



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS
HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE
CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**

Julio César Linares Marroquín

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS
HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE
CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JULIO CÉSAR LINARES MARROQUÍN
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

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

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS
HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE
CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 2 de agosto de 2011.

Julio César Linares Marroquín



Guatemala, 30 de julio de 2012
Ref.EPS.DOC.1032.07.12

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Julio César Linares Marroquín** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200618418**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ”**.

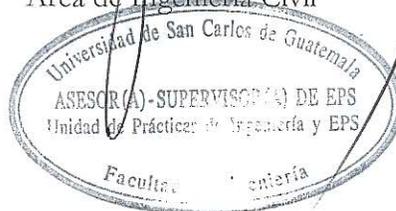
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo
JMC/ra



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



Guatemala,
8 de agosto de 2012

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

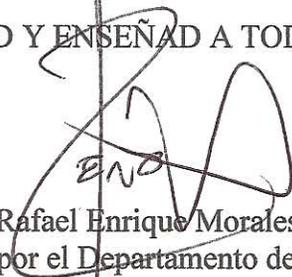
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio César Linares Marroquín, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



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



Guatemala,
12 septiembre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Julio César Linares Marroquín, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos..

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Más de 130^{Años} de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 20 de septiembre de 2012
Ref.EPS.D.767.09.12

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

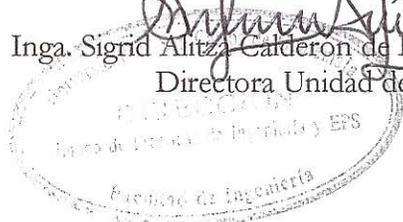
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Julio César Linares Marroquín**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigríd Alitz Calderón de León De León
Directora Unidad de EPS



SACdL/ra



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Julio César Linares Marroquín, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2012

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LOS CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ Y EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO, MUNICIPIO DE SOLOLÁ, SOLOLÁ**, presentado por el estudiante universitario **Julio César Linares Marroquín**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en funciones

Guatemala, 12 de noviembre de 2012



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por estar conmigo en todo momento, darme sabiduría, darle dirección a mi vida, fuerza para vencer los obstáculos, protegerme y permitirme lograr este triunfo para poder iniciar otra etapa en mi vida.
- Mis padres** Julio César Linares Argueta y Julieta Marroquín, porque son el apoyo que siempre necesito para seguir adelante; este logro es de ustedes más que mío y no hubiera sido posible sin su amor y esfuerzo; que esto sea una mínima recompensa, muchas gracias.
- Mis hermanos** Clara Luz y Luis Armando Linares Marroquín, por todo el apoyo incondicional otorgado en este arduo proceso.
- Mi sobrino** Luis Armando Linares Rosales, por ser un motivo de alegría.
- Mis abuelos** José Ovidio Linares; Clara Luz Argueta, Seferina Cruz (q.e.p.d.), Mariana Navas, Cruz Marroquín (q.e.p.d.). Por ser ejemplo y motivación.

Mis tíos y primos

Por su aprecio y por el apoyo que siempre me han manifestado por lo que comparto este triunfo y orgullo.

**Mis amigos
y compañeros**

Personas que de una u otra forma contribuyeron en el desarrollo del presente trabajo, por sus consejos, apoyo, ayuda y el cariño incondicional que me brindaron.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por estar conmigo en todo momento, darme sabiduría, darle dirección a mi vida, fuerza para vencer los obstáculos, protegerme y permitirme lograr este triunfo para poder iniciar otra etapa en mi vida.

Mis padres

Julio César Linares Argueta y Julieta Marroquín, por haber confiado en mí, por sus múltiples sacrificios, paciencia, ayuda incondicional, instrucción, apoyo, amor y esperanza que me brindaron en todo momento, a ellos por ser un ejemplo a seguir y dignos de mi admiración dedico este triunfo alcanzado.

Mis hermanos

Clara y Luis Armando Linares Marroquín, con mucho cariño y aprecio, por esos momentos compartidos, su apoyo, comprensión y que mi triunfo sea un ejemplo y no desfallezcan ante nada.

Mis abuelos

José Ovidio Linares; Clara Luz Argueta, Seferina Cruz (q.e.p.d.), Mariana Navas, Cruz Marroquín (q.e.p.d.) por su gran amor, sus consejos, su ejemplo e inculcarme ese espíritu de lucha, los llevo siempre en mi corazón.

Mis tíos

Danilo Linares, Dora Alicia Linares, Carlos Javier Sarceño (q.e.p.d.), Arturo Linares, Olga Elizabeth Linares (q.e.p.d.), Lorena Marroquín, Crimy Marroquín, Roxana Marroquín, Marina Marroquín, Adeldo Marroquín, Rubén Marroquín, Armando Marroquín, Mario Marroquín, por su apoyo y cariño incondicional.

Mis primos

Flor de María Linares, Luz Matias, Glenda Sarceño, José Saceño, Javier Sarceño, Evelyn Linares, Danny Linares, Ricky Linares, Fernando Linares, César Linares, German Meza, Sabrina Meza, Katherine Cifuentes, Josseline Ramírez, Jason Cifuentes, Sophia Cifuentes, Dulce Marroquín, Lauren Marroquín, Linda Marroquín, Kevin Marroquín, Mario Marroquín, Karla Linares, Ana Linares, Juan Sarceño, Ángel Viguera, Alex Marroquín, Stephanie Viguera, Vanessa Marroquín, por ese calor de hermanos que siempre me han brindado.

**Mis amigos y
compañeros**

Nathalie Morán, Cecilia de León, Oscar Esquivel, Allan Mejía, Pablo Bautista, Francisco Castellanos, Rudy García, Eddie Castro, Francisco Minchez, Fredy Tzoc, Allan Pellecer, a todos ellos que han estado conmigo en las buenas y en las malas contribuyendo con sus conocimientos y consejos para alcanzar este triunfo, y en especial Saúl Sandoval y Rodolfo Huard, por todo su apoyo.

Ing Juan Merck

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

**La Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por haberme dado la oportunidad de ingresar, en especial a la Facultad de Ingeniería por expandir mis conocimientos científicos, técnicos y éticos.

**La Municipalidad
de Sololá**

Por permitirme realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones, en especial a los miembros de la oficina municipal de agua y saneamiento por su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO.....	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS / JUSTIFICACIÓN.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del caserío El Encanto	1
1.1.1. Origen de la comunidad	1
1.1.2. Descripción morfológica de la comunidad	2
1.1.3. Clima	3
1.1.4. Tipo de vivienda y actividad económica	3
1.1.5. Población y demografía	4
1.1.6. Servicios públicos	4
1.1.6.1. Educación	5
1.1.6.2. Salud.....	5
1.1.6.3. Agua potable.....	5
1.1.6.4. Drenajes.....	5
1.1.6.5. Energía eléctrica	6
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de los caseríos Hierbabuena, El Pancá y El Encanto	6
1.2.1. Descripción de las necesidades	6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades	8

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos Hierbabuena y El Pancá	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Aforos, dotación y tipo de servicio	10
2.1.3.	Tasa de crecimiento poblacional	11
2.1.4.	Periodo de diseño, población futura	11
2.1.5.	Factores de consumo y caudales	13
2.1.5.1.	Caudal medio diario (Q_m).....	14
2.1.5.2.	Caudal máximo diario (Q_{md}).....	15
2.1.5.3.	Caudal máximo horario (Q_{mh})	16
2.1.6.	Calidad del agua y sus normas.....	17
2.1.6.1.	Análisis bacteriológico	18
2.1.6.2.	Análisis físico químico	19
2.1.7.	Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería	19
2.1.8.	Presiones y velocidades	20
2.1.9.	Levantamiento topográfico	24
2.1.10.	Planimetría	25
2.1.11.	Altimetría	25
2.1.12.	Diseño hidráulico del sistema	25
2.1.12.1.	Captación	26
2.1.12.2.	Línea de conducción.....	27
2.1.12.3.	Tanque de almacenamiento	30
2.1.12.3.1.	Volumen de almacenamiento	31
2.1.12.3.2.	Diseño estructural del tanque.....	32
2.1.12.4.	Red de distribución	42
2.1.12.5.	Sistema de desinfección	46

	2.1.12.6.	Obras de arte	48
	2.1.12.7.	Válvulas	49
	2.1.12.8.	Conexiones domiciliarias	51
	2.1.13.	Programa de operación y mantenimiento.....	51
	2.1.14.	Propuesta de tarifa.....	54
	2.1.15.	Elaboración de planos.....	55
	2.1.16.	Elaboración de presupuesto.....	56
	2.1.17.	Evaluación socioeconómica	58
	2.1.17.1.	Valor Presente Neto	59
	2.1.17.2.	Tasa Interna de Retorno	61
	2.1.18.	Evaluación de Impacto Ambiental	62
2.2.		Diseño de la edificación de dos niveles para centro de convergencia de caserío El Encanto.....	67
	2.2.1.	Descripción del proyecto	68
	2.2.2.	Descripción del área disponible	68
	2.2.3.	Estudio de suelos.....	69
	2.2.3.1.	Determinación del valor soporte del suelo	69
	2.2.4.	Normas para el diseño de edificios	72
	2.2.4.1.	Criterios generales	72
	2.2.4.2.	Criterios de conjunto	72
	2.2.4.3.	Criterios de iluminación	73
	2.2.4.4.	Otros criterios.....	74
	2.2.5.	Diseño arquitectónico.....	75
	2.2.5.1.	Ubicación del edificio en el terreno.....	76
	2.2.5.2.	Distribución de ambientes	76
	2.2.5.3.	Alturas de edificio.....	76
	2.2.6.	Selección del sistema estructural a usar	77

2.2.6.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales	77
2.2.6.2.	Cargas de diseño.....	82
2.2.6.2.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles nudos rígidos.....	82
2.2.6.2.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos	91
2.2.6.3.	Fuerzas sísmicas.....	91
2.2.6.4.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos	113
2.2.6.5.	Análisis de marcos dúctiles por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural numérico.....	113
2.2.6.6.	Envolvente de momentos	127
2.2.6.7.	Diagrama de corte y momento.....	131
2.2.6.8.	Diseño de losas	136
2.2.6.9.	Diseño de vigas	158
2.2.6.10.	Diseño de columnas	164
2.2.6.11.	Diseño de gradas.....	176
2.2.6.12.	Diseño de cimientos	181
2.2.7.	Instalaciones	191
2.2.7.1.	Agua potable	192
2.2.7.2.	Drenajes	198
2.2.7.3.	Electricidad	205
2.2.8.	Elaboración de planos	208
2.2.9.	Elaboración de presupuesto	208

2.2.10. Evaluación de Impacto Ambiental	211
CONCLUSIONES	215
RECOMENDACIONES.....	217
BIBLIOGRAFÍA.....	219
APÉNDICES.....	221
ANEXOS	243

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación caserío El Encanto.....	2
2.	Momentos en losa.....	35
3.	Área tributaria de losa.....	37
4.	Diagrama de cuerpo libre y presiones sobre el muro.....	38
5.	Área tributaria de las cargas sobre la columna.....	79
6.	Tipos de carga.....	82
7.	Simetría de marcos en el edificio.....	101
8.	Marco típico sentido X, cargas verticales y horizontales.....	114
9.	Marco típico sentido Y, cargas verticales y horizontales.....	115
10.	Momentos de carga muerta en vigas, marco sentido X.....	116
11.	Momentos de carga muerta en vigas, marco sentido Y.....	117
12.	Momentos de carga muerta en columnas, marco sentido X.....	118
13.	Momentos de carga muerta en columnas, marco sentido Y.....	119
14.	Momentos de carga viva en vigas, marco sentido X.....	120
15.	Momentos de carga viva en vigas, marco sentido Y.....	121
16.	Momentos de carga viva en columnas, marco sentido X.....	122
17.	Momentos de carga viva en columnas, marco sentido Y.....	123
18.	Momentos de fuerza horizontal en vigas, marco sentido X.....	124
19.	Momentos de fuerza horizontal en vigas, marco sentido Y.....	125
20.	Momentos de fuerza horizontal en columnas, marco sentido X...	126
21.	Momentos de fuerza horizontal en columnas, marco sentido Y...	127
22.	Envolvente de momentos en vigas, marco sentido X.....	128
23.	Envolvente de momentos en vigas, marco sentido Y.....	129

24.	Envolvente de momentos en columnas, marco sentido X.....	129
25.	Envolvente de momentos en columnas, marco sentido Y.....	130
26.	Envolvente de corte en vigas, marco sentido X.....	132
27.	Envolvente de corte en vigas, marco sentido Y.....	133
28.	Envolvente de corte en columnas, marco sentido X.....	134
29.	Envolvente de corte en columnas, marco sentido Y.....	135
30.	Planta de distribución de losas.....	137
31.	Gráfico momentos distribuidos para losas.....	141
32.	Balanceo de momentos.....	142
33.	Momentos balanceados.....	146
34.	Planta de distribución de losas.....	152
35.	Gráfico momento distribuido para losas.....	155
36.	Momentos balanceados.....	157
37.	Detalle de armado en viga 1,1.....	163
38.	Armado final de columna.....	175
39.	Planta módulo de gradas.....	178
40.	Armado final de gradas.....	181
41.	Corte simple en zapata.....	185
42.	Corte punzonante en zapata.....	186
43.	Detalle de armado de zapata.....	189
44.	Detalle de armado de cimiento.....	190
45.	Detalle de armado de cimiento trapezoidal.....	191

TABLAS

I.	Dotaciones en áreas rurales.....	10
II.	Bases generales de diseño.....	23
III.	Cálculo de momento respecto del punto A.....	40
IV.	Presupuesto final.....	57

V.	Factor de la zona sísmica Z.....	93
VI.	Tipo de perfil de suelo.....	94
VII.	Coeficiente de sismicidad Cv.....	94
VIII.	Coeficiente de sismicidad Nv.....	95
IX.	Categoría de destino.....	96
X.	Sistemas estructurales.....	97
XI.	Coeficiente sísmico Ca.....	99
XII.	Cálculo del centro de rigidez del segundo nivel.....	104
XIII.	Cálculo del centro de rigidez del primer nivel.....	105
XIV.	Fuerza por marco por torsión en el segundo nivel.....	107
XV.	Fuerza por marco por torsión en el primer nivel.....	108
XVI.	Cálculo del centro de rigidez del segundo nivel.....	109
XVII.	Cálculo del centro de rigidez del primer nivel.....	111
XVIII.	Fuerza por marco por torsión en el segundo nivel.....	112
XIX.	Fuerza por marco por torsión en el primer nivel.....	112
XX.	Casos y coeficientes respectivos de losa.....	139
XXI.	Resumen de cargas y momentos de losas.....	140
XXII.	Resumen de momentos balanceados por rigideces.....	144
XXIII.	Resumen de momentos balanceados por promedio.....	145
XXIV.	Espaciamiento en losa del primer nivel, sentido X.....	149
XXV.	Espaciamiento en losa del primer nivel, sentido Y.....	149
XXVI.	Casos y coeficientes respectivos de losa.....	153
XXVII.	Resumen de cargas y momentos de losas.....	154
XXVIII.	Resumen de momentos balanceados por rigideces.....	155
XXIX.	Resumen de momentos balanceados por promedio.....	156
XXX.	Equivalencias de gastos de tuberías de agua, tomando como unidad la tubería de 1/2" de diámetro, para las mismas condiciones de pérdida de presión y para una presión dada.....	193

XXXI.	Cálculo del diámetro de tubería de agua potable.....	194
XXXII.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios.....	196
XXXIII.	Gasto probable para la aplicación del método de Hunter (l/s).....	197
XXXIV.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga.....	199
XXXV.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje.....	200
XXXVI.	Caudales base de los artefactos sanitarios.....	200
XXXVII.	Dimensiones para circuitos horizontales de ventilación.....	201
XXXVIII.	Diámetros y longitudes para circuitos verticales de ventilación.....	201
XXXIX.	Presupuesto.....	209

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura
Hv	Altura de la viga
A	Área
As	Área de acero
Asmáx	Área de acero máxima
Asmin	Área de acero mínima
Av	Área de la varilla
Ag	Área gruesa de columna
At	Área tributaria
P't	Carga de trabajo
Cm	Carga muerta
Wm	Carga muerta distribuida

CMu	Carga muerta última
P	Carga puntual
CU	Carga última
CUT	Carga última total
Q	Caudal
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Qm	Caudal medio diario
CM	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
K	Coeficiente de longitud efectiva
P	Cuantía de acero
Ø	Diámetro
Dh	Distancia horizontal
V	Esfuerzo de corte

Vr	Esfuerzo de corte resistido
Fy	Esfuerzo del fluencia para el acero
E	Estación
e	Excentricidad
Fcu	Factor de carga última
Fs	Factor de seguridad
S	Fuerza de sismo
I	Inercia
Kg-m	Kilogramo metro
Kg/m²	Kilogramo metro cuadrado
Kg/m³	Kilogramo metro cúbico
kg	Kilogramos
psi	Libras sobre pulgada cuadrada
Its/hab/día	Litros por habitante día
Lts/s	Litros por segundo

Long.	Longitud
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mt.	Metro lineal
m.c.a	Metros columna agua
m/s	Metros por segundo
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
Es	Módulo elasticidad del acero
M	Momento
MB	Momento balanceado
Mcm	Momento de carga muerta
M(-)	Momento negativo
Mcv	Momento por carga viva
M(+)	Momento positivo
Mr	Momento resultante

Mu	Momento último
d	Peralte efectivo
t	Peralte total de un elemento
hf	Pérdida de carga
W	Peso
Wc	Peso específico del concreto
P.D.	Presión dinámica
P.E	Presión estática
q	Presión sobre el suelo por debajo de la zapata
Rec	Recubrimiento
M	Relación entre lado corto y lado largo en losas
f'c	Resistencia última del concreto
@	Separación entre varillas
Σ	Sumatoria
Ton	Tonelada

Vs

Valor soporte

Vol

Volumen

GLOSARIO

Agua potable	Agua sanitariamente segura, agradable a los sentidos y libre de microorganismos patógenos.
Área de acero mínima	Cantidad de acero, determinado por la sección y límite de fluencia.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético arbitrario, su rango va desde 0 a 360 grados sexagesimales.
Bacteria	Organismo microscópico sin clorofila, de varias especies y algunas patógenas.
Captación	Estructura que permite recolectar las aguas de la fuente abastecedora.
Carga muerta	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, etc., soportado por un elemento.
Columna	Miembro que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión.

Columna esbelta	Es aquella en que la carga última también está influida por la esbeltez, lo que produce flexión adicional debido a las deformaciones transversales.
Comunidad	Conjunto de personas que viven bajo ciertas reglas y que tienen algo en común.
Concreto reforzado	Concreto que contiene el refuerzo de acero.
Confinamiento	El concreto queda confinado cuando a esfuerzos que se aproximan a la resistencia uniaxial, las deformaciones transversales se hacen muy elevadas debido al agrietamiento interno progresivo y el concreto se apoya contra el refuerzo del mismo.
Coordenadas	Son puntos que sirven para determinar la posición exacta de un lugar
Corte	Es la excavación que se realiza en el terreno de conformidad al trazo de la carretera o camino. Se realiza a media ladera o en trinchera.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno referido a un nivel determinado.
Dimensionamiento	Medidas utilizadas en los elementos que componen una estructura.

Diseño	Trazo o delineación de la distribución u orden de los elementos estructurales que componen un edificio.
Dotación	Volumen de agua consumido por una persona en un día.
Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo cortante
Excentricidad	Cuando el centro de rigidez no coincide con el centro de masa, se produce excentricidad, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.
Fluencia	Sobrepasando el límite de elasticidad, todo aumento de carga produce deformaciones plásticas o permanentes que ya no son proporcionales al aumento de carga sino que adoptan valores crecientes para incrementos de cargas iguales.
Marco de concreto	Sistema estructural formado por columnas y vigas de concreto armado para soportar cargas verticales y horizontales.
Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su

centro de masa.

Momento negativo	Es el momento al que están siendo sometido los extremos de las vigas. Si el acero corrido no cubre dicho momento, se pone acero extra llamado bastón.
Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
Solera	Elemento estructural horizontal de un muro, que resiste esfuerzos y confina los muros.
Topografía	Arte de de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno o también es el conjunto de particularidades que presenta un terreno en su configuración superficial.
Zapata	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

RESUMEN

El trabajo de graduación presenta dos proyectos, uno que consiste en diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual por la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento y la topografía del lugar, el sistema deberá ser por gravedad, este sistema abastecerá a dos caseríos: Hierbabuena y El Pancá, y por los requerimientos de las comunidades el caudal de la fuente será dividido en partes iguales, no importando que una comunidad sea más grande que la otra.

El sistema abastecerá a 212 viviendas futuras del caserío Hierbabuena y 216 viviendas futuras del caserío El Pancá. Incluye: una captación típica, línea de conducción, caja distribuidora de caudales y red de distribución. El planteamiento general es aprovechar al máximo el caudal de la fuente existente.

Además contempla el diseño de un edificio de dos niveles, en el que funcionará el centro de convergencia para caserío El Encanto, el objetivo es proveer a la comunidad un lugar para realizar jornadas médicas, teniendo espacio para impartir consultas a las personas y proveer de hospedaje a los médicos que realizan esta labor. Otra función que tendrá es de centro de acopio, para que la comunidad puedan avocarse ante cualquier situación que se presente.

En la fase de investigación se realizó una recopilación de información importante, que detalla características típicas de las comunidades de El Encanto, Hierbabuena y El Pancá, del municipio de Sololá.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos Hierbabuena y El Pancá y la edificación de dos niveles para centro de convergencia del caserío El Encanto, municipio de Sololá, Sololá.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de los caseríos El Pancá, Hierbabuena y El Encanto, municipio de Sololá, Sololá.
2. Capacitar a los miembros del comité de agua de los caseríos Hierbabuena y El Pancá, con respecto al mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento de agua potable.

JUSTIFICACIÓN

Con la certeza de que el agua es un elemento indispensable en la vida de todo ser humano, por tal razón, se da prioridad en los caseríos de Hierbabuena y EL Pancá, ya que cuentan con un sistema de agua potable con antigüedad de 30 años.

Según el análisis de causas y efectos, se logra identificar que el problema principal de los caseríos es la escasez de agua, esta situación ha venido desde hace tiempo, por muchas causas entre ellas el diámetro de la tubería ya no es adecuado, no cuenta con válvulas de aire ni de limpieza y el crecimiento poblacional, pero hay que tener en consideración que la comunidad cuenta con una fuente de agua que tiene mucha capacidad, la cual está siendo desperdiciada por las deplorables condiciones del sistema.

La situación de la comunidad sin proyecto, conlleva una serie de problemas de salud a la población y provoca enfermedades.

Con este proyecto se está garantizando que tengan el servicio de agua durante mucho tiempo y así poder satisfacer la demanda, logrando un mejor desarrollo para comunidad.

INTRODUCCIÓN

El Programa del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, busca brindar apoyo técnico y contribuir al desarrollo del municipio de Sololá del departamento de Sololá.

Esto, según los datos obtenidos mediante el diálogo y el diagnóstico que se efectuó, como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) se priorizaron dos proyectos, que tendrán como fin contribuir a resolver algunas de las necesidades que afectan al municipio.

El primer proyecto está en el área de servicios básicos, como lo es el agua potable, para los caseríos Hierbabuena y El Pancá, por medio del cual se pretende atender a un total de 428 familias futuras.

El segundo proyecto está en el área de infraestructura, y consiste en el diseño de una edificación de dos niveles para el centro de convergencia en el caserío El Encanto, municipio de Sololá. Estos proyectos serán de gran impacto en la población, ya que se beneficiarán grandemente, logrando con ésto dar desarrollo a las comunidades en mención.

Al final del trabajo de graduación se presentan las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

1. INVESTIGACIÓN

Para priorizar los dos proyectos desarrollados en este trabajo, se realizó una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la los caseríos El Pancá, Hierbabuena y El Encanto, municipio de Sololá.

1.1. Monografía del caserío El Encanto

La comunidad fue fundada en 1976, como consecuencia del terremoto que azotó en ese año el país, las primeras familias fueron: Santos Yaxón Saquíc, Manuel Bocel, Venancio Bocel y Jesús Bocel. Desde su llegada se dedicaron a la agricultura específicamente al cultivo de hortalizas y al pastoreo de ovejas.

El Encanto desde su formación pertenece al cantón Pujujil II, municipio y departamento de Sololá. Fue legalizado en 1979 gracias a gestiones de los líderes locales, el primer comité organizado en la comunidad fue el Comité Pro-mejoramiento.

1.1.1. Origen de la comunidad

El nombre de la comunidad El Encanto surge debido a que en el lugar había una piedra llamada Abaj Cuc vocablo Kaqchikel que significa Piedra de Ardilla, siendo un altar en donde aún desarrollan ceremonias mayas, además era un lugar visitado por muchas personas, quienes traían ofrendas a Ajaw. Lo anterior hizo que fuera un lugar reconocido y muy visitado, lo cual fue motivo suficiente para que el profesor Humberto Corzo Guzmán supervisor de

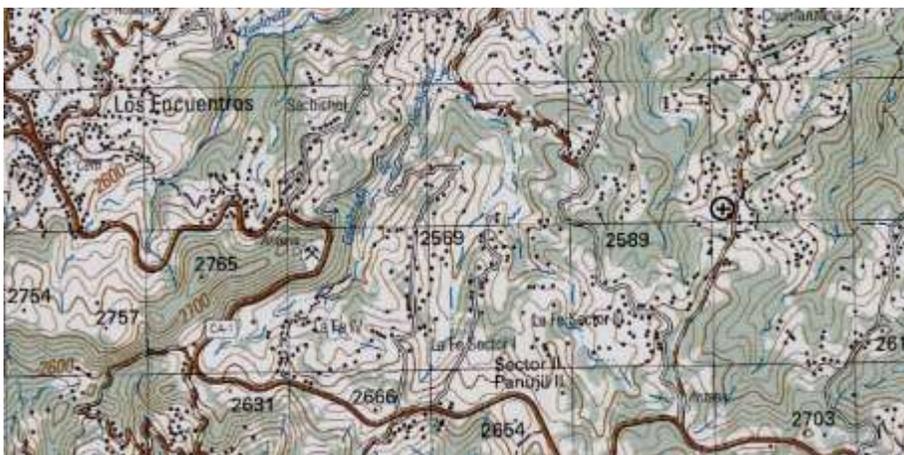
educación, bautizara la comunidad con el nombre de El Encanto, ya que a la gente le encantaba el lugar, nombre que fue aceptada por los comunitarios.

1.1.2. Descripción morfológica de la comunidad

El caserío El Encanto, cantón Pujujil II, se sitúa al norte de la ciudad de Sololá a una distancia de 17 kilómetros y a 120 Kilómetros de la ciudad capital, situada a 2 580 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas latitudinales 14° 50' 35" norte y longitudinales 91° 06' 30" oeste (fuente: SIG Manctzolojya', 2010).

La comunidad colinda al norte con el caserío Chuimanzana Chichicastenango, al oeste con el caserío La Fe, al sur con el caserío El Mirador y al este con el caserío Las Trampas, todas ellas pertenecientes al municipio y departamento de Sololá.

Figura 1. Ubicación caserío El Encanto



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

1.1.3. Clima

El tipo de clima generalmente es frío, según la estación meteorológica INSIVUMEH más cercana denominada Santa María El Tablón, ubicada en las coordenadas 14°38'5" de latitud norte, 91°8'26" de longitud oeste y con una elevación de 1 562 metros.

Las condiciones climatológicas más importantes de la zona son:

1.1.4. Tipo de vivienda y actividad económica

El 60% de las viviendas del caserío están construidas con paredes de adobe y el 40% con paredes de block. El 80% de las viviendas posee techo de lámina y el 20% de losa fundida.

La actividad económica de los pobladores está dividida de la manera siguiente: agricultura 90%, comerciantes 5%, trabajos jornales 1%, pastoreo de ovejas 1%, las mujeres se dedican a trabajos domésticos y tejen prendas típicas.

1.1.5. Población y demografía

La comunidad cuenta con una población de 405 habitantes. En cuanto a la composición por sexo, las mujeres representan el 50.35% y los hombres el 49.65%. La población es mayoritariamente joven con edad menor a 20 años distribuidos de la siguiente forma: 5.63% de niños y niñas menores de 1 año, 28.87% de 1 a 9 años, y 22.89% de 9 a 20 años. En resumen, se puede decir que la población del caserío El Encanto, es mayoritariamente femenina y joven.

En la comunidad viven 81 familias, con un promedio de 5 miembros por cada una; el total de viviendas es de 75 . (COCODE Caserío El Encanto, Cantón Pujujil II, 2011).

Del total de habitantes, la población predominante pertenece a la etnia maya kaqchikel, con lo que el uso y la conservación del traje típico por la comunidad refleja su identidad cultural.

Los valores ancestrales que aún se practican son diversas, entre los que se mencionan: se acostumbra tomar atol de ceniza antes de la siembra del maíz, así también el saludo hacia las abuelas y abuelos se hace dándoles un beso en la mano. También se realizan ceremonias mayas con motivo de agradecimiento por la vida, siembra y la cosecha.

1.1.6. Servicios públicos

Es indispensable que la comunidad cuente con servicios públicos, ya que de éstos depende la calidad de vida de los habitantes .El caserío El Encanto cuenta con los siguientes servicios públicos: escuela, agua potable, energía eléctrica.

1.1.6.1. Educación

La comunidad cuenta con un edificio escolar, utilizado para educación primaria. Los trámites para proporcionar educación básica en una jornada diferente ya los inició el Comité Pro-mejoramiento.

1.1.6.2. Salud

La comunidad no cuenta con un centro de salud, motivo por el cual las personas, se ven obligados a visitar el hospital o alguna clínica privada del municipio de Sololá.

1.1.6.3. Agua potable

Se cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual abastece al 100% de la población.

1.1.6.4. Drenajes

Se tiene un sistema de disposición de excretas, la cobertura es del 90%, funciona a través de letrinas. No se cuenta con sistema de disposición de aguas grises.

Actualmente ninguna de las viviendas diagnosticadas cuenta con un pozo sumidero y todas las aguas grises corren a flor de tierra, lo cual provoca contaminación, aumentando los altos índices de enfermedades ocasionadas por la carencia de higiene.

1.1.6.5. Energía eléctrica

La comunidad cuenta con el servicio de energía eléctrica en la mayoría de las viviendas, aunque no poseen alumbrado público.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de los caseríos Hierbabuena, El Pancá y El Encanto

Las necesidades que se presentan son distintas dependiendo de cada comunidad o población. A través de una encuesta sanitaria y entrevistas realizadas a las autoridades y líderes del área rural del municipio, se determinaron las necesidades que padecen estos caseríos.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades principales a satisfacer son:

Caserío Hierbabuena

- Mejoramiento de camino rural: actualmente algunos sectores de la comunidad necesitan adoquinado, debido a que en invierno se dificulta el acceso a éstos.
- Energía eléctrica: se necesita ampliación del servicio de energía eléctrica y alumbrado público, ya que no toda la comunidad cuenta con este servicio.

- Agua potable: existe un sistema de abastecimiento de agua potable que ya sobrepasó el período de diseño, por lo que la comunidad padece de escases de este vital líquido, esto contribuye de manera significativa a los altos índices de enfermedades gastrointestinales en niños y ancianos.
- Drenajes: las aguas negras corren a flor de tierra, lo cual provoca contaminación, aumentando los altos índices de enfermedades ocasionadas por la carencia de higiene.
- Infraestructura: se necesita un centro de formación, capacitación y de usos múltiples, para que se puedan llevar a cabo actividades educativas y sociales.

Caserío El Pancá

- Mejoramiento de camino rural: actualmente la entrada principal se encuentra en malas condiciones, lo cual en invierno dificulta el acceso al caserío.
- Energía eléctrica: se necesita ampliación del servicio de energía eléctrica y alumbrado público, debido a que no toda la comunidad cuenta con éste servicio. Con la ampliación de este servicio mejorará la calidad de vida de los pobladores.
- Agua potable: existe un sistema de abastecimiento de agua potable que ya sobrepasó su período de diseño, por lo que la comunidad padece de escases de este vital líquido, esto contribuye de manera significativa a los altos índices de enfermedades gastrointestinales en niños y ancianos.

Caserío El Encanto

- Mejoramiento de camino rural: actualmente la entrada principal se encuentra en malas condiciones, lo cual en invierno dificulta el acceso al caserío.
- Energía eléctrica: se necesita la implementación de alumbrado público, debido a que la comunidad no cuenta con este servicio, hay mucha inseguridad por las noches.
- Drenajes: las aguas negras corren a flor de tierra, lo cual provoca contaminación, aumentando los altos índices de enfermedades ocasionadas por la carencia de higiene.
- Infraestructura: se necesita un centro de convergencia, y así tener acceso a doctores y medicina de forma inmediata, ya que la comunidad no cuenta con ninguna edificación de esta índole.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

Al realizar la evaluación de las necesidades y de acuerdo a criterios que externaron, tanto autoridades municipales como miembros de los COCODES, se priorizaron éstas de la siguiente forma:

- Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos Hierbabuena y El Pancá.
- Edificación para centro de convergencia del caserío El Encanto

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

Para brindar apoyo y contribuir al desarrollo del municipio de Sololá del departamento de Sololá, según los datos obtenidos mediante el diagnóstico que se efectuó, se priorizaron dos proyectos: Diseño del sistema de abastecimiento de agua Potable para los caseríos Hierbabuena y El Pancá y edificación de dos niveles para centro de convergencia del caserío El Encanto.

2.1. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para los caseríos Hierbabuena y El Pancá

El agua potable es un elemento indispensable en la vida de todo ser humano, es por este motivo que se da prioridad en los caseríos de Hierbabuena y El Pancá, ya que cuentan con un sistema que sobrepasó su período de diseño.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual debido a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como la topografía del lugar, deberá ser por gravedad, abastecerá a los caseríos Hierbabuena y El Pancá y debido a exigencias de las comunidades el caudal será dividido en partes iguales, no importando que una comunidad sea más grande que la otra.

El sistema abastecerá a 212 viviendas futuras del caserío Hierbabuena y 216 viviendas futuras del caserío El Pancá. Incluye: una captación típica, línea

de conducción, caja distribuidora de caudales, así como de forma individual línea de conducción, tanque de distribución y red de distribución. El planteamiento general es aprovechar al máximo el caudal de la fuente existente. De esta manera se podrá utilizar el recurso hídrico en actividades domésticas.

2.1.2. Aforos, dotación y tipo de servicio

En el caserío Xolbé, cantón El Tablón se ubica una fuente de agua con brote definido en ladera, de la cual se captará el caudal en su totalidad, para conducirlo por gravedad a las viviendas de los caseríos Hierbabuena y El Pancá.

El aforo se realizó por el método volumétrico obteniendo un caudal total de 4,74 l/s, realizándose éste el 10 de marzo de 2011.

Dotación es la cantidad de agua asignada a una persona en litros/habitante/día; para la adopción de una dotación adecuada se debe tomar en cuenta el clima y la ubicación de la población, es decir, si es área urbana o rural y sus distintas actividades socioeconómicas.

Las dotaciones más utilizadas en el área rural del país son:

Tabla I. **Dotaciones en áreas rurales**

Sistema de abastecimiento	Dotación (l/hab./día)
Llena cántaros	30-60
Llena cántaros y conexiones prediales	60-90

Continuación de la tabla I.

Conexiones prediales	60-120
Conexión intradomiciliar	90-170
Pozo excavado	15 mínimo

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

De acuerdo con las normas, así como al clima templado prevaleciente, las actividades de los habitantes de las comunidades, la cercanía con el área urbana y la capacidad de la fuente, se decidió adoptar una dotación de 110 l/hab/día y un tipo de servicio predial.

2.1.3. Tasa de crecimiento poblacional

Según datos de población y vivienda del 2009 del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, en Sololá, se estima una tasa de crecimiento poblacional del 3,86%, el cual se aplicó para estimar la población futura.

2.1.4. Periodo de diseño, población futura

Se entiende como período de diseño el tiempo en que la capacidad del sistema de abastecimiento de agua potable atiende la demanda o es eficiente en un 100%. Aunque el sistema varía de acuerdo a la capacidad de la administración, en aspectos de operación y mantenimiento. Comprende desde el momento de la construcción e inicio de funcionamiento del sistema, hasta el momento que sobrepasa las condiciones de diseño. Con base a las normas establecidas, todas las partes del proyecto fueron diseñadas para un período de 22 años.

Para la estimación de la población futura existen varios métodos, en este caso se consideró el método de incremento geométrico , el cual consiste en el cálculo de la población con base a la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registrado de los censos de la población, debe proyectarse en el tiempo según el periodo de diseño que se estime.

Se calculó la población futura para cada comunidad, utilizando la siguiente expresión.

Caserío Hierbabuena

$$Pf = P_o * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = población futura

P_o = población actual según censo realizado en el EPS = 369 habitantes

r = tasa de crecimiento poblacional (%) = 3,86

n = período de diseño = 22 años

Sustituyendo valores:

$$Pf = 369 * (1 + 0,0386)^{22} = 849 \text{ habitantes}$$

Caserío El Pancá

$$Pf = P_o * (1 + r)^n$$

Dónde:

Pf = población futura

P_o = población actual según censo realizado en el EPS = 374 habitantes

r = tasa de crecimiento poblacional (%) = 3,86

n = período de diseño = 22 años

Sustituyendo valores:

$$Pf = 374 * (1 + 0,0386)^{22} = 861 \text{ habitantes}$$

Población futura total = 1 710 habitantes

2.1.5. Factores de consumo y caudales

En un sistema público de abastecimiento de agua el consumo es afectado por una serie de factores que varían en función del tiempo, las costumbres de la región, las condiciones climáticas, y las condiciones económicas que son inherentes a una comunidad y distintos de una comunidad a otra.

Durante el día el caudal dado por una red pública varía continuamente, en horas diurnas, supera el valor medio, alcanzando valores máximos alrededor del medio día y los valores mínimos en las primeras horas de la madrugada.

La aplicación de estos factores de seguridad garantiza el buen funcionamiento del sistema en cualquier época del año, bajo cualquier condición, los cuales se describen a continuación:

- Factor de día máximo (fdm): este crecimiento porcentual se utiliza cuando no se cuenta con los datos de consumo máximo diario. Según INFOM-UNEPAR, este factor en área rural está comprendido dentro de los valores siguientes: 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes.

Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes en total de las dos comunidades, se determina que el factor de día máximo es de 1,2.

- Factor de hora máximo (fhm): éste como el anterior depende de la población que se esté estudiando y de sus costumbres. Según INFOM-UNEPAR, este factor está comprendido en el área rural entre los valores siguientes: 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 2,0 a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Se adopta el factor de hora máximo de 2,0.

2.1.5.1. Caudal medio diario (Q_m)

Es la cantidad de agua que consume la 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 asignada en un día.

Se calculó el caudal medio diario para cada comunidad, utilizando la siguiente expresión.

Caserío Hierbabuena

$$Q_m = \frac{(\text{poblacion futura}) \times (\text{dotación lt/hab/día})}{86\ 400 \text{ segundos}}$$
$$Q_m = \frac{(849 \text{ habitantes}) \times (110 \text{ lt/hab/día})}{86\ 400 \text{ segundos}} = 1,08 \text{ lt/s}$$

Caserío El Pancá

$$Q_m = \frac{(\text{poblacion futura}) \times (\text{dotación lt/hab/día})}{86\ 400 \text{ segundos}}$$
$$Q_m = \frac{(861 \text{ habitantes}) \times (110 \text{ lt/hab/día})}{86\ 400 \text{ segundos}} = 1,10 \text{ lt/s}$$

Caudal medio diario total = 2,18 lt/s

2.1.5.2. Caudal máximo diario (Q_{md})

Es conocido como el caudal de conducción, es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año y regularmente sucede cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población, el cual no incluye gastos causados por incendios. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de día máximo.

Debido a requerimiento de las comunidades, el caudal medio diario total fue dividido en dos partes iguales, no importando el tamaño de la población de cada una de éstas.

Se calculó el caudal máximo diario total, utilizando la siguiente expresión.

$$Q_{md} = Q_m * f_{dm}$$

Donde: $f_{dm} = 1,2$

Sustituyendo valores:

$$Q_{md} = 2,18 * 1,2 = 2,32 \text{ lt/s}$$

Este caudal será utilizado para diseñar la línea de conducción general del sistema, el cual será dividido por una caja distribuidora de caudales y dirigido hacia el tanque de distribución de cada comunidad.

Caudal máximo diario caserío Hierbabuena = 1,31 lt/s

Caudal máximo diario caserío El Pancá = 1,31 lt/s

Estos caudales serán utilizados para diseñar la línea de conducción individual para cada comunidad.

2.1.5.3. Caudal máximo horario (Q_{mh})

Conocido también como caudal de distribución, es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo durante un período equivalente a un año. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

Se calculó el caudal máximo horario para cada comunidad, utilizando la siguiente expresión.

Caserío Hierbabuena

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

Donde: $fhm = 2,0$

Sustituyendo valores:

$$Q_{mh} = 1,08 * 2,0 = 2,16 \text{ lt/s}$$

Caserío El Pancá

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

Donde: $fhm = 2,0$

Sustituyendo valores:

$$Q_{mh} = 1,10 * 2,0 = 2,20 \text{ lt/s}$$

2.1.6. Calidad del agua y sus normas

El agua es un elemento indispensable para la vida, por lo que, la calidad de ésta debe ser sanitariamente segura para el consumo humano.

Para el consumo humano, el agua debe llenar ciertas condiciones, como:

- Incolora en pequeñas cantidades o ligeramente azulada en grandes masas.

- Inodora, insípida y fresca
- Aireada, sin sustancias en disolución y sobre todo sin materia orgánica
- Libre de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades

También se deben cumplir ciertos aspectos químicos como:

- Los límites aceptables de temperatura varían entre 5 y 10°C, pero la temperatura óptima debe considerarse la comprendida en el intervalo de 10° a 12°C.
- Debe tener escasas bacterias, el agua de buena calidad presenta el límite admisible de 100 bacterias por centímetro cúbico de agua.
- Tener menos de 200 colonias bacterianas de mesofílicos aeróbicos por mililitro de muestra.
- Un máximo de dos organismos coliformes totales en 100 ml de muestra y no contener organismos coliformes fecales en 100 ml de muestra.

Para determinar la calidad sanitaria del agua es necesario efectuar un examen físico químico sanitario y bacteriológico, los cuales deben cumplir con los requisitos mínimos establecidos por las Normas COGUANOR NGO 29-001.

2.1.6.1. Análisis bacteriológico

El objetivo principal del análisis bacteriológico es proporcionar el grado de contaminación bacteriana y con materia fecal encontrada en la muestra, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme.

Según resultados de los exámenes de calidad del agua que se realizaron en la Oficina Municipal de Agua y Saneamiento del municipio de Sololá, desde el punto de vista bacteriológico, según Norma COGUANO NGO 29001, el agua no es apta para consumo humano.

Por lo tanto, con base a los datos anteriores, se debe incorporar un sistema de desinfección utilizando hipoclorito de calcio, antes de ser consumida.

2.1.6.2. Análisis físico químico

El análisis físico determina el aspecto, color, turbiedad, olor , sabor, pH, temperatura y conductividad eléctrica, y el análisis químico mide las cantidades de minerales , materia orgánica existentes en el agua que afectan su calidad y también mide su alcalinidad (clasificación).

El resultado que se obtuvo del examen físico-químico sanitario indica que el agua es ligeramente turbia (rechazable), desde el punto de vista de la calidad química del agua cumple con la Norma COGUANOR NGO 29001.

Todas las determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables.

2.1.7. Ecuaciones, coeficientes y diámetros de tubería

Para determinar las pérdidas de carga en la tubería, se recurre a la fórmula de Hazen Williams, la cual está expresada por:

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

Donde:

H_f = Pérdida de carga (m)

L = Longitud de diseño en metros

Q_c = Caudal de día máximo, o caudal de conducción (lt/s)

D = Diámetro interno de la tubería (plg)

C = Coeficiente de fricción interno (para PVC (C=150), y para HG (100))

Conociendo la altura máxima disponible por perder, se toma como H_f, la cual permitirá encontrar el diámetro teórico necesario para la conducción del agua. Despejando el diámetro de la fórmula anterior se tiene:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times l \times Q_c^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f}}$$

Obteniendo el diámetro teórico, se procede a seleccionar el diámetro comercial superior y se calcula la H_f final.

2.1.8. Presiones y velocidades

El diseño hidráulico se hará con base a la pérdida de presión del agua que corre a través de la tubería. Para comprender el mecanismo que se emplea se incluye los principales conceptos utilizados.

- Presión estática en tuberías

Se produce cuando todo el líquido en la tubería y en el recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente.

La máxima presión estática recomendable que soportan las tuberías debe ser entre 90% y 95%, teóricamente puede soportar más pero por efectos de seguridad si hay presiones mayores que la presente, es necesario colocar una caja rompe presión o tubería de PVC de 250 psi o HG.

Para el diseño hidráulico de la línea de conducción en el tramo E-178 a E-94 se utilizó tubería PVC de 250 psi, ya que al hacer un análisis es más factible esto, que colocar una caja rompe presión, desde el punto de vista económico y tiempo.

- Presión dinámica en la tubería

Cuando hay movimiento de agua la presión estática reduce su valor por la resistencia o fricción de la pared de de la tubería, lo que era altura de carga estática ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión que se llama pérdida de carga. La energía consumida o pérdida de carga varía con respecto a la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería.

La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota del terreno en ese punto.

La menor presión dinámica que debe haber en la red de distribución es de 10 m.c.a, que es la necesaria, para que el agua pueda subir con cierta presión a las llaves de chorro, cuando la topografía es irregular y se hace difícil mantener este valor, se podría considerar en casos extremos una presión dinámica mínima de 6 m.c.a, partiendo del criterio que en una población rural, es difícil que se construyan edificios de altura considerable.

La mayor presión dinámica que debe de haber en la red de distribución es de 40 m.c.a., pero por la topografía de estas comunidades (Hierbabuena y El Pancá), se hace muy difícil mantener este valor, por lo que se tomaron presiones dinámicas máximas de 68 m.c.a., partiendo del criterio, de salvar puntos altos y que se pueda abastecer del vital líquido a todos los habitantes.

- Velocidades

En todo diseño hidráulico es necesario revisar la velocidad del líquido, para verificar si ésta se encuentra entre los límites recomendados.

Para diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, según las normas de UNEPAR se consideran los siguientes límites.

- Para conducciones: mínima=0,40 m/s y máxima= 3,0 m/s
- Para distribución: mínima= 0,60 m/s y máxima= 2,0 m/s, pero los fabricantes sugieren velocidades de 0,40 m/s a 4,0 m/s.

Debido la topografía de las comunidades (Hierbabuena y El Pancá),y respetando criterios de diámetro de tuberías, se hace muy difícil mantener las velocidades que establece UNEPAR, por lo que para el diseño de la red de

distribución del sistema, se tomaron los límites de velocidades que sugiere el fabricante, partiendo del criterio, salvar puntos altos y que se pueda abastecer del vital líquido a todos los habitantes.

