



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE
LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA
ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio

Asesorado por el Ing. Angel Roberto Sic García

Guatemala, julio de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE
LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA
ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CAROLINA ELIZABETH CHINCHILLA OSORIO
ASESORADO POR EL ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

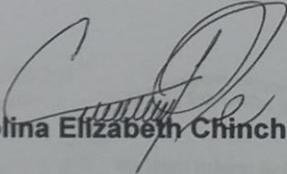
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 22 de octubre de 2012.


Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 7 de octubre de 2015
Ref.EPS.DOC.693.10.15

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.), de la estudiante universitaria **Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio** con carné No. **200313242**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo
ARSG/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
21 de octubre 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 AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio, con Carnet No.2003-13242 , quien contó con la asesoría del Ing. Angel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAR A TODOS



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

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

/mrrm.

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
26 de febrero de 2016

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

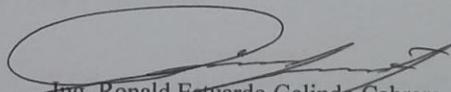
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio, con Carnet No.200313242 , quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

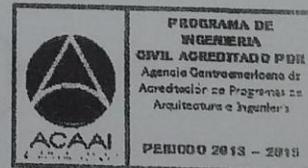

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 02 de marzo de 2016
Ref.EPS.D.115.02.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

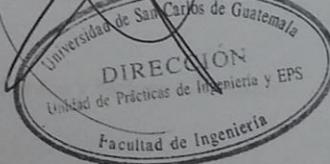
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio, carné 200313242**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12

Teléfono directo: 2442-3509



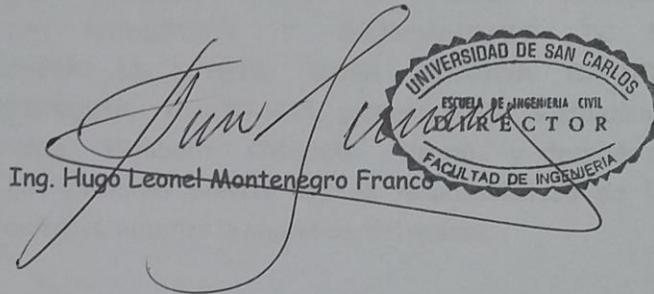
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación de la estudiante Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

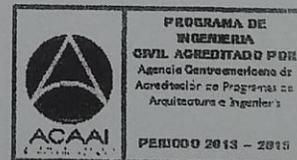

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, julio 2016.

/mrrm.

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



Universidad de San Carlos
de Guatemala

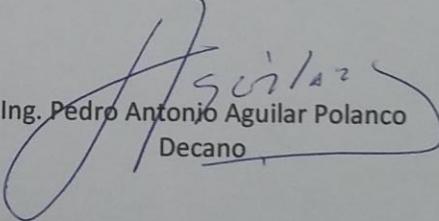


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 337.2016

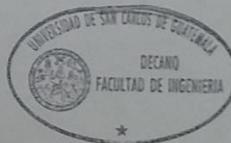
El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE Y DE LA AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria: **Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, julio de 2016

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiar mi camino y darme las fuerzas para seguir adelante.
Mi padre	Por el apoyo y la confianza puesta en mí.
Mi madre	Por su amor y apoyo incondicional.
Mi hijo	Mario Alejandro Rodríguez Chinchilla, por ser el motor de mi vida.
Mis tíos	Por su apoyo, en especial a mi tía Berta Carolina Chinchilla (q. e. p. d.), por haber estado siempre a mi lado.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por haberme permitido forjar la meta alcanzada.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ayudarme a cumplir mi meta propuesta.
Mis hermanos	Álvaro y Ricardo Chinchilla Osorio, por el apoyo que me han brindado siempre.
Mis amigos	Especialmente a Axel Castellanos y Douglas Montenegro, por su apoyo.
Mario Alexander Rodríguez (q.e.d.p.)	Gracias por el amor y los sueños compartidos.
Mi asesor	Ing. Angel Roberto Sic García, por su ayuda durante el desarrollo de mi EPS.
Municipalidad de San Juan Sacatepéquez	Por permitirme realizar mi EPS en esta institución y así poder realizarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MONOGRAFÍA.....	1
1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.1. Vías de acceso	2
1.1.1.1. Medios de transporte	2
1.1.1.2. Infraestructura	3
1.1.1.3. Centros educativos.....	3
1.1.2. Población.....	3
1.1.3. Actividades económicas	3
1.1.4. Clima	4
1.2. Descripción de las necesidades	4
1.2.1. Agua potable.....	4
1.2.2. Drenajes	5
1.2.3. Principales necesidades del municipio	5
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA	7
2.1. Descripción del proyecto	7

2.2.	Fuentes de abastecimiento de agua	8
2.3.	Caudal de aforo.....	8
2.4.	Análisis de calidad de agua.....	8
2.4.1.	Criterios y normas de calidad del agua	8
2.4.2.	Examen bacteriológico	9
2.4.3.	Examen fisicoquímico	9
2.5.	Levantamiento topográfico	10
2.5.1.	Planimetría	10
2.5.2.	Altimetría	10
2.6.	Factores de diseño.....	11
2.7.	Tasa de crecimiento	12
2.7.1.	Población futura y actual	12
2.7.2.	Período de diseño	13
2.8.	Caudal de diseño	13
2.8.1.	Dotación	13
2.8.2.	Caudal medio diario	13
2.8.3.	Factor de día máximo (FDM).....	14
2.8.4.	Factor de hora máximo (FHM)	14
2.8.5.	Caudal máximo diario.....	15
2.8.6.	Caudal de bombeo	16
2.8.7.	Caudal máximo horario	16
2.9.	Diseño hidráulico.....	17
2.9.1.	Captación	17
2.9.2.	Línea de conducción por bombeo	17
2.9.2.1.	Determinación del diámetro económico.....	18
2.9.2.2.	Selección de la clase de tubería	20
2.9.2.2.1.	Verificación del golpe de ariete	20

	2.9.2.2.2.	Potencia de la bomba	21
2.9.3.		Tanque de almacenamiento	22
	2.9.3.1.	Determinación del volumen del tanque	23
	2.9.3.2.	Análisis del diseño del tanque de distribución	23
2.9.4.		Red de distribución	44
2.10.		Obras hidráulicas y otros detalles	49
	2.10.1.	Caja rompedora	49
	2.10.2.	Válvula de limpieza	49
	2.10.3.	Válvula de aire	50
	2.10.4.	Válvula de compuerta	50
2.11.		Desinfección del agua	50
	2.11.1.	Dosificación del cloro	50
2.12.		Programa de operación y mantenimiento	53
2.13.		Presupuesto del sistema de agua potable para la aldea Estancia Grande	54
2.14.		Propuesta de tarifa	55
	2.14.1.	Tarifa adoptada	59
2.15.		Cronograma de actividades	60
2.16.		Evaluación socioeconómica	61
	2.16.1.	Valor presente neto	61
	2.16.2.	Tasa interna de retorno	63
3.		AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA	65
3.1.		Descripción del proyecto	65
	3.1.1.	Antecedentes	65

3.1.2.	Reconocimiento del lugar	66
3.1.3.	Terreno disponible.....	67
3.1.3.1.	Topografía del terreno.....	67
3.1.4.	Análisis de suelos.....	67
3.1.4.1.	Ensayo compresión triaxial	67
3.1.5.	Normas y códigos a utilizar	69
3.1.5.1.	Criterios generales	69
3.1.5.2.	Criterios de conjunto	69
3.1.5.3.	Criterios de iluminación	70
3.1.5.4.	Otros criterios	71
3.1.5.5.	Instalaciones	71
3.1.5.6.	Aula teórica	72
3.1.6.	Diseño arquitectónico	72
3.1.6.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	73
3.1.6.2.	Altura del edificio	73
3.1.6.3.	Selección del sistema estructural a utilizar.....	73
3.2.	Análisis estructural	74
3.2.1.	Predimensionamiento estructural	74
3.2.1.1.	Vigas	74
3.2.1.2.	Columnas	76
3.2.1.2.1.	Carga axial.....	76
3.2.1.3.	Losa	78
3.2.1.4.	Cimientos	78
3.2.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles.....	80
3.2.3.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	80
3.2.3.1.	Cargas horizontales en marcos dúctiles	80
3.2.3.2.	Método SEAOC.....	81

	3.2.3.3.	Cargas verticales en marcos dúctiles	83
	3.2.4.	Análisis de fuerzas por marco.....	86
3.3.		Análisis de marcos por un método de análisis estructural (método de Kani)	92
	3.3.1.	Resumen general del método de Kani.....	92
	3.3.2.	Análisis por medio del método de Kani–carga muerta-marco típico.....	94
	3.3.3.	Envolvente de momentos	103
	3.3.4.	Diagrama de corte en marcos dúctiles	104
3.4.		Dimensionamiento estructural	105
	3.4.1.	Diseño de losa.....	106
	3.4.2.	Losas nivel 2.....	114
	3.4.3.	Diseño de vigas	114
	3.4.4.	Diseño de columnas	118
	3.4.5.	Diseño de zapata.....	129
3.5.		Diseño de gradas	134
3.6.		Instalaciones.....	138
	3.6.1.	Instalaciones eléctricas.....	138
	3.6.2.	Instalaciones pluviales.....	141
3.7.		Mejoramiento de escuela.....	143
	3.7.1.	Muro de contención	143
	3.7.2.	Muro de gravedad.....	144
	3.7.3.	Consideraciones para el diseño del muro.....	144
	3.7.4.	Diseño de muro de contención de gravedad	145
3.8.		Resumen del presupuesto de la ampliación y mejoramiento de la escuela del caserío La Fuente	148
3.9.		Cronograma de actividades.....	149
3.10.		Evaluación de impacto ambiental	149

CONCLUSIONES..... 153
RECOMENDACIONES 155
BIBLIOGRAFÍA..... 157
APÉNDICES..... 159

ÍNDICE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de San Juan Sacatepéquez.....	1
2.	Dimensiones de losa	24
3.	Cálculo de momentos, caso 6	26
4.	Diagrama de momentos	27
5.	Diseño de viga	30
6.	Dimensiones de viga.....	31
7.	Dimensiones de momentos.....	32
8.	Detalle de armado de viga	36
9.	Sección viga A-A' y B-B'	36
10.	Diagrama de cuerpo libre de las presiones	37
11.	Diagrama de presiones bajo la base del muro	40
12.	Planta del ramal 2A de E-34 a E-15.....	46
13.	Gráfica de hipoclorador automático.....	52
14.	Cronograma de actividades	60
15.	Ubicación del caserío La Fuente.....	66
16.	Factores para capacidad de carga para la aplicación de la teoría de Terzaghi	68
17.	Área tributaria para columna	76
18.	Área tributaria y perímetro.....	79
19.	Elevación marco típico, sentido Y	79
20.	Elevación marco típico, sentido X	80
21.	Cargas actuantes en el marco típico	87
22.	Cargas actuantes en el eje B	89

23.	Momentos producidos por carga muerta	91
24.	Solución de marco típico por medio del método de Kani con carga muerta.....	98
25.	Solución de marco típico por medio del método de Kani con carga viva	100
26.	Momentos producidos por carga muerta. (Ton-m) – columnas y vigas	102
27.	Momentos producidos por carga viva. (Ton-m) – columnas y vigas	102
28.	Momentos producidos por carga sísmica. (Ton-m) – columnas y vigas	103
29.	Diagrama de momentos últimos (Ton-m) vigas y columnas	104
30.	Cargas actuante en viga	105
31.	Diagrama de cortes últimos (Ton) eje X en vigas y columnas	105
32.	Dimensiones de losas.....	106
33.	Planta de momentos en losas típicas – nivel 1, sentido Y	109
34.	Planta de momentos en losas típicas – nivel 1, sentido X	109
35.	Planta de momentos balanceados en losas típicas – nivel 1, sentido Y	110
36.	Planta de momentos balanceados en losas típicas – nivel 1, sentido X	111
37.	Sección de columna.....	124
38.	Diagrama de iteración para columnas	125
39.	Diagrama de muro de contención	146
40.	Cronograma de actividades	149

TABLAS

I.	Cálculo del área de acero para los diferentes momentos.....	29
----	---	----

II.	Distribución de momentos respecto del punto A	39
III.	Modelos de hipoclorador automático PPG	51
IV.	Renglones de trabajo	55
V.	Altura o espesores mínimos de vigas	75
VI.	Integración de cargas.....	77
VII.	Integración de cargas sentido X-X	89
VIII.	Integración de cargas sentido Y-Y	91
IX.	Inercia y rigidez de los elementos	95
X.	Factores de giro	97
XI.	Momentos finales I	99
XII.	Momentos positivos se encuentran I.....	99
XIII.	Momentos finales II	101
XIV.	Momentos positivos se encuentran II.....	101
XV.	Cálculo de carga muerta	107
XVI.	Niveles de iluminación	139
XVII.	Resumen de presupuesto	148

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada cierta distancia
hn	Altura de alma
b	Ancho del elemento en sección
A	Área
As	Área de acero de refuerzo
As _{max}	Área de acero máximo
As _{min}	Área de acero mínimo
As _{temp}	Área de acero por temperatura
Ag	Área gruesa, área total de la sección
Av	Área transversal de varilla
Az	Área zapata
P	Carga aplicada a la columna
P'o	Carga axial de resistencia de la columna
Pu	Carga axial última
P _{CR}	Carga crítica de pandeo de Euler
Qp	Carga de punta de pilote
P'ux	Carga de resistencia de columna a una excentricidad ex.
P'uy	Carga de resistencia de columna a una excentricidad ey.
P'u	Carga de resistencia de la columna
P't	Carga de trabajo actuando en la columna
CM	Carga muerta

Qs	Carga por fricción del pilote
CU	Carga última
CV	Carga viva
cm	Centímetro
n	Coefficiente de rugosidad
c	Coefficiente para el cálculo de momentos en losas
V_{max}	Corte máximo actuante
D	Diámetro de la tubería
a	Distancia a la que se intercepta la resultante de la carga con la base del estribo.
di	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado.
E	Esbeltez de la columna
V_s	Esfuerzo
V_a	Esfuerzo actuante
q'	Esfuerzo efectivo
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
t	Espesor de losa
Fcu	Factor de carga última
f_{qm}	Factor de caudal medio
FH	Factor de Harmond
φ	Factor de reducción
Fni	Fuerza por nivel, en el nivel i
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
lb	Libras
l/h/d	Litros por habitante por día
l/m	Litros por minuto
l/s	Litros por segundo

Lo	Longitud de confinamiento de estribos
δ	Magnificador de momentos
PVC	Material a base de cloruro de polivinilo
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m	Metro lineal
m/s	Metros por segundo
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
E	Módulo de elasticidad del material
M	Momento
Mb	Momento balanceado
Md	Momento de diseño (magnificado)
M't	Momento efectivo de trabajo
MCM	Momento inducido por la carga muerta
MCV	Momento inducido por la carga viva
MS	Momento inducido por la fuerza sísmica
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
Mx	Momento último actuando en el sentido X
My	Momento último actuando en el sentido Y
d	Peralte efectivo del elemento en sección
γ	Peso específico del concreto
π	Pi equivalente a 3,1416
q	Presión sobre el suelo
q_u	Presión última sobre el suelo
T	Tonelada
T/m²	Tonelada por metro cuadrado

rec	Recubrimiento
m	Relación entre los claros de la losa a/b
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
fy	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
Vr	Resistencia al esfuerzo cortante del concreto
Ki	Rigidez de un elemento
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

ACI 318S-08	Instituto Americano del Concreto (por sus siglas en inglés). Comité 318: Reglamento Estructural para Edificaciones. Edición en español; 2008.
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (por sus siglas en inglés).
Acero mínimo	Cantidad de acero necesaria para resistir esfuerzos inducidos en los elementos estructurales, evitando grietas, expansión o contracción por temperatura en el concreto.
Aforo	Operación que consiste en medir un caudal de agua; es la producción de una fuente expresada en litros por segundo.
Agua potable	Es el agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos. Agua sanitariamente segura, además de ser inodora, incolora e insípida.
Azimut	Ángulo horizontal referido desde el norte magnético o verdadero determinado astronómicamente; su rango varía de 0° a 360°.

Banco de marca	Punto de altimetría cuya altura o cota es conocida y se utilizará para determinar alturas o cotas siguientes.
Bases de diseño	Bases técnicas utilizadas para la creación de los proyectos, varían de acuerdo con el tipo de proyecto.
Carga dinámica	También llamada carga hidráulica o presión dinámica. Es la altura que alcanzaría el agua a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión.
Carga estática	También llamada presión estática; es la distancia vertical que existe entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento a la caja rompedor o tanque de distribución, el punto de descarga libre se mide en metros columna de agua (mca).
Carga muerta	Peso constante soportado por un elemento estructural durante su vida útil, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el uso previsto para la estructura, usuarios, muebles, maquinaria móvil, entre otros; soportado por el elemento.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que fluye dentro de una tubería, en un determinado punto de observación durante un instante.
Cimiento corrido	Estructura que sirve de apoyo para muros; transmite estas cargas a las zapatas.

Columna	Elemento estructural capaz de resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Consumo	Cantidad de agua real que utiliza una persona.
Columna esbelta	Columna que además de resistir carga axial, también resiste esfuerzos flexionantes debido a la longitud del elemento en relación con su sección transversal.
Compactación	Procedimiento que consiste en aplicar energía al suelo suelto para consolidarlo y eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y su capacidad de soportar cargas.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado, banco de marca o nivel del mar.
Cota piezométrica	Máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea de conducción o distribución.
DDE	Dirección Departamental de Educación.
Dotación	Cantidad de agua necesaria para consumo, requerida por una persona en un día.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.

Especificaciones	Normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo con las características y tipo de proyecto; son de carácter específico, bajo estándares de calidad y seguridad.
Excentricidad	Se produce cuando el centro de masa no coincide con el centro de gravedad, produciendo de esta manera esfuerzos adicionales por torsión.
Fluencia	Capacidad del acero de resistir esfuerzos debido a cargas de tensión o compresión, presentando deformaciones uniformes para luego regresar a su estado original luego de la aplicación de carga.
Infom	Instituto de Fomento Municipal.
Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Perfil	Visualización en plano de la superficie de la tierra, según su latitud y altura, referidas a banco de marca.
Presión	Es la fuerza ejercida sobre un área determinada.
SEAOC	<i>Structural Engineers Association of California</i> , (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).

Solera	Elemento estructural horizontal, que sirve para darle mayor resistencia a un muro, además de resistir los esfuerzos inducidos en este.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.
Zapata	Estructura cuya función es transmitir la carga al subsuelo, a una presión de acuerdo con las propiedades del suelo.

RESUMEN

Para la aldea Estancia Grande se presenta el diseño de un sistema de agua potable combinado, ya que la línea de conducción es alimentada por medio de un pozo, por lo cual se hará por medio de un sistema de bombeo y la red de distribución se hará por medio de gravedad.

En el proyecto del caserío La Fuente, el cual forma parte de la aldea Estancia Grande, se presenta una ampliación y mejoramiento de la escuela que se encuentra dentro del caserío. Estará conformada por el diseño de cuatro aulas de 48,80 m² cada una, un módulo de gradas y un muro de contención de 17 ml.

El proyecto se diseñó tomando en cuenta las consideraciones sísmicas, por tanto se utilizaron en cuenta las normas del ACI y del AGIES, para el diseño de losas, vigas, columnas, zapatas y el módulo de gradas.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de agua potable para la aldea Estancia Grande y la ampliación y el mejoramiento de la escuela del caserío La Fuente, aldea Estancia Grande.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de San Juan Sacatepéquez.
2. Efectuar los cálculos y determinar los costos del sistema de agua potable para la aldea Estancia Grande.
3. Determinar los costos y elaborar el diseño de la escuela del caserío La Fuente, aldea Estancia Grande.
4. Capacitar a los habitantes de las comunidades beneficiadas sobre los aspectos de operación y mantenimiento de los sistemas hidráulicos.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto es el informe final del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), para el efecto se realizó un estudio de necesidades que presentan las diferentes comunidades que integran el municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala.

Durante el estudio se observaron varias carencias en el municipio de San Juan Sacatepéquez, por lo cual se decidió dar prioridad a las siguientes: el diseño de un sistema de agua potable para la aldea Estancia Grande y la ampliación y mejoramiento de la escuela para el caserío La Fuente, aldea Estancia Grande del municipio de San Juan Sacatepéquez.

En ambos proyectos se describe la metodología, los criterios y las normas de diseño a utilizar.

1. MONOGRAFÍA

Se describen las diferentes características de la aldea Estancia Grande del municipio de San Juan Sacatepéquez, abarcando desde su historia hasta las carencias en sus necesidades básicas.

1.1. Ubicación y localización

La aldea Estancia Grande está ubicada en el municipio de San Juan Sacatepéquez, en la microrregión 4. Colinda al norte con el caserío San Francisco Las Lomas; al sur con la aldea Suacité y caserío los Guates; al este con el caserío La Palmas y al oeste con el caserío San Matías y Patanil. La aldea Estancia Grande está situada a 30 kilómetros del centro de San Juan Sacatepéquez. Sus coordenadas son 14° 50' 32"N, 90° 36' 3,28"O. La topografía es quebrada, cuenta con áreas verdes. Su elevación sobre el mar es de 1 016 metros.

Figura 1. **Ubicación de San Juan Sacatepéquez**



Fuente: Municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

1.1.1. **Vías de acceso**

La aldea Estancia Grande tiene como principal vía la carretera C-5 que comunica con el municipio de Granados del departamento de Baja Verapaz, ya que dicha carretera atraviesa la aldea.

1.1.1.1. **Medios de transporte**

El transporte extraurbano que parte del centro del municipio de San Juan Sacatepéquez, corresponde a automóviles y motocicletas.

1.1.1.2. Infraestructura

La mayoría de casas están fabricadas de adobe, bambú y techo de lámina; también las hay de *block* y concreto, que únicamente cuentan con letrina, ya que no existe un sistema de alcantarillado sanitario.

1.1.1.3. Centros educativos

En la aldea Estancia Grande se encuentra la “Escuela Oficial Rural Mixta Estancia Grande” la cual atiende el nivel primario y preprimario y un instituto.

1.1.2. Población

La aldea Estancia Grande cuenta con 1 940 habitantes.

Actualmente existe conflicto social entre los representantes del Cocode y Común Indígena con un grupo de vecinos por la apropiación de tierras.

1.1.3. Actividades económicas

El nivel de producción de la aldea es de autosostenimiento, es decir, lo que cultivan es para el consumo familiar. Entre los productos que cultivan están el maíz y maicillo; estos se dan únicamente en la época de invierno. El resto de la población se dedica a la albañilería.

No cuentan con programas productivos que puedan ayudar a sustentar la economía familiar.

1.1.4. Clima

Por sus características presenta un clima caluroso con dos estaciones bien marcadas: invierno y verano; las temperaturas oscilan entre 15 °C a 27 °C bajo condiciones atmosféricas normales.

Según información de la Estación Suiza Contenta del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), estación meteorológica más cercana a la aldea, con base en datos de los últimos 15 años, se muestran los siguientes aspectos sobre el clima:

- El patrón de lluvia varía entre 472,3 y 1 761,0 milímetros anuales.
- La temperatura media varía entre 12 y 23 °C. La temperatura máxima promedio es de 29 °C y la mínima promedio, 1,6 °C. La temperatura máxima absoluta es 29 °C y la mínima absoluta es -5,0 °C.
- La humedad relativa media varía entre 60 % y 90 %. La humedad relativa máxima es 99 % y la mínima es 40 %.
- La nubosidad varía entre 3 y 8 octas.
- La velocidad del viento varía entre 1, 2 y 9,1 kilómetros/hora.

1.2. Descripción de las necesidades

A continuación se describen las principales necesidades que tienen los pobladores del municipio de la aldea Estancia Grande.

1.2.1. Agua potable

La aldea Estancia Grande carece de un servicio de agua potable, contando únicamente con un pozo mecánico y una red de distribución que

debido al abandono no es funcional. Los habitantes de la aldea se abastecen del vital líquido por medio de pozos artesanales y agua de río.

1.2.2. Drenajes

Las familias de la aldea utilizan únicamente letrinas, ya que la comunidad no cuenta con un drenaje sanitario.

1.2.3. Principales necesidades del municipio

Según priorización de los habitantes de la aldea Estancia Grande, los proyectos son los siguientes:

- Sistema de abastecimiento de agua potable
- Construcción de 6 aulas
- Sistema de drenaje
- Equipamiento del área de salud

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Estancia Grande, ubicado en el departamento de San Juan Sacatepéquez. Este sistema será combinado, ya que la conducción se realizará por medio de bombeo y la distribución será por gravedad.

El sistema de abastecimiento tendrá una longitud de 10 238,00 metros lineales; la captación de agua se realizará por medio de un pozo existente que es capaz de proporcionar un caudal de 6,28 litros por segundo. El agua será extraída por medio de una bomba, la cual impulsará el agua hacia el tanque de almacenamiento de 85 m³, el cual será de concreto ciclópeo protegido con una losa de concreto reforzado. En la conducción se utilizará tubería de PVC y en la distribución tubería de HG y PVC.

La población a la cual se beneficiará será de 388 familias, las cuales cuentan con 5 habitantes; esto da por resultado una población actual de 1 940 habitantes; el sistema de abastecimiento tendrá un periodo de diseño de 22 años, con una tasa de crecimiento poblacional proporcionada por la municipalidad de San Juan Sacatepéquez de 3,28 %, y una dotación de 70 litro/hab/día.

2.2. Fuentes de abastecimiento de agua

Para dotar de agua potable a la aldea Estancia Grande, se hará uso del pozo mecánico que fue perforado en la comunidad.

El pozo mecánico tiene una profundidad de 800 pies, entubado con tubería de 12 pulgadas de diámetro en acero.

2.3. Caudal de aforo

El aforo de la fuente de agua es la medición del caudal. Para el diseño de un sistema de agua potable, el aforo es una de las partes más importantes, ya que este indicará si la fuente de agua es suficiente para abastecer a toda la población.

Los aforos se deben de realizar en época seca o de estiaje. El aforo que se obtuvo del pozo mecánico fue de 99 galones por minuto, equivalente a 6,28 l/s.

2.4. Análisis de calidad de agua

Se realizaron varios análisis para verificar la calidad del agua potable que existe en la aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

2.4.1. Criterios y normas de calidad del agua

La calidad del agua varía en razón del lugar, la estación del año, uso de la tierra, el clima y de las diferentes clases de roca del suelo que el agua remueve. La calidad del agua se exige de acuerdo con el uso que se le

asignará; en este caso, como es para consumo humano, deberá ser sanitariamente segura. Es por esto que deberá cumplir con las normas de calidad fisicoquímicas y bacteriológicas, lo cual es demostrado en los análisis realizados en el laboratorio, como lo establece el artículo 88 del Código de Salud. La calidad del agua deberá estar bajo la normas Coguanor NGO 29001, mientras que el muestreo para los mismos debe de realizarse bajo las especificaciones de la Coguanor NGO 29002 h18 y h19.

El estudio de la calidad del agua encontrada en el pozo perforado se realizó en el Centro de Investigaciones de Ingeniería.

2.4.2. Examen bacteriológico

El objetivo principal de este examen es indicar el grado de contaminación bacteriana que tiene el agua, principalmente con materia fecal.

Según los resultados del examen bacteriológico, el agua no es potable, según la norma Coguanor NGO 29001 (ver resultados en el anexo), por lo que necesita de un proceso de desinfección para que sea apta para el consumo humano.

2.4.3. Examen fisicoquímico

El principal propósito de éste examen es medir y registrar aquellas propiedades que pueden ser captadas por los sentidos; entre estas están el olor, color, turbiedad, sabor y temperatura. El análisis fisicoquímico sanitario demostró que el agua se encuentra dentro de los límites máximos aceptables, según norma Coguanor NGO 29001.

2.5. Levantamiento topográfico

Para el levantamiento topográfico se utilizó topografía de segundo orden.

2.5.1. Planimetría

Es la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario, que es la superficie media de la tierra y el cual toma como punto de referencia para su orientación.

Se ejecutó como una poligonal abierta, para lo cual se utilizó el método de conservación de azimut. Se procedió a levantar el eje central y las intersecciones secundarias por los sectores de interés, tomando lecturas a distancias visibles y en puntos estratégicos que servirán para la proyección futura del diseño del sistema de agua potable.

Para este levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito mecánico
- Un estadal
- Una cinta métrica de 100 metros
- Dos plomadas
- Trompos de madera
- Clavos

2.5.2. Altimetría

El nivel de un punto es su distancia vertical por encima o debajo de un plano dado. La nivelación es el proceso por el que se determinan las diferencias

de nivel entre dos o más puntos.

La nivelación se realizó por medio del método de taquimetría (lectura de hilos) por medio del teodolito.

El levantamiento altimétrico debe ser preciso, y la nivelación debe ser realizada sobre el eje de las calles. Se toman elevaciones en las siguientes situaciones:

- En todos los cruces de calles.
- A distancias no mayores de 100 metros.
- De todos los puntos en que haya cambio de dirección.
- De todos los puntos en que haya cambios de pendiente del terreno.
- De todos los lechos de quebradas, puntos salientes del terreno y depresiones.

2.6. Factores de diseño

Entre estos factores se encuentran los censos que se deben de realizar a la población, donde se especifique el número de habitantes total y por vivienda.

Las normas Infom-Unepar establecen para los efectos de la normativa lo siguiente:

- Obras civiles: 20 años
- Equipos mecánicos: 5 a 10 años
- En casos especiales se considerará un proyecto por etapas
- Considerar un tiempo de gestión aproximado de 2 años

2.7. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento que se aplicó para la aldea Estancia Grande, fue la tasa de crecimiento municipal que es de 3,28 %.

2.7.1. Población futura y actual

Para obtener la información del crecimiento de la población existen métodos puramente matemáticos entre los que se encuentran: el geométrico, aritmético y exponencial.

En este caso se utiliza el método geométrico, ya que es práctico y apropiado para las poblaciones en vías de desarrollo.

Se calcula la población futura o de diseño con la siguiente fórmula:

$$P_f = P_a * (1 + r)^n$$

Donde

P_f = población futura [habitantes]

P_a = población actual 1 940 habitantes

r = tasa de crecimiento 3,28 %

n = período de diseño 22 años

La población futura para 22 años es:

$$P_f = 1\,940 * (1 + 0,0328)^{22} = 3\,947 \text{ habitantes}$$

2.7.2. Período de diseño

Consiste en el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio satisfactorio a la población. Para determinarlo se consideran dos aspectos principales: la durabilidad de los materiales y su capacidad para prestar un buen servicio según las condiciones previstas.

2.8. Caudal de diseño

Los caudales de diseño se determinarán para calcular los diámetros que serán utilizados en la línea de conducción y la red de distribución.

2.8.1. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario para satisfacer sus necesidades. Se expresa en litros por habitante por día. El consumo de agua está en función de una serie de factores que son: el clima, nivel de vida, costumbres de la región, servicios comunales, entre otros.

Para fines del sistema se utilizó una dotación de 70 l/h/d, debido a la disponibilidad de agua del pozo.

2.8.2. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua que consume una población en un día. Se obtiene del promedio de consumos diarios durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumo diario, se puede calcular en función de la población futura y de la dotación que fue asignada.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$QM = \frac{(P_f * Dot)}{86\ 400}$$

Donde

QM = caudal medio diario

P_f = población futura

Dot = dotación

Entonces

$$QM = \frac{(3\ 947 * 70)}{86\ 400} = 3,20\ l/s$$

2.8.3. Factor de día máximo (FDM)

Este factor es un incremento porcentual, el cual está en función de la población a servir:

- Poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes: 1,5
- Poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes: 1,2

Para este diseño en particular se utilizó un factor de día máximo de 1,20.

2.8.4. Factor de hora máximo (FHM)

Este factor es un incremento porcentual que está en función del tamaño de la población de la siguiente forma:

- Poblaciones menores de 1 000 habitantes: 3,0
- Poblaciones mayores de 1 000 habitantes: 2,0

Para este diseño se utilizará un factor de hora máxima de 2,0, debido a que el tamaño de la población es mayor de 1 000 habitantes.

2.8.5. Caudal máximo diario

Es el caudal que satisface la demanda del día de mayor consumo. Este caudal se ve afectado por el factor de día máximo, y el valor obtenido es utilizado para el diseño de la línea de conducción.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_{md} = FDM * Q_m$$

Donde

Q_{md} = caudal máximo diario

FDM = factor de día máximo

Q_m = caudal medio

Entonces

$$Q_{md} = 1,2 * 3,20 = 3,84 \text{ l/s}$$

2.8.6. Caudal de bombeo

El caudal de bombeo se calcula de la siguiente forma:

$$Q_b = \frac{Q_{md} * (24)}{N}$$

Donde

Q_b = caudal de bombeo [litros por segundo]

Q_{md} = caudal máximo diario [litros por segundo]

N = número de horas de bombeo

Entonces

$$Q_b = \frac{3,84 * (24)}{12} = 7,68 \text{ l/s}$$

2.8.7. Caudal máximo horario

Este caudal se considera como el valor máximo de consumo de agua en una hora. Este se ve afectado por el factor de hora máximo y el valor obtenido es utilizado para el diseño de la red de distribución.

Se calcula según la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = FHM * Q_m$$

Donde

Q_{mh} = caudal máximo horario

FHM = factor de hora máximo

Q_m = caudal medio

Entonces

$$Q_{mh} = 2,0 * 3,20 = 6,40 \text{ l/s}$$

2.9. Diseño hidráulico

Se determina el tipo de red, los componentes del sistema, así como el dimensionamiento de las tuberías que conforman la red.

2.9.1. Captación

Esta obra sirve para recolectar el agua proveniente de fuentes o nacimientos. Debido a que la comunidad no cuenta con ningún nacimiento, la captación del agua se hará mediante un pozo mecánico.

2.9.2. Línea de conducción por bombeo

Debido a las condiciones topográficas del lugar, la conducción del agua se realizará por medio de bombeo.

La tubería de la línea de conducción debe de colocarse en la ruta más directa, desde la bomba hasta el punto de descarga.

2.9.2.1. Determinación del diámetro económico

En sistemas por bombeo la determinación del diámetro económico es uno de los aspectos más importantes. Para determinar el diámetro económico se puede utilizar la fórmula sugerida por Breese o por medio de un análisis de costo mensual.

En este caso para encontrar el diámetro económico se realizó por medio de la fórmula sugerida por Breese.

$$D = 1,867 * Q_b^{1/2}$$

Donde

D = diámetro de la tubería [pulgadas]

Q_b = caudal de bombeo [litros por segundo]

Entonces

$$D = 1,867 * (7,68)^{\frac{1}{2}} = 5,17 \text{ pulg}$$

Se tomarán los datos cercanos al dato encontrado, los cuales son: 5" y 6".

Se procede a calcular la pérdida y la velocidad que existe para cada uno de los diámetros mediante las siguientes fórmulas:

Verificación de pérdidas de carga con la ecuación de Hazen-Williams.

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

Donde

H_f = pérdidas de carga

L = longitud

Q = caudal

C = coeficiente de rugosidad de la tubería, para PVC ($C = 150$)

D = diámetro de la tubería

Pérdidas de los diferentes diámetros:

Para

$$D = 5'' \quad H_f = \frac{1\,743,811 * 730,60 * (7,68)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (5)^{4,87}} = 2,05 \text{ m}$$

$$D = 6'' \quad H_f = \frac{1\,743,811 * 730,60 * (7,68)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (6)^{4,87}} = 0,85 \text{ m}$$

Seguidamente, se calculó la velocidad del flujo para cada diámetro mediante la siguiente fórmula de velocidad del flujo.

$$V = \frac{1,974 * Q_b}{\phi^2}$$

$$V_{5''} = \frac{1,974 * 7,68}{5^2} = 0,61 \text{ l/s}$$

$$V_{6''} = \frac{1,974 * 7,68}{6^2} = 0,42 \text{ l/s}$$

Se optó por el diámetro de 5", porque es el que presenta una mayor velocidad de flujo.

2.9.2.2. Selección de la clase de tubería

Para seleccionar la clase de tubería se deberá de saber cuál es el caudal que se va a conducir y las presiones a las que la tubería está sometida.

2.9.2.2.1. Verificación del golpe de ariete

Se denomina golpe de ariete al choque violento que se produce sobre las paredes de un conducto forzado, cuando el movimiento del líquido es modificado bruscamente, la fuerza viva con que el agua es movida se convierte en una sobrepresión, produciendo una mayor presión que la carga inicial.

Cálculo

- Celeridad

$$C = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{k_{\text{agua}}}{E_{\text{tub}}}\right) * \frac{D_i}{e}}}$$

Donde

$$k_{\text{agua}} = 2,07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{\text{tub}} = 3 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$$

$$D_i = 100,84 \text{ mm}$$

$$e = 6,73 \text{ mm}$$

$$C = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,07 \times 10^4}{3 \times 10^4}\right) * \frac{100,84}{6,73}}} = 5,38 \text{ m/s}$$

2.9.2.2.2. Potencia de la bomba

- Velocidad de flujo

$$V = \frac{1,974 * Q_b}{\varnothing^2}$$

$$V = \frac{1\,974 * 7,68}{(5'')^2} = 0,61 \text{ l/s}$$

- Carga de velocidad

$$H_{f_v} = \frac{V^2}{2 * g}$$

$$H_{f_v} = \frac{(0,61)^2}{2 * (9,81)} = 0,019 \text{ m}$$

- Pérdida por fricción de la tubería

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 730,32 * (7,68)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (5)^{4,87}} = 2,06 \text{ m}$$

- Pérdidas menores

$$10 \% H_f \quad \rightarrow \quad 0,10 * 2,06 \text{ m} = 0,206 \text{ m}$$

$$h_i = CT_{\text{final}} - CT_{\text{inicial}}$$

$$h_i = 657,23 \text{ m} - 500,00 \text{ m} = 157,23 \text{ m}$$

- Carga dinámica total

$$CDT = h_i + H_f + 10 \% H_f + H_{f_v}$$

$$CDT = 157,23 + 2,06 + 0,206 + 0,019 = 159,51 \text{ m}$$

- Potencia de la bomba

$$P = \frac{CDT * Q}{76 * e}$$

Donde

P = potencia

CDT = carga dinámica total

Q = caudal de bombeo [7,68 litros por segundo]

e = eficiencia [0,6]

$$P = \frac{159,51 * 7,68}{76 * 0,6} = 26.86 \text{ HP} \approx 30 \text{ HP}$$

Se adoptará una potencia comercial de 30 HP.

2.9.3. Tanque de almacenamiento

Tiene como función principal cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, así como garantizar la demanda cuando haya interrupción del servicio en la línea de conducción. La aldea actualmente cuenta con un tanque de distribución.

Los componentes del tanque son básicamente: entrada de agua, tubo PVC, caja de válvula, llave de compuerta, tanque con paredes de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado, rebalse, acceso, ventilación, salida de agua de rebalse y salida de agua de limpieza.

