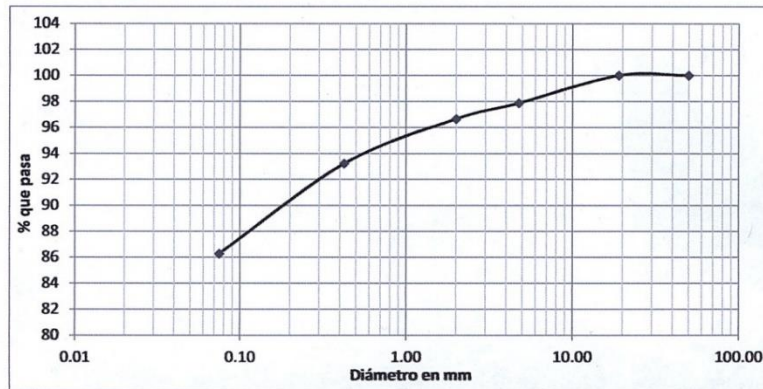
Ubicación: Santa Catarina Mita, Jutiapa

Fecha: 01 de abril del 2013

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.00	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.75	97.87
10	2.00	96.65
40	0.43	93.22
200	0.075	86.27

% de Grava: 2.13
% de Arena: 11.59
% de finos: 86.27

D 10: *
D 30: *
D 60: *



Descripción del suelo: Limo Arcilloso de Alta plasticidad color café

Clasificación: S.C.U.: MH P.R.A.: A-7-5

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



Anexo 4. Resultado de ensayo de compresión triaxial

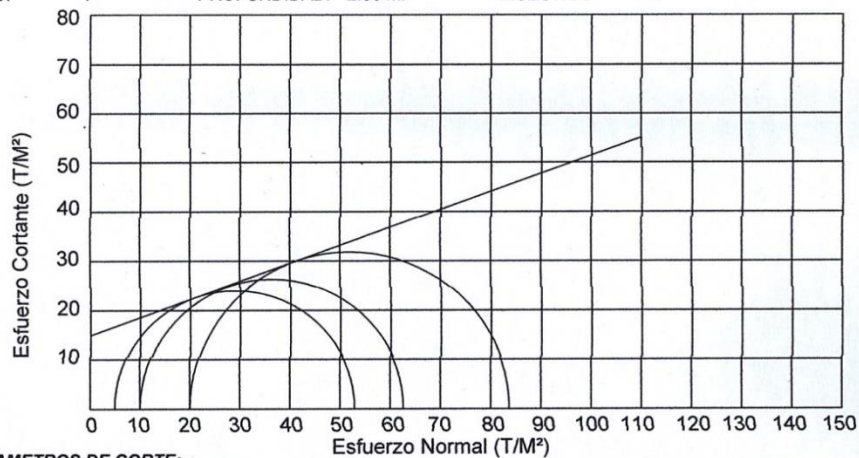


CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0252 S.S. O.T.: 31,114
 INTERESADO: Mario David Contreras Mérida
 PROYECTO: EPS "Diseño de Centro de Estudios Superiores, Casco Urbano, Santa Catarina Mita, Jutiapa"
 UBICACIÓN: Santa Catarina Mita, Jutiapa
 FECHA: 01 de abril del 2013
 POZO: 1 PROFUNDIDAD: 2.00 m. MUESTRA: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 20.01^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 14.48 \text{ Ton/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo Arcilloso Color Café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	28.90	36.31	51.83
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA E_r (%)	2.0	2.5	3.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.50	1.50	1.50
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.85	1.85	1.85
HUMEDAD (%H)	23.50	23.50	23.50

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Magrino Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio 5 Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-116, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: CII/USAC.

Anexo 5. Examen bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



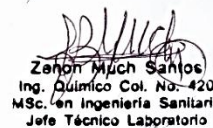




EXAMEN BACTERIOLOGICO			
O.T. No. 33 844		Nº. 3304 4358695	
INTERESADO	RUBENY DANIEL GARCIA CAMPOS. (CARNÉ No. 200722085)	PROYECTO:	EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ROBLAR "SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA"
MUESTRA RECOLECTADA POR	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERIA/USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DELA MUESTRA:	Aldea El Roblar	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2014-10-05; 16 h00 min.
FUENTE:	Pozo	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2014-10-06; 10 h55 min.
MUNICIPIO:	Santa Catarina Mita	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeracion
DEPARTAMENTO:	Jutiapa		
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Lig. cantidad
ASPECTO:	Clara	CLORO RESIDUAL	---
OLOR:	Inodora		
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)			
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
01,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
00,10 cm ³	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		≥ 1,600	> 1,600
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21 TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.			
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NTG 29 001.			
Guatemala, 2014-10-16	 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	 Zenon Much Santos Ing. Químico Col. No. 420 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA LABORATORIO UNIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA DRA. ALBA TABARINI MOLINA USAC GUATEMALA
Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC			

FACULTAD DE INGENIERIA -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>

Fuente: CII/USAC.

Anexo 6. Examen físico químico sanitario

O.T. No. 33 844		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 25 877	
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA					
INTERESADO: RUBENY DANIEL GARCÍA CAMPOS, (CARNÉ No. 200722085)		PROYECTO: EPS: " DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA EL ROBLAR, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA "			
RECOLECTADA POR: Interesado		DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: Aldea El Roblar		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2014-10-05; 16 h 00 min.			
FUENTE: Pozo		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2014-10-06; 10 h 55 min.			
MUNICIPIO: Santa Catarina Mita		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Con refrigeración			
DEPARTAMENTO: Jutiapa					
RESULTADOS					
1. ASPECTO: Clara		4. OLOR: Inodora		7. TEMPERATURA: --° C (En el momento de recolección)	
2. COLOR: 09,00 Unidades		5. SABOR: -----		8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA 679,00 µmhos/cm	
3. TURBIEDAD: 01,57 UNT		6 potencial de Hidrógeno (pH): 06,85 unidades			
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,05	6. CLORUROS (Cl ⁻)	82,00	11. SOLIDOS TOTALES	388,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,000	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,28	12. SOLIDOS VOLÁTILES	14,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	22,60	8. SULFATOS (SO ₄ ⁻²)	34,00	13. SOLIDOS FIJOS	374,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,02	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	06,00
5. MANGANESO (Mn)	0,027	10. DUREZA TOTAL	194,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	360,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	234,00	234,00		
OTRAS DETERMINACIONES _____					
OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario, COLOR, DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29 001.					
TÉCNICA: "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A.- W.E.F. 11 th EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.					
Guatemala, 2014-10-16					
 Vo.Bo. Inga. Telma Maricela Cano Morales DIRECTORA CII/USAC		 Zenon Múch Santos Ing. Químico Col. No. 420 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio			
					
FACULTAD DE INGENIERÍA —USAC— Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cii.usac.edu.gt					

Fuente: CII/USAC