Tabla II. **Bases generales de diseño**

BASES DE DISEÑO		
DATOS GENERALES		
DESCRIPCION	CANTIDAD	DIMENSIONALES
Sistema de conducción	Gravedad	
Sistema de distribución	Gravedad	
Tipo de conexión	Predial	
Dotación	110	lt/hab/día
Tasa de crecimiento poblacional	3,86	%
Período de diseño	22	años
Caudal de conducción general	2,62	lts/s
Factor de día máximo	1,2	
Factor de hora máximo	2	
Población inicial total	743	habitantes
Población futura total	1 710	habitantes
SISTEMA 1: HIERBABUENA		
No. de conexiones	212	futuras
Población actual	369	habitantes
Población futura	849	habitantes
Caudal medio	1,08	lts/s
Caudal de conducción	1,31	lts/s
Caudal de distribución	2,16	lts/s
Factor de almacenamiento	35	%
Volumen de tanque	35	m3

Continuación de la tabla II.

SISTEMA 2: EI PANCÁ		
No. de conexiones	216	futuras
Población actual	374	habitantes
Población futura	861	habitantes
Caudal medio	1,10	lts/s
Caudal de conducción	1,31	lts/s
Caudal de distribución	2,20	lts/s
Factor de almacenamiento	35	%
Volumen de tanque	35	m3

Fuente: elaboración propia.

2.1.9. Levantamiento topográfico

Éste constituye un elemento básico para la elaboración del diseño, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra en estudio.

Antes de iniciar los trabajos de topografía se constató que se tuvieron los derechos de paso para la línea de conducción y distribución, así como para las áreas en donde se realizarán las obras de arte. Se realizó el levantamiento topográfico según las indicaciones de la guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales, de UNEPAR.

Los trabajos de topografía consistieron en el levantamiento de las líneas que van desde la fuente hasta la población a beneficiar, pasando por el tanque de almacenamiento, localizando detalles importantes del terreno y áreas de posibles obras de arte.

2.1.10. Planimetría

La planimetría tiene por objeto determinar la longitud y la orientación de las líneas de tubería que se van a realizar, localizar los accidentes geográficos y todas aquellas características tanto naturales como no naturales que pueden influir en el diseño del sistema.

El método aplicado en planimetría fue el de conservación de azimut y se ejecutó como una poligonal abierta. El equipo utilizado fue un teodolito Wild T-16, dos plomadas, una cinta métrica con longitud de 50 metros, un estadal de acero inoxidable de 3 metros, brújula, trompos de madera, estacas para nomenclatura, pintura, lápices, libreta de campo.

2.1.11. Altimetría

La nivelación se efectuó a través de un método indirecto, como el taquimétrico el cual permite definir las cotas del terreno, tanto en los cambios de pendiente más importantes, como en los sitios donde posiblemente se ubicarían obras complementarias. Este método es el más recomendable en acueductos, dado que no es necesaria una nivelación muy detallada. Por la rapidez con la que se realiza el diseño, ya que la información obtenida servirá para el manejo de las precisiones, se utilizó el mismo equipo que sirvió en la planimetría.

2.1.12. Diseño hidráulico del sistema

El punto de partida, para decidir el sistema de distribución, es la selección de los tamaños de tuberías, que aseguren flujos dentro de ámbitos razonables de velocidad. Cálculos de caídas de presión deben efectuarse para el sistema

establecido, si la caída de presión es demasiado alta para el flujo necesario, se necesita emplear tuberías de mayor diámetro. Esto hace que la velocidad del flujo se reduzca y puesto que la caída de presión es proporcional al cuadrado de la velocidad, con aumentos pequeños en diámetro, se logran reducciones considerables en pérdidas por fricción.

El diseño hidráulico del sistema se realizó con base a las pérdidas de carga, utilizando la fórmula de Hazen-Williams para conductos circulares a presión.

Se utilizará combinación de diferentes diámetros de tubería de policloruro de vinilo rígido (PVC) de 160 psi y 250 psi, tanto en línea de conducción, como en la red de distribución.

2.1.12.1. Captación

Es una estructura de obra civil adecuada para la captación total o parcial de una fuente de abastecimiento, la cual puede ser superficial, brote definido, o galerías de infiltración; esta estructura debe ser diseñada bajo ciertas normas y reglamentos. Esta obra es crítica ya que de ella depende el éxito o fracaso del proyecto, por lo que se deberá tener información a detalle para lograr el objetivo final, de beneficio a los habitantes.

Para el proyecto en cuestión la fuente es un brote definido en ladera, para lo cual la estructura se compondrá de las siguientes partes: muros de gravedad, un filtro a base de piedra bola, grava y arena de río, desagüe para limpieza, tubería de rebalse, salida de tubería de la red de conducción provista de pichacha, tanque de captación de $1,00 \text{ m}^3$, tapadera con sello sanitario para inspección.

2.1.12.2. Línea de conducción

Es el conjunto de tuberías, destinada a conducir el agua desde la fuente (captación), hasta llegar al tanque de almacenamiento o distribución, la cual es diseñada para que trabaje a sección llena y a presión.

Dicha conducción puede realizarse de diferentes maneras, dependiendo de las circunstancias topográficas en las que se encuentren, esto conlleva al tipo de energía a utilizar para transportar el agua, éstas pueden ser:

- Línea por gravedad
- Línea de bombeo o impulsión
- Línea mixta (combinación de las anteriores)

El sistema de conducción del proyecto en su totalidad es por gravedad. Para el diseño se determinaron longitudes y los diámetros comerciales para ajustar las pérdidas a las alturas disponibles. Se tuvo en cuenta que las pérdidas de carga en conducciones forzadas se acumulan proporcionalmente a la longitud de la conducción y se producen debido a la fricción del fluido con las paredes de la tubería. Lo que indica que para conducciones de mayor longitud debe usarse diámetros grandes de tubería, para obtener pérdidas menores.

En el diseño se deben considerar los siguientes aspectos fundamentales:

- Capacidad suficiente para transportar el caudal de día máximo
- La selección del diámetro y clase de la tubería que se empleará deberá ajustarse a la máxima economía.

A continuación se muestra el cálculo a manera de ejemplo del tramo E-124 a la estación E-163.

Datos:

Cota inicial del tramo= E-124	= 970,90 m
Cota final del tramo = E-163	= 935,16 m
Cota piezométrica = Cpz E-124	= 991,08 m
Longitud de diseño = L	= 410,62 m
Caudal máximo diario = Q	= 2,62 lt/s
Coeficiente "c" PVC = C	= 150

Primero se calcula la carga disponible, o diferencia de nivel entre la Cota piezométrica de la estación inicial y la cota de terreno de la estación final del tramo, es decir H_f .

$$H_f = Cpz_{E-124} - Cota_{E-163}$$

$$H_f = 991,08 - 935,16 = 55,92 \text{ m}$$

Para esta carga disponible se obtendrá un diámetro teórico, despejando de la fórmula de Hazen Williams, el diámetro se obtiene.

$$D_{\text{teórico}} = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 410,62 * 2,62^{1,85}}{150^{1,85} * 55,62}} = 1,5 \approx 2''$$

Por la topografía del terreno se tomó un diámetro de 2", con un diámetro interno de 2,193"

Pérdida de carga

$$H_f = \frac{(1\,743,811) * (410,62) * (2,62)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (2,193)^{4,87}} = 8,75 \text{ m}$$

Cota piezométrica en E-163:

Es la diferencia entre la cota piezométrica del punto inicial y la pérdida de carga de la tubería:

$$C_{pz_{E-163}} = C_{pz_{E-124}} - H_f$$

$$C_{pz_{E-163}} = 991,08 - 8,75 = 982,33 \text{ m}$$

Presión dinámica

PD= cota piezométrica en (E-163) - cota de terreno en (E-163)

$$PD_{E-163} = 982,33 - 935,16 = 47,17 \text{ m}$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1,974 \times Q_c}{D_i^2} = V = \frac{1,974 \times 2,62}{2,193^2} = 1,08 \text{ m/s}$$

0,40 m/s < 1,08 m/s < 3,0 m/s; por lo consiguiente el diámetro de la tubería propuesto cumple con los parámetros.

Cantidad de tubos:

$$\# \text{tubos} = \frac{L \text{ diseño}}{L \text{ tubo}} = V = \frac{410,62 \text{ m}}{6,10 \text{ m}} = 67,31 \approx 68 \text{ tubos}$$

Se aplicó el mismo procedimiento para el cálculo de todos los tramos, ver cuadro resumen en apéndice.

2.1.12.3. Tanque de almacenamiento

En un sistema de abastecimiento por gravedad se utilizará un tanque de almacenamiento o de distribución, que es una estructura compuesta por un depósito principal, caja de válvula de entrada y de salida, tapadera de acceso, dispositivo de desagüe y rebalse, respiraderos y clorador. Tiene como principal objetivo cubrir las variaciones de los horarios de consumo, almacenando agua durante las horas de bajo consumo y proporcionando los gastos a lo largo del día.

También cumple con la función de reserva, durante algunas horas, para cualquier suspensión del servicio por mantenimiento de la línea de conducción; por lo que es muy importante para el funcionamiento del proyecto. En resumen, los objetivos fundamentales de su construcción son:

- Mantener el buen funcionamiento hidráulico logrando las presiones adecuadas de servicio para la red de distribución.
- Compensar las variaciones de consumo
- Establecer una reserva para eventualidades

Las variaciones de consumo pueden ser establecidas utilizando la suma de variaciones horarias de consumo de una población, con iguales características a la localidad, cuando se dispone de una curva aplicada al caso estudiado. De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará de 25% al 40% del consumo medio diario.

2.1.12.3.1. Volumen de almacenamiento

En los sistemas por gravedad se debe considerar un volumen de distribución o almacenamiento del 25% al 40% del caudal medio diario o el 25% del caudal máximo diario, según normas de diseño.

Debido a que este proyecto tiene como fin abastecer a dos comunidades (Hierbabuena y El Pancá), y por exigencias de éstas, cada una tendrá un sistema independiente, por lo que se tendrán dos tanques de almacenamiento. Debido a que las comunidades no varían mucho en su población, se diseñará el tanque para la mayor, y los dos tendrán las mismas dimensiones.

En los sistemas por gravedad se debe considerar un volumen de distribución o almacenamiento de 25% al 40% del caudal medio diario, o el 25% del caudal máximo diario, según normas de diseño.

$$\text{Vol} = \frac{\% \text{almacenamiento} * Q_m * 1 \text{m}^3 * 86\,400 \text{ s/día}}{1\,000}$$

Donde:

Vol. = Volumen del tanque

Qm = Caudal medio (de la comunidad con mayor población)

En este proyecto se tomó un almacenamiento de 40% del caudal medio.

$$\text{Vol} = \frac{40\% * 1,10 \text{ lts/s} * 1 \text{m}^3 * 86\,400 \text{ s/día}}{1\,000 \text{ lts}} = 38,01 \text{ m}^3 \approx 40,0 \text{ m}^3$$

Tomando en cuenta las condiciones del terreno y las opiniones de vecinos y de la municipalidad, se contempla un volumen de $40,0 \text{ m}^3$ semi enterrado, con paredes diseñadas como muros de gravedad, con las siguientes dimensiones internas $5,70 \text{ m}$ de largo $3,70 \text{ m}$ de ancho y $1,90 \text{ m}$ de altura máxima de agua, y existirán $0,20 \text{ m}$ libres entre la superficie del agua y la losa superior, la cual será de concreto reforzado.

2.1.12.3.2. Diseño estructural del tanque

Descripción

- El volumen de almacenamiento es de 40 m^3
- Los muros y la losa inferior serán de mampostería de piedra bola
- La parte superior de los muros será tratada de tal forma que se elimine toda adherencia posible a la losa superior.
- La losa superior será de concreto reforzado

Datos de diseño:

- Peso específico del concreto = $2,4 \text{ Ton/m}^3$
- Densidad del agua = 1 Ton/m^3
- Valor soporte del suelo = 18 Ton/m^2
- Ángulo de fricción interna (suelo) = $11,41^\circ$
- Peso específico del suelo = $1,21 \text{ Ton/m}^3$
- Esfuerzo último del concreto = 210 kg/cm^2
- Módulo de fluencia del acero = $2\ 810 \text{ kg/cm}^2$

- Ancho unitario (b)= 100 cm
- Recubrimiento= 2,5 cm
- Peralte efectivo (d)= 9,02 cm
- Peso específico del concreto ciclópeo = 2,7Ton/m³

Diseño de la losa

Para el diseño de la losa se empleará el método 3 del *American Concrete Institute (ACI)*

- Relación a/b

a = Lado corto de la losa = 4,10 m

b = Lado largo de la losa = 6,10 m

Relación a/b = 4,10 / 6,10 = 0,67 > 0,5

Como la relación a/b > 0,5 la losa trabaja en 2 sentidos.

- Espesor de losa (t)

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180} = \frac{(2 * 6,10) + (2 * 4,10)}{180} = 0,113$$

Se utilizará t= 0,12 m

- Integración de cargas

Carga muerta (CM)

$$\text{Peso propio de la losa} = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (0,12\text{m}) = 288 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de acabados(rústicos)} = 40,0 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga muerta Total} = 328 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva (CV)

$$\text{Azotea con acceso} = 200 \text{ kg/m}^2$$

Carga última (Cu)

$$\text{Carga muerta última} = 1,4(328) = 459 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva última} = 1,7(200) = 340 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga última total} = 459 + 340 = 799 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momentos

Los coeficientes de momentos corresponden a una losa discontinua (caso 9)

$$M_{a+} = C_a(V_u * a^2) + C_a(CM_u * a^2)$$

$$M_{b+} = C_b(CV_u * b^2) + C_b(CM_u * b^2)$$

$$M_{a+} = 0,068[340 * (4,10)^2] + 0,068[459 * (4,10)^2] = 914 \text{ kg} - \text{m}$$

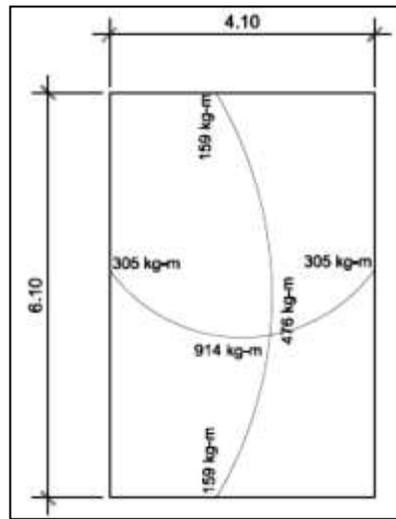
$$M_{b+} = 0,016[340 * (6,10)^2] + 0,016[459 * (6,10)^2] = 476 \text{ kg} - \text{m}$$

Nota: el momento negativo en bordes discontinuos debe ser igual a un tercio del momento positivo en la misma dirección.

$$M_{a-} = \frac{914 \text{ kg} \cdot \text{m}}{3} = 305 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{b-} = \frac{476 \text{ kg} \cdot \text{m}}{3} = 159 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Figura 2. **Momentos en losa**



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del área de acero:

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

$$A_s = \left[(100 * 9,02) - \sqrt{(100 * 9,02)^2 - \frac{914 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 4,16 \text{ cm}^2$$

- Chequeo de área de acero mínima

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

$$A_{s_{min}} = 100 * 9,02 * \left(\frac{14,1}{2810} \right) = 4,53 \text{ cm}^2$$

Debido a que el área mínima de acero es mayor al área de acero del momento máximo, se utilizará para armado el área mínima de acero.

- Separación de varillas

$$\left(\begin{array}{l} 4,53 \rightarrow 100 \\ 0,71 \rightarrow S \end{array} \right)$$

$$S = \frac{0,71 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{4,53 \text{ cm}^2} = 15,68 \text{ cm} \rightarrow \text{se utilizará } 15 \text{ cm}$$

El armado final queda con Hierro #3 @ 0,15 m en ambos sentidos.

- Chequeo de esfuerzo cortante

$$V_u = \frac{C_u * L_a}{2} = \frac{799 * 4,10}{2} = 1638 \text{ kg}$$

$$V_{cu} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 9,02 = 5889 \text{ kg}$$

$V_{cu} > V_u$ Si chequea el esfuerzo cortante

Diseño de los muros del tanque:

- Por su profundidad, el tanque será de tipo semienterrado

- La condición crítica para el cálculo estructural es cuando el tanque está completamente lleno.
- El material más económico y de mayor acceso para la población es la piedra bola, por lo que se utilizará concreto ciclópeo para la construcción de los muros del tanque.

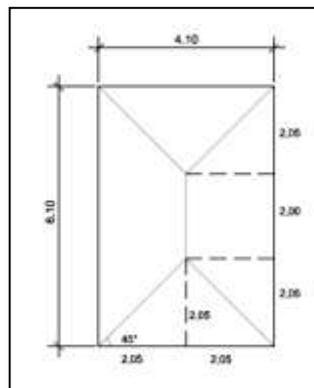
Área tributaria de losa sobre el muro

$$op = 2,05 * (\tan 45) = 2,5$$

$$A_1 = 2 * \left(\frac{1}{2} * 2,05 * 2,5 \right) + (2 * 2,05) = 8,30 \text{ m}$$

$$A_2 = 2 * \left(\frac{1}{2} * 2,05 * 2,5 \right) = 4,20 \text{ m}$$

Figura 3. **Áreas tributarias de losa**



Fuente: elaboración propia.

Peso sobre el muro (W_m) en T/m (lado crítico)

$$W_m = \text{peso de la losa} + \text{peso de la viga}$$

$$W_m = (C_u) \cdot (A_t) / L + 1,4 \cdot (2,4 \cdot 0,15 \cdot 0,20)$$

$$W_A = (799 \cdot 4,20) / 4,10 + 1,4 \cdot (2,4 \cdot 0,15 \cdot 0,20) = 0,82 \text{ T/m}$$

$$W_B = (799 \cdot 6,10) / 6,10 + 1,4 \cdot (2,4 \cdot 0,15 \cdot 0,20) = 1,19 \text{ T/m}$$

Se toma el mayor caso crítico que es

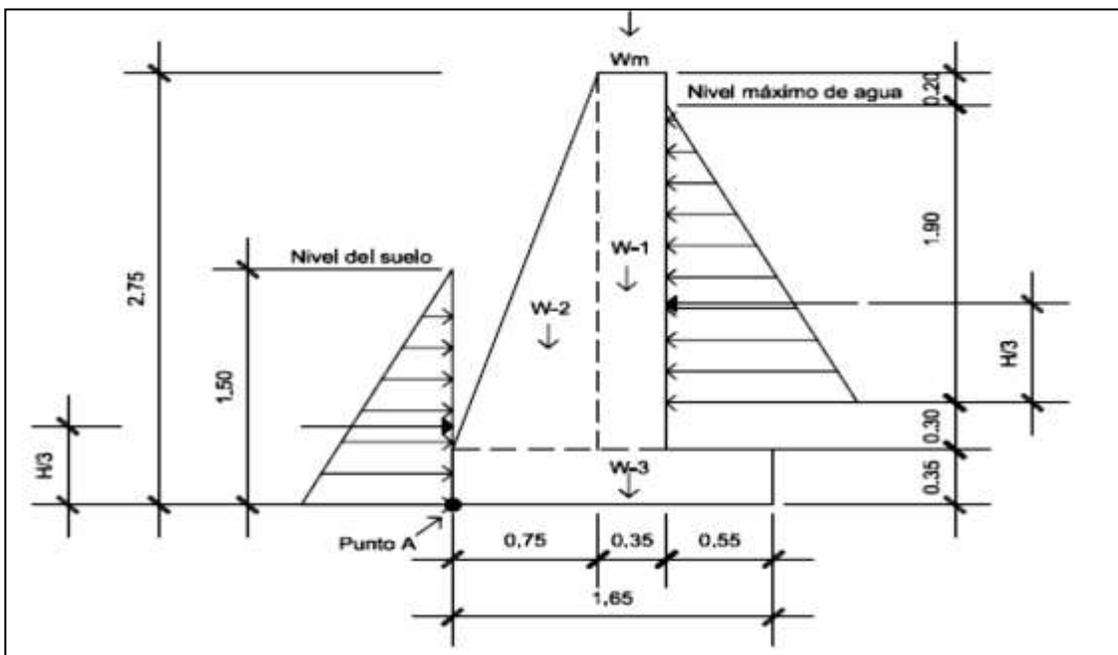
$$W_m = 1,19 \text{ T/m}$$

De la teoría de Rankine se obtiene la expresión para el cálculo del coeficiente de empuje pasivo (k_p).

Utilizando un ángulo de fricción interna $\phi = 11,41^\circ$ se tiene que:

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \frac{1 + \sin 11,41}{1 - \sin 11,41} = 1,50$$

Figura 4. Diagrama de cuerpo libre y presiones sobre el muro



Fuente: elaboración propia.

Presiones horizontales

- Presión horizontal del agua sobre el muro (P_{H_2O})
 $P_{H_2O} = (\text{Densidad del agua}) * (\text{Profundidad}) = (1 \text{ T/m}^3) * (1,9\text{m}) = 1,9 \text{ T/m}^2$
- Presión horizontal del suelo sobre el muro (P_S)
 $P_S = (\text{Peso específico del suelo}) * (\text{Profundidad}) * (Kp) =$
 $P_S = (1,21 \text{ T/m}^3) * (1,5\text{m}) * (1,5) = 2,72 \text{ T/m}^2$

Fuerzas totales del muro:

- Fuerza total del agua (F_{H_2O})
 $F_{H_2O} = (\text{Área total del triangulo de presiones})$
 $F_{H_2O} = (P_{H_2O}) * (\text{Profundidad}) / 2 = (1,9 \text{ T/m}^2) * (1,9\text{m}) / 2 = 1,8 \text{ T/m}$
- Fuerza total del suelo (F_S)
 $F_S = (\text{Área total del triangulo de presiones})$
 $F_S = (P_S) * (\text{Profundidad}) / 2 = (2,72 \text{ T/m}^2) * (1,5\text{m}) / 2 = 2,04 \text{ T/m}$

Cálculo de momentos:

- Momento generado por el empuje pasivo del suelo (respecto del punto A)
 $M_{\text{suelo}} = F_S (1,0/3) = 2,04 \text{ T/m} * (1,5/3) = 1,02 \text{ T-m/m}$
- Momento generado por el empuje activo del agua (respecto del punto A)
 $M_{\text{agua}} = F_{H_2O} (1,9/3) = 1,80 \text{ T/m} * (1,9/3 + 0,65) = 2,31 \text{ T-m/m}$
- Momento generado por el propio peso de la estructura

Estos se muestran en la tabla III.

Tabla III. **Cálculo de momento respecto del punto A**

Figura	W (T/m)	Brazo (m)	Momento(T-m/m)
W-1	$(2,4\text{m}) \cdot (0,35\text{m}) \cdot (2,7 \text{ T/ m}^3) = 2,27$	$(0,75+0,175) = 0,925$	2,10
W-2	$(0,75\text{m}) \cdot (2,4\text{m}) \cdot (2,7 \text{ T/ m}^3) = 2,43$	$2/3 \cdot (0,75) = 0,5$	1,23
W-3	$(1,65\text{m}) \cdot (0,35\text{m}) \cdot (2,7 \text{ T/ m}^3) = 1,56$	$(1,65/2) = 0,83$	1,29
Wm	1,19	$(0,75+0,175) = 0,925$	1,10
Σ	7,45		Mr= 5,72

Fuente: elaboración propia.

Estabilidad contra volteo:

Se verifica que el momento de las fuerzas que tienden a voltear el muro (M actuantes) sea menor al momento que tienden a estabilizar el muro (M resistentes) en una relación de por lo menos 1.5, es decir: $MR/MA > 1.5$ (factor de seguridad al volteo Fsv):

$$Fsv = \frac{\Sigma MR}{\Sigma MA} = \frac{Mr + Msuelo}{Magua} = \frac{5,72 + 1,02}{2,31} = 2,91$$

$$Fsv = 2,91 > 1,5$$

Estabilidad contra deslizamiento:

Se verifica que la componente horizontal del empuje activo (FA) no supere la fuerza de retención (FR) debida a la fricción entre la cimentación y el suelo,

proporcional al peso del muro. Normalmente se acepta como seguro un muro, si se da la relación $FR/FA > 1.5$ (factor de seguridad al deslizamiento Fsd):

$$Fsd = \frac{\sum FR}{\sum FA} = \frac{Fs + 0,9(tg\phi)(W)}{Fagua} = \frac{2,04 + 0,9(tg11,41)(5,72)}{1,80} = 1,71$$

$$Fsd = 1,71 > 1,5$$

Estabilidad en la capacidad de sustentación

Se determina la carga total que actúa sobre la cimentación con el respectivo diagrama de presiones y se verifica que la carga transmitida al suelo sea inferior a la capacidad portante.

Donde: a = Distancia a partir del punto A en donde actúan las cargas verticales

$$a = \frac{\sum M(+)}{W} = \frac{Mr + Msuelo - Magua}{W} = \frac{5,72 + 1,02 - 2,31}{7,45} = 0,59 \text{ m}$$

$$3*a = 3*0,59 = 1,77 > 1,65 \text{ (largo del muro)}$$

Excentricidad (e)

$$e = \frac{L}{2} - a = \frac{1,65}{2} - 0,59 = 0,24 \text{ m}$$

Verificación de la presión máxima

Presiones en el terreno

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

- Presión máxima

$$P = \left(\frac{7,45}{(1,65m) * (1,0m)} \right) * \left(1 + \frac{6(0,24 m)}{1,65} \right) = 8,45 \text{ T/m}^2$$

- Presión mínima

$$P = \left(\frac{7,45}{(1,65m) * (1,0m)} \right) * \left(1 - \frac{6(0,24 m)}{1,65} \right) = 0,57 \text{ T/m}^2$$

P máx.= 8,45T/m² < Vs = 18 T/m² No se excede al valor soporte del suelo

P mín.= 0,57 T/m² > 0 No hay presiones negativas

2.1.12.4. Red de distribución

La red de distribución es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde el tanque de distribución hasta el consumidor final. Su función es brindar un servicio continuo en aceptable cantidad y con calidad del agua. Por la forma y principio hidráulico de diseño, las redes pueden ser:

- Red ramificada o abierta: ésta se construye en forma de árbol, es recomendable cuando las casas están dispersas. En este tipo de red, los ramales principales se colocan en las rutas de mayor importancia, de tal manera que alimenten a otros secundarios.
- Red en forma de malla o de circuito cerrado: en ésta, las tuberías están en forma de circuitos cerrados intercomunicados entre sí. Aquí la fórmula

de Hazen & Williams define la pérdida de carga, la cual es verificada por el método de Hardy Cross; técnicamente este método funciona mejor, ya que elimina los extremos muertos, permitiendo la circulación del agua.

Para este proyecto se adoptó el tipo de red abierta, ya que las casas se encuentran dispersas y la topografía es bastante quebrada, se utilizó la fórmula de Hazen & Williams para calcularlo.

Teniendo en cuenta para el diseño las siguientes consideraciones.

- En el diseño se estará utilizando el caudal máximo horario (Q_{mh}) con su respectivo de hora máxima, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el periodo de diseño.

Para el chequeo de las redes debe tomarse en cuenta lo siguiente

- El caudal que entra es igual al caudal que sale en cada nudo
- La presión dinámica estará entre 10 y 40 m.c.a excepto en puntos donde exista poco desnivel, se puede tener un mínimo de 6 m.c.a.
- Presión mínima en nudos 10 m.c.a
- Caudal unitario de vivienda = $Q_{mh} / \text{No. Viviendas}$
- Caudal instantáneo = $k * \sqrt{n - 1}$; donde $k = 0,15$ si ≤ 55 , $k = 0,20$ si ≥ 55 , y $n =$ número de viviendas en cada tramo.

Considerando el número de viviendas a abastecer en cada ramal, se calcula el caudal de consumo y el caudal instantáneo, utilizando el mayor de los

dos y mediante el criterio de continuidad se determina el caudal de distribución en cada punto.

A continuación se diseñará el tramo de la red de distribución del caserío Hierbabuena, que va desde el tanque de distribución, estación TDH hasta la estación H-12, a manera de ejemplo.

Datos:

Cota inicial del tramo	= TDH	= 851,71 m
Cota final del tramo	= H-12	= 808,04 m
Longitud de diseño	= L	= 191,47 m
Caudal máximo horario	= Q	= 2,16 lt/s
Coeficiente "c" PVC	= C	= 150

Hay que tener en cuenta que en éste es tramo inicial, por esa razón corre todo el caudal de hora máxima.

Primero se calcula la carga disponible, o diferencia de nivel entre la Cota de terreno de la estación inicial y la cota de terreno de la estación final del tramo, es decir H_f .

$$H_f = Cota_{TDH} - Cota_{H-12}$$
$$H_f = 851,71 - 808,04 = 43,67 \text{ m}$$

Para esta carga disponible se obtendrá un diámetro teórico, despejando de la fórmula de Hazen Williams, el diámetro se obtiene.

$$D_{\text{teórico}} = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 191,47 * 2,16^{1,85}}{150^{1,85} * 43,67}} = 1,25'' \approx 1\ 1/4''$$

Por la topografía del terreno se tomó un diámetro de 1 1/4", con un diámetro interno de 1,532"

Pérdida de carga:

$$H_f = \frac{(1\,743,811) * (191,47) * (2,16)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1,532)^{4,87}} = 16,37 \text{ m}$$

Cota piezométrica en E-163:

Es la diferencia entre la cota de terreno inicial y la pérdida de carga de la tubería:

$$\begin{aligned} C_{pz_{H-12}} &= Cota_{TDH} - H_f \\ C_{pz_{H-12}} &= 851,71 - 16,37 = 835,34 \text{ m} \end{aligned}$$

Presión dinámica:

PD= cota piezométrica en (H-12) - cota de terreno en (H-12)

$$PD_{H-12} = 835,34 - 808,04 = 27,30 \text{ m}$$

10 m.c.a < 27,30 m.c.a < 40 m.c.a. por lo consiguiente la presión dinámica de la tubería cumple con los parámetros.

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1,974 \times Q_c}{D_i^2} = V = \frac{1,974 \times 2,16}{1,532^2} = 1,82 \text{ m/s}$$

0,60 m/s < 1,82 m/s < 3,0 m/s; por lo consiguiente el diámetro de la tubería propuesto cumple con los parámetros.

Cantidad de tubos:

$$\# \text{tubos} = \frac{L \text{ diseño}}{L \text{ tubo}} = V = \frac{191,47 \text{ m}}{6,10 \text{ m}} = 31,38 \approx 32 \text{ tubos}$$

Se aplicó el mismo procedimiento para el cálculo de todos los ramales, ver cuadro resumen en apéndice.

2.1.12.5. Sistema de desinfección

Para asegurar la calidad del agua, ésta debe someterse a tratamiento de desinfección, preferiblemente a base de cloro o compuestos clorados. El punto de aplicación de compuesto clorado deberá seleccionarse en forma tal que se garantice una mezcla efectiva con el agua y aseguren un periodo de contacto de 20 minutos como mínimo, antes de que llegue el agua al consumidor. La desinfección debe ser tal que se asegure un residual de 0,2 a 0,5 mg/L en el punto más lejano de la red.

El cloro: es un elemento que se utiliza como desinfectante y como blanqueador, ya sea de forma granular o líquida. Éste actúa de manera prolongada en el agua destruyendo los microorganismos. De manera comercial puede encontrarse en las siguientes formas:

- Cloro gaseoso
- Cal clorada
- Hipoclorito de sodio
- Hipoclorito de calcio

En cada una de sus diferentes presentaciones el cloro se encuentra en concentraciones diferentes. Es decir, no todo el producto es 100% cloro. El llamado cloro activo es el que se utiliza para nombrar el porcentaje del peso de cloro puro que contienen las diferentes presentaciones.

Por ejemplo:

- El cloro gaseoso es 99,5% cloro activo
- El hipoclorito de sodio es entre 1 – 15% cloro activo
- El hipoclorito de calcio (HTH) normalmente es entre 65 – 90% cloro activo

Hipoclorito de calcio: también conocido como HTH, es de estructura sólida, fuerte olor, color blanco y se disuelve fácilmente en el agua. Utilizado comúnmente para el tratamiento del agua en sistemas de agua potable ya sea de forma granulada o en forma de tabletas.

Hipoclorador: un hipoclorador es una bomba dosificadora de químicos que alimenta una solución de hipoclorito de calcio al sistema. La solución es una concentración conocida y la dosificación es ajustada para lograr la dosis deseada.

En este sistema el tratamiento se realizará a través de un dosificador automático, en el que se introducen las pastillas, las cuales se irán desgastando con el paso de agua. La mezcla caerá a través de un niple de PVC al tanque de distribución justo donde cae el agua que llega de la línea de conducción del sistema. Debido a los resultados obtenidos de la muestra de agua, se utilizara para desinfectar pastillas de hipoclorito de calcio al 90% (tricloro).

2.1.12.6. Obras de arte

Son estructuras de mampostería formadas por ladrillos, piedras, blocks y unidades con mortero; ya sea con refuerzo o no, que se construyen para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

Las obras de arte utilizadas en el proyecto son:

Caja distribuidora de caudales: la cámara distribuidora de caudales se emplea para poder dividir el caudal en dos o más partes, dependiendo del número de sectores o comunidades a los que se va a brindar el servicio. Su construcción contribuye a una distribución adecuada, respecto del tamaño de la población de cada sector o comunidad.

Para este proyecto se construirá de concreto ciclópeo, con dos cámaras, la primera será la que reciba el agua directamente de la línea de conducción general (2,62 l/s), pasando a la siguiente cámara a través de vertederos, dividiendo el caudal en dos partes iguales (1,31 l/s, cada uno), y así conducirlo a los tanques de almacenamiento respectivos.(caseríos Hierbabuena y El Pancá).

Esta caja distribuidora de caudales se construirá en la estación T-1, exactamente donde finaliza la línea de conducción general.

Caja rompe-presión: estructura destinada a reducir la presión del agua en la tubería, a la presión atmosférica; sus candados deben estar protegidos de la intemperie. En la red de distribución deberá llevar una válvula de flote, que evite el ingreso del agua a la misma, cuando ésta se encuentre llena.

Para este proyecto es necesario construir dos cajas rompe-presión, serán de concreto ciclópeo, una estará colocada en la estación E-255 de la línea de conducción, la otra en la estación H-37 correspondiente al el ramal H-9 de la red de distribución; ambas correspondientes al sistema del caserío Hierbabuena. (ver su ubicación en planos 2/20,10/20, y detalles constructivos en plano 20/20).

2.1.12.7. Válvulas

No son más que las diferentes llaves que se utilizan en los sistemas de abastecimiento de agua potable que sirven para regular, mejorar o interrumpir el paso del agua en los diferentes componentes del sistema, y que se manipulan más por asunto de mantenimiento del sistema, como lo son válvulas de globo que se colocan en el inicio y final de cualquier ramal o subramal, válvulas de chorro que es el accesorio final que se instala en los servicios prediales, válvula de compuerta que funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso del agua, válvula de paso o llave de paso que al girar permite o cierra el paso del agua y válvulas reguladoras de presión que sirven para reducir automáticamente la presión.

Válvulas de compuerta: son las válvulas de aislamiento de mayor uso en los sistemas de distribución, principalmente por su costo, disponibilidad y baja pérdida de carga cuando están abiertas totalmente. Tienen un valor limitado como válvulas de control, por el desgaste del asiento, la desviación, y mucho uso del disco de la compuerta, aguas abajo. Además, el área abierta y el volumen de circulación por la válvula no son proporcionales al porcentaje de apertura de la válvula en apertura parcial.

La corrosión, la acumulación de sólidos, la formación de tubérculos, las grandes diferencias de presión y la expansión térmica, provocan dificultades

para abrir las válvulas de compuerta normalmente cerradas, o al cerrarlas cuando normalmente están abiertas. La inspección y operación periódica de las válvulas que funcionan con poca frecuencia evitan muchas dificultades en su operación. Se colocó este tipo de válvulas en la captación, caja reunidora de caudales, caja rompe-presión y tanques de distribución.

Válvulas de limpieza: son aquellas que se usan para extraer los sedimentos que se acumulan en los puntos bajos de las tuberías, se colocan únicamente en la línea de conducción, ya que en la distribución los chorros realizan dicha tarea. Es importante hacer notar que en la red se colocarán en puntos o ramales muertos que quedarán provistos para futuras conexiones, ya que en estos el agua permanecerá estancada por largo tiempo. Estas válvulas están compuestas por una tee, a la cual se conecta lateralmente un niple y una válvula de compuerta, que se puede abrir, para que por medio del agua se expulsen de la tubería todos los sedimentos acumulados.

En este proyecto se colocaron en la línea de conducción general en las estaciones E-76 y E-186.

Válvulas de aire: en el transporte de agua por la tubería, en las partes altas, puede ir acompañado de formaciones de bolsas de aire, para esto es necesario este tipo de válvulas para poder eliminar el aire que se acumula y así permitir que el agua pueda pasar libremente, ya que de lo contrario podría provocar presiones dentro de la tubería a causa del aire acumulado, que evitarán el flujo de agua.

Se colocaron en la línea de conducción general en las estaciones E-80, E-110, E-2-12, E-243.

2.1.12.8. Conexiones domiciliarias

Para este proyecto se utilizará la conexión tipo predial, siendo ésta la mejor forma de abastecer de agua potable a comunidades rurales concentradas y dispersas con nivel socioeconómico regular.

Se entiende por conexión predial cada servicio que se presta a una comunidad, a base de grifo instalado fuera de la vivienda, pero dentro del predio o lote que ocupa. Es el tipo de servicio más recomendable desde el punto de vista de higiene y salud para el área rural, tomando en cuenta a la vez, razones económicas.

Para el proyecto en total serán instaladas 194 conexiones prediales(viviendas actuales), cada una de ellas contará con tubería de acometida PVC de Ø 1/2", con chorro del mismo diámetro y contador de flujo de agua.

2.1.13. Programa de operación y mantenimiento

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

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones planificadas que se realizan periódicamente para prevenir daños en el sistema; mientras que el mantenimiento correctivo consiste en una pronta reparación de

cualquier avería ocasionada en la red, equipo y obras hidráulicas, con el fin de hacer eficiente el sistema.

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

Programa de operación y mantenimiento

Captación:

- Cada semana: limpieza de caja de captación, abriendo válvula de compuerta para eliminar sedimentos en el fondo.
- Cada 3 meses: limpia y chapeo de áreas adyacentes, limpieza de paredes para eliminación de formación de algas. Toma de muestra para análisis de laboratorio.
- Cada 4 meses: inspección de área adyacente para determinar posible contaminación de fuentes, inspección ocular de actividades de deforestación cercanas a la fuente, revisión de estructuras para determinar fisuras y filtraciones, revisión de válvulas para determinar posibles fugas.
- Cada 6 meses: lavar caja de captación, con cepillo plástico sin jabón o detergente.

Tanque de distribución:

- Eventual: reparación de estructuras, reparación – cambio de válvulas
- Mensual: revisión de válvula, limpieza del área
- Trimestral: revisión de estructuras

Cajas de válvulas:

- Eventual: reparación de cajas, reparación de válvulas
- Trimestral: revisión de cajas, revisión de válvulas y engrase de candado

Línea de conducción y distribución:

- Eventual: reparación de fugas
- Mensual: revisión de líneas, verificación de fugas

Conexiones prediales:

- Eventual: reparación de válvulas de paso, reparación-cambio válvula de grifo.
- Trimestral: revisión de válvulas de paso y de válvula de grifo

Equipo de hipocloración:

- Semanal: chequear el volumen de solución en los recipientes de mezclado.

- Mensual: revisar válvulas, tubería y dosificador para determinar daños; verificar cloro residual en puntos más lejanos de la red de distribución.

2.1.14. Propuesta de tarifa

Para que un sistema de agua potable cumpla con su cometido y sea sostenible durante el período para el que se diseña, se requiere de un fondo para operar el sistema y darle mantenimiento, para esto se determinó una tarifa que cada una de las viviendas como usuarios deben cancelar, en función de los costos de operación, mantenimiento, tratamiento, administración y reserva. Esta tarifa será mensual y estará sujeta a los cambios de precios de los insumos cotizados.

Costo de operación (O): este costo representa el pago mensual al fontanero por revisión de tubería, conexiones domiciliarias, mantenimiento y operación del sistema de desinfección. Se consideró un salario de Q 2 000,00, para fontanero.

Costo de mantenimiento (M): Este costo servirá para la compra de materiales del proyecto, en caso que sea necesario cambiar los ya instalados o para la ampliación de los mismos. Se estima como el 4 por millar del costo total aproximado de materiales del proyecto dividido el número de años del período de diseño.

$$M = \frac{0,004 * Costo_{proyecto}}{22} = \frac{0,004 * 1\,323\,482,87}{22} = Q\,240,63 / \text{mes}$$

Costo de tratamiento (T): éste será el que se requiere para la compra y mantenimiento del método de desinfección, gasto mensual.

T = Costo tableta en gramos * Numero de tabletas a utilizar en un mes

$$T = Q 11/tableta * 22 tabletas = Q 242,00/mes$$

Costo de administración (A): representa el fondo que servirá para gastos de papelería y otros. Se estima un 15% de la suma de los anteriores.

$$A = 0,15*(O+M+T) = 0,15*(2 000+240,63+242,00) = Q 372,39 /mes$$

Costo de reserva (R): representa el fondo dedicado a cualquier imprevisto que afecte el proyecto. Será el 12% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 0,12*(O+M+T) = 0,12*(2 000+240,63+242,00) = Q 297,91 /mes$$

Calculo de tarifa propuesta (TAR):

$$M = \frac{O + M + T + A + R}{\# viviendas}$$

$$M = \frac{2 000 + 240,63 + 242,00 + 372,39 + 297,91}{194} = Q 17,00$$

Se propone una tarifa mínima de Q17,00 por servicio mensual. Este es un valor accesible para la población, ya que las tarifas que la municipalidad propone oscilan entre Q 10,00 y Q 25,00 mensuales.

2.1.15. Elaboración de planos

Los planos constituyen al igual que el presupuesto, los documentos más importantes que influyen en la toma de decisiones de la identidad que va a

financiar el proyecto, pues ambos resumen de forma concisa los alcances y limitaciones que tendrá el proyecto a l momento de implementarlo a la realidad.

En los planos para el sistema de abastecimiento de agua potable, está resumida la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Se presentan en el anexo; están conformados por planta y perfil de línea de conducción general, planta y perfil de la línea de conducción y red de distribución de cada comunidad (caseríos Hierbabuena y El Pancá), tanques de distribución, detalles generales y estructurales de tanques de distribución, detalle de hipoclorador.

2.1.16. Elaboración de presupuesto

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación de materiales y mano de obra, según planos finales. Seguidamente para la obtener los precios de los materiales, se cotizó en varias empresas de la cabecera municipal del Sololá.

Con respecto a la mano de obra se tomaron salarios que aplica la municipalidad para proyectos similares. Al integrar los conceptos anteriores se obtuvo el costo directo.

El costo indirecto incluye los renglones de administración, dirección utilidad e imprevistos, equivalente al 25%.

Tabla IV. Presupuesto final

PROYECTO: ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA CASERÍOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ
MUNICIPIO: SOLOLÁ
DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
CALCULÓ: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS), INGENIERIA CIVIL

No.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	P.U	SUBTOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES	7 495,00	ML	Q 5,77	Q 43 255,52
2	EXCAVACIÓN DE ZANJA	2 998,00	M3	Q 67,79	Q 203 225,05
3	RELLENO DE ZANJA	2 848,10	M3	Q 33,89	Q 96 528,51
4	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 40 M3	2,00	UNIDAD	Q 60 288,98	Q 120 577,95
5	CAJA VÁLVULA DE AIRE	4,00	UNIDAD	Q 2 624,74	Q 10 498,95
6	CAJA VÁLVULAS DE LIMPIEZA	2,00	UNIDAD	Q 2 579,18	Q 5 158,35
7	CAJA ROMPE PRESIÓN CONDUCCIÓN	1,00	UNIDAD	Q 3 107,43	Q 3 107,43
8	CAJA ROMPE PRESIÓN RED DIST.	1,00	UNIDAD	Q 3 579,93	Q 3 579,93
9	CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES	1,00	UNIDAD	Q 5 231,93	Q 5 231,93
10	CAJA VÁLVULAS DE COMPUERTA	11,00	UNIDAD	Q 3 344,38	Q 36 788,18
11	HIPOCLORADOR	1,00	UNIDAD	Q 7 358,18	Q 7 358,18
12	CAPTACIÓN + CAJA DE VÁLVULAS	1,00	UNIDAD	Q 34 277,99	Q 34 277,99
13	LINEA DE CONDUCCIÓN GENERAL	3 458,70	ML	Q -	-
13.1	LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 3" 160 PSI	1 128,50	ML	Q 99,44	Q 112 214,00
13.2	LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 2" 160 PSI	1 439,60	ML	Q 70,66	Q 101 722,00
13.3	LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 2" 250 PSI	183,00	ML	Q 106,67	Q 19 520,00
13.4	LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 1" 160 PSI	707,60	ML	Q 50,93	Q 36 039,00
14	RED DISTRIBUCIÓN GENERAL	3 800,30	ML	Q -	Q -

Continuación de la tabla IV.

14.1	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 2" 160 PSI	115,90	ML	Q	78,33	Q	9 079,00
14.2	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 1 1/2" 160 PSI	664,90	ML	Q	64,84	Q	43 115,00
14.3	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 1 1/4" 160 PSI	671,00	ML	Q	64,91	Q	43 553,00
14.4	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 1 " 160 PSI	738,10	ML	Q	57,19	Q	42 214,00
14.5	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIÁMETRO 3/4 " 250 PSI	1 610,40	ML	Q	54,12	Q	87 154,00
15	CONEXIONES PREDIALES	194,00	UNIDAD	Q	1 129,78	Q	219 176,42
			TOTAL DEL PROYECTO			Q	1 323 482,87

Fuente: elaboración propia.

2.1.17. Evaluación socioeconómica

En general, 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 entonces considerarse los efectos indirectos y de valorización social, de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es de utilidad para conocer la rentabilidad que generan, para ello se utilizan los métodos de valor presente neto y tasa interna de retorno, que se describen a continuación.

2.1.17.1. Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo, el cual es una medida del beneficio que rinde un proyecto de inversión a través de toda su vida útil; se define como el valor presente de su flujo de ingresos futuros menos el valor presente de su flujo de costos. Es un monto de dinero equivalente a la suma de los flujos de ingresos netos que generará el proyecto en el futuro. Según este método la inversión es aceptable cuando el valor presente neto es positivo.