2.9.3.1. Determinación del volumen del tanque

A continuación se realiza la descripción para la determinación del volumen del tanque para el proyecto de agua potable.

$$V_T = \frac{(Q_m * \% * 1 * 86\ 400)}{1\ 000}$$

$$V_T = \frac{(3,20 * 0,30 * 1 * 86\ 400)}{1\ 000} = 82,94\ m^3$$

Para efectos de diseño, el volumen del tanque será de 85 m³ y se construirá de concreto ciclópeo. Las dimensiones serán:

Alto = 2,40 m

Ancho = 5,00 m

Largo = 7,10 m

2.9.3.2. Análisis del diseño del tanque de distribución

Datos

Densidad del agua = 1,0 ton/m³

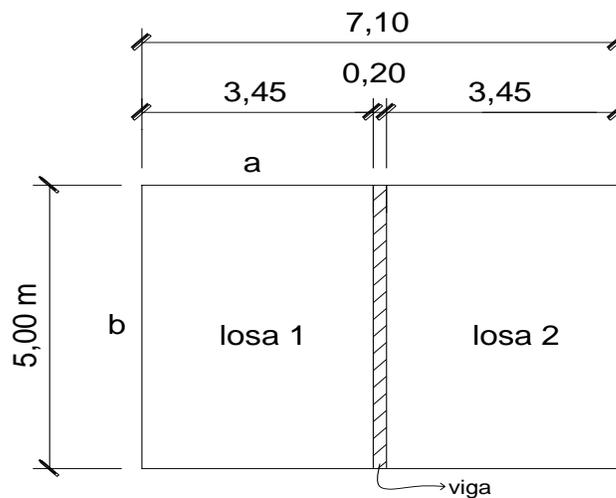
Peso volumétrico del suelo = 1,4 ton/m³

Peso volumétrico de la piedra = 2,0 ton/m³

Peso volumétrico del concreto = $2,4 \text{ ton/m}^3$
 Ángulo de fricción interna = $24,01^\circ$ (según ensayo de suelo)
 Esfuerzo último del concreto ($f'c$) = 210 kg/cm^2
 Módulo de fluencia del acero (f_y) = $2\ 810 \text{ kg/cm}^2$
 Valor soporte del suelo = $156,46 \text{ ton/m}^2$

Diseño de losa superior empleando el método 3 del código ACI 318, capítulo 13:

Figura 2. Dimensiones de losa



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

$a = \text{lado corto losa} = 3,45 \text{ m}$

$b = \text{lado largo losa} = 5,00 \text{ m}$

$$m = \frac{a}{b} = \frac{3,45}{5,00} = 0,69$$

$0,69 > 0,5$; entonces la losa trabaja en dos sentidos

Espesor de losa

$$t = \frac{p}{180} = \frac{(2 * 3,45) + (2 * 5,00)}{180} = 0,093 \text{ m}$$

Se tomará un espesor de 10 centímetros.

- Integración de cargas
 - Carga muerta (CM): es el peso propio de la losa.

$$CM = W_{\text{losa}} + \text{sobrecarga}$$

$$W_{\text{losa}} = 2400 * 0,10 = 240,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobrecarga} = 50,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 240,00 + 50,00 = 290,00 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva (CV): son las cargas eventuales que podría tener la losa.
- Cargas últimas (CU): son la suma de la carga muerta y la carga viva afectada por factores de seguridad.

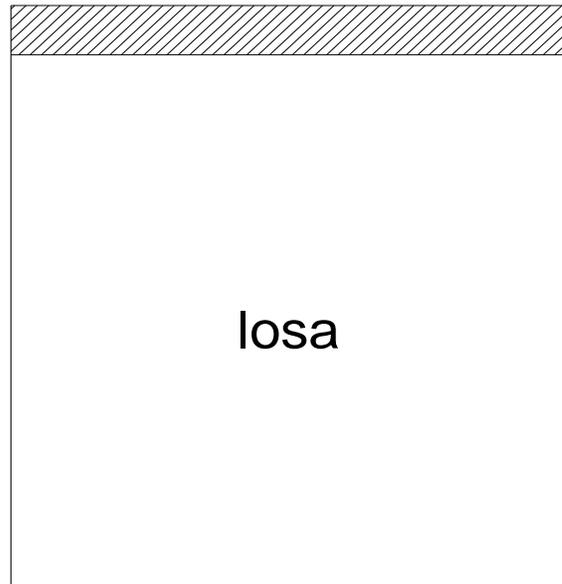
$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4CM + 1,7CV$$

$$CU = 1,4 * (290,00) + 1,7 * (100) = 576,00 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momentos

Figura 3. Cálculo de momentos, caso 6



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

$$Ma_+ = Ca_{LL} * CV_{\text{última}} * a^2 + Ca * CM_{\text{última}} * a^2$$

$$Ma_+ = (0,060 * 170,00 * (3,45)^2) + (0,051 * 406,00 * (3,45)^2) = 367,86 \text{ kg} - \text{m}$$

$$Ma_- = Ca * CU_{\text{total}} * a^2$$

$$Ma_- = (0,091) * (576,00) * (3,45)^2 = 623,88 \text{ kg} - \text{m}$$

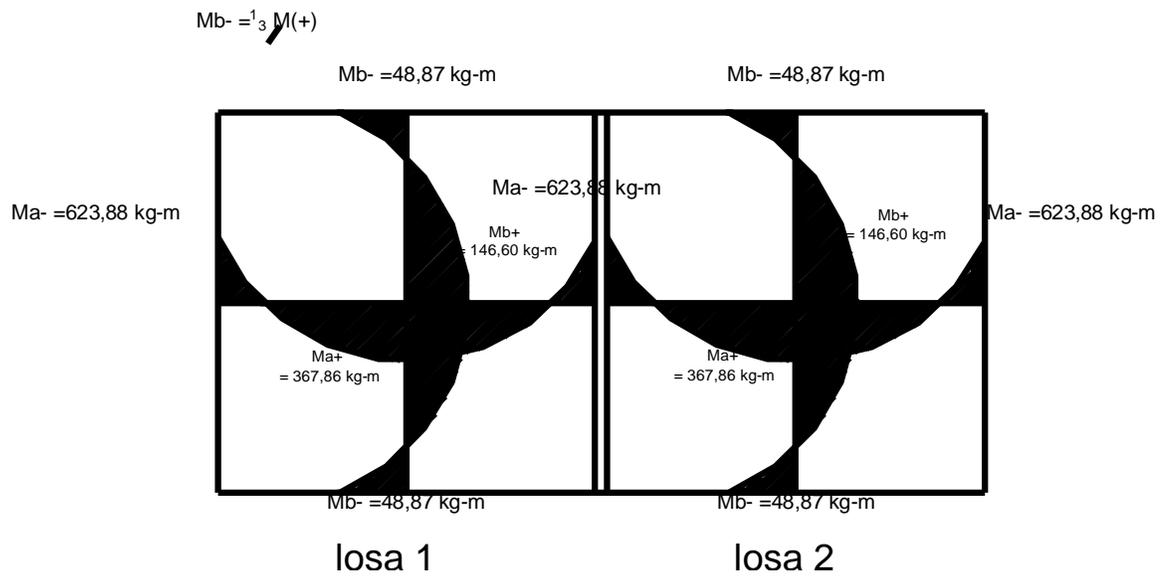
$$Mb_+ = Cb_{LL} * CV_{\text{última}} * b^2 + Cb * CM_{\text{última}} * b^2$$

$$Mb_+ = (0,013 * 170,00 * (5,00)^2) + (0,009 * 406,00 * (5,00)^2) = 146,60 \text{ kg} - \text{m}$$

$$Mb_- = Cb * CU_{\text{total}} * b^2$$

$$Mb_- = (0) * (576,00) * (5,00)^2 = 0$$

Figura 4. Diagrama de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Cálculo del refuerzo

- Peralte
Recubrimiento = 2,5 cm (según ACI 318-2008, capítulo 7)

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

$$d = 10,00 - 2,5 = 7,50 \text{ cm}$$

- Área de acero mínimo

$$A_{S_{\min}} = \phi * \left(\frac{14,1}{f_y} \right) * b * d$$

ϕ = factor de seguridad de 0,40

$$A_{s_{\min}} = 0,40 * \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 7,50 = 1,50 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento máximo entre varillas

$$S = 3t$$

$$S = 3 * 0,10 = 0,30 \text{ cm}^2$$

Proponiendo armado para $A_{s_{\min}}$:

$$1,50 \text{ cm}^2 \text{ ————— } 100 \text{ cm}$$

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

$$S = \frac{(0,71) * (100)}{1,50} = 47,33 \text{ cm}$$

Si S es mayor que 3t se utiliza 0,30. En este caso el espaciamento será de 30,00 centímetros.

Calculando $A_{s_{\min}}$ para $S = 0,30 \text{ cm}$

$$A_{s_{\min}} \text{ ————— } 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ ————— } 0,30 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{(0,71) * (100)}{30} = 2,37 \text{ cm}^2$$

- Cantidad de acero requerido

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

$$A_{s_{m(+)}} = \left[(100) * (7,50) - \sqrt{(100 * 7,50)^2 - \frac{367,86 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2 * 810} \right)$$

$$A_{s_{m(+)}} = 1,98 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{m(-)}} = \left[(100) * (7,50) - \sqrt{(100 * 7,50)^2 - \frac{623,88 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2 * 810} \right)$$

$$A_{s_{m(-)}} = 3,41 \text{ cm}^2$$

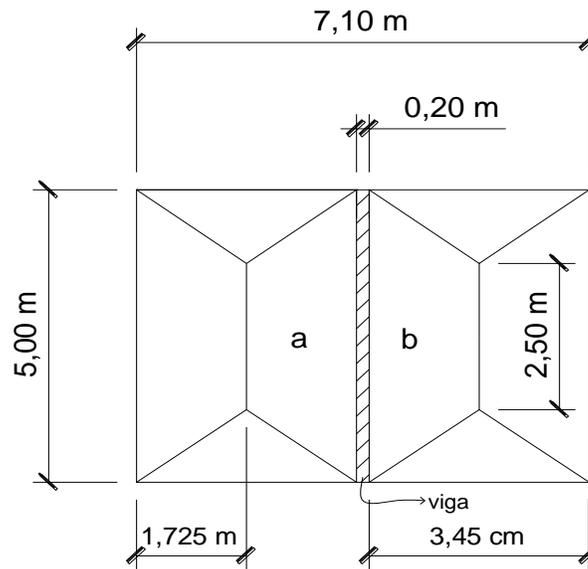
Tabla I. **Cálculo del área de acero para los diferentes momentos**

Para momento (kg-m)	As cm ²	Armado
367,86	1,50	var núm. 3 @ 30,00 cm
623,88	3,41	var núm. 3 @ 21,00 cm

Fuente: elaboración propia.

El detalle de armado de losa se ilustra en los planos que se encuentran en el apéndice.

Figura 5. Diseño de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Área a = b

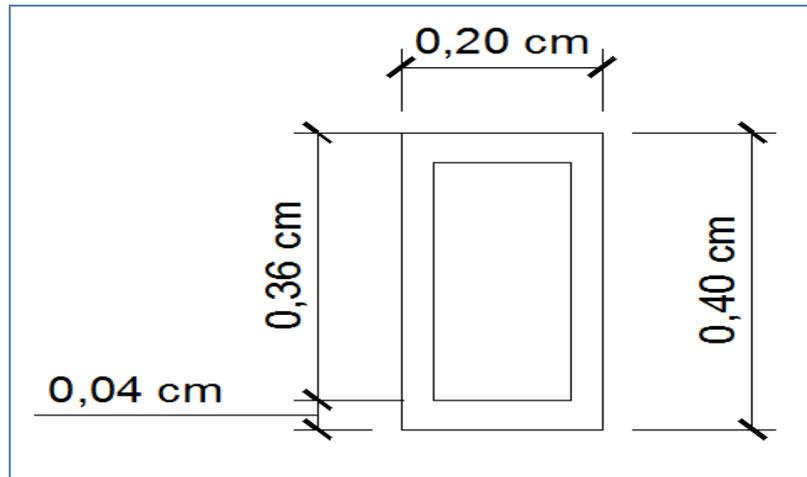
$$\text{Área} = \frac{(5,00 + 2,50) * 1,725}{2} = 6,50 \text{ m}^2$$

Dimensiones de la viga

Peralte efectivo

$$d = 0,40 - 0,04 = 0,36 \text{ cm}$$

Figura 6. Dimensiones de viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Peso de losa

$$W_{\text{losa}} = \frac{13,00 * 576,00}{5} = 1\,497,60 \text{ kg/m}$$

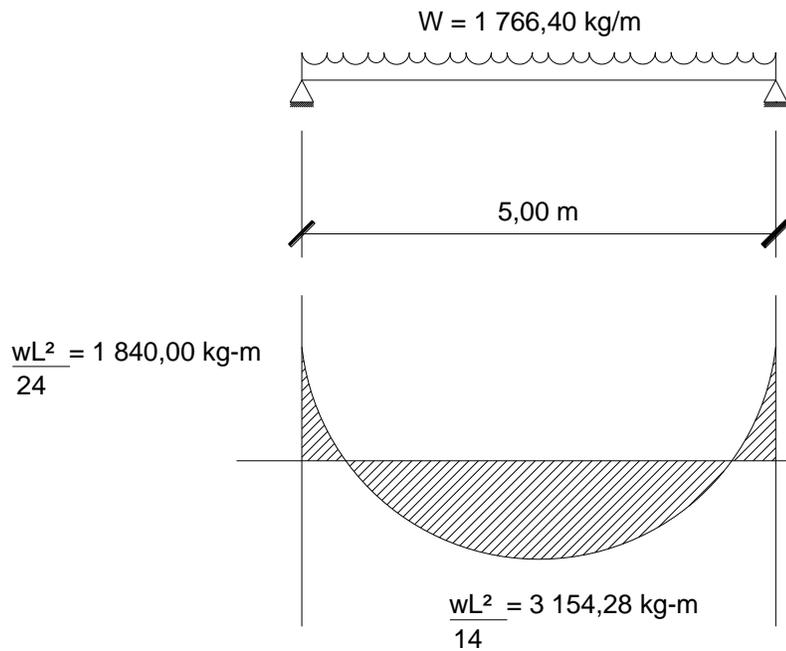
Peso propio de la viga

$$W_{\text{viga}} = 0,20 * 0,40 * 2\,400 * 1,4 = 268,80 \text{ kg/m}$$

Peso total

$$W_t = 1\,497,60 + 268,80 = 1\,766,40 \text{ kg/m}$$

Figura 7. Dimensiones de momentos



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Momento positivo = 1 840,00 kg-m

Momento negativo = 3 154,28 kg-m

Cuantía de acero

$$\rho_{\min} = \frac{14,1}{2\,810} = 0,005$$

$$\rho_{\text{bal}} = 0,85 * 0,85 * \left(\frac{6\,090}{6\,090 + 2810} \right) * \left(\frac{210}{2\,810} \right) = 0,037$$

$$\rho_{\max} = 0,5 * 0,037 = 0,0185$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} = \frac{2,84}{(20 * 36)} = 0,00394$$

$$\rho < \rho_{\min} \rightarrow 0,00394 < 0,005$$

Como la cuantía de acero no es mayor que la cuantía de acero mínima se utiliza $\rho_{\min} = 0,005$

Se utiliza

Calculando el área de acero mínima y máxima

$$A_{s_{\min}} = \rho * b * d \rightarrow A_{s_{\min}} = 0,005 * 20 * 36 = 3,61 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d \rightarrow A_{s_{\max}} = 0,5 * 0,037 * 20 * 36 = 13,32 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal

$$A_{s_{m(-)}} = 0,85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left[(20 * 36) - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{(3154,28 * 20)}{(0,003825 * 210)}} \right]$$

$$A_{s_{m(-)}} = 3,59 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} \leq A_{s_{m(-)}} \leq A_{s_{\max}} \rightarrow 3,61 \text{ cm}^2 \leq 3,61 \text{ cm}^2 \leq 13,32 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$$A_{s_{m(+)}} = 0,85 * \left(\frac{210}{2810} \right) * \left[(20 * 36) - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{(1840,00 * 20)}{(0,003825 * 210)}} \right]$$

$$A_{s_{m(+)}} = 2,07 \text{ cm}^2$$

En la cama superior al centro se deben colocar como mínimo dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores:

$$A_{s_{\min}} \text{ o } 33 \% A_{s_{M(-)}} \\ 3,61 \text{ o } (0,33 * 3,61) = 1,19 \text{ cm}^2$$

Para la cama superior al centro se utilizará el $A_{s_{\min}} = 3,61 \text{ cm}^2$.

En la cama inferior en apoyos se debe colocar como mínimo dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores:

$$A_{s_{\min}} \text{ o } 50 \% A_{s_{M(-)}} \text{ o } 50 \% A_{s_{M(+)}}$$

$$A_{s_{\min}} = 3,61 \text{ cm}^2 \quad \checkmark$$

$$50 \% A_{s_{m(+)}} = (0,5 * 2,07) = 1,035 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_{s_{m(-)}} = (0,5 * 3,61) = 1,805 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el $A_{s_{\min}} = 3,61 \text{ cm}^2$ para la cama inferior en los apoyos.

Acero transversal (estribos):

El objetivo de colocar acero transversal es: por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo resistente al corte:

Cortante actuante:

$$V_a = \frac{WL}{2} \rightarrow V_a = \frac{1\,766,40 * 5}{2} = 4\,416,00 \text{ kg}$$

Corte que resiste el concreto

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 20 * 36 = 4\,700,42 \text{ kg}$$

Si:

$$V_r \geq V_a \rightarrow \text{viga con estribos solo por armado. } \checkmark$$

$$V_r < V_a \rightarrow \text{se diseñan estribos por corte.}$$

Cálculo de espaciamiento (S)

$$S = \frac{2A_v * f_y}{V_a}$$

$$S = \frac{2 * (0,71) * (2\,810)}{4\,416,00} = 0,903 \approx 0,90 \text{ cm}$$

$$S_{\max} = \frac{d}{2} \rightarrow S_{\max} = \frac{36}{2} = 18,00 \text{ cm}$$

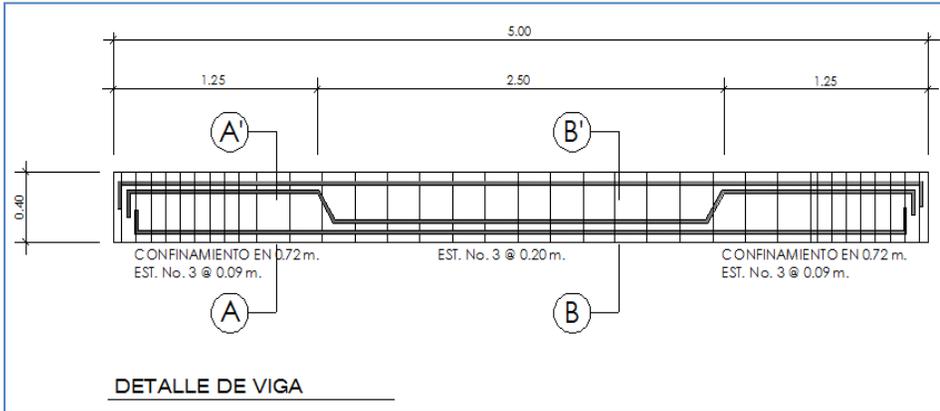
Longitud de confinamiento

$$L_o = 2 * d \rightarrow L_o = 2 * 36 = 72 \text{ cm}$$

$$\text{colocando estribos núm. 3 a } \frac{d}{4} \rightarrow \frac{36}{4} = 9 \text{ cm}$$

Colocar el primer estribo a 5 cm como máximo de la cara de la viga.

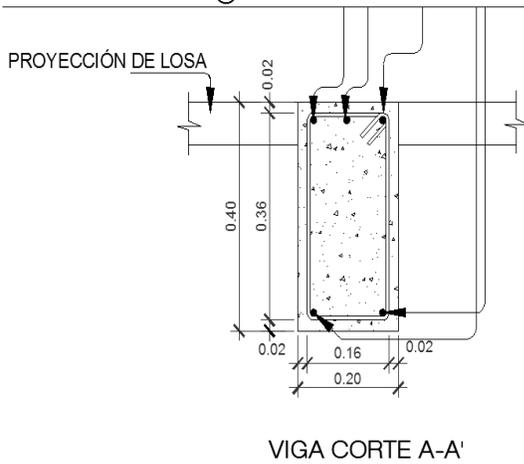
Figura 8. Detalle de armado de viga



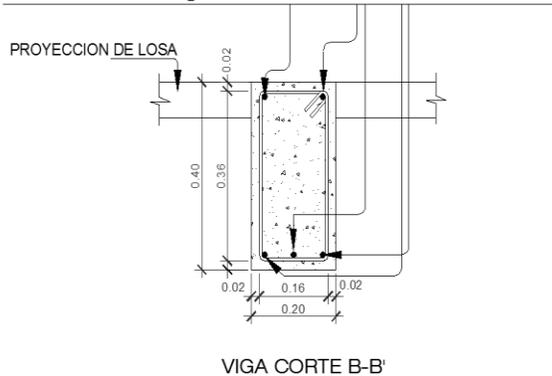
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Figura 9. Sección de viga A-A' y B-B'

4 VARILLAS No. 3 + 1 BASTON No. 3 + ESTRIBOS No.3 @ 0.20 m.
+ CONFINAMIENTO @ 0.09 m. EN L/4



4 VARILLAS No. 3 + TENSION No. 3 + ESTRIBOS No.3 @ 0.20 m.
+ CONFINAMIENTO @ 0.09 m. EN L/4



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Diseño de muro del tanque de distribución

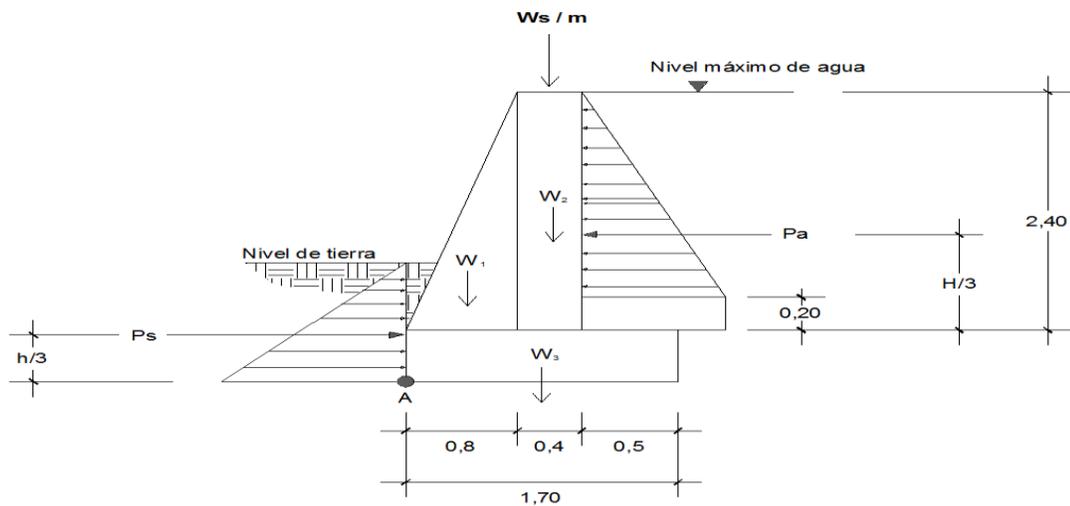
Peso sobre el muro

$$W_s/m = \text{peso losa} + \text{peso viga}$$

$$W_s/m = CU * \frac{At}{L} + 1,4(\gamma_c * b * h)$$

$$W_s/m = \left(\frac{576,00}{1\,000}\right) * \left(\frac{(3,45 * 5,00)}{7,10}\right) + 1,4 * (2,4 * 0,20 * 0,40) = 1,40 \text{ T/m}$$

Figura 10. Diagrama de cuerpo libre de las presiones



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Coeficientes de empuje pasivo

$$K_p = \frac{1 + \text{sen } \phi}{1 - \text{sen } \phi} \quad \rightarrow \quad K_p = \frac{1 + \text{sen } (24,01^\circ)}{1 - \text{sen } (24,01^\circ)} = 2,37$$

Coeficientes de empuje activo

$$K_p = \frac{1 - \text{sen } \emptyset}{1 + \text{sen } \emptyset} \quad \rightarrow \quad K_p = \frac{1 - \text{sen } (24,01^\circ)}{1 + \text{sen } (24,01^\circ)} = 0,42$$

Cálculo de presiones horizontales a una profundidad del muro:

Presión horizontal del agua sobre el muro (Pa)

$$P_a = \gamma_{\text{agua}} * H * K_a$$

$$P_a = 1,00 * 2,4 * 0,42 = 1,01 \text{ T/m}^2$$

Presión horizontal del agua sobre el muro (Ps)

$$P_s = \gamma_{\text{suelo}} * h * K_p$$

$$P_s = 1,40 * 1,10 * 2,37 = 3,65 \text{ T/m}^2$$

Fuerzas totales sobre el muro:

Fuerza total del agua sobre el muro

$$F_a = 0,5 * P_a * H$$

$$F_a = 0,5 * 1,01 * 2,40 = 1,21 \text{ T/m}$$

Fuerza total del suelo sobre el muro

$$F_s = 0,5 * P_s * H$$

$$F_s = 0,5 * 3,65 * 1,10 = 2,01 \text{ T/m}$$

Momentos al pie del muro

$$\text{Momento del agua} = F_a * \frac{H}{3} = 1,21 * \frac{2,40}{3} = 0,97 \text{ T} - \text{m/m}$$

$$\text{Momento del suelo} = F_s * \frac{h}{3} = 2,01 * \frac{1,10}{3} = 0,74 \text{ T - m/m}$$

Tabla II. **Distribución de momentos respecto del punto A**

Figura	W (T/m)	Brazo (m)	Momento (T-m/m)
W 1	$1/2 * (0,80 * (2,40 + 0,20)) * 2$ 2,08	$\bar{x} = (2/3) * W1 = 0,53$	$(2,08) * (0,53) = 1,11$
W 2	$(0,40) * (2,40 + 0,20) * 2$ = 2,08	$W1 + W2/2 = 1,00$	$(2,08) * (1,00) = 2,08$
W 3	$((0,40) * (1,70)) * 2$ = 1,36	$W3/2 = 0,85$	$(1,36) * (0,85) = 1,16$
Ws/m	1,40	1,00	$(1,40) * (1,00) = 1,40$
W = 6,92 T/m		Mr = 5,75 T-m/m	

Fuente: elaboración propia.

Verificando estabilidad contra volteo

$$F_{sv} = \frac{\sum MR}{\sum M_{act}} = \frac{M_r + M_{suelo}}{M_{agua}}$$

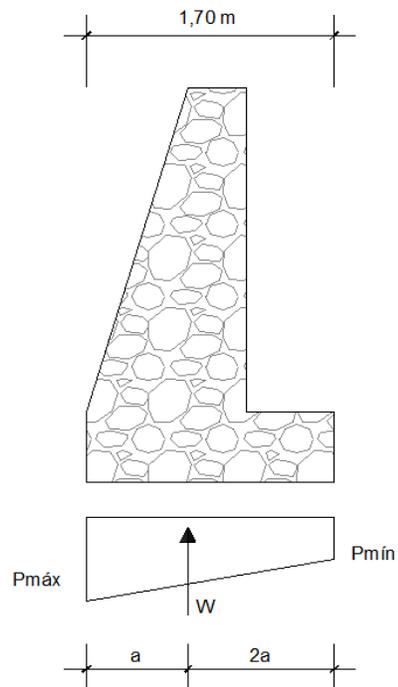
$$F_{sv} = \frac{5,75 + 0,74}{0,97} = 6,69 > 1,50 \quad \checkmark$$

Verificando estabilidad contra deslizamiento

$$F_{sd} = \frac{\sum FR}{\sum F_{act}} = \frac{F_s + 0,9 \tan \phi * W}{F_a}$$

$$F_{sd} = \frac{2,01 + 0,9 \tan (24,01^\circ) * 6,92}{1,21} = 4,61 > 1,50 \quad \checkmark$$

Figura 11. **Diagrama de presiones bajo la base del muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

La distancia “a” a partir del punto donde actúan las cargas verticales viene dada por:

$$a = \frac{\sum M_{(+)}}{W} = \frac{M_r + M_{suelo} - M_{agua}}{W}$$

$$a = \frac{5,75 + 0,74 - 0,97}{6,92} = 0,80 \text{ m}$$

Entonces

$$3a = 3 * 0,80 = 2,40 \text{ m} > 1,7 \quad \checkmark$$

3a es mayor que L = 1,70 m, no existen presiones negativas.

Excentricidad

$$e = \frac{L}{2} - a \quad \rightarrow \quad e = \frac{1,70}{2} - 0,80 = 0,05 \text{ m}$$

Las presiones en el terreno serán

$$P = \frac{W}{L * b} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{L} \right)$$

Presión máxima

$$P_{\text{máx}} = \frac{6,92}{1,70 * 1,20} * \left(1 + \frac{6 * 0,05}{1,70} \right) = 3,99 \text{ T/m}^2$$

Presión mínima

$$P_{\text{min}} = \frac{6,92}{1,70 * 1,20} * \left(1 - \frac{6 * 0,05}{1,70} \right) = 2,79 \text{ T/m}^2$$

Entonces

$P_{\text{max}} < V_s$

$P_{\text{max}} = 3,99 \text{ T/m}^2 < V_s = 156,46 \text{ T/m}^2 \checkmark$ No excede el valor soporte del suelo.

$$P_{\text{mín}} > 0$$

$$P_{\text{min}} = 2,79 \text{ T/m}^2 > 0 \quad \checkmark \quad \text{No existen presiones negativas.}$$

Revisión de corte en el talón:

Corte que resiste el concreto

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

Donde

$$b = 50,00 \text{ cm}$$

$$\phi = 0,85 \text{ (factor que equivale al corte)}$$

$$d = t - \text{rec} = 40 - 7,5 = 32,50 \text{ cm}$$

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

$$V_{\text{cu}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 50,00 * 32,50 = 10\,608,59 \text{ kg/m}$$

El peso W_t que soporta el talón es el peso de la losa inferior, su propio peso y el peso del agua.

$$W_t = 2\,400 * (W_3 - (W_1 + W_2)) * (0,20 + 0,40) + (\gamma_{\text{agua}} * (W_3 - (W_1 + W_2)) * 1,7)$$

$$CM_{W_t} = 2\,400 * \left(\frac{50}{100}\right) * (0,20 + 0,40) = 720 \text{ kg/m}$$

$$CV_{W_t} = 1\,000 * \left(\frac{50}{100}\right) * 1,7 = 850 \text{ kg/m}$$

$$W_t = 2\,400 * \left(\frac{50}{100}\right) * (0,40 + 0,20) + 1\,000 * \left(\frac{50}{100}\right) * 1,7 = 1\,570,00 \text{ kg/m}$$

Corte actuante

$$V_a = 1,7 CV_{wt} + 1,4 CM_{wt}$$

$$V_a = (1,7 * 720) + (1,4 * 850) = 2 414,00 \text{ kg/m}$$

$$V_{cu} > V_a$$

$$10 608,59 \text{ kg/m} > 2 414,00 \text{ kg/m} \quad \checkmark$$

El talón resiste al corte sin necesidad de refuerzo.

Diseño de losa inferior del tanque:

Volumen del tanque hasta el nivel crítico del agua:

$$V = (a - 0,15) * (b - 0,15) * h$$

$$V = (5,00 - 0,15) * (10,00 - 0,15) * 2,20 = 74,16 \text{ m}^3$$

Peso del agua sobre la losa

$$P_{agua} = V * \text{densidad del agua}$$

$$P_{agua} = 74,16 * 1 000 = 74 160,00 \text{ kg} \quad \rightarrow \quad 74,16 \text{ T}$$

Presión del agua por metro cuadrado

$$W_a = \frac{P_{agua}}{\text{area}}$$

$$W_a = \frac{74,16}{(7,10 * 5,00)} = 2,09 \text{ T/m}^2$$

La capacidad de soporte del suelo es $V_s = 45,98 \text{ T/m}^2$, entonces es mayor que la presión producida por el peso del agua, por lo cual no se requiere refuerzo.

2.9.4. Red de distribución

El diseño de la red de distribución se realizó con el método de redes abiertas, debido a que las viviendas se hayan dispersas.

La red de distribución está constituida por todo el sistema de tuberías, desde el tanque de distribución hasta las líneas de la cuales parten la conexiones domiciliarias. Su función principal es proporcionar un servicio en forma continua, en cantidades adecuadas para todos los usuarios.

Para el diseño de la red de distribución se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Se deben tomar en cuenta la carga disponible o la diferencia de presiones.
- Considerar diámetros mínimos para la economía del proyecto.
- Se deberán colocar accesorios y obras de arte necesarias para garantizar el buen funcionamiento del sistema de acuerdo con las normas establecidas y así poder facilitar el mantenimiento de las mismas.

Para diseñar la red de distribución se determinó el caudal de distribución y el de vivienda, los cuales se obtuvieron por medio de las siguientes fórmulas:

$$Q_d = FHM * Q_m$$
$$Q_d = 2,0 * 3,20 \text{ l/s} = 6,40 \text{ l/s}$$

Entonces

Caudal por vivienda

$$Q_v = \frac{Q_d}{\# \text{ viv}}$$

Donde

Q_v = caudal por vivienda

Q_d = caudal de distribución

viv = viviendas totales actuales

Sustituyendo

$$Q_v = \frac{6,40}{388} = 0,0165 \text{ l/s}$$

Para determinar el caudal de diseño de un tramo de la red de distribución se multiplica el caudal de vivienda por el número de viviendas existentes, y si otro ramal llegara a él, se sumarían los caudales existentes. Luego se calcula el caudal instantáneo de ese tramo, el cual se define como:

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

Donde

Q_i = caudal instantáneo

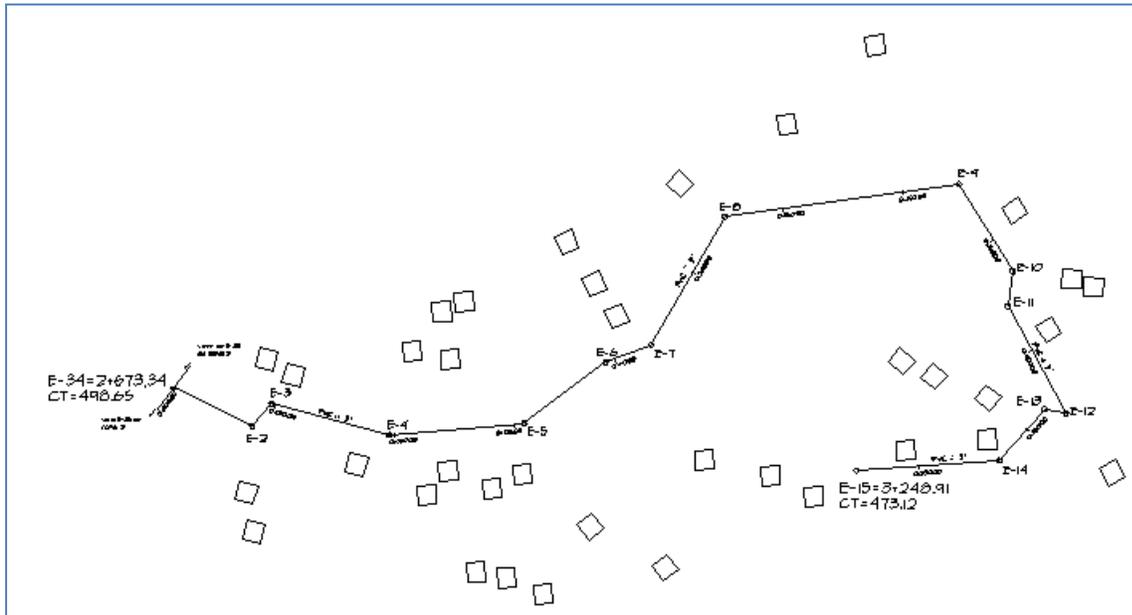
n = número de viviendas del tramo

k = 0,15 sí $n < 55$ viviendas o 0,20 sí $n > 55$ viviendas

Se verifican los dos valores, tanto del caudal de consumo como el instantáneo y se toma el mayor para calcular el diámetro de ese tramo.

A continuación se procede a diseñar el tramo de la estación E- 34 a E-15 del ramal 2A.

Figura 12. Planta del ramal 2A de E- 34 a E- 15



Fuente: elaboración propia.

Calculando el caudal instantáneo y el caudal de distribución:

$$Q_i = 0,15 * \sqrt{37 - 1} = 0,9 \text{ l/s}$$

$$Q_d = 0,0165 * 134 = 2,21 \text{ l/s}$$

Se toma como caudal de diseño el caudal de distribución, por ser mayor que el instantáneo.

Datos

Caudal de diseño = 2,21 l/s

L = 575,57 m

C = 150

Cota en E- 34 = 498,65 m

Cota en E- 15 = 473,12 m

Entonces

La carga disponible

$$H_f = 498,65 - 473,12 = 25,53 \text{ m. c. a.}$$

Con la pérdida de carga se procede a calcular el diámetro necesario para satisfacer la demanda de agua.

$$D = \left[\frac{1\,743,811 * 575,57 * (2,21)^{1,85}}{(150)^{1,85} * 25,53} \right]^{1/4,87} = 1,77 \text{ pulgadas}$$

El resultado se aproxima a un diámetro comercial superior e inferior, después se calcula para cada diámetro comercial la pérdida de carga y luego se selecciona el diámetro comercial que dé un mejor resultado al diseño hidráulico.

Pérdida de carga para un diámetro comercial de 1 ½ pulgadas

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 575,57 * (2,21)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1,5)^{4,87}} = 56,94 \text{ m. c. a.}$$

Pérdida de carga para un diámetro comercial de 2 pulgadas

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 575,57 * (2,21)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (2)^{4,87}} = 14,03 \text{ m. c. a.}$$

Se toma el diámetro que de menor pérdida de carga; en este caso es el diámetro de 2", después de seleccionado el diámetro comercial se procede a calcular las pérdidas con el caudal de distribución del tramo, que en este caso es el mismo, luego se procede a verificar la presión de servicio y la velocidad.

Verificando presión dinámica en la estación E- 34

$$P. D_{E-34} = C. P_{E-34} - C. T_{E-34}$$

Donde

$P. D_{E-34}$ = presión dinámica en estación E- 34

$C. P_{E-34}$ = cota piezométrica en estación E- 34

$C. T_{E-34}$ = cota de terreno en estación E- 34

La cota piezométrica en E- 34 se calcula de la siguiente manera:

$$C. P_{E-34} = C. P_{E-15} - Hf_{\text{encontrado}} = 527,73 - 14,03 = 513,70 \text{ m. c. a.}$$

Sustituyendo

$$P. D_{E-34} = 513,70 - 473,12 = 40,58 \text{ m. c. a.}$$

En este tramo se observa que la presión dinámica está dentro del rango permisible, siendo el rango de $10 \text{ m. c. a.} < P. D. < 40 \text{ m. c. a.}$

La velocidad en el tramo será:

$$V = 1,973 * \frac{Qd}{D^2}$$
$$V = 1,973 * \frac{2,21}{(2)^2} = 1,09 \text{ m/s}$$

Se observa que la velocidad se encuentra dentro del rango permisible, siendo este de $0,4 \text{ m/s} < V < 2 \text{ m/s}$.

2.10. Obras hidráulicas y otros detalles

En un sistema de abastecimiento de agua potable las obras hidráulicas son de gran importancia, ya que satisfacen el funcionamiento adecuado y garantizan así un buen servicio a la comunidad. Las obras de arte que serán colocadas en el diseño serán las siguientes: cajas rompepresión, cajas de registro, válvulas de limpieza, aire, compuerta, retención, pasos aéreos y conexiones domiciliarias.

2.10.1. Caja rompepresión

Estas cajas se utilizan para romper la presión hasta el punto de su ubicación e iniciar un nuevo nivel estático.

Se colocará caja rompepresión en los siguientes puntos: ramal 1 en E- 8, E-13 y E- 17; ramal 2 en E- 7.1, E- 3, E-34, E-48, E- 48.5 y E- 49; ramal 2A en E-4; ramal 2B en E- 9 y E-17 y ramal 3, en E- 15.

Las cajas tendrán que llevar una válvula de flote para suspender el flujo; una válvula de compuerta de entrada, un dispositivo de desagüe y rebalse (ver detalles en planos).

2.10.2. Válvula de limpieza

Las válvulas de limpieza sirven para extraer los sedimentos que se depositan en las partes bajas de la tubería.

2.10.3. Válvula de aire

Estas válvulas tienen la función de permitir el escape de aire que se acumula en las tuberías.

2.10.4. Válvula de compuerta

Sirven para aislar o regular parte del sistema cuando existe alguna falla o se realiza un mantenimiento del sistema.

2.11. Desinfección del agua

Proceso de destrucción de microorganismos patógenos presentes en el agua, mediante la aplicación directa de medios físicos y químicos para obtener agua potable que sea apta para el consumo humano. El método químico más empleado para la desinfección del agua es el cloro.

Según Norma Coguanor 29001, la cantidad mínima de cloro que se debe aplicar al agua es de 2 gramos por metro cúbico de agua.

2.11.1. Dosificación del cloro

De acuerdo con los resultados de laboratorio el agua no es potable, por lo que es necesario inyectar una demanda de 0,2 mg/l de cloro. Se utilizará un hipoclorador automático PPG para tabletas de hipoclorito de calcio. Este dispositivo consiste en la disolución de las pastillas por medio del flujo de agua que entra al sistema, el cual controla la cloración de la misma. Para determinar el modelo del hipoclorador se necesita calcular el flujo de cloro y luego referirse a la siguiente tabla.

Tabla III. **Modelos de hipoclorador automático PPG**

Hipocloradores		
Modelo	Flujo de cloro (gr/h)	Capacidad (tabletas)
3015	20 - 200	22
3075	90 - 900	113
3150	450 - 5 400	227
3550	1 400 - 11 000	833

Fuente: elaboración propia.

El flujo de cloro se calculó de la siguiente manera:

$$F_c = Q * D_c * 0,06$$

Donde

F_c = flujo de cloro [gr/hr]

Q = caudal de agua conducida [l/min]

D_c = demanda de cloro [mg/l] ó PPM

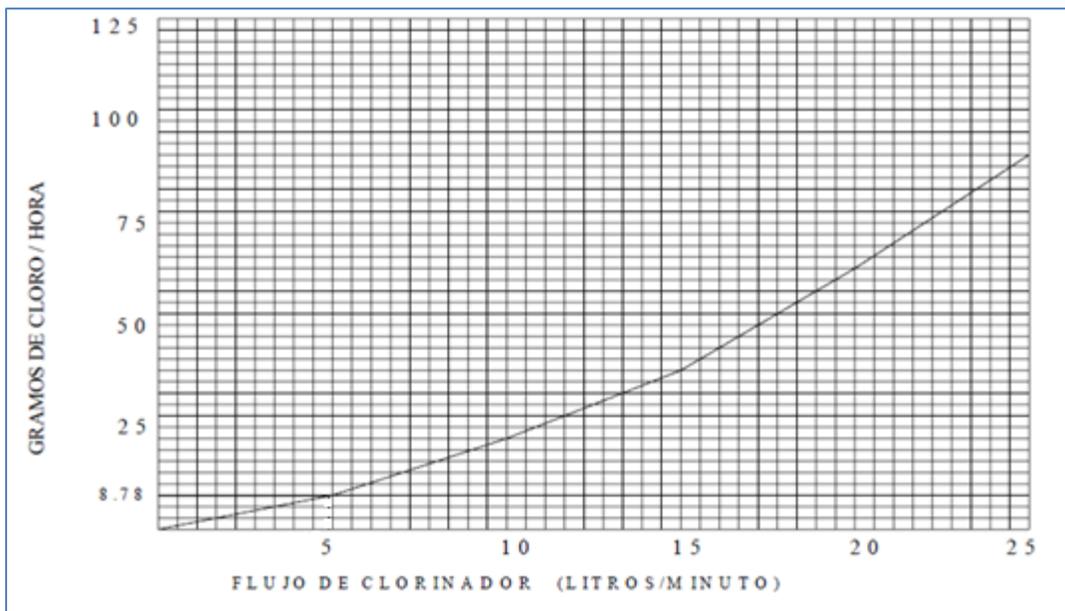
$$F_c = 657,60 * 2 * 0,06 = 78,912 \text{ gr/hr}$$

Con el resultado obtenido anteriormente, se determinó el modelo de hipoclorador PPG que se debe utilizar; según tabla, el flujo de cloro calculado corresponde al modelo 3 015, el cual tiene una capacidad de 22 tabletas de hipoclorito de calcio. El punto de aplicación del compuesto clorado deberá seleccionarse de tal forma que se garantice una mezcla efectiva con el agua y

se asegure un periodo de contacto de 20 minutos como mínimo, antes de que llegue al consumidor.

Al interpolar el flujo de cloro que se presenta en la gráfica de la figura 13, se obtiene el flujo de agua que debe entrar al hipoclorador, el cual es de 22,625 litros por minuto.

Figura 13. **Gráfica de hipoclorador automático**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

La desinfección deberá asegurar que el residual de cloro en el punto más lejano de la red sea de 0,2 a 0,5 miligramos por litro de agua. El flujo de cloro del hipoclorador es de 78,912 gramos por hora; entonces la cantidad de tabletas que se aplicará en un mes será:

$$78,912 \frac{\text{gr}}{\text{h}} * \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} * \frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} = 5\,681,64 \frac{\text{gr}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ tableta}}{300 \text{ gr}} = 18,94 \approx 19 \text{ tabletas}$$

Las tabletas de hipoclorito de calcio de 3 pulgadas se adquieren en tambos plásticos de 150 tabletas, por lo que el rendimiento del tambo será:

$$\frac{150 \text{ tabletas}}{19 \frac{\text{tabletas}}{\text{mes}}} = 7,89 = 8 \text{ meses}$$

2.12. Programa de operación y mantenimiento

Al sistema se le deberá dar un buen mantenimiento, así como a las obras que lo conforman, para que este garantice su buen funcionamiento. El mantenimiento puede ser preventivo o correctivo.

El mantenimiento preventivo es aquel en el que se planifican las acciones y se ejecutan antes de que el sistema produzca algún fallo y es precisamente para evitar esto que se deberá realizar periódicamente.

Mantenimiento correctivo es el que consiste en la reparación inmediata y oportuna de cualquier daño que se produzca en las estructuras o en el equipo.

Cómo realizar el mantenimiento preventivo en el tanque de distribución:

Cada tres meses se debe realizar lo siguiente:

- Revisar que en las estructuras no existan filtraciones o grietas que provoquen un descenso en el nivel de agua.

- Revisar que las válvulas no tengan fugas.
- Se deberá limpiar el tanque, ya que en él se almacena el agua de consumo diario; los pasos a realizar para el lavado del tanque son los siguientes: cerrar la válvula de entrada y la de salida, abrir la válvula de limpieza, lavar el piso y las paredes, después de pasar el cepillo; luego aplicar suficiente agua a los pisos y las paredes, después cerrar la válvula de limpieza y por último abrir las válvulas de entrada y salida.

En la red de distribución se deberá revisar que las cajas de las válvulas no presenten grietas, que no existan roturas, que los candados no estén corroídos, que no exista agua empozada en las cajas de válvulas, que las tapaderas no estén quebradas y que no exista ninguna fuga en las tuberías.

Para la operación del sistema: las personas que conforman el Cocode deberán organizarse para realizar las actividades que garanticen el buen funcionamiento del sistema. Las personas responsables del cuidado y revisión del sistema deberán estar debidamente capacitadas.

2.13. Presupuesto del sistema de agua potable para la aldea Estancia Grande

Para la elaboración del presupuesto se implementaron costos unitarios, los cuales al ser multiplicados por las cantidades obtenidas de la cuantificación dieron como resultado el costo de cada renglón. El factor de indirectos fue proporcionado por la Oficina Municipal de Planificación de la municipalidad.

Tabla IV. Renglones de trabajo

Núm.	Renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo por renglón
1	Bodega	Unidad	1	Q6 003,00	Q6 003,00
2	Trazo	Ml	10 968,03	Q7,50	Q82 311,34
3	Excavación	m ³	1 974,25	Q97,50	Q423 530,64
4	Relleno	m ³	1 645,20	Q51,31	Q84 421,66
5	Tanque de distribución 85 m ³	Unidad	1	Q157 535,10	Q157 535,10
6	Caja rompedor	Unidad	14	Q2 357,27	Q33 001,80
7	Caja de válvulas	Unidad	17	Q4 250,00	Q72 250,00
8	Válvulas y accesorios	Global	1	Q20 560,11	Q20 560,11
9	Línea de impulsión	Global	1	Q228 694,98	Q228 694,98
10	Red de distribución				
10.1	Tubería PVC Ø 2 1/2" 160 psi	Tub	50,00	Q237,15	Q11 857,50
10.2	Tubería PVC Ø 2 " 160 psi	Tub	443,00	Q151,49	Q67 111,35
10.3	Tubería PVC Ø 1 1/2" 160 psi	Tub	211,00	Q75,54	Q15 938,94
10.4	Tubería PVC Ø 1 1/4" 160 psi	Tub	544,00	Q55,53	Q30 208,32
10.5	Tubería PVC Ø 1" 160 psi	Tub	457,00	Q40,93	Q18 705,01
10.6	Tubería PVC Ø 3/4" 250 psi	Tub	97,00	Q36,90	Q3 579,30
11	Conexiones domiciliarias	Unidad	388	Q250,00	Q97 000,00
Total					Q1 352 709,06

Fuente: elaboración propia.

2.14. Propuesta de tarifa

Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de agua potable y con esto asegurar que se cumpla la vida útil del proyecto, se deberá establecer una cuota mensual por el servicio de agua potable que se está prestando.

Para calcular la tarifa que más se adapte a los pobladores existen diversos puntos de vista, entre estos están las tarifas según las variaciones en

los precios establecidos. Según este criterio las mismas pueden clasificarse de la manera siguiente:

- Sistema uniforme: se refiere a establecer un solo precio unitario, sea cual sea el consumo o volumen del mismo; en este sistema el volumen de agua consumida se cobrará mensualmente por cuota general a la población, debido a que no se contará con medidores de volumen de consumo, entonces el cobro mensual se hará dividiendo el total del gasto dentro del total de servicios.
- Sistema diferencial: se aplica cuando la tarifa incluye precios unitarios variables para las diferentes clases de servicios. La diferencia se efectúa tomando en cuenta los siguientes aspectos: según las clases de consumo, de acuerdo con el volumen de agua consumida, según el avalúo catastral de la propiedad y de acuerdo con zonas de presión o bombeo.

Las tarifas diferenciales pueden ser directas si los precios unitarios aumentan conforme aumenta el consumo, o inversas si los precios unitarios disminuyen cuando el consumo aumenta. El propósito principal de las tarifas diferenciales directas es de índole social, para favorecer a los pequeños consumidores. Las tarifas diferenciales inversas toman en cuenta que para grandes servicios el costo es menor, que para pequeños consumidores.

También existen sistemas diferenciales combinados, en los cuales para algunos consumos la tarifa suele ser creciente; para otros generalmente los grandes consumidores la tarifa es decreciente.

El costo de operación debe contemplar el pago mensual a fontaneros para que estos efectúen revisiones constantes en el sistema de agua potable.

El cálculo se realiza de la siguiente manera: un fontanero revisa 30 conexiones prediales y 4 kilómetros de tubería al día.

$$C_o = \left(\frac{L}{3,5} + \frac{N_o}{25} \right) * P_j * F_p$$

Donde

C_o = costo de operación

F_p = factor de prestaciones, según la legislación laboral → 1,77

P_j = pago diario o jornal → Q 60,00

N_c = número de conexiones prediales → 388

L = longitud total de tubería → 10,75345 km

$$C_o = \left(\frac{10,75345}{4} + \frac{388}{30} \right) * 60,00 * 1,77 = Q 1 659,02 /mes$$

El costo de mantenimiento incluye la compra de herramientas y equipo necesario para realizar las reparaciones al sistema. Según la metodología de Infom-Unepar, para determinar el costo de obtención de mantenimiento se debe considerar el periodo de vida útil del sistema, ya que se ha estimado que mensualmente se requerirá un monto equivalente al 0,75 % del costo total del proyecto.

$$C_M = \frac{0,0075 * 1 352 709,06}{12} = 845,44$$

El costo del tratamiento en este caso se refiere a la desinfección que se aplica al agua en el tanque de distribución. De acuerdo con los criterios para el cálculo de tarifas del Infom-Unepar, el cálculo del costo del hipoclorito de calcio es:

$$C_t = Q_d * 2\,592\,000 * D_c * C_h * 4$$

Donde

C_t = costo de tratamiento

2 592 000 = cantidad de segundos en un mes (1 mes = 30 días)

Q_d = consumo máximo horario o caudal de distribución → 6,40 l/s

D_c = demanda de cloro → 2 ppm

C_h = costo de hipoclorito de calcio → Q 2 175,00/100 lb

4 = libras de hipoclorito de calcio al 65 % para desinfectar 1 000 litros de agua en una solución al 10 %

$$C_t = 6,40 * 2\,592\,000 * 0,002 * \frac{2\,175,00}{100} * \frac{4}{1\,000} = Q\,2\,886,45/\text{mes}$$

El costo del consumo de energía mensual depende del tipo de energía que se utilizará, para el presente caso se utilizará energía eléctrica; el procedimiento para calcular el gasto mensual es el siguiente:

$$C_E = C_{KW/H} * 0,746 \text{ KW/H/HP} * POT * H_B * 30$$

Donde

C_E = costo por consumo de energía eléctrica

$C_{KW/H}$ = costo de kilovatio por hora → Q 2,00

POT = potencia de la bomba → 30 HP

H_B = horas diarias de operación de la bomba → 12 h/d

$$C_E = 2,00 * 0,746 * 30 * 12 * 30 = Q\,8\,056,80 /\text{mes}$$

El costo administrativo servirá para mantener un fondo para cualquier gasto que pueda surgir en viáticos, papelería, sellos, entre otros. Se realiza estimando un porcentaje sobre la suma de los costos de operación, mantenimiento, energía eléctrica y tratamiento; para este proyecto se consideró un porcentaje igual al 5 % del total de los costos.

$$C_a = 0,05 * (C_o + C_M + C_E + C_T)$$

$$C_a = 0,05 * (1\ 659,02 + 845,44 + 8\ 056,80 + 2\ 886,45) = 672,38$$

El valor de la inflación está dado como un porcentaje aplicado al total de los ingresos; esto se debe tomar como una reserva que tendrá la comunidad para absorber el alza en los precios de los materiales, accesorios y otros elementos utilizados para darle un buen servicio al sistema. El porcentaje de inflación que se utilizará será del 10 % del total de los ingresos.

$$I = 0,10 * (C_o + C_M + C_E + C_T)$$

$$I = 0,10 * (1\ 659,02 + 845,44 + 8\ 056,80 + 2\ 886,45) = 1\ 344,77$$

2.14.1. Tarifa adoptada

Con los datos obtenidos se procedió a obtener la tarifa propuesta, la cual se calculó como la suma de los costos anteriores dividida entre el número de conexiones prediales totales para el proyecto.

Costo de operación	= Q	1 659,02
Costo de mantenimiento	= Q	845,44
Costo de energía eléctrica	= Q	8 056,80

Costos administrativos	= Q	672,38
Inflación	= Q	<u>1 344,77</u>
Total	= Q	12 578,41

$$\text{Tarifa} = \frac{12\,578,41}{388} = 32,42 \text{ quetzales}$$

La tarifa recomendada es de 32,50 quetzales.

2.15. Cronograma de actividades

El presente cronograma de ejecución detalla las actividades que se llevarán a cabo para la realización del proyecto, el cual indicará el avance que deberá tener cada renglón de trabajo.

Figura 14. Cronograma de actividades

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Costo por renglón	Porcentaje (%)	Mes 1	Mes 2	Mes 3	
1	Bodega	Unidad	1	Q6 003,00	0,44	■			
2	Trazo	ml	10 968,03	Q82 311,34	6,09		■		
3	Excavación	m³	1 974,25	Q423 530,64	31,31		■	■	
4	Relleno	m³	1 645,20	Q84 421,66	6,24		■	■	
5	Tanque de distribución 85 m³	Unidad	1	Q157 535,10	11,65	■	■		
6	Caja rompe presión	Unidad	14	Q33 001,80	2,44		■		
7	Caja de válvulas	Unidad	17	Q72 250,00	5,34		■		
8	Válvulas y accesorios	Global	1	Q20 560,11	1,52		■		
9	Línea de impulsión	Global	1	Q228 694,98	16,91	■	■		
10	Red de distribución	tub	1 802,00	Q147 400,42	10,90		■	■	
11	Conexiones domiciliarias	Unidad	388	Q97 000,00	7,17			■	
Total				Q1 352 709,06	100,00	Inversión			
						Inversión (%)	30,00%	50,00%	20,00%
						Inversión (Q)	Q405 812,72	Q676 354,53	Q270 541,81

Fuente: elaboración propia.

2.16. Evaluación socioeconómica

Los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua potable tienen un gran componente social, el cual da al proyecto un enfoque para el análisis de su evaluación; en este sentido deben considerarse los efectos indirectos, de valorización social de beneficio y costo que conlleva su instalación y el manejo del sistema. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para su realización.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de gran utilidad para conocer la rentabilidad que generará el proyecto. Para ello se utilizarán los métodos del valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación.

2.16.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Este consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como los valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si este es rentable al término del periodo de su funcionamiento.

Para este proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 11 %. El procedimiento a realizar será:

Costo de ejecución = Q 1 352 709,06; debido a la característica del proyecto esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por

alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es autosostenible.

Costo de operación y mantenimiento anual (CA); del análisis de tarifa se tiene:

$$CA = (O+M+T+A+R)*12 = Q. 3\ 176,84*12 \text{ meses} = Q\ 38\ 122,08$$

Tarifa poblacional anual (IA):

$$IA = Q. 32,50/\text{vivienda} * 388 \text{ viviendas} * 12 \text{ meses} = Q\ 151\ 320,00$$

Costo de operación y mantenimiento:

$$VP = CA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 38\ 122,08 * \left[\frac{(1+0,11)^{20} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{20}} \right] = Q\ 303\ 578,63$$

Tarifa poblacional:

$$VP = IA * \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right] = 151\ 320,00 * \left[\frac{(1+0,11)^{20} - 1}{0,11 * (1+0,11)^{20}} \right] = Q. 1\ 205\ 010,81$$

El valor presente neto estará dado por la sumatorias de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el periodo de funcionamiento del sistema.

VPN= ingresos - egresos

$$VPN = Q\ 1\ 205\ 010,81 - Q\ 303\ 578,63 = Q\ 901\ 432,20$$

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

2.16.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno trata de considerar un número en particular que resuma los méritos de un proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es aprovechable.

Cuando se desconoce el valor de la tasa de descuento, se establece que el valor presente neto es igual a cero, ya que cuando ocurre es indiferente aceptar o no la inversión.

La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento.

Debido a que el proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio. este se determina de la siguiente manera:

Costo = Inversión inicial – VPN

Costo = Q 1 352 709,06 – Q 901 432,20 = Q 451 276,86

Beneficio = Núm. de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio= 451 276,86 / 3 947hab.= Q 114,33/hab.

Las instituciones de inversión social toman las decisiones con base en el valor anteriormente obtenido y las disposiciones económicas que posean.

3. AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA ESCUELA DEL CASERÍO LA FUENTE, ALDEA ESTANCIA GRANDE, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto a diseñar consiste en cuatro aulas de 48,80 m² cada una, un módulo de gradas y un muro de contención de 17 metros lineales; la distribución de ambientes será:

- El primer y segundo nivel contarán con dos aulas cada uno
- Módulo de gradas

Debido a que las dos aulas construidas recientemente no son suficientes de albergar a todos los estudiantes con que cuenta la escuela, será necesaria la construcción de nuevas aulas, por lo que se necesita el módulo descrito anteriormente.

La estructura del módulo escolar consiste en marcos dúctiles y losas de concreto armado; los muros serán tabiques de mampostería reforzada de *block* de pómez, las ventanas y puertas serán de metal y el piso de granito de mármol. El muro de contención será de concreto ciclópeo.

3.1.1. Antecedentes

Los miembros del Cocode del caserío La Fuente han gestionado la construcción de una escuela en ese caserío; las gestiones realizadas sirvieron

3.1.3. Terreno disponible

La población del caserío La Fuente cuenta con un terreno de 582,00 m².

3.1.3.1. Topografía del terreno

La topografía del terreno destinado para la ampliación y mejoramiento de la escuela del caserío La Fuente es totalmente plana.

3.1.4. Análisis de suelos

Para el análisis de suelos se realizó un estudio de compresión triaxial.

3.1.4.1. Ensayo compresión triaxial

Este ensayo consiste en obtener una muestra inalterada de 1 pie cúbico del suelo en el que se pretende cimentar para determinar su cohesión, ángulo de fricción interna y valor soporte.

El valor soporte de un suelo es la capacidad que tiene el suelo para soportar una carga sin que se produzcan fallas dentro de su masa. El cálculo del valor soporte se realizó con la ecuación de capacidad de carga última de cimentaciones cuadradas:

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

Donde

$$C' = 14,60 \text{ T/m}^2 \text{ (cohesión)}$$

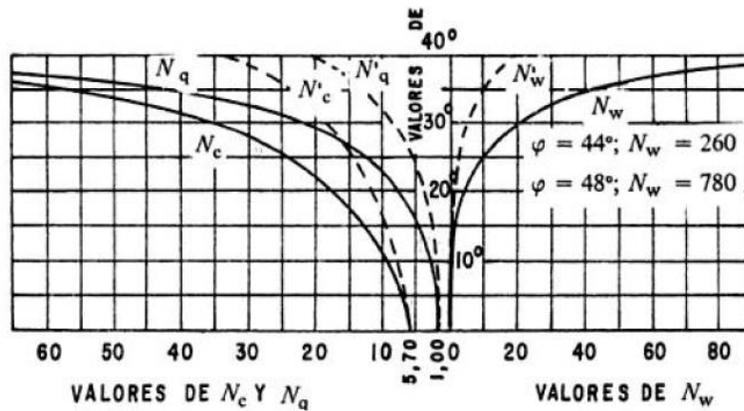
$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,78 \text{ T/m}^3$$

$\phi = 24,01^\circ$ (ángulo de fricción interna)

$Z = 2,00$ m

$\beta = 1,50$ m

Figura 16. Factores para capacidad de carga para la aplicación de la teoría de Terzaghi



Fuente: CRESPO Villalaz. *Libro mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 48.

$$N_c = 22,4 ; N_q = 11,5 ; N_w = 9,5$$

Mediante la ecuación de Terzagui la capacidad de carga última es:

$$q_d = 1,3C'N_c + \gamma_{\text{suelo}}ZN_q + 0,4\gamma_{\text{suelo}}\beta N_w$$

$$q_d = 1,3 * (14,60) * 22,4 + (1,78) * (1,50) * (11,5) + 0,4 * (1,78) * (2,00) * (9,5)$$

$$q_d = 469,38 \text{ ton/m}^2$$

La capacidad de carga admisible con un factor de seguridad de 3 es:

$$q_{\text{adm}} = \frac{469,38}{3} = 156,46 \text{ T/m}^2$$

3.1.5. Normas y códigos a utilizar

Para la distribución y disposición de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el *Reglamento de construcciones de edificios escolares*.

Las normas aplicadas se describen a continuación.

3.1.5.1. Criterios generales

Para el diseño en general se tomó en cuenta la importancia de la estructura y el uso que se le dará a la misma; este es uno de los factores más importantes a tener en cuenta.

3.1.5.2. Criterios de conjunto

- Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir y se debe diseñar respecto de su funcionalidad, incluyendo todas las áreas a utilizar.
- Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en planta baja no excede el 40 % del área total del terreno.
- Orientación del edificio: una correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación ideal es de norte a sur, de preferencia abriendo las ventanas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el

terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir ventanas bajas.

- Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

Para el edificio escolar se tomó en cuenta lo descrito anteriormente, ya que únicamente contará con 2 niveles y las alturas de sus aulas serán de 3,11 metros, con lo que se está cumpliendo con el último inciso.

3.1.5.3. Criterios de iluminación

La iluminación debe ser abundante y uniforme, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
- Un local pequeño recibe mejor la iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y una mejor iluminación.

3.1.5.4. Otros criterios

- Ventilación: la cantidad disponible de aire en el ambiente tiene gran importancia en el desarrollo de actividades y es de suma importancia una buena ventilación y circulación de aire dentro de las aulas.
- Criterios de color: desde el punto de vista físico, el color de los ambientes optimiza la iluminación de los mismos; desde el punto de vista psicológico, los colores influyen en el estado de ánimo de los usuarios del lugar y aumenta o disminuye su rendimiento.
- *Confort* acústico: es importante que en un centro educativo exista *confort* acústico, ya que este influye grandemente en el estado anímico y el grado de concentración del alumno. Para el *confort* acústico es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

En el lugar donde se localiza la escuela, no hay tránsito vehicular, por lo cual el ruido no afectará a los alumnos.

3.1.5.5. Instalaciones

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias y eléctricas. En el diseño y colocación se deberán garantizar los siguientes aspectos:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Duración razonable y economía de mantenimiento

- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

Las instalaciones que se van a diseñar en el edificio escolar son únicamente las instalaciones eléctricas.

3.1.5.6. Aula teórica

La función de esta es proveer a los maestros y alumnos de un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya sea en forma tradicional expositiva o modificando la ubicación del mobiliario, para desarrollar otras técnicas didácticas.

Las recomendaciones para el diseño de aula teórica son las siguientes:

- La capacidad óptima es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de 1,50 metros cuadrados, pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de 1,30 metros cuadrados.

3.1.6. Diseño arquitectónico

Las aulas se diseñaron con capacidad de 34 alumnos, necesitando un área mínima de 1,30 metros cuadrados y un área interna de salón de 45,90 metros cuadrados. Las dimensiones de cada aula son de 6,00 x 8,00 metros.

3.1.6.1. Ubicación del edificio en el terreno

El módulo está orientado de norte a sur, con espacio disponible para una evacuación segura.

3.1.6.2. Altura del edificio

Se escogió realizar el edificio de dos niveles por razones de espacio disponible.

La altura de todos los ambientes es la misma y se deja con estas medidas para dar *confort*, tanto en los ambientes como en los espacios de circulación. La altura de piso a cielo es de 3,00 metros.

3.1.6.3. Selección del sistema estructural a utilizar

Para elegir el sistema estructural a utilizar se deben determinar los siguientes objetivos:

- Cumplir con los requisitos de funcionalidad de la edificación.
- Soportar las cargas y ser una estructura económica y segura.

Existen sistemas que se desempeñan mejor que otros en las eventualidades sísmicas, por lo que se buscó un equilibrio que favorezca todos los aspectos mencionados. Para este proyecto se decidió utilizar el sistema de marcos dúctiles, con losas planas de concreto reforzado.

3.2. Análisis estructural

Es el procedimiento en el cual se realizan los cálculos matemáticos para determinar las secciones de los elementos para determinar la estructura.

3.2.1. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento de un elemento estructural consiste en estimar secciones preliminares, las cuales serán utilizadas para soportar las cargas aplicadas a la estructura.

Existen diversos procedimientos para predimensionar los elementos; para este proyecto se aplicaron los métodos del ACI 318-99, los cuales se explicarán a continuación.

3.2.1.1. Vigas

Para el predimensionamiento de las vigas se utilizó el método recomendado en el ACI 318-99, sección 9.5.2, tabla I, el cual calcula el peralte o altura de la viga, dependiendo de la luz que cubre y de sus apoyos. Por razones de simetría se calculará la más crítica y la de mayor longitud.

Tabla V. **Altura o espesores mínimos de vigas**

Alturas o espesores mínimos de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección a menos que se calculen las deformaciones*				
Espesor mínimo, h				
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse por grandes deformaciones			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$
* La luz l esta en mm.				

Fuente: ACI 318S-08, capítulo 9. p. 129.

Los valores dados en esta tabla se deben usar directamente en elementos de concreto de peso normal ($WC = 2\ 400\ \text{kg/m}^3$) y refuerzo grado 420 MPa.

Datos

$$L = 6\ \text{m}$$

$$h = \text{peralte}$$

Solución

$$h = L/18,5 = 0,3243\ \text{m}$$

$$b = h/2$$

$$b = 0,3243/2 = 0,1622\ \text{m}$$

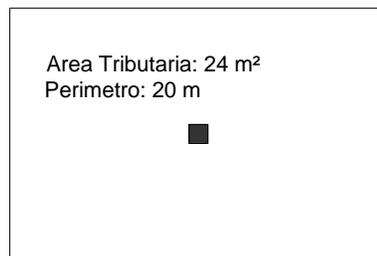
$$b = 0,50\ \text{m}$$

Sección de viga = 0,50 x 0,30 m

3.2.1.2. Columnas

El método utilizado para pre dimensionar las columnas se basa en la carga aplicada y el área tributaria, para luego calcular la sección. Para determinar las secciones de las columnas se tomó como base la columna más crítica, es decir la que soporta mayor carga.

Figura 17. Área tributaria para columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

3.2.1.2.1. Carga axial

La carga axial se determina por medio de áreas tributarias, debiendo considerar que si la columna soporta otros niveles, estos se acumulan para el diseño de la misma.

$$P_u = A_{\text{tributaria}} * C_{U_{\text{Total}}} + (P_{\text{propio viga}} + P_{\text{propio col}}) * F_{cu}$$

$$C_U = C_M + C_V$$

$$C_{U_{\text{Total}}} = 1,4 C_M + 1,7 C_V$$

$$F_{cu} = \frac{CU_{Total}}{CU}$$

Tabla VI. Integración de cargas

Integración de cargas	
Carga muerta	396,00 kg/m ²
carga viva	200,00 kg/m ²
CU	396,00+200,00 = 596,00 kg/m ²
Área tributaria	24,00 kg/m ²
CU total	1,4*(396)+1,7*(200) = 894,40 kg/m ²
Fcu	894,40/596,00 = 1,500 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

1 % Ag ≤ As ≤ 6 % Ag (Según ACI 318-08, sección 21)

Se propone una columna de 30 * 30 = 900 cm²

Fórmula

$$P_u = A_{tributaria} * CU_{Total} + (P_{propio viga} + P_{propio col}) * F_{cu}$$

Solución

$$P_u = 24 * 894,40 + (0,30 * 0,50 * 9 * 2 * 2 400) + (0,30 * 0,30 * 3 * 2 400) * 1,50$$

$$P_u = 32 157,60 \text{ kg}$$

3.2.1.3. Losa

Son elementos estructurales que sirven como cubiertas que protegen de la intemperie, y para transmitir cargas verticales y horizontales. Por su espesor pueden dividirse en cascarones $t < 0,09$, planas $0,09 \leq t \leq 0,14$ y nervadas $t > 0,14$.

En este caso se realizó el diseño de una losa en dos direcciones, según recomendaciones del ACI se realizaron los siguientes cálculos:

$$\text{Espesor de losa} = P / 180$$

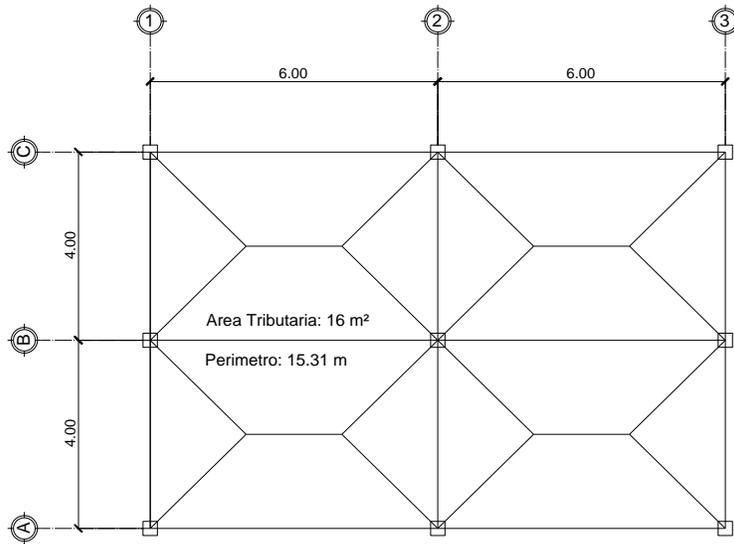
$$t = \frac{20,00}{180} = 0,12$$

3.2.1.4. Cimientos

Para los cimientos se usarán zapatas aisladas, cuyo predimensionamiento se presenta en el diseño de zapatas.

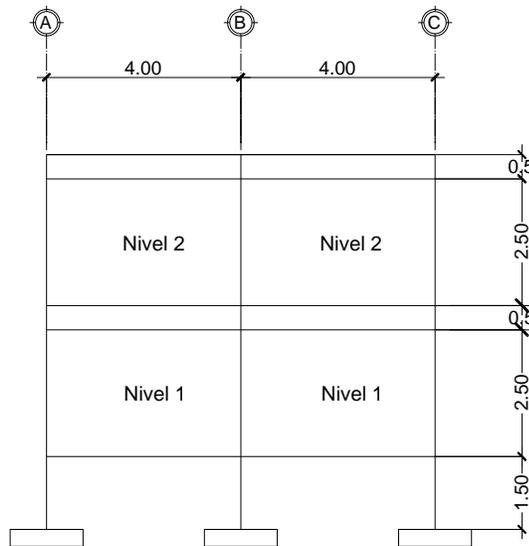
Con los resultados obtenidos en el predimensionamiento y tomando en cuenta la distribución arquitectónica, se muestra la planta típica acotada con su respectiva distribución de vigas y columnas.

Figura 18. **Área tributaria y perímetro**



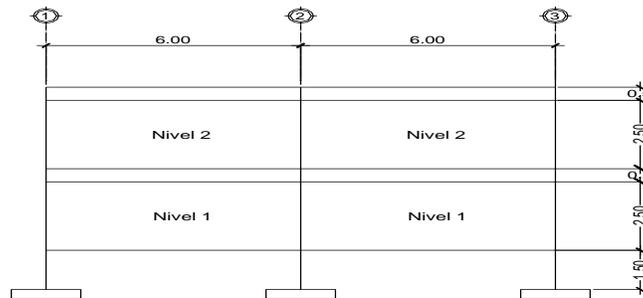
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Figura19. **Elevación marco típico, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Figura 20. **Elevación marco rígido, sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

3.2.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles

El modelo matemático de un marco dúctil es una gráfica que representa tanto la forma como las cargas que soporta el marco y que sirve para realizar el análisis estructural.

Las figuras 18 y 19 muestran los modelos matemáticos de los marcos dúctiles en el sentido X y en el sentido Y, respectivamente.

3.2.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Las cargas en una estructura, de acuerdo con la dirección en que se aplican se dividen en: carga horizontal (sismo o viento) y cargas gravitacionales (carga muerta + carga viva).

3.2.3.1. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Existen dos fuerzas horizontales, viento y sismo, a las que está expuesto un edificio. Generalmente, se considera en el análisis estructural únicamente

una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente.

Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. Para encontrar las fuerzas sísmicas al edificio de aulas, se aplicó el método SEAOC, de la manera siguiente:

3.2.3.2. Método SEAOC

Corte basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite al edificio en la base. El corte basal está dado por la fórmula siguiente:

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

Donde

Z = coeficiente de riesgo sísmico que depende de la zona, Región 4.2 → Z = 1

I = coeficiente que depende de la importancia de la estructura, después de un evento sísmico. → I = 1,30

K = coeficiente que depende del tipo de la estructura. → K = 0,67

C = coeficiente ligado al período de vibración de la estructura.

S = coeficiente que depende del suelo de cimentación. → S = 1,5

W = peso propio de la estructura. → +25 % WCV

Nota: el sismo no actúa en una dirección determinada con respecto al edificio.

Por tal razón se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X e Y longitudinal y transversal, respectivamente; con los valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

El factor C depende del período natural fundamental de vibración de la estructura T y está dado por $C = \frac{1}{1,5\sqrt{T}}$; el valor C debe ser menor que 0,12, si este valor es mayor que 0,12 se debe usar 0,12. El valor C se determina en el sentido X y en el sentido Y, de la manera siguiente:

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

$$T_x = 0,0906 * \frac{7,5}{\sqrt{12}} = 0,1962$$

$$C_x = \frac{1}{1,5\sqrt{0,1962}} = 0,1505$$

$$C_x = 0,12$$

$$T_y = 0,0906 * \frac{7,5}{\sqrt{8}} = 0,2402$$

$$C_y = \frac{1}{1,5\sqrt{0,2402}} = 0,136$$

$$C_y = 0,12$$

$$C_x * S = 0,12 * 1,5 = 0,18$$

$$C_y * S = 0,12 * 1,5 = 0,18$$

3.2.3.3. Cargas verticales en marcos dúctiles

También llamadas cargas por gravedad se dividen en carga viva y carga muerta. Las cargas vivas son ocasionales, no estacionarias, que están en constante movimiento, y dependen del uso de la estructura (ver ACI 318-08 cap.8); la carga muerta es aquella que permanece constante, inamovible y permanente dentro de una estructura; generalmente está constituida por el peso propio de los elementos que integra la estructura.