Si el VPN es menor que cero, indica que la inversión genera pérdidas a una cierta tasa de interés, si el VPN es mayor que cero indica que la inversión generará ganancias, cuando el VPN es igual a cero indica que la inversión no genera pérdidas ni ganancias, por lo que se concluye que el proyecto es indiferente. Al ser un método que tiene en cuenta el valor tiempo y dinero, los ingresos futuros esperados, como también los egresos, son analizados cuando inicia el proyecto.

Para el presente 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 12%. El procedimiento a realizar será:

Costo de ejecución = Q 1 323 482,87 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 del VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sustentable.

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

$$CA = (O + M + T + A + R) * 12meses = Q 3 152,93 * 12 = Q 37 835,16$$

Tarifa poblacional anual (IA):

$$IA = Q 17,00 \text{ por vivienda} * 194 \text{ viviendas} * 12 \text{ meses} = Q 39 576,00$$

Costo de operación y mantenimiento:

$$VP = CA * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right] = 37 835,16 * \left[\frac{(1 + 0,12)^{22} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{22}} \right] = Q 289 236,395$$

Tarifa poblacional:

$$VP = IA * \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i * (1 + i)^n} \right] = 39 576,00 * \left[\frac{(1 + 0,12)^{22} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{22}} \right] = Q 302 544,50$$

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

$$VPN = Ingresos - Egresos$$

$$VPN = Q 302 544,50 - Q 289 236,40$$

$$VPN = Q 302 544,50 - Q 289 236,40$$

$$VPN = Q 13 308,10$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento. Además, se dispondrá de una cantidad de dinero adicional para otros proyectos pequeños de carácter social para los caseríos Hierbabuena y El Pancá.

2.1.17.2. Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno se conoce también con el nombre de Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) de una inversión y está definida como la tasa de interés con la cual el Valor Presente Neto (VPN) es igual a cero, donde el VPN se calcula a partir del flujo de efectivo anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. La TIR es un indicador de la rentabilidad de un proyecto en donde a mayor TIR mayor rentabilidad y se utiliza para decidir sobre la elección o rechazo de un proyecto de inversión.

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

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, no es posible obtener una tasa interna de retorno atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

Costo= Inversión inicial -VPN = Q 1 323 482,87- Q13 308,10 = Q 1 310 174,77
Beneficio = No. de habitantes beneficiados a futuro

Costo/beneficio= Q 1 310 174,77 / 1 710 habitantes = Q 766,18 / hab

Hay que tener en cuenta que las instituciones de inversión social se basan en el valor anteriormente obtenido, para la toma de decisiones. Según las expectativas de las entidades que colaboran con la municipalidad de Sololá, se tiene un rango aproximado de hasta Q 1 000,00 por habitante.

Se puede concluir que el proyecto podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones que trabajan actualmente con la municipalidad de Sololá.

2.1.18. Evaluación de Impacto Ambiental

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un mecanismo técnico que se utiliza para analizar aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales del ambiente en el que se desarrolla un proyecto.

El impacto ambiental producido por la ejecución del proyecto de abastecimiento, también debe ser evaluado con el fin de establecer las medidas correctivas necesarias para anular o mitigar los posibles efectos adversos que sucedan en cualquiera de las etapas del proyecto, planificación, ejecución y operación, con el fin de proponer acciones de control y recuperación. La EIA debe garantizar que todos los factores ambientales relacionados con el medio ambiente y el proyecto hayan sido considerados, y determinar los impactos significativos.

Para la realización de la evaluación, se identifican los factores ambientales implicados en el proyecto y la forma en que pueden ser afectados, luego se definen las opciones y medidas para garantizar que en la relación proyecto y el ambiente ocurran los mínimos riesgos ambientales.

Descripción de los objetivos de la EIA:

- Contribuir al uso racional e integrado de los recursos naturales

- Procurar el desarrollo de la calidad de vida de las poblaciones en el área de influencia del proyecto.
- Reducir los efectos adversos y maximizar los beneficios
- Contribuir con el mejoramiento del diseño y funcionabilidad del proyecto de desarrollo para la comunidad.
- Mantener un control de los recursos

Descripción de las principales actividades para el desarrollo del proyecto

- Localización del proyecto: caseríos Hierbabuena y el Pancá que pertenecen al municipio de Sololá, departamento de Sololá.
- Descripción del proyecto: El proyecto consiste en diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad, el sistema abastecerá a dos caseríos, Hierbabuena y El Pancá, y debido a exigencias de éstas el caudal de conducción será dividido en partes iguales.
- Características generales del proyecto:

Longitud del proyecto: 7 494,11

Tipo de sistema: totalmente por gravedad

Periodo de diseño: 22 años

Aforo: 4,74 lts/s

Dotación: 110 lt/hab/día

Población actual: 743 habitantes

Población futura: 1 710 habitantes

Tiempo aproximado de ejecución: 5 meses

Preliminares:

- Trazo, limpieza y chapeo de las áreas de paso

Obra civil:

- Excavación de zanjas para tuberías y relleno
- Construcción y armado de estructuras de concreto
- Instalación de tuberías de conducción y distribución
- Construcción de obras de arte
- Operación y mantenimiento

Descripción sobre efectos y factores ambientales del proyecto:

Factores físicoquímicos:

- Agua. Alteración del cauce y salida natural del agua de origen subterráneo al realizar su captación. Acción reversible a largo plazo.
- Tierra. Cambio de su estabilidad al realizar movimientos de zanjeo y relleno. Acción reversible a corto plazo.

Factores ecológicos:

- Hábitat. Efectos indirectos en la alteración del hábitat natural con la construcción de obras de arte del sistema de abastecimiento en áreas de bosque y en áreas de población. Acción reversible a largo plazo.

- Flora. Efectos directos en la flora por la realización de limpieza y chapeo en línea de conducción y en red de distribución. Acciones con efectos reversibles a corto plazo.
- Fauna. Alteración de movimientos naturales de la fauna silvestre durante fases de construcción y durante constante mantenimiento. Acciones con efectos directos y reversibles a largo plazo.

Factores socioeconómicos

- Demografía. Los principales efectos sobre la demografía de la comunidad consisten, al realizar la implementación de un servicio básico, en un incremento de desarrollo que puede mejorar la calidad de vida de sus habitantes, mejorar la salud y el bienestar económico, lo cual incide en un crecimiento poblacional. Acciones reversibles a largo plazo.
- Economía. La economía comunitaria se ve afectada directamente por la instalación del sistema de abastecimiento de agua potable, de manera constante en beneficio de la salud y el bienestar, al anular el tiempo de acarreo, lo que permite a la población la ocupación en otras actividades. Los efectos serán reversibles a largo plazo.

Factores de salud pública

- Calidad sanitaria del ambiente. Los principales efectos sobre la comunidad y su ambiente consisten en la participación de mano de obra en las áreas de construcción, por lo que existen riesgos de contaminación. Acciones reversibles a corto plazo.

- Servicios de salud. El abastecimiento de agua potable contribuye a la salud de los habitantes al satisfacer necesidades de consumo y en actividades diversas como lavado de ropa, utensilios y otros. Los efectos adversos consisten en la incorrecta disposición de las aguas servidas que pueden tener efectos nocivos para la salud, por lo que el sistema es beneficioso con planes de tratamiento.

Medidas de mitigación:

Las medidas de mitigación se refieren a la implementación de acciones que permitan eliminar, prevenir o reducir los impactos adversos identificados en el desarrollo del proyecto.

Factores físicoquímicos:

- Cerco de protección del nacimiento para evitar su contaminación y mantener su preservación.
- Relleno adecuado y completo de zanjas
- Inspección durante recorridos de mantenimiento de la limpieza de las áreas utilizadas.
- Mantenimiento adecuado del sistema para evitar rebases

Factores ecológicos:

- Capacitación e instrucción a los trabajadores en la ejecución del proyecto para que cuiden el ambiente y no alteren flora y fauna de no ser estrictamente necesario.
- Reforestar alrededores en áreas de obras civiles

Factores socioeconómicos:

- Capacitación e instrucción a los familias beneficiadas acerca del correcto uso del servicio de agua potable, así como de la importancia de la participación en el mantenimiento y el cuidado de los recursos naturales.

Factores de salud pública:

- Uso de un plan de limpieza por parte de la compañía constructora que ejecute el proyecto, para evitar contaminación de los trabajadores en las áreas naturales.
- Capacitación de uso e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales, óptima para áreas rurales, en coordinación con las autoridades locales. Ejemplo: un tanque séptico y pozo de absorción.
- Implementación de un programa de letrinas

2.2. Diseño de la edificación de dos niveles para centro de convergencia de caserío El Encanto

Actualmente el caserío El encanto carece de un centro a donde se avoquen las personas para cualquier situación en la que se vea afectada la

salud, por lo que es necesario un centro de convergencia, lugar donde se puedan hospedar médicos y así impartir consultas y si fuera necesario internar personas por un corto tiempo.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto a diseñar consiste en un edificio de dos niveles el cual tiene como objetivo proveer a la comunidad un lugar para realizar jornadas médicas, con espacio para realizar consultas médicas, proveer hospedaje al personal que realizará esta labor. Otra función que tendrá es de centro de acopio, y un área para reuniones semanales de los miembros del COCODE.

La distribución de los ambientes en el edificio es de la siguiente manera; primer nivel: área de parqueo, farmacia, oficina administrativa, recepción, sala de espera, clínicas y servicios sanitarios; en el segundo nivel: clínicas, sala de reuniones, dormitorios, cocineta, sala de estar y servicios sanitarios. Además contará con un módulo de gradas.

2.2.2. Descripción del área disponible

Antes de iniciar con el diseño del edificio se constato que se tuvieran las escrituras del terreno, y así evitar problemas legales posteriormente.

Localización del terreno:

El terreno donde se construirá el edificio, se localiza en el caserío El Encanto, cantón Pujujil II, se sitúa al norte del municipio de Sololá a una distancia de 17 kilómetros.

Topografía del terreno:

La forma del terreno, vista en planta, tiene forma rectangular, cuenta con un área de 1 064 m², y no presenta mayor depresión, por lo que se puede considerar como un terreno plano. La construcción del edificio abarcará un total de 258 m².

2.2.3. Estudio de suelos

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

En el terreno donde se ubicará el edificio, se extrajo, una muestra inalterada de un pie cúbico a una profundidad de 2 metros, para luego realizar el ensayo de compresión triaxial.

2.2.3.1. Determinación del valor soporte del suelo

El ensayo de compresión triaxial fue realizado en el CII, ver anexo tres. Los resultados son los siguientes:

Datos obtenidos en ensayo de laboratorio:

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

Descripción del suelo: Limo arcilloso color café

Dimensión y tipo de la probeta: 2,5" x 5,0"

Ángulo de fricción Interna ϕ = 11,41°

Cohesión Cu = 1,69 ton/m²

Base (B)	= 2,00 m
Largo (L)	=2,00 m
Peso específico (γ_s)	=1,21 ton/m ³
Desplante (Df)	= 2,00 m

Capacidad portante neta última utilizando la ecuación de Meyerhof:

Para encontrar el valor soporte se utilizo la ecuación general de la capacidad de carga, meyerhof sugirió la siguiente ecuación:

$$V_s = C * N_c * d_c * S_c + q_0 * N_q * d_q * S_q + \frac{1}{2} B * \gamma_s * N_\gamma * d_\gamma * S_\gamma$$

Factores de capacidad de carga:

$$N_q = e^{(\pi * \tan \theta)} * \tan(45 + \theta/2)^2$$

$$N_q = e^{(\pi * \tan 11,41)} * \tan(45 + 11,41/2)^2 = 2,82$$

$$N_c = \cot \theta * (N_q - 1) = \cot 11,41 * (2,82 - 1) = 9,0$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan \theta = 2 * (2,82 + 1) * \tan 11,41 = 1,54$$

Factores de profundidad:

$$d_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{Df}{B}\right) * \tan\left(45 + \frac{\theta}{2}\right)$$

$$d_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{2,0}{2,0}\right) * \tan\left(45 + \frac{11,41}{2}\right) = 1,24$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 * (Df/B) * \tan(45 + \theta/2)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 * \left(\frac{2,0}{2,0}\right) * \tan\left(45 + \frac{11,41}{2}\right) = 1,12$$

Factores de forma:

$$S_c = 1 + \left(\frac{B}{L}\right) * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$S_c = 1 + \left(\frac{2,0}{2,0}\right) * \tan^2 \left(45 + \frac{11,41}{2}\right) = 2,23$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 * \left(\frac{B}{L}\right) * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0,1 * \left(\frac{2,0}{2,0}\right) * \tan^2 \left(45 + \frac{11,41}{2}\right) = 1,12$$

$$q_o = D_f * \gamma_s$$

$$q_o = 2 * 1,21 = 3,42 \text{ Ton/m}^2$$

Valor soporte del suelo:

$$V_s = C * N_c * d_c * S_c + q_o * N_q * d_q * S_q + \frac{1}{2} B * \gamma_s * N_\gamma * d_\gamma * S_\gamma$$

$$V_s = (1,69 * 9,0 * 1,24 * 2,23) + (2,42 * 2,82 * 1,12 * 1,12) + (\frac{1}{2} * 2,0 * 1,21 * 1,54 * 1,12 * 1,12)$$

$$V_s = 53,38 \text{ Ton/m}^2$$

Valor soporte de diseño:

$$V_{sd} = \frac{V_s}{F.S.}$$

Donde F.S= factor de seguridad = 3

$$V_{sd} = \frac{53,38}{3} = 18 \text{ Ton/m}^2$$

La capacidad soporte del suelo para cuestiones de diseño será 18 Ton/m²

2.2.4. Normas para el diseño de edificios

Primordialmente se aplicarán las normas que rige el Reglamento de Concreto Estructural (ACI 318 S 05) y las de ensayos de materiales (ASTM).

Para lograr la confiabilidad en el diseño, se tomarán en cuenta las normas AGIES y UBC 97.

2.2.4.1. Criterios generales

Son todos los aspectos importantes que definen el diseño del edificio, se puede mencionar: área y ubicación del edificio, altura de ventanas, altura del edificio, iluminación, entre otros.

2.2.4.2. Criterios de conjunto

- Conjunto arquitectónico: se toman como requisitos mínimos los solicitados por los beneficiarios, complementándose con respecto a su funcionalidad, incluyendo todas las áreas que se utilizarán.
- Orientación del edificio: la correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio. La orientación es de norte a sur, de preferencia, abriendo las ventanas hacia el norte, sin embargo la orientación será definida en el terreno.
- Altura y superficie del centro de convergencia: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como servicios a prestar, y la altura está dada de acuerdo con la solicitud hecha por la comunidad, colocando como límite dos niveles.

2.2.4.3. Criterios de iluminación

La iluminación debe de 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 iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
- Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado una mejor iluminación.

Por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos cuatro tipos de iluminación, aceptados para los edificios de oficinas, se describen a continuación:

- Iluminación natural unilateral: este caso se da cuando sólo un lado del ambiente tiene ventanas; las ventanas deben tener un área de 25 a 30% del área total de piso; el techo y el muro opuesto a la ventana deben ser claros; el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2,5 veces la altura del muro de ventana.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales al ambiente; las ventanas deben tener un área de iluminación entre 25 y 30%.

- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del ambiente, para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 al 20% del área total de piso.
- Iluminación artificial: este caso se acepta únicamente cuando sea muy justificado; debe ser difuso, para evitar molestias en la vista; también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.

La iluminación utilizada en el edificio es natural y artificial, para lo que se utilizó ventanas y lámparas.

2.2.4.4. Otros criterios

- Ventilación: en los locales cerrados destinados al trabajo, el aire debe renovarse de acuerdo con el número de trabajadores, garantizando un ambiente apto de trabajo. La renovación del aire puede hacerse mediante ventilación natural o artificial, debiéndose tener en cuenta la velocidad, forma de entrada, cantidad por hora, personas, temperatura y humedad, con el objeto de que no resulte molesta o perjudicial para la salud de los trabajadores.
- Criterios de color: estas instituciones han sido pintadas tradicionalmente, y aún se siguen pintando, con un blanco deslumbrante, porque así se entiende que son mejor satisfechos los requerimientos higiénicos. En el hospital o la clínica moderna ya no se usa el blanco, porque produce una sensación deprimente, y son utilizados otros colores, porque estos ejercen sobre el paciente una acción de bien reconocida terapia y también por sus efectos en el confort visual.

- El color no es simplemente un factor de satisfacción estética, sino el medio que sirve para crear, tanto en enfermos y visitantes, como en el personal clínico, un efecto psicológico. Los colores serán escogidos conociendo sus propiedades terapéuticas, considerando sus potencias psicológicas y fisiológicas y tratando de evitar esa impresión severa y fría que es característica en las instituciones anticuadas.
- Las salas de espera o visita pueden ser tratadas con variedad, aunque sin excesos en el color. Las paredes podrán ser pintadas con colores diferentes, pero que sean armónicos.
- Los techos no deben ser blancos, porque para los pacientes que están muchas horas o muchos días en el lecho y mirando aquellos, el blanco es deprimente y deslumbrante; su color debe ser el mismo que el de la pared, aunque en tonalidad más clara.
- Los quirófanos o salas de operaciones no serán pintados de blanco ni tampoco deberán estar revestidos con azulejos que tengan brillo molesto y deslumbrante, que trastorna la función ocular. En las clínicas modernas, tanto las paredes y superficies como la indumentaria de los operadores y personal ayudante, son en verde-azul claro, porque es el color complementario.

2.2.5. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico consiste en distribuir de forma adecuada y armónica los ambientes que componen el edificio. Esto se hace para lograr que el lugar sea funcional y cómodo para su uso.

El centro de convergencia se diseñó de acuerdo con el programa de necesidades dado por la comunidad, a éste se le agregaron espacios que a criterio profesional eran necesarios para un proyecto de este tipo. Para la distribución de ambientes se tomo en cuenta el funcionamiento de cada espacio, los espacios de uso más frecuente se distribuyeron en el primer nivel, y las no muy frecuentadas en el segundo nivel.

2.2.5.1. Ubicación del edificio en el terreno

El edificio fue ubicado al sur de un terreno de propiedad comunal, con una área de 1 064 m², de los cuales 258 m² se utilizaran para la edificación.

La correcta orientación de la edificación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del mismo. 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.

2.2.5.2. Distribución de ambientes

El tamaño de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hizo de forma que queden ubicados conforme su función y la relación existente entre ellos, tomando como material de apoyo lo indicado en el libro “Neufert, Arte de proyectar arquitectura”, para realizar una optima distribución, tratando de aprovechar todos los espacios disponibles dentro de la instalación.

2.2.5.3. Alturas de edificio

Cada nivel posee una altura de 3,70 metros, por lo que la altura total del edificio es de 7,40 metros.

2.2.6. Selección del sistema estructural a usar

La selección del tipo de estructura depende de ciertos factores como son: economía, materiales disponibles, área de terreno, dimensiones de cada ambiente, forma, mano de obra disponible.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores se optó por utilizar un sistema de marcos dúctiles con nudos rígidos de concreto reforzado, muros (tabiques) de mampostería de block, losas planas de concreto reforzado, que den resistencia a la estructura cuando este se vea sometido a fuerzas de sismo y otras. También hay que tomar en cuenta que es una construcción permanente respecto al tiempo de vida útil que va de 30 a 40 años.

2.2.6.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Predimensionar la estructura es dar medidas preliminares a fin de establecer un parámetro inicial para el diseño de los elementos que la componen, que serán utilizados para soportar cargas aplicadas. Si durante la etapa de diseño los elementos no satisfacen la resistencia demandada en el análisis estructural será necesario rediseñar los elementos, dando así origen a un nuevo ciclo de análisis y diseño.

Predimensionamiento de viga:

El predimensionamiento de la viga se puede realizar con base al criterio de que por cada metro lineal libre de luz, aumentar ocho centímetros de peralte y la base equivale a $\frac{1}{2}$ del peralte. La relación entre la base y el peralte debe estar entre 0,25 y 0,60.

Longitud de la viga= 6,10 m

$$h_{viga}=8\% \text{Longitud de la viga}=0,08*6,10 \text{ m}=0,49 \text{ m}$$

Según ACI 318 S 05 el espesor mínimo de vigas no pretensadas con un extremo continuo es $L/18,5$, donde L es la luz máxima. por lo que se tiene:

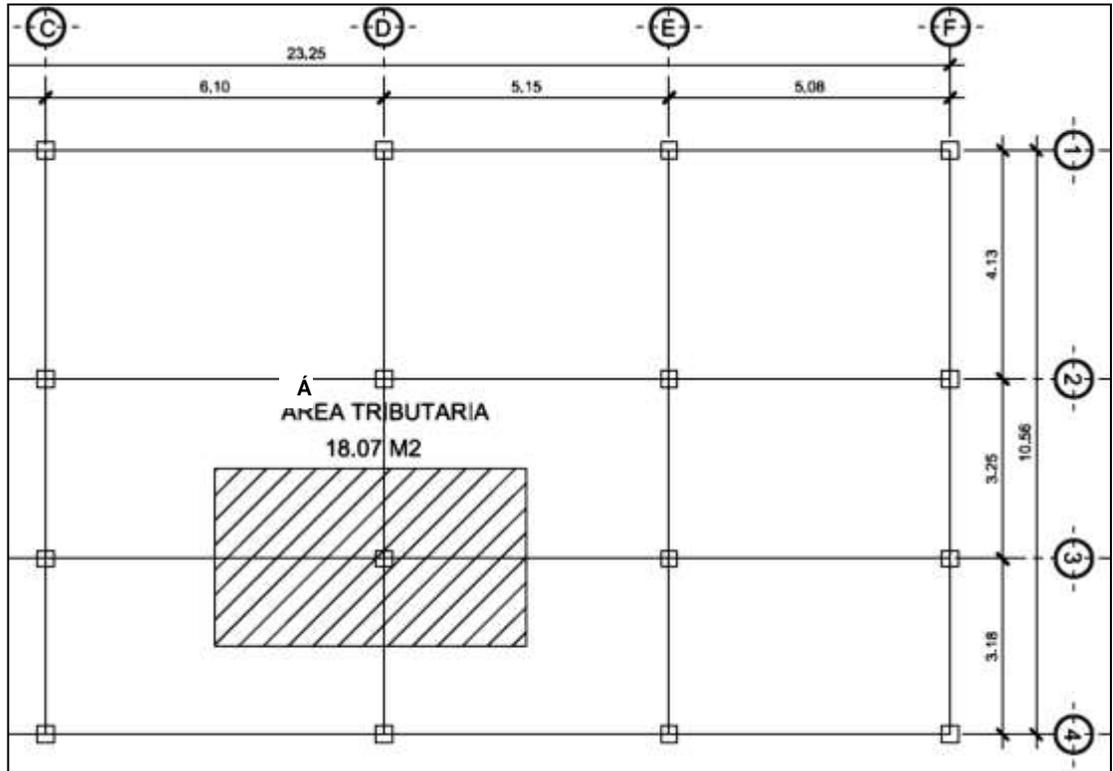
$$h_{viga} = \frac{6,10}{18,5} = 0,33 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se consideró un peralte de 50 cm, con una base de 30 cm.

Predimensionamiento de columnas:

El método que se utilizará para predimensionar las columnas, se basa en el cálculo de la carga axial aplicada a la columna crítica, y de esta se determina el área bruta de la sección de la columna, por medio de la ecuación (10-2) del código ACI 318-05 capítulo 10 sección 10.3.6.2, al tener este valor, se puede proponer las medidas de la sección, para cumplir con esta área requerida. En este caso, las dimensiones de la sección de la columna crítica, se utilizarán en todas las columnas, para guardar simetría y evitar diferencias de rigidez de un marco a otro y de un nivel a otro.

Figura 5. Área tributaria de las cargas sobre la columna



Fuente: elaboración propia.

Datos:

Área tributaria = 18,07 m²

Peso específico del concreto= 2 400 kg/m³

Carga viva= 500kg/m² (pasillo de hospitales)

Por lo tanto:

$$Pu = 1,4(2\,400\text{ kg/m}^3 * 18,07\text{m}^2) + 1,7(500\text{ kg/m}^2 * 20\text{m}^2) = 61\,565\text{kg}$$

Como son dos niveles se multiplica por dos:

$$P_u = 61\,565 \text{ kg} * 2 = 123\,130 \text{ kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntual, se obtiene el área gruesa de la columna.

$$P = 0,8(0,85 f'c * (Ag - As) + fy * As) ; \text{ Donde } As \text{ es de } 1\% \text{ a } 8\% \text{ de } Ag$$

Considerando As como 1% de Ag , $f'c$ de 281 kg/cm^2 y $fy = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$ obtenemos:

$$123\,130 \text{ kg} = 0,8(0,85 * 281 * (Ag - 0,01Ag) + 2\,810 * 0,01 * Ag)$$

Despejando Ag se obtiene:

$$Ag = \left[\frac{123\,130,00}{0,80 * [0,85 * 281 * (1 - 0,01) + 2\,810 * 0,01]} \right] = 582 \text{ cm}^2$$

Para el área gruesa de 582 cm^2 , se requiere una sección cuadrada de $24 \text{ cm} * 24 \text{ cm}$, pero debido a que la ecuación de carga axial no considera los efectos de esbeltez, se propone una sección de $30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}$, que da un área gruesa igual a 900 cm^2 .

Predimensionamiento de losa:

Se utilizó el criterio del perímetro de losa dividido 180, para losas en dos sentidos. Se utiliza la losa de mayor dimensión.

Relación

$m = a / b < 0,5$ losa trabaja en un sentido

$m = a / b > 0,5$ losa trabaja en dos sentidos

Donde:

a = sentido corto de losa

b = sentido largo de losa

Calculando m para losa de mayor dimensión, con a = 4,13 m y b = 6,10 m

$$m = \frac{4,13 \text{ m}}{6,10 \text{ m}} = 0,68 > 0,50$$

La losa trabaja en dos sentidos:

Espesor de losa:

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

Donde t = espesor de losa

$$t = \frac{(2 * 4,13 \text{ m}) + (2 * 6,10 \text{ m})}{180} = 0,1137 \text{ m}$$

Se propone una losa tradicional con 12cm de espesor

2.2.6.2. Cargas de diseño

Las estructuras están sometidas a diferentes tipos de carga, por lo cual se utilizan diferentes métodos para su aplicación, en este caso se hace una diferencia según la dirección de su aplicación. En el proyecto las cargas que actúan sobre la estructura son las siguientes:

Figura 6. Tipos de carga



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.2.1. Cargas verticales en marcos dúctiles nudos rígidos

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

Cargas muertas: son las cargas aplicadas debido al peso de los elementos estructurales, estas son cargas permanentes, se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición, durante la vida de la estructura. Para un edificio, las cargas muertas las componen los pesos de las losas, vigas, columnas, muros, techos, ventanas, puertas, instalaciones (drenajes, hidráulicas, eléctricas, otras.), acabados y otros. Estas cargas se determinan con bastante exactitud, dependiendo de los materiales que se utilicen, los pesos se determinan a partir de las densidades y tamaños.

Los valores que se utilizan en este caso para las cargas verticales, son los siguientes:

Carga muerta:

Peso específico del concreto	= 2 400 kg/m ³
Peso de muro	= 180 kg/m ²
Peso de tabiques	= 15 kg/m ²
Peso de acabados	= 60 kg/m ²
Peso de pañuelos	= 20 kg/m ²
Peso de piso	= 100 kg/m ²
Peso de instalaciones	= 10 kg/m ²
Peso de instalaciones eléctricas	= 10 kg/m ²

Carga viva (basada en AGIES NSE 2-10, tabla 3-1):

Azotea sin acceso	= 100 kg/m ²
Pasillos	= 500 kg/m ²
Clínicas y encamamiento	= 250 kg/m ²
Farmacia	= 500 kg/m ²

Escaleras = 500 kg/m²

Cafetería y cocina = 500 kg/m²

Cargas por nivel:

Determinando cargas para el segundo nivel:

Carga muerta:

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{columna}} + W_{\text{muro}} + W_{\text{tabique}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}} + W_{\text{instalaciones}} + W_{\text{instalaciones eléctricas}} + W_{\text{pañuelos}}$$

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * t_{\text{losa}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{losa}} = 245,52 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 70709,76 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga en nivel}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{viga}} = 0,15 \text{ m}^2 * 156,36 \text{ m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 56289,60 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * (L_{\text{columna}}/2) * N_{\text{columnas}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{columna}} = 0,09 \text{ m}^2 * 1,60 \text{ m} * 24 * 2400 \text{ kg/m}^3 = 9590,40 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muro}} = (H_{\text{muro}}/2) * (L_{\text{muro en nivel}}) * P_{\text{muro}}$$

$$W_{\text{muro}} = 1,60 \text{ m} * 131,16 \text{ m} * 180 \text{ kg/m}^2 = 43714,58 \text{ kg}$$

$$W_{\text{tabique}} = (H_{\text{tabique}}/2) * (L_{\text{tabique en nivel}}) * P_{\text{tabique}}$$

$$W_{\text{tabique}} = 1,60 \text{ m} * 9,38 \text{ m} * 15 \text{ kg/m}^2 = 260,30 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = A_{\text{total}} * P_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabados}} = 470,38 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2 = 30331,14 \text{ kg}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = A_{\text{total}} * P_{\text{instalaciones}}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = 245,52 \text{ m}^2 * 10 \text{ kg/m}^2 = 2 455,20 \text{ kg}$$

$$W_{\text{inst.eléctricas}} = A_{\text{total}} * P_{\text{inst.eléctricas}}$$

$$W_{\text{inst.eléctricas}} = 245,52 \text{ m}^2 * 10 \text{ kg/m}^2 = 2 455,20 \text{ kg}$$

$$W_{\text{pañuelos}} = A_{\text{total}} * P_{\text{pañuelos}}$$

$$W_{\text{pañuelos}} = 245,52 \text{ m}^2 * 20 \text{ kg/m}^2 = 4 910,40 \text{ kg}$$

$$CM = 221 016,58 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$CV = A_{\text{total}} * \text{carga viva de techo}$$

$$CV = 245,52 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2 = 24 552 \text{ kg}$$

Determinando cargas para el primer nivel:

Carga muerta:

$$CM = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{columna}} + W_{\text{muro}} + W_{\text{tabique}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}} + W_{\text{instalaciones}} +$$

$$W_{\text{instalaciones eléctricas}} + W_{\text{pañuelos.}}$$

$$W_{\text{losa}} = A_{\text{total}} * t_{\text{losa}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{losa}} = 245,52 \text{ m}^2 * 0,12 \text{ m} * 2 400 \text{ kg/m}^3 = 70 709,76 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = A_{\text{sección}} * L_{\text{viga en nivel}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{viga}} = 0,15 \text{ m}^2 * 156,36 \text{ m} * 2 400 \text{ kg/m}^3 = 56 289,60 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columna}} = A_{\text{sección}} * (L_{\text{columna}}) * N_{\text{columnas}} * PU_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{columna}} = 0,09 \text{ m}^2 * 3,20 \text{ m} * 24 * 2400 \text{ kg/m}^3 = 19180,80 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muro}} = (H_{\text{muro}}) * (L_{\text{muro en nivel}}) * P_{\text{muro}}$$

$$W_{\text{muro}} = 3,20 \text{ m} * 131,16 \text{ m} * 180 \text{ kg/m}^2 = 87355,89 \text{ kg}$$

$$W_{\text{tabique}} = (H_{\text{tabique}}) * (L_{\text{tabique en nivel}}) * P_{\text{tabique}}$$

$$W_{\text{tabique}} = 3,20 \text{ m} * 9,38 \text{ m} * 15 \text{ kg/m}^2 = 520,59 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = A_{\text{total}} * P_{\text{acabados}}$$

$$W_{\text{acabados}} = 765,518 \text{ m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2 = 45931,08 \text{ kg}$$

$$W_{\text{piso}} = A_{\text{total}} * P_{\text{piso}}$$

$$W_{\text{piso}} = 245,52 \text{ m}^2 * 100 \text{ kg/m}^2 = 24552 \text{ kg}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = A_{\text{total}} * P_{\text{instalaciones}}$$

$$W_{\text{instalaciones}} = 245,52 \text{ m}^2 * 10 \text{ kg/m}^2 = 2455,20 \text{ kg}$$

$$W_{\text{inst.eléctricas}} = A_{\text{total}} * P_{\text{inst.eléctricas}}$$

$$W_{\text{inst.eléctricas}} = 245,52 \text{ m}^2 * 10 \text{ kg/m}^2 = 2455,20 \text{ kg}$$

$$CM = 309450,12 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$CV = (A_{\text{clínicas}} * CV_{\text{clínicas}}) + (A_{\text{pasillo}} * CV_{\text{pasillo}}) + (A_{\text{cocina}} * CV_{\text{cocina}}) +$$

$$(A_{\text{s médico}} * CV_{\text{s médico}})$$

$$CV = (151,10 \text{ m}^2 * 250 \text{ kg/m}^2) + (29,02 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2) + (10,64 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2)$$

$$+ (28,61 \text{ m}^2 * 350 \text{ kg/m}^2)$$

$$CV = 67\,618,50 \text{ kg}$$

Integración de cargas:

A continuación determinarán las cargas verticales en marcos críticos, por medio de las áreas tributarias que afectan cada viga.

- Marco B, (sentido Y)

Segundo nivel:

Carga muerta:

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

$$CM = (A_{\text{tributaria}} * PU_{\text{concreto}} * t_{\text{losa}}) + (A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * PU_{\text{concreto}}) + (A_{\text{tributaria}} * P_{\text{acabados}}) + (A_{\text{tributaria}} * P_{\text{sobrecarga}})$$

Viga 2,1

$$CM = (8,54\text{m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,12\text{m}) + (0,15 \text{ m}^2 * 4,13\text{m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) + (8,54\text{m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) + (8,54\text{m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2) = 4\,928,42 \text{ kg}$$

$$CM_{\text{distribuida}} = \frac{4\,928,42 \text{ kg}}{4,13 \text{ m}} = 1\,193,32 \text{ kg/m}$$

Viga 2,2

$$CM = (5,28\text{m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,12\text{m}) + (0,15 \text{ m}^2 * 3,25\text{m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3) + (5,28\text{m}^2 * 60 \text{ kg/m}^2) + (5,28\text{m}^2 * 55 \text{ kg/m}^2) = 3\,297,87 \text{ kg}$$

$$CM_{\text{distribuida}} = \frac{3\,297,84 \text{ kg}}{3,25 \text{ m}} = 1\,193,32 \text{ kg/m}$$

Viga 2,3

$$CM = (5,04\text{m}^2 * 2\,400\text{ kg/m}^3 * 0,12\text{m}) + (0,15\text{ m}^2 * 3,18\text{m} * 2\,400\text{ kg/m}^3) + (5,04\text{m}^2 * 60\text{ kg/m}^2) + (5,04\text{m}^2 * 55\text{ kg/m}^2) = 3\,175,92\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{3\,175,92\text{ kg}}{3,18\text{ m}} = 998,72\text{ kg/m}$$

Carga viva

$$CV = (A_{tributaria} * CV_{techo})$$

Viga 2,1

$$CV = (8,54\text{m}^2 * 100\text{ kg/m}^2) = 854\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{854\text{ kg}}{4,13\text{ m}} = 206,78\text{ kg/m}$$

Viga 2,2

$$CV = (5,28\text{m}^2 * 100\text{ kg/m}^2) = 528\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{528\text{ kg}}{3,25\text{ m}} = 162,46\text{ kg/m}$$

Viga 2,3

$$CV = (5,04\text{m}^2 * 100\text{ kg/m}^2) = 504\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{504\text{ kg}}{3,18\text{ m}} = 158,49\text{ kg/m}$$

Primer nivel:

Carga muerta:

$$\begin{aligned} CM &= W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{piso}} + W_{\text{sobrecarga}} \\ CM &= (A_{\text{tributaria}} * PU_{\text{concreto}} * t_{\text{losa}}) + (A_{\text{sección}} * L_{\text{viga}} * PU_{\text{concreto}}) + \\ &(A_{\text{tributaria}} * P_{\text{acabados}}) + (L_{\text{tributaria}} * H_{\text{muro}} * P_{\text{muro}}) + (A_{\text{tributaria}} * P_{\text{piso}}) + \\ &(A_{\text{tributaria}} * P_{\text{sobrecarga}}) \end{aligned}$$

Viga 1,1

$$\begin{aligned} CM &= (8,54\text{m}^2 * 2\,400\text{ kg/m}^3 * 0,12\text{m}) + (0,15\text{ m}^2 * 4,13\text{m} * 2\,400\text{ kg/m}^3) + \\ &(8,54\text{m}^2 * 60\text{ kg/m}^2) + (4,13\text{m}^2 * 3,20\text{m} * 180\text{ kg/m}^2) + (8,54\text{m}^2 * 100\text{ kg/m}^2) + \\ &(8,54\text{m}^2 * 55\text{ kg/m}^2) = 7\,004,90\text{ kg} \end{aligned}$$

$$CM_{\text{distribuida}} = \frac{7\,004,90\text{ kg}}{4,13\text{ m}} = 1\,696,10\text{ kg/m}$$

Viga 1,2

$$\begin{aligned} CM &= (5,28\text{m}^2 * 2\,400\text{ kg/m}^3 * 0,12\text{m}) + (0,15\text{ m}^2 * 3,25\text{m} * 2\,400\text{ kg/m}^3) + \\ &(5,28\text{m}^2 * 60\text{ kg/m}^2) + (3,25\text{m}^2 * 3,20\text{m} * 180\text{ kg/m}^2) + (5,28\text{m}^2 * 100\text{ kg/m}^2) + \\ &(5,28\text{m}^2 * 55\text{ kg/m}^2) = 4\,787,87\text{ kg} \end{aligned}$$

$$CM_{\text{distribuida}} = \frac{4\,787,87\text{ kg}}{3,25\text{ m}} = 1\,473,18\text{ kg/m}$$

Viga 1,3

$$\begin{aligned} CM &= (5,04\text{m}^2 * 2\,400\text{ kg/m}^3 * 0,12\text{m}) + (0,15\text{ m}^2 * 3,18\text{m} * 2\,400\text{ kg/m}^3) + \\ &(5,04\text{m}^2 * 60\text{ kg/m}^2) + (3,18\text{m}^2 * 3,20\text{m} * 180\text{ kg/m}^2) + (5,04\text{m}^2 * 100\text{ kg/m}^2) + \\ &(5,04\text{m}^2 * 55\text{ kg/m}^2) = 4\,621,20\text{ kg} \end{aligned}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{4\,621,20\text{ kg}}{3,18\text{ m}} = 1\,453,21\text{ kg/m}$$

Carga viva:

$$CV = (A_{tributaria} * CV)$$

Viga 1,1

$$CV = (8,54\text{m}^2 * 500\text{ kg/m}^2) = 4\,270\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{4\,270\text{ kg}}{4,13\text{ m}} = 1\,033,87\text{ kg/m}$$

Viga 1,2:

$$CV = (2,64\text{ m}^2 * 250\text{ kg/m}^2) + (2,64\text{ m}^2 * 500\text{ kg/m}^2) = 1\,980\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{1\,980\text{ kg}}{3,25\text{ m}} = 609,23\text{ kg/m}$$

Viga 1,3:

$$CV = (5,04\text{ m}^2 * 250\text{ kg/m}^2) = 1\,260\text{ kg}$$

$$CM_{distribuida} = \frac{1\,260\text{ kg}}{3,18\text{ m}} = 396,23\text{ kg/m}$$

Para efectos de diseño y por seguridad, se tomó como carga de diseño (distribuida), la más crítica de cada nivel.

Segundo nivel

$$CM = 1\,193,32\text{ kg/m}$$

Primer nivel

$$CM = 1\,696,10\text{ kg/m}$$

CV= 206,78 kg/m

CV= 1 033.89 kg/m

- Marco 3, (sentido X)

Las cargas se determinaron con el mismo procedimiento que las del marco anterior. Aplicando el mismo criterio, las cargas son las siguientes:

Segundo nivel

CM= 1 313,98 kg/m

CV= 236,72 kg/m

Primer nivel

CM= 1 846,71 kg/m

CV= 887,70 kg/m

2.2.6.2.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles con nudos rígidos

Son las cargas producidas por el viento, impacto o por sismo. Son dinámicas. Para efectos de análisis se consideró la fuerza producida por el sismo. Por simplificación, se aplican las fuerzas sísmicas como cargas laterales estáticas.

2.2.6.3. Fuerzas sísmicas

Los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra. A medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener la estructura en su sitio original, esto hace que la estructura sufra desplazamiento, que pueden tener resultados catastróficos. Por lo tanto; el diseño sísmico depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura. La carga sísmica depende del peso de la estructura, se considera que la estructura se mantiene fija en su base, siendo

este el punto de aplicación de la fuerza, que se denomina corte basal (V) y se transmite a los elementos estructurales, proporcional a las rigideces y posición con respecto al centro de rigidez.

Para el cálculo de corte basal se utilizó el método del Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97).

Las cargas por nivel nos servirán para calcular el peso total de la estructura

$$W_{ESTRUCTURA} = CM_{PRIMER NIVEL} + CM_{SEGUNDO NIVEL}$$

$$W_{ESTRUCTURA} = 309\,450,12 \text{ kg} + 221\,016,58 \text{ kg}$$

$$W_{ESTRUCTURA} = 530\,509,33 \text{ kg}$$

Corte basal (V):

Es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base. Para obtener su valor se utiliza la siguiente fórmula:

$$V = \frac{C_V * I}{R * T} * W$$

Donde:

V = corte basal

C_V = coeficiente de sismicidad

I = factor de importancia sísmica

W = peso del edificio

R = coeficiente numérico que representa la sobre resistencia inherente y capacidad de ductilidad global de los sistemas resistentes a fuerza laterales.

T = período de vibración elástico fundamental.

- Cálculo del coeficiente de sismicidad

El valor del coeficiente de sismicidad va en función del factor de zona sísmica y del tipo de perfil de suelos, como se muestra a continuación:

Tabla V. **Factor de la zona sísmica Z**

ZONE	1	2A	2B	3	4
Z	0.075	0.15	0.20	0.30	0.40

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 35.

Se utilizará factor de zona sísmica 4, por el tipo de zona en la que se ubica Guatemala Z= 0,40

Tabla VI. Tipo de perfil de suelo

SOIL PROFILE TYPE	SOIL PROFILE NAME/GENERIC DESCRIPTION	AVERAGE SOIL PROPERTIES FOR TOP 100 FEET (30 480 mm) OF SOIL PROFILE		
		Shear Wave Velocity, V_s feet/second (m/s)	Standard Penetration Test, N (or N_{60} for cohesionless soil layers) (blows/foot)	Undrained Shear Strength, \bar{s}_u psf (kPa)
S_A	Hard Rock	> 5,000 (1,500)	—	—
S_B	Rock	2,500 to 5,000 (760 to 1,500)		
S_C	Very Dense Soil and Soft Rock	1,200 to 2,500 (360 to 760)	> 50	> 2,000 (100)
S_D	Stiff Soil Profile	600 to 1,200 (180 to 360)	15 to 50	1,000 to 2,000 (50 to 100)
S_E	Soft Soil Profile	< 600 (180)	< 15	< 1,000 (50)
S_F	Soil Requiring Site-specific Evaluation. See Section 1629.3.1.			

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 35.

De acuerdo a las propiedades del suelo, y tomando en cuenta que la edificación se ubica en la zona sísmica 4, se utilizará el perfil S_D .

Tabla VII. Coeficiente de sismicidad C_v

SOIL PROFILE TYPE	SEISMIC ZONE FACTOR, Z				
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	0.32 N_v
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	0.40 N_v
S_C	0.13	0.25	0.32	0.45	0.56 N_v
S_D	0.18	0.32	0.40	0.54	0.64 N_v
S_E	0.26	0.50	0.64	0.84	0.96 N_v
S_F	See Footnote 1				

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 40.

Con lo anterior se obtiene $C_V=0,64N_V$. El valor N_V (valor de cercanía de la fuente), puede extraerse de la siguiente tabla:

Tabla VIII. **Coefficiente de sismicidad N_V**

SEISMIC SOURCE TYPE	CLOSEST DISTANCE TO KNOWN SEISMIC SOURCE ^{2,3}			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	2.0	1.6	1.2	1.0
B	1.6	1.2	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 41.

Este es un valor crítico debido a las fallas que atraviesan el país. Tipo de lugar de sismo B distancia 5 km.

$$N_V = 1,2$$

$$C_V = 0,64N_V = 0,64 * (1,2) = 0,77$$

Factor de importancia (I)

Es el valor de importancia sísmica. El valor de I se tomará de la siguiente tabla, tomando una categoría de importancia como una edificación esencial.

Tabla IX. Categoría de destino

CATEGORIA DE TENENCIA	DESTINO O FUNCIONES DE LA ESTRUCTURA	FACTOR DE IMPORTANCIA SISMICA, I	FACTOR DE IMPORTANCIA SISMICA, I _p	FACTOR DE IMPORTANCIA SISMICA, I _w
1. Instalaciones Esenciales ²	Destinos del grupo I, División I que tienen áreas para cirugía y tratamientos de emergencia. Estaciones de bombero y policía Garajes y cocheras para vehículos y naves aéreas de emergencia Estructuras y refugios en centros de preparación para emergencias Torres de control de aviación Estructuras y equipos en centros de comunicación del gobierno y otras instalaciones requeridas para respuestas de emergencia Equipos de generación de energía de reserva para instalaciones de la Categoría 1 Tanques u otras estructuras que albergan, contienen o soportan agua u otros materiales para combatir incendios o equipos requeridos para protección de estructuras de Categorías 1, 2 o 3	1.25	1.50	1.15
2. Instalaciones peligrosas	Destinos del Grupo H, Divisiones 1.2, 6 y 7 y las estructuras de las mismas que albergan productos químicos o sustancias tóxicas o explosivas Estructuras que no forman parte de edificaciones que albergan, soportan o contienen cantidades de sustancias tóxicas o explosivas las cuales, si estuvieran contenidas dentro de una edificación, harían que dicha edificación se clasificara como Destino del grupo H, Divisiones 1.2 o 7	1.25	1.50	1.15
3. Estructuras para destinos especiales ³	Destinos de Grupo A, Divisiones 1.2 y 2.1 Edificaciones que contienen destinos del grupo E, Divisiones 1 y 3 con capacidad mayor de 300 estudiantes Edificaciones que contienen destinos del grupo B utilizadas para educación de adultos con capacidad mayor de 500 estudiantes Destino del Grupo I, Divisiones 1 y 2 con 50 o más pacientes residentes incapacitados, pero no incluidos en la Categoría 1	1.00	1.00	1.00
4. Estructuras para destinos estandar ³	Todas las estructuras que contienen destinos o tienen funciones no indicadas en las Categorías 1, 2 o 3 y las torres de destinos del Grupo U	1.00	1.00	1.00
5. Estructuras miscelaneas	Destinos del Grupo U excepto las torres	1.00	1.00	1.00

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 35.