Como ya están definidos y predimensionados los elementos, se procede a la integración de cargas:

Peso específico del concreto = 2 400 kg/m³

Peso de azotea sin acceso = 100 kg/m²

Peso de muros = 340 kg/m²

Cargas muertas en techo:

Losa 0,12 * 2 400 = 288 kg/m²

Acabados 0,02 * 400 = 8 kg/m²

Pañuelos 0,05 * 1 400 = 70 kg/m²

CM = $\frac{288 + 8 + 70}{1} = 366$ kg/m²

Cargas muertas en entrepiso y aulas:

Losa 0,12 * 2 400 = 288 kg/m²

Relleno 0,05 * 1 400 = 70 kg/m²

Acabados 0,02 * 400 = 8 kg/m²

$$\begin{aligned} \text{Piso de granito } 0,05 * 600 &= 30 \text{ kg/m}^2 \\ \text{CM} &= 396 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Muros primer nivel = muros segundo nivel

Peso de mampostería = 340 kg/m^3

Longitud total de muros = 42,90 m

Segundo nivel:

$$\begin{aligned} W_{\text{muros}} &= 42,90 * 3 * 340 = 43\,758,00 \text{ kg} \\ W_{\text{col}} &= 0,30 * 0,30 * 3 * 2\,400 * 9 = 5\,832,00 \text{ kg} \\ W_{\text{viga}} &= 0,30 * 0,50 * 60 * 2\,400 = 21\,600,00 \text{ kg} \\ W_{\text{losa}} &= 366,00 * 96 = 35\,136,00 \text{ kg} \\ \hline W_{\text{CM}} &= 106\,326,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga viva ($W_{\text{CV}} = \text{CV} * A$)

$$W_{\text{CV}} = 100 * 96 = 9\,600,00 \text{ kg}$$

Peso de la estructura

$$W_{2\text{nivel}} = W_{\text{CM}} + 0,25 W_{\text{CV}}$$

$$W_{2\text{nivel}} = 106\,326,00 + (0,25 * 9\,600,00) = 108\,726,00 \text{ kg}$$

Primer nivel:

$$\begin{aligned} W_{\text{muros}} &= 42,90 * 3 * 340 = 43\,758,00 \text{ kg} \\ W_{\text{col}} &= 0,30 * 0,30 * 3 * 2\,400 * 9 = 5\,832,00 \text{ kg} \\ W_{\text{viga}} &= 0,30 * 0,50 * 60 * 2\,400 = 21\,600,00 \text{ kg} \\ W_{\text{losa}} &= 396,00 * 96 = 38\,016,00 \text{ kg} \\ \hline W_{\text{CM}} &= 109\,206,00 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga viva (W_{CV}) = $CV * A$

$$W_{CV} = 200 * 96 = 19\ 200,00 \text{ kg}$$

Peso de la estructura:

$$W_{1\text{nivel}} = W_{CM} + 0,25W_{CV}$$

$$W_{1\text{nivel}} = 109\ 206,00 + (0,25 * 19\ 200,00) = 114\ 006,00 \text{ kg}$$

Peso total de la estructura:

$$W_{\text{Total}} = W_{2\text{nivel}} + W_{1\text{nivel}}$$

$$W_{\text{Total}} = 108\ 726,00 + 114\ 006,00 = 222\ 732,00 \text{ kg}$$

Corte basal: $V = Z * I * K * C * S * W$

$$V = 1 * 1,3 * 0,8 * 0,12 * 1 * 222\ 732,00 = 27\ 796,95 \text{ kg}$$

Fuerzas por nivel (F_{ni}): las fuerzas por nivel están dadas por la fórmula:

$$F_{ni} = \left[\frac{(V - F_t) * W_{hi}}{\sum(W_{hi})} \right]$$

Donde

V = corte basal

F_t = fuerza de techo, si t (período natural de vibración) es menor que 0,25 seg, entonces, $F_t = 0$

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

W_i = peso propio de la estructura + 25 % de las cargas vivas por nivel

h_i = altura medida desde la cimentación al nivel considerado

Se calcula primero F_n respecto del eje X y después al eje Y, como $t < 0,25$ $F_t = 0$

$$T = 0,1962 < 0,25$$

$$F_t = 0$$

$$F_{\text{nivel2}} = [(27\,796,95 - 0) * (108\,726,00 * 7,5)] / (1\,328\,472,00) = 17\,062,37 \text{ kg}$$

$$F_{\text{nivel1}} = [(27\,796,95 - 0) * (114\,006,00 * 4,5)] / (1\,328\,472,00) = 10\,734,58 \text{ kg}$$

3.2.4. Análisis de fuerzas por marco

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

- Fuerzas por marcos Y – Y: como se observar en la figura, el edificio es simétrico en Y, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido Y.

$$F_m = \frac{(F_2 + F_t)}{\#\text{marcos}}$$

Segundo nivel

$$F_{m2} = (17\,062,37 + 0) / 3 = 5\,687,46 \text{ kg}$$

Primer nivel:

$$Fm_1 = (10\,734,58+0)/3 = 3\,578,19 \text{ kg}$$

- Fuerzas por marcos X – X: como se puede observar en la figura, el edificio es simétrico en X, por lo que la fuerza por marco será igual al producto de la división de la fuerza de piso entre el número de marcos en el sentido X.

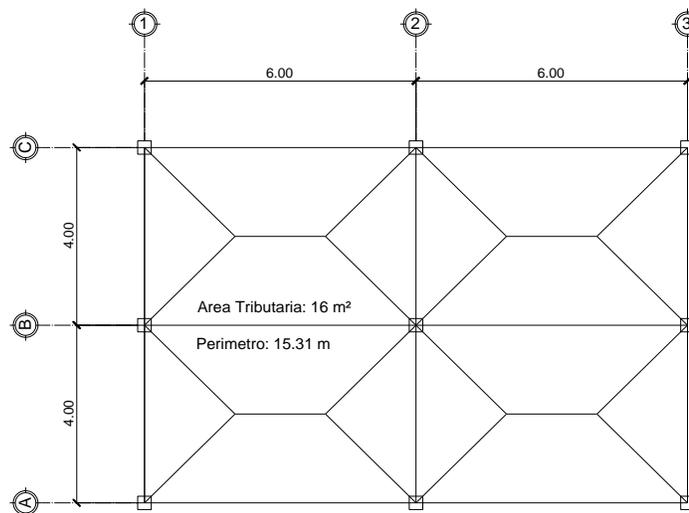
Segundo nivel

$$Fm_2 = (17\,062,37+0)/3 = 5\,687,46 \text{ kg}$$

Primer nivel:

$$Fm_1 = (10\,734,58+0)/3 = 3\,578,19 \text{ kg}$$

Figura 21. **Cargas actuantes en el marco típico**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Sentido X-X

Marco típico nivel 2

Carga muerta

$$CM_{X-X} = \frac{(t + acabados) * A_{tributaria}}{L_{viga}}$$

$$CM_{C-F} = \frac{[(0,12 * 2\ 400) + 70 + 8] * 16}{6} = 976,00 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV_{X-X} = \left(\frac{CV * A_t}{L_v} \right)$$

$$CV_{C-F} = \left(\frac{100 * 16}{6} \right) = 266,66 \text{ kg/m}$$

Marco típico nivel 1

$$CM_{X-X} = \frac{(t + acabados) * A_t}{L_v}$$

$$CM_{B-E} = \frac{[(0,12 * 2\ 400) + 8 + 70 + 160 + 30] * 16}{6} = 1\ 482,67 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV_{X-X} = \left(\frac{CV * A_t}{L_v} \right)$$

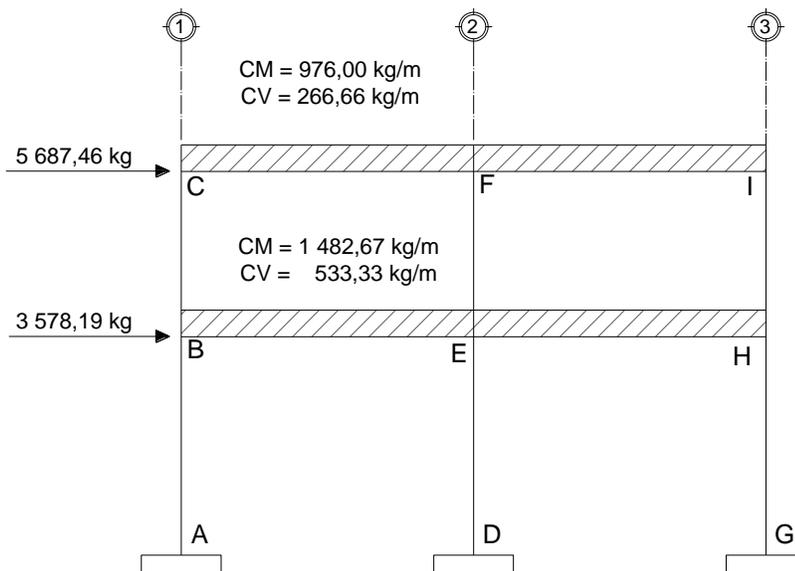
$$CV_{B-E} = \left(\frac{200 * 16}{6} \right) = 533,33 \text{ kg/m}$$

Tabla VII. Integración de cargas sentido X-X

	Carga muerta	Carga viva
Nivel 2	976,00 kg/m	266,66 kg/m
Nivel 1	1 482,67 kg/m	533,33 kg/m

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Cargas actuantes en el eje B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Sentido Y-Y

Marco típico nivel 2

Carga muerta

$$CM_{Y-Y} = \frac{(t + acabados) * A_t}{L_v}$$

$$CM_{C-F} = \frac{[(0,12 * 2\ 400) + 8 + 70] * 16}{4} = 1\ 464,00 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV_{Y-Y} = \left(\frac{CV * A_t}{L_v} \right)$$

$$CV_{C-F} = \left(\frac{100 * 16}{4} \right) = 400,00 \text{ kg/m}$$

Marco típico nivel 1

$$CM_{Y-Y} = \frac{(t + acabados) * A_t}{L_v}$$

$$CM_{B-E} = \frac{[(0,12 * 2\ 400) + 8 + 70 + 160 + 30] * 16}{4} = 2\ 224,00 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV_{Y-Y} = \left(\frac{CV * A_t}{L_v} \right)$$

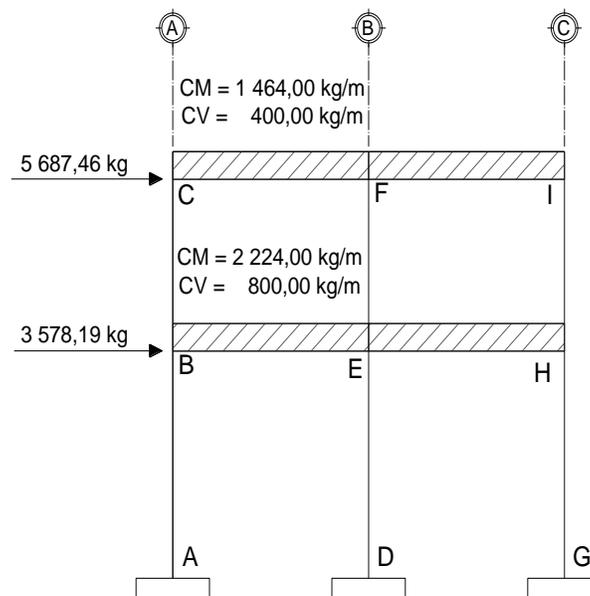
$$CV_{B-E} = \left(\frac{200 * 16}{4} \right) = 800,00 \text{ kg/m}$$

Tabla VIII. Integración de cargas sentido Y-Y

	Carga muerta	Carga viva
Nivel 2	1 464,00 kg/m	400 kg/m
Nivel 1	2 224,00 kg/m	800 kg/m

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Momentos producidos por carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

3.3. Análisis de marcos por un método de análisis estructural (método de Kani)

Luego de la integración total de cargas, se procede al análisis estructural para la determinación de las fuerzas y deformaciones que se presentan en la estructura a través del método de Kani.

3.3.1. Resumen general del método de Kani

El siguiente resumen se aplica únicamente para miembros de sección constante; además, no incluye los casos cuando existen columnas de diferente altura en un mismo piso, o cuando hay articulaciones en los apoyos de las columnas.

- Cálculo de momentos fijos (MFik): estos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (MS): estos se calculan cuando hay cargas verticales.

$$MS = \sum MFik$$

- Determinación de fuerzas de sujeción (H): estas se determinan cuando se hace el análisis de las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido. $H = FM \text{ NIVEL } n$ (fuerza por marco del nivel n, tomada del análisis sísmico).

- Cálculo de la fuerza cortante en el piso (Qn): se calcula cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco rígido.

$$Qn = \sum H$$

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

$$M_n = (Q_n \cdot h_n) / 3 \quad h_n = \text{altura del piso "n"}$$

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

$$K_{ik} = I / L_{ik} \quad \begin{array}{l} I \text{ inercia del elemento} \\ L \text{ longitud del elemento} \end{array}$$

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

$$\mu_{ik} = -1/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$$

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

$$v = -3/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$$

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

$$\begin{array}{ll} M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum M'_{ni}) & \text{sin ladeo} \\ M'_{ik} = \mu_{ik} (M_s + \sum (M'_{ni} + M''_{in})) & \text{con ladeo} \end{array}$$

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

$$\begin{array}{ll} M''_{ik} = v_{ik} (\sum (M'_{ik} + M'_{ki})) & \text{ladeo por asimetría} \\ M''_{ik} = v_{ik} (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})) & \text{ladeo por fuerza horizontal} \end{array}$$

- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (Mik)

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

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

Cálculo de momentos positivos en vigas:

$$M = \left[\frac{WL^2}{8} - \frac{(M1 + M2)}{2} \right]$$

3.3.2. Análisis por medio del método de Kani-carga muerta-marco típico

- Cálculo de momentos fijos (MFik) $MF = \pm WL^2 / 12$

$$M_{B-E} = M_{E-H} = [1\,482,67 \cdot (6)^2] / 12 = 4\,448,01$$

$$M_{H-E} = M_{E-B} = [1\,482,67 \cdot (6)^2] / 12 = -4\,448,01$$

$$M_{C-F} = M_{F-I} = [976 \cdot (6)^2] / 12 = 2\,928$$

$$M_{I-F} = M_{F-C} = [976 \cdot (6)^2] / 12 = -2\,928$$

- Cálculo de momentos de sujeción $MS = \Sigma (MF_{ik})$

$$M_{SB} = 4\,448,01$$

$$M_{SC} = 2\,928$$

$$M_{SE} = 4\,448,01 - 4\,448,01 = 0$$

$$M_{SF} = 2\,928 - 2\,928 = 0$$

$$MSH = -4\,448,01$$

$$MSI = -2\,928$$

- Cálculo de rigidez de los elementos $K_{ik} = I / L_{ik}$

Inercia de los elementos rectangulares $I = bh^3 / 12$

$$I_{\text{viga}} = [30 \cdot (50)^3] / 12 = 312\,500 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{col}} = [30 \cdot (30)^3] / 12 = 67\,500 \text{ cm}^4$$

Inercias relativas: $I_{\text{columnas}} = 1$

$$I_{\text{viga}} = I_{\text{viga}} / I_{\text{col}} = 312\,500 / 67\,500 = 4,6296 \text{ T}$$

Vigas:

$$\text{Viga } 1 = K_{BE} = K_{EB} = K_{EH} = K_{HE} = K_{CF} = K_{FC} = K_{FI} = K_{IF} = 4,6296 / 6 = 0,7716$$

Tabla IX. Inercia y rigidez de los elementos

Elementos	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)	Inercia (m ⁴)	Rigidez (K)
Vigas 2do nivel					
F-C	0.30	0.50	6.00	0.003125	0.7716
F-I	0.30	0.50	6.00	0.003125	0.7716
Vigas 1er nivel					
E-B	0.30	0.50	6.00	0.003125	0.7716
E-H	0.30	0.50	6.00	0.003125	0.7716
Columnas 2do nivel					
E-F	0.30	0.30	3.00	0.000675	0.3333
B-C	0.30	0.30	3.00	0.000675	0.3333
H-I	0.30	0.30	3.00	0.000675	0.3333
Columnas 1er nivel					
E-D	0.30	0.30	4.50	0.000675	0.2222
B-A	0.30	0.30	4.50	0.000675	0.2222
H-G	0.30	0.30	4.50	0.000675	0.2222

Fuente: elaboración propia.

Factores de giro o coeficientes de reparto $\mu_{ik} = -1/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$

$$\text{Nudo A: } \mu_{AB} = -1/2 [K_{AB} / (K_A\text{-SUELO} + K_{AB})] = -1/2 [0,2/(\infty + 0,2)] = 0$$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -1/2 [K_{BA}/(K_{BA}+K_{BE}+K_{BC})]$$

$$\mu_{BA} = -1/2 [0,22/(0,22+0,77+0,33)] = -0,0833$$

$$\mu_{BE} = -1/2 [K_{BE}/(K_{BA}+K_{BC}+K_{BE})]$$

$$\mu_{BE} = -1/2 [0,7716/(0,22+0,33+0,7716)] = -0,2919$$

$$\mu_{BC} = -1/2 [K_{BC}/(K_{BA}+K_{BC}+K_{BE})]$$

$$\mu_{BC} = -1/2 [0,33/(0,33+0,33+0,7716)] = -0,3502$$

Nudo C:

$$\mu_{CB} = -1/2 [K_{CB} / (K_{CB} + K_{CF})]$$

$$\mu_{CB} = -1/2 [0,33/(0,33+0,7716)] = -0,1498$$

$$\mu_{CF} = -1/2 [K_{CF} / (K_{CB} + K_{CF})]$$

$$\mu_{CF} = -1/2 [0,7716/(0,33+0,7716)] = -0,3502$$

$$\text{Nudo D: } \mu_{DE} = -1/2 [K_{DE} / (K_D\text{-SUELO} + K_{DE})] = -1/2[0,2/(\infty + 0,2)] = 0$$

Nudo E:

$$\mu_{ED} = -1/2 [K_{ED}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH})]$$

$$\mu_{ED} = -1/2 [0,22/(0,22+0,7716+0,33+0,7716)] = -0,0526$$

$$\mu_{EB} = -1/2 [K_{EB}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH})]$$

$$\mu_{EB} = -1/2 [0,7716/(0,33+0,22+0,7716+0,7716)] = -0,1843$$

$$\mu_{EF} = -1/2 [K_{EF}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH})]$$

$$\mu_{EF} = -1/2 [0,33/(0,33+0,22+0,7716+0,7716)] = -0,0788$$

$$\mu_{EH} = -1/2 [K_{EH}/(K_{ED}+K_{EB}+K_{EF}+K_{EH})]$$

$$\mu_{EH} = -1/2 [0,7716/(0,33+0,22+0,7716+0,7716)] = -0,1843$$

Nudo F

$$\mu_{FE} = -1/2 [KFE / (KFE +KFG+KFB)]$$

$$\mu_{FE} = -1/2 [0,33/(0,7716+0,33+0,7716)] = -0,0881$$

$$\mu_{FC} = -1/2 [KFB / (KFE +KFG+KFB)]$$

$$\mu_{FC} = -1/2 [0,7716/(0,7716+0,33+0,7716)] = -0,206$$

$$\mu_{FI} = -1/2 [KFG / (KFE +KFG+KFB)]$$

$$\mu_{FI} = -1/2 [0,7716/(0,7716+0,33+0,7716)] = -0,206$$

Tabla X. **Factores de giro**

Tramo	F. de g. (μ)
Nodo B	
B-C	-0.12
B-E	-0.30
B-A	-0.08
Sumatoria	-0.50
Nodo C	
C-F	-0.1498
C-B	-0.3502
Sumatoria	-0.50
Nodo E	
E-B	-0.1843
E-F	-0.0788
E-H	-0.1843
E-D	-0.0525
Sumatoria	-0.50
Nodo F	
F-C	-0.2059
F-I	-0.2059
F-E	-0.0881
Sumatoria	-0.50
Nodo H	
H-I	-0.04
H-E	-0.35
H-G	-0.11
Sumatoria	-0.50
Nodo I	
I-F	-0.1508
I-H	-0.35
Sumatoria	-0.50

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de factores de corrimiento $v_{ik} = -3/2 (K_{ik} / \sum K_{in})$

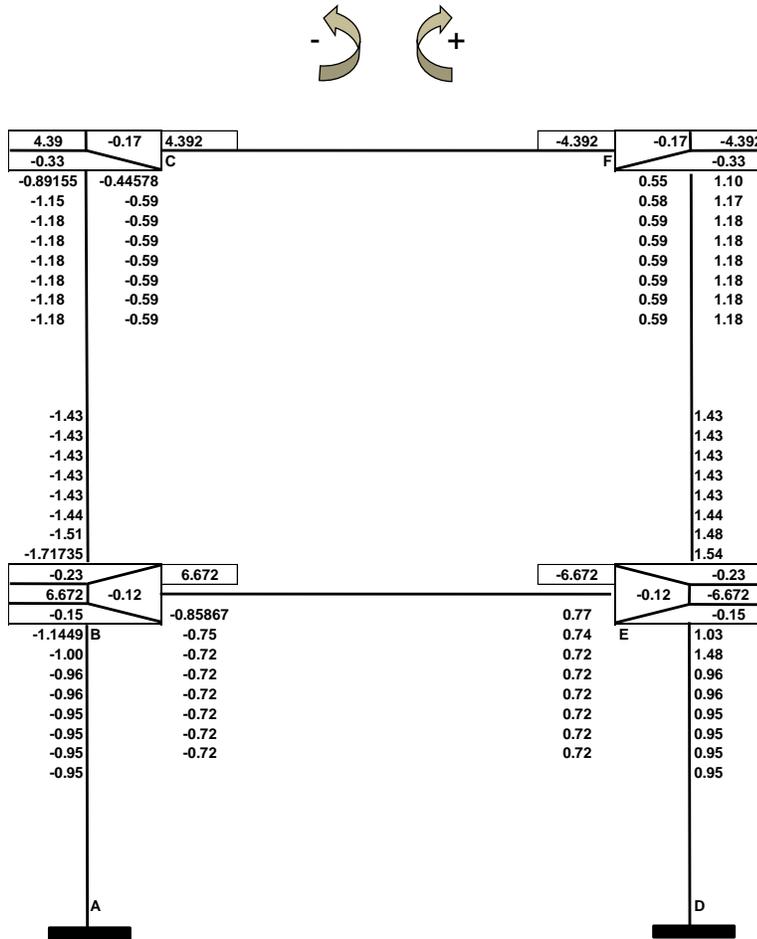
Nivel 1:

$$V_{AB} = V_{DE} = V_{GH} = -3/2 [0,22/(0,22+0,22+0,22)] = -0,5$$

Nivel 2:

$$V_{BC} = V_{EF} = V_{HI} = -3/2 [0,33/(0,33+0,33)+0,33] = -0,5$$

Figura 24. Solución de marco típico por medio del método de Kani con carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Tabla XI. **Momentos finales I**

NODO	TOTAL	UNIDADES
AB	-0.95	Ton.m
BA	-1.91	Ton.m
BC	-4.05	Ton.m
BE	5.96	Ton.m
CB	-3.80	Ton.m
CF	3.80	Ton.m
FC	-3.80	Ton.m
FE	3.80	Ton.m
EB	-5.96	Ton.m
EF	4.05	Ton.m
ED	1.91	Ton.m
DE	0.95	Ton.m

Fuente: elaboración propia.

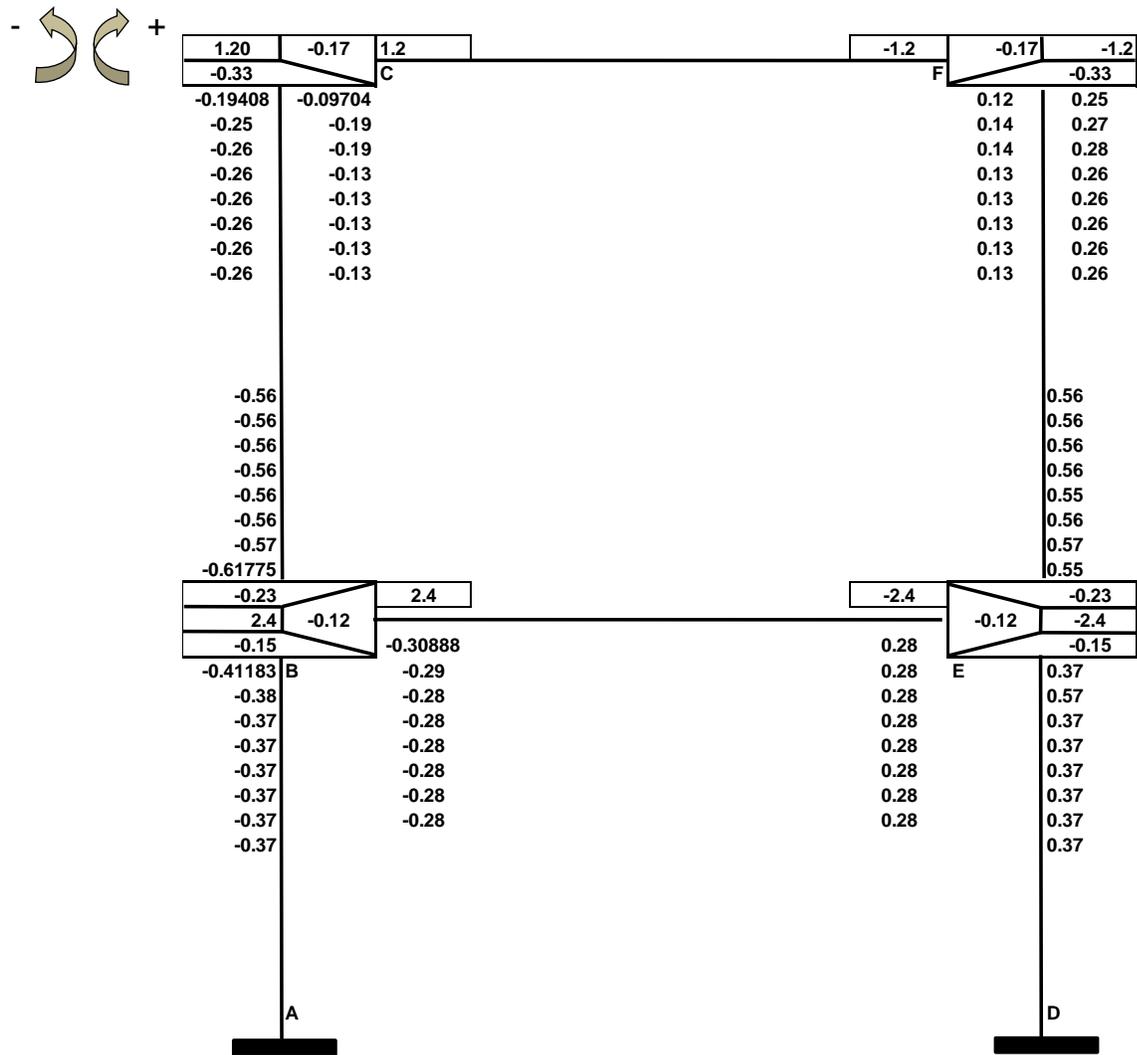
Tabla XII. **Momentos positivos se encuentran I**

$$M^+_{AB} = \frac{wl^2}{8} - \frac{M^-_{AB} + M^-_{BA}}{2}$$

NODO	TOTAL	UNIDADES
AB	7.53	Ton.m
BC	5.57	Ton.m
CF	2.79	Ton.m
FE	2.28	Ton.m
EB	10.00	Ton.m
ED	4.20	Ton.m

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Solución de marco típico por medio del método de Kani con carga viva



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Tabla XIII. **Momentos finales II**

NODO	TOTAL	UNIDADES
AB	-0.37	Ton.m
BA	-0.75	Ton.m
BC	-1.37	Ton.m
BE	2.12	Ton.m
CB	-1.07	Ton.m
CF	1.07	Ton.m
FC	-1.07	Ton.m
FE	1.07	Ton.m
EB	-2.12	Ton.m
EF	1.37	Ton.m
ED	0.75	Ton.m
DE	0.37	Ton.m

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Momentos positivos se encuentran II**

$$M^+_{AB} = \frac{wl^2}{8} - \frac{M^-_{AB} + M^-_{BA}}{2}$$

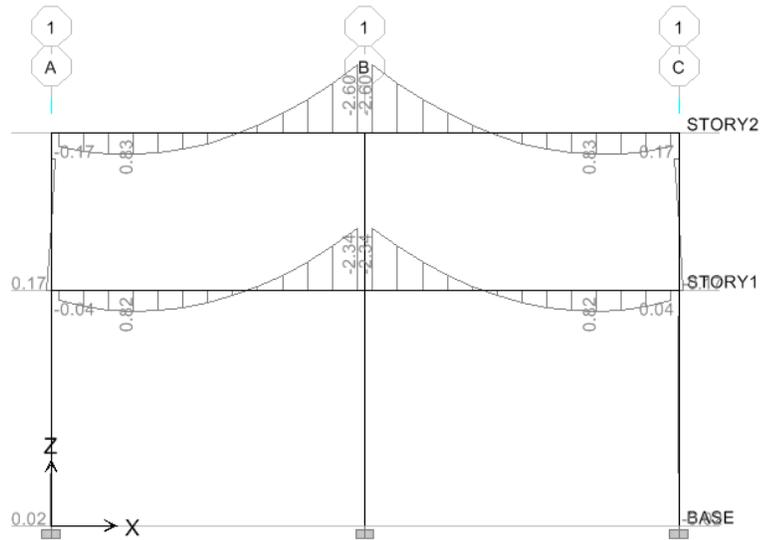
NODO	TOTAL	UNIDADES
AB	2.77	Ton.m
BC	1.67	Ton.m
CF	1.80	Ton.m
FE	0.77	Ton.m
EB	3.60	Ton.m
ED	1.46	Ton.m

Fuente: elaboración propia.

Resultados del análisis estructural por el método de Kani:

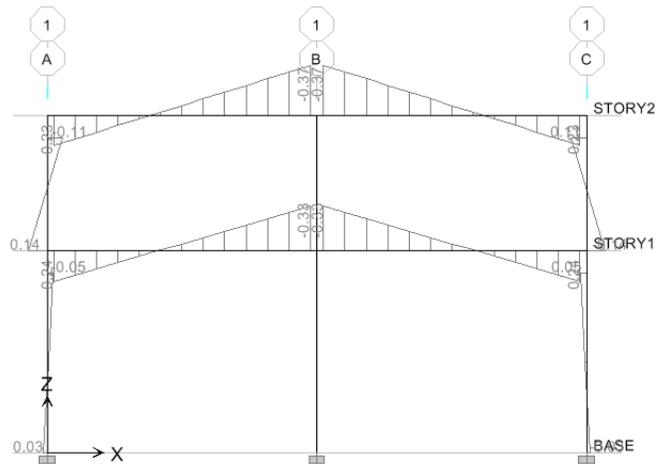
$$M = \left[\frac{0,976 * 6^2}{8} - \frac{(0 + 2,60)}{2} \right] = 1,79$$

Figura 26. **Momentos producidos por carga muerta. (Ton-m) - columnas y vigas**



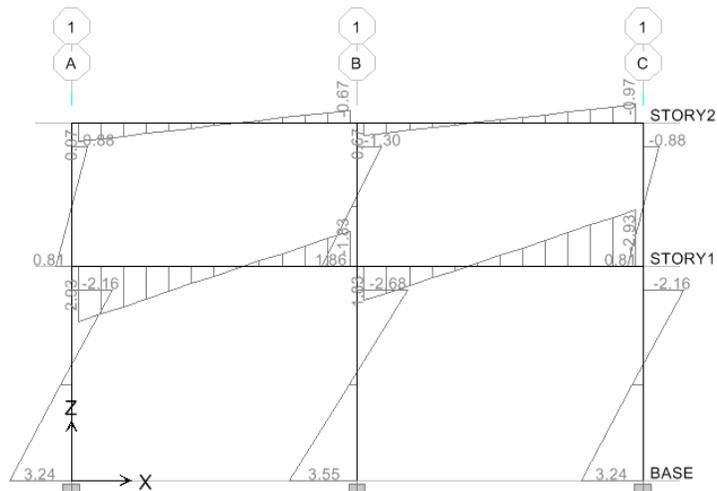
Fuente: elaboración propia, con ETABS 2009

Figura 27. **Momentos producidos por carga viva. (Ton-m) – columnas y vigas**



Fuente: elaboración propia, con ETABS 2009

Figura 28. **Momentos producidos por carga sísmica. (Ton-m)–
columnas y vigas**



Fuente: elaboración propia, con ETABS 2009

3.3.3. **Envolvente de momentos**

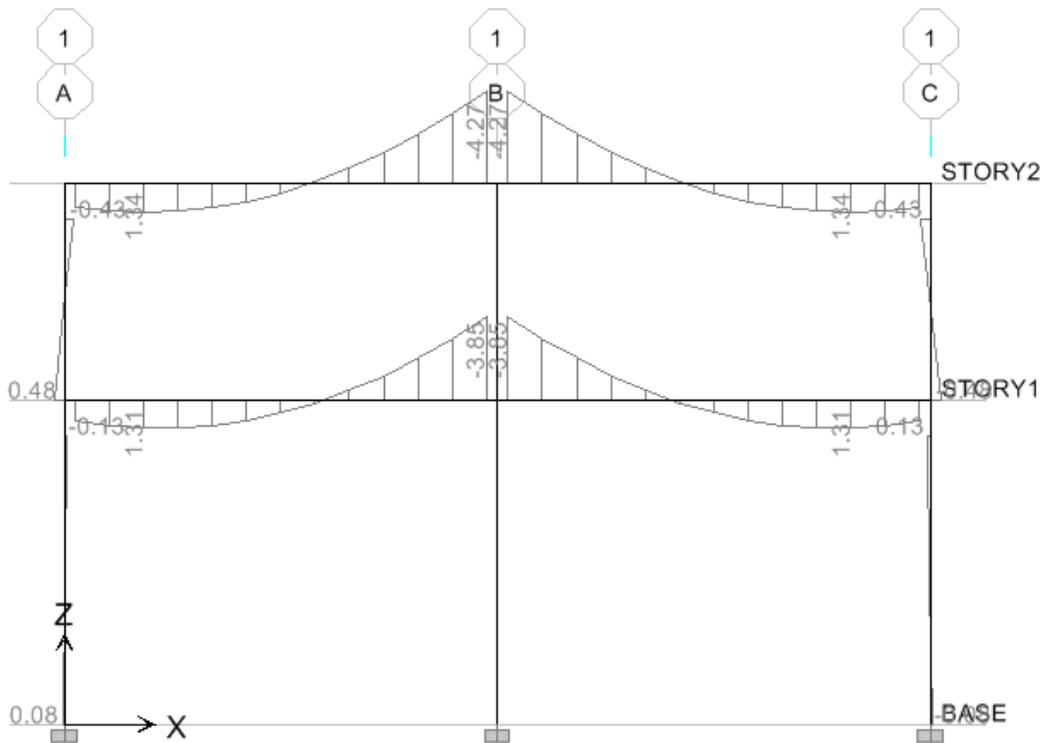
La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos, que pueden ocurrir al superponer los efectos de carga muerta, carga viva y fuerza sísmica, tanto en vigas como en columnas.

Para considerar la superposición de efectos, el Código ACI 318-08 propone las siguientes combinaciones:

- $1,4CM+1,7CV = 4\ 473,60$
- $0,75(1,4CM+1,7CV\pm 1,87S) = 8\ 373,61$
= -1 663,21
- $0,9CM\pm 1,43S = 7\ 118,41$
= - 3 115,21

Siendo la combinación 2 la crítica.

Figura 29. Diagrama de momentos últimos (Ton-m) vigas y columnas



Fuente: elaboración propia, con ETABS 2009.

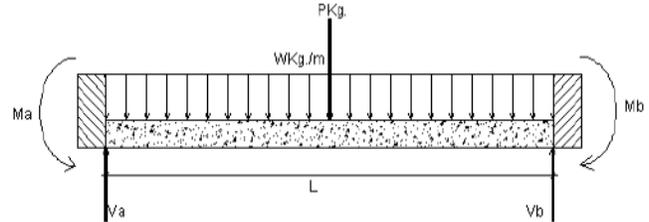
3.3.4. Diagrama de corte en marcos dúctiles

Para calcular los esfuerzos cortantes se utilizan las fórmulas indicadas en este inciso; cada una deberá determinarse por los resultados de carga muerta y carga viva:

Figura 30. Cargas actuante en viga

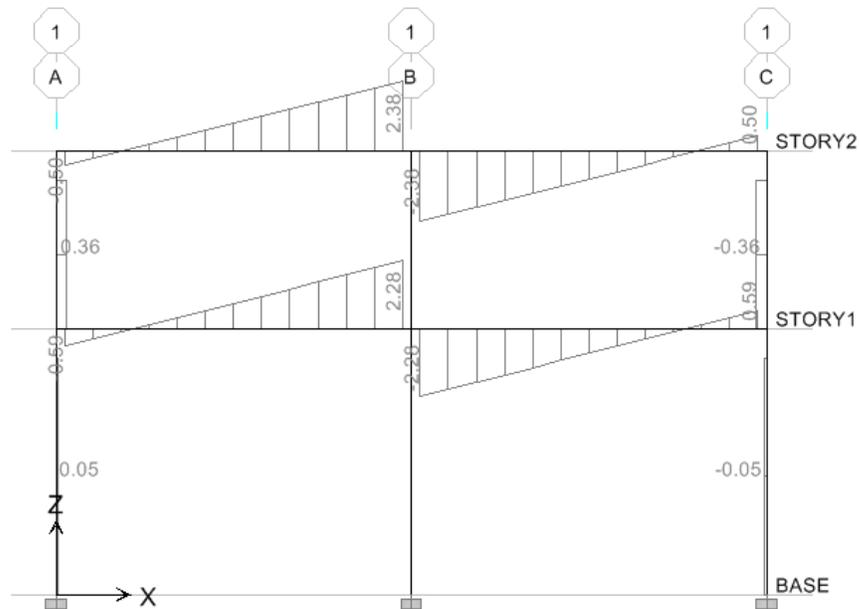
$$V_{\text{ultimo}} = 1,4V_{\text{CM}} + 1,7V_{\text{CV}}$$

$$V_b = \left[\frac{WL}{2} \right] + \left[\frac{M_b - M_a}{L} \right]$$



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD 2012.

Figura 31. Diagrama de cortes últimos (Ton) eje X en vigas y columnas



Fuente: elaboración propia, con ETABS 2009.

3.4. Dimensionamiento estructural

Para el dimensionamiento de la estructura se realizaron cálculos estructurales, partiendo desde el predimensionamiento de los elementos, que

es la estimación de secciones que se utilizaron como base para diseñar la estructura.

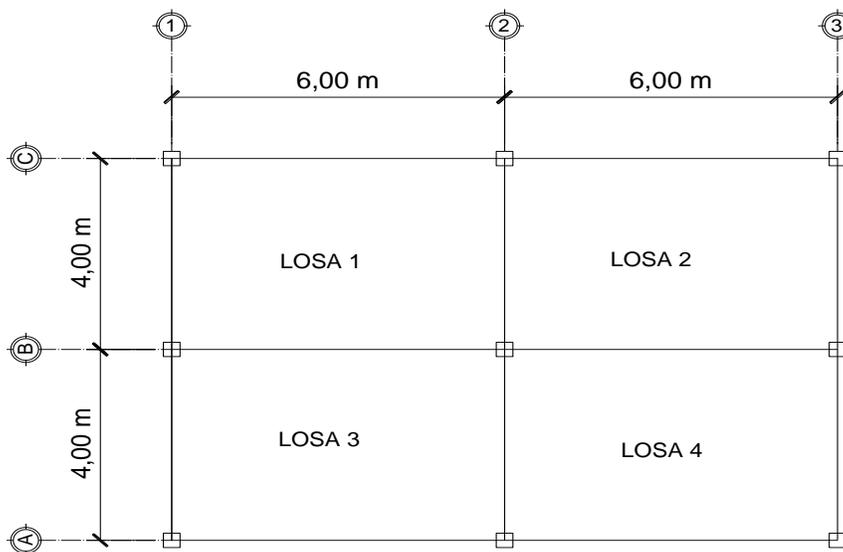
3.4.1. Diseño de losa

Para el diseño de losas existen varios métodos; en este caso se utiliza el método 3 del ACI descrito en la sección siguiente.

Losas nivel 1:

El cálculo del espesor de losa se realizó en el inciso 3.2.1.3 y se determinó un $t = 0,12$ m.