I = 1,25

Coeficiente numérico (R)

Este valor depende del tipo de sistema que se va a utilizar, en el presente caso será un sistema de estructura especial resistente a momentos, se tomará de acuerdo a la siguiente tabla: R= 8,5

Tabla X. **Sistemas estructurales**

SISTEMA ESTRUCTURAL BASICO ²	DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS RESISTENTES A LAS FUERZAS LATERALES	R	Ω_0 W ₀	ALTURA LIMITE PARA ZONAS 3 Y 4
				X304.8 para mm
1. Sistema de muros de carga	1. Muros de estructuras ligeras con paneles de cortante	5.5	2.8	65
	a. Muros de paneles estructurales de madera para estructuras de 3 pisos o menos			
	b. Todos los demás muros con estructuras livianas	4.5	2.8	65
	2. Muro de cortante	4.5	2.8	160
	a. Hormigón			
	b. Albañilería	4.5	2.8	160
	3. Muros de carga de estructura de acero ligero con arriostamiento solo para tensión	2.8	2.2	65
	4. Estructuras arriostradas donde transmiten cargas por gravedad	4.4	2.2	160
	a. Acero			
	b. Hormigón			
c. Maderos estructurales	2.8	2.2	65	
2. Sistema de estructura de la edificación	1. Estructura de acero arriostada excéntricamente (EBF)	7.0	2.8	240
	2. Muros de estructuras ligeras con paneles de cortante	6.5	2.8	65
	a. Muros de paneles estructurales de madera de 3 pisos o menos			
	b. Todos los demás muros con estructuras livianas	5.0	2.8	65
	3. Muro de cortante	5.5	2.8	240
	a. Hormigón			
	b. Albañilería	5.5	2.8	160
	4. Estructuras comunes arriostradas	5.6	2.2	160
	a. Acero			
	b. Hormigón			
c. Maderos estructurales	5.6	2.2	65	
4. Estructuras especiales arriostradas concéntricamente	6.4	2.2	240	
a. Acero				
3. Sistema de estructura resistente a los momentos	1. Estructuras especiales resistentes a los momentos (SMRF)	8.5	2.8	N.L.
	a. Acero			
	b. Hormigón	8.5	2.8	N.L.
	2. Estructuras de muros de albañilería resistentes a los momentos	6.5	2.8	160
	3. Estructuras intermedias de hormigón resistentes a los momentos	6.5	2.8	--
	4. Estructuras comunes resistentes a los momentos	4.5	2.8	160
a. Acero				
b. Hormigón	3.5	2.8	--	
5. Estructuras de acero con cerchas especiales para momentos	6.5	2.8	240	
4. Sistemas dobles	1. Muros de cortante	8.5	2.8	N.L.
	a. Hormigón con SMRF			
	b. Hormigón con OMRF en acero			
	c. Hormigón con IMRF en hormigón			
	d. Albañilería con SMRF			
	e. Albañilería con OMRF en acero			
	f. Albañilería con IMRF en hormigón			
	g. Albañilería con MMRWF en albañilería	6.0	2.8	160
	2. EBF en acero	8.5	2.8	N.L.
	a. Con SMRF en acero			
	b. Con OMRF en acero	4.2	2.8	160
	3. Estructuras comunes arriostradas	6.5	2.8	N.L.
	a. Acero con SMRF en acero			
	b. Acero con OMRF en acero			
c. Hormigón con SMRF en hormigón				
d. Hormigón con IMRF en hormigón	4.2	2.8	--	
5. Sistemas de edificación de columnas voladizo	1. Elementos de columnas en voladizo	2.2	2.0	35
	6. Sistemas de interacción de estructuras y muros de cortante	1. Hormigón	5.5	2.8
7. Sistemas indefinidos	Véase las secciones 1629.6.7 y 1629.9.2	--	--	--

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 37.

Periodo de vibración (T)

El periodo de vibración elástico fundamental, en segundos, de la estructura en la dirección bajo consideración (T), está dado por:

$$T = C_t(h_n)^{3/4}$$

Donde:

C_t = coeficiente numérico tomado del código UBC 97

h_n = altura en metros desde la base hasta el nivel n

$$C_t = 0,0731$$

para pórticos de hormigón reforzado resistente a momentos

$$T = 0,0731(9,40 \text{ m})^{3/4} = 0,39 \text{ seg}$$

Coeficiente de sismo (C_a)

Según los valores de Z y S_D obtenidos anteriormente, de la tabla siguiente se obtiene:

Tabla XI. Coeficiente sísmico C_a

SOIL PROFILE TYPE	SEISMIC ZONE FACTOR, Z				
	Z=0.075	Z=0.15	Z=0.2	Z=0.3	Z=0.4
S_A	0.06	0.12	0.16	0.24	$0.32N_d$
S_B	0.08	0.15	0.20	0.30	$0.40N_d$
S_C	0.09	0.18	0.24	0.33	$0.40N_d$
S_D	0.12	0.22	0.28	0.36	$0.44N_d$
S_E	0.19	0.30	0.34	0.36	$0.36N_d$
S_F	See Footnote 1				

Fuente: Código Uniforme de la Edificación 1997(UBC 97), p. 41.

$$C_a = 0,44 N_a, \text{ donde } N_a = 1$$

$$C_a = 0,44(1) = 0,44$$

Calculando el esfuerzo de corte basal:

$$V = \frac{C_V * I}{R * T} * W = \frac{0,77 * 1,25}{8,5 * 0,39} * 530\ 466,70 = 152\ 679,75 \text{ kg}$$

El código da ciertos parámetros, los cuales se utilizarán a continuación:

- El esfuerzo de corte basal total de diseño no debe exceder al resultado obtenido de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{2,5C_a * I}{R} * W = \frac{2,5(0,44) * (1,25)}{8,5} * 530\ 466,70 = 85\ 810,79 \text{ kg}$$

- El corte basal no debe ser menor que:

$$V = 0,11 * C_a * I * W = 0,11 * (0,44) * (1,25) * 530\ 466,70 = 32093,23 \text{ kg}$$

- Para zona sísmica 4, el corte basal no debe ser menor que:

$$V = \frac{0,8 * Z * N_V * I}{R} * W = \frac{0,8(0,40) * (1,2) * 1,25}{8,5} * 530\,466,70 = 29\,955,77kg$$

Puede concluirse que el valor del corte basal será de :

$$V = 85\,810,79 \text{ kg}$$

Fuerzas por nivel:

Se calcula aplicando la siguiente ecuación:

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

Donde:

F_N = fuerza por nivel

V = corte basal

F_t = fuerza de techo, cuando $T \leq 0,7$ segundos $F_t = 0$

W = peso propio de la estructura

W_i = peso propio de la estructura por nivel

H_i = altura medida desde la cimentación al nivel considerado

$$\sum W_i * H_i = 221\,016,58 * (9,40) + 309\,450,12 * (5,70) = 3\,995\,475,09 \text{ kg} - m$$

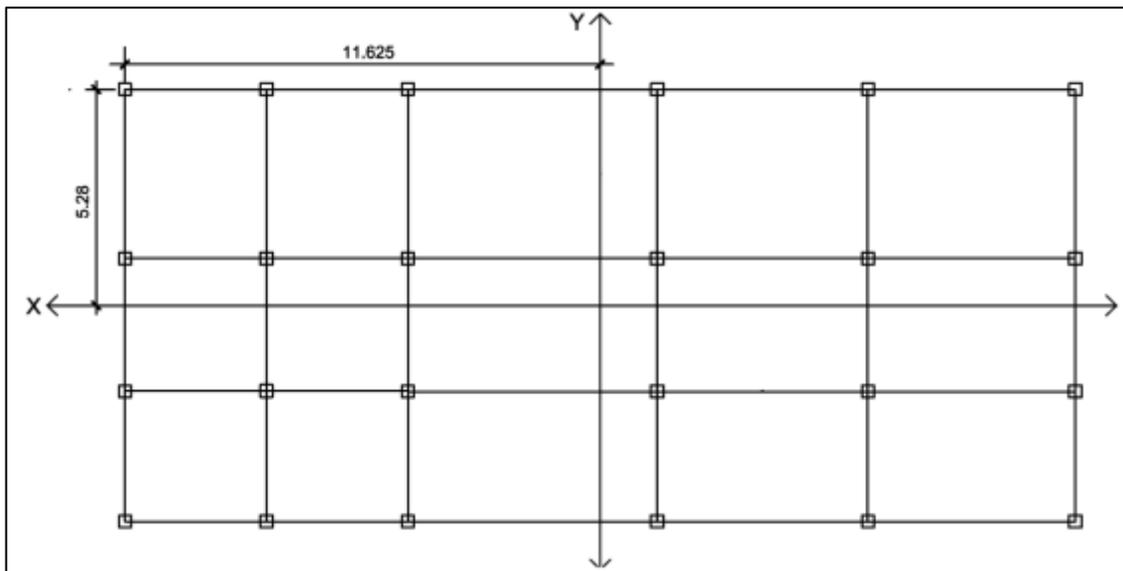
$$F_{N2} = \frac{(85\,810,79 - 0) * 221\,016,58 * 9,40}{3\,995\,475,09} = 45\,858,81 \text{ kg}$$

$$F_{N1} = \frac{(85\ 810,79 - 0) * 309\ 450,12 * 5,70}{3\ 995\ 475,09} = 39\ 951,98\ kg$$

Comprobación $V = F_{N1} + F_{N2} = 39\ 951,98\ kg + 45\ 858,81\ kg = 85\ 810,79$

Fuerza por marcos:

Figura 7. **Simetría de marcos en el edificio**



Fuente: elaboración propia.

Se observa en la figura 6, que el edificio no es simétrico en ambos sentidos X-Y. Para analizar la torsión en este tipo de estructuras, se puede utilizar un método simplificado, el cual consiste en considerar por separado los desplazamientos relativos al edificio, ocasionados por la traslación y rotación de cada piso, considerando la rigidez de cada nivel y con esto se determina las fuerzas correspondientes a un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortes por torsión según su rigidez.

Los momentos de entrepiso, se distribuyen en los diversos marcos y muros del sistema resistente a fuerzas laterales, de manera congruente con la distribución de los cortantes de entrepiso. Dependiendo del tipo de estructura a analizar y el tipo de apoyo, se determinan las ecuaciones adecuadas de rigidez a utilizar.

- Fuerza por marcos X-X

Rigidez:

Voladizo: se refiere a los edificios de un nivel, o ultimo nivel de edificio multiniveles. La rigidez se calcula de la siguiente manera:

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

Doblemente empotrado: se refiere al primer nivel, o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez se calcula de la siguiente manera.

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

Donde:

P = carga asumida, generalmente 10 000,00 kg

h = altura de columna analizada

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

I = inercia del elemento

A = área de la sección transversal de columna analizada

G = módulo de rigidez (0,40*E)

Determinando rigidez para el segundo nivel:

Rigidez de columna:

$$K = \frac{1}{\frac{(10\ 000) * (370)^3}{3 * (15\ 100 * \sqrt{281}) * (1/12 * (30)^4)} + \frac{1,2 * (10\ 000) * (370)}{(30)^2 * 0,40(15\ 100 * \sqrt{281})}}$$

$$K = 0,10$$

Rigidez del marco:

Km= K * No. columnas del marco

$$Km = 0,10 * 6$$

$$Km = 0,60$$

Determinando rigidez para el primer nivel:

$$K = \frac{1}{\frac{(10\ 000) * (370)^3}{12 * (15\ 100 * \sqrt{281}) * (1/12 * (30)^4)} + \frac{1,2 * (10\ 000) * (370)}{(30)^2 * 0,40(15\ 100 * \sqrt{281})}}$$

$$K = 0,396$$

Rigidez del marco:

Km= K * No. columnas del marco

$$Km = 0,396 * 6$$

$$Km = 2,38$$

Excentricidad:

La excentricidad en una estructura, se produce cuando el centro de rigidez CR, no coincide con el centro de masa CM, esto se debe a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces de la estructura. La excentricidad se determina por medio de la diferencia entre el valor del CM y el CR.

Excentricidad para el segundo nivel:

Centro de rigidez:

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

Marco	Km	L	Km * L
1	0,60	0	0
2	0,60	4,13	2,48
3	0,60	7,38	4,43
4	0,60	10,56	6,33
Σ	2,40		13,24

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\Sigma(Km * L)}{\Sigma Km}$$

$$CR = \frac{13,24}{2,40} = 5,52$$

Centro de masa:

$$CM = \frac{Longitud}{2} = \frac{10,56}{2} = 5,28 \text{ m}$$

Excentricidad:

$$e = |CM - CR| = |5,28 - 5,52| = 0,24 \text{ m}$$

$$e_{min} = 5\%Lado \text{ analizado} = 5\% * (10,56) = 0,53 \text{ m}$$

Para diseño se tomará la excentricidad mayor de las dos, $e = 0,53 \text{ m}$

Excentricidad para el primer nivel:

Centro de rigidez:

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

Marco	Km	L	Km * L
1	2,38	0	0
2	2,38	4,13	9,83
3	2,38	7,38	17,56
4	2,38	10,56	25,13
Σ	9,52		52,52

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\Sigma(Km * L)}{\Sigma Km}$$

$$CR = \frac{52,52}{9,52} = 5,52$$

Centro de masa:

$$CM = \frac{Longitud}{2} = \frac{10,56}{2} = 5,28 \text{ m}$$

Excentricidad:

$$e = |CM - CR| = |5,28 - 5,52| = 0,24 \text{ m}$$

$$e_{min} = 5\%Lado \text{ analizado} = 5\% * (10,56) = 0,53 \text{ m}$$

Para diseño se tomará la excentricidad mayor de las dos, $e = 0,53 \text{ m}$

Fuerza de marco debido a la torsión:

El cálculo de la fuerza que llega a cada marco, se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos y la fuerza rotacional.

Fuerza traslacional:

$$F'_m = \frac{(Km * Fi)}{\sum K_{mi}}$$

Fuerza rotacional:

$$F''_m = \frac{(e * Fi)}{Ei}$$

Donde:

Km = rigidez del marco

$\sum k_{mi}$ = rigidez total del nivel

F_i = fuerza de nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo a cada marco

e = excentricidad

Relación entre rigidez y brazo de cada marco:

$$E_i = \frac{\sum(Km * Di)^2}{Km * Di}$$

Donde:

D_i = distancia de CR a marco considerado

A continuación se describe el procedimiento para determinar las fuerzas por marco en ambos niveles.

Fuerza de marco de segundo nivel:

Tabla XIV. **Fuerza por marco por torsión en el segundo nivel**

Marco	Km	Di	Km * Di	(Km * Di) ²	Ei	F'm	F''m	Fm
1	0,60	-5,52	-3,31	10,97	-6,66	11 464,70	-3 635,65	7 829,05
2	0,60	-1,39	-0,83	0,70	-26,45	11 464,70	-915,44	10 549,30
3	0,60	1,86	1,12	1,25	19,77	11 464,70	1 224,76	12 689,50
4	0,60	5,04	3,02	9,14	7,29	11 464,70	3 321,46	14 786,20
	2,40			22,06				

Fuente: elaboración propia.

Fuerza de marco del primer nivel:

Tabla XV. **Fuerza por marco por torsión en el primer nivel**

Marco	Km	Di	Km * Di	(Km * Di) ²	Ei	F'm	F''m	Fm
1	2,38	-5,52	-13,14	172,66	-26,41	9 987,99	-798,74	9 189,25
2	2,38	-1,31	-3,31	10,96	-104,83	9 987,99	-201,23	9 786,76
3	2,38	1,86	4,43	19,62	78,33	9 987,99	269,31	10 257,30
4	2,38	5,04	11,99	143,76	28,94	9 987,99	728,91	10 716,90
	9,52			347,0				

Fuente: elaboración propia.

- **Fuerza por marcos Y-Y**

Determinando rigidez para el segundo nivel:

Rigidez de columna:

$$K = \frac{1}{\frac{(10\ 000) * (370)^3}{3 * (15\ 100 * \sqrt{281}) * (1/12 * (30)^4)} + \frac{1,2 * (10\ 000) * (370)}{(30)^2 * 0,40(15\ 100 * \sqrt{281})}}$$

$$K = 0,10$$

Rigidez del marco:

$$K_m = K * \text{No. columnas del marco}$$

$$K_m = 0,10 * 4$$

$$K_m = 0,40$$

Determinando rigidez para el primer nivel:

$$K = \frac{1}{\frac{(10\,000) * (370)^3}{12 * (15\,100 * \sqrt{281}) * (1/12 * (30)^4)} + \frac{1,2 * (10\,000) * (370)}{(30)^2 * 0,40(15\,100 * \sqrt{281})}}$$

K= 0,396

Rigidez del marco:

Km= K * No. columnas del marco

Km= 0,396*4

Km= 1,59

Excentricidad:

Excentricidad para el segundo nivel:

Centro de rigidez:

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

Marco	Km	L	Km * L
A	0,40	0	0
B	0,40	3,46	1,38
C	0,40	6,92	2,79
D	0,40	13,02	5,21
E	0,40	18,17	7,27
F	0,40	23,25	9,30

Continuación de la tabla XVI.

Σ	2,40		25,93
----------	------	--	-------

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\Sigma(Km * L)}{\Sigma Km}$$

$$CR = \frac{25,93}{2,40} = 10,80 \text{ m}$$

Centro de masa:

$$CM = \frac{Longitud}{2} = \frac{23,25}{2} = 11,625 \text{ m}$$

Excentricidad:

$$e = |CM - CR| = |11,625 - 10,80| = 0,825 \text{ m}$$

$$e_{min} = 5\%Lado \text{ analizado} = 5\% * (23,25) = 1,165 \text{ m}$$

Para diseño se tomará la excentricidad mayor de las dos, $e = 1,165 \text{ m}$

Excentricidad para el primer nivel:

Centro de rigidez:

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

Marco	Km	L	Km * L
A	1,59	0	0
B	1,59	3,46	5,50
C	1,59	6,92	11,00
D	1,59	13,02	20,70
E	1,59	18,17	28,89
F	1,59	23,25	36,97
Σ	9,54		103,06

Fuente: elaboración propia.

$$CR = \frac{\Sigma(Km * L)}{\Sigma Km}$$

$$CR = \frac{103,06}{9,54} = 10,80 \text{ m}$$

Centro de masa:

$$CM = \frac{Longitud}{2} = \frac{23,25}{2} = 11,625 \text{ m}$$

Excentricidad:

$$e = |CM - CR| = |11,625 - 10,80| = 0,825 \text{ m}$$

$$e_{min} = 5\%Lado \text{ analizado} = 5\% * (23,25) = 1,165 \text{ m}$$

Para diseño se tomará la excentricidad mayor de las dos, $e = 0,53 \text{ m}$

Fuerza de marco de segundo nivel:

Tabla XVIII. **Fuerza por marco por torsión en el segundo nivel**

Marco	Km	Di	Km * Di	(Km*Di) ²	Ei	F'm	F''m	Fm
A	0,40	-10,80	-4,32	18,66	-14,81	7 643,14	-3 599,65	4 043,49
B	0,40	-7,34	-2,94	8,64	-21,76	7 643,14	-2 449,95	5 193,19
C	0,40	-3,88	-1,55	2,40	-41,27	7 643,14	-1 291,76	6 321,38
D	0,40	2,22	0,88	0,77	72,69	7 643,14	733,4	8 376,54
E	0,40	7,37	2,95	8,70	21,68	7 643,14	2 458,99	10 102,10
F	0,40	12,45	4,98	24,80	12,85	7 643,14	4 148,71	11 791,90
	2,40			63,97				

Fuente: elaboración propia.

Fuerza de marco del primer nivel

Tabla XIX. **Fuerza por marco por torsión en el primer nivel**

Marco	Km	Di	Km * Di	(Km * Di) ²	Ei	F'm	F''m	Fm
A	1,59	-10,80	-17,17	294,88	-58,85	6 658,66	-789,19	6 098,59
B	1,59	-7,34	-11,67	136,19	-86,59	6 658,66	-536,37	6 278,01
C	1,59	-3,88	-6,17	38,06	-163,79	6 658,66	-283,56	6 457,42
D	1,59	2,22	3,53	12,46	286,28	6 658,66	162,23	6 773,79
E	1,59	7,37	11,72	137,36	86,23	6 658,66	538,61	7 040,90
F	1,59	12,45	19,79	391,64	51,07	6 658,66	909,42	7 304,06
	9,54			1 010,59				

Fuente: elaboración propia.

Para efectos de análisis se tomarán los valores críticos del marco típico en ambos sentidos, siendo estos:

Sentido X	Sentido Y
Segundo nivel: 14 786,20 kg.	Segundo nivel: 11 791,90 kg.
Primer nivel: 10 716,90 kg.	Primer nivel: 7 304,06 kg.

2.2.6.4. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

El modelo matemático de un marco rígido, representa la forma, así como las cargas que soporta un marco y sirve para hacer el análisis estructural del mismo. Para este caso, por similitud de marcos rígidos, en geometría y en las cargas aplicadas, se analizará el marco crítico de ambos sentidos.

2.2.6.5. Análisis de marcos dúctiles por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural numérico

Luego de proponer el tipo de sección que se usará en el diseño, se procede a la determinación de las cargas que actuarán sobre la estructura; estas producen esfuerzos de corte, flexión, de torsión, etc. Para este proyecto se consideran únicamente las cargas verticales producidas por los entrepisos que se suponen uniformemente distribuidas sobre vigas y las fuerzas horizontales de sismo.

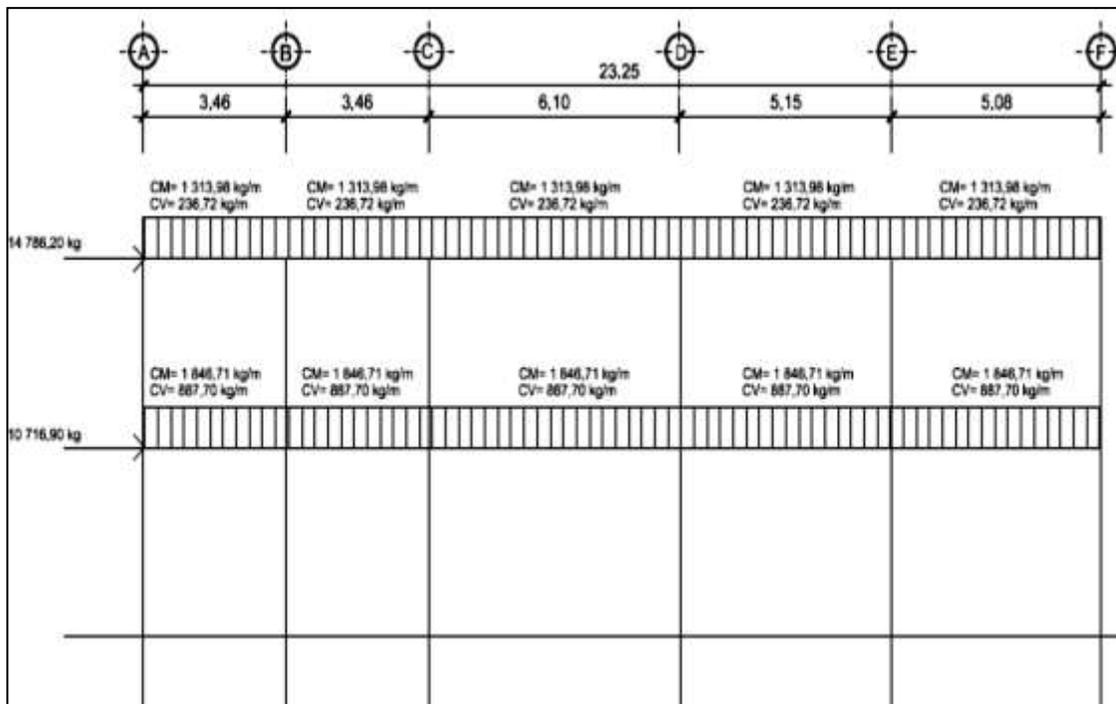
Para el desarrollo del análisis estructural, se utilizó el software ETABS, por medio del cual se determinaron los momentos en cada elemento de la

estructura, luego se comprobó por el método numérico de Kani, el cual tuvo una variación mínima comparado con los valores del software.

Para el diseño se tomaron los resultados del método numérico de Kani, esto por ser un método más conservador, ya que éste analiza las cargas verticales(carga viva y carga muerta), y cargas horizontales(sismo), de forma individual, beneficiando de esta forma al no arrastrar errores en el análisis.

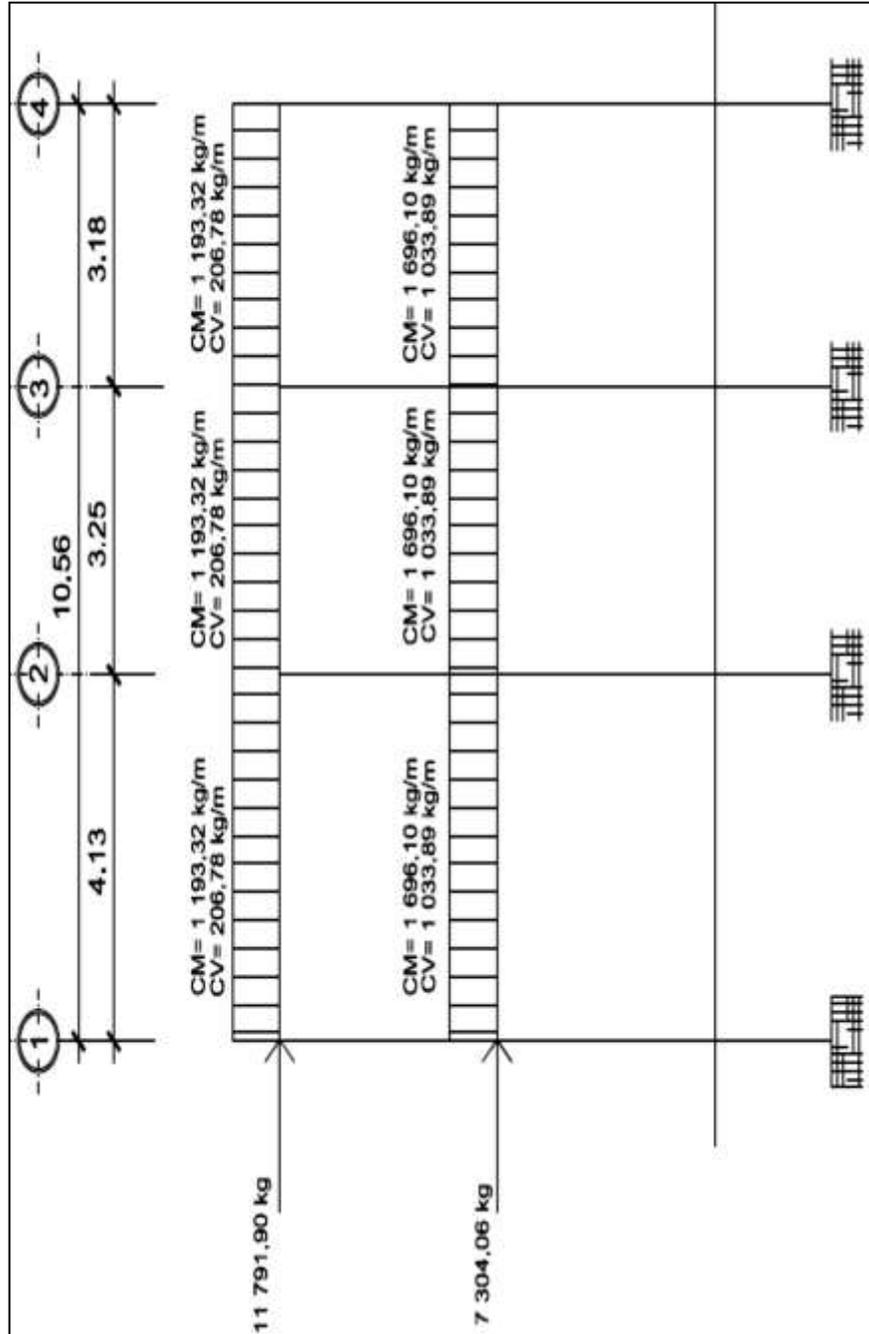
Como ejemplo, desarrollando el método se calcularon los momentos producidos por la carga muerta en el marco típico sentido Y. (Ver apéndice página 239)

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



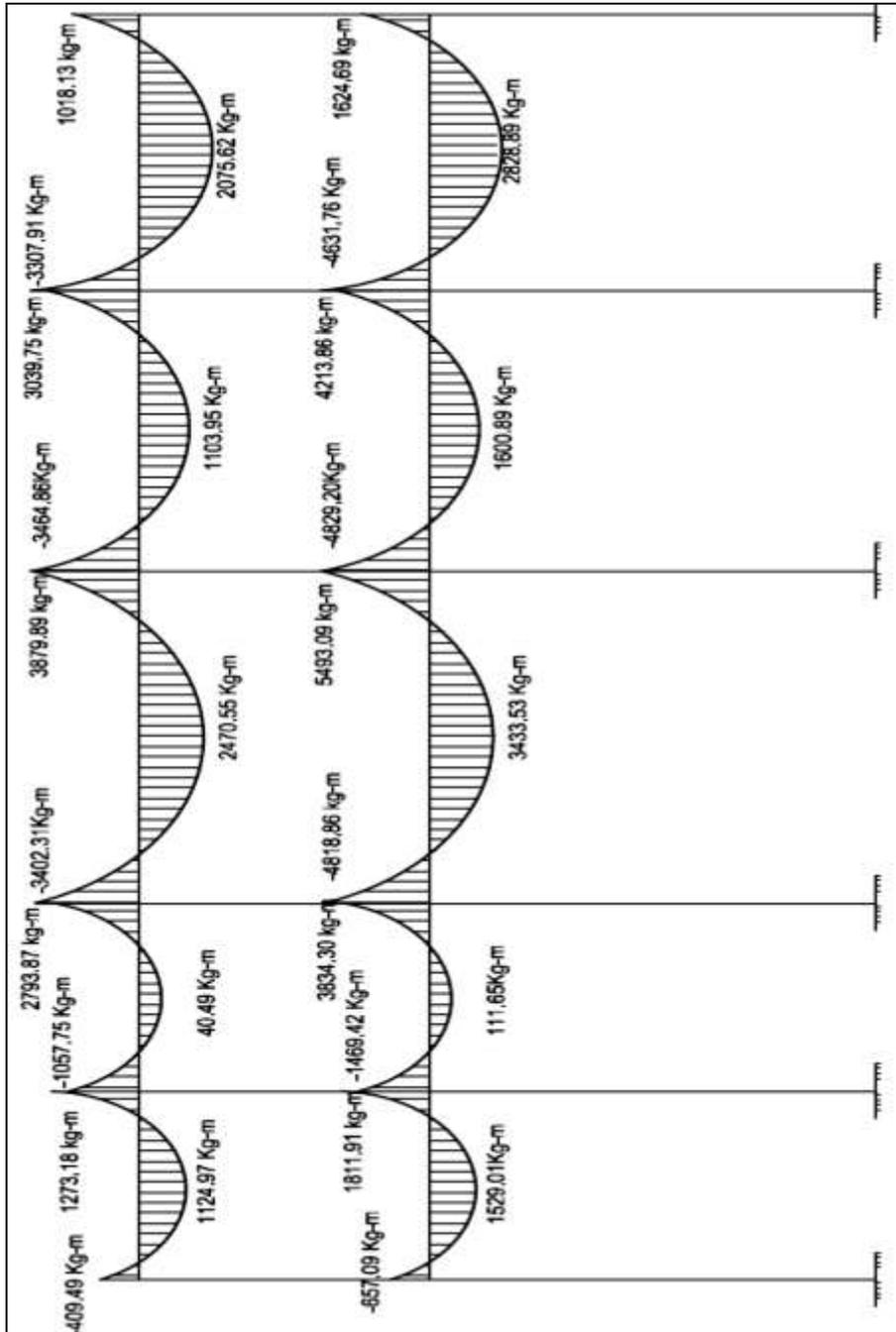
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Marco típico sentido Y, cargas verticales y horizontales



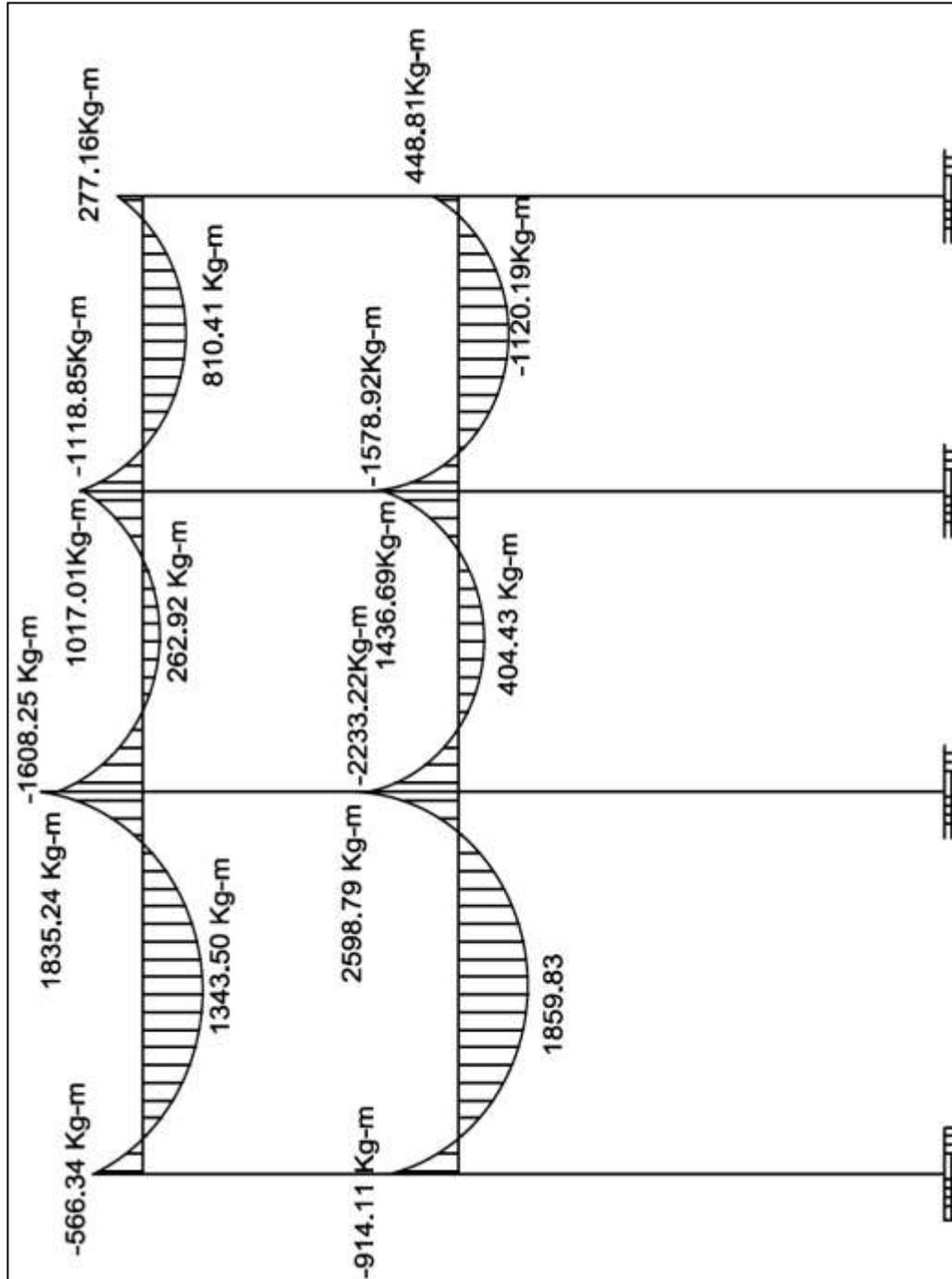
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Momentos de carga muerta en vigas, marco sentido X



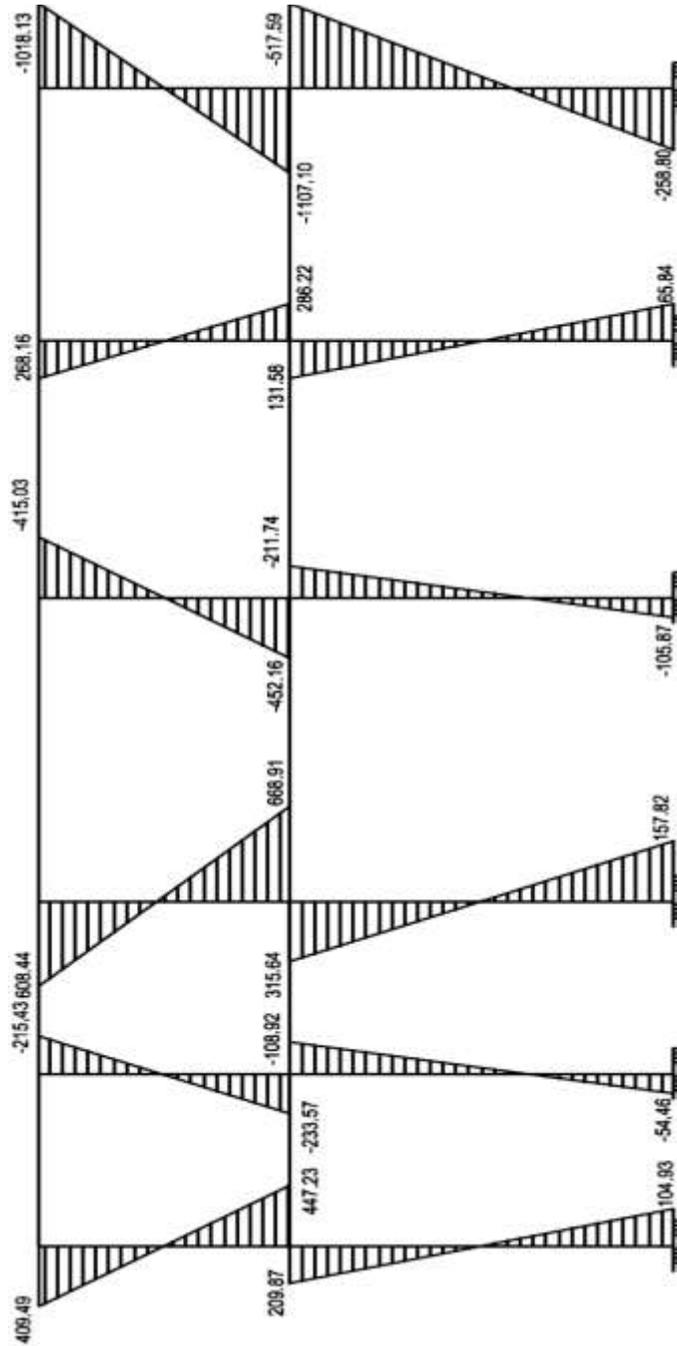
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Momentos de carga muerta en vigas, marco sentido Y



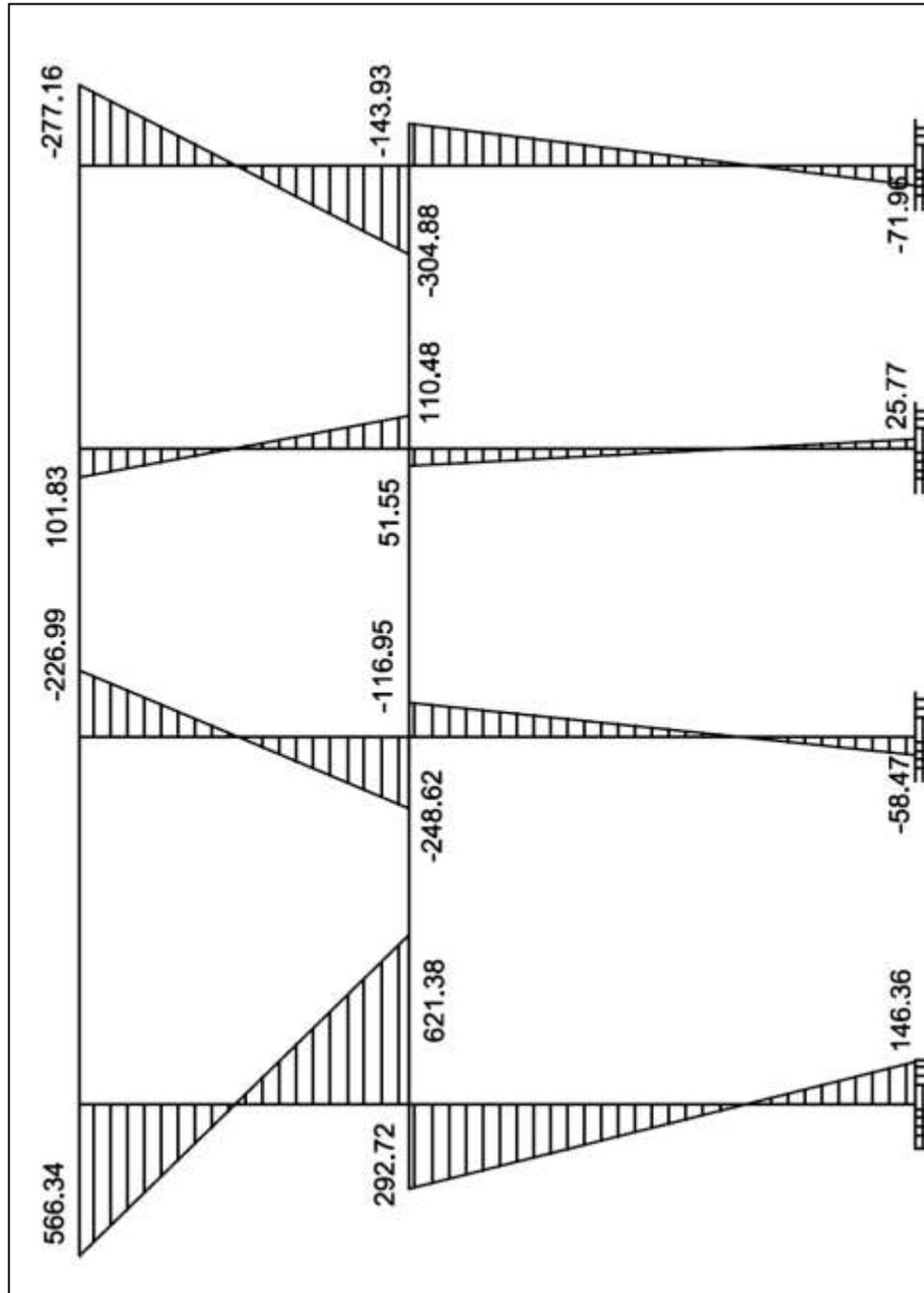
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Momentos de carga muerta en columnas, marco sentido X



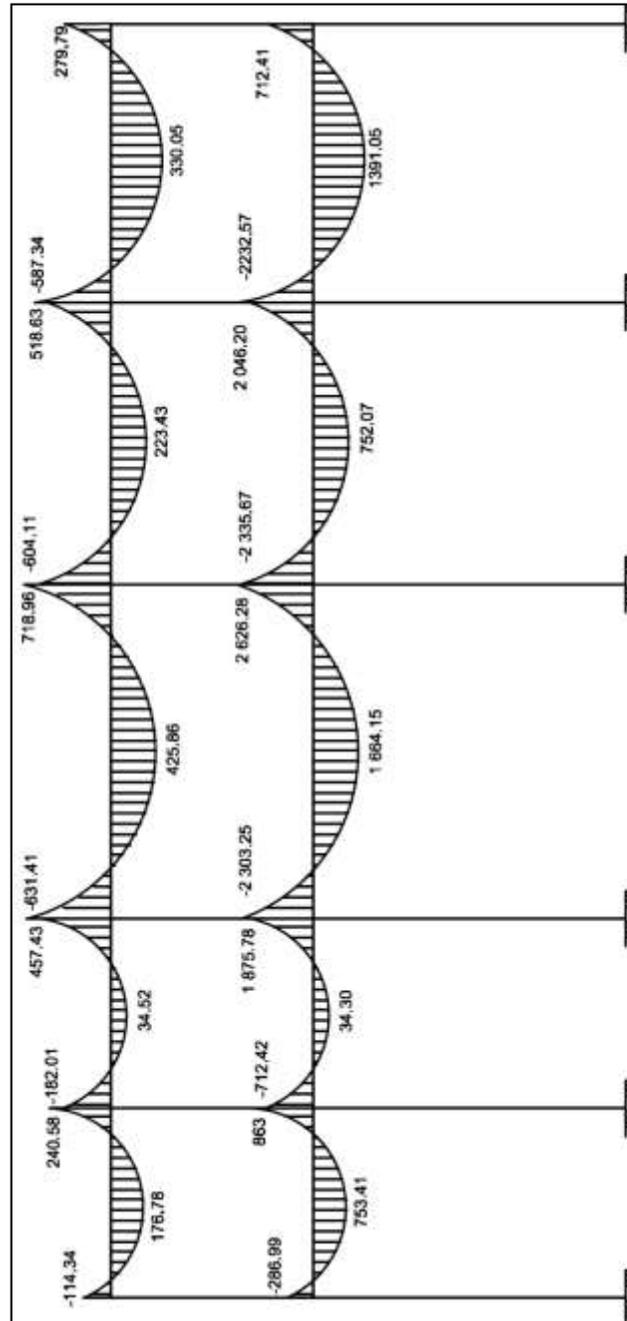
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Momentos de carga muerta en columnas, marco sentido Y



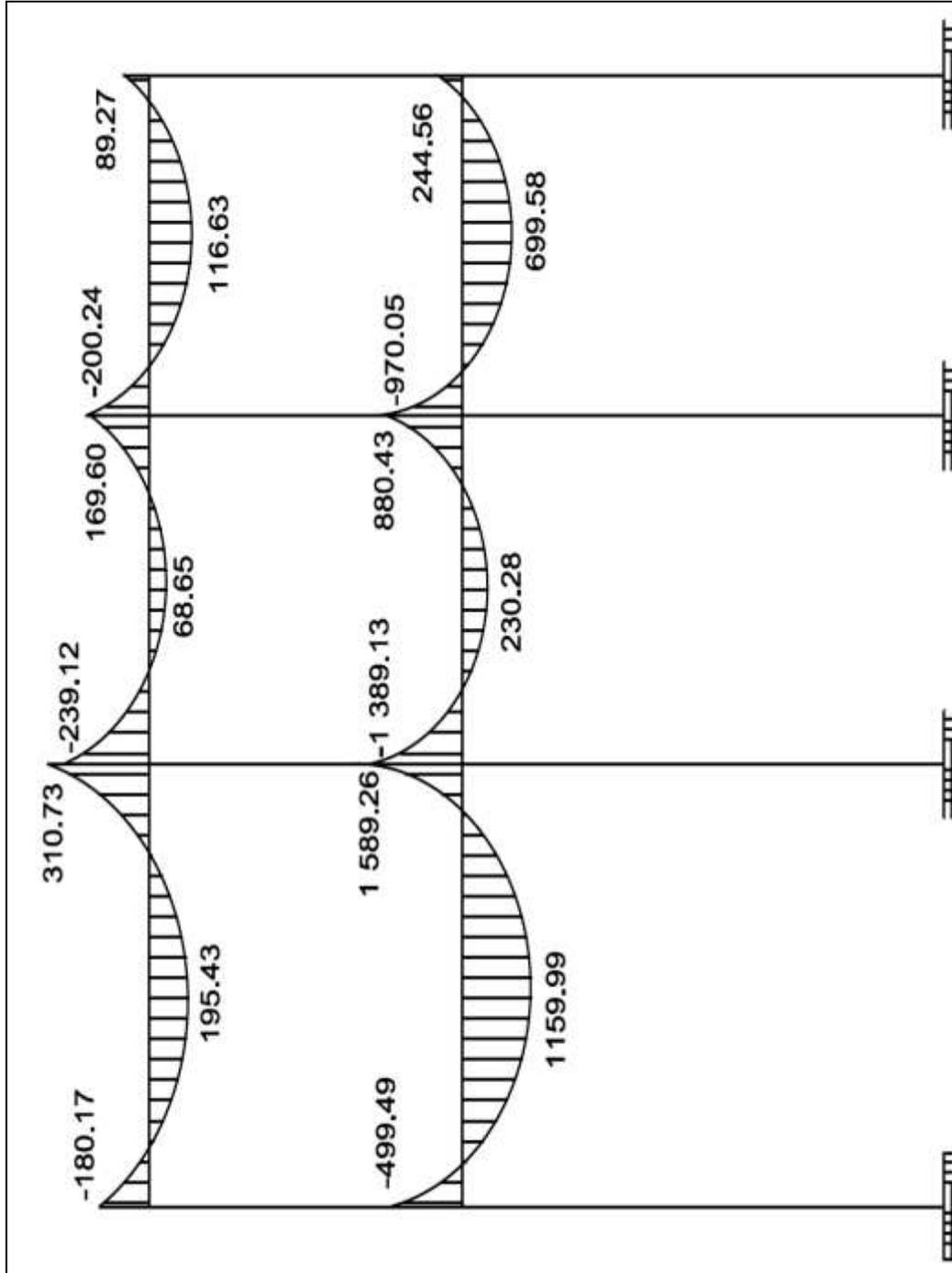
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Momentos de carga viva en vigas, marco sentido X**



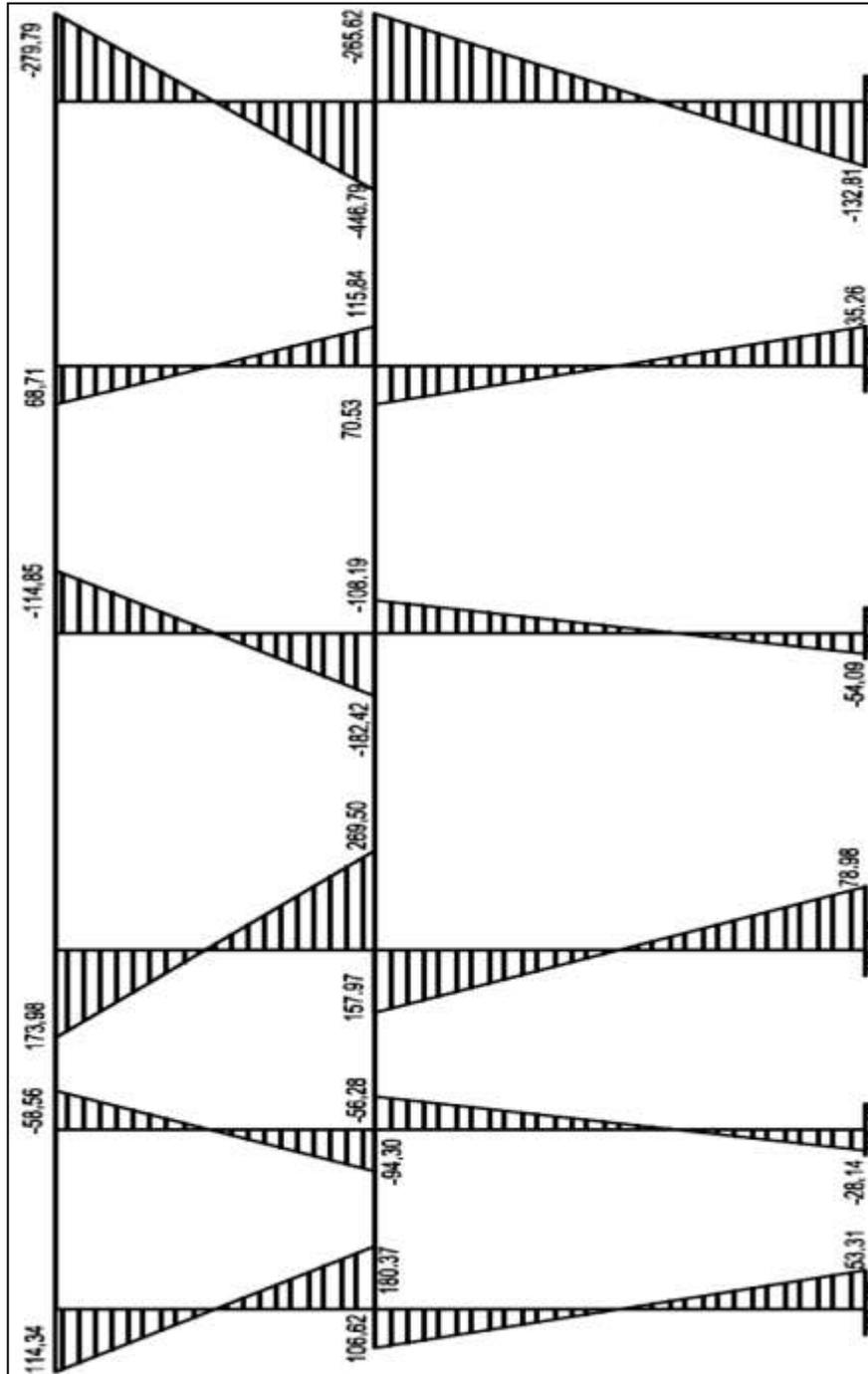
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Momentos de carga viva en vigas, marco sentido Y



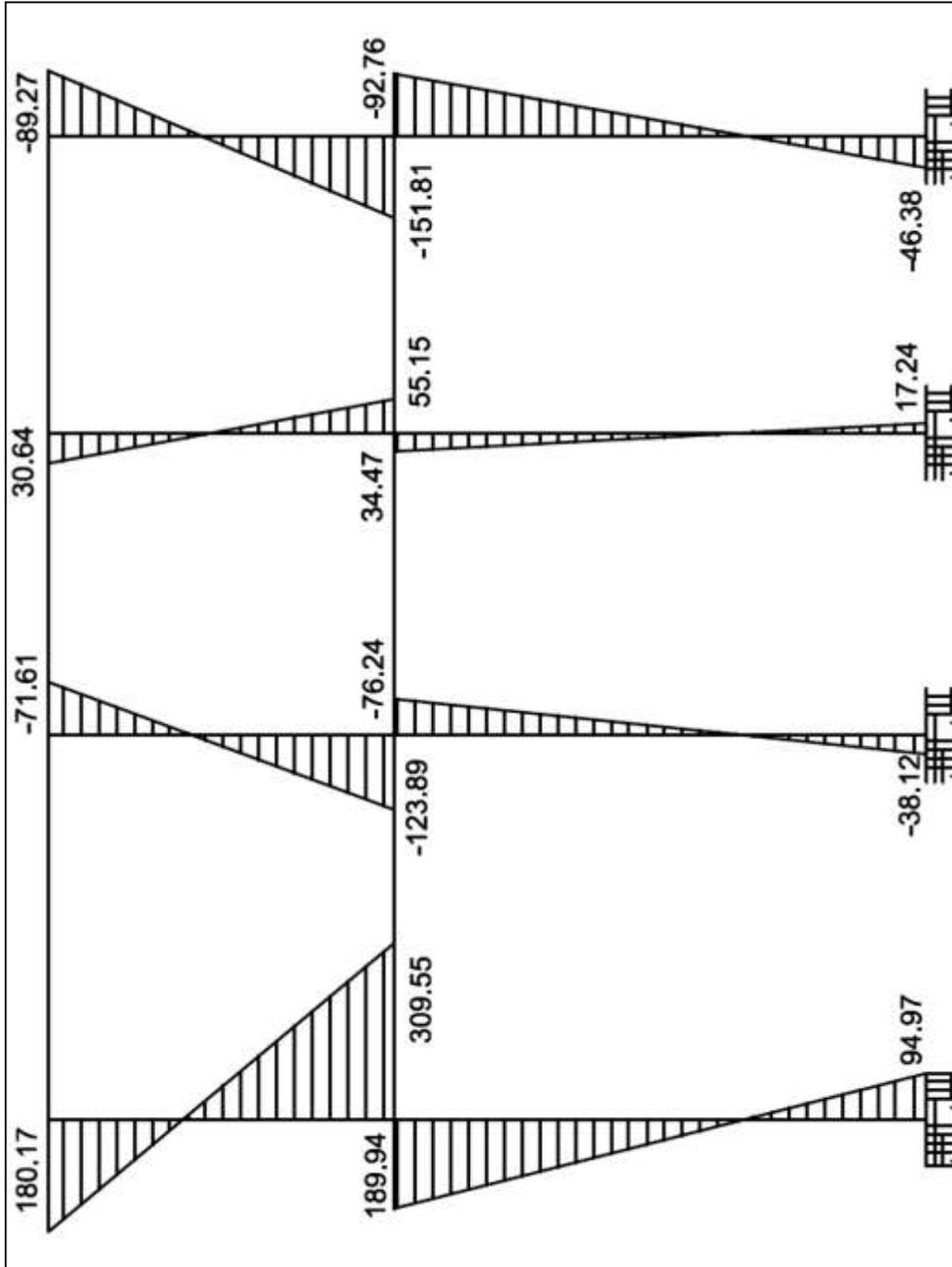
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Momentos de carga viva en columnas, marco sentido X



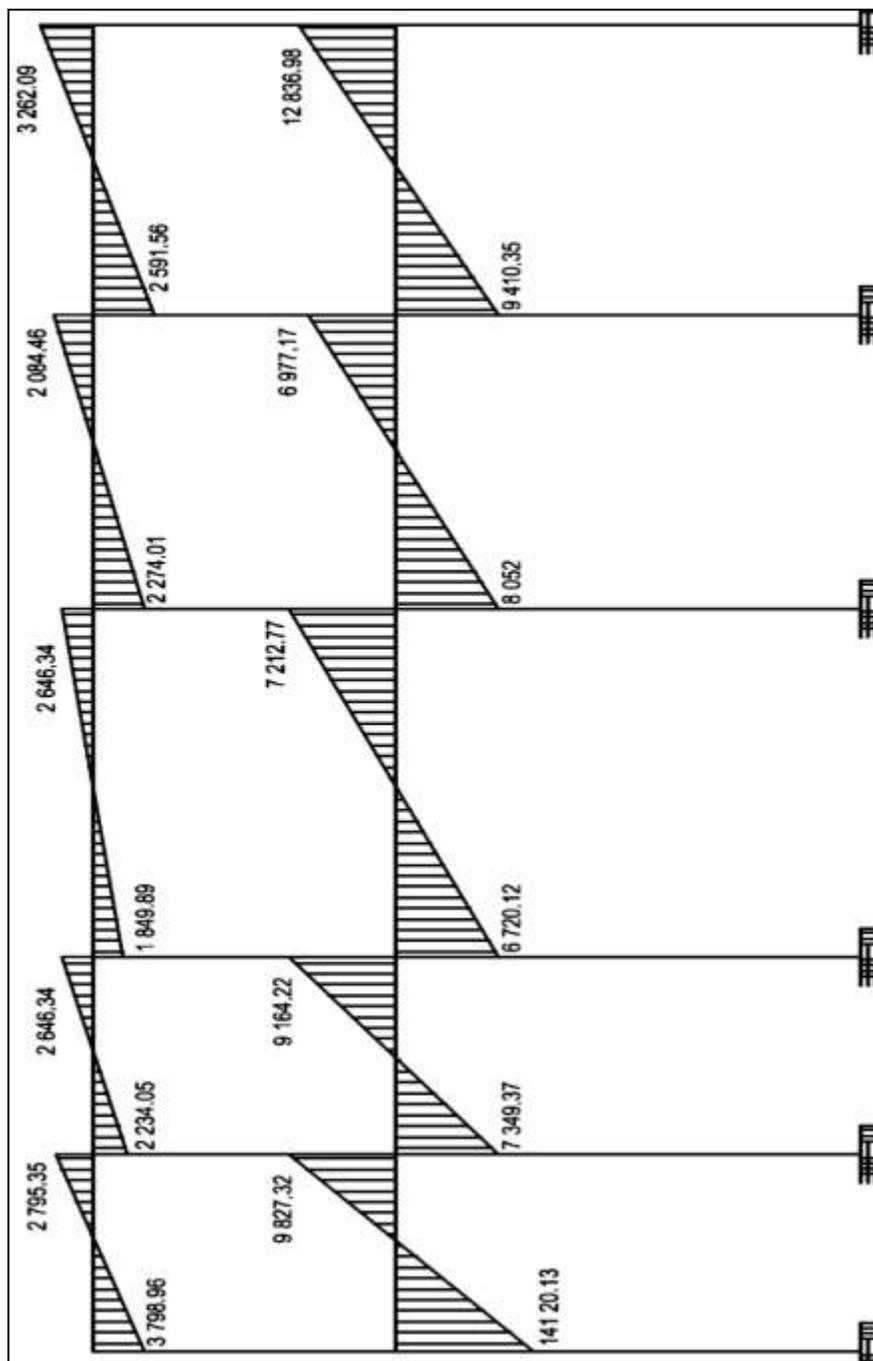
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Momentos de carga viva en columnas, marco sentido Y



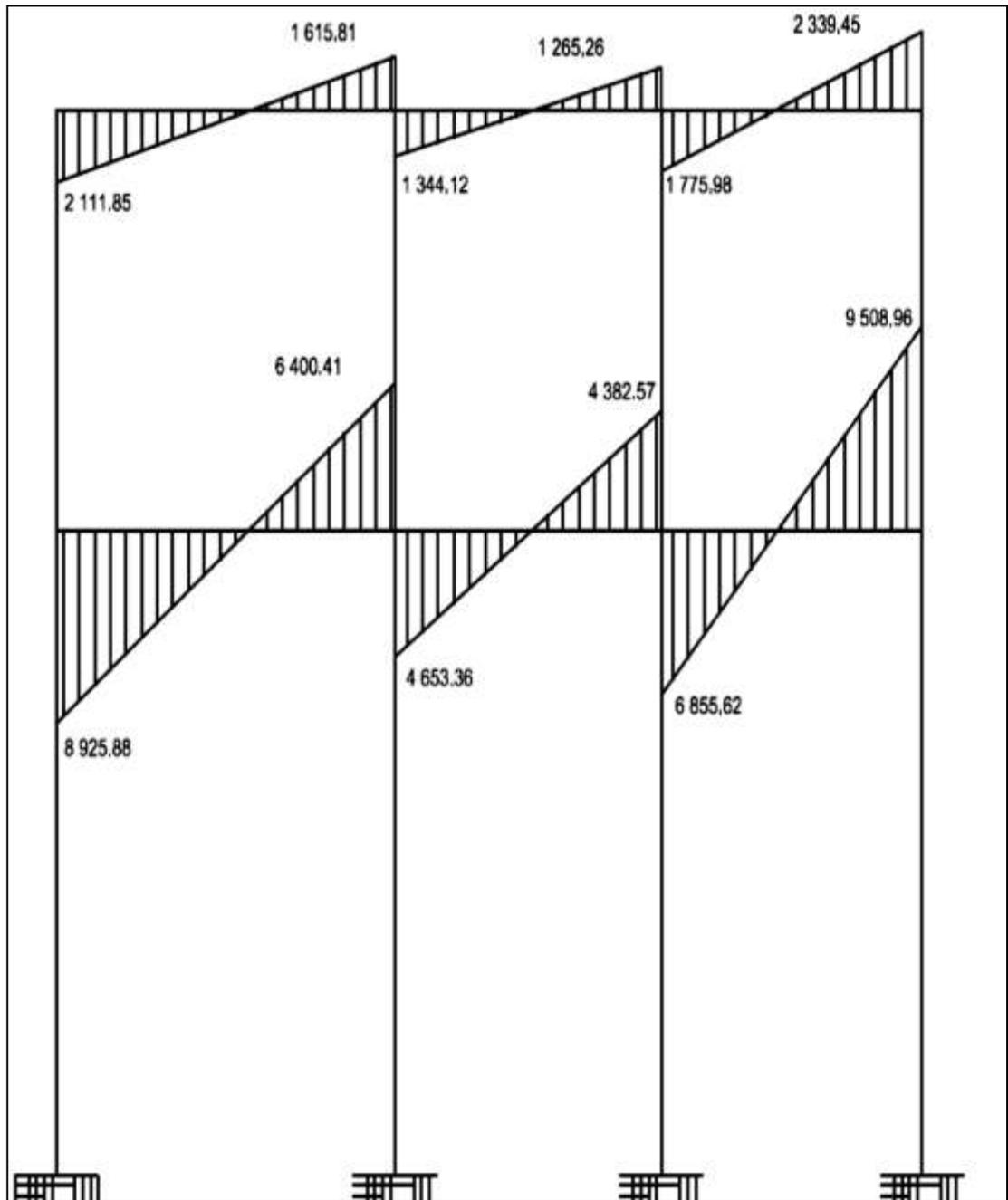
Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Momentos de fuerza horizontal en vigas, marco sentido X



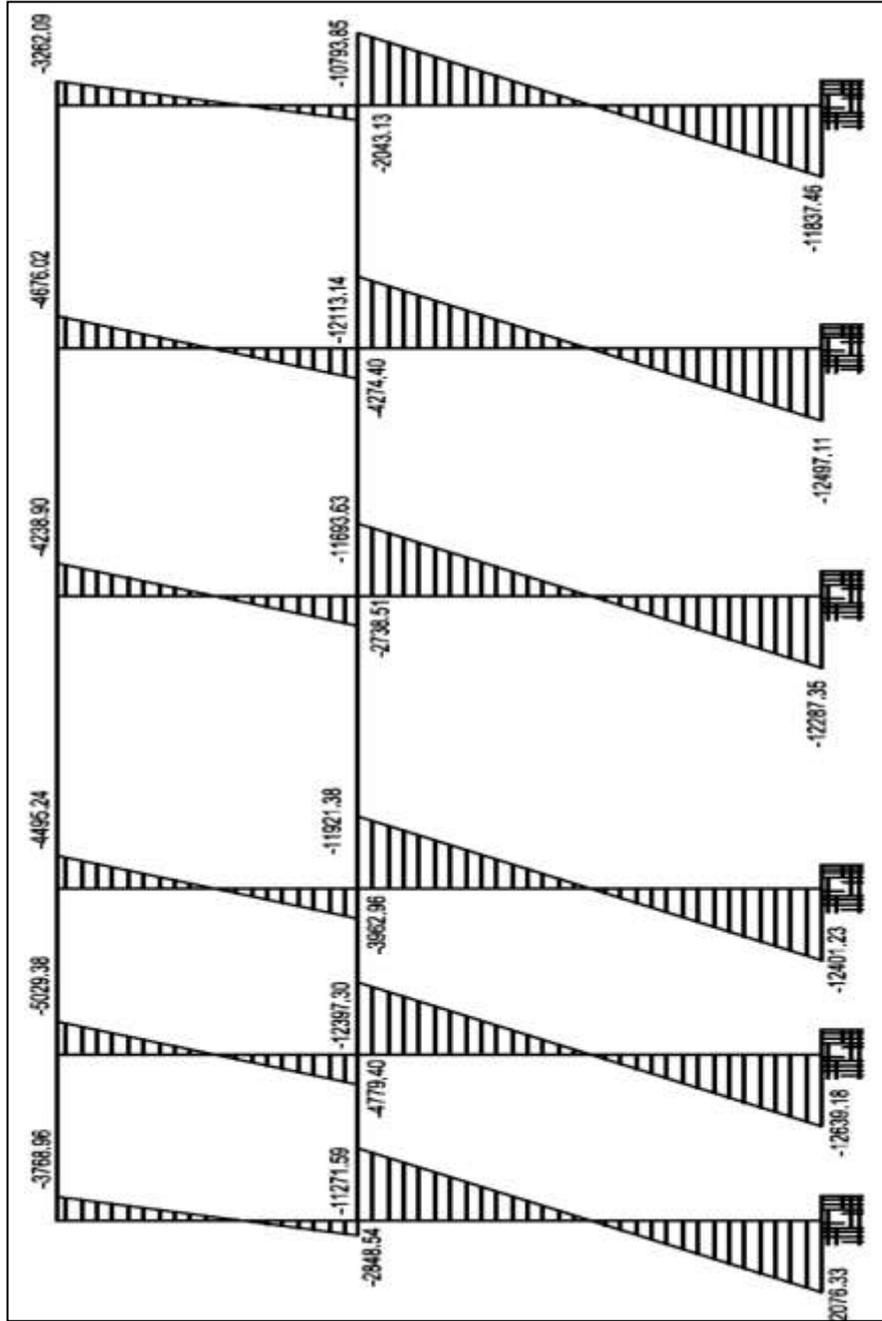
Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Momentos de fuerza horizontal en vigas, marco sentido Y**



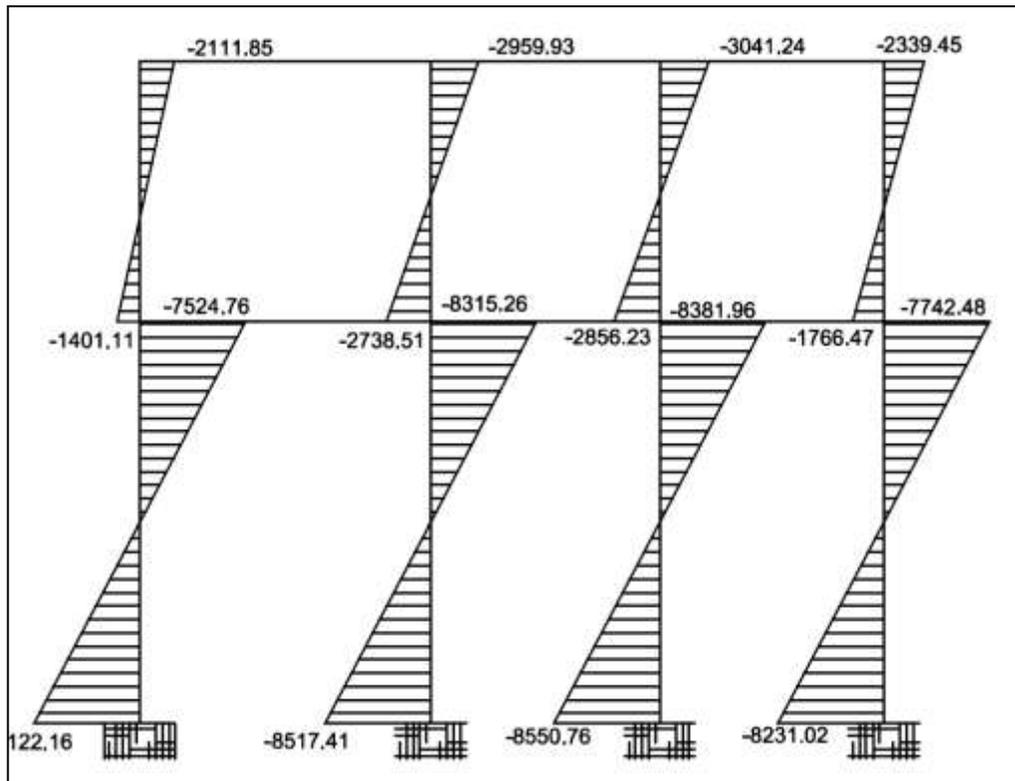
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Momentos de fuerza horizontal en columnas, marco sentido X



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Momentos de fuerza horizontal en columnas, marco sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.6. **Envolvente de momentos**

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

El código ACI 318 S 05 propone las siguientes combinaciones de fórmulas para considerar la superposición de efectos:

$$M = 1,4M_{CM} + 1,7M_{CV}$$

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

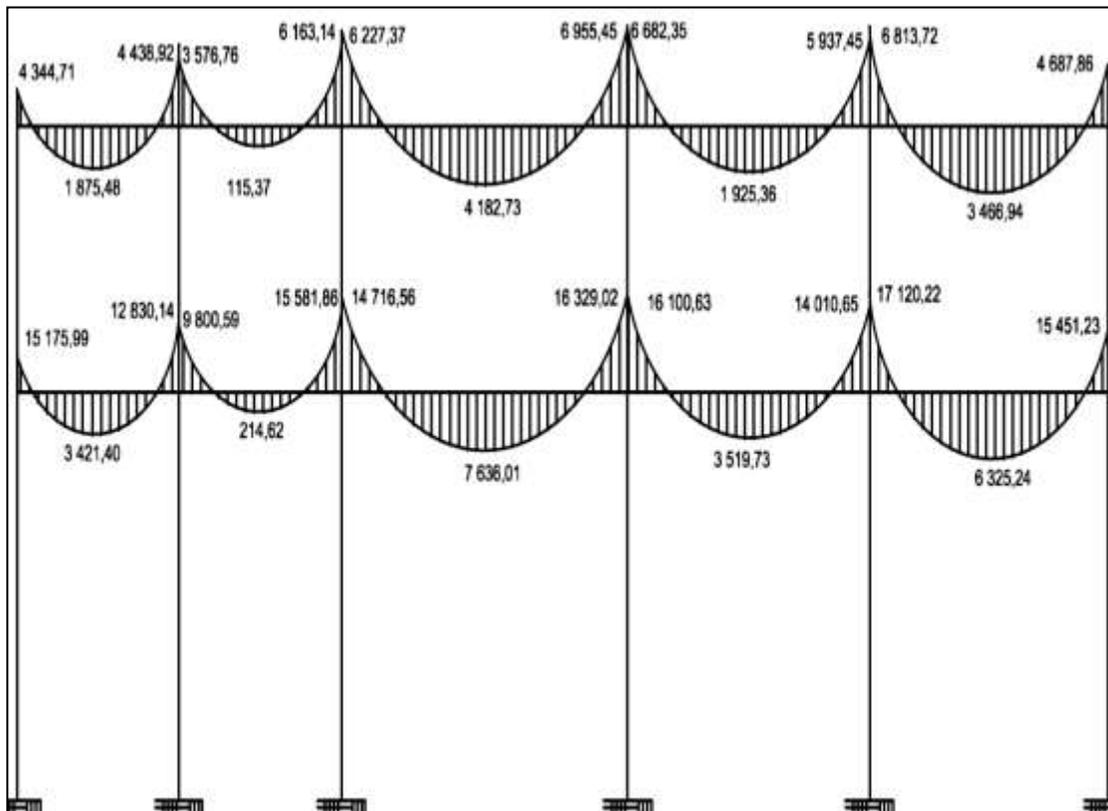
$$M = 0,75 (1,4 M_{CM} + 1,7 M_{CV}) - 1 M_S$$

$$M = 0,9M_{CM} + 1 M_S$$

$$M = 0,9M_{CM} - 1 M_S$$

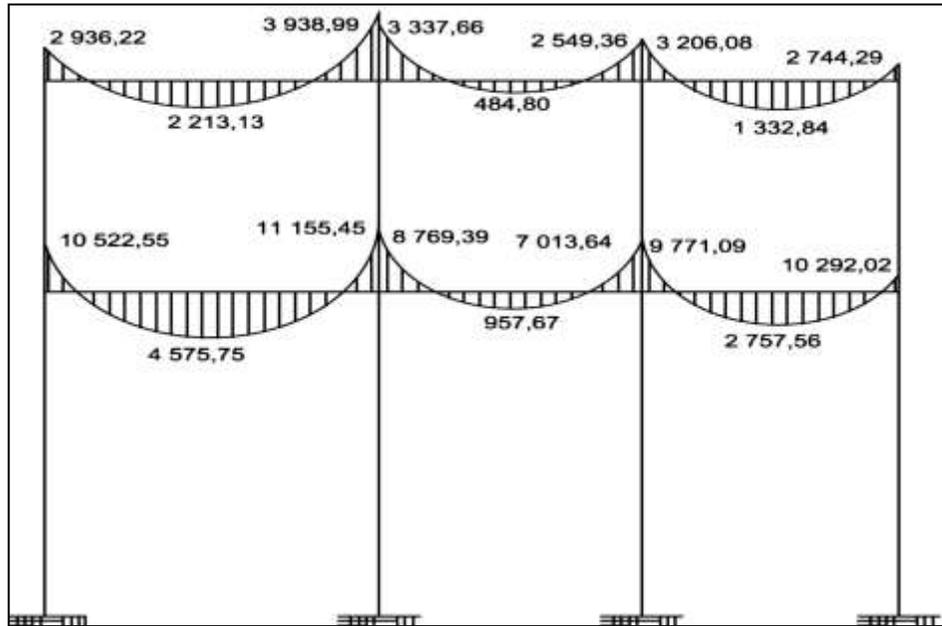
A continuación se muestran los diagramas obtenidos de la envolvente para cada marco:

Figura 22. **Envolvente de momentos en vigas, marco sentido X**



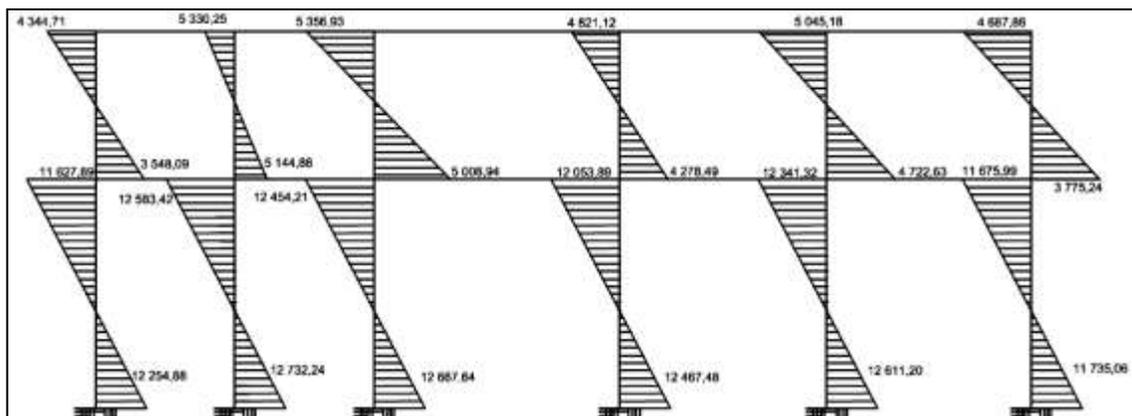
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Envolvente de momentos en vigas, marco sentido Y**



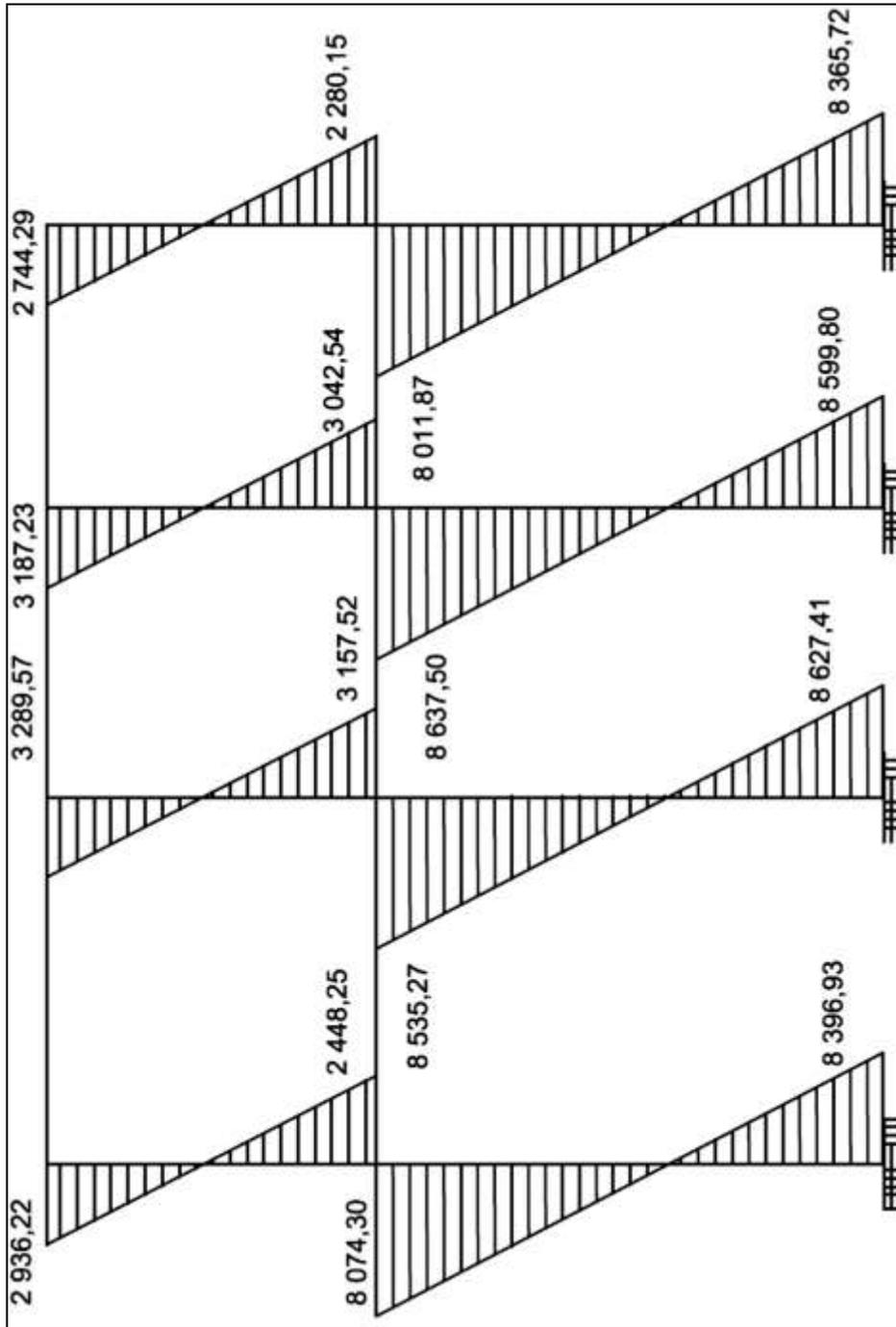
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Envolvente de momentos en columnas, marco sentido X**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Envolvente de momentos en columnas, marco sentido Y



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.7. Diagrama de corte y momento

Los cortes en los marcos, se calculan con las fórmulas siguientes:

Para el corte en vigas:

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

Para el corte en columnas:

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

Corte en marco critico:

Para la viga en los ejes 1-2, del segundo nivel marco B (sentido Y)

$$V = 0,75 * \left[\frac{1,4(1\,193,32 \text{ kg/m} * 4,13\text{m})}{2} + \frac{1,7(206,78 \text{ kg/m} * 4,13\text{m})}{2} + \frac{1,87(2\,111,85 + 1\,615,81)}{4,13\text{m}} \right]$$

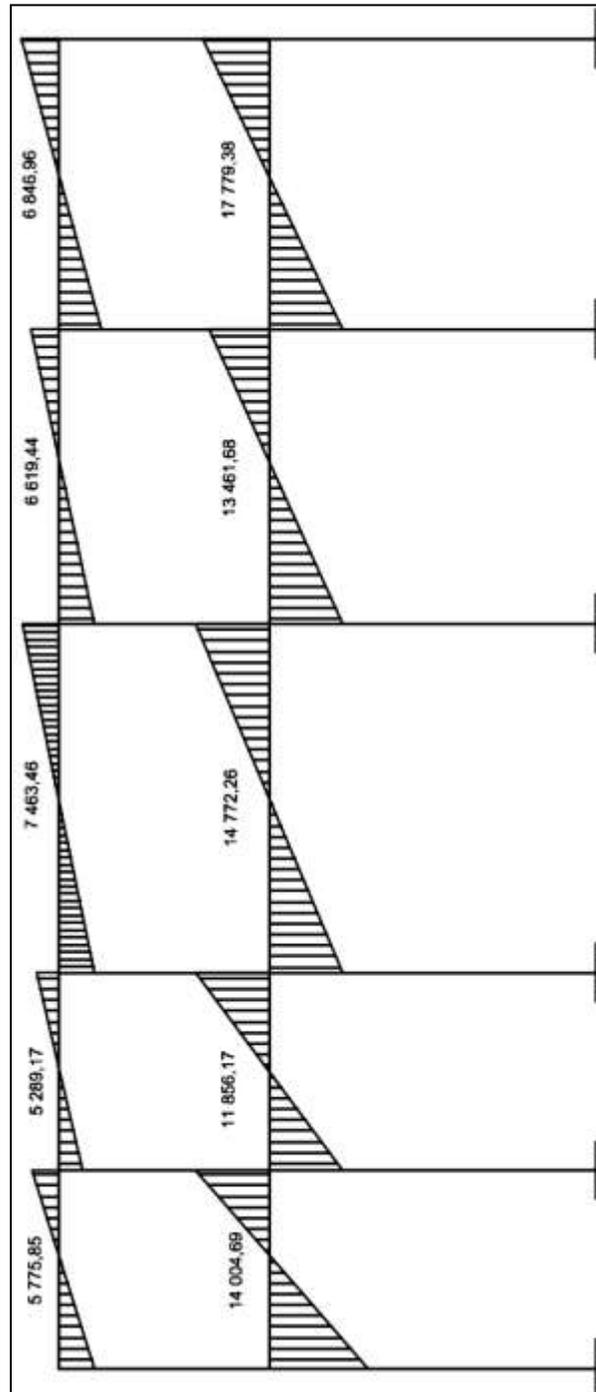
$$V = 5\,078 \text{ kg}$$

Para la columna eje1 del segundo nivel marco B (sentido Y):

$$V_{col} = \frac{2\,936,22\text{kg-m} + 2\,448,25\text{kg-m}}{3,70 \text{ m}} = 1\,455 \text{ kg}$$

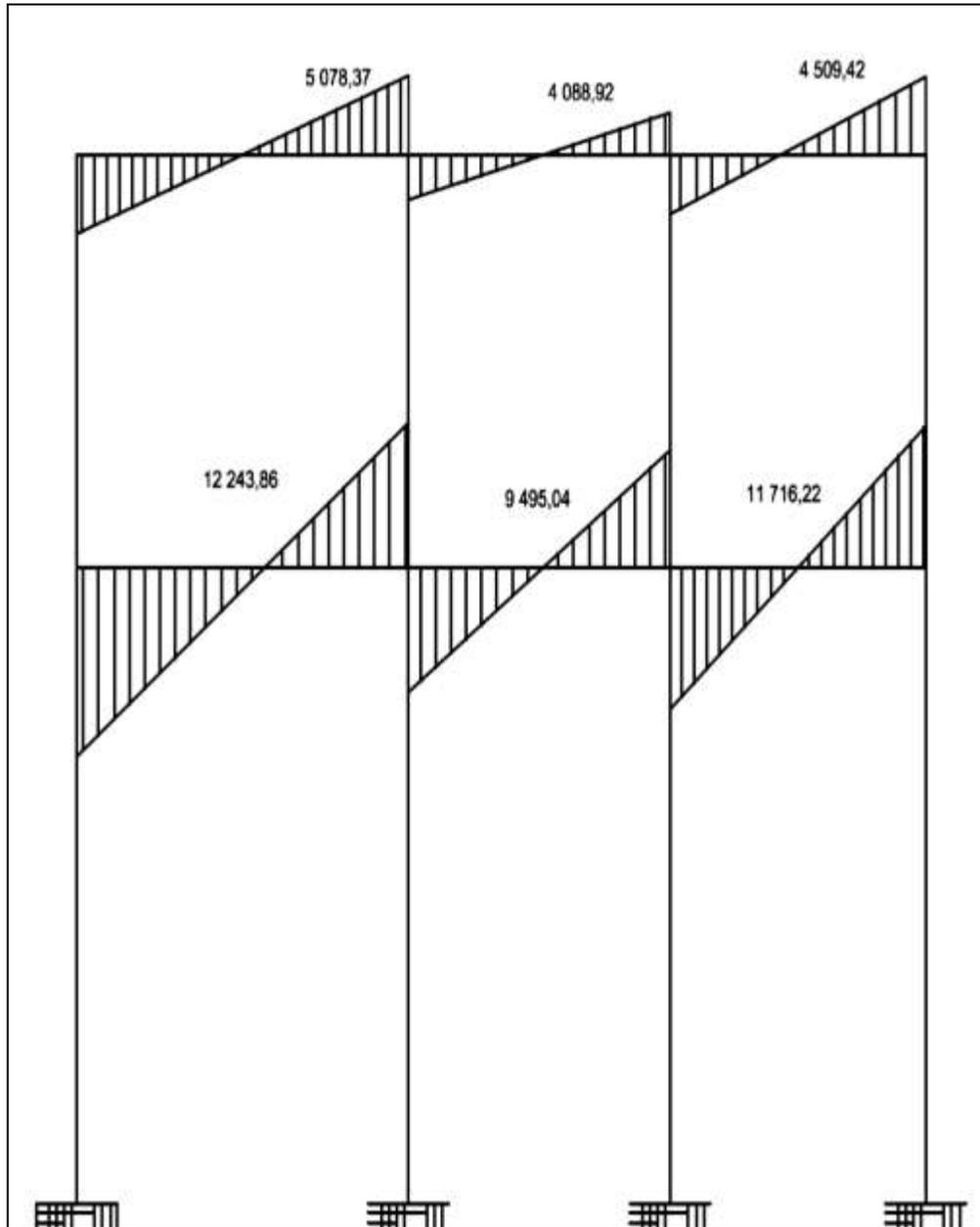
El procedimiento para los demás elementos fue el mismo, a continuación los diagramas de corte para los marcos críticos:

Figura 26. Envoltorio de corte en vigas, marco sentido X



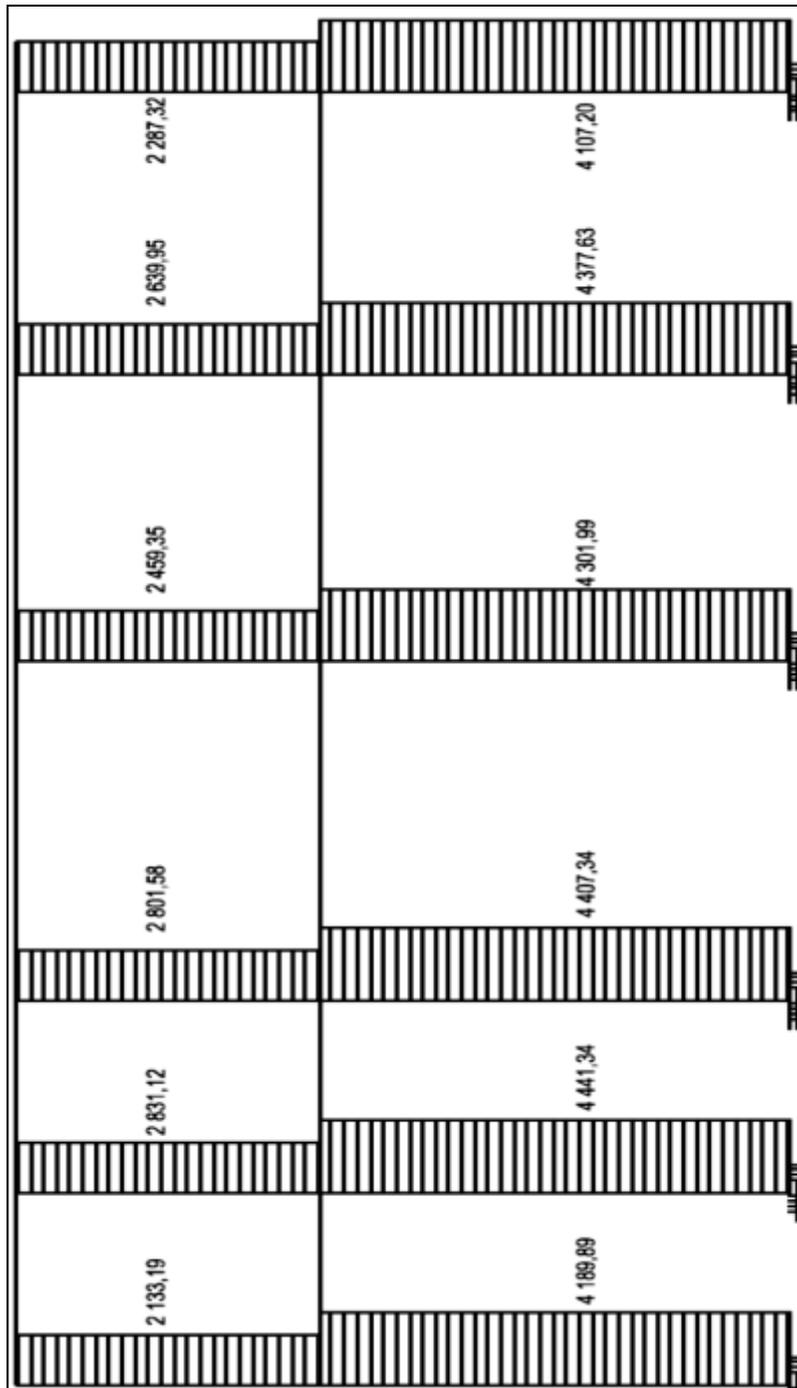
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Envolvente de corte en vigas, marco sentido Y**



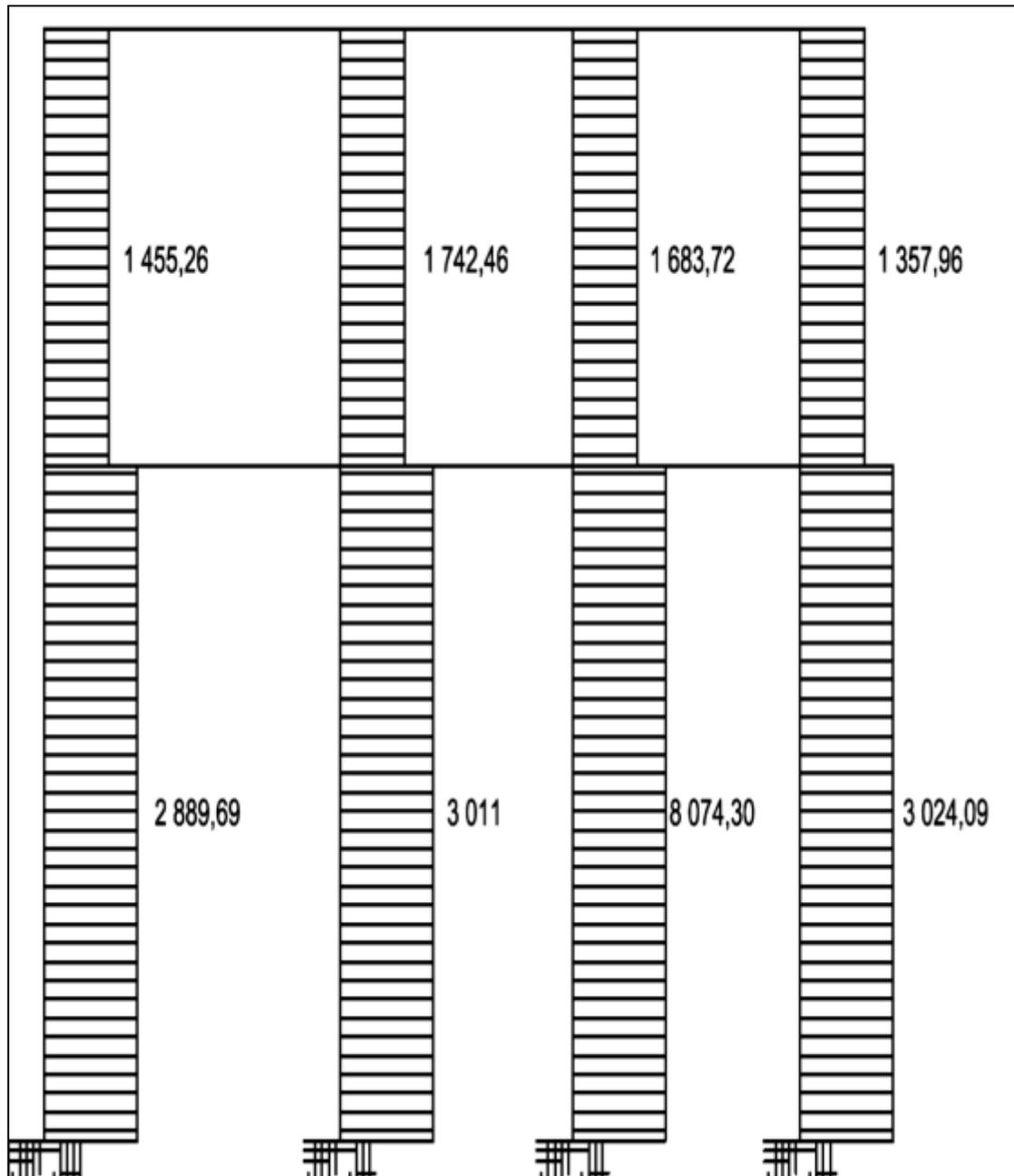
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Envoltorio de corte en columnas, marco sentido X



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Envolvente de corte en columnas, marco sentido X**



Fuente: elaboración propia.