Figura 32. Dimensiones de losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Tabla XV. **Cálculo de carga muerta**

Espesor de losa	0,12 m
Peso propio losa	264,00 kg/m ²
Carga adicional	40,00 kg/m ²
Mezclón	66,00 kg/m ²
Peso de muros	160,00 kg/m ²

Total carga muerta	530,00 kg/m ²
Total carga viva	200,00 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

Losas 1, 2,3 y 4:

$$CM_u = 1,4 * 530 = 742,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_u = 1,7 * 200 = 340,0 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4 * 530 + 1,7 * 200 = 1\ 082,00 \text{ kg/m}^2$$

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

$$CU_u = 1\ 082,00 * 1 = 1\ 082,00 \text{ kg/m}$$

Momentos actuantes

Fórmulas: $M_{(-)} = C * CUU * A2$

$$M_{(+)} = C * CUU * A2 + C * CVUU * A2$$

Dónde: C Coeficiente de tablas ACI 318-08

A = Dimensión del lado considerado de la losa

$$M_{(-)} = C \cdot CUU \cdot A^2$$

$$M_{(+)} = C \cdot CUU \cdot A^2 + C \cdot CVU \cdot U \cdot A^2$$

$$M = Ic/LI$$

$m = 4/6 = 0,6667 > 0,5$; la losa trabaja en dos direcciones

LOSA 1, 2,3 y 4 por simetría se calculan de la misma manera.

Momentos negativos:

$$C = 0,081 \text{ a negativo}$$

$$C = 0,019 \text{ b negativo}$$

$$M_{(-)} \text{ a} = 0,081 \cdot 1\,082,00 \cdot (4)^2 = 1\,402,27 \text{ kg-m}$$

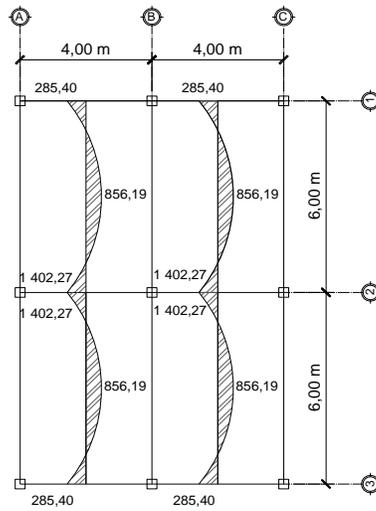
$$M_{(-)} \text{ b} = 0,019 \cdot 1\,082,00 \cdot (6)^2 = 740,09 \text{ kg-m}$$

Momentos positivos

$$M_{(+)} \text{ a} = (0,057 \cdot 340 \cdot (4)^2) + (0,046 \cdot 742 \cdot (4)^2) = 856,19 \text{ kg-m}$$

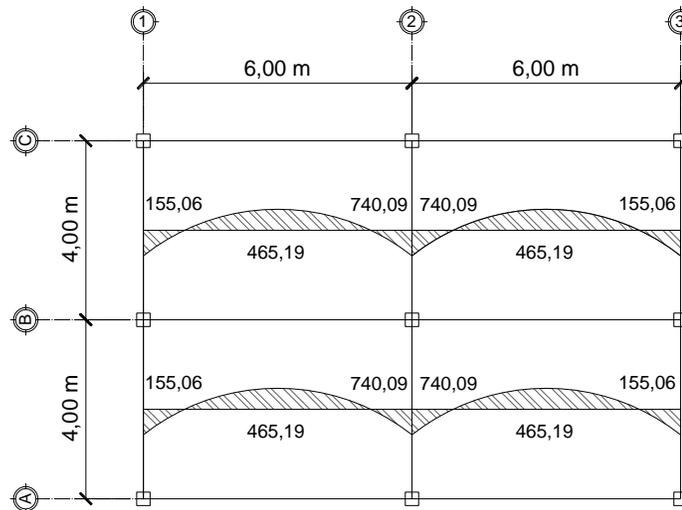
$$M_{(+)} \text{ b} = (0,014 \cdot 340 \cdot (6)^2) + (0,011 \cdot 742 \cdot (6)^2) = 465,19 \text{ kg-m}$$

Figura 33. **Planta de momentos en losas típicas – nivel 1, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Figura 34. **Planta de momentos en losas típicas – nivel 1, sentido X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Balance de momentos: cuando dos losas que están unidas en un lado, y tienen momentos diferentes en ese lado, se deben balancear los momentos antes de diseñar el refuerzo. Para este caso el método elegido es el siguiente:

$$\text{Si } 0,8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}} \rightarrow M_b = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$$

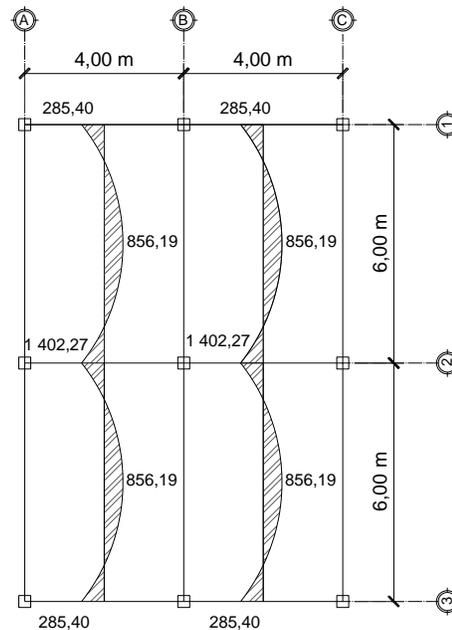
Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}} \rightarrow$ se balancean proporcionalmente a su rigidez

$$M_B = 0,8 \cdot 740,09 = 592,07 < 740,09$$

$$(740,09 + 740,09)/2 = 740,09 \text{ kg-m}$$

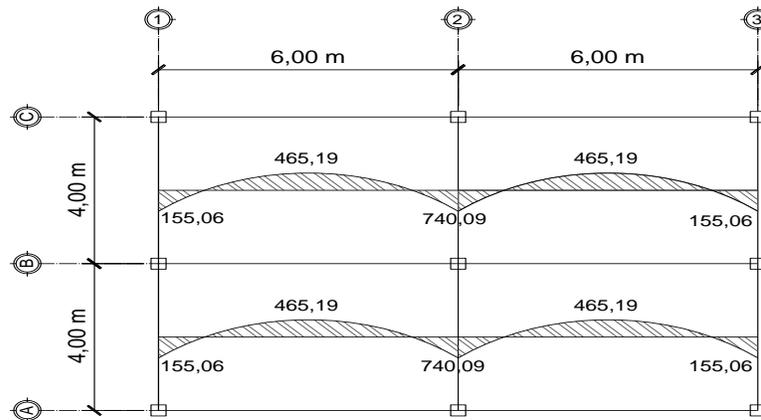
Los resultados al hacer el balanceo de momentos en todos los puntos necesarios, pueden observarse en la figura. Con estos datos se puede calcular el acero de refuerzo necesario en las losas.

Figura 35. **Planta de momentos balanceados en losas típicas–nivel 1, sentido Y**



Fuente: elaboración propia, empleando programa AutoCAD 2012.

Figura 36. **Planta de momentos balanceados en losas típicas–nivel 1, sentido X**



Fuente: elaboración propia, con AutoCAD 2012.

Con los momentos balanceados de la figura anterior, se procede al cálculo del acero de refuerzo que se necesita en las losas.

El peralte (d) se calcula de la siguiente manera: $d = t - \text{rec.} - \varnothing/2$

Cálculo de acero de refuerzo

$$d = 12 - 2,5 - [0,95/2] = 9,025 \text{ cm}$$

Área de acero mínimo

El área de acero mínimo ($A_{s_{\text{mín}}}$), se calcula usando un ancho unitario de 1,00 m.

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14}{f_y} b * d$$

$$d = 12 - 2,5 - \frac{0,95}{2} = 9,025 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14}{2810} * 100 * 9,025 = 4,49 \text{ cm}^2$$

Según el ACI 318-08 en la sección 10.5, se señala que:

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{0,80\sqrt{f_c}}{f_y} b * d < A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14}{f_y} b * d$$

Con el área de acero mínimo, se calcula un espaciamiento (S), usando una varilla núm. 3 que tiene un área de 0,71cm². El espaciamiento se calcula por medio de una regla de 3.

Cálculo de espaciamiento:

$$\text{No 3} = 0,71 \text{ cm}^2$$

$$S = (0,71 * 100) / 4,49 = 15,81 \text{ cm}$$

Espaciamiento máximo

El espaciamiento máximo (S_{max}) en una losa está dado por:

$$S_{\text{max}} = 2 * t$$

$$S_{\text{max}} = 2 * 12 = 24 \text{ cm}$$

Cálculo del momento soportado usando área de acero mínimo (A_{s_{mín}})

$$M_{\text{sop}} = 0,9 \left[A_{s_{\text{mín}}} * f_y \left(d - \frac{A_{s_{\text{mín}}} * f_y}{1,7f_c * B} \right) \right]$$

$$M_{sop} = 0,9 \left[4,49 * 2\,810 * \left(9,025 - \frac{4,49 * 2\,810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 98\,467,67 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$M_{sop} = 98\,467,67 \text{ kg-cm} \rightarrow 984,67 \text{ kg-m}$$

El momento que resiste el área de acero mínimo (98 467,67 Kg-m), no cubre todos los momentos de la figura. Por lo que los momentos mayores al calculado se presentan en las tablas, con el área de acero requerido y el espaciamiento necesario.

Cálculo $A_{s_{min}}$ para cada momento mayor

Cálculo de áreas de acero

Para los momentos menores que el M_{sop} se usa $A_{s_{MIN}}$; y para los momentos mayores que el M_{sop} se calcula el área de acero con la fórmula:

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

$$A_s = \left[100 * 8,025 - \sqrt{(100 * 8,025)^2 - \frac{783,69 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right)$$

$$= 4,02 \text{ cm}^2$$

Chequeo por corte

Las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales de las mismas. En este caso, por el tipo de losa

que se utiliza, dichos esfuerzos deben resistirse únicamente por el concreto; por tal razón, se debe chequear si el espesor de la losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente:

Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\text{máx}} = CUU * L / 2$$

$$V_{\text{max}} = (1,252 * 6) / 2 = 3\,756,00 \text{ kg}$$

Cálculo del corte máximo resistente:

$$V_r = 45 \sqrt{f'_c} * t$$

$$V_r = 45 * \sqrt{210} = 7\,173,23 \text{ kg}$$

Comparar V_r con $V_{\text{máx}}$

Si $V_r \geq V_{\text{máx}}$ el espesor es el adecuado; en caso contrario, aumentar t .

Como $V_r > V_{\text{MÁX}}$ el espesor es el adecuado

$$7\,173,23 \text{ kg} > 3\,756,00 \text{ kg}$$

3.4.2. Losas nivel 2

Para el diseño de losas del nivel 2, se siguió el procedimiento aplicado para las losas del nivel 1. Los resultados para ambos niveles se presentan en los planos en el apéndice 1.

3.4.3. Diseño de vigas

El procedimiento para diseñar vigas, es el siguiente:

$$\text{Momento positivo} = 1\,340,14 \text{ kg-m}$$

$$\text{Corte positivo} = 536,11 \text{ kg-m}$$

$$\text{Momento negativo} = 4\,269,16 \text{ kg-m}$$

$$\text{Corte negativo} = 1\,626,24 \text{ kg-m}$$

Peralte efectivo

$$d = 0,50 - 0,045 = 0,455 \text{ m}$$

$$\text{Sección} = 0,30\text{m} \times 0,50\text{m}$$

Límites de acero: antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se calculan los límites dentro de los cuales debe estar este, esto se hace usando los criterios siguientes:

$$A_{S_{\min}} = \left(\frac{14,1}{f_y}\right) * b * d, \quad A_{S_{\max}} = \rho_{\text{Bal}} * b * d, \quad \rho_{\text{Bal}} = \frac{0,85\beta f'_c}{f_y} \left(\frac{6120}{6120 + f_y}\right)$$

$$A_{S_{\min}} = (14,1/2810) * (30 * 45,5) = 6,84 \text{ cm}^2$$

$$\beta = 0,85$$

$$A_{S_{\max}} = 0,5 * 0,037 * 30 * 45,5 = 25,25 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal: usando los momentos dados se procede a calcular las áreas de acero con la fórmula:

Se calcula para cada momento negativo

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

$$A_{s(-)} = \left[30 * 45,5 - \sqrt{(30 * 45,5)^2 - \frac{4269,16 * 30}{0,003825 * 210}} \right] * \left[\frac{0,85 * 210}{2810} \right] = 3,79 \text{ cm}^2$$

El área obtenida no se encuentra dentro de los límites de acero, por lo cual se utilizó el área de acero mínimo.

$$As_{\min} = 6,84 \text{ cm}^2 \leq As_{M(-)} = 3,79 \text{ cm}^2 \leq As_{\max} = 25,25 \text{ cm}^2$$

Usando la fórmula anterior, se calcula el área de acero para cubrir el momento positivo:

$$As_{M(+)} = 3,49 \text{ cm}^2$$

Después de calcular el área de acero para los momentos positivo y negativo debe de considerarse los siguientes requisitos sísmicos, según ACI 318-08, capítulo 21:

- Cama superior al centro: se deben colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores: As_{\min} o 33 % del As calculada para el $M (-)$. $As_{\min} = 6,84 \text{ cm}^2$, 33 % ($As(-)$) mayor = $1,7919 \text{ cm}^2$.

Para la cama superior al centro se utilizará $As_{\min} = 6,84 \text{ cm}^2$

- Cama inferior en apoyos: se deben colocar, como mínimo, dos varillas de acero corrido, tomando el mayor de los siguientes valores: As_{\min} ; 50 % del As calculada para el $M_{(+)}$; 50 % del As calculada para el $M_{(-)}$ mayor. $As_{\min} = 6,84 \text{ cm}^2$, 50 % $As_{(+)}$ = $1,745 \text{ cm}^2$, 50 % $As_{(-)}$ = $2,715 \text{ cm}^2$.

Para la cama inferior en los apoyos se calcula:

$$As_{\min} = 6,84 \text{ cm}^2$$

$$M_{(+)} = 0,5 * 3,49 = 1,74 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 0,5 * 3,79 = 1,40 \text{ cm}^2$$

Se utiliza la mayor de las áreas, utilizando el área de acero mínimo.

Acero transversal (estribos): los objetivos de colocar acero transversal se centran en el armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte; en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo de corte resistente

$$V_r = 0,85 * 0,53 (f_c)^{1/2} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 45,5 = 8\,911,21 \text{ kg-m}$$

$$V_u = 8\,911,21 \text{ kg-m}$$

Comparar corte resistente con corte último

Si $V_r \geq V_u$ la viga necesita estribos solo por armado

Si $V_r < V_u$ se diseñan estribos por corte, usando las expresiones siguientes:

$$S = \frac{2A_v * f_y}{V_u}$$

$S_{\max} = d / 2$, usar como mínimo acero núm. 3

En este caso $V_u = 5\,479,4 \text{ kg}$ y $V_r = 8\,911,21 \text{ kg}$;

Como $V_r > V_u$ usar estribos núm. 3 a $S_{\max} = d / 2$

$$V_r > V_u$$

$$8\,911,21 \text{ kg} > 5\,479,4 \text{ kg}$$

Puede observarse que $V_r > V_u$, por ende, se usan estribos núm. 3 solo por requisito de armado.

$$S_{\max} = d/2$$

$$S_{\max} = 45,5/2 = 22,75 \text{ cm}$$

Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con el objetivo de darle mayor ductilidad en los nudos. Esto se hace de la forma siguiente:

Para este caso, $L_o =$ longitud de confinamiento = $L_o = 2d = 2(0,45) = 0,90 \text{ cm}$.

Colocando estribos núm. 3 a cada $d/4 = 0,45/4 = 11,25 \text{ cm}$. El primer estribo debe estar colocado a 5,00 cm, como máximo de la cara de la columna.

3.4.4. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidos a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soportan la columna; esta carga se determina por áreas tributarias. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural, y se toman para diseñar la columna; el mayor de los dos momentos actuantes está en los extremos de la columna. Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, o sea las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo.

En esta sección se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio de aulas, aplicándolo en la columna del nivel 2.

Columna típica nivel 1

El procedimiento a seguir para el diseño de las columnas es el siguiente:

Datos: estos son obtenidos del análisis estructura para una columna central:

$$\text{Sección} = 0,30 \times 0,30 \text{ m} \quad \text{Lu} = 2,80 \text{ m}$$

$$M_x = 533,65 \text{ kg-m} \quad M_y = 533,65 \text{ kg-m}$$

$$\text{Cálculo de carga axial: } CU = 1,4CM + 1,7CV$$

$$\text{Cálculo del factor de carga última } FCU = CU / (CV + CM)$$

Nivel 2

$$CM = (2\ 400 \times 0,11) + 60 = 324,0 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CU\ 3 = 1,4 \times (2\ 400 \times 0,11) + 60 + 1,7 \times 100 = 623,6 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = 623,6 / (324 + 100) = 1,47$$

Nivel 1

$$CM = (2\ 400 \times 0,11) + 150 + 60 = 474,0 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$CU1 = 1,4 \times (2\ 400 \times 0,11) + 150 + 60 + 1,7 \times 300 = 1\ 173,6 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU = 1\ 173,60 / (474 + 300) = 1,516$$

Determinación de carga axial

$$\text{Cálculo de la carga axial: } PU = (ALOSASCU) + (Pc \times FCU)$$

$$P_{C2} = (24 \times 623,60) + (0,50 \times 0,30 \times 10 \times 2\ 400 \times 1,47) = 20\ 258,4 \text{ kg}$$

$$P_{C2} = 20\ 258,4 \text{ kg}$$

$$P_U = 20\,258,4 + (0,30 \cdot 0,30 \cdot 2,8 \cdot 2\,400 \cdot 1,47) + (0,30 \cdot 0,50 \cdot 10 \cdot 2\,400 \cdot 1,51) + (24 \cdot 1\,173,6) = 54\,771,45 \text{ kg}$$

Clasificar la columna por su esbeltez (E): una columna es esbelta cuando los lados de su sección transversal son pequeños en relación con su longitud. Por el valor de su esbeltez (E), las columnas se clasifican en cortas ($E < 21$), intermedias ($21 \leq E \leq 100$) y largas ($E > 100$). El método de diseño con el cual se diseña es el Método de Bresle de carga inversa. El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias se deben magnificar los momentos actuantes, y si son largas, no se construyen.

La esbeltez de la columna en el sentido X se calcula con el procedimiento siguiente:

Inercia de columnas

$$I = (1/12) \cdot 30 \cdot 50^3 = 67\,500,00$$

Inercia de vigas

$$I = (1/12) \cdot 30 \cdot 50^3 = 312\,500$$

Cálculo de coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación:

Extremo superior

$$\Psi_A = (\sum K_{col}) / (\sum K_{viga})$$

$$E_M \text{ (como todo el marco es del mismo material)} = 1$$

\bar{I} = inercia

Nivel inferior

Sentido Y:

$$\Psi_A = [(67\,500/3,00) + (67\,500/3,00)] / (312\,500/5,70) = 0,8208$$

$\Psi_B = 0$ no existen vigas que se unen en ese nodo

$$\Psi_P = \Psi_A + \Psi_B / 2, \quad (0,4104 + 0) / 2 = 0,2052$$

Cálculo de coeficiente K

$$K = ((20 - \Psi_P) / 20) * \sqrt{1 + \Psi_P} \quad \text{para } \Psi_P < 2$$

$$K = 0,9 \sqrt{1 + \Psi_P} \quad \text{para } \Psi_P \geq 2$$

$$K = [(20 - 0,4104) / 20] * \sqrt{1 + 0,4104} = 1,1632$$

Cálculo de la esbeltez de la columna

$$E = KLu / \sigma, \text{ donde } \sigma = 0,30 * b$$

$$E = (1,1632 * 2,8) / (0,30 * 0,30) = 36,1884$$

Por los valores obtenidos de E, tanto en el sentido X como en Y, la columna se clasifica dentro de las columnas intermedias; por tanto se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos

El magnificador de momentos (δ), es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas, para evitar el pandeo.

$$\delta = \frac{1}{\left(1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}\right)} \geq 1, \quad \left\{ \begin{array}{l} \phi = 0,70 \text{ si se usan estribos} \\ \phi = 0,75 \text{ si se usan zunchos} \end{array} \right.$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{KL_u}, \quad P_{cr} = \text{Carga crítica}$$

$$EI = \frac{\left[\frac{E_c * I_g}{2,5} \right]}{1 + \beta_d}, \quad \beta_d = \frac{M_{\max} CM}{M_{\max} U}$$

Donde

E = módulo de Young

E_c = módulo de elasticidad del concreto = $15\,100\sqrt{f'_c}$

I = momento de inercia de la sección

β_d = Factor de flujo plástico

Sentido x

$$\beta_d = \frac{1,4 * 530}{1,4 * 530 + 1,7 * 300} = 0,5927$$

$$EI = \frac{15\,100\sqrt{210} * \frac{1}{12} * 30 * 30^3}{2,5}{1 + 0,5927} = 3,7095E9 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 3,7095E9}{[1,0866 * 280]^2} = 395\,513,84 \text{ kg}$$

$$\delta = \frac{1}{\left[1 - \frac{54\,771,45}{0,7 * 395\,513,84} \right]} = 1,2466$$

$$M_{dx} = 1,2466 * 533,65 = 665,24 \text{ kg - m}$$

Sentido y

$$\beta d = \frac{1,4 * 530}{1,4 * 530 + 1,7 * 300} = 0,5927$$

$$EI = \frac{15\ 100\sqrt{210} * \frac{1}{12} * 30 * 30^3}{1 + 0,5927} = 3,7095E9 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 3,7095E9}{[1,1632 * 280]^2} = 345\ 137,62 \text{ kg}$$

$$\delta = \frac{1}{\left[1 - \frac{54\ 771,45}{0,7 * 345\ 137,62}\right]} = 1,2932$$

$$M_{dy} = 1,2932 * 533,65 = 690,11 \text{ kg - m}$$

Acero longitudinal

Existen varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa, que es un método simple y aproximado desarrollado por Bresler.

Este método sencillo ha sido comprobado satisfactoriamente mediante comparación de resultados en gran cantidad de ensayos y cálculos precisos:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'ox} + \frac{1}{P'oy} - \frac{1}{P'o}$$

Donde

$P'u$ = valor aproximado de carga de falla con excentricidad e_x & e_y

$P'ox$ = carga de falla cuando solamente existe excentricidad e_x & ($e_y = 0$)

$P'ox = K'x * F'c$

$P'oy$ = carga de falla cuando solamente existe excentricidad e_y & ($e_x = 0$)

$P'oy = K'y * F'c$

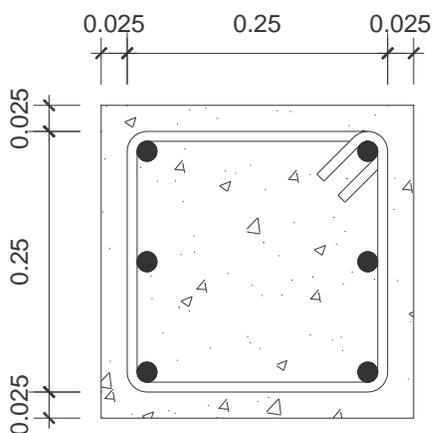
$P'o$ = carga de falla cuando el elemento tiene carga axial pura.

$$P'o = 0,70 [(0,85 * f'c * A_{g_{col}}) + A_{acero} * f_y]$$

Donde $K'x$ y $K'y$ son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas.

Si $P'u > P_u$, entonces el armado propuesto es correcto, de lo contrario, se debe aumentar el área de acero.

Figura 37. **Sección de columna**



Datos:

$P_u = 54\,771,45 \text{ kg}$

$M_{dx} = 665,24 \text{ kg-m}$

$M_{dy} = 690,11 \text{ kg-m}$

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

$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$

Recubrimiento = 2,5 cm

Área de acero propuesto = 6

Núm. 5 = 11,87 cm²

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Cálculo de límites de acero: según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1 \% A_g \leq A_s \leq 6 \% A_g$

Área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = 0,01 * 30 * 30 = 9,0 \text{ cm}^2$$

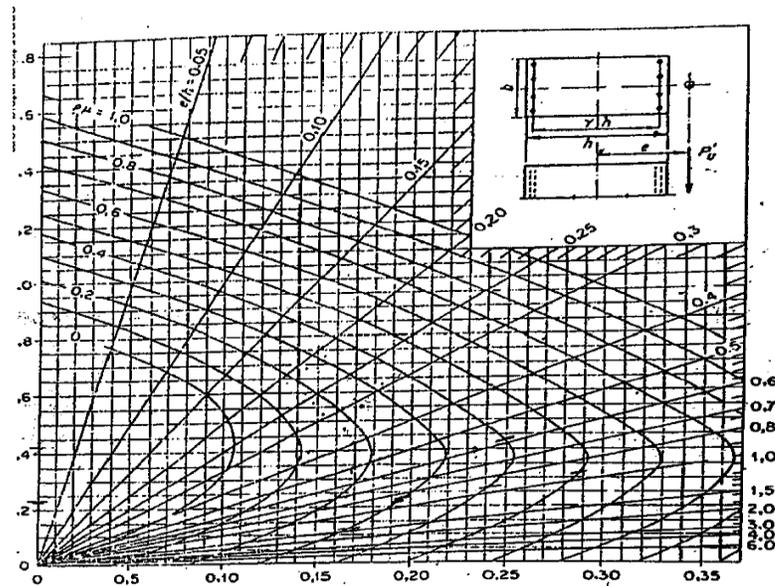
Área de acero máximo

$$A_{s_{\max}} = 0,06 * 30 * 30 = 54,0 \text{ cm}^2$$

$$\text{Se proponen 6 varillas núm. 5} = 1,9793 * 6 = 11,87 \text{ cm}^2$$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas.

Figura 38. Diagrama de iteración para columnas



Fuente: MC MILLAN Y LEWIS H. *Cartilla de concreto*, F.R. p. 8.

Los valores a utilizar en los diagramas son:

Valor de la gráfica: $\gamma = h_{\text{núcleo}} / h_{\text{columna}}$

$$Y_x = (30-4)/30 = 0,8667$$

$$Y_y = (30-4)/30 = 0,8667$$

Excentricidades

$$e_x = 665,24/54\ 771,45 = 0,0121 \text{ m}$$

$$e_y = 690,11/54\ 771,45 = 0,0126 \text{ m}$$

Conociendo las excentricidades se calcula el valor de las diagonales:

$$e_x/h_x = 0,0121 / 0,30 = 0,0403$$

$$e_y/h_y = 0,0126 / 0,30 = 0,042$$

La carga de falla de la columna será:

$$P'_{ua} = P_u / 0,7$$

$$P'_{ua} = 54\ 771,45 / 0,7 = 78\ 244,92 \text{ kg}$$

Con los datos obtenidos, se buscan los valores de los coeficientes K_x y K_y , siendo estos:

$$K_x = 0,95$$

$$K_y = 0,95$$

Por último se calculan las cargas

Carga de resistencia de la columna a una excentricidad e_x

$$P'_{o} = 0,85 * 210 * 900 + 11,87 * 2\ 810 = 194\ 004,7 \text{ kg}$$

$$P'_{ox} = K_x * \Phi * f'_c * b * h$$

$$P'_{xo} = 0,95 \cdot 210 \cdot 900 = 179\,550 \text{ kg}$$

$$P'_{oy} = K_y \cdot \Phi \cdot f'_c \cdot b \cdot h$$

$$P'_{oy} = 0,95 \cdot 210 \cdot 900 = 179\,550 \text{ kg}$$

Calcular P'_u con la ecuación de Bresler

Carga de resistencia de la columna

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{179\,550} + \frac{1}{179\,550} - \frac{1}{194\,004,7}} = 167\,099,89 \text{ kg}$$

Comprobación

$$P'_u > P'_{ua}$$

$$P'_{ua} = 78\,244,92 \text{ kg}; \text{ por consiguiente } 167\,099,89 \text{ kg} > 78\,244,92 \text{ kg} \checkmark$$

Acero transversal (estribos): el objetivo del refuerzo transversal es para resistir los esfuerzos de corte, y en algunos casos solo por armado. Por requisitos sísmicos las columnas deben confinarse para aumentar la capacidad de carga axial, de corte y ductilidad, debe ser en forma de anillo (estribos) o refuerzo en espiral continuo (zunchos).

El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación.

Refuerzo por corte

Confinamiento: para la longitud de confinamiento (L_o), debe tomarse el mayor de estos criterios:

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \sqrt{f'_c} \cdot b d$$

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 30 \cdot 26 = 5\,092,12 \text{ kg}$$

$$V_u = 352,46$$

$$V_r > V_u$$

$$5\,092,12 > 352,46$$

Como: $V_r > V_u$ ($5\,092,12 > 352,46$), entonces se colocan estribos con un espaciamiento $S = d/2$; en caso contrario se diseñan los estribos a corte.

Colocar espaciamiento $s = d/2$

$$s = 0,26/2 = 0,13 \text{ cm}$$

Confinamiento: para la longitud de confinamiento (L_o), debe tomarse el mayor de estos criterios:

$$L_o = 280/6 = 46,6667 \text{ cm}$$

El espaciamiento de los estribos (S_1) en zonas confinadas de las columnas debe encontrarse entre $3 \text{ cm} < S_1 < 10 \text{ cm}$. Para estribos usar como mínimo varilla núm. 3.

Luego se calcula la relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45 [(A_g/A_{ch}) - 1] \cdot (0,85 f'_c / f_y);$$

$$\rho_s \geq 0,12 (f'_c / f_y)$$

$$\rho_s = 0,45 \cdot [30^2 / (26^2 - 1)] \cdot [(0,85 \cdot 210) / 2\,810] = 0,0095$$

Por último, el espaciamiento entre estribos en la zona confinada es:

$$S_1 = 2A_v / \rho_s L_n$$

$$S_1 = (2 \cdot 0,71) / (0,0095 \cdot 26) = 5,749$$

Como el área de acero resiste un corte mucho mayor al corte necesario para la columna, se propone un área de acero menor, con el fin de optimizar recursos y minimizar costos.

3.4.5. Diseño de zapata

Los cimientos son elementos de la estructura destinados a recibir las cargas propias y las aplicadas exteriormente a la misma; estos a su vez transmiten la acción de las cargas sobre el suelo.

Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicarán, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Datos: los datos necesarios para el diseño de las zapatas se toman del análisis estructural y del estudio del suelo. Los datos a utilizar para el diseño de esta zapata son los siguientes:

Carga última = $P_u = 54\,771,45 \text{ kg}$

Momento X = $533,65 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Momento Y = $533,65 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Recubrimiento $7,5 \text{ cm}$

Resistencia del concreto = $210 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Resistencia del acero = $2\,810 \text{ kg} \cdot \text{m}$

Valor soporte del suelo = $V_s = 14\,600 \text{ kg} \cdot \text{m}$

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

Peso específico del suelo = $1\,210 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$

Desplante de cimentación $d_f = 1,25 \text{ m}$

- Factor de carga última

$$F_{cu} = (1.4CM + 1.7CV) / (CM + CV)$$

$$F_{cu} = (1,4*894+1,7*400) / (798+400) = 1,5002$$

- Cálculo de cargas de trabajo

$$P' = P_u / F_{cu}$$

$$P' = 54\,771,45 / 1,5002 = 36\,509,43 \text{ kg}$$

$$M'_x = M_x / F_{cu}$$

$$M'_x = 533,65 / 1,5002 = 355,71 \text{ kg-m}$$

$$M'_y = M_y / F_{cu}$$

$$M'_y = 533,65 / 1,5002 = 355,71 \text{ kg-m}$$

- Predimensionamiento del área de zapata

$$A_z = (1,5 * 36\,509,43) / 14\,600 = 3,75 \text{ m}^2$$

Se propone una dimensión de 2,00 x 2,00 m

- Chequeo por presión sobre suelo

La presión que ejerce la zapata sobre el suelo está dado por medio de la fórmula siguiente:

$$q = P/A_z \pm M'_x / S_x \pm M'_y / S_y$$

Donde $S = (1/6) * b * h^2$; además se debe tomar en cuenta que q no debe ser negativo, ni mayor que el valor soporte del suelo (V_s). Para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y (1/6) * 2 * 2^2 = 1,3333$$

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

$$P = 36\,509,43 + (0,30 * 0,30 * 4,05 * 2\,400) + (4 * 1,25 * 1\,210) + (4 * 0,3 * 2\,400)$$

$$P = 46\,314,23 \text{ Kg}$$

$$q_{\text{máx}} = (46\,314,23 / 4) + (355,71 / 1,3333) + (355,71 / 1,3333) = 12\,113,13$$

$$q_{\text{máx}} = 12\,112,13 \text{ cumple no excede el valor soporte}$$

$$q_{\text{min}} = (46\,314,23 / 4) - (355,71 / 1,3333) - (355,71 / 1,3333) =$$

$$q_{\text{min}} = 11\,044,97 \text{ cumple solo compresiones en el suelo}$$

- Presión última: como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida en forma variable, pero para efectos de diseño estructural se toma una presión última usando el criterio:

$$q_u = q_{\text{máx}} * F_{cu}$$

$$q_{\text{diseño}} = 12\,112,13 * 1,5002 = 18\,170,61 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Espesor de zapata: } t = 0,40$$

- Chequeo por corte simple: la falla de la zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante, esto se hace de la forma indicada a continuación:

$$d = t - \text{rec.} - \Phi / 2$$

$$d = 40 - 7,5 - (1,97 / 2) = 31,515 \text{ cm}$$

$$\text{Asumiendo un } \emptyset \text{ de varilla núm. 5 (1,97 cm}^2\text{)}$$

$$\text{Área de corte} = 1 - 0,15 - 0,3151 = 0,535 \text{ m}$$

$$\text{Área de corte} = 0,535 * 2 = 1,07 \text{ m}$$

$$V_{act} = A * q_{diseño}$$

$$V_{act} = 1,07 * 18\ 170,61 = 19\ 442,55 \text{ kg}$$

$$V_R = 0,53 \phi \sqrt{f'_c} * bd$$

$$V_R = 0,53 * 0,85 \sqrt{210} * (200 * 31,515) = 41\ 148,29 \text{ kg}$$

$$V_{act} < V_R; \ 19\ 442,55 < 41\ 148,29$$

- Chequeo por corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella, alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna. El chequeo que se realiza es:

$$A_t = (200 * 200) + (60 * 60) = 36\ 400,00 \text{ cm}^2 \rightarrow 3,64 \text{ m}^2$$

$$V_{act} = A * q_{diseño}$$

$$V_{act} = 3,64 * 18\ 170,61 = 66\ 141,02 \text{ kg}$$

$$V_r = 1,06 \phi \sqrt{f'_c} * bd$$

$$V_r = 1,06 * 0,85 * \sqrt{210} * (200 * 31,515) = 82\ 296,57 \text{ kg}$$

Como $V_{act} < V_r$, entonces sí chequea por corte punzonante.

- Diseño de refuerzo por flexión: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata; por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos. Esto se hace de la manera siguiente:

L es la distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

$$L = 2 - 0,15 = 1,85 \quad 1,85/2 = 0,925$$

Sentido X

Momento último: este se define tomando la losa empotrada con la fórmula:

$$M_u = q_u \cdot L^2 / 2$$

$$M_u = (18 \cdot 170,61 \cdot 0,925^2) / 2 = 7 \, 773,61 \text{ kg-m}$$

Área de acero: el área de acero se define por la fórmula:

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u \cdot b}{0,003825 \cdot f'_c}} \right] \cdot \left(\frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \right)$$

Cálculo del área de acero que requiere la zapata:

$$\begin{aligned} A_{s_{req}} &= \left[100 \cdot 31,51 - \sqrt{(100 \cdot 31,51)^2 - \frac{7 \, 773,61 \cdot 100}{0,003825 \cdot 210}} \right] \cdot \left(\frac{0,85 \cdot 210}{2 \, 810} \right) \\ &= 10,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2 \, 810} \cdot (100 \cdot 31,51) = 15,81 \text{ cm}$$

$$A_{s_{min}} > A_{s_{req}}$$

Como el área de acero mínimo es mayor que el área de acero requerido, se utilizará el área de acero mínimo para el diseño.

Espaciamiento: el espaciamiento entre varillas de refuerzo está definido por:

$$S = A_v/A_s = 1,97/15,81 = 0,1246$$

El espaciamiento será de 0,15 m con varillas núm. 5, en ambos sentidos.

3.5. Diseño de gradas

La escalera debe ser cómoda y segura. La relación de huella (C) y contrahuella (H), debe cumplir con los siguientes criterios:

$$C > 20 \text{ cm}$$

$$H < C$$

$$2C + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm; } C \cdot H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Carga de diseño para una escalera

$$CM = PP(\text{escalera}) + PP(\text{acabados})$$

$$PP(\text{escalera}) = Wc = t + c/2$$

Para determinar el número de escalones se utiliza

$$H/C_{\max}$$

$$H/C_{\max} = 3,33/0,185 = 18,00 \text{ escalones}$$

Para utilizar 18 escalones, se chequea

$$C = 18,50 \text{ cm} < 20 \text{ cm; } H = 30 \text{ cm}$$

$$2C + H = 2 \cdot 18,50 + 30 = 67 \text{ cm}$$

$$C + H = 18,50 + 30 = 48,50 \text{ cm}$$

$$C \cdot H = 18,50 \cdot 30 = 555 \text{ cm}^2$$

Entonces se tiene 18 contrahuellas de 18,50 cm, y 18 huellas de 30 cm.

Para calcular el espesor de la losa, se utiliza:

$$t = L/20$$

Para ello, se debe de tomar en cuenta que L es una longitud inclinada:

$$L = 2,70 \text{ m}$$

$$t = 2,70/20 = 0,135$$

Integración de cargas

Peso propio

$$\gamma_c \cdot (t+c/2)$$

$$2400 \cdot (0,135 + 0,185/2) = 546 \text{ kg/cm}^2$$

Acabados	60 kg/cm ²
----------	-----------------------

Total	606 kg/cm ²
-------	------------------------

Carga viva	400 kg/cm ²
------------	------------------------

Carga última

$$C.U. = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$$

$$C.U. = 1,2 \cdot 606 + 1,6 \cdot 400 = 1367,20 \text{ kg/cm}^2$$

Se calculan los momentos actuantes en la losa. Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, según el Código ACI:

$$M(-) = w \cdot l^2 / 9 = 1\,367,20 \cdot 2,70^2 / 9 = 1\,107,43 \text{ kg-m}$$

$$M(+) = w \cdot l^2 / 12 = 1\,367,20 \cdot 2,70^2 / 12 = 830,57 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero

$$As_{\min} = 14,1 \cdot b \cdot d / f_y = 14,1 \cdot 100 \cdot (13,5 - 3,5 - 0,148) / 2810 = 4,94 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero para cada momento

$$As_{M(-)} = 7,76 \text{ cm}^2$$

$$As_{M(+)} = 6,73 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado de 1 varilla núm. 3 @ 10 cm en sentido longitudinal.

Acero por temperatura para el refuerzo en el sentido transversal:

$$As_{\text{temp}} = 0,002 \cdot b \cdot d$$

$$As_{\text{temp}} = 0,002 \cdot 100 \cdot 8,42 = 1,70 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 2 \cdot t$$

$$S_{\max} = 2 \cdot 13,5 = 27 \text{ cm}$$

Se propone refuerzo por temperatura de 1 varilla núm. 3 @ 25 cm.

Cimiento corrido

El cimiento se le coloca a los muros de carga. En este caso, debido a que los muros no son de carga sino divisiones de tabiques, se utilizará exclusivamente para el cimiento de gradas.