2.2.6.8. Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que funcionan como cubiertas o techos, pudiendo trabajar en uno o dos sentidos, esto se determina dividiendo el lado corto entre el lado largo, cuyo resultado si es mayor de 0,5 se trabajará en dos sentidos, en el caso contrario trabajarlo en un sentido. Para diseñarlas existen varios métodos, en este caso se utiliza el método 3 de ACI-318-05.

Por su espesor pueden dividirse en:

Cascarones	$t < 9 \text{ cm}$
Planas	$9 \text{ cm} < t < 15 \text{ cm}$
Nervadas	$t > 15 \text{ cm}$

Espesor de losa: el procedimiento para calcular el espesor de losa, se detalla en la sección de predimensionamiento de elementos estructurales (2.2.6.1), dando como resultado $t = 12 \text{ cm}$.

Este diseño que a continuación se presenta es para las losas de la planta baja y puesto que en el segundo nivel varían las cargas, el armado tendrá una pequeña variación:

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

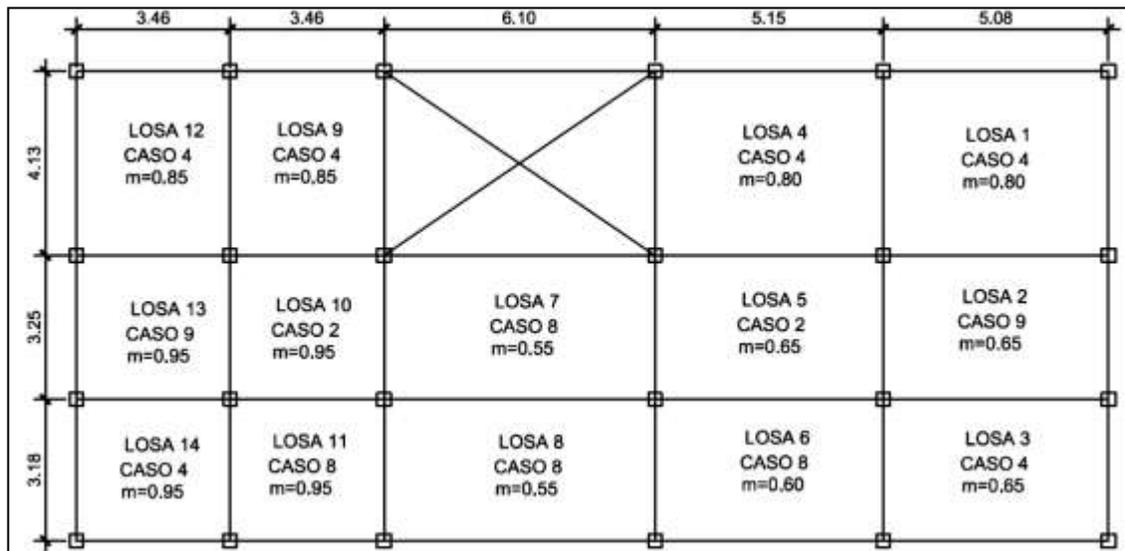
Con la relación $m = a/b$

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

Se determina m y el caso de la losa que es de acuerdo a las condiciones que se dan. En la siguiente figura se muestran las losas analizadas, los casos y las relaciones de metros.

Figura 30. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia.

Para determinar el peso total mayorado se busca primero el peso propio de la losa, los acabados y la carga viva:

$$W_{\text{losa}} = 2400 \text{ kg/m}^3 * 0,12 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 115 \text{ kg/m}^2$$

$$W_m = 288 + 115 = 403 \text{ kg/m}^2 \text{ (carga muerta total)}$$

$$CM_u = 1,4 * 403 = 564 \text{ kg/m}^2$$

$$W_v = 500 \text{ kg/m}^2 \text{ (carga viva)}$$

$$CV_u = 1,7 * 500 = 850 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{total}=1,4 * W_m + 1,7 * W_v = 564 + 850 = 1\ 414\ \text{kg/m}^2$$

Considerando que la losa tenga una franja unitaria de vigas de 1m:

$$W_{total}= 1\ 414\ \text{kg/m}^2 * 1\text{m} = 1\ 414\ \text{kg/m}$$

Cálculo de momentos:

Para el cálculo de momentos negativos y positivos actuantes se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$M_{a-} = C_a * W_{total} * l_a^2$$

$$M_{b-} = C_b * W_{total} * l_b^2$$

$$M_{a+} = C_a(CV_u * l_a^2) + C_a(CM_u * l_a^2)$$

$$M_{b+} = C_b(CV_u * l_b^2) + C_b(CM_u * l_b^2)$$

En losas sin continuidad el momento negativo sera:

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

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

Donde:

M_{a-} = Momento actuante en la dirección a

M_{b-} = Momento actuante en la dirección b

$C_{a,b}$ = Coeficiente de momentos, método 3 ACI

W_{total} = carga última

$l_{a,b}$ = Longitud de la losa en el sentido analizado

A continuación se muestra la tabla de los coeficientes de momentos negativos y positivos encontrados para los casos de losa determinados.

Tabla XX. **Casos y coeficientes respectivos de losa**

Losa	Caso	b	a	m	Cv+ Cm		Cm		Cv	
		mts	mts		Ca(-)	Cb(-)	Ca(+)	Cb(+)	Ca(+)	Cb(+)
1	4	5,08	4,13	0,80	0,071	0,029	0,039	0,016	0,048	0,020
2	9	5,08	3,25	0,65	0,083	0,008	0,034	0,005	0,054	0,009
3	4	5,08	3,18	0,65	0,085	0,015	0,050	0,009	0,062	0,011
4	4	5,15	4,13	0,80	0,071	0,029	0,039	0,016	0,048	0,020
5	2	5,15	3,25	0,65	0,077	0,014	0,032	0,006	0,053	0,010
6	8	5,15	3,18	0,60	0,080	0,018	0,048	0,007	0,065	0,009
7	8	6,1	3,25	0,55	0,085	0,014	0,052	0,005	0,07	0,007
8	8	6,1	3,18	0,55	0,085	0,014	0,052	0,005	0,07	0,007
9	4	4,13	3,46	0,85	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023
10	2	3,46	3,25	0,95	0,05	0,041	0,020	0,016	0,030	0,025
11	8	3,46	3,18	0,95	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027
12	4	4,13	3,46	0,85	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023
13	9	3,46	3,25	0,95	0,065	0,029	0,024	0,017	0,032	0,025
14	4	3,46	3,18	0,95	0,055	0,045	0,030	0,024	0,035	0,029

Fuente: elaboración propia.

Se presenta un ejemplo de cálculo de momentos, para la losa 5 que corresponde al caso 2, luego se muestra una tabla resumen con los momentos de todas las losas.

$$M_{a-} = 0,077 * 1\ 414 * 3,25^2 = 1\ 151\ kg - m$$

$$M_{b-} = 0,014 * 1\ 414 * 5,15^2 = 526\ kg - m$$

$$M_{a+} = 0,032[564 * (3,25)^2] + 0,053[850 * (3,25)] = 667 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{b+} = 0,006[564 * (5,15)^2] + 0,010[850 * (5,15)^2] = 316 \text{ kg} - \text{m}$$

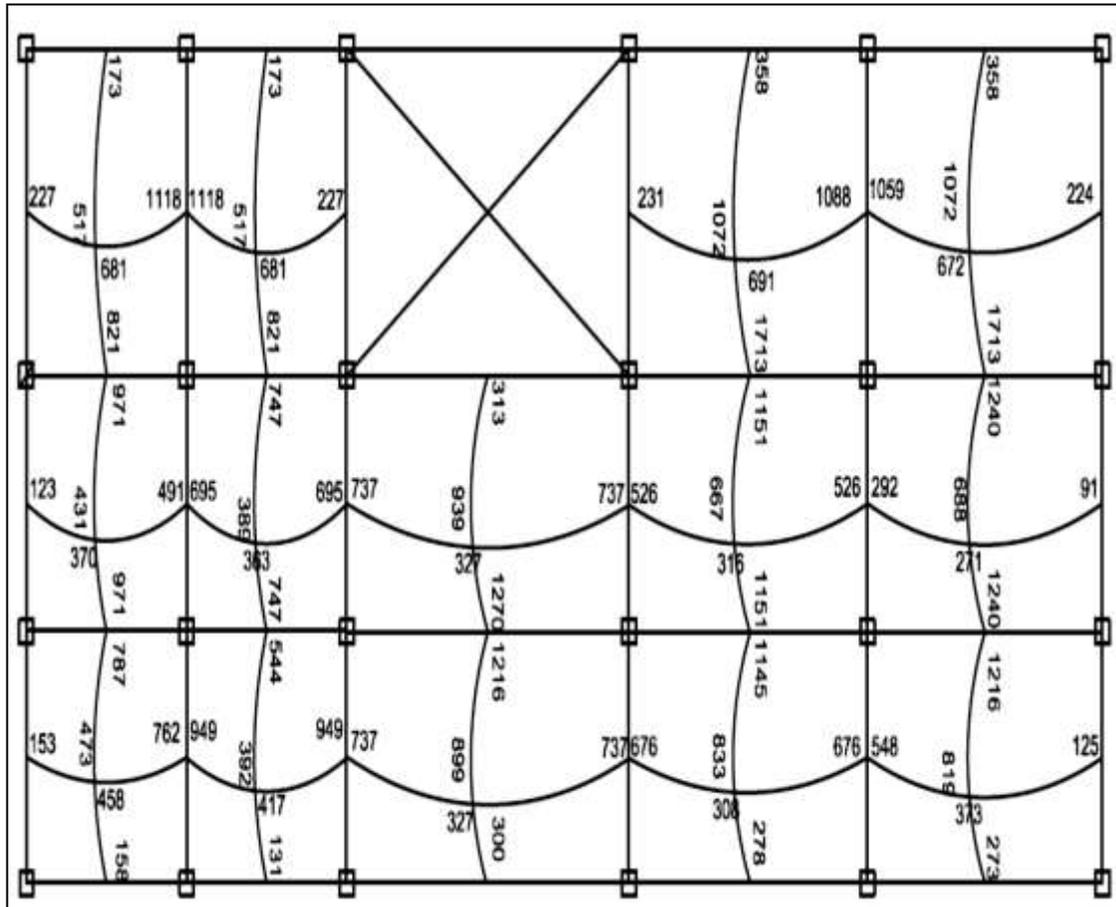
Tabla XXI. **Resumen de cargas y momentos de losas**

Losa	b	a	m	Wv	Wm	Ma(-)	Mb(-)	Ma(+)	Mb(+)
	mts	mts		kg/m	kg/m	kg-m	kg-m	kg-m	kg-m
1	5,08	4,13	0,80	850	564,2	1713	1059	1072	672
2	5,08	3,25	0,65	850	564,2	1240	292	688	271
3	5,08	3,18	0,65	850	564,2	1216	548	819	373
4	5,15	4,13	0,80	850	564,2	1713	1088	1072	691
5	5,15	3,25	0,65	850	564,2	1151	526	667	316
6	5,15	3,18	0,60	850	564,2	1145	676	833	308
7	6,1	3,25	0,55	850	564,2	1270	737	939	327
8	6,1	3,18	0,55	850	564,2	1216	737	899	327
9	4,13	3,46	0,85	850	564,2	1118	821	681	517
10	3,46	3,25	0,95	850	564,2	747	695	389	363
11	3,46	3,18	0,95	850	564,2	544	949	392	417
12	4,13	3,46	0,85	850	564,2	1118	821	681	517
13	3,46	3,25	0,95	850	564,2	971	491	431	370
14	3,46	3,18	0,95	850	564,2	787	762	473	458

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los momentos distribuidos en las losas de la planta baja:

Figura 31. Gráfico momentos distribuidos para losas

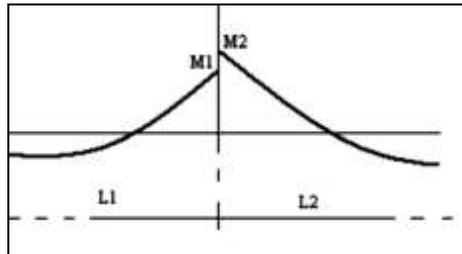


Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos:

Sí el momento negativo en un lado de un apoyo es menor que el del otro lado, la diferencia se distribuye en proporción a la rigidez; esto se hace para determinar el valor del momento balanceado (MB), para el cual el código ACI recomienda el procedimiento siguiente:

Figura 32. **Balance de momentos**



Fuente: elaboración propia.

$M2 > M1$

1. Sí $M1 > 0,8 * M2$; entonces, $M_B = (M1 + M2) / 2$
2. Sí $M1 < 0,8 * M2$; se distribuye proporcional a la rigidez de las losas:

$$K_1 = \frac{1}{L_1}, K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$M1$ = momento menor

$M2$ = momento mayor

$K1, K2$ = rigideces de losas a y b

$L1, L2$ = longitudes de losas

$D1, D2$ = factores de distribución de losas 1 y 2

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}, D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Para realizar la distribución se efectúa el cálculo siguiente:

$$Mr1 = D1 * (M2 - M1)$$

$$Mr2 = (-1) * D2 * (M2 - M1)$$

$$MB1 = M1 + Mr1$$

$$MB2 = M2 + Mr2$$

MB = Momento balanceado.

Balance de momentos en losa 2 y 3>

$$M2=1\ 240$$

$$M1= 1\ 216$$

$$L1= 3,18m$$

$$L2= 3,25m$$

Verificando condición para balancear momentos:

$$0.8*M2=0.8*1\ 774,17= 992$$

Como $M1 > 0,8M2$, se balancea por promedio

Momento balanceado losas 2y 3:

$$MB=1/2(1\ 240 + 1\ 216)=1\ 225\ \text{kg-m}$$

Balance de momentos en losa 1 y 2:

$$M2=1\ 713$$

$$M1= 1\ 240$$

$$L1= 4,13$$

$$L2= 3,25$$

Verificando condición para balancear momentos:

$$0,8 \cdot M_2 = 0,8 \cdot 1\,713 = 1\,370$$

Como $0,8M_2 > M_1$, se balancea por rigideces:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} = \frac{1}{3,25} = 0,31 \quad , \quad K_2 = \frac{1}{L_2} = \frac{1}{4,13} = 0,24$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,31}{0,31 + 0,24} = 0,56 \quad , \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} = \frac{0,24}{0,31 + 0,24} = 0,44$$

$$Mr_1 = 0,56 \cdot (1\,713 - 1\,240) = 265$$

$$Mr_2 = (-1) \cdot 0,44 \cdot (1\,713 - 1\,240) = -208$$

$$MB_1 = 1\,240 + 265 = 1\,505 \text{ kg-m}$$

$$MB_2 = 1\,713 - 208 = 1\,505 \text{ kg-m}$$

El momento balanceado entre las losas 1 y 2 es 1 505 kg-m.

El procedimiento se aplicó para todas las losas, en ambos sentidos.

Tabla XXII. **Resumen de momentos balanceados por rigideces**

MOMENTOS BALANCEADOS POR RIGIDECES											
M1	M2	L1	L2	K1	K2	D1	D2	Mr1	Mr2	MB1	MB2
kg-m	kg-m	m	m					kg-m	kg-m	kg-m	kg-m
1 240	1 713	3,25	4,13	0,31	0,24	0,56	0,44	265	-208	1 505	1 505
292	526	5,08	5,15	0,20	0,19	0,50	0,50	118	-116	410	410
1 151	1 713	3,25	4,13	0,31	0,24	0,56	0,44	315	-247	1 466	1 466
526	737	5,15	6,1	0,19	0,16	0,54	0,46	114	-97	640	640
737	949	6,1	3,46	0,16	0,29	0,36	0,64	77	-135	814	814

Continuación de la tabla XXII.

491	695	3,46	3,46	0,29	0,29	0,50	0,50	102	-102	593	593
544	747	3,18	3,25	0,31	0,31	0,51	0,49	103	-100	647	647

Fuente: elaboración propia.

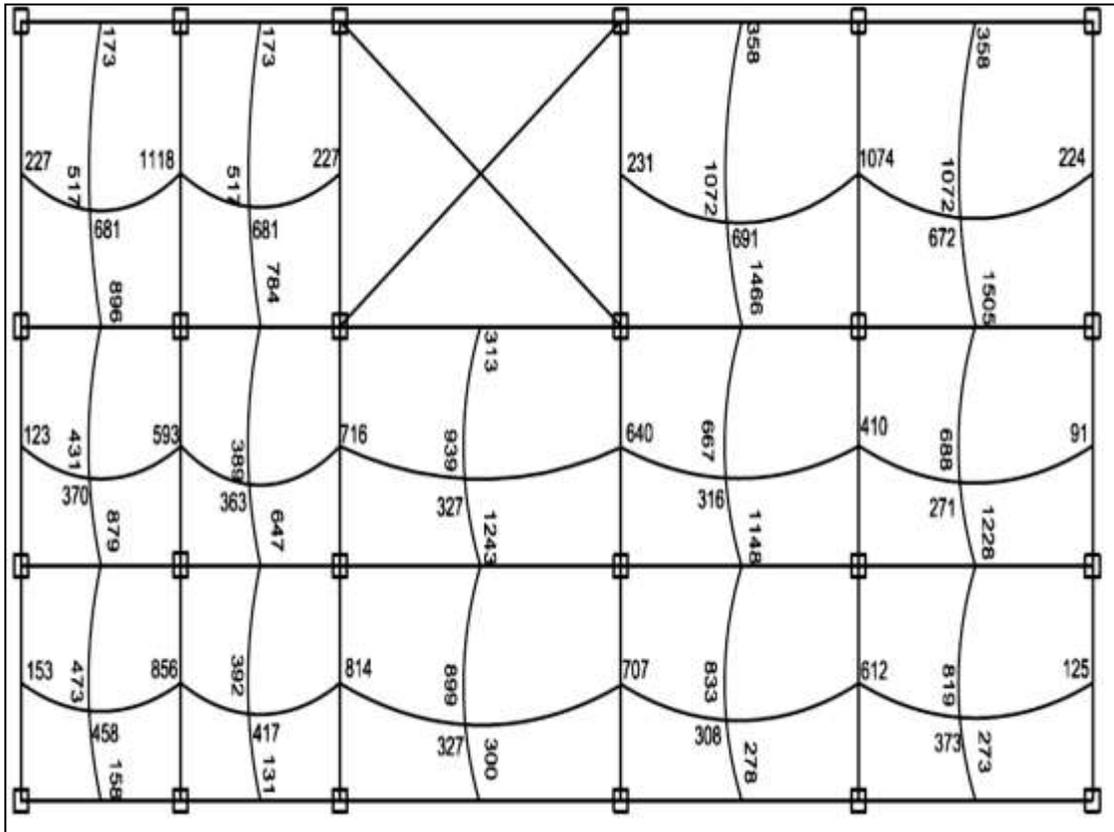
Tabla XXIII. **Resumen de momentos balanceados por promedio**

MOMENTO BALANCEADOS PROMEDIO		
M1	M2	MB
kg-m	kg-m	kg-m
1216	1240	1228
1059	1088	1074
548	676	612
1145	1151	1148
676	737	707
1216	1270	1243
695	737	716
747	821	784
1118	1118	1118
762	949	856
821	971	896
971	787	879

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra la forma en que quedan los momentos balanceados:

Figura 33. Momentos balanceados



Fuente: elaboración propia.

Diseño del armado de losa:

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$t \text{ (espesor de losa)} = 0,12 \text{ m}$$

$$b \text{ (franja unitaria)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Refuerzo} = \text{varilla No.3 (3/8")}$$

$$d = \text{peralte efectivo.}$$

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = 9,02 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo en una losa, se calcula como el 40% del área de acero de una viga, usando ancho unitario de 1,00 m.

$$A_{smín} = \rho_{mín} * b * d$$

$$\rho_{mín} = \frac{14,1}{f_y}$$

$$A_{smín} = \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 9,02 = 4,53 \text{ cm}^2$$

Separación para $A_{smín}$ con varillas No. 3

$$4,53 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

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

Aplicando una regla de tres:

$$S = \frac{0,71 * 100}{4,53} = 15,68 \text{ cm}$$

La separación máxima que permite el ACI es $2t$:

$$S_{max} = 2 * 0,12 = 24 \text{ cm}$$

Ya que la separación para tener acero mínimo es menor que la separación máxima, se ha de tomar como separación máxima $S=15 \text{ cm}$

Calculando el momento que resiste $A_{smín}$:

$$M_{Asmin} = \phi \left[A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b} \right) \right]$$

$$M_{Asmin} = 0,9 \left[4,53 \cdot 2\,810 \cdot \left(9,02 - \frac{4,53 \cdot 2\,810}{1,7 \cdot 281 \cdot 100} \right) \right] = 100\,282 \text{ kg-cm}$$

El momento que resiste $A_{smin} = 1\,003 \text{ kg-m}$

Para los momentos menores a M_{Asmin} , se armaran con A_{smin} y $S = 15 \text{ cm}$, para momentos mayores se armaran según indique el cálculo.

Calculando A_s para el momento negativo entre losa 1 y 2:

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

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 281}{2\,810} \left[100 \cdot 9,02 - \sqrt{(100 \cdot 9,02)^2 - \frac{1\,505 \cdot 100}{0,003825 \cdot 281}} \right] = 6,91 \text{ cm}^2$$

Calculando el espaciamiento requerido:

$$S = 0,71 \cdot 100 / 6,91 = 10,27 \text{ cm}$$

En los momentos mayores a M_{Asmin} , se colocara bastones intercalados entre tensiones, bastones y rieles (donde van juntos).

El procedimiento fue el mismo para los demás momentos en todas las losas con momentos mayores al que resiste A_{smin} , a continuación la tabla resumen.

Tabla XXIV. **Espaciamiento en losa del primer nivel, sentido X**

MOMENTOS SENTIDO X	As REQUERIDO	S (espaciamiento)	S_{diseño}(esp. De diseño)
kg-m	cm²	cm	cm
224	0,99	72	15
1074	4,86	15	15
231	1,02	70	15
227	1,00	71	15
1118	5,07	14	15 + bastón intercalado
227	1,00	71	15
91	0,40	178	15
410	1,82	39	15
640	2,86	25	15
716	3,20	22	15
593	2,64	27	15
123	0,54	131	15
125	0,55	129	15
612	2,73	26	15
707	3,16	22	15
814	3,65	19	15
856	3,85	18	15
153	0,67	105	15

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Espaciamiento en losa del primer nivel, sentido Y**

MOMENTOS SENTIDO Y	As REQUERIDO	S (espaciamiento)	S_{diseño}(esp. De diseño)
kg-m	cm²	cm	cm
358	1,59	45	15

Continuación de la tabla XXV.

1505	6,91	10	15 + bastón intercalado
1228	5,59	13	15 + bastón intercalado
273	1,21	59	15
358	1,59	45	15
1466	6,72	11	15 + bastón intercalado
1148	5,21	14	15 + bastón intercalado
278	1,23	58	15
313	1,38	51	15
1243	5,66	13	15 + bastón intercalado
300	1,33	54	15
173	0,76	93	15
784	3,52	20	15
647	2,89	25	15
131	0,58	123	15
173	0,76	93	15
896	4,03	18	15
879	3,95	18	15
158	0,70	102	15

Fuente: elaboración propia.

Revisión por corte:

El esfuerzo de corte lo resiste el concreto; por tal razón, se verifica si el espesor de losa es el adecuado

$$V_{\max} = W_{\text{total}} * L / 2$$
$$V_{\max} = 1\,414 * 3,18 / 2 = 2\,249 \text{ kg}$$

Corte máximo resistente:

$$V_{\text{res}} = 45 * t * \sqrt{f'c}$$
$$V_{\text{res}} = 45 * 12 * \sqrt{281} = 9\,052 \text{ kg}$$

Como $V_{\text{res}} > V_{\max}$, el espesor de la losa es adecuado, en caso contrario sería necesario aumentar el espesor.

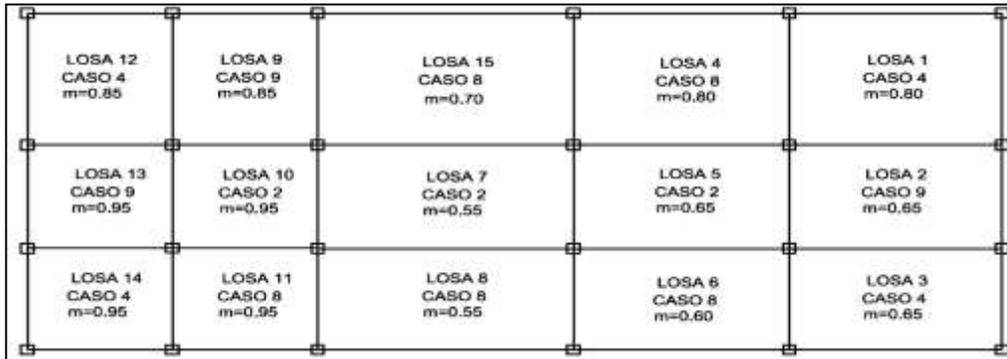
Diseño de losas del segundo nivel:

Para el diseño de las losas del segundo nivel, se utilizó éste procedimiento.

A continuación se presenta un resumen del diseño:

En la siguiente figura se muestran las losas analizadas, los casos y las relaciones de metros.

Figura 34. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia.

Para determinar el peso total mayorado se busca primero el peso propio de la losa, los acabados y la carga viva:

$$W_{\text{llosa}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,12 \text{ m} = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{acabados}} = 115 \text{ kg/m}^2$$

$$W_m = 288 + 115 = 403 \text{ kg/m}^2 \text{ (carga muerta total)}$$

$$CM_u = 1,4 \cdot 403 = 564 \text{ kg/m}^2$$

$$W_v = 100 \text{ kg/m}^2 \text{ (carga viva)}$$

$$CV_u = 1,7 \cdot 100 = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{total}} = 1,4 \cdot W_m + 1,7 \cdot W_v = 564 + 170 = 734 \text{ kg/m}^2$$

Considerando que la losa tenga una franja unitaria de vigas de 1m:

$$W_{\text{total}} = 734 \text{ kg/m}^2 \cdot 1 \text{ m} = 734 \text{ kg/m}$$

Cálculo de momentos:

A continuación se muestra la tabla de los coeficientes de momentos negativos y positivos encontrados para los casos de losa determinados. Luego se muestra una tabla resumen con los momentos de todas las losas.

Tabla XXVI. **Casos y coeficientes respectivos de losa**

Losa	Caso	b	a	m	Cv+ Cm		Cm		Cv	
		mts	mts		Ca(-)	Cb(-)	Ca(+)	Cb(+)	Ca(+)	Cb(+)
1	4	5,08	4,13	0,80	0,071	0,029	0,039	0,016	0,048	0,020
2	9	5,08	3,25	0,65	0,083	0,008	0,034	0,005	0,054	0,009
3	4	5,08	3,18	0,65	0,085	0,015	0,050	0,009	0,062	0,011
4	8	5,15	4,13	0,80	0,055	0,041	0,032	0,015	0,044	0,019
5	2	5,15	3,25	0,65	0,077	0,014	0,032	0,006	0,053	0,010
6	8	5,15	3,18	0,60	0,080	0,018	0,048	0,007	0,065	0,009
15	8	6,1	4,13	0,70	0,068	0,029	0,04	0,011	0,054	0,014
7	2	6,1	3,25	0,55	0,084	0,007	0,035	0,003	0,062	0,006
8	8	6,1	3,18	0,55	0,085	0,014	0,052	0,005	0,07	0,007
9	9	4,13	3,46	0,85	0,072	0,021	0,028	0,013	0,039	0,02
10	2	3,46	3,25	0,95	0,05	0,041	0,020	0,016	0,030	0,025
11	8	3,46	3,18	0,95	0,038	0,056	0,022	0,021	0,031	0,027
12	4	4,13	3,46	0,85	0,066	0,034	0,036	0,019	0,043	0,023
13	9	3,46	3,25	0,95	0,065	0,029	0,024	0,017	0,032	0,025
14	4	3,46	3,18	0,95	0,055	0,045	0,00	0,024	0,035	0,029

Fuente: elaboración propia.

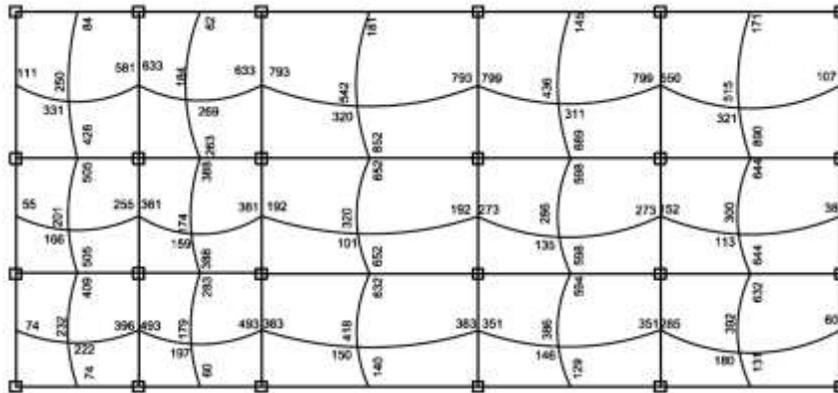
Tabla XXVII. **Resumen de cargas y momentos de losas**

Losa	Caso	b	a	m	Wv	Wm	Ma(-)	Mb(-)	Ma(+)	Mb(+)
		mts	mts		kg/m	kg/m	kg-m	kg-m	kg-m	kg-m
1	4	5,08	4,13	0,80	170	564,2	890	550	515	321
2	9	5,08	3,25	0,65	170	564,2	644	152	300	113
3	4	5,08	3,18	0,65	170	564,2	632	285	392	180
4	8	5,15	4,13	0,80	170	564,2	689	799	436	311
5	2	5,15	3,25	0,65	170	564,2	598	273	286	135
6	8	5,15	3,18	0,60	170	564,2	594	351	386	146
15	8	6,1	4,13	0,70	170	564,2	852	793	542	320
7	2	6,1	3,25	0,55	170	564,2	652	192	320	101
8	8	6,1	3,18	0,55	170	564,2	632	383	418	150
9	9	4,13	3,46	0,85	170	564,2	633	263	269	184
10	2	3,46	3,25	0,95	170	564,2	388	361	174	159
11	8	3,46	3,18	0,95	170	564,2	283	493	179	197
12	4	4,13	3,46	0,85	170	564,2	581	426	331	250
13	9	3,46	3,25	0,95	170	564,2	505	255	201	166
14	4	3,46	3,18	0,95	170	564,2	409	396	232	222

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra los momentos distribuidos en las losas del segundo nivel

Figura 35. **Gráfico momento distribuido para losas**



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos:

A continuación de muestra una tabla donde se presenta el resumen de los cálculos del balance de momentos:

Tabla XXVIII. **Resumen de momentos balanceados por rigideces**

MOMENTOS BALANCEADOS POR RIGIDECES											
M1	M2	L1	L2	K1	K2	D1	D2	Mr1	Mr2	Mb1	Mb2
kg-m	kg-m	m	m					kg-m	kg-m	kg-m	kg-m
644	890	3,25	4,13	0,31	0,24	0,56	0,44	138	-108	782	782
652	852	3,25	4,13	0,31	0,24	0,56	0,44	112	-88	764	764
263	388	4,13	3,25	0,24	0,31	0,44	0,56	55	-70	318	318
283	388	3,18	3,25	0,31	0,31	0,51	0,49	53	-52	336	336
550	799	5,08	5,15	0,20	0,19	0,50	0,50	125	-124	675	675
633	793	3,46	6,1	0,29	0,16	0,64	0,36	102	-58	735	735
152	273	5,08	5,15	0,20	0,19	0,50	0,50	61	-60	213	213

Continuación de la tabla XXVIII.

192	273	6,1	5,15	0,16	0,19	0,46	0,54	37	-44	229	229
192	361	6,1	3,46	0,16	0,29	0,36	0,64	61	-108	253	253
255	361	3,46	3,16	0,29	0,32	0,48	0,52	51	-55	306	306

Fuente: elaboración propia.

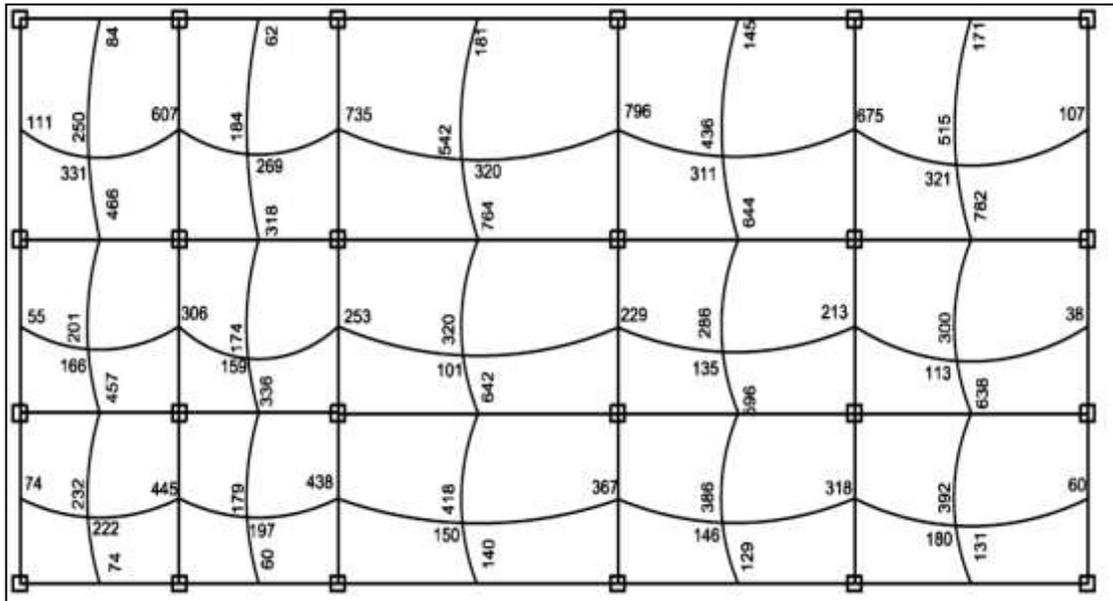
Tabla XXIX. **Resumen de momentos balanceados por promedio**

MOMENTO BALANCEADOS PROMEDIO		
M1	M2	MB
kg-m	kg-m	kg-m
632	644	638
598	689	644
594	598	596
632	652	642
426	505	466
409	505	457
633	581	607
285	351	318
351	383	367
383	493	438
396	493	444.5

Fuente: elaboración propia.

En la figura se muestra la forma en que quedan los momentos balanceados por las losas de la planta baja:

Figura 36. **Momentos balanceados**



Fuente: elaboración propia.

Diseño de armado de losa:

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$t \text{ (espesor de losa)} = 0,12 \text{ m}$$

$$b \text{ (franja unitaria)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Refuerzo} = \text{varilla No.3 (3/8")}$$

$$d = \text{peralte efectivo.}$$

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = 9,02 \text{ cm}$$

Siguiendo el procedimiento que se realizó en las losas de la planta baja se determinó:

$$A_{smin} = 4,53 \text{ cm}^2$$
$$M_{A_{smin}} = 1\ 003 \text{ kg-m}$$
$$S = 15 \text{ cm,}$$

Como los momentos de las losas son menores que el momento que resiste el acero mínimo (A_{smin}), se coloca A_{smin} a una de máxima 15 cm, en todas las losas.(ver planos en apéndice 3).

2.2.6.9. Diseño de vigas

Son elementos estructurales que trabajan a flexocompresión y fuerzas cortantes. Los datos necesarios para realizar el diseño se toman del análisis estructural siendo estos momentos últimos y cortes últimos actuantes.

El procedimiento para diseñar vigas, se describe a continuación, se analizara la viga tipo (V-1), correspondiente al primer nivel del marco critico del eje Y.

Datos:

$$F_y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Sección} = 30 * 50 \text{ cm}$$

$$\text{Rec.} = 5 \text{ cm}$$

$$d = H - \text{rec} = 50\text{cm} - 5\text{cm} = 45\text{cm}$$

$$M(-)_{1\text{izq.}} = 10\ 522,55 \text{ Kg - m}$$

$$M(-)_{2\text{der.}} = 11\ 155,45 \text{ Kg - m}$$

$$M(+) = 4\ 575,75 \text{ Kg - m}$$

$$V_u = 12\ 243,86 \text{ Kg}$$

Límites de acero:

Cálculo del A_{smin} de la sección

$$A_{smin} = \rho_{min} * b * d$$

$$\rho_{min} = \frac{14,1}{F_y}$$

$$A_{smin} = \left(\frac{14,1}{4\ 200}\right) * 30 * 45 = 4,53\text{cm}^2$$

Cálculo del A_{smax} de la sección

Si las secciones demandan un refuerzo mayor al A_{smax} , será necesario rediseñar los elementos, a modo que sean capaces de resistir las cargas actuantes.

$$A_{smax} = 0,5 * \rho_{bal} * b * d$$

Donde:

$$\rho_{bal} = \frac{\beta_1 * 0,85 f'_c}{f_y} * \frac{6\ 115}{6\ 115 + f_y}$$

si $f'_c \leq 281\text{ kg/cm}^2$, $\beta=0.85$; entonces:

$$\rho_{bal} = \frac{0,85 * 0,85 * 281}{4\ 200} * \frac{6\ 115}{6\ 115 + 4\ 200} = 0,029$$

$$A_{smax} = 0,5 * 0,029 * 30 * 45 = 19,31\text{cm}^2$$

Refuerzo longitudinal requerido:

Se calcula con la siguiente ecuación:

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

Calculando A_s para $M(-)_{1izq.} = 10\,522,55 \text{ Kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85*281}{4\,200} \left[30*45 - \sqrt{(30*45)^2 - \frac{10\,522,55*30}{0,003825*281}} \right] = 6,46 \text{ cm}^2$$

De la misma forma se calcularon las demás áreas de acero:

$$A_s \text{ para } M(-)_{2der.} = 11\,155,45 \text{ Kg-m} = 6,87 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ para } M(+) = 4\,575,75 \text{ Kg-m} = 2,74 \text{ cm}^2$$

Para calcular el armado de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI-318 Cap. 21:

- Cama superior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones:

1. $A_{s\text{mín}} = 4,53 \text{ cm}^2$
2. 33% $A_s(-)$ mayor = $2,27 \text{ cm}^2$

Para este caso será necesario colocar $A_{s\text{mín}}$, por lo tanto se colocan 2 #5 + 1#3 corridas, $A_s = 4,67 \text{ cm}^2$

En este caso no se logra cubrir los momentos negativos en la viga, se completa el As requerido colocando bastones, tomando en cuenta que la diferencia de diámetros entre las barras no puede ser 2 números consecutivos.

$M(-)_{1izq.} = 10\,522,55 \text{ Kg-m}$, requiere $6,46 \text{ cm}^2$, las barras corridas equivalen a $4,67 \text{ cm}^2$; la diferencia es $1,79 \text{ cm}^2$, por lo tanto se colocan 3 bastones #4.

$M(-)_{2der.} = 11\,155,45 \text{ Kg-m}$, requiere $6,87 \text{ cm}^2$, las barras corridas equivalen a $4,67 \text{ cm}^2$; la diferencia es $2,20 \text{ cm}^2$, por lo tanto se colocan 2 bastones con #4.

- Cama inferior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones:

1. $A_{s\text{mín}} = 4,53 \text{ cm}^2$.
2. $50\%A_s(+) = 1,37 \text{ cm}^2$
3. $50\%A_s(-) \text{ mayor} = 3,43 \text{ cm}^2$

Para este caso será necesario colocar $A_s \text{ min} = 4,53 \text{ cm}^2$, utilizando 2 #5 + 1 #3 corridas.

Este procedimiento se aplicó a todas las vigas de la estructura. También se colocará refuerzo adicional longitudinal 2 #4, esto para evitar el corte interno del concreto debido a las dimensiones de la sección.

Diseño a corte:

Comparar corte resistente con corte último:

Si $V_{res} > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado, a $S_{\text{máx.}} = d/2 < 30 \text{ cm}$

Si $V_{res} < V_u$, se diseñan estribos por corte

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

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 30 * 45 * \sqrt{281} = 10\ 194,87\ kg$$

$$V_u = 12\ 243,86\ Kg$$

Como $V_u > V_{res}$, se deben diseñar los estribos por corte:

$$S = \frac{2 * A_v * f_y * d}{V_u} = \frac{2 * 0,71 * 4\ 200 * 45}{12\ 243,86} = 22\ cm$$

$$S_{max} = \frac{45}{2} = 22,5\ cm$$

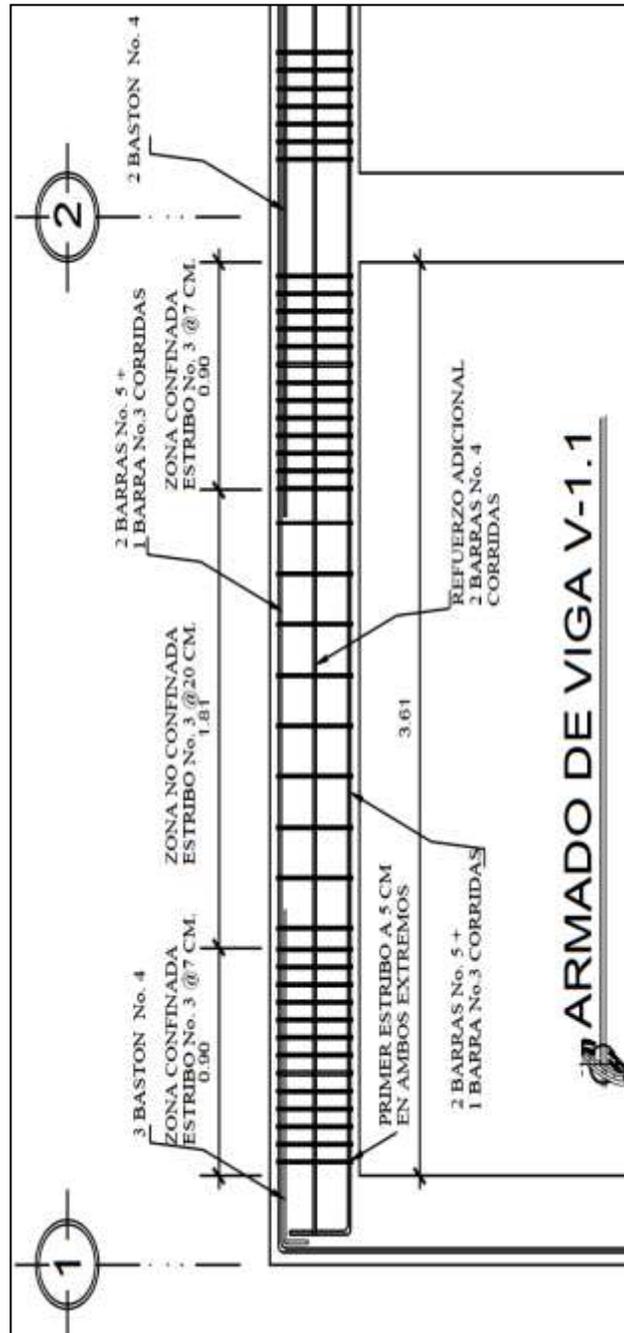
Según ACI artículo 21.3.3.2 , deben colocarse estribos en una longitud igual a $2d$ medida a partir de la cara del elemento de apoyo, la longitud a confinar es de 90 cm, en ambos extremos del elemento en flexión. El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm, de la cara del elemento de apoyo.

El espaciamiento máximo de los estribos en la zona de confinamiento no debe exceder de :

1. $d/4 = 11,25\ cm$
2. $28\ \emptyset$ var longitudinal menor = 7,60 cm
3. $24\ \emptyset$ var transversal = 22,80 cm
4. 30 cm

Resumiendo el diseño a corte quedaran con separación de estribos en zona confinada 7 cm y 20 cm en zona no confinada, con varilla No.3.

Figura 37. Detalle de armado en viga 1,1



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.2.6.10. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes. Para el diseño, la carga axial es el valor de todas las cargas últimas verticales que soporta la columna, esta carga se determina por el área tributaria. Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural. Para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta.

Para este caso, se diseñan por cada nivel únicamente la columna crítica de cada nivel, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel respectivo. A continuación se describe el procedimiento que se sigue para diseñar las columnas típicas del edificio, aplicado en la columna del primer nivel.

Debido a que se hizo un chequeo previo con el programa JC.-Diseño Concreto, se determinó que la sección encontrada en el predimensionamiento de este elemento no resistía la carga axial aplicada ni los momentos flexionantes, por lo que se optó por aumentar la sección de la columna, siendo esta de 35cm* 35cm.

Datos de columna del primer nivel:

Sección de columna = 35cm*35cm

Sección de viga 1izq. = 30cm*50cm

Sección de viga 2der.= 30cm*50cm

$M_x = 12\,732,24 \text{ Kg} - \text{m}$

$M_y = 8\,637,50 \text{ Kg} - \text{m}$

$$V_x = 4\,431,34 \text{ Kg}$$

$$V_y = 3\,024,09 \text{ Kg}$$

$$\text{Longitud de columna} = 3,23 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de vigas} = 8,23 \text{ m}$$

$$\text{Área tributaria} = 18,07 \text{ m}^2$$

$$\text{Espesor de losa} = 0,12 \text{ m}$$

Cálculo de factor de carga última:

$$CU = CMU + CVU$$

$$CMU = 1,4(W_{\text{acabados}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{sobrecarga}} + W_{\text{muros}})$$

$$CMU_2 = 1,4(403,2) = 564,2 \text{ kg/m}^2$$

$$CMU_1 = 1,4(483,2) = 676,2 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,7(\text{carga viva})$$

$$CVU_2 = 1,7(100) = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU_1 = 1,7(313,18) = 532,41 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_2 = 564,20 + 170 = 734,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_1 = 676,20 + 532,41 = 1208,61 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 734,20 + 1208,61 = 1\,942,81 \text{ kg/m}^2$$

El factor de carga última se determina con la siguiente ecuación:

$$FCU = \frac{CU}{CM + CV}$$

$$FCU = \frac{1\,942,81}{886 + 413,18} = 1,49$$

Cálculo de la carga axial:

$$P_u = (A T * C U) + (P P \text{ vigas} * F_{cu})$$
$$P_u = (18,07 * 1\,942,81) + (2\,400 * 0,30 * 0,50 * 8,23 * 1,49)$$
$$P_u = 43\,928,68 \text{ kg}$$

Esbeltez (E):

Las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, para determinar su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas en base esto.

- Columnas cortas ($E < 22$): diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.
- Columnas intermedias ($22 > E > 100$): diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): no construirlas

Cálculo de coeficiente que miden el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ):

$$\text{Extremo: } \Psi = \Sigma K_{col} / \Sigma K_{vigas}$$

Sentido X:

$$I_{col} = 0,35 * 0,35^3 / 12 = 0,00125$$

$$I_{vig} = 0,30 * 0,50^3 / 12 = 0,00312$$

$$K_{col} = 0,00125/3,20 = 0,0003908$$

$$K_{vig\ izquierda} = 0,00312/5,80 = 0,00054$$

$$K_{vig\ derecha} = 0,00312/4,85 = 0,000644$$

$$\Psi_a = (0,000398+0,000398)/(0,00054+0,000644) \text{ (extremo superior)}$$

$$\Psi_a = 1,32$$

$$\Psi_b = 0 \text{ (extremo inferior empotrado)}$$

$$\Psi_p = (1,32+0)/2$$

$$\Psi_p = 0,66$$

Cálculo de K (factor de longitud efectiva):

$$K = \frac{(20-\Psi_p)}{20} * \sqrt{1+\Psi_p}, \text{ si } \Psi_p < 2$$

$$K = 0,9\sqrt{1+\Psi_p}, \text{ si } \Psi_p > 2$$

Como $\Psi_p < 2$:

$$K = \frac{(20-0,66)}{20} * \sqrt{1+0,66} = 1,25$$

Esbeltez en columna:

$$E = \frac{K*Lu}{\sigma}, \text{ donde } \sigma = 0,3*\text{lado}$$

$$\sigma = 0,3*0,35 = 0,105$$

$$E = \frac{1,25*3,20}{0,105} = 38$$

22 < 38 < 100; Se clasifica como columna intermedia

Sentido Y:

$$\Psi_p = 0,1830$$

$$K = 1,07$$

$$E = 32,60; \text{ columna intermedia}$$

De acuerdo a los resultados de esbeltez, se deben magnificar los momentos actuantes

Magnificación de momentos:

Debido a que se está realizando un análisis estructural convencional de primer orden, para el cual se usan las rigideces relativas aproximadas y se ignora el efecto de desplazamientos lateral de los miembros, es necesario modificar los valores calculados con el objetivo de obtener valores que tomen en cuenta los efectos de desplazamiento. Para este caso, esa modificación se logra utilizando el método ACI de magnificación de momentos.

Sentido X:

Factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{C_{MU}}{C_u} = \frac{1\,240,40}{1\,942,81} = 0,64$$

Cálculo del EI total del material:

$$E_c = 15\,100\sqrt{f'_c}$$

$$EI = \frac{E_c \cdot I_g}{2,5(1+\beta d)} = \frac{15\,100\sqrt{281} \cdot \left(\frac{1}{12}\right) \cdot 35^4}{2,5(1+0,64)} = 772,76 \text{ ton}\cdot\text{m}^2$$

Cálculo de la carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(kLu)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 772,76}{(1,25 \cdot 3,20)^2} = 649,93 \text{ ton}$$

Magnificador de momentos:

$\delta > 1$ y $\phi = 0.70$ si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{43,93}{0,7 \cdot 649,93}} = 1,11$$

Momento de diseño sentido X:

$$M_{dx} = \delta \cdot M_u = 1,11 \cdot 12\,732,24 \text{ kg}\cdot\text{m} = 14\,093 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Momento de diseño sentido Y:

$$\beta d = 0,64$$

$$EI = 772,76 \text{ T}\cdot\text{m}^2$$

$$P_{cr} = 688,87 \text{ Ton}$$

$$\delta = 1,10$$

$$M_{dy} = \delta \cdot M_u = 1,10 \cdot 8637,50 \text{ kg}\cdot\text{m} = 9\,503,20 \text{ Kg}\cdot\text{m}$$

Acero longitudinal por el método BRESLER:

Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo y que produce resultados satisfactorios. El método Bresler consiste en aproximar el valor $1/P'u$, a través de un punto del plano, determinado por tres valores: carga axial pura ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ux$) y carga de falla para una excentricidad e_y ($P'uy$).

El procedimiento a seguir es el siguiente:

Límites de acero:

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1\% A_g < A_s < 6\% A_g$, en zona sísmica.

$$A_{s\text{mín}} = 0,01 (35 \times 35) = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06 (35 \times 35) = 73,50 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado, se aconseja iniciar con un valor cercano a $A_{s\text{mín}}$.
Armado propuesto: 4 varillas #8 + 4 varillas #6 = $31,74 \text{ cm}^2$

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas, del programa JC-Diseño Concreto (ver Anexo cinco).

Los valores a utilizar en los diagramas son:

$$\text{Valor de la gráfica } Y = X = d/h = (35 - 2(2,5))/35 = 0,86$$

Valores de la curva:

$$P_{tu} = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c \cdot A_g} = \frac{31,74 \cdot 4\,200}{0,85 \cdot 281 \cdot 12,25} = 0,46$$

Excentricidades:

$$e_x = M_{dx} / P_u = 14\,093 / 43\,928,68 = 0,32$$

$$e_y = M_{dy} / P_u = 9\,503 / 43\,928,68 = 0,22$$

Al conocer las excentricidades se calcula el valor de las diagonales

$$e_x / h_x = 0,32 / 0,35 = 0,92$$

$$e_y / h_y = 0,22 / 0,35 = 0,62$$

De los diagramas de interacción se obtuvieron los siguientes valores:

$$K_x = 0,28, K_y = 0,42$$

Cargas:

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x \cdot f'_c \cdot b \cdot h = (0,28)(281)(35 \cdot 35) = 96\,383 \text{ kg.}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_{uy} = K_y \cdot f'_c \cdot b \cdot h = (0,42)(281)(35 \cdot 35) = 144\,575 \text{ kg.}$$

Carga axial resistente de la columna:

$$P'_o = \phi(0,85 \cdot f'_c(A_g - A_s) + A_s \cdot F_y)$$
$$P'_o = 0,70(0,85 \cdot 281((35 \cdot 35) - 31,74) + 31,74 \cdot 4\,200)$$

$$P'o = 292\,812 \text{ kg.}$$

Carga resistente de la columna:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} + \frac{1}{P'o}} = \frac{1}{\frac{1}{96\,383} + \frac{1}{144\,575} + \frac{1}{292\,812}} = 72\,062 \text{ kg}$$

Para que el armado sea adecuado debe cumplir con la siguiente condición:

$$P'u > P_u / 7$$

$$72\,062 > 62\,755$$

Por lo que se puede concluir que el armado de la columna propuesta es adecuado. Caso contrario sería necesario aumentar el acero por debajo del A_{smax} , en caso de requerir mayor refuerzo que el permitido por A_{smax} será necesario aumentar la sección propuesta, como ocurrió en este caso.

Refuerzo transversal (Estribos):

Además de diseñar las columnas para resistir flexocompresión, es necesario dotarlas con suficiente ductibilidad, con el objetivo de que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Se ha determinado que si las columnas se confinan su capacidad de carga es mucho mayor y mejora notablemente la ductilidad de la columna.

El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Comparar V_r con V_u con los siguientes criterios:

Si $V_r > V_u$ se colocan estribos a $S = d / 2$

Si $V_r < V_u$ se diseñan los estribos por corte

Se calcula el corte resistente:

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

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 35 * 32,5 = 8\,590 \text{ Kg.}$$

$$V_u = 4\,441 \text{ kg}$$

No es necesario diseñar los estribos a corte:

$$S = d/2$$

$$S = 32,5/2 = 16,25$$

Se considera 15 cm de separación para facilidad de armado en zona no confinada.

Refuerzo por confinamiento:

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones.

1. $L_u / 6 = 3,20 / 6 = 0,53 \text{ m}$
2. Lado mayor de la columna = 0,35 m
3. 45 cm
4. 16 veces el \varnothing varilla longitudinal = 0,30 m
5. 48 veces el \varnothing varilla transversal = 0,45 m

Se propone una longitud de confinamiento de 55 cm en ambos extremos.

Cálculo de la relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45((A_g / A_{ch}) - 1)(0,85 * f'_c / F_y)$$
$$\rho_s = 0,45((35^2 / 30^2) - 1)(0,85 * 281 / 4 200) = 0,0092$$

Es necesario chequear que $\rho_s > 0,12f'_c/f_y$

$$\rho_s > 0,12 * 281 / 4 200 = 0,008$$
$$0,0092 > 0,008 ; \text{chequea}$$

Calculando el espaciamiento en función de la cuantía volumétrica, utilizando varillas #3:

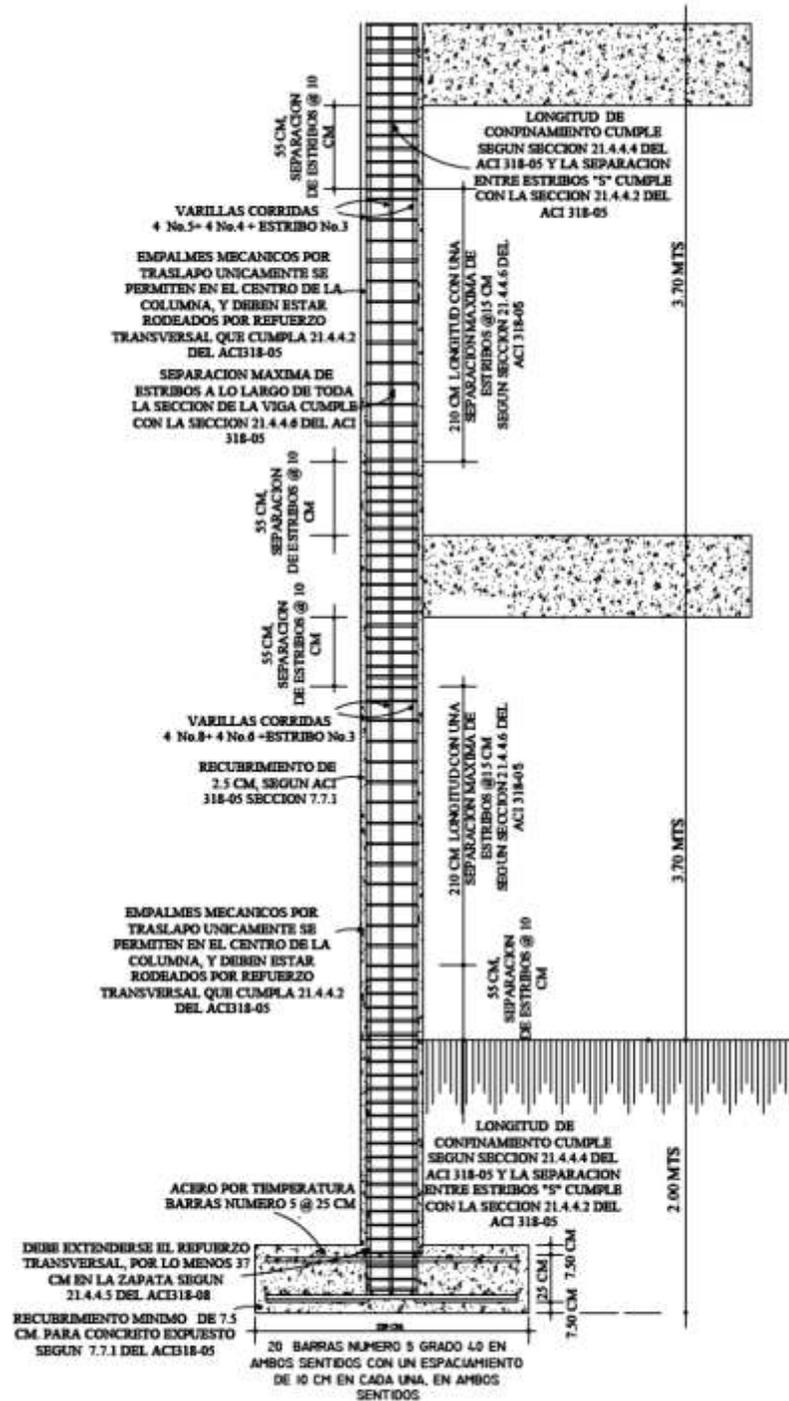
$$S = \frac{4A_v}{\rho_s * L_n} = \frac{4 * 0,71}{0,0092 * 30} = 10,23 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 10 cm en zona confinada

Se colocarán estribos rotados a 45° alternados según código ACI 318, en el capítulo 7.10.5, debido a las barras longitudinales en las caras.

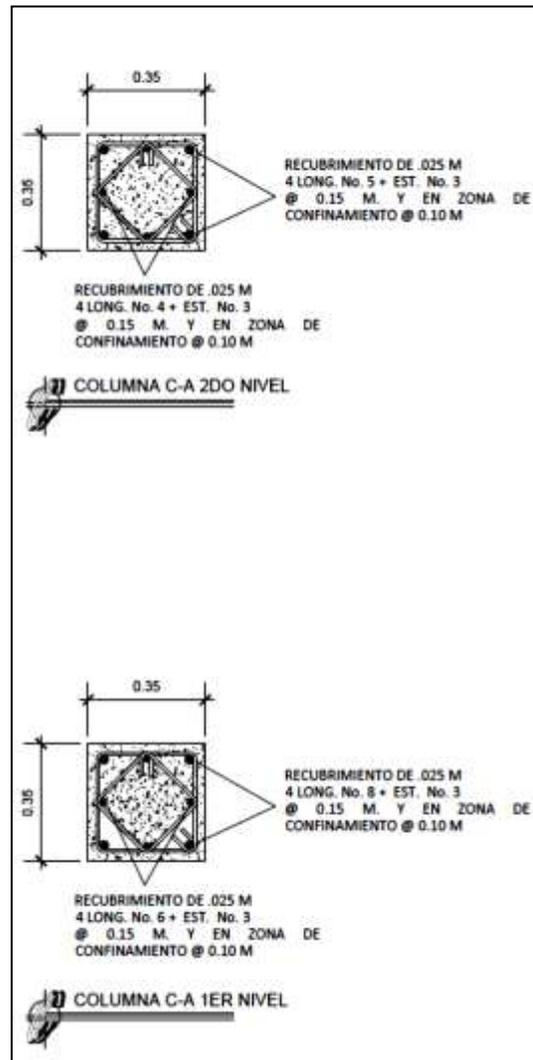
Este procedimiento se aplicó a las columnas del segundo nivel, dando como resultado un refuerzo longitudinal de 4 #5 + 4 #4 y un refuerzo transversal #3 @ 10 cm en la zona de confinamiento y @ 15cm en el resto. A continuación se muestra el resultado de diseño de la columna, para los dos niveles.

Figura 38. Armado final de columna



SECCION DETALLE DE COLUMNA DE TIPO C-A

Continuación de la figura 38.



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.2.6.11. Diseño de gradas

Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de su relación de pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella.

Si C = huella y H = contrahuella se deben cumplir los siguientes criterios:

$$C < 20 \text{ cm}$$

$$H > C$$

$$2C + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm};$$

$$C * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Cargas de diseño para una escalera:

$$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados)};$$

$$PP \text{ (escalera)} = Wc = (t + C / 2)$$

Número de escalones mínimo:

$$h/C_{\max} = 3,70 / 0,19 = 20 \text{ escalones. Se tomarán 10 contrahuellas antes del descanso}$$

$$\text{Número de huellas} = 10 - 1 = 9 \text{ huellas}$$

Chequeo:

$$C = 19 \text{ cm} < 20 \text{ cm}; H = 26 \text{ cm}$$

$$2C + H = 2(19) + 16 = 64$$

$$C + H = 19 + 26 = 45 \text{ cm}$$

$$c \times H = 19 * 26 = 494 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se tienen 10 contrahuellas de 19 cm y 9 huellas de 26 cm.

Espesor de la losa:

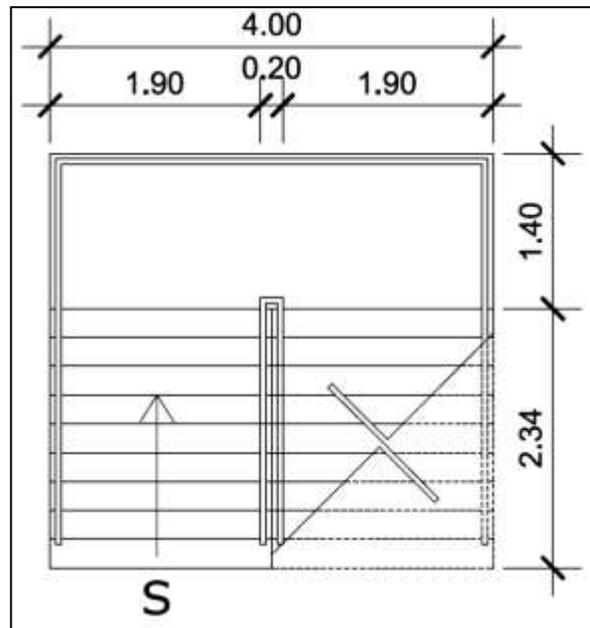
Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada tenemos:

$$\text{Longitud de la losa} = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$\text{Longitud de la losa} = \sqrt{2,34^2 + 1,90^2} = 3,01\text{m}$$

$$t = \frac{\text{Longitud}}{24} = \frac{3,01}{24} = 0,13\text{ m}$$

Figura 39. **Planta módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Integración de cargas:

$$\text{Peso propio de la escalera} = \gamma_c \cdot (t + c/2)$$

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2400 (0,13 + 0,19 / 2) = 590 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 60 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Total carga muerta} = 650 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V = 1,40 (650) + 1,70 (500) = 1759 \text{ Kg/m}^2$$

Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, por lo tanto:

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1759 \cdot 3,01^2}{9}=1776,33 \text{ kg-m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1759 \cdot 3,01^2}{14}=1441,92 \text{ kg-m}$$

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} \cdot b \cdot d$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14,1 / F_y$$

b = franja unitaria.

t = espesor de la losa.

d = peralte efectivo.

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = 10,02 \text{ cm}$$

$$A_{s\text{mín}} = (14,1 / 2810) \cdot 100 \cdot 10,02 = 6,07 \text{ cm}^2$$

Cálculo de Acero requerido

$$A_{sM(-)} = \frac{0,85 \cdot 281}{2 \cdot 810} \left[100 \cdot 10,02 - \sqrt{(100 \cdot 10,02)^2 - \frac{1 \cdot 141,92 \cdot 100}{0,003825 \cdot 281}} \right] = 3,80 \text{ cm}^2$$

Como A_{smin} es mayor que $A_{sM(-)}$ se colocará A_{smin} .

Separación para A_{smin} con varillas No. 3:

$$5,98 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

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

Aplicando una regla de tres:

$$S = 0,71 \cdot 100 / 5,98 = 11,91 \text{ cm}$$

Por facilidad de armado se escoge una separación de 10cm

$$\text{Acero por temperatura} = A_s = 0,002 \cdot b \cdot t = 0,002 (100) \cdot (13) = 3,014 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{máx}} = 2 \cdot t = 2 \cdot 13 = 26 \text{ cm};$$

Separación para A_{temp} con varillas No. 3:

$$3,014 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

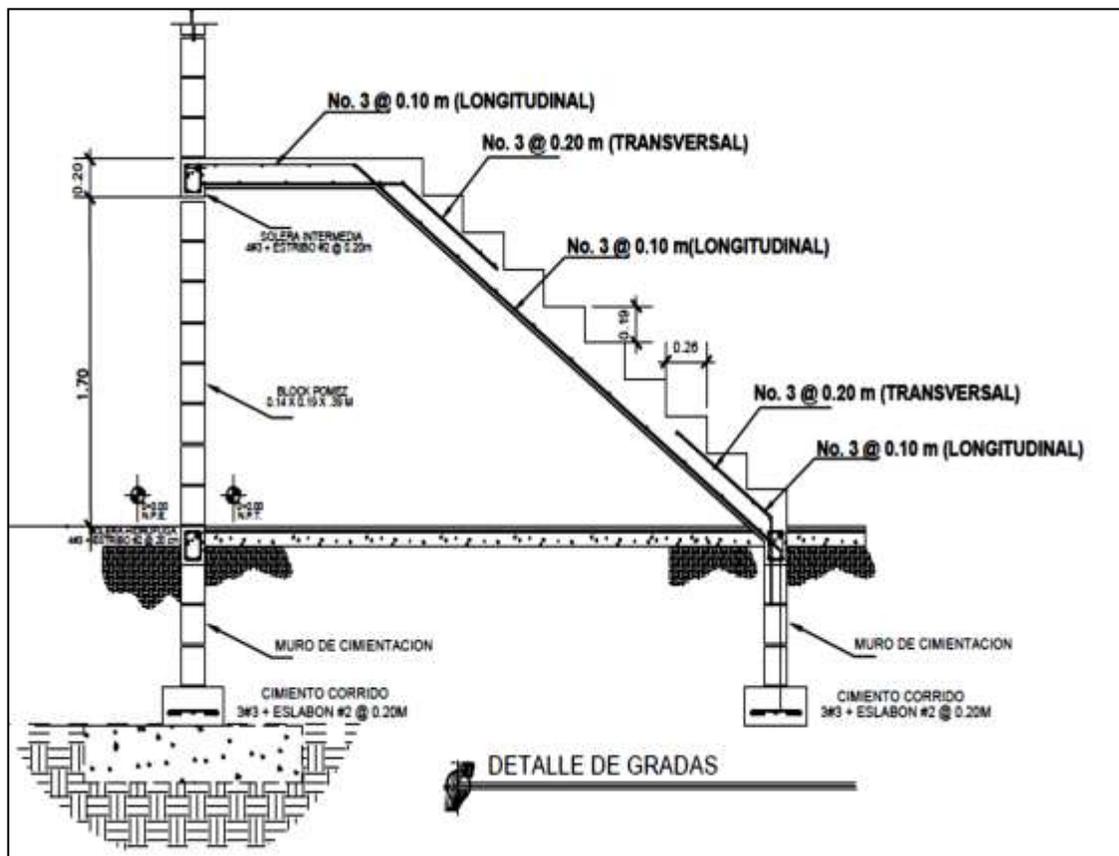
$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 0,71 \cdot 100 / 3,014 = 23,64 \text{ cm}$$

El acero por temperatura será con varilla No. 3 @ 0,20m y se colocará en sentido transversa.

Figura 40. Armado final de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.2.6.12. Diseño de cimientos

El tipo de cimentación depende, principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo. En este proyecto, se diseñarán zapatas concéntricas de forma cuadrada y cimiento corrido para cargar los muros de mampostería. Las zapatas son miembros

estructurales que se usan para soportar columnas y muros, para transmitir sus cargas al suelo subyacente. Los datos para diseño son el valor soporte del suelo y los momentos obtenidos en el análisis estructural.

Zapatas:

Datos:

$$M_x = 12,73 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 8,64 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 43,93 \text{ ton}$$

$$V_s = 18 \text{ ton/m}^2$$

$$\rho_{\text{suelo}} = 1,21 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Desplante} = 2 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,49$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/m}^3$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

Cargas de trabajo:

$$P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{43,93}{1,49} = 29,48 \text{ ton}$$

$$M'_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{12,73}{1,49} = 8,55 \text{ ton-m}$$

$$M'_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{8,64}{1,49} = 5,80 \text{ ton-m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5P't}{V_s} = \frac{1,5 \cdot 29,48}{18} = 2,49 \text{ m}^2$$

Debido a que las características del suelo son malas, se propone una zapata de 2,20mX2,20m, para un área de zapata de 4,84m², se procede a chequear este valor.

Revisión de presión sobre el suelo:

La zapata transmite verticalmente al suelo las cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con éste, ejerce una presión cuyo valor se define por la fórmula:

$$q = \frac{P_{cg}}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y}, \text{ donde } S = \frac{bh^2}{6}$$

$$P = P' + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}}$$

$$P = 29,48 + (4,84 \cdot 2 \cdot 1,21) + (4,84 \cdot 0,40 \cdot 2,40) = 45,84 \text{ ton}$$

$$S_x = S_y = \frac{2,20 \cdot 2,20^2}{6} = 1,77$$

$$q_{\max} = \frac{45,85}{4,84} + \frac{8,55}{1,77} + \frac{5,80}{1,77} = 17,55 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\min} = \frac{45,85}{4,84} - \frac{8,55}{1,77} - \frac{5,80}{1,77} = 1,39 \text{ ton/m}^2$$

$q_{\text{máx}} = 17,55 \text{ ton/m}^2$ cumple, no excede el V_s
 $q_{\text{mín}} = 1,39 \text{ ton/m}^2$ cumple, sólo compresiones

Para efectos de diseño se determina una presión constante; aplicando un criterio conservador, se realiza el diseño con la presión máxima, afectada por el factor de carga última.

$$q_u = F_{cu} * q_{\text{máx}} = 1,49 * 17,55 = 26,15 \text{ ton/m}^2$$

Espesor de zapata:

Se determina el espesor de la zapata teniendo en cuenta que esta debe resistir el corte simple o corte flexionante, y el corte punzonante causado por la columna y las cargas actuantes. Según el código ACI 318-05, el recubrimiento del refuerzo no debe ser menor de 0.075 m, y que el peralte efectivo tiene que ser mayor de 0.15 m mas el recubrimiento y el diámetro de la varilla a utilizar.

Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec.} - \varnothing_{\text{var}}/2, \text{ con un } t \text{ asumido} = 40 \text{ cm}$$

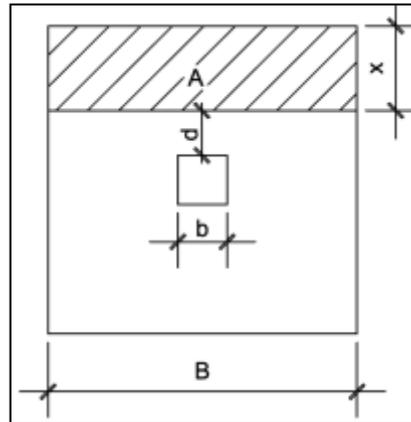
$$d = 40 - 7,5 - 1,59/2$$

$$d = 31,80 \text{ cm}$$

Corte simple:

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 41. Corte simple en zapata



Fuente: elaboración propia.

$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = 2,20 / 2 - 0,35/2 - 0,3180 = 0,309\text{m}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área} \cdot q_u = 2,20 \cdot 0,309 \cdot 26,15 = 34,89 \text{ Ton.}$$

Corte resistente:

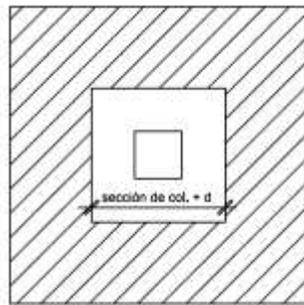
$$V_{res} = 0,53 \cdot \phi \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f'_c} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot 31,80 \cdot \sqrt{281} = 52\,940,08 \text{ kg} \approx 52,94 \text{ Ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte simple.

Corte punzonante:

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d / 2$, del perímetro de la columna.

Figura 42. **Corte punzonante en zapata**



Fuente: elaboración propia.

Corte actuante por punzonamiento:

$$V_{act\ punz} = \text{Área} * q_u$$

$$V_{act\ punz} = [(2,20 * 2,20) - ((0,35 + 0,3180) * (0,35 + 0,3180))] * 26,15$$

$$V_{act\ punz} = 114,89 \text{ Ton.}$$

Corte resistente a punzonamiento:

$$V_r\ punz = 1,06 * \phi * b_o * d * \sqrt{f'c}$$

b_o = perímetro de sección crítica de punzonamiento

$$b_o = 4(35 + 31,80) = 267,46 \text{ cm}$$

$$V_r \text{ punz} = 1,06 * 0,85 * 267,46 * 31,80 * \sqrt{281} = 128\,721,39 \text{ kg} \approx 128,78 \text{ Ton}$$

$V_r > V_{act}$, el espesor resiste el corte punzonante, las dimensiones son adecuadas, se procede al diseño a flexión.

Diseño del refuerzo por flexión:

La zapata se diseña a flexión. El refuerzo se calcula para cubrir el momento flector (M_u) en la zapata, como producto del empuje hacia arriba del suelo. La zapata actúa como una losa en voladizo.

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

Donde: L = distancia medida del rostro de la columna al final de la zapata.

$$M_u = \frac{26\,150 * \left(\frac{2,20}{2} - \frac{0,35}{2}\right)^2}{2} = 11\,189 \text{ kg-m}$$

El área de acero se define por la fórmula:

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

$$A_s = \frac{0,85*281}{2\,810} \left[100*31,80 - \sqrt{(100*31,80)^2 - \frac{11\,189*100}{0,003825*281}} \right] = 14,26 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 14,1 * b * \frac{d}{f_y}$$

$$A_{smin} = 14,1 * 100 * \frac{31,80}{2810} = 15,99$$

$A_{smin} = 15,99 \text{ cm}^2$; como A_{smin} es mayor que A_s , se colocará A_{smin} .

Separación para A_{smin} con varillas No. 5

$$15,99 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,97 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,97 * 100 / 15,99 = 12,38 \text{ cm}$$

Por facilidad de armado el espaciamiento será de 10 cm, por lo tanto, colocar varillas No. 5 @ 10 cm en ambos sentidos de la zapata.

$$A_s \text{ temperatura} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 40 = 8 \text{ cm}^2,$$

Separación para A_{smin} con varillas No. 5

$$8,0 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

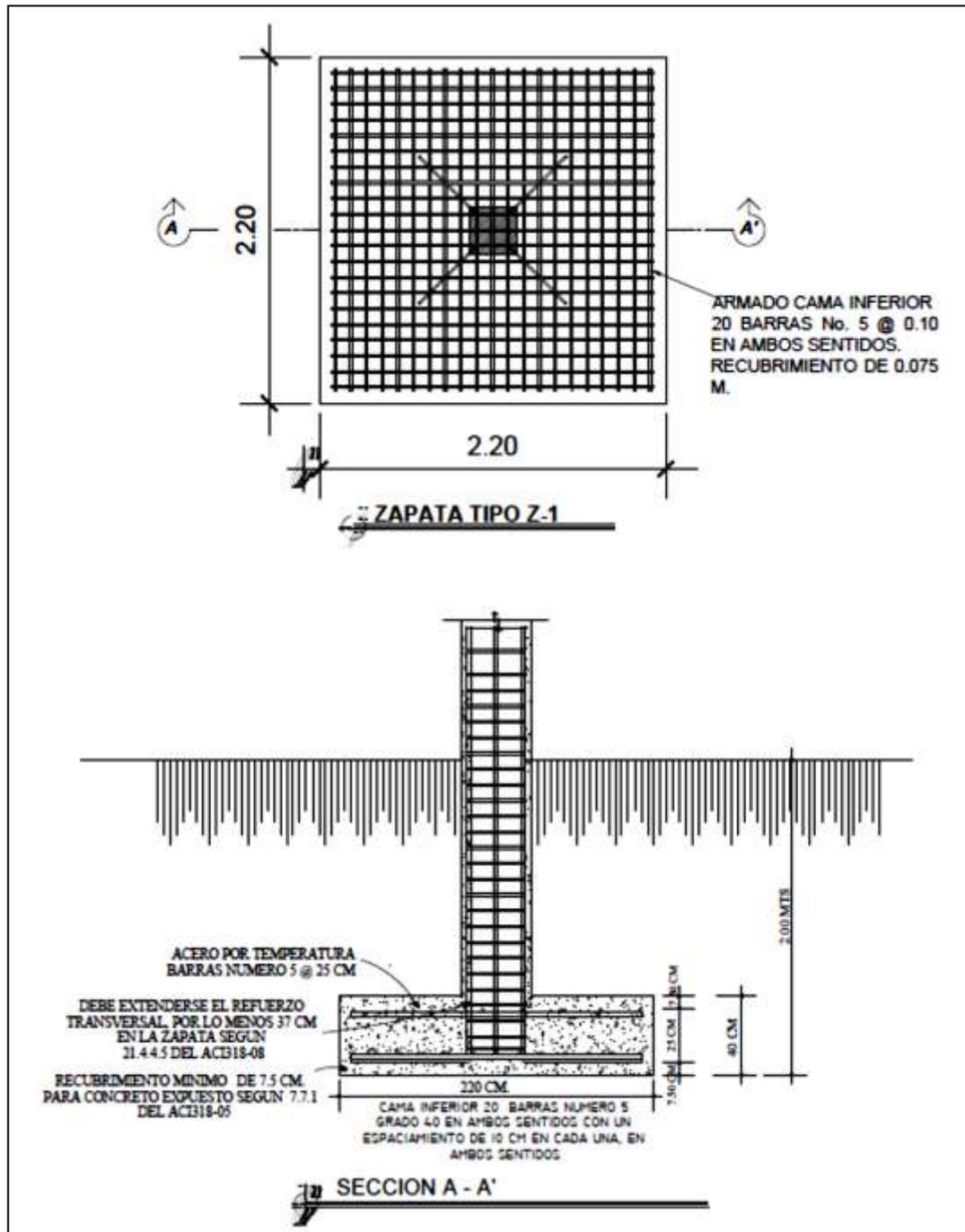
$$1,97 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,97 * 100 / 8,0 = 25,0 \text{ cm}$$

Colocar varilla No.5 @ 25 cm en ambos sentidos de la zapata, en cama superior.

Figura 43. Detalle de armado de zapata



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

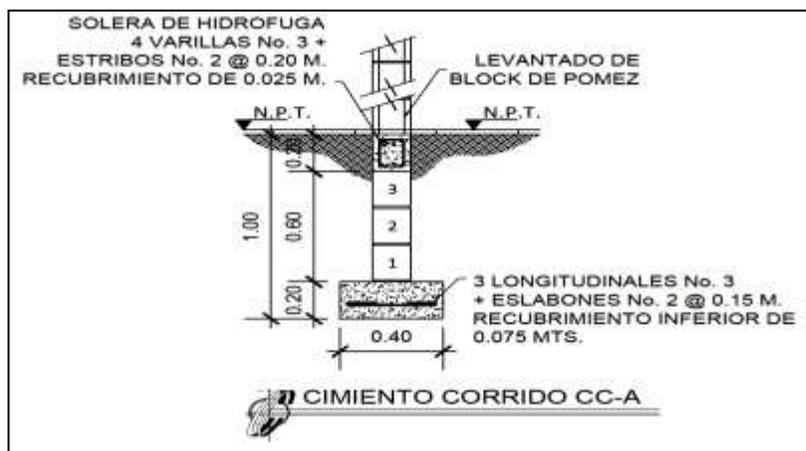
Cimiento corrido:

Es el cimiento que se le coloca a los muros, éste se calcula como una franja unitaria. Se diseñarán para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno, debiendo ser contínuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se ha propuesto el diseño de los cimientos corridos de forma trapezoidal que a la vez cumple la función de solera de humedad, considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura aproximada de 3 metros y que en un modulo independiente las losas de las gradas serán apoyadas en cimientos corridos tradicionales.

Las dimensiones mínimas para cimientos corridos tradicionales son:

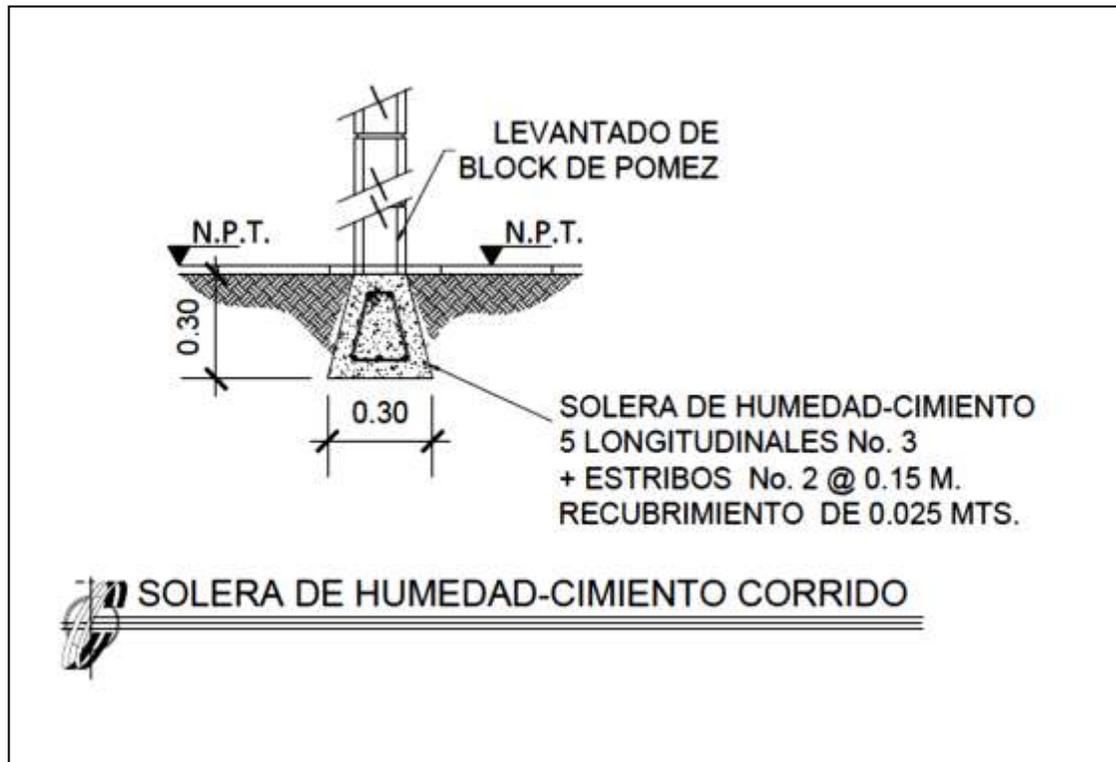
Viviendas de dos niveles 20 cmX40 cm

Figura 44. **Detalle de armado de cimiento tradicional**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 45. **Detalle de armado de cimiento trapezoidal**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.2.7. Instalaciones

Las instalaciones son el conjunto de redes y equipos fijos que permiten el suministro y operación de los servicios que ayudan a los edificios a cumplir las funciones para las que han sido diseñados. En el proyecto se trabajaron las instalaciones de: agua potable, drenajes y electricidad.

2.2.7.1. Agua potable

El proyecto se proveerá de agua potable en cantidad y presión suficiente para satisfacer las necesidades y servicio de los usuarios, de acuerdo con los siguientes requisitos mínimos:

- El servicio de agua potable será continuo durante 12 horas del día
- La dotación mínima aceptable es de 200 litros/persona/día
- Son aceptables redes de distribución diseñados por circuitos cerrados
- En puntos estratégicos de fácil acceso, deben instalarse válvulas de control, que permitan aislar tramos de tubería para operaciones de mantenimiento; sin que para esto sea necesario cortar el servicio de agua a todo el edificio.
- Las tuberías deben colocarse lo más apartado posible de las de drenaje y nunca a nivel inferior que estas.
- En los puntos de cruce entre tubería de agua y drenaje, las primeras deben quedar por lo menos 20 cm, por encima protegidas con mortero o concreto en una longitud de 1 m, a cada lado del cruce.
- Cuando la presión y el servicio de agua no sean suficientes, se instalaran sistemas que proporcionen un abastecimiento adecuado; siendo estos tanques o cisternas con equipos hidroneumáticos.

Tabla XXX. **Equivalencias de gastos de tuberías de agua, tomando como unidad la tubería de 1/2" de diámetro, para las mismas condiciones de pérdida de presión y para una presión dada**

Diámetro del tubo en pulgadas	Número de tubos de 1/2" con la misma capacidad
1/2	1
3/4	2,9
1	6,2
1 1/4	10,9
1 1/2	17,4
2	37,8
2 1/2	65,5

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 58.

Cálculo de subramales:

Dependiendo del aparato sanitario, se le asigna un diámetro en pulgadas a cada subramal, en este caso se asignaron de la siguiente manera:

Lavamanos 1/2"

Inodoro con tanque 1/2"

Lavadero de cocina 1/2"

Pila 1/2"

Chorros para patio 1/2"

Cálculo de ramales:

Utilizando la tabla XXX, se le asigna un número (equivalencia) a cada subramal en función de su diámetro obtenido anteriormente quedando de la siguiente manera:

- $\frac{1}{2}$ " = 1,0
- $\frac{3}{4}$ " = 2,9
- 1" = 6,2

Luego, empezando desde el punto más alejado con respecto al alimentador principal, se analiza ramal por ramal y en función de los números anteriores, se calcula el diámetro quedando de la siguiente manera:

Tabla XXXI. **Cálculo de diámetro de tubería de agua potable**

Tramo	Equivalencia	Diámetro	Tramo	Equivalencia	Diámetro
27-28	1	1/2"	29-30	1	1/2"
27-25	2	3/4"	29-27	2	3/4"
25-26	1	1/2"	16-15	2	3/4"
25-23	2	3/4"	15-2	2	3/4"
23-24	1	1/2"	2-acom.	2	3/4"
23-21	2	3/4"	2-3	2	3/4"
21-22	1	1/2"	3-4	2	3/4"
21-19	2	3/4"	4-5	1	1/2"
19-20	1	1/2"	4-6	2	3/4"
19-17	2	3/4"	6-7	1	1/2"
17-18	1	1/2"	6-8	2	3/4"
17-16	2	3/4"	8-9	1	1/2"
16-35	2	3/4"	8-10	2	3/4"
35-36	1	1/2"	10-11	1	1/2"

Continuación de la tabla XXXI.

35-33	2	3/4"	10-12	2	3/4"
33-34	1	1/2"	12-13	1	1/2"
33-31	2	3/4"	12-14	2	3/4"
31-32	1	1/2"	14-3	2	3/4"
31-29	2	3/4"			

Fuente: elaboración propia,

Se concluye que el tipo de tubería a utilizar será de cloruro polivinilo PVC de 3/4" de diámetro para ramales principales y de 1/2" de diámetro para las conexiones a los artefactos sanitarios (tabla XXXI).

Cálculo de la línea principal:

De acuerdo con la tabla XXII se le asigna un número de unidades de gasto o unidades Hunter (UH) a cada uno de los artefactos sanitarios en función de su tipo, quedando de la siguiente manera:

Lavamanos	1
Lavadero de cocina	3
Inodoro con tanque	3
Pila	3
Chorros para patio	1

Tabla XXXII. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto
Tina	Llave normal	2
Lavadora	Eléctrica	3
Ducha	Llave normal	2
Inodoro	Con tanque	3
Inodoro	Con válvula semiautomática	6
Lavadero	Cocina	3
Lavadero	Repostero	3
Lavaplatos	Combinación	3
Lavamanos	Llave normal	1
Uninario	Con tanque	3

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 48.

De esta manera la cantidad de UH por nivel será de:

Primer nivel

2 lavamanos x 1 UH = 2 UH
 2 Inodoros con tanque x 3 UH = 6 UH
 1 Ducha x 2 UH = 2 UH
 Total = 10 UH

Segundo nivel

3 lavamanos x 1 UH = 3 UH
 3 Inodoros con tanque x 3 UH = 9 UH

1 Lavadero de cocina x 3 UH	= 3 UH
3 Duchas x 2 UH	= 6 UH
Total	= 21 UH

El número de UH totales será:

$$10 \text{ UH} + 21 \text{ UH} = 31 \text{ UH} \text{ (15 UH con tanque y 16 UH con válvula)}$$

Con el número total de UH y utilizando la tabla XXXIII, se tiene un gasto probable de 1,67 l/s (0,45 unidades con tanque y 1,22 unidades con válvula)

Estimando una velocidad de 1 m/s, una altura de niveles de 3,70 m y tubería de PVC, se calcula el diámetro para cada tramo mediante la fórmula siguiente:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 \times l \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times H_f}}$$

El diámetro a usar para la línea de distribución que alimenta los diferentes niveles será de 1”.

Tabla XXXIII. **Gasto probable para la aplicación del método de Hunter(l/s)**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0,12	--	40	0,91	1,74
4	0,16	--	42	0,95	1,78
5	0,23	0,91	44	1,00	1,82
6	0,25	0,94	46	1,03	1,84

Continuación de la tabla XXXIII.

7	0,28	0,97	48	1,09	1,92
8	0,29	1,00	50	1,13	1,97
9	0,32	1,03	55	1,19	2,04
10	0,34	1,06	60	1,25	2,11
12	0,38	1,12	65	1,31	2,17
14	0,42	1,17	70	1,36	2,23
16	0,46	1,22	75	1,41	2,29
18	0,50	1,27	80	1,45	2,35
20	0,54	1,33	85	1,50	2,40

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 50.

2.2.7.2. Drenajes

Drenaje sanitario:

La función del sistema de drenaje en el edificio consistirá en eliminar con seguridad y rapidez los desechos sólidos, de acuerdo con los siguientes requisitos mínimos:

- Deberá dotarse de un sistema separativo de drenajes, que garantice la correcta evacuación y disposición de las aguas negras y pluviales.
- El objetivo del drenaje sanitario es la evacuación de las aguas residuales provenientes de sanitarios, cocinas y otros.

Las tuberías enterradas deben tener una pendiente mínima de 2% y una máxima de 6%.