Este se calcula como una franja unitaria. Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes.

Por medio de la teoría de Meyerhof para zapatas, utilizando una excentricidad de 1 % de la longitud total, una carga por muros y sobrepeso de 2.34 toneladas/metro en franjas unitarias y con las características del suelo; además de acuerdo con FHA se propone colocar cimiento corrido de 20 x 40 centímetros a un desplante de 0,60 metros.

Según FHA, el refuerzo mínimo para cimientos corridos es:

- Viviendas de un nivel: 2 núm. 3 + eslabones núm. 3 @ 30 cm o núm. 2 @ 15 cm.
- Viviendas de dos niveles: 3 núm. 3 + eslabones núm. 3 @ 30 cm o núm. 2 @ 15 cm.

Para el proyecto se propone utilizar un cimiento corrido de 20 x 40 centímetros con refuerzo 3 núm. 3 con eslabones núm. 2 @ 15 centímetros, a una profundidad de 1,20 metros según el tipo de suelo.

3.6. Instalaciones

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son: eléctricas, hidráulicas y sanitarias. Los aspectos que se consideraron para el diseño son:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Duración razonable y economía de mantenimiento
- Servicio constante
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales.

Se diseñaron únicamente instalaciones eléctricas y pluviales debido a que es una ampliación de la escuela.

3.6.1. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas están divididas en dos secciones: la instalación de fuerza e iluminación. Se necesita detallar la distribución del sistema eléctrico desde: la acometida, contador eléctrico, tablero de distribución y las unidades de lámparas, tomacorrientes e interruptores.

El procedimiento de cálculo para la instalación eléctrica considera un estudio inicial de requerimientos de carga para alumbrado y contactos de salida; como segunda etapa se debe indicar la capacidad en watts de cada uno de los circuitos con base en disposiciones reglamentarias, aspectos de estética y características de operación de las unidades receptoras.

Según el informe núm. 29, la Comisión Internacional de Iluminación hace referencia al nivel de iluminación (luxes) requerido para un edificio escolar:

Tabla XVI. Niveles de iluminación

Escuelas	Nivel de iluminación (luxes)
Salones de clase y auditorios.	300
Laboratorios, bibliotecas, salas de lectura y pintura.	500

Fuente: Comisión Internacional de Iluminación. *Informe 29*. p.14.

Para el diseño de las instalaciones eléctricas se utilizó un nivel de iluminación de 300 luxes, utilizando el criterio de luz de día y una carga por unidad de fuerza de 300 watts.

Cálculo de iluminación por aula

Datos

Longitud (L) = 5,85 m

Ancho (A) = 7,85 m

Altura (H) = 3,22 m

Altura de techo (HT) = 0,25

Altura de suelo (HS) = 0,75

Tipo de lámpara a utilizar = T-2 doble de 40 w 4450 luxes

$H-HT-HS = 3,15-0,25-0,75 = 2,22$ m

Relación de cavidad de local (RCL)

$$RCL = \frac{5H(L + A)}{LA} = \frac{5 * 2,22(5,85 + 7,85)}{5,85 * 7,85} = 3,311$$

$$RCL = \frac{5 * 2,22(5,85 + 7,85)}{5,85 * 7,85} = 3,311$$

Índice local (K)

$$k = \frac{5}{RCL} = \frac{5}{3,311} = 1,510$$

Factor de pérdida total (FTP) = 0,60

Coefficiente de utilización (CU) = 0,70

Cálculo del número de lámparas (N)

$$N = \frac{\text{Luxes requeridos} * \text{Área}}{\text{Lúmenes generados} * \# \text{ de lámparas} * \text{CU} * \text{FTP}}$$

$$N = \frac{400 * 45,922}{4450 * 4 * 0,70 * 0,60} = 2,46$$

Iluminación resultante (EC)

$$EC = \frac{\text{Lámpara} * \# \text{ Lámpara} * \text{Luxes} * \text{FTP} * \text{CU}}{\text{Área}}$$

$$EC = \frac{3 * 4 * 4450 * 0,6 * 0,7}{50,66} = 488,39 \text{ luxes}$$

3.6.2. Instalaciones pluviales

Antes de diseñar y calcular el sistema de evacuación de agua de lluvia, es importante tener en cuenta algunos factores:

- Intensidad de la precipitación pluvial
- Frecuencia de lluvias
- Área de la edificación expuesta a lluvia

El diámetro de la tubería a utilizar será calculada según el caudal a evacuar, por lo que se utilizará la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde

Q = caudal

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia

A = área a considerar en hectáreas

$$I = \frac{4604}{t + 24}$$

Donde

t = tiempo de concentración (20 años)

$$I = \frac{4604}{20 + 24} = 104.63 \text{ mm/hr}$$

Según datos estadísticos de la Estación Suiza Contenta del Insivumeh el proyecto presenta una intensidad de lluvia de 104,63 mm/h; el coeficiente de escorrentía a utilizar es de 0,95; el cual corresponde a superficies impermeables de techos.

$$Q = \frac{0,95 * 104,63 * 0,0376}{360}$$

$$Q = 0,0104 \text{ m}^3/\text{s}$$

El diámetro de la tubería se calcula con la siguiente expresión:

$$\emptyset = \left(\frac{691000 * Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde

Q = caudal

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente de la tubería

$$\emptyset = \left(\frac{691000 * 0,0103 * 0,009}{0,02^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$\emptyset = 9,90 \text{ cm}$$

Con el cálculo teórico se obtuvo un diámetro de 9,90 cm por lo que en el diseño final se utilizará tubería PVC de 3 pulgadas.

3.7. Mejoramiento de escuela

Para el mejoramiento y protección de la escuela es necesaria la construcción de un muro de contención.

3.7.1. Muro de contención

Es una estructura que sirve para contener lateralmente una masa de suelo.

Para que un muro de contención sea eficiente en el servicio para el cual es diseñado. Es necesario que lleve dos requisitos fundamentales, los cuales son:

- El muro en su estructura interna debe ser capaz de resistir la fuerza de empuje que actúa sobre él.
- La cimentación del muro debe de ser tal que sea resistente a fallas por volteo, por deslizamiento o por asentamiento del suelo que lo soporta.

Los muros de contención se dividen en: muro de gravedad, muro en voladizo, muro con contrafuertes, tablestacas y muros de mampostería; en este caso se realizó el diseño de un muro de gravedad.

3.7.2. Muro de gravedad

Este es un muro que se fabrica generalmente de concreto ciclópeo, sin refuerzo de acero o de piedra; esto es porque su resistencia a la fuerza de empuje se deberá principalmente a su propio peso. Este muro tiene la ventaja de que por no llevar refuerzo es muy fácil de trabajar.

Sus ventajas son: se adapta fácilmente a la forma del terreno sin falla, resulta muy económico ya que se construye con piedra que se consigue en el lugar, no necesita de mano de obra calificada para su construcción y posee alta permeabilidad.

3.7.3. Consideraciones para el diseño del muro

- Predimensionar el muro, siguiendo las siguientes reglas:
 - Establecer el ancho del muro en su parte superior; este puede variar desde los 30,00 cm hasta los 60,00 cm.
 - Establecer una profundidad de hinchamiento del muro en el suelo de aproximadamente $0,2 h$, donde h = altura del talud a contener.
 - Establecer el ancho B del muro en su parte inferior, el cual variará de $0,5 H$ a $0,7 H$, con H = altura del muro de contención.
- Efectuar chequeo contra volteo, calculando un momento resistente (MR) y un momento de volteo (MV), que cumplan con la siguiente especificación por factor de seguridad $MR/MV \geq 1,5$.

- Efectuar un chequeo contra deslizamiento, calculando la fuerza resistente (FR) y la fuerza actuante (FA), que cumplan con la siguiente especificación por factor de seguridad $FR/FA \geq 1,5$.
- Efectuar un chequeo contra deslizamiento, calculando la presión del muro sobre el suelo por su propio peso (Pm) y comparándola con el valor soporte del suelo (Vs).

3.7.4 Diseño de muro de contención de gravedad

Datos

$$H = 2,00 \text{ m}$$

$$\phi = 24,01^\circ$$

$$\text{Peso específico del suelo} = 1\,600 \text{ kg/m}^3$$

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

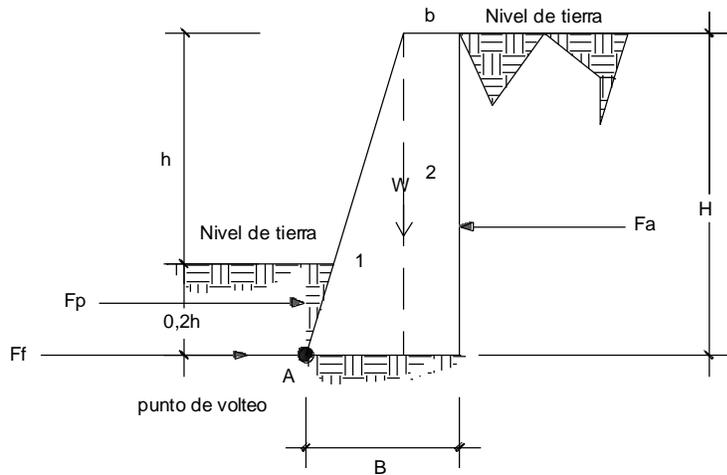
$$\text{Ancho superior asumido} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Profundidad de hinchamiento} = 0,2h = 0,2 \cdot 2,00 \text{ m} = 0,40 \text{ m}$$

$$\text{Ancho de la base } B = 0,7H = 0,7 \cdot 2,00 = 1,40 \text{ m}$$

Para calcular el momento resistente se usa el diagrama y la tabla siguiente, calculando para un metro lineal de muro.

Figura 39. Diagrama de muro de contención



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Chequeo contra volteo

Momento actuante

$$MA = FA \cdot Ya$$

$$FA = \gamma_{suelo} \cdot Ka / 2$$

$$Ka = (1 - \sin(24,01^\circ)) / (1 + \sin(24,01^\circ)) = 0,46$$

$$FA = 1\,600 \cdot 2,00^2 \cdot 0,46 / 2 \cdot 1,00 = 1\,472,00 \text{ kg}$$

$$Ya = H / 3 = 2,00 / 3 = 0,66 \text{ m}$$

$$MA = 1\,472,00 \cdot 0,66 = 981,33 \text{ kg-m}$$

Chequeando contra volteo

$MR/MA \geq 2$; valor usual mínimo 2 o 3.

$$2\,693,33 / 981,33 = 2,74 \checkmark$$

Chequeo contra deslizamiento

$$FA = 1\,472,00 \text{ kg}$$

$$FR = Fp + Ff$$

$$F_p = \gamma_{\text{suelo}} * h^2 * K_p / 2$$

$$K_p = (1 + \sin(24,01^\circ)) / (1 - \sin(24,01^\circ)) = 2,16$$

$$F_p = 1\,600 * (0,50)^2 * 2,16 * 1,00 \text{ m} / 2 = 432,00 \text{ kg}$$

$$F_f = W * (\phi) \rightarrow \text{puede variar de } 0,6 \text{ a } 0,9$$

$$F_f = 4\,560,00 * [0,9 * \tan(24,01)] = 1\,824,00 \text{ kg}$$

$$F_R = 432,00 + 1\,824,00 = 2\,256,00 \text{ kg}$$

Chequeando

$$F_R / F_A \geq 1,5$$

$$2\,256,00 / 1\,472,00 = 1,53 \checkmark$$

Chequeo contra asentamiento

El peso del muro es de 4 560,00 kg por metro lineal, entonces se empieza calculando la excentricidad (e).

$$e = B/2 - (M_R - M_A) / N \quad \text{y como } \beta = 0 \text{ y } N = W$$

$$e = 1,40/2 - (2\,693,33 - 981,33) / 4\,560,00 = 0,32$$

Luego se procede a calcular los valores extremos de las presiones actuantes sobre el terreno.

$$P_1 = N/B * (1 + 6 * e/B) = 4\,560,00 / 1,40 * (1 + 6 * 0,32 / 1,40) / 1000 = 7,72 \text{ ton/m}^2$$

$$P_2 = N/B * (1 - 6 * e/B) = 4\,560,00 / 1,40 * (1 - 6 * 0,32 / 1,40) / 1000 = 1,21 \text{ ton/m}^2$$

Se puede notar que los valores obtenidos son menores que el valor soporte del suelo. $V_s = 156,46 \text{ ton/m}^2$

3.8. Resumen del presupuesto de la ampliación y mejoramiento de la escuela del caserío La Fuente

Para la elaboración del presupuesto se implementaron costos unitarios, los cuales al ser multiplicados por las cantidades obtenidas de la cuantificación dieron como resultado el costo de cada renglón. El factor de indirectos fue proporcionado por la oficina municipal de planificación de la municipalidad.

Tabla XVII. Resumen de presupuesto

Renglones de trabajo					
No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo renglón
Trabajos preliminares					
1	Limpieza y chapeo	m2	112.00	Q2.90	Q324.80
2	trazo y estaqueteado	ml	48.00	Q8.41	Q403.52
3	excavación	m3	67.00	Q54.17	Q3,629.19
Cimentación					
4	Zapatas (Z-1)	unidad	9.00	Q4,012.97	Q36,116.73
5	Cimiento corrido (CC-1)	ml	48.60	Q115.21	Q5,599.17
6	Viga de amarre (VA-1)	ml	97.20	Q618.35	Q60,103.66
Muros					
7	Columna (C-1)	unidad	18.00	Q7,190.61	Q129,430.98
8	Mocheta (C-2)	unidad	24.00	Q3,112.34	Q74,696.04
9	Columna (C-3)	Unidad	36.00	Q4,270.91	Q153,752.76
10	Muros (0.15 m)	m2	216.00	Q128.20	Q27,691.18
11	Solera intermedia (S.I.-1)	ml	93.20	Q314.23	Q29,286.47
Techos					
12	Losas	m2	228.00	Q401.37	Q91,512.62
Instalaciones					
13	Instalaciones pluviales	global	1.00	Q7,168.78	Q7,168.78
14	Instalaciones electricas	global	1.00	Q26,400.00	Q26,400.00
Acabados					
15	Acabados	m2	432.00	Q153.40	Q66,268.39
16	Pisos	m2	196.00	Q211.14	Q41,383.69
Herrería y otros					
17	Puertas	global	1.00	Q5,800.00	Q5,800.00
18	Ventanas	global	1.00	Q20,880.00	Q20,880.00
19	Banqueta	ml	12.50	Q1,257.47	Q15,718.32
19	Modulo de gradas	global	1.00	Q15,293.73	Q15,293.73
20	Muro de contención	global	1.00	Q22,875.49	Q22,875.49
21	Limpieza final	m2	100.00	Q16.04	Q1,603.56
TOTAL					Q835,939.09

Fuente: elaboración propia.

3.9. Cronograma de actividades

El presente cronograma de ejecución detalla las actividades que se llevarán a cabo para la realización del proyecto, el cual indicará el avance que deberá tener cada renglón de trabajo.

Figura 40. Cronograma de actividades

Cronograma de actividades																														
Proyecto: Ampliación y mejoramiento de escuela																														
Ubicación: Aldea Estancia Grande, Caserío La Fuente, San Juan Sacatepéquez, Guatemala																														
No.	ACTIVIDAD	Duración (semanas)																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
1	Limpieza y chapeo	■																												
2	Trazo y estaqueteado		■																											
3	Excavación			■																										
4	Zapatas (Z-1)				■																									
5	Cimiento corrido (CC-1)					■																								
6	Nivelación						■																							
7	Columna (C-1)							■																						
8	Columna (C-2)								■																					
9	Columna (C-3)									■																				
10	Viga (VA-1)										■																			
11	Losa											■																		
12	Modulo de gradas												■																	
13	Instalaciones pluviales													■																
14	Instalaciones eléctricas														■															
15	Muros (0.15 m)															■														
16	Solera intermedia																■													
17	Acabados																	■												
18	Pisos																		■											
19	Puertas																			■										
20	Ventanas																				■									
21	Banqueta																					■								
22	Limpieza final																													■
Total		35%					20%					30%					15%													
Q. 835,939.09		Q. 292,578.68					Q. 167,187.82					Q. 250,781.73					Q. 125,390.86													

Fuente: elaboración propia.

3.10. Evaluación de impacto ambiental

Es el procedimiento técnicoadministrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en el

entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Impactos ambientales de la construcción de edificaciones:

- Dentro de las actividades industriales, la construcción es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales y una de las principales causantes de la contaminación atmosférica. Por lo tanto, la aplicación de criterios de construcción sostenible de las edificaciones se hace imprescindible para el respeto del medio ambiente y el desarrollo de las sociedades actuales y futuras.
- En el consumo eléctrico hay que señalar que la actividad de construcción como tal no consume mucha energía en comparación con otras actividades humanas. Sin embargo, la consecución y procesamiento de los materiales de construcción y la utilización diaria de edificios e infraestructuras, constituyen de manera indirecta las actividades humanas más intensivas en consumo energético.
- La energía directa e indirecta usada en las viviendas y edificios proviene principalmente de la generación por medio de hidroeléctricas y de la combustión de combustibles fósiles, que contribuyen de manera muy importante a la contaminación atmosférica, principalmente anhídrido carbónico, óxidos de azufre y de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono, óxido nitroso y partículas en suspensión.

Las emisiones directas de las edificaciones se centran sobre todo en la actividad de iluminación y operación, mientras que la producción de electricidad

en las edificaciones es una de las grandes fuentes de contaminación indirecta. Asimismo, las obras públicas y la construcción de edificaciones se encuentran entre las causas de mayor contaminación acústica en las ciudades, junto con el transporte.

Además, el impacto de las actuales edificaciones que ocupan cada vez más una mayor parte del territorio, crea un ambiente físico hostil para el desarrollo cotidiano de las actividades de los ciudadanos.

En cuanto a los residuos sólidos urbanos, el mayor volumen no se genera en el período de construcción de las edificaciones, sino en la utilización diaria durante la vida útil.

Medidas de mitigación

- Diseñar tratando de adecuarse al entorno existente
- En el momento de iniciar la construcción, señalizar el área
- Repoblar con árboles nativos de la región, las áreas libres
- Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas
- Utilizar rutas alternas al centro de la población
- Enterrar las bolsas (de cemento y cal) en vez de quemarlas

CONCLUSIONES

1. El sistema de agua potable para la aldea Estancia Grande proporcionará a los habitantes el vital líquido, dándoles así una mejor calidad de vida, ya que en la actualidad la mayoría de la población no cuenta con el servicio.
2. La ampliación de la escuela del caserío La Fuente, aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepéquez, Guatemala, será de beneficio para los habitantes del mismo, ya que así no tendrán que recorrer grandes distancias para tener acceso a la educación, debido a que no cuentan con el espacio suficiente. El diseño se realizó de acuerdo con las normas y condiciones de uso que tendrá la estructura según el código ACI 318-08, tomando en cuenta el valor soporte del suelo y las condiciones sísmicas del lugar.
3. Debido a que el diseño de la ampliación de la escuela del caserío La Fuente se realizó bajo los criterios de diseño que establece el ACI 318-08 y códigos sísmicos, la estructura existente no representa peligro alguno.
4. En la comparación del método Kani contra ETABS se puede observar que la diferencia del momento es mínima.

RECOMENDACIONES

1. Garantizar la supervisión técnica por un ingeniero colegiado activo al momento de realizar los proyectos, para que estos cumplan con los requerimientos establecidos según el diseño.
2. Capacitar a los pobladores de la aldea Estancia Grande sobre el funcionamiento y mantenimiento de la red de agua potable.
3. La Municipalidad debe realizar una campaña educativa acerca del uso adecuado que se le deberá dar al agua potable.
4. Realizar un mantenimiento constante en las aulas y hacer el uso adecuado de las mismas, para que estas se mantengan en buen estado, ya que estas serán de beneficio para generaciones futuras.
5. Se deberá actualizar el presupuesto al momento de realizar los proyectos, debido al alza de precios de los materiales de construcción y el pago de la mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Building Code Requirements for Structural Concrete*: ACI 318-2008. California: ACI, 2008. 518 p.
2. BRAJA M. DAS. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a ed. México: International Thomson Editores, 2001. 862 p.
3. CANTORAL SANDOVAL, Mell Jackson. *Diseño del sistema de aguapotable para la colonia San Gregorio y sistema de drenaje pluvial del sector sur de la cabecera del municipio de San Lucas Tolimán, departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 84 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 650 p.
5. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a. ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
6. RIVERA LÓPEZ, Elder Avildo. *Evaluación del sistema de agua potable de las aldeas: Loma del Viento, Río Arriba, Santa Anita, Lajínjo, Tapata y Trapiche, municipio de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 115 p.

7. URÍZAR MONZÓN, Ronald Enrique. *Diseño de la edificación de dos niveles para guardería, colonia Santa Anita, aldea Boca del Monte, municipio de Villa Canales, Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 155 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Memoria de cálculo diseño de sistema de agua potable

DISTRIBUCION															
De	A	Cota terreno inicial	Cota terreno final	caminiamiento inicial	caminiamiento final	longitud m	Caudal l/s	Diametro Comercial	Hf mca	velocidad m/s	Verificación velocidad	Piezometrica Inicio	Piezometrica Final	Presión Inicial m	Presión final m
RAMAL 1															
E-1	E-8(CRP)	657.23	621.79	730.32	988.19	257.87	1.0227	1 1/4	14.90	1.29	correcto	657.23	641.73	0.00	19.94
E-8(CRP)	E-13(CRP)	621.79	574.01	988.19	1172.16	183.97	0.9567	1	27.86	1.89	correcto	621.19	593.33	19.94	19.32
E-13(CRP)	E-17(CDC)	574.01	526.12	1172.16	1343.85	171.69	0.9567	1	26.00	1.89	correcto	573.41	547.41	19.32	21.29
RAMAL 1A															
1606.19															
E-17(CDC)	E-17H	526.12	501.00	1343.85	1606.19	262.34	0.4619	1 1/2	1.43	0.40	correcto	525.52	524.09	0.00	23.09
E-17H	E-37	501.00	480.41	1606.19	2387.9	781.71	0.5610	1 1/4	14.87	0.71	correcto	524.09	509.21	23.09	28.80
RAMAL 1B															
E-5	E-5	501.00	496.68	1606.19	1890.52	284.33	0.4289	1 1/2	1.35	0.38	correcto	524.09	522.73	23.09	26.05
E-5	E-10	496.68	506.58	1890.52	2187.68	297.16	0.3299	1	6.28	0.65	correcto	522.73	516.46	26.05	9.88
RAMAL 1C															
E-17(CDC)	E-22	526.12	489.18	1343.85	1668.2	324.35	0.8742	1 1/4	14.02	1.10	correcto	525.52	511.50	0.00	22.32
E-22	E-22D	489.18	465.73	1668.2	1879.96	211.76	0.6268	1	14.66	1.24	correcto	511.50	496.83	22.32	31.10
RAMAL 2															
E-8	E-7.1(CRP)	657.23	605.33	0	280.41	280.41	3.3979	2	15.14	1.68	correcto	656.63	641.49	0.00	36.16
E-7.1(CRP)	E-3(CRP)	605.33	549.88	280.41	718.12	437.71	3.3979	2	23.64	1.68	correcto	604.73	581.09	0.00	31.21
E-3(CRP)	E-27D	549.88	492.9	718.12	1140.271	422.15	3.0515	2	18.69	1.51	correcto	549.28	530.59	0.00	37.69
E-27D	E-27E	492.9	494.19	1140.271	1179.161	38.89	2.4247	2	2.38	1.20	correcto	530.59	528.21	37.69	34.02
E-27E	E-34(CRP)	494.19	498.65	1179.161	1646.451	467.29	2.4247	2	13.52	1.20	correcto	528.21	514.69	34.02	16.04
E-34(CRP)	E-41	498.65	470.11	1646.451	2115.301	468.85	1.5175	2	5.70	0.75	correcto	498.05	492.35	16.04	22.24
E-41	E-48(CRP)	470.11	453.15	2115.301	2602.421	487.12	0.2804	1	7.62	0.55	correcto	492.35	484.73	22.24	31.58
E-48(CRP)	E-48.5(CRP)	453.15	421.57	2602.421	2713.591	111.17	0.1485	3/4	2.18	0.52	correcto	452.55	450.37	0.00	28.80
E-48.5(CRP)	E-49(CRP)	421.57	389.88	2713.591	2824.761	111.17	0.1320	3/4	1.75	0.46	correcto	420.97	419.22	0.00	29.34
E-49(CRP)	E-52	389.88	371.84	2824.761	2999.851	175.09	0.1155	3/4	2.15	0.40	correcto	389.28	387.13	0.00	15.29
RAMAL 2A															
E-34(CRP)	E-4(CRP)	498.65	498.1	1646.451	1744.371	97.92	2.1278	2	2.22	1.05	correcto	514.69	512.47	16.04	14.37
E-4(CRP)	E-9	498.1	485.8	1744.371	2019.651	275.28	2.0454	2 1/2	1.96	0.65	correcto	497.50	495.54	0.00	9.74
E-9	E-15	485.8	473.12	2019.651	2222.021	202.37	1.7649	2	3.25	0.87	correcto	495.54	492.29	9.74	19.17
RAMAL 2B															
E-41	E-9(CRP)	470.11	453.63	2115.301	2445.511	330.21	1.0722	1 1/2	8.57	0.94	correcto	492.35	483.78	22.24	30.15
E-9(CRP)	E-17(CRP)	453.63	412.3	2445.511	3013.541	568.03	0.5278	1 1/4	9.66	0.67	correcto	453.03	443.37	30.15	31.07
E-17(CRP)	E-23	412.3	391.68	3013.541	3278.621	265.08	0.3794	1	7.25	0.75	correcto	411.70	404.45	31.07	12.77
RAMAL 2C															
E-5	E-11	533.5	557.64	990.33	1213.57	223.24	0.5608	1 1/4	4.25	0.71	correcto	581.31	577.06	0.00	19.42
E-11	E-18	557.64	533.43	1213.57	1859.21	645.64	0.3959	1	19.11	0.78	correcto	577.06	557.96	0.00	24.53
RAMAL 3															
E-1	E-3	657.23	649.75	730.32	776.05	45.73	0.4454	1 1/4	0.57	0.56	correcto	656.63	656.06	0.00	6.31
E-3	E-9(CRP)	649.75	612.27	776.05	1005.48	229.43	0.4289	1	7.87	0.85	correcto	656.06	648.19	6.31	35.92
E-9(CRP)	E-15(CRP)	612.27	557.58	1005.48	1135.98	130.5	0.3629	3/4	13.35	1.27	correcto	611.67	598.32	35.92	40.74
E-15(CRP)	E-26B	557.58	517.06	1135.98	1901.11	765.13	0.6180	1 1/4	17.41	0.78	correcto	556.98	539.57	40.74	22.51

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Ensayo de compresión triaxial



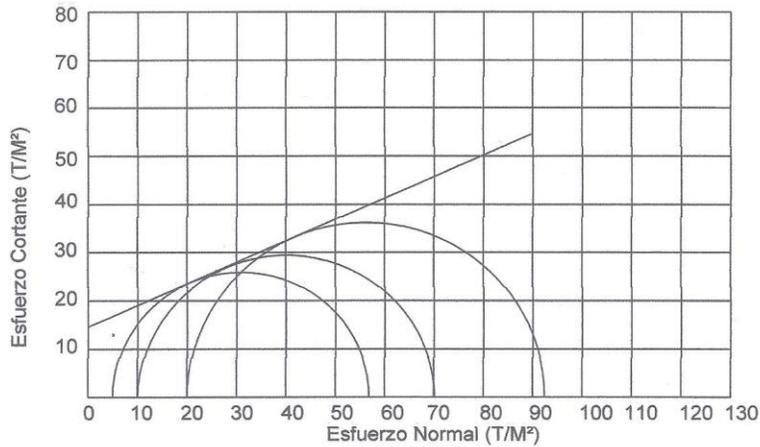
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 001 S.S. O.T.: 30,294

INTERESADO: Carolina Elizabeth Chinchilla Osorio
PROYECTO: EPS - Ampliación y Mejoramiento de la Escuela del Caserio La Fuente, Aldea Estancia Grande, San Juan Sacatepequez, Guatemala
Ubicación: Caserio La Fuente, Aldea Estancia Grande
Fecha: Martes, 15 de enero de 2013
pozo: 1 Profundidad: 1.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 24.01^\circ$ COHESIÓN: $C_u = 14.60 \text{ Ton/m}^2$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
DESCRIPCION DEL SUELO: Arena Limosa Color Café
DIMENSION 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)	10.85	24.99	49.00
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3.0	6.0	7.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.67	1.67	1.67
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.78	1.78	1.78
HUMEDAD (%H)	6.6	6.6	6.6

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Carrero Morales
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

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: elaboración propia.

Apéndice 3. Análisis fisicoquímico sanitario



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO					
O.T. No. 30 425		INF. No. 24 997			
INTERESADO: <u>CAROLINA ELIZABETH CHINCHILLA OSORIO,</u> <u>Carné No. 200313242</u>		PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA"</u>			
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA /USAC</u>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>ALDEA ESTANCIA GRANDE</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2012-09-20; 10 h 20 min.</u>			
FUENTE: <u>Pozo mecánico</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2012-09-21; 09 h 25 min.</u>			
MUNICIPIO: <u>San Juan Sacatepéquez</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>			
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>					
RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Turbia</u>	4. OLOR: <u>Lig. materia orgánica</u>	7. TEMPERATURA: <u>--° C</u> <small>(En el momento de recolección)</small>			
2. COLOR: <u>23.00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA <u>708.00 µmhos/cm</u>			
3. TURBIEDAD: <u>30,00 UNT</u>	6.potencial de Hidrógeno (pH): <u>07,31 unidades</u>				
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,10	6. CLORUROS (Cl ⁻)	17,50	11. SÓLIDOS TOTALES	421,00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00,000	7. FLUORUROS (F ⁻)	00,40	12. SÓLIDOS VOLÁTILES	26,00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	03,30	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	40,00	13. SÓLIDOS FIJOS	395,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	03,40	14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	07,00
5. MANGANESO (Mn)	00,044	10. DUREZA TOTAL	100,00	15. SÓLIDOS DISUELTOS	377,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	344,00	344,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: OLOR ligero a materia orgánica, TURBIEDAD, HIERRO altos, COLOR en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NGO 29 001.

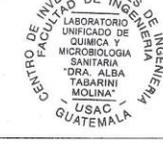
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21th EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 29 001, SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y 25001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADOS), GUATEMALA.

Guatemala, 2012-10-11

Vo.Bo.
Inga. Tejma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Zenaida Vilch Carrizosa
Ing. Domico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefa Técnico Laboratorio



FACULTAD DE INGENIERIA—USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-0116; Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Examen bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 313828
O.T. No. 30 425		
INTERESADO <u>CAROLINA ELIZABETH CHINCHILLA OSORIO,</u> <small>CARNÉ No. 200313242)</small>	PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA ESTANCIA GRANDE SAN JUAN SACATEPEQUEZ, GUATEMALA"</u>	
MUESTRA RECOLECTADA POR <u>interesada</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>ALDEA ESTANCIA GRANDE</u>	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2012-09-20: 10 h 20 min.</u>	
FUENTE: <u>Pozo mecánico</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2012-09-20: 09 h 25 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>San Juan Sacatepéquez</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>		
SABOR: <u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>Reg. cantidad</u>	
ASPECTO: <u>Turbia</u>	CLORO RESIDUAL: _____	
OLOR: <u>Ligero a mat. orgánica</u>		

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	26

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NGO 29 001.

Guatemala, 2012-10-11

Vo.Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

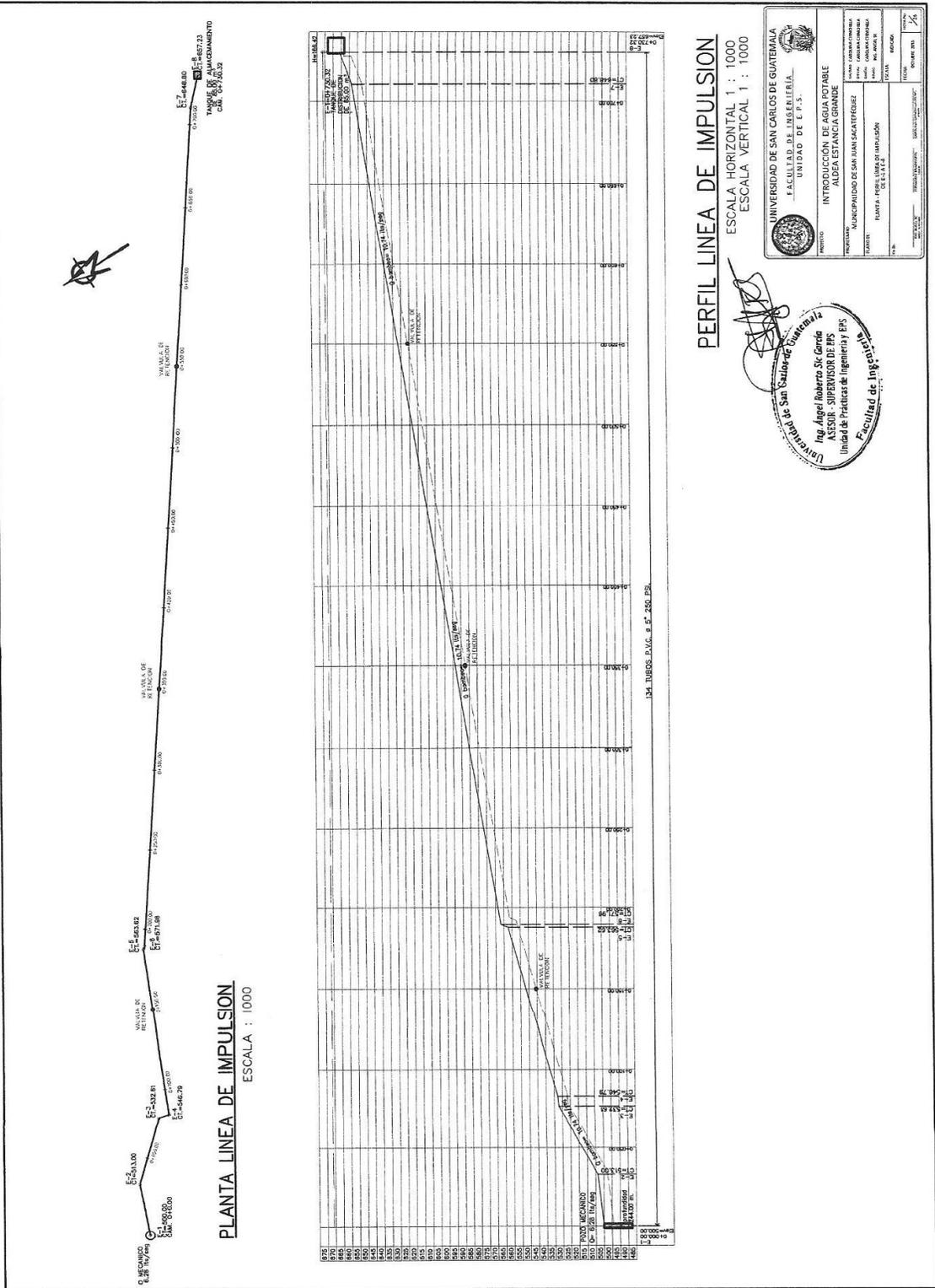


Ing. Zulmiko Col. No. 429
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



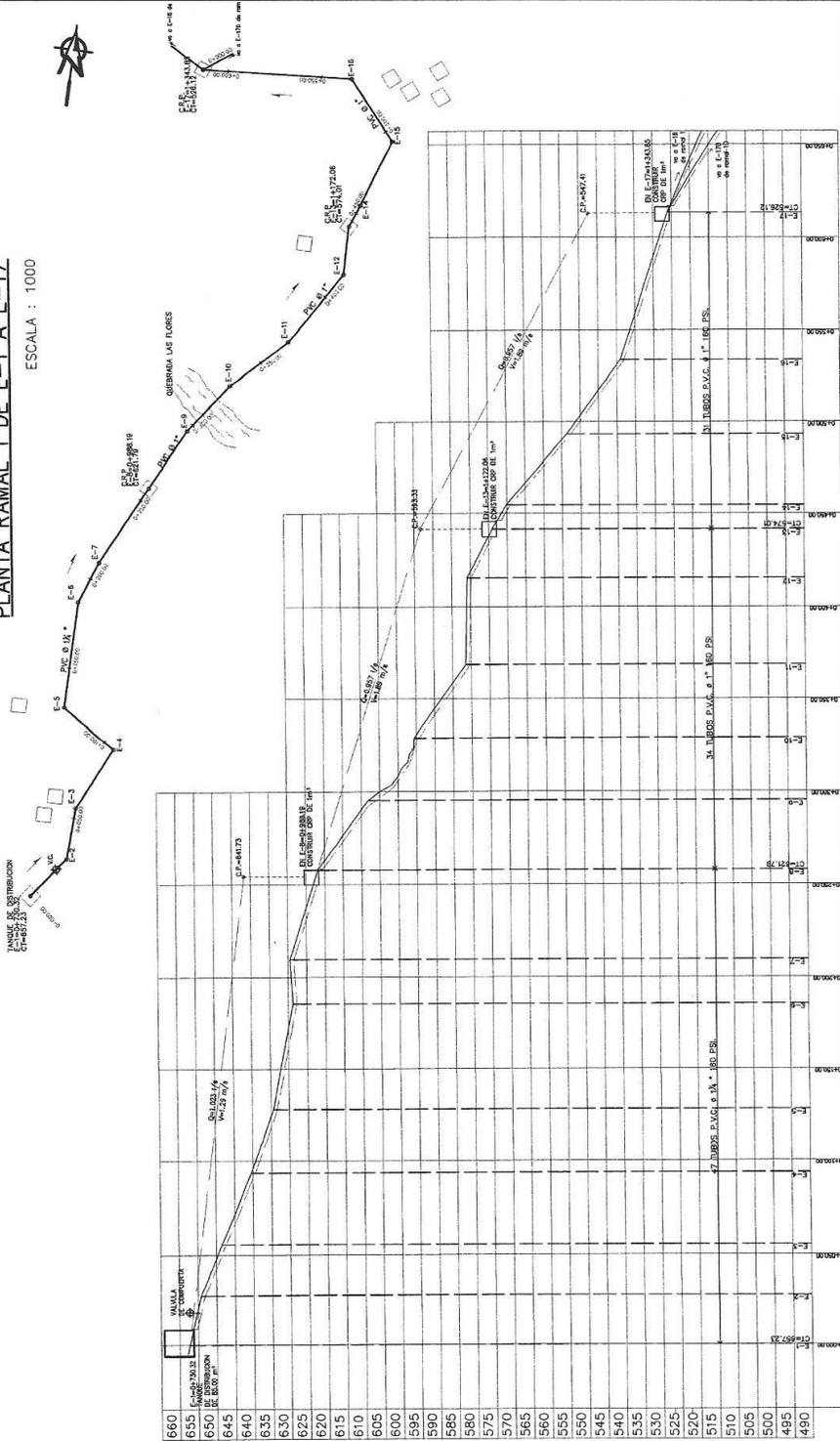
FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: elaboración propia.



PLANTA RAMAL 1 DE E-1 A E-17

ESCALA : 1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD 6 E.E.P.S.

PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE ALDEA ESTANCIAS GRANDE
 MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ

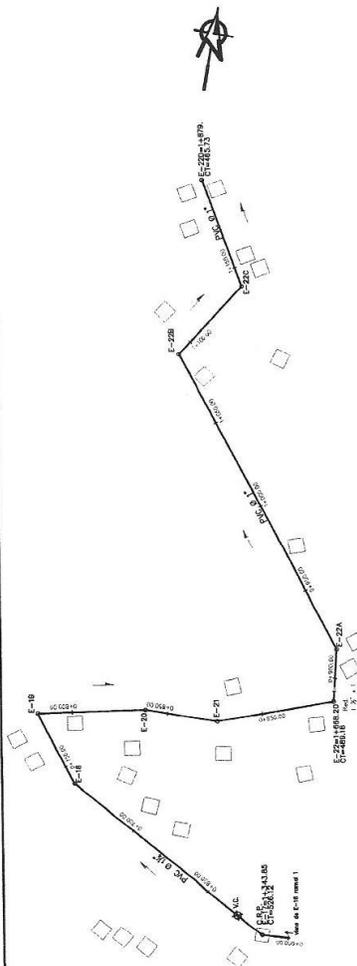
PROFESOR: PLANTA PERIL RAMAL 1 DE E-1 A E-17

ESTUDIANTE: [Nombre]

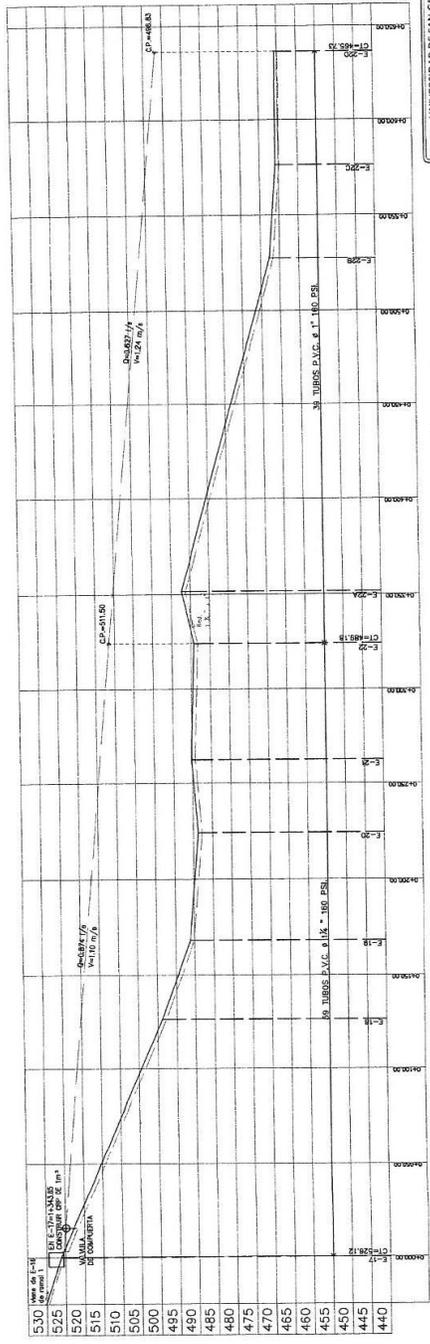
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Fructos de Ingenieria y EPS
 Escuela de Ingenieria

PERFIL RAMAL 1 DE E-1 A E-17

ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



PLANTA RAMAL 1C y RAMAL 1C DE E-17 A E-22D
 ESCALA : 1000

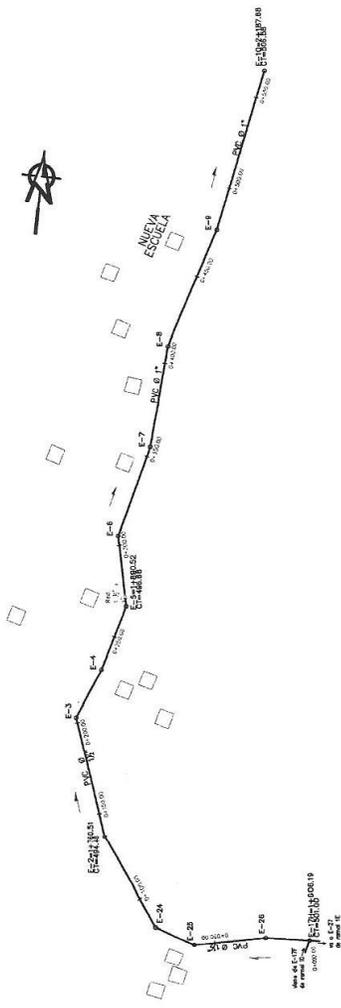


PERFIL RAMAL 1C DE E-17 A E-22D
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

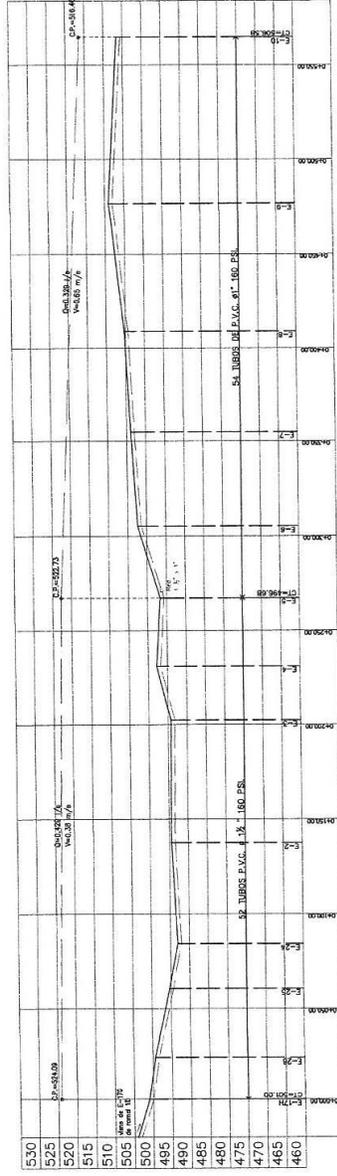
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.A.
 INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTANCIA GRANDE
 MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOME CUSUMAL
 PLAN DE OBRAS DE RECONSTRUCCION
 RAMAL 1C ESTANCIA

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCION
 FECHA: 2010

Ing. Angel Roberto Sir Garcia
 ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS
 Facultad de Ingenieria y EPS
 Universidad de San Carlos de Guatemala



PLANTA RAMAL 1B DE E-17H A E-10
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 1B DE E-17H A E-10
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

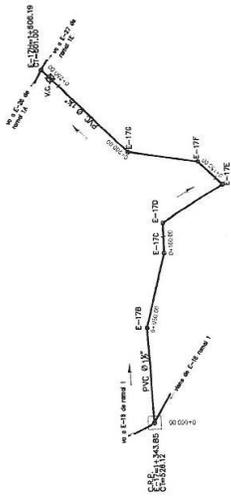
[Handwritten Signature]
 Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

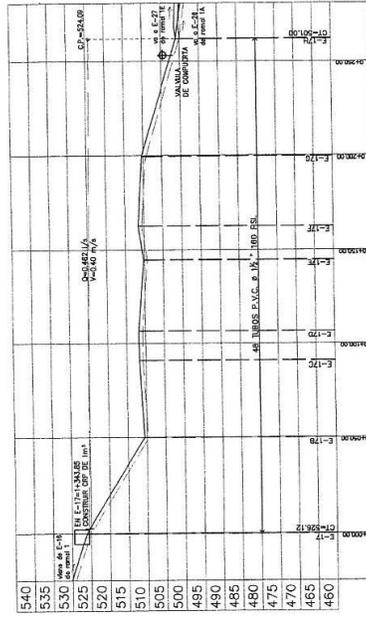
PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTACION GRANDE

PROFESOR: M. PARTICIPACION DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ

ESTUDIANTE: RAMON ABEL RODRIGUEZ ORTIZ
 NOMBRE: RAMON DE CRISTO
 N°: 123456789
 GRUPO: 123456789
 FECHA: 01/01/2020
 PUNTO: 100/100
 CALIFICACION: 100%



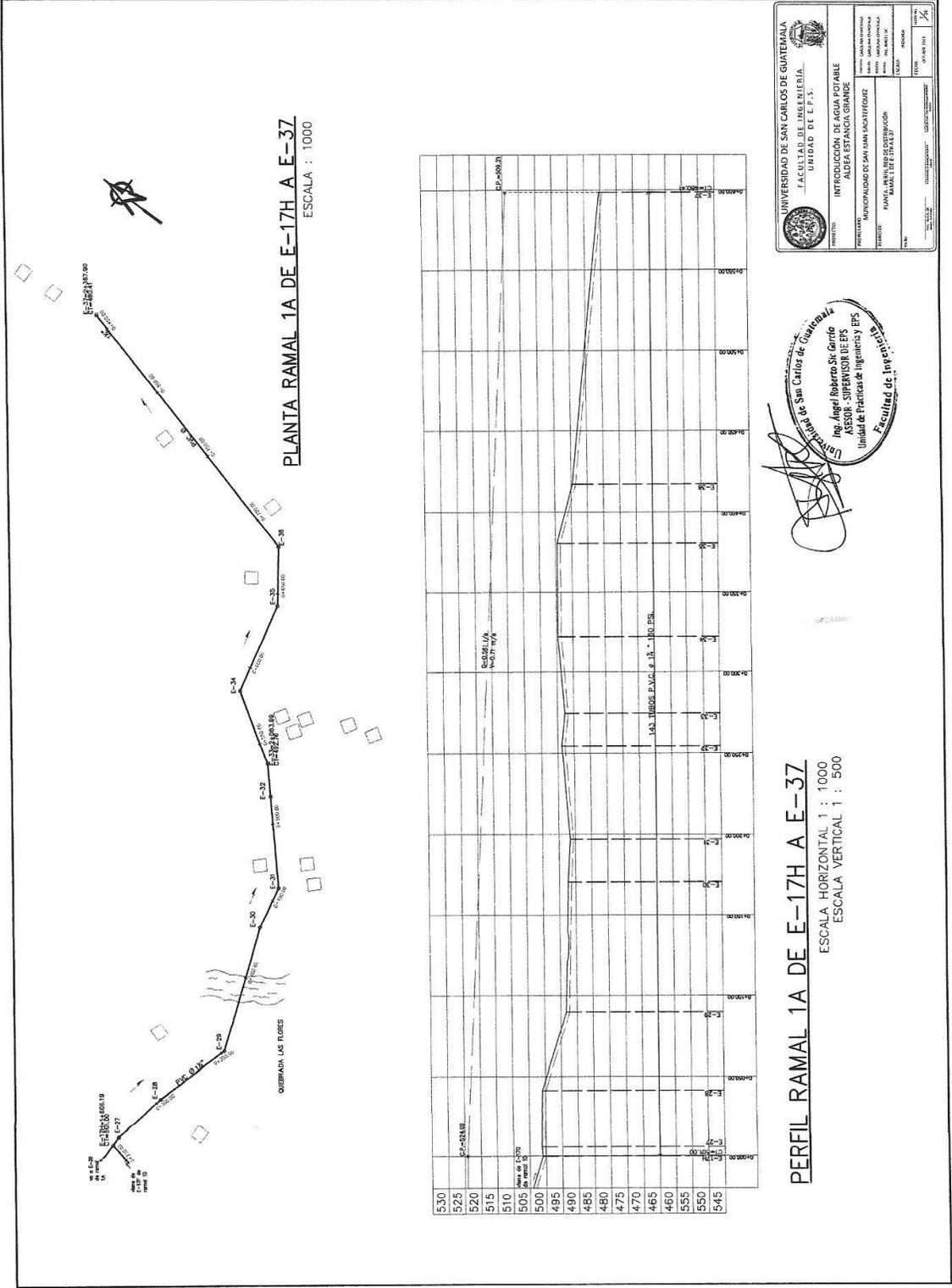
PLANTA RAMAL 1A DE E-17 A E-17H
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 1A DE E-17 A E-17H
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto St. Garcia
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería y Arquitectura

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE E.P.S.	
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE ALDEA ESTANCA GRANDE	
PROFESIONAL: MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUE	FECHA: 2014
PAIS: GUATEMALA	REGION: OCCIDENTAL
DEPARTAMENTO: SAN JUAN SACATEPEQUE	COMUNA: SAN JUAN SACATEPEQUE
CANTON: SAN JUAN SACATEPEQUE	OTRA: SI
ESCALA: 1:500	PROYECTADO POR: [Signature]



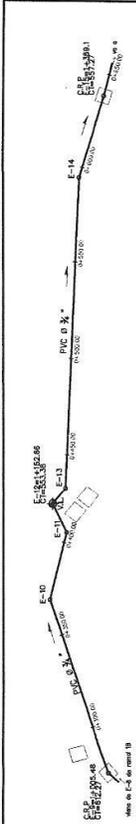
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E. P. S.

INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
ALDEA ESTACION GRANDE

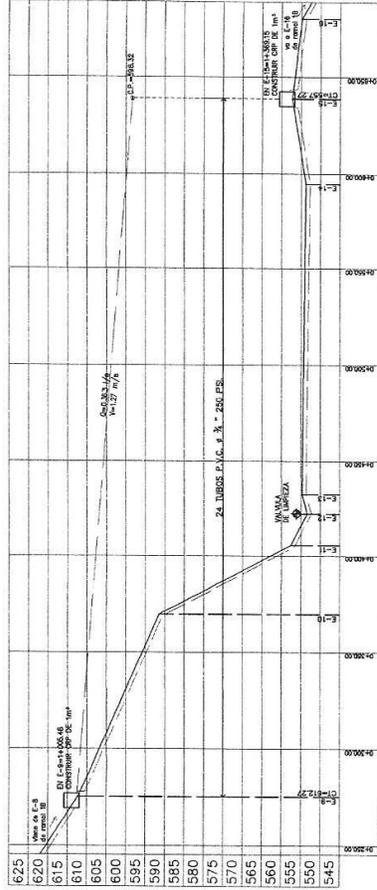
PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUE
PROYECTISTA: MANUEL RAMIRO RESERVA
PROYECTO: RAMAL DE OMBRAL

FECHA: 10/05/2010

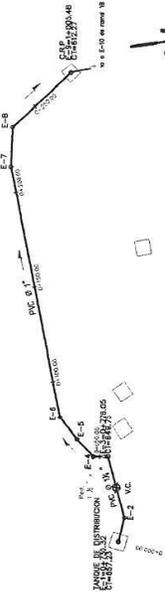
Unidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Angel Roberto Soto Carpio
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingenierías y EPS
Facultad de Ingeniería



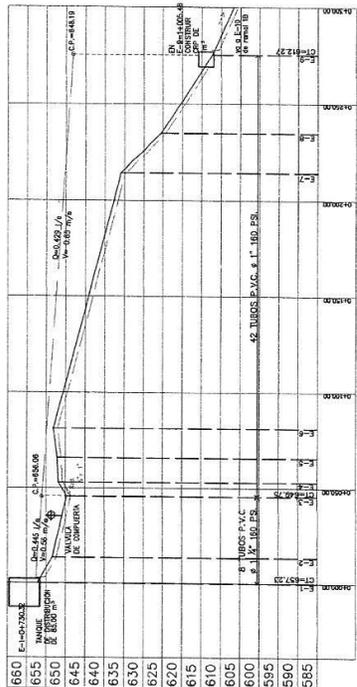
PLANTA RAMAL 3 DE E-9 A E-15
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 3 DE E-9 A E-15
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



PLANTA RAMAL 3 DE E-1 A E-9
 ESCALA : 1000



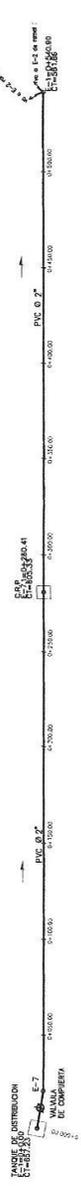
PERFIL RAMAL 3 DE E-1 A E-9
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.
 INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTANCA GRANDE

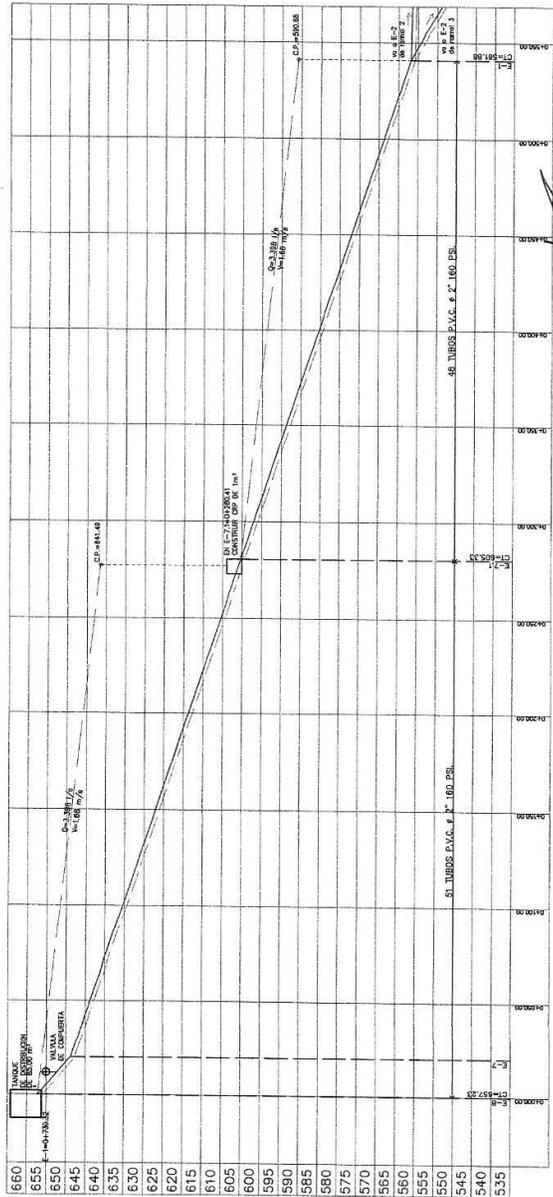
PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 PLAN: PLANTA RAMAL 3 DE E-9 A E-15
 FECHA: 15/05/2017

PROFESOR: Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASISTENTE: Ing. Carlos Hernandez
 ALUMNO: Ing. Carlos Hernandez

Ing. Angel Roberto Sic Garcia
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS
 Facultad de Ingenieria



PLANTA RAMALES 2 Y 3 DE E-8 A E-1
 ESCALA : 1000



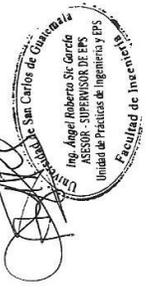
PERFIL RAMALES 2 Y 3 DE E-8 A E-1
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

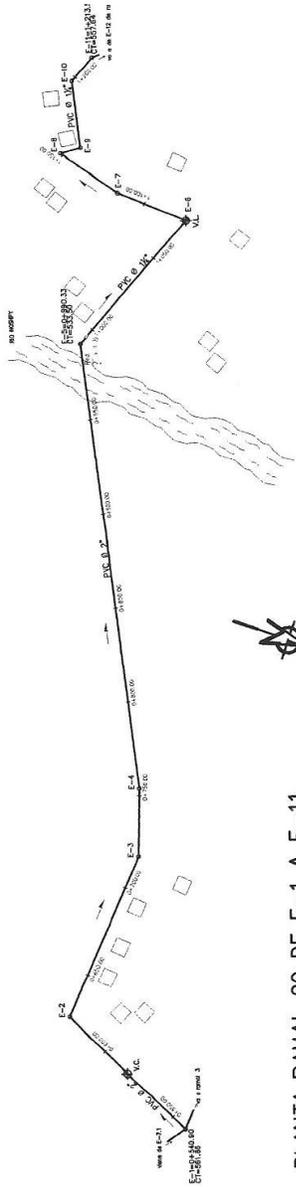
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E. P. S.

PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTANCIACION GRANDE
 MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ

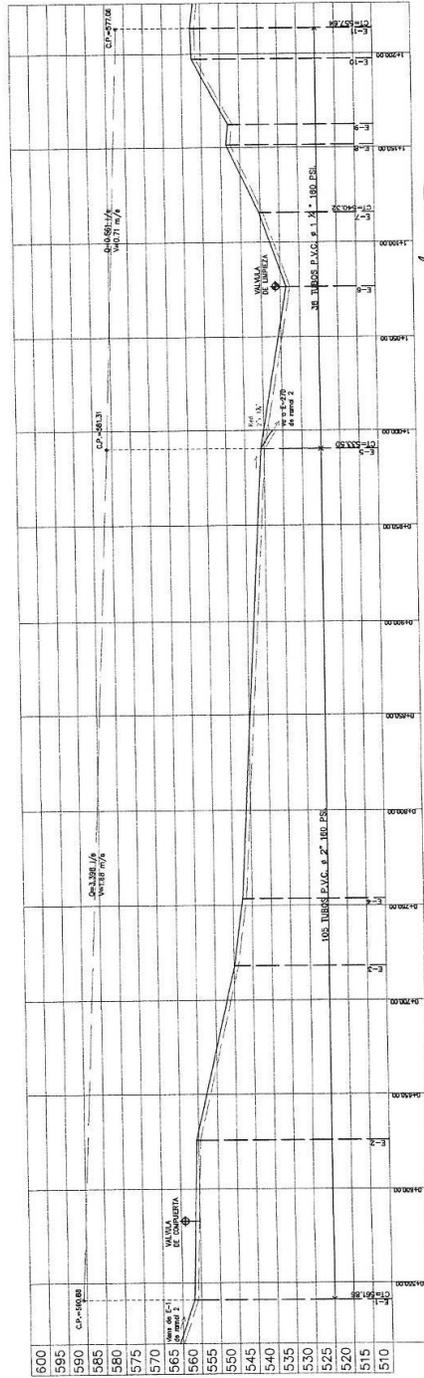
ASISTENTE: MANUEL YBARRA
 INGENIERO DE OBRAS

FECHA: 15/05/2011





PLANTA RAMAL 2C DE E-1 A E-11
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 2C DE E-1 A E-11
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTANCIA GRANDE

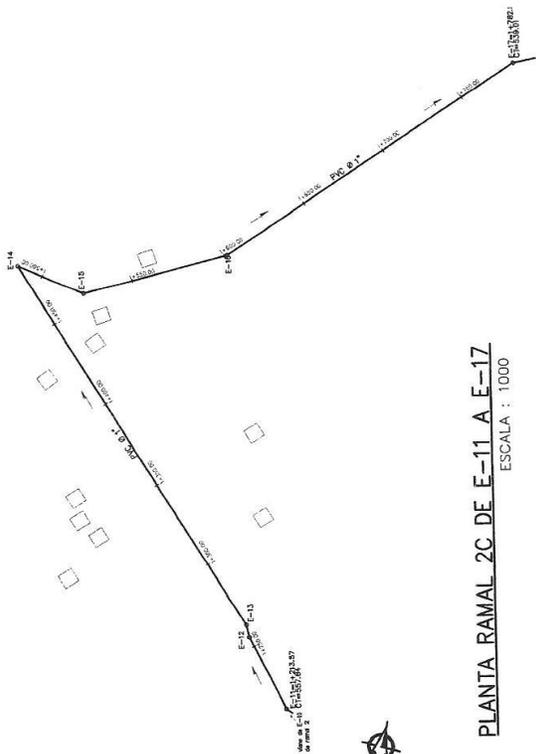
PROYECTO: MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ
 TITULO: PLANTA, PERFILES DE DISTRIBUCION
 Y TUBERIA DE LA RED

PROYECTISTA: ING. ANGEL ROBERTO SANCHEZ
 ASISTENTE: SUPLENTE DE P.T.
 UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA Y P.T.

FECHA: 15/05/2011

ESCALA: 1/500

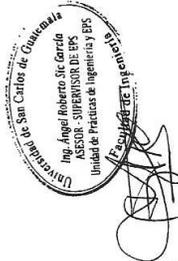
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Ing. Angel Roberto Sanchez
 ASISTENTE SUPLENTE DE P.T.
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y P.T.



PLANTA RAMAL 2C DE E-11 A E-17
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 2C DE E-11 A E-17
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



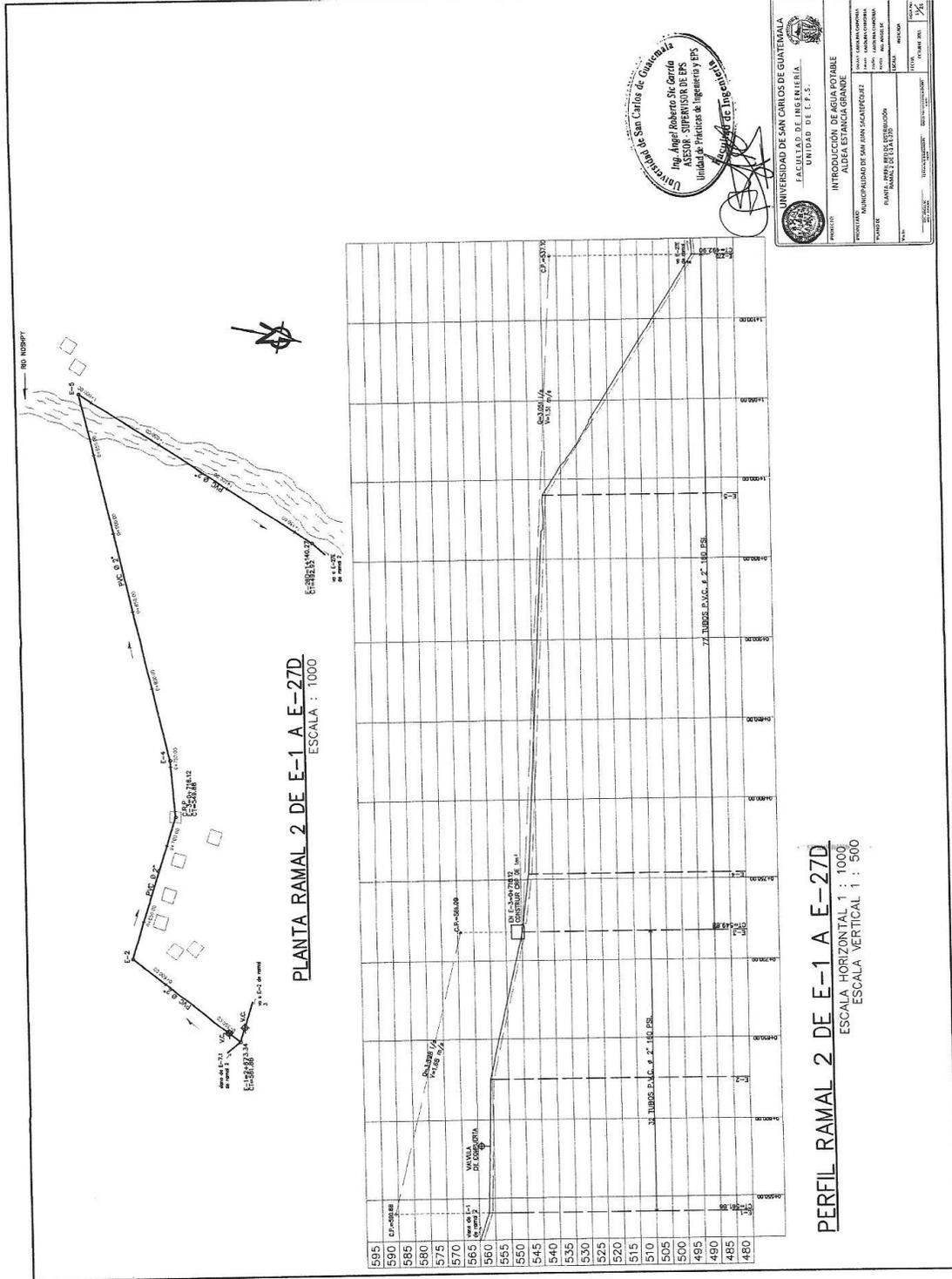
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTANCA GRANDE

INGENIERO: JUAN CARLOS
 ASISTENTE: JUAN CARLOS
 TÉCNICO: JUAN CARLOS

FECHA: 15 DE ABRIL DE 2011

HOJA: 1 DE 1



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE
ALDEA ESTANCA GRANDE
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ

PROYECTO: PLAN DE OBRAS DE LA UNIDAD DE
E.P.S. DE ESTANCA GRANDE

FECHA: 2014

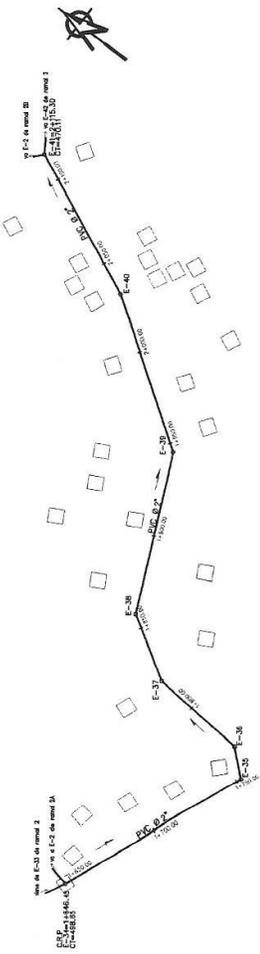
PROYECTANTE: [Signature]

REVISOR: [Signature]

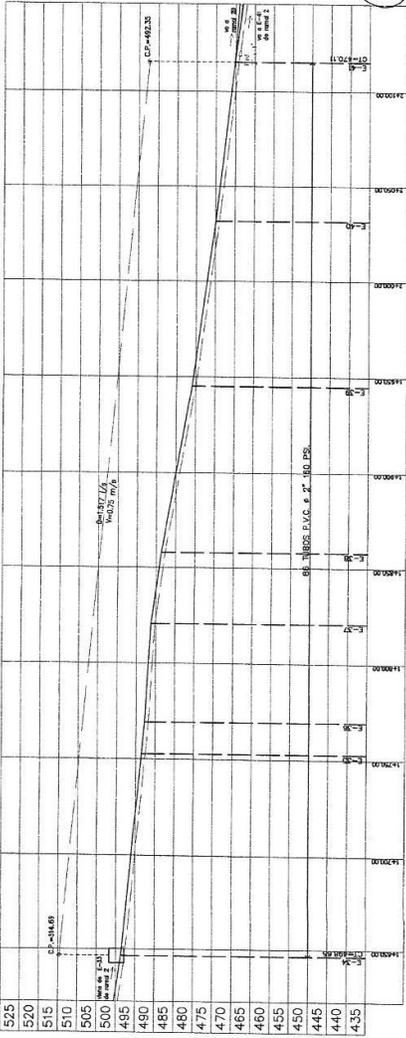
APROBADO: [Signature]

ESCALA: 1:1000

FECHA DE EMISIÓN: 2014



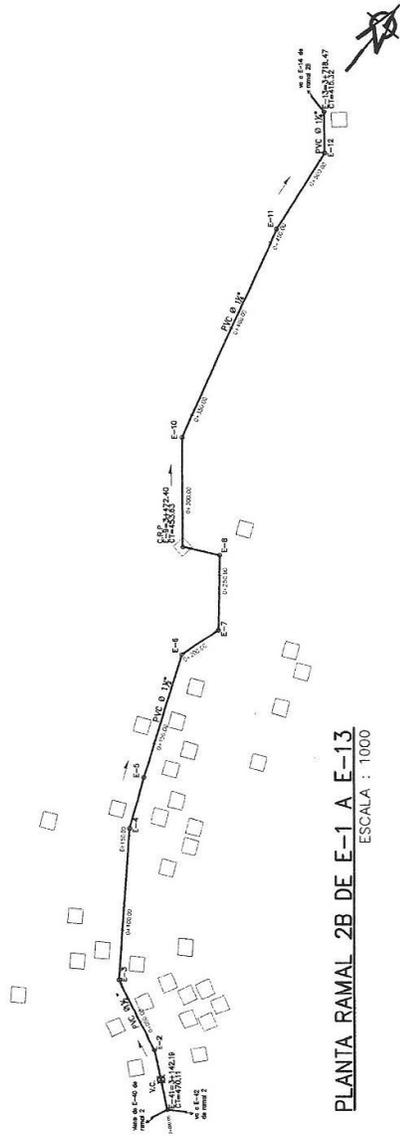
PLANTA RAMAL 2 DE E-34 A E-41
ESCALA : 1000



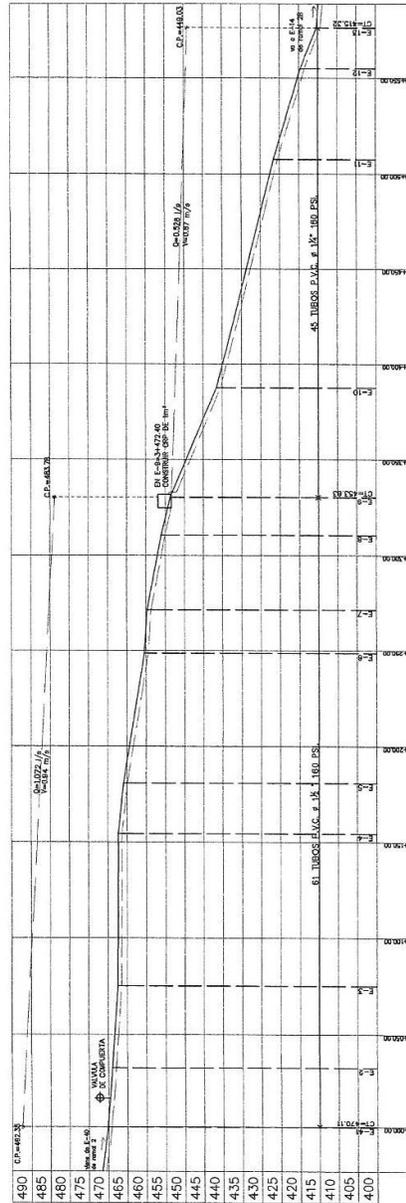
PERFIL RAMAL 2 DE E-34 A E-41
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 500

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Angel Roberto Sr. Garcia
ASISTENTE SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas e Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

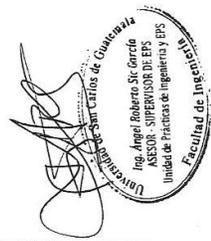
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE E. P. S.	
INTRODUCCION DE AGUA POTABLE	
ALDEA ESTANCA GRANDE	
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ
PLAZA:	RAMAL 2 DE E-34 A E-41
FECHA:	10/05/2017
ESCALA:	1:1000
PROFESOR:	ING. ANGEL ROBERTO SR. GARCIA
ESTUDIANTE:	ING. ANGEL ROBERTO SR. GARCIA
NOTA:	100%



PLANTA RAMAL 2B DE E-1 A E-13
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 2B DE E-41 A E-13
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500


 Universidad San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sir Garcia
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingenieria y EPS
 Facultad de Ingenieria

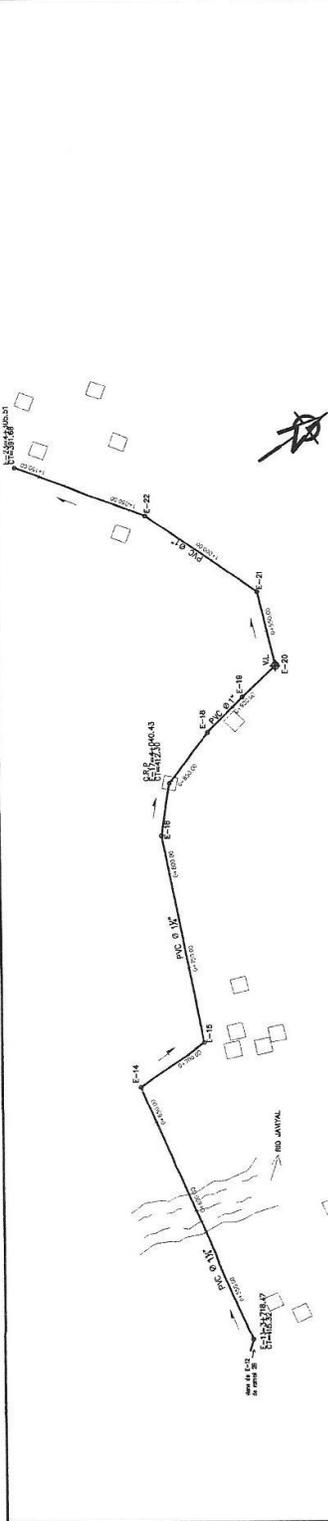
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EPS

PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE
 ALDEA ESTANCIA GRANDE

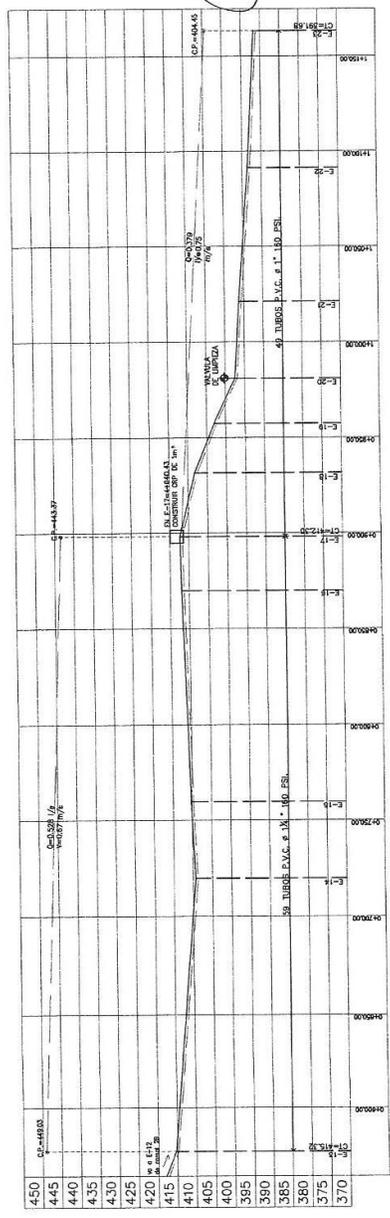
MUNICIPIO: MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ

PLAN: PLANTA RAMAL 2B DE E-1 A E-13
 ESCALA: 1:1000

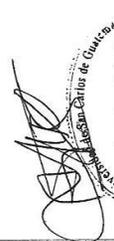
FECHA: 15/05/2018
 AUTORIZADO: [Signature]
 INGENIERO: [Signature]



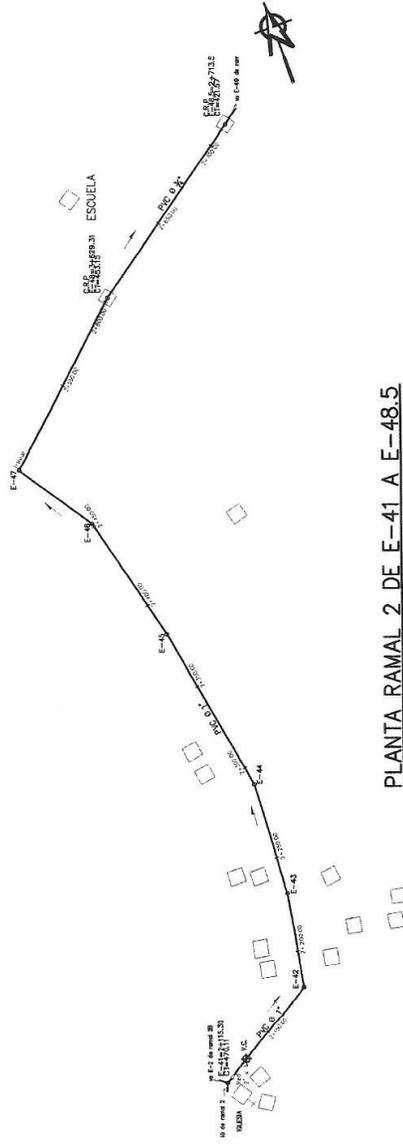
PLANTA RAMAL 2B DE E-13 A E-23
 ESCALA : 1000



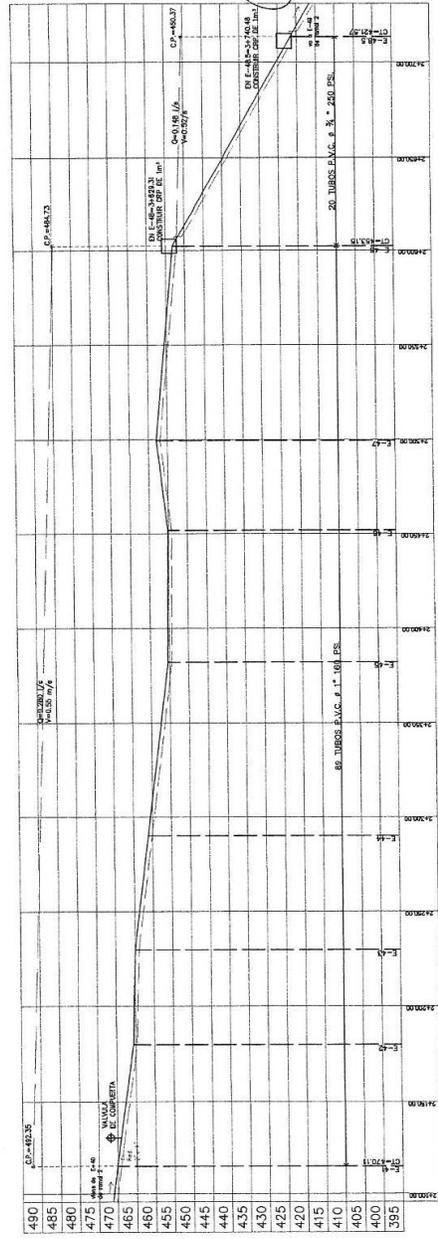
PERFIL RAMAL 2B DE E-13 A E-23
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500


 Ing. Angel Roberto Sir Garcia
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas e Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

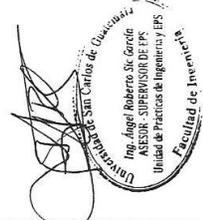
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE E. P. S.	
INTRODUCCION DE AGUA POTABLE	
ALDA ESTACION GRANDES	
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ	
PARCELAS: PLANTA Y PERFIL DE INTERSECCION	
FECHA: 15/05/2012	
AUTOR: [Blank]	
REVISOR: [Blank]	
APROBADO: [Blank]	
Escala: 1:1000	
Escala: 1:500	



PLANTA RAMAL 2 DE E-41 A E-48.5
 ESCALA : 1000

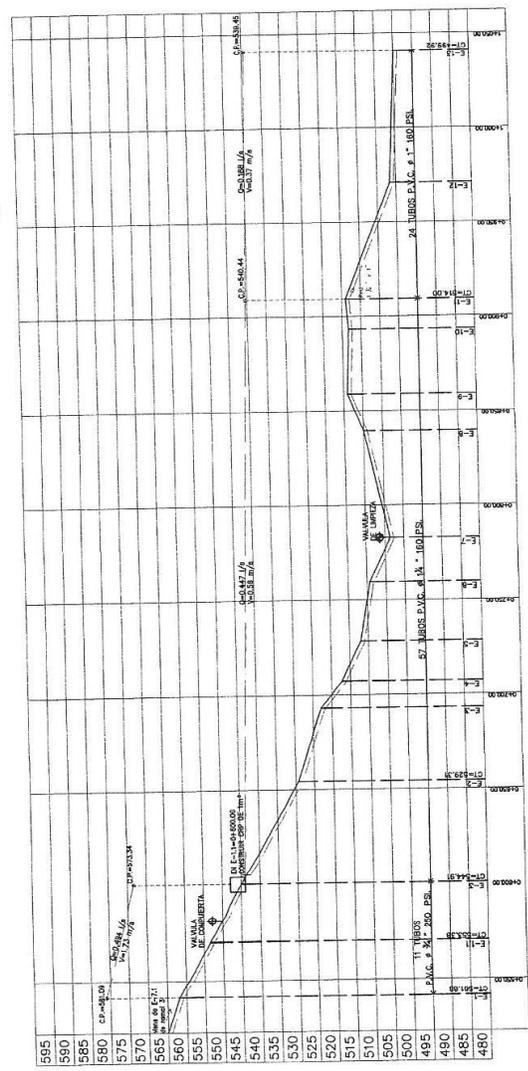
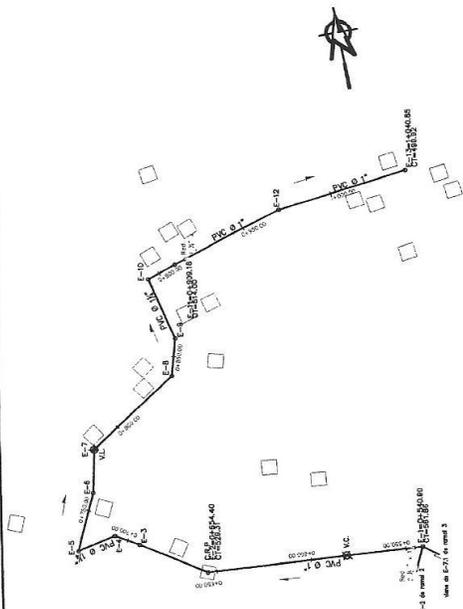


PERFIL RAMAL 2 DE E-41 A E-48.5
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE P.P.S.	
INTEGRACION DE AGUA POTABLE	
ALDEA ESTACION GRANDE	
PROFESOR:	ING. ANGEL ROBERTO SR. GARCIA
ASISTENTE:	ING. ANGEL ROBERTO SR. GARCIA
ESTUDIANTE:	ING. ANGEL ROBERTO SR. GARCIA
FECHA:	15/05/2022
ESCALA:	1:500
PROYECTO:	INTEGRACION DE AGUA POTABLE
UBICACION:	ALDEA ESTACION GRANDE
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO SACATEPEQUEZ
PLAZA:	CALLE 15 DE SEPTIEMBRE
PROYECTO:	RAMAL 2 DE E-41 A E-48.5
FECHA:	15/05/2022
ESCALA:	1:500
PROYECTO:	INTEGRACION DE AGUA POTABLE
UBICACION:	ALDEA ESTACION GRANDE
PROYECTO:	MUNICIPALIDAD DE SAN PABLO SACATEPEQUEZ
PLAZA:	CALLE 15 DE SEPTIEMBRE
PROYECTO:	RAMAL 2 DE E-41 A E-48.5
FECHA:	15/05/2022
ESCALA:	1:500

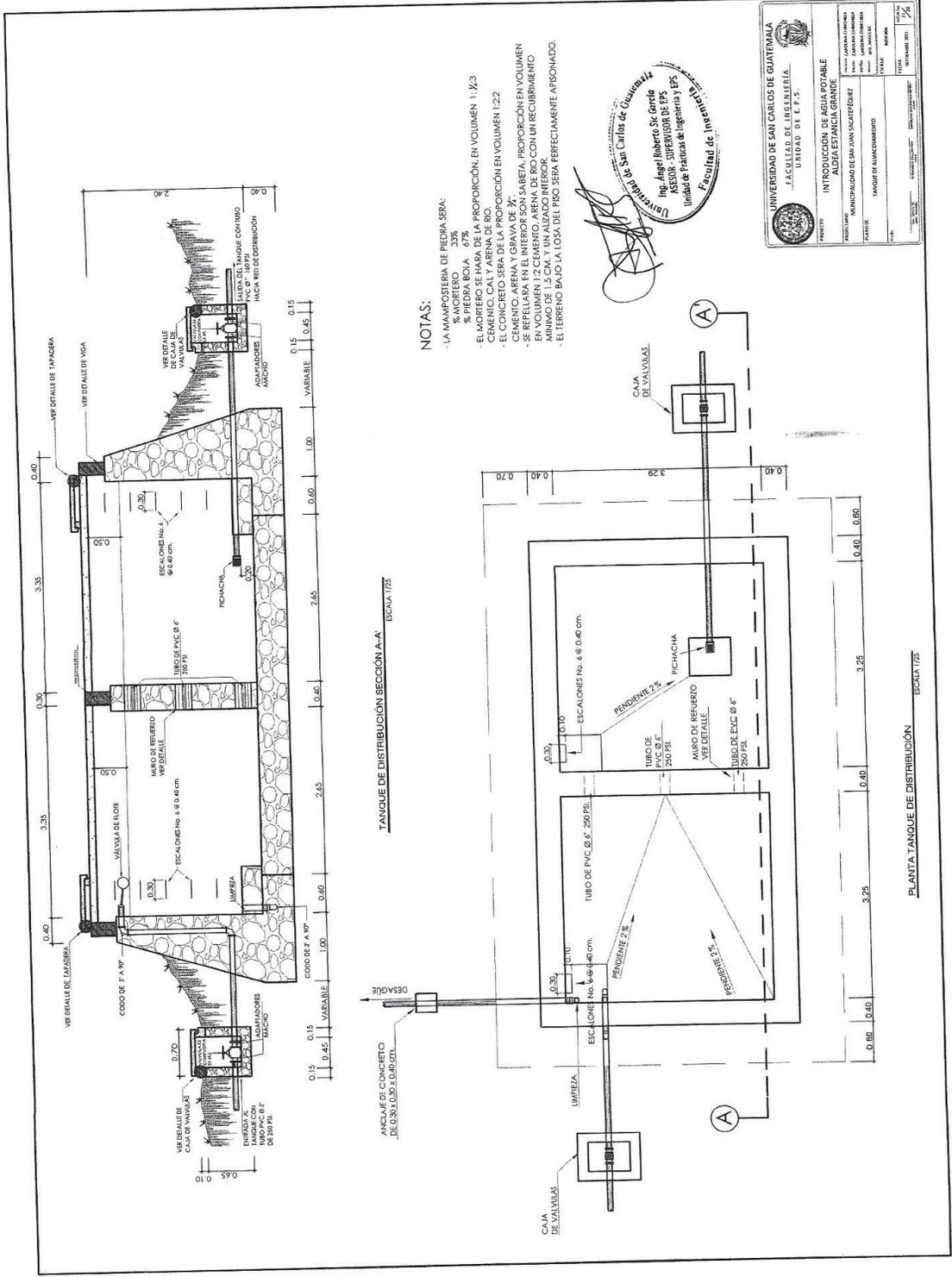
PLANTA RAMAL 3 DE E-1 A E-13
 ESCALA : 1000



PERFIL RAMAL 3 DE E-1 A E-13
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 500

Ingeniero
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ino. Angel Roberto Sa. Garcia
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD D.T. E.P.S.	
INTRODUCCION DE AGUA POTABLE	
ALDEA ESTANCA GRANDE	
PROYECTO	MUNICIPALIDAD DE SAN RAFAEL ESCOBAR
PROYECTADO	PLANTA, SERVIDORES DISTRIBUCION RAMAL 3 DE LA E-13
FECHA	15/05/2012
ESCALA	1:1000
FECHA DEL DISEÑO	15/05/2012
ESCALA DEL DISEÑO	1:1000
FECHA DEL DISEÑO	15/05/2012
ESCALA DEL DISEÑO	1:1000



NOTAS:

- LA MAPOSTERA DE PIEDRA SERA: 25% CEMENTO, 75% PIEDRA BOLA.
- EL MORTERO SE HARA DE LA PROPORCION EN VOLUMEN 1:3:3 CEMENTO, CAL Y ARENA DE RIO.
- EL CONCRETO SERA DE LA PROPORCION EN VOLUMEN 1:2:2 CEMENTO, ARENA Y GRAVA DE RIO.
- SE USARA UN REFORZADO EN SABETA, PROPORCION EN VOLUMEN MINIMO DE 1:2 CEMENTO, ARENA DE RIO CON UN RECURRIMIENTO MINIMO DE 1.5 CM. Y UN ALZADO INTERIOR.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO SERA PERFECTAMENTE AFINADO.

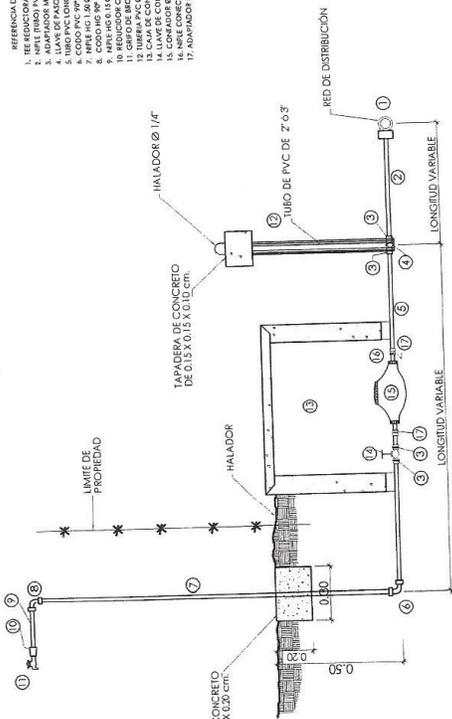
TANQUE DE DISTRIBUCION SECCION A-A ESCALA 1/25

PLANTA TANQUE DE DISTRIBUCION ESCALA 1/25

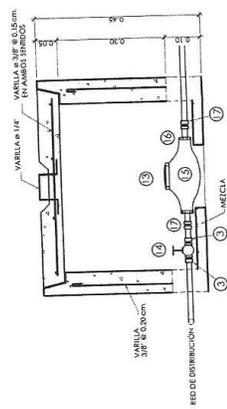
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sr. Garcia
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingenieria 1 EPS
 Facultad de Ingenieria

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE PRACTICAS
 PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE A LA ESTACION GRANDE
 PROYECTISTA: MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ
 PATRONO: TANQUE DE ALMACENAMIENTO
 TITULO: PLAN DE DISTRIBUCION
 FECHA: 14/04/2011

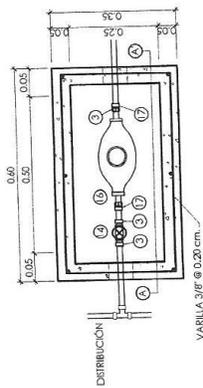
1. REFERENCIA DE MATERIAS
2. RECTIFICADA PVC Ø TUBERÍA PRINCIPAL 2 3/4"
3. ANILLO EN PVC LONGITUD VARIABLE Ø 3/4"
4. ADAPTADOR EN PVC Ø 3/4" X 1/2"
5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 3/4"
6. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
7. ANILLO EN PVC Ø 3/4"
8. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
9. REDUCTOR CAMPANA HG 3/4" X 1/2"
10. REDUCTOR EN PVC Ø 3/4"
11. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
12. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
13. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
14. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
15. CODO 90° EN PVC Ø 3/4"
16. ANILLO EN PVC Ø 3/4"
17. ADAPTADOR BRONCE PVC Ø 3/4"



CONEXIÓN DOMICILIAR TÍPICA
ESCALA 1/10



DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA SECCIÓN A-A*
ESCALA 1/10



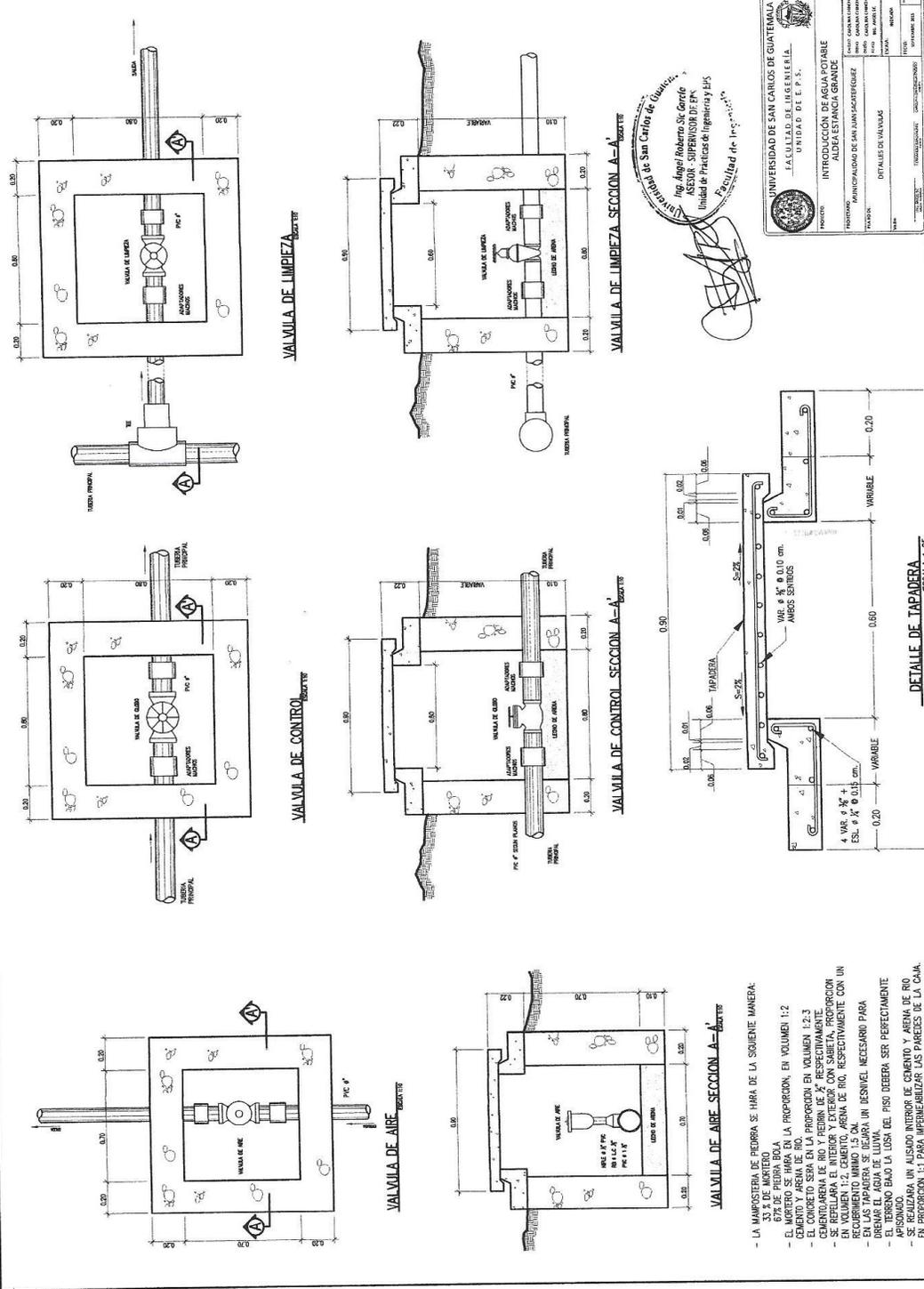
DETALLE DE CAJA PARA CONTADOR DE AGUA
ESCALA 1/10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE E.P.S.

INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE
ALDEA ESTANCIAS GRANDE
MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE
PAÍS: GUATEMALA
FECHA: 2014

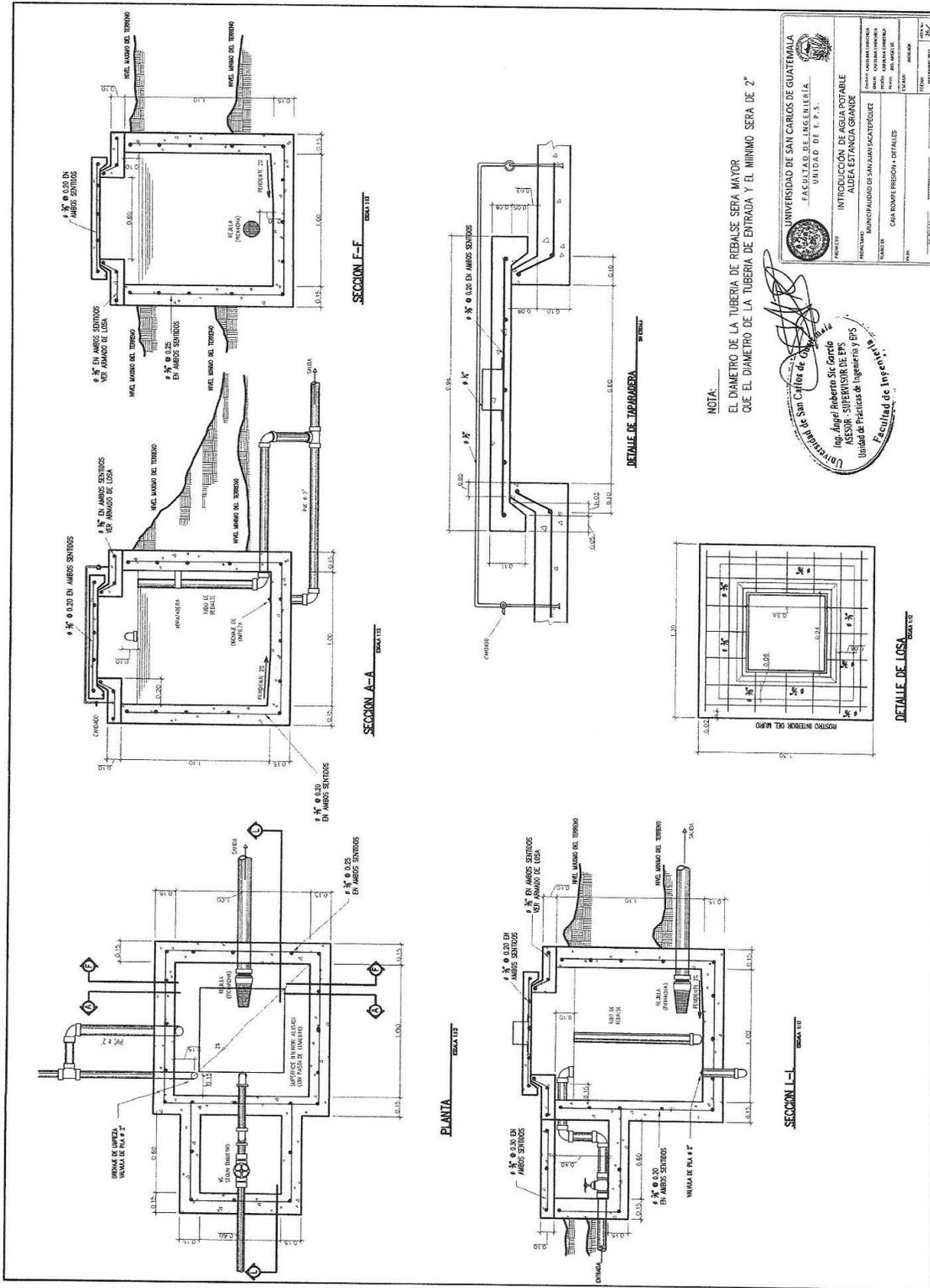
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. José Roberto Sic Garrido
Asesor - SUPERVISOR DE EPS
Ingeniería & Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería y Arquitectura



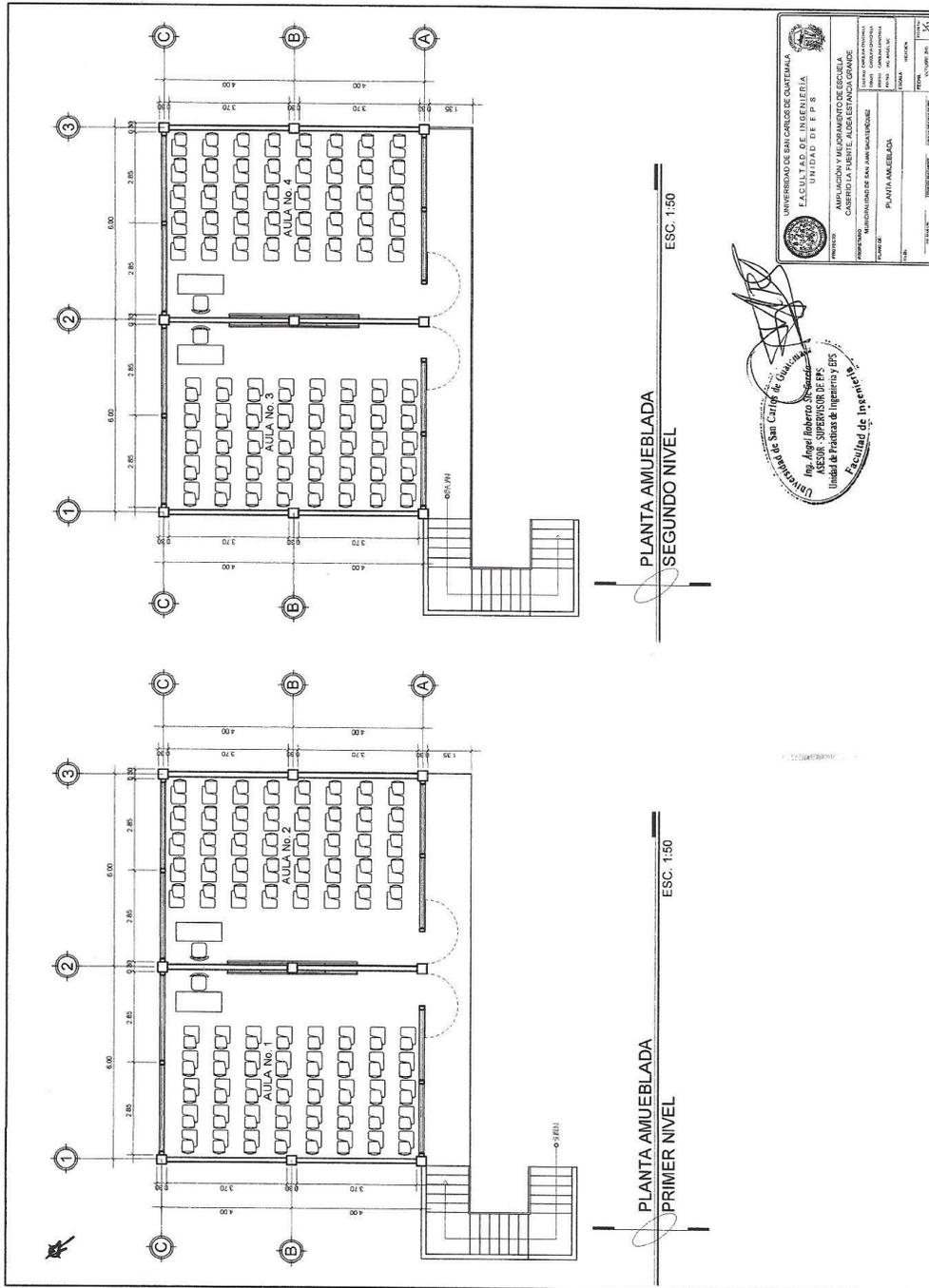
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EDUCACION		CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE	
PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE ALDEA ESTANCA GRANDE		FECHA: 15/05/2014	
PROFESOR: DR. CARLOS RAMIREZ		ESTUDIANTE: [Nombre]	
TITULO: DETALES DE VALVULAS		ESCALA: 1:10	

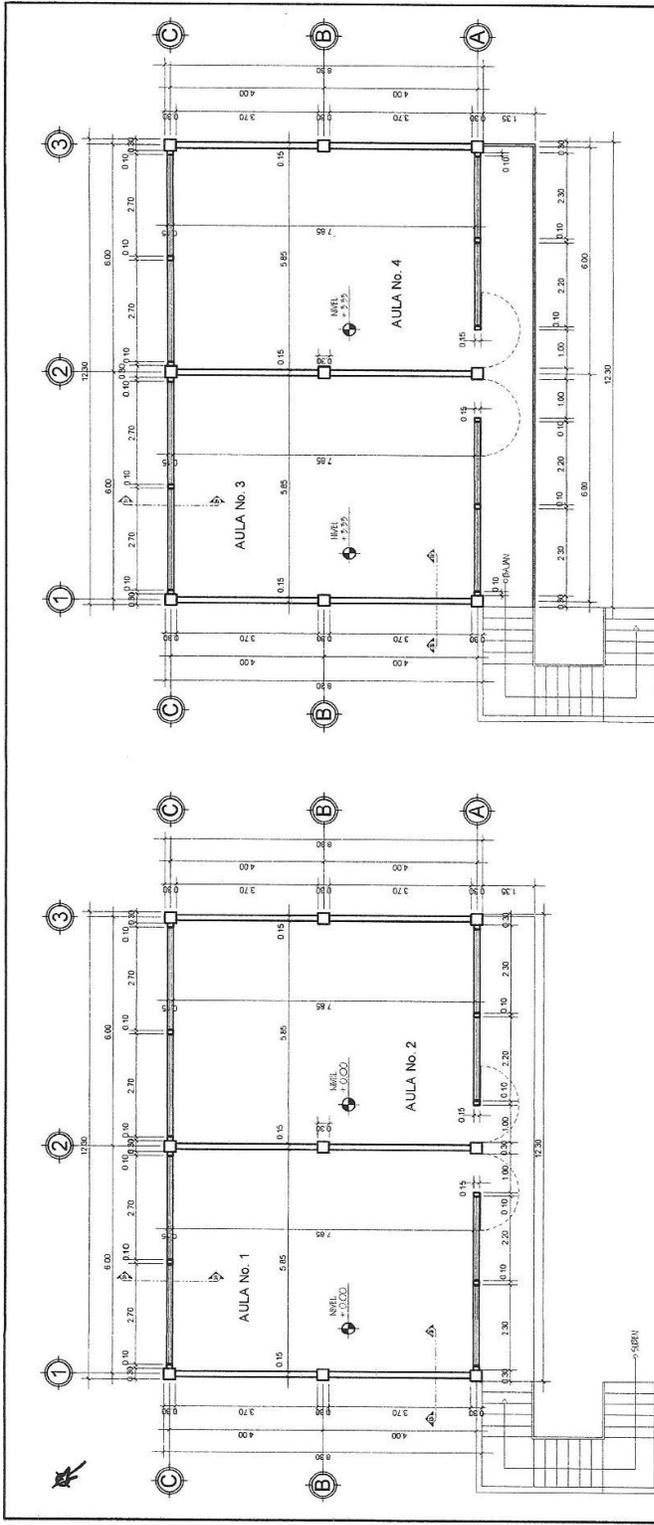
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Angel Roberto Sic. Garcia
 ASesor - SUPERVISOR DE EPC
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPC
 Facultad de Ingeniería

- LA MAQUETERIA DE PIEDRA SE HIRA DE LA SIGUIENTE MANERA:
 - 33 % DE MORTERO
 - 67% DE PIEDRA BOLA
- EN LA CAJA DE LA VALVULA, LA PROPORCION EN VOLUMEN 1:2 CEMENTO Y ARENA DE RIO.
- EL CONCRETO SERA EN LA PROPORCION EN VOLUMEN 1:2:3 CEMENTO:ARENA DE RIO Y FIEDRIN DE 1/2" RESPECTIVAMENTE.
- SE RESELLARA EL INTERIOR Y EXTERIOR CON UN RESELLADOR EN LA PROPORCION 1:1:1 CEMENTO:ARENA DE RIO, RESPECTIVAMENTE CON UN RESELLADOR UNIMO 1:5 CAL.
- EN LAS TAPADERAS SE USARA UN RESINOL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LUVIA.
- EL BORDO BAJO LA LUNA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE LISO.
- SE REALIZARA UN AISLADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCION 1:1 PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES DE LA CAJA.



Apéndice 6. Planos ampliación y mejoramiento de escuela



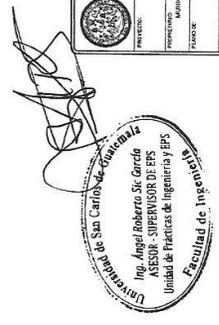


PLANTA ACOTADA
PRIMER NIVEL

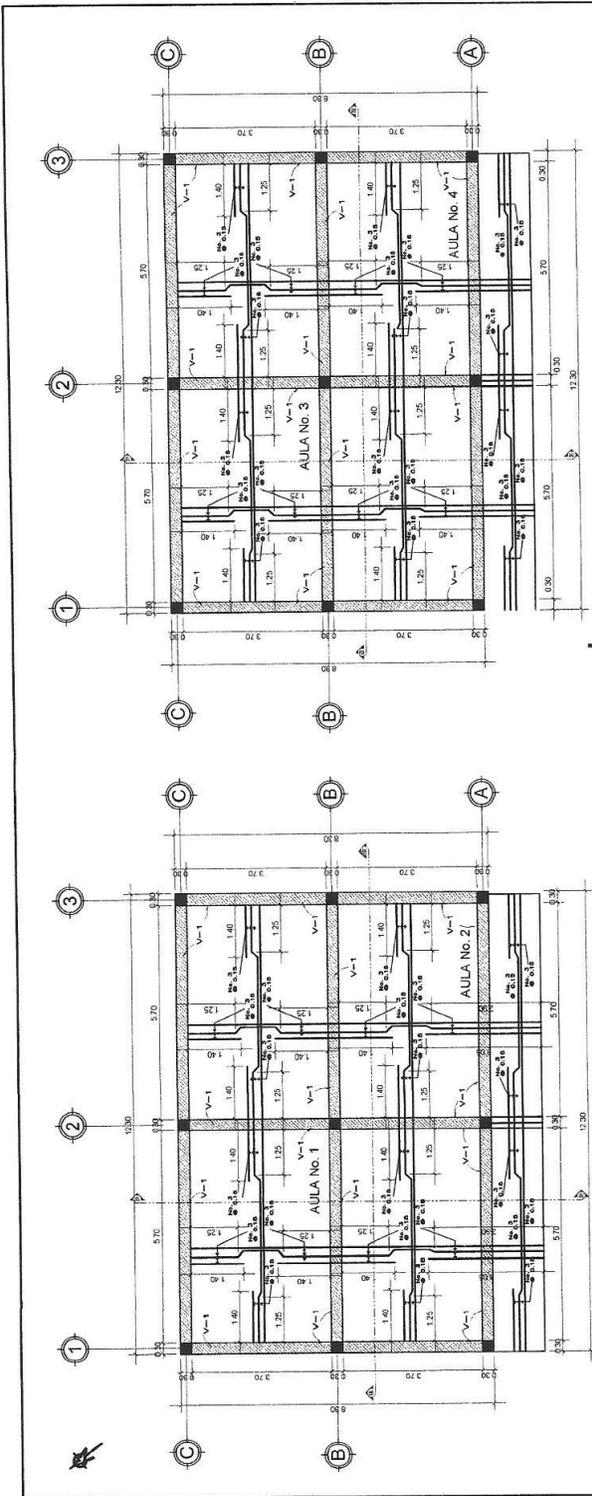
ESC. 1:50

PLANTA ACOTADA
SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIDAD DE EPS	
PROYECTO:	AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE ESCUELA CASERIO LA FUENTE, ALDEA PANZA GRANDE
PROYECTADO:	ING. ANGEL ROBERTO SIR GRANDA
PAIS:	GUATEMALA
DEPARTAMENTO:	GUATEMALA
MUNICIPIO:	PUNTA ACOTADA
FECHA:	2014
ESCALA:	1:50
PROYECTADO POR:	ASesor - SUPERVISOR DE EPS
PROYECTADO EN:	UNIDAD DE PLANIFICACION DE INGENIERIA Y EPS
PROYECTADO EN:	FACULTAD DE INGENIERIA
PROYECTADO EN:	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



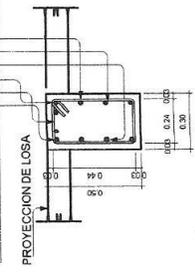
PLANTA VIGAS Y LOSAS
PRIMER NIVEL

ESC. 1:50

PLANTA VIGAS Y LOSAS
SEGUNDO NIVEL

ESC. 1:50

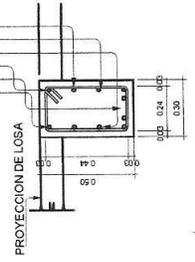
8 No. 5 + 2 BASTONES No. 5 + CONFIRMADO @ 0.10 CON ESTRIBOS No. 3



VIGA TIPO V-2 CORTE A-A'

ESC. 1/10

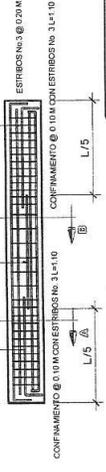
8 No. 5 + 2 TENCIONES No. 5 + ESTRIBOS No. 3 @ 0.20



VIGA TIPO V-2 CORTE B-B'

ESC. 1/10

2 BASTONES No. 5 + 2 TENCIONES No. 5



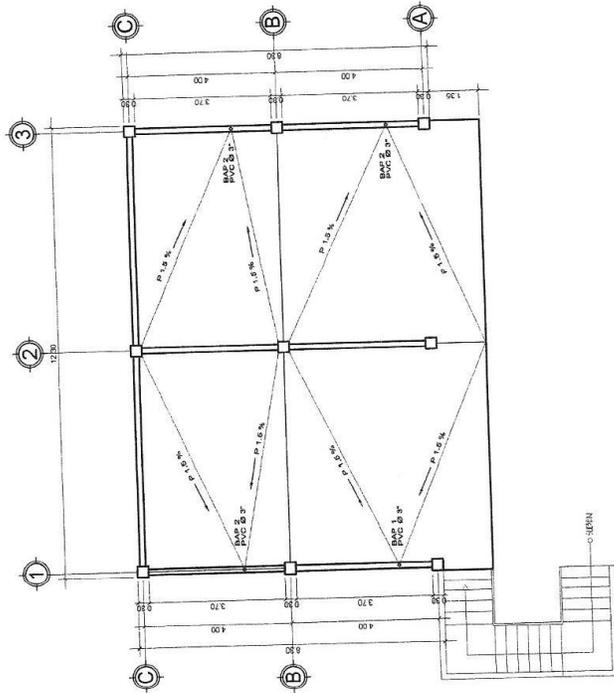
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE ESCUELA CASERIO LA FUENTE, ALDEA ESTIMADAGRANDE
PROPIEDAD MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ
CARRERA DE: PLANTA ARMADO DE VIGAS Y LOSAS

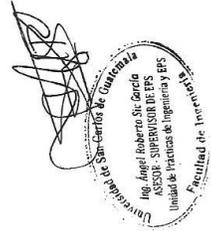
Ing. Angel Roberto Sic Garcia
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Fratricos de Ingenieria y EPS
Facultad de Ingenieria

FECHA: 05/05/2016
DISEÑADO POR: [Signature]
REVISADO POR: [Signature]

SIMBOLOGÍA	
○	TUBO PVC 2" 125 PSI
P 1.5 %	PENDIENTE
→	DIRECCION DE FLUJO



PLANTA DE BAJADAS DE AGUA PLUVIAL
ESC. 1:50



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
UNIDAD DE EPS	
PROYECTO:	AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DE LA CUBIERTA Y FUENTE, AL ESTADIO GRANDE MUNICIPALIDAD DE SAN ANTONIO
PERIODO:	SEMANA 04/01/2014
TAREA:	BAJADA DE AGUA PLUVIAL
FECHA:	02/09/2014
PROYECTANTE:	JOSÉ ROBERTO SIC
REVISOR:	ING. JUAN JOSÉ
APROBADO:	ING. JUAN JOSÉ
FECHA:	02/09/2014