Tabla XXXIV. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 1/4	2	2
Bidet	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Cuarto de baño completo	7	--	--	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 1/4	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Urinario vertical	--	4	4	--	2	2
Fregadero de viviendas	3	--	--	1 1/4	--	--
Fregadero de restaurante	--	8	8	--	3	3
Lavadero (ropa)	3	--	--	1 1/4	1 1/4	--
Vertedero	--	8	8	--	3	--
Bebadero	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Lavaplatos de casa	2	--	--	1 1/2	--	--
Lavaplatos comercial	--	4	--	--	--	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 71.

Utilizando la tabla XXXIV, se le asigna un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario, dependiendo la clase

de instalación, en este caso es una instalación de primera clase, quedando de la siguiente manera:

Tabla XXXV. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje**

Tipo de mueble o aparato	Número de unidades mueble (um)	Diámetro (pulgada)
Lavamanos	1	1 1/4
Inodoro con tanque	4	3
Lavadero de cocina	3	1 1/4
Drenaje de piso	3	3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Caudales base de los artefactos sanitarios**

Designación de los aparatos	Caudal base l/seg
Bidé, lavapies	0,50
Lavabo	0,75
Fregadero,lavadero	0,75
Ducha	0,50
Bañera	1,50
Urinario	1,00
Inodoro no sifónico	1,50
Inodoro sifónico	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 73.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se determina utilizar un diámetro de 3" para todas las derivaciones simples.

Tabla XXXVII. **Dimensiones para circuitos horizontales de ventilación**

Diámetro del tubo de desagüe (plg)	Máximo No. de unidades	Diámetro del circuito de ventilación				
		1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
		Máxima longitud horizontal en pies				
1 1/2	10	20				
2	12	15	40			
2	20	10	30			
3	10		20	40	100	
3	30			40	100	
3	60			16	80	
4	100	7		20	52	200
4	200	6		18	50	180
4	500			14	36	140

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 68.

Tabla XXXVIII. **Diámetros y longitudes para circuitos verticales de ventilación**

Diámetro de desagüe vertical	Unidades de pesoconectadas	Diámetro de ventiladores requeridos								
		1 1/4"	1 1/2"	2"	2"	3"	4"	5"	6"	8"
		Máxima longitud del ventilados en pies								
1 1/4	2	3								
1 1/2	8	5	15							
1 1/2	10	3	10							
2	12	3	75	20						

Continuación de la tabla XXXVIII.

2	20	2	50	15						
2 1/2	42		30	10	30					
3	10		30	10	20	60				
3	30			60	20	50				
3	6			50	80	40				
4	100			35	10	26	100			
4	200			30	90	25	900			
4	500			20	70	18	700			
5	200				35	80	350	100		

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios, p. 69.

Cálculo de las derivaciones en colector o columnas

Se calcula el número de UM por cada apartamento, con la tabla XXXV y de acuerdo con la tabla XXXVI se estima un caudal por aparato y por nivel de la siguiente forma:

Primer nivel:

2 lavamanos x 1 UH	2 UM	0,75 = 1,50 l/s
2 Inodoros con tanque x 3 UH	6 UM	2,00 = 4,00 l/s
1 Ducha x 2 UH	2 UM	1,50 = 1,50 l/s
Total	10 UM	= 7,00 l/s

Segundo nivel:

3 lavamanos x 1 UH	= 3 UM	0,75 = 2,25 l/s
3 Inodoros con tanque x 3 UH	= 9 UM	2,00 = 6,00 l/s
1 Lavadero de cocina x 3 UH	= 3 UM	0,75 = 0,75

3 Duchas x 2 UH	= 6 UM	1,50	= 4,50 l/s
Total	= 21 UM		= 13,50 l/s

De acuerdo con la tabla XXXVII y XXVIII se tiene para la tubería vertical del segundo nivel para el primer un diámetro de 4”.

Drenaje pluvial:

El objetivo del drenaje pluvial es la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, debiendo diseñarse el sistema de acuerdo con los requisitos siguientes:

- Las bajadas deben ubicarse si es posible en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas con mortero, concreto u otro material.
- Los diámetros requeridos para tuberías horizontales son aceptables de 3” en áreas interiores y 4” para áreas exteriores.

Se dispondrán ocho bajadas de agua pluvial para drenar el techo del edificio y el diámetro de cada una de ellas se calcula de la siguiente manera:

Se calcula el caudal con la formula siguiente:

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}$$

Donde:

Q = caudal m³/s

C = coeficiente de escorrentia del concreto (0,90)

I = intensidad de lluvia (mm/h)

$$I = \frac{1\ 008}{(t + 4)^{0,6688}}$$

t= tiempo de concentración, se asume un tiempo de 30 segundos

Obteniendo una I=369 mm/hora

El área a drenar por cada bajada será de 27,67 m² o 0,0028 hectáreas, que es la octava parte del área total de la azotea para la cual se calcula el caudal:

$$Q = \frac{0,9 * 369 * 0,0028}{360} = 0,0026\ m^3 = 2,6\ l/s$$

Luego, se calcula el diámetro de la tubería, por medio de la fórmula de Manning, de la siguiente manera:

$$D = \left(\frac{691\ 000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Como se utilizará tubería de PVC, se estima un coeficiente de rugosidad n = 0,009, se estimará una pendiente de 0,5%, quedando:

Diámetro de 7,56 cm = 2,97"

Se recomienda utilizar tubería PVC de 3" de diámetro.

2.2.7.3. Electricidad

Con base en el Manual de normas para acometidas de servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA), en la sección V: apartamentos, edificios, centros comerciales y construcciones similares. Normas y códigos para instalación comercial:

Acometida:

Conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir la electricidad desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La instalación de la acometida consta de los siguientes elementos básicos:

- Poste de distribución
- Poste de acometida
- Cables de acometida
- Contador o medidor
- Caja *socket* para contador
- Medios de protección
- Tableros de distribución

De acuerdo con lo anterior, se colocará un contador y un tablero principal con tierra física.

Para conexión de electrodos a tierra se debe colocar una varilla de cobre de una longitud mínima de 2,5 metros y ½" de diámetro

Circuitos:

Según la norma, los circuitos de iluminación y tomacorrientes se protegerán con un flipón de 15 a 20 amperios por cada 12 unidades como máximo, basándose principalmente en lo que determinen los cálculos.

Se consideró el método del total de potencia que son los watt o kilowatt que suman todas las lámparas, tomacorrientes y el resto de conexiones eléctricas y, así lograr la iluminación adecuada en cada área específica

52 lámparas (tipo industrial 2x40) de 80 watt +14 bombillas de 80 watt
= 5 280 watt

63 tomacorrientes de 300 watt cada uno = 18 900 watt

Sumatoria 24 180 watt

Con base en lo especificado por la norma, y teniendo una potencia de 24 180 watt, se colocarán 17 circuitos, 7 para iluminación y 10 para fuerza.

Conductores:

El calibre de los conductores será de acuerdo estrictamente al cálculo respectivo, pero en ningún momento podrá ser menor de 12 AWG, TW.

Para el cálculo del calibre de la iluminación, se debe determinar la corriente de los circuitos para cada nivel:

(1 circuito) 10 lámpara tipo industrial (2x40) * 80 watt = 800 watt

$$I_{iluminación} = \frac{P}{V} = \frac{800 \text{ watt}}{120} = 6,67 \text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada bombilla es de 5,00 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 v con un 5% de caída de voltaje es 12 AWG, TW.

Para el cálculo del calibre de fuerza, se debe determinar la corriente del circuito para cada nivel, tomando en cuenta el uso simultaneo de los tomacorrientes:

$$(1 \text{ circuito}) 7 \text{ tomacorrientes} * 300 \text{ watt} = 2100 \text{ watt}$$

$$I_{iluminación} = \frac{P}{V} = \frac{2100 \text{ watt}}{120} = 17,5 \text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada tomacorriente es de 5 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 V con un 2% de caída de voltaje es 12 AWG, TW.

Debido a que la corriente es de 6,67 A para iluminación y de 17,5 A para fuerza, se colocará un flipón de 15 A por cada circuito de iluminación y 20 A por cada circuito de fuerza, dando como resultado el uso de 7 flipón de 15 A y 10 flipón de 20 A.

Tubería y ductos:

Se utilizará tubería plástica (poliducto), en caso de quedar enterrada o bajo tierra, se deberá proteger con concreto pobre, las uniones deberán ser completamente impermeables.

Dependiendo del calibre y el número de conductores que pasan por el tubo, así será el diámetro requerido.

2.2.8. Elaboración de planos

Se elaboraron 13 planos, los cuales especifican detalladamente la edificación, los cuales son:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Elevaciones
- Planta de cimentación y columnas
- Detalles estructurales
- Detalles de vigas y gradas
- Planta de losas y vigas
- Planta de instalación eléctrica iluminación
- Planta de instalación eléctrica fuerza
- Planta de drenaje sanitario
- Planta de drenaje pluvial
- Planta instalación hidráulica

2.2.9. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios del caso del proyecto del agua potable, en cuanto a indirectos se aplicó el 35%.

Tabla XXXIX. Presupuesto

PROYECTO: DISEÑO DE EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA CENTRO DE CONVERGENCIA DEL CASERÍO EL ENCANTO
MUNICIPIO: SOLOLÁ
DEPARTAMENTO: SOLOLÁ
CALCULÓ: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS), INGENIERIA CIVIL

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	SUBTOTAL
1	PRELIMINARES	-	-	-	-
1.1	LIMPIEZA , TRAZO Y REPLANTEO	GLOBAL	1.00	Q 10,570.30	Q 10,570.30
1.2	ZANJEO	M3	360.00	Q 43.08	Q 15,507.99
1.3	RELLENO DE ZANJA	M3	342.00	Q 22.96	Q 7,853.49
2	CIMENTACIÓN	-	-	-	-
2.1	ZAPATA Z-1	Unidad	24	Q 8,809.08	Q 211,418.10
2.2	ZAPATA Z-2	Unidad	2	Q 1,226.48	Q 2,452.95
2.3	CIMIENTO CC-1	ML	120	Q 310.34	Q 37,241.10
2.4	MURO DE CIMENTACIÓN	M2	84	Q 216.35	Q 18,173.70
3	VENTANAS(aluminio + vidrio)	M2	61.2	Q 911.25	Q 55,768.50
4	PUERTAS (metal)	UNIDAD	18	Q 1,302.00	Q 23,436.00
5	COLUMNAS	-	-	-	-
5.1	COLUMNA C-A PRIMER NIVEL	ML	125	Q 906.38	Q 113,297.94
5.2	COLUMNA C-A SEGUNDO NIVEL	ML	80	Q 810.87	Q 64,869.53
5.3	COLUMNA C-B	ML	403	Q 443.27	Q 178,635.98
5.4	COLUMNA C-C	ML	217	Q 362.91	Q 78,751.17
6	MUROS	-	-	-	-
6.1	LEVANTADO DE BLOCK	ML	664.19	Q 277.15	Q 184,082.99
7	SOLERAS	-	-	-	-
7.1	SOLERA INTERMEDIA	ML	390	Q 337.64	Q 131,679.88
7.2	SOLERA CORONA	ML	255	Q 376.99	Q 96,131.41
7.3	SOLERA DE HUMEDAD	ML	120	Q 339.38	Q 40,725.99
7.4	SOLERA DINTEL PUERTA	ML	18	Q 374.65	Q 6,743.66
8	VIGAS	-	-	-	-
8.1	VIGA 1.1	ML	23.76	Q 1,165.68	Q 27,696.57
8.2	VIGA 1.2	ML	17.4	Q 1,259.97	Q 21,923.46

Continuación de la tabla XXXIX.

8.3	VIGA 1.3	ML	18	Q	1,238.69	Q	22,296.47
8.4	VIGA 1.4	ML	18.24	Q	1,148.87	Q	20,955.40
8.5	VIGA 1.5	ML	19.2	Q	1,169.87	Q	22,461.57
8.6	VIGA 1.6	ML	23	Q	1,138.82	Q	26,192.84
8.7	VIGA 1.7	ML	24.88	Q	1,253.81	Q	31,194.77
8.8	VIGA 2.1	ML	23.76	Q	1,149.32	Q	27,307.77
8.9	VIGA 2.2	ML	17.4	Q	1,224.59	Q	21,307.86
8.10	VIGA 2.3	ML	18	Q	1,200.44	Q	21,607.97
8.11	VIGA 2.4	ML	18.24	Q	1,109.20	Q	20,231.80
8.12	VIGA 2.5	ML	19.2	Q	1,116.15	Q	21,430.17
8.13	VIGA 2.6	ML	23	Q	1,081.06	Q	24,864.44
8.14	VIGA 2.7	ML	24.88	Q	1,208.23	Q	30,060.77
9	LOSAS	-	-	-	-	-	-
9.1	LOSAS	M2	510	Q	835.84	Q	426,277.69
10	PISO DE GRANITO (30x30 cm)	M2	425	Q	380.51	Q	161,717.18
11	PISO ADOQUINADO + BORDILLO	M2	87	Q	410.04	Q	35,673.08
12	DRENAJES	-	-	-	-	-	-
12.1	DRENAJE SANITARIO (aguas negras)	GLOBAL	1	Q	30,601.53	Q	30,601.53
12.2	DRENAJE PLUVIAL	GLOBAL	1	Q	21,919.55	Q	21,919.55
13	ARTEFACTOS SANITARIOS	-	-	-	-	-	-
13.1	INODOROS	UNIDADES	5	Q	985.50	Q	4,927.50
13.2	LAVAMANOS(porcelana)	UNIDADES	5	Q	783.00	Q	3,915.00
14	INSTALACIÓN HIDRAULICA	GLOBAL	1	Q	12,464.55	Q	12,464.55
15	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	-	-	-	-	-	-
15.1	INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA	GLOBAL	1	Q	9,171.90	Q	9,171.90
15.2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN	GLOBAL	1	Q	20,373.12	Q	20,373.12
15.3	LAMPARA TIPO INDUSTRIAL (2X40W)	UNIDADES	52	Q	769.60	Q	40,019.40
15.4	LAMPARA INCANDESCENTE EN CIELO 60W	UNIDADES	12	Q	251.10	Q	3,013.20
16	AZULEJOS	M2	20	Q	229.03	Q	4,580.55
17	ACABADOS	-	-	-	-	-	-
17.1	ACABADOS(cernido +repello)	M2	1780	Q	120.86	Q	215,134.71
17.2	PINTURA(paredes,columnas,vigas)	M2	1240	Q	55.68	Q	69,046.56
18	PANUELOS	M2	262	Q	125.55	Q	32,895.40

Continuación de la tabla XXXIX.

19	MÓDULO DE GRADAS	M2	15	Q	815.96	Q	12,223.40
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						Q	2 720 842,89

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Evaluación de Impacto Ambiental

Es el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en su entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

- Impactos ambientales de la construcción de edificaciones

Dentro de las actividades industriales, la construcción es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales y una de las principales causantes de la contaminación atmosférica. Por lo tanto, la aplicación de criterios de construcción sostenible de las edificaciones se hace imprescindible para el respeto del medio ambiente y el desarrollo de las sociedades actuales y futuras.

En el apartado del consumo energético, hay que señalar que la actividad de construcción como tal no consume mucha energía en comparación con otras actividades humanas. Sin embargo, la consecución y procesamiento de los materiales de construcción y la utilización diaria de edificios e infraestructuras constituye de manera indirecta una de las actividades humanas más intensivas en consumo energético.

En este sentido, el hecho de que las edificaciones sean las responsables de aproximadamente el 50% de energía utilizada en el mundo , les convierte en uno de los principales causantes de las emisiones contaminantes a la atmósfera.

La energía directa e indirecta usada en las viviendas y edificios proviene principalmente de la generación por medio de hidroeléctricas y de la combustión de combustibles fósiles, que contribuyen de manera muy importante a la contaminación atmosférica, principalmente anhídrido carbónico, óxidos de azufre y de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles (COV), monóxido de carbono, óxido nitroso y partículas en suspensión.

Las emisiones directas de las edificaciones se centran sobre todo en la actividad de iluminación y operación, mientras que la producción de electricidad en las edificaciones es una de las grandes fuentes de contaminación indirecta. Asimismo, las obras públicas y la construcción de edificaciones se encuentran entre las causas de mayor contaminación acústica en las ciudades, junto con el transporte.

Además, el impacto de las actuales edificaciones, que ocupan cada vez más una mayor parte del territorio, crea un ambiente físico hostil para el desarrollo cotidiano de las actividades de los ciudadanos. En cuanto a los residuos sólidos urbanos, el mayor volumen no se genera en el período de construcción de las edificaciones, sino en su utilización diaria durante su vida útil.

Medidas de mitigación:

- Diseñar tratando de adecuarse al entorno existente

- En el momento de iniciar la construcción, señalar el área
- Repoblar con árboles nativos de la región, las áreas libres
- Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas
- Utilizar rutas alternas al centro de la población
- Enterrar las bolsas (envases de cemento y cal) en vez de quemarlas

- Fundir y trasladar materiales de construcción en días no festivos o días de plaza.

- Después de cada jornada de trabajo, limpiar el área (recoger: estacas de madera, tablas con clavos, restos de mezcla, pedazos de hierro etcétera.)

- Cuando sea posible, limitar el mover tierra solo durante la estación seca
- Compactar la tierra removida
- Establecer letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores

- Garantizar uso de equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).

- Incluir botiquín de primeros auxilios

CONCLUSIONES

1. Los caseríos Hierbabuena y El Pancá han padecido durante muchos años enfermedades de tipo gastrointestinal, producidas por el uso de fuentes de agua inadecuadas, siendo la población infantil la más afectada, además dentro del diagnóstico que se practicó, se determinó que ésta es la necesidad prioritaria , razón por la cual en este trabajo de graduación se presenta la propuesta de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual beneficiará a 194 familias actuales con el vital líquido en cantidad suficiente y de mejor calidad, elevando la calidad de vida de los habitantes en estos caseríos durante los próximos 20 años.
2. Para garantizar el buen funcionamiento de los proyectos el diseño de éstos son referenciados a normas, en el caso del Centro de Convergencia se utilizó la Norma ACI 318 S-05 y en el caso del abastecimiento de agua potable se utilizó las normas que establece la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), de esta manera se les proporcionará confiabilidad a los usuarios.
3. En el desarrollo del análisis estructural, al comparar los resultados del software ETABS con el método numérico Kani se obtuvo una variación del cinco por ciento, para el diseño se tomaron los resultados del método numérico, por ser un método más conservador.
4. De acuerdo al resultado del análisis bacteriológico efectuado a la muestra de agua en el laboratorio de la Oficina Municipal de Agua y

Saneamiento del municipio de Sololá, debe asegurarse la potabilidad de la misma aplicándole un tratamiento de desinfección, razón por la cual se contempló un sistema alimentador automático de tricloro, con el cual se garantiza que el agua es apta para consumo humano.

5. Para que la ejecución de los proyectos sea ambientalmente viable se tiene que cumplir con las medidas de mitigación aquí propuestas y las establecidas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; pues con ellas, su realización serán satisfactorios, sin afectar su entorno.
6. Para que el sistema de abastecimiento de agua funcione correctamente es necesario brindarle mantenimiento constante, para lo cual se evaluó la incorporación de un sistema de tarifa, para que de esta manera éste sea autosostenible.
7. La realización Ejercicio Profesional Supervisado permite que la formación tanto académica como profesional del estudiante se complemente, ya que éste experimenta la confrontación teórica-práctica, adquiriendo la confianza y madurez para iniciar con mayor eficiencia el desempeño de su profesión.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Sololá

1. Reforestar áreas aledañas de la fuente de agua para evitar la disminución de caudal producido por ésta.
2. Brindar supervisión técnica en la ejecución de ambos proyectos , a través de un profesional de Ingeniería Civil, para que se cumpla con las especificaciones técnicas contenidas en los planos, para así obtener mayor calidad en ambos proyectos.
3. Actualizar los precios de los materiales y la mano de obra, al momento de que el proyecto sea aprobado, pues en el mercado actual estos cambian constantemente.
4. Asegurar la implementación de la operación, mantenimiento preventivo y correctivo en ambos proyectos ya que éstas inciden en la duración y buen funcionamiento para el periodo que fueron diseñados.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural: ACI 318S-05*. Michigan, Estados Unidos de América: ACI, 2005. 495 p.
2. Instituto de Fomento Municipal. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM, 1997. 70 p.
3. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. *Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento*. Guatemala: MINSAL, 1991. 70 p.
4. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p. ISBN 958-600-953X.
5. RICINOS AQUINO, José Mario. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea El Rodeo y puente vehicular en la aldea La Paz, municipio de Jalapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 111 p.

APÉNDICES

Apéndice 1

Línea de conducción Hierbabuena y El Pancá (general)

TRAMO		COTA DE TERRENO		L DISEÑO (m)	TOTAL DE TUBOS	Q diámetro (lbs)	DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	TIPO DE TUBERIA	PÉRDIDA HF (m)	VELOCIDAD (m/s)	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
		P.O.	FINAL								INICIAL	FINAL	FINAL	FINAL
CAPT.	E-2	998.14	998.13	12.98	3	2.62	3	PVC 160 psi	0.04	0.50	998.10	0.01	0.01	
E-2	E-20	998.13	998.65	213.09	35	2.62	3	PVC 160 psi	0.69	0.50	997.41	9.29	9.29	
E-20	E-42	998.65	978.47	255.95	42	2.62	3	PVC 160 psi	0.83	0.50	996.58	19.67	19.67	
E-42	E-110	978.47	967.14	635.02	105	2.62	3	PVC 160 psi	2.05	0.50	994.53	11.00	11.00	
E-110	E-124	967.14	970.9	161.55	27	2.62	2	PVC 160 psi	3.44	1.08	991.08	27.24	27.24	
E-124	E-163	970.9	935.16	410.62	68	2.62	2	PVC 160 psi	8.75	1.08	962.33	62.98	62.98	
E-163	E-178	935.16	916.3	201.84	34	2.62	2	PVC 160 psi	4.30	1.08	978.03	81.84	81.84	
E-178	E-188	916.3	891.65	72.05	12	2.62	2	PVC 250 psi	1.54	1.08	978.49	106.49	106.49	
E-188	E-187	891.65	892.05	3.18	1	2.62	2	PVC 250 psi	0.14	1.08	976.35	106.09	106.09	
E-187	E-194	892.05	919.52	106.22	18	2.62	2	PVC 250 psi	2.26	1.08	974.08	78.62	78.62	
E-194	E-221	919.52	956.15	311.22	52	2.62	2	PVC 160 psi	6.63	1.08	967.45	41.99	41.99	
E-221	E-247	956.15	952.99	263.03	44	2.62	2	PVC 160 psi	5.61	1.08	961.84	45.15	45.15	
E-247	T-1 (CD)	952.99	948.11	53.66	9	2.62	2	PVC 160 psi	1.15	1.08	960.69	50.03	50.03	

NIVEL ESTÁTICO 998.14

Continuación del apéndice 1.

Línea de conducción por gravedad Hierbabuena

ESTACIÓN	TRAMO	COTA DE TERRENO		L DISEÑO (m)	TOTAL DE TUBOS	Q diseño (lts)	DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	TIPO DE TUBERIA	PÉRDIDA HF (m)	VELOCIDAD (m/s)	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
		INICIAL	FINAL								FINAL	FINAL	FINAL	FINAL
T-1(CD)	E-255	946.11	921.12	70.82	12	1.31	1 1/4	PVC 160 psi	2.40	1.10	945.71	26.99		
CAJA ROMPE PRESION														
E-255	P-5	921.12	875.58	153.09	26	1.31	1 1/4	PVC 160 psi	5.19	1.10	915.18	44.79		
P-5	TD HIERB	875.58	851.71	475.00	78	1.31	1 1/4	PVC 160 psi	16.11	1.10	899.06	66.66		

Continuación del apéndice 1.

Línea de conducción por gravedad El Pancá

ESTACIÓN	P.O	COTA DE TERRENO		L DISEÑO (m)	TOTAL DE TUBOS	Q diseño (l/s)	DIAMETRO NOMINAL (pulg)	TIPO DE TUBERÍA	PÉRDIDA HF (m)	VELOCIDAD (m/s)	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESION ESTÁTICA	
		INICIAL	FINAL								FINAL	FINAL		
T-1(CD)	TD PANCA	948.11	943.61	11.24	2	1.31	2	PVC 160 psi	0.07	0.54	948.04	948.04	4.5	4.5

948.11

Continuación del apéndice 1.

El Pancá

Q.H.M l/s	TASA DE CRECIMIENTO %	PERÍODO DE DISEÑO	VIVIENDAS FUTURAS	CAUDAL DE VIVIENDA
2.2	3.86%	22	216	0.0102

Tramo	Ramal	Viv. Futuras	Q. requerido	Q. Instantáneo	Q.H.M	Q diseño
T.D a P-2	P-1	0	0	0	2.20	2.20
P-2 a C1	P-2	4	0.04	0.26	0.04	0.26
P-2 a P-6	P-3	0	0	0	2.16	2.16
P-6 a P-22	P-4	18	0.18	0.62	1.31	1.31
P-22 a P-22.11	P-5	30	0.31	0.81	0.31	0.81
P-22 a P-33	P-6	13	0.13	0.52	0.83	0.83
P-33 a P-34.6	P-7	9	0.09	0.42	0.09	0.42
P-33 a P-55	P-8	13	0.13	0.52	0.60	0.60
P-55 a P-55.3	P-9	13	0.13	0.52	0.13	0.52
P-55 a P-57.9	P-10	33	0.34	0.85	0.34	0.85
P-6 a P-6.12	P-11	20	0.2	0.65	0.85	0.85
P-6.12 a C-40	P-12	18	0.18	0.62	0.18	0.62
P-6.12 a P-6.18	P-13	9	0.09	0.42	0.46	0.46
P-6.18 a P-6.22.1	P-14	18	0.18	0.62	0.18	0.62
P-6.18 a P-6.28	P-15	18	0.18	0.62	0.18	0.62
TOTAL DE VIVIENDAS		216				

Continuación del apéndice 1.

Red de distribución El Pancá

TRAMO		COTA DE TERRENO		L		TOTAL DE TUBOS	Q diseño (lts)	DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	TIPO DE TUBERIA	PÉRDIDA HF (m)	VELOCIDAD (m/s)	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESIÓN DINÁMICA
ESTACIÓN	P.O	INICIAL	FINAL	DISEÑO (m)	FINAL								
NIVEL ESTÁTICO 943.61													
RAMAL P-1													
T-D	E-257	943.61	912.74	72.02		12	2.20	2	PVC 160 psi	1.11	0.90	942.50	29.76
E-257	P-2	912.74	872.95	76.82		13	2.20	2	PVC 160 psi	1.19	0.90	941.31	68.36
RAMAL P-2													
P-2	C-1	872.95	873.41	93.83		16	0.26	3/4	PVC 250 psi	1.86	0.60	939.46	66.05
RAMAL P-3													
P-2	P-6	872.95	874.89	94.43		16	2.16	2	PVC 160 psi	1.41	0.89	939.91	65.02
RAMAL P-4													
P-6	P-22	874.89	890.35	230.27		38	1.31	2	PVC 160 psi	1.36	0.54	938.54	48.19
RAMAL P-5													
P-22	P-22.11	890.35	859.75	125.44		21	0.81	3/4	PVC 250 psi	20.30	1.86	918.24	58.49
RAMAL P-6													
P-22	P-27	890.35	894.83	65.15		11	0.83	1 1/2	PVC 160 psi	0.49	0.53	938.06	43.23
P-27	P-33	894.83	899.24	106.21		18	0.83	1 1/2	PVC 160 psi	0.79	0.53	937.27	38.03
RAMAL P-7													
P-33	P-34.6	899.24	927.59	75.96		13	0.42	1	PVC 160 psi	1.05	0.58	938.21	8.62
RAMAL P-8													
P-33	P-55	899.24	906.12	306.66		51	0.60	1 1/2	PVC 160 psi	1.27	0.39	935.99	29.87
RAMAL P-9													

Continuación del apéndice 1.

P-55	P-55.3	906.12	894.36	49.62	9	0.52	3/4	PVC 250 psi	3.54	1.20	932.46	38.10
RAMAL P-10												
P-55	P-57.9	906.12	927.44	174.66	29	0.85	1 1/2	PVC 160 psi	1.38	0.55	934.62	7.18
RAMAL P-11												
P-6	P-6.12	874.89	870.76	171.19	29	0.85	3/4	PVC 250 psi	29.88	1.95	909.92	39.16
RAMAL P-12												
P-6.12	P-6.15	870.76	874.23	66.15	11	0.62	3/4	PVC 250 psi	6.53	1.43	903.40	29.17
RAMAL P-13												
P-6.12	P-6.18	870.76	867	86.01	15	0.46	3/4	PVC 250 psi	4.97	1.06	904.96	37.96
RAMAL P-14												
P-6.18	P-6.22.1	867	863.05	72.42	12	0.62	3/4	PVC 250 psi	7.15	1.43	897.81	34.76
RAMAL P-15												
P-6.18	P-6.28	867	848.47	134.95	23	0.62	3/4	PVC 250 psi	13.32	1.43	891.64	43.17

Continuación del apéndice 1.

Hierbabuena

Q.H.M l/s	TASA DE CRECIMIENTO %	VIVIENDAS ACTUALES	PERIODO DE DISEÑO	VIVIENDAS FUTURAS	CAUDAL DE VIVIENDA
2.16	3.86%	94	22	212	0.0102

Tramo	Ramal	Viv. Actuales	Viv. Futuras	Q. requerido	Q. Instantaneo	Q.H.M	Q diseño
T.D a H-12	H-1	6	13	0.13	0.52	2.16	2.16
H-12 a C-4	H-2	4	9	0.09	0.42	0.09	0.42
H-12 a H-15	H-3	2	4	0.04	0.26	1.94	1.94
H-15 a H-26	H-4	2	4	0.04	0.26	1.58	1.58
H-26 a C-9	H-5	6	13	0.13	0.52	0.13	0.52
H-26 a H-37	H-6	20	50	0.51	1.05	1.41	1.41
H-37 a H-44	H-7	8	18	0.18	0.62	0.18	0.62
H-37 a C-26	H-8	14	30	0.31	0.81	0.31	0.81
H-37 a H-54.1	H-9	4	9	0.09	0.42	0.41	0.42
H-54.1 a H-54.10	H-10	8	18	0.18	0.62	0.18	0.62
H-54.1 a C-34	H-11	6	13	0.13	0.52	0.13	0.52
H-15 a H-69	H-12	4	9	0.09	0.42	0.32	0.32
H-69 a H-72.1	H-13	4	9	0.09	0.42	0.09	0.42
H-69 a H-79	H-14	6	13	0.13	0.52	0.13	0.52
TOTAL DE VIVIENDAS		94	212				

Continuación del apéndice 1.

Red de distribución Hierbabuena

TRAMO		COTA DE TERRENO		L DISEÑO (m)	TOTAL DE TUBOS	Q diseño (lts)	DIÁMETRO COMERCIAL (pulg)	TIPO DE TUBERÍA	PERDIDA HF (m)	VELOCIDAD (m/s)	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIÓN DINÁMICA		
		INICIAL	FINAL								FINAL	FINAL	FINAL	FINAL	
RAMAL H-1															
ESTACIÓN	P.O														
T-D	H-12	851.71	808.04	191.47	32	2.16	1 1/4	PVC 160 psi	16.37	1.82	835.34	27.30			
RAMAL H-2															
H-12	C-4	808.04	804.53	68.27	12	0.42	3/4	PVC 250 psi	3.28	0.97	832.05	27.43			
RAMAL H-3															
H-12	H-15	808.04	818.43	38.47	6	1.94	1 1/4	PVC 160 psi	2.55	1.70	832.78	14.36			
RAMAL H-4															
H-15	H-26	818.43	789.95	172.49	29	1.58	1 1/4	PVC 160 psi	8.26	1.30	824.53	34.58			
RAMAL H-5															
H-26	C-8	789.95	796.09	141.01	24	0.52	3/4	PVC 250psi	10.05	1.20	814.48	18.39			
RAMAL H-6															
H-26	H-37	789.95	779.44	256.87	43	1.41	1 1/4	PVC 160 psi	9.93	1.18	814.60	35.16			
RAMAL H-7															
H-37	H-44	779.44	796.18	192.90	32	0.62	1	PVC 160 psi	5.50	0.86	809.11	12.93			
RAMAL H-8															
H-37	C-26	779.44	779.14	94.00	16	0.81	3/4	PVC 250 psi	15.21	1.86	796.39	20.25			
RAMAL H-9															
CAJA ROMPE PRESION															
H-37	H-45	779.44	776.81	31.62	6	0.42	1	PVC 160 psi	0.44	0.58	778.25	1.44			
H-45	H-54.1	776.81	757.8	167.42	28	0.42	1	PVC 160 psi	2.32	0.58	775.93	18.13			
RAMAL H-10															

NIVEL ESTÁTICO 851.71

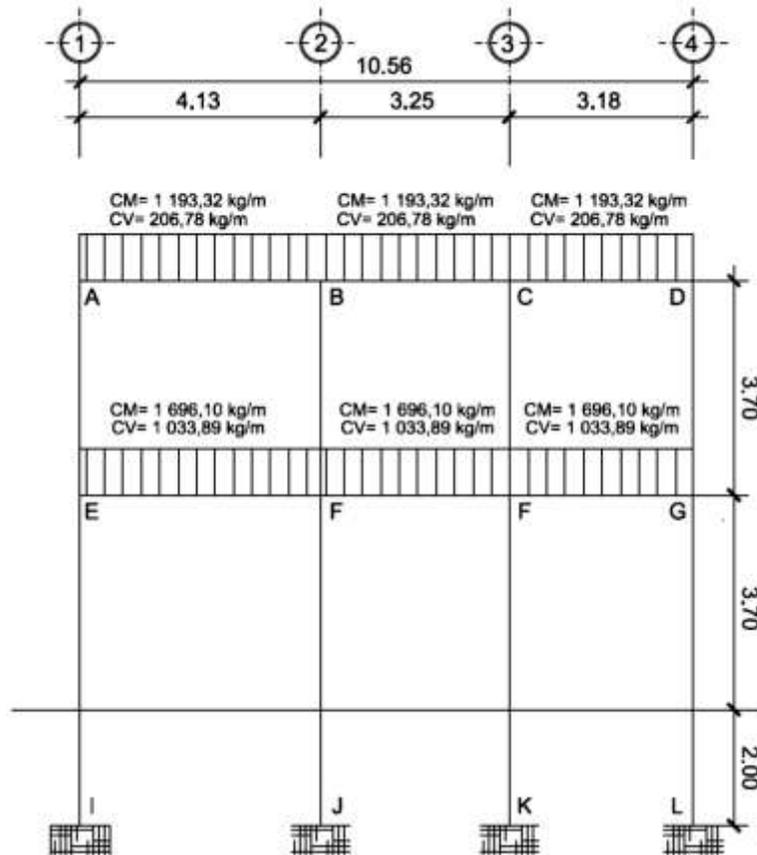
Continuación del apéndice 1.

H-54.1	H-54.10	757.8	754.01	81.93	14	0.62	1	PVC 160 psi	2.34	0.86	773.59	19.58
RAMAL H-11												
H-54.1	C-34	757.8	763.57	124.79	21	0.52	1	PVC 160 psi	2.57	0.72	773.36	9.79
RAMAL H-12												
H-15	H-57	818.43	804.12	37.51	7	0.32	1	PVC 250 psi	0.52	0.58	832.27	28.15
H-57	H-58	804.12	803.86	33.38	6	0.32	3/4	PVC 250 psi	3.39	0.97	828.88	24.92
H-58	H-61	803.96	817.36	30.97	6	0.32	3/4	PVC 250 psi	1.49	0.97	827.39	10.03
H-61	H-69	817.36	796.78	180.62	30	0.32	3/4	PVC 250 psi	8.88	0.97	818.71	21.93
RAMAL H-13												
H-69	H-72.1	796.78	784.1	83.62	14	0.42	3/4	PVC 250 psi	4.01	0.97	814.70	30.60
RAMAL H-14												
H-69	H-79	796.78	781.68	154.05	26	0.52	3/4	PVC 250 psi	10.88	1.20	807.73	26.04

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2

Método Kani - carga muerta - marco rígido típico sentido Y



- Cálculo de momentos fijos (MF_{ik})

Para cargas distribuidas uniformemente se utilizará:

$$MF = \pm \frac{WL^2}{12}$$

Continuación del apéndice 2.

$$MF_{AB} = \frac{(1\,193,32\text{ kg/m}) * (4,13)^2}{12} = -1\,696,19\text{ kg} - m$$

$$MF_{BA} = 1\,696,19\text{ kg} - m$$

$$MF_{BC} = \frac{(1\,193,32\text{ kg/m}) * (3,25)^2}{12} = -1\,050,37\text{ kg} - m$$

$$MF_{CB} = 1\,050,37\text{ kg} - m$$

$$MF_{CD} = \frac{(1\,193,32\text{ kg/m}) * (3,18)^2}{12} = -1\,005,61\text{ kg} - m$$

$$MF_{DC} = 1\,005,61\text{ kg} - m$$

$$MF_{EF} = \frac{(1\,696,10\text{ kg/m}) * (4,13)^2}{12} = -2\,410,85\text{ kg} - m$$

$$MF_{FE} = 2\,410,85\text{ kg} - m$$

$$MF_{FG} = \frac{(1\,696,10\text{ kg/m}) * (3,25)^2}{12} = -1\,492,92\text{ kg} - m$$

$$MF_{GF} = 1\,492,92\text{ kg} - m$$

$$MF_{GH} = \frac{(1\,696,10\text{ kg/m}) * (3,18)^2}{12} = -1\,429,30\text{ kg} - m$$

$$MF_{HG} = 1\,429,30\text{ kg} - m$$

- Cálculo de momentos de sujeción (Ms)

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

Nudo A= 0-1 696,19 = -1696,19 kg-m

Continuación del apéndice 2.

$$\text{Nudo B} = 1\,696,19 + (-1\,050,37) = 645,82 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo C} = 1\,050,37 + (-1\,005,61) = 44,76 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo D} = 1\,005,61 + 0 = 1\,005,61 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo E} = 0 - 2\,410,85 = -2\,410,85 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo F} = 2\,410,85 + (-1\,492,92) = 917,93 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo G} = 1\,492,92 + (-1\,429,30) = 63,62 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo H} = 1\,429,30 + 0 = 1\,429,30 \text{ kg-m}$$

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

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

Inercia de elementos rectangulares:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Donde:

I= Inercia

b= base del elemento

h= altura del elemento

$$I_{viga} = \frac{(0,30\text{m}) * (0,50\text{m})^3}{12} = 0,00312\text{m}^4$$

$$I_{columna} = \frac{(0,30\text{m}) * (0,30\text{m})^3}{12} = 0,00675\text{m}^4$$

Continuación del apéndice 2.

$$K_{AB} = K_{BF} = 0,000757$$

$$K_{BC} = K_{FG} = 0,000961$$

$$K_{CD} = K_{GH} = 0,000982$$

$$K_{AE} = K_{BF} = K_{CG} = K_{DH} = 0,000182$$

$$K_{EI} = K_{FJ} = K_{GK} = K_{HL} = 0,000118$$

- Cálculo de factores de giro (μ_{ik})

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

Nudo A:

$$\mu_{AB} = -1/2 \left(\frac{0,000757}{0,000757 + 0,000182} \right) = -0,403$$

$$\mu_{AE} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000757 + 0,000182} \right) = -0,097$$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -1/2 \left(\frac{0,000757}{0,000757 + 0,000182 + 0,000961} \right) = -0,199$$

$$\mu_{BC} = -1/2 \left(\frac{0,000961}{0,000757 + 0,000182 + 0,000961} \right) = -0,252$$

$$\mu_{BF} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000757 + 0,000182 + 0,000961} \right) = -0,048$$

Nudo C:

$$\mu_{CB} = -1/2 \left(\frac{0,000961}{0,000982 + 0,000182 + 0,000961} \right) = -0,23$$

$$\mu_{CD} = -1/2 \left(\frac{0,000982}{0,000982 + 0,000182 + 0,000961} \right) = -0,23$$

Continuación del apéndice 2.

$$\mu_{CG} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000982 + 0,000182 + 0,000961} \right) = -0,04$$

Nudo D:

$$\mu_{DC} = -1/2 \left(\frac{0,000982}{0,000982 + 0,000182} \right) = -0,42$$

$$\mu_{DH} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000982 + 0,000182} \right) = -0,078$$

Nudo E:

$$\mu_{EF} = -1/2 \left(\frac{0,000757}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118} \right) = -0,36$$

$$\mu_{EA} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118} \right) = -0,09$$

$$\mu_{EI} = -1/2 \left(\frac{0,000118}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118} \right) = -0,05$$

Nudo F:

$$\mu_{FE} = -1/2 \left(\frac{0,000757}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,19$$

$$\mu_{FG} = -1/2 \left(\frac{0,000961}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,24$$

$$\mu_{FB} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,045$$

$$\mu_{FJ} = -1/2 \left(\frac{0,000118}{0,000757 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,029$$

Nudo G:

$$\mu_{GF} = -1/2 \left(\frac{0,000961}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,21$$

$$\mu_{GH} = -1/2 \left(\frac{0,000982}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,22$$

Continuación del apéndice 2.

$$\mu_{GC} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,04$$

$$\mu_{GK} = -1/2 \left(\frac{0,000118}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118 + 0,000961} \right) = -0,03$$

Nudo G:

$$\mu_{HG} = -1/2 \left(\frac{0,000982}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118} \right) = -0,38$$

$$\mu_{HD} = -1/2 \left(\frac{0,000182}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118} \right) = -0,07$$

$$\mu_{HL} = -1/2 \left(\frac{0,000112}{0,000982 + 0,000182 + 0,000118} \right) = -0,046$$

Nudo I=Nudo J=Nudo K= Nudo L:

$$\mu_{IE} = -1/2 \left(\frac{K_{IE}}{K_{IE} + K_{SUELO}} \right) = -1/2 \left(\frac{0,000118}{0,000118 + \infty} \right) = 0$$

$$\mu_{IE} = \mu_{JF} = \mu_{KG} = \mu_{LH} = 0$$

- Influencias de giro (M'_{ik}) - Primera iteración

$$M'_{ik} = \mu_{IK} \left(M_S + \sum M'_{ni} \right)$$

Para la primera iteración los valores de M'_{ik} se tomarán igual a cero. La ruta de trabajo será: ABCDHGFE

Nudo A:

$$M'_{AB}: -0,403 * (-1696,19 + 0 + 0) = 683,34 \text{ kg-m}$$

$$M'_{AE}: -0,097 * (-1696,19 + 0 + 0) = 164,76 \text{ kg-m}$$

Continuación del apéndice 2.

Nudo B:

$$M'_{BA}: -0,199*(645,82+683,34)= -264,58 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BF}: -0,047*(645,82+683,34)= -63,79 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BC}: -0,25*(645,82+683,34)= -336,22 \text{ kg-m}$$

Nudo C:

$$M'_{CB}: -0,23*(44,75-336,22)= 65,89 \text{ kg-m}$$

$$M'_{CG}: -0,04*(44,75-336,22)= 12,50 \text{ kg-m}$$

$$M'_{CD}: -0,23*(44,75-336,22)= 67,34 \text{ kg-m}$$

Nudo D:

$$M'_{DC}: -0,42*(1\ 005,61-67,34)= -452,48 \text{ kg-m}$$

$$M'_{DH}: -0,08*(1\ 005,61-67,34)= -83,99 \text{ kg-m}$$

Nudo H:

$$M'_{HD}: -0,07*(1\ 429,30-83,99)= -95,60 \text{ kg-m}$$

$$M'_{HL}: -0,046*(1\ 429,30-83,99)= -62,05 \text{ kg-m}$$

$$M'_{HG}: -0,38*(1\ 429,30-83,99)= -514,99 \text{ kg-m}$$

Nudo G:

$$M'_{GH}: -0,22*(63,62+12,50-514,99)= 96,05 \text{ kg-m}$$

$$M'_{GC}: -0,04*(63,62+12,50-514,99)= 17,83 \text{ kg-m}$$

$$M'_{GK}: -0,03*(63,62+12,50-514,99)= 11,57 \text{ kg-m}$$

$$M'_{GF}: -0,21*(63,62+12,50-514,99)= 93,98 \text{ kg-m}$$

Nudo F:

$$M'_{FG}: -0,24*(917,93+93,98-63,79)= -225,76 \text{ kg-m}$$

$$M'_{FB}: -0,045*(917,93+93,98-63,79)= -42,83 \text{ kg-m}$$

Continuación del apéndice 2.

$$M'_{FJ}: -0,029*(917,93+93,98-63,79)= -27,80 \text{ kg-m}$$

$$M'_{FE}: -0,19*(917,93+93,98-63,79)= -177,66 \text{ kg-m}$$

Nudo E:

$$M'_{EF}: -0,36*(-2410,85-177,66+174,66)= 867,11 \text{ kg-m}$$

$$M'_{EI}: -0,06*(-2410,85-177,66+174,66)= 135,71 \text{ kg-m}$$

$$M'_{EA}: -0,09*(-2410,85-177,66+174,66)= 209,06 \text{ kg-m}$$

Las iteraciones continúan hasta que los valores de momentos comienzan a ser repetitivos, o hay variaciones mínimas. Los momentos finales se obtienen con la siguiente fórmula:

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

Nudo A:

$$M'_{AB}: -1\ 696,20+2*(706,88)-283,92= 566,34 \text{ kg-m}$$

$$M'_{AE}: 0+2*(170,43)+225,47 = 566,34 \text{ kg-m}$$

Nudo B:

$$M'_{BA}: -1\ 696,20+2*(-283,92)+706,88= 1\ 835,24 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BF}: 0+2*(-68,45)-90,08= 226,99 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BC}: -1\ 050,37+2*(-360,80)+163,72= -1608,25 \text{ kg-m}$$

Nudo C:

$$M'_{CB}: -1\ 050,37+2*(163,72)-360,80 = 1\ 017,01 \text{ kg-m}$$

Continuación del apéndice 2.

$$M'_{CG}: 0+2*(31,06)+39,70 = 101,83 \text{ kg-m}$$

$$M'_{CD}: -1\ 005,61+2*(167,32)-447,88 = 1\ 118,85 \text{ kg-m}$$

Nudo D:

$$M'_{DC}: -1\ 005,61+2*(447,88)-167,32 = 277,16 \text{ kg-m}$$

$$M'_{CG}: 0+2*(-83,14)-110,86 = -277,16 \text{ kg-m}$$

Nudo H:

$$M'_{HD}: 0+2*(-110,86)-83,14 = -304,88 \text{ kg-m}$$

$$M'_{HL}: 0+2*(-71,96)+0 = -143,93 \text{ kg-m}$$

$$M'_{HG}: -1\ 429,30+2*(597,19)+213,88 = 448,81 \text{ kg-m}$$

Nudo G:

$$M'_{GH}: -1\ 429,30+2*(213,88)-597,19 = -1\ 598,72 \text{ kg-m}$$

$$M'_{GC}: 0+2*(39,70)+31,06 = 110,48 \text{ kg-m}$$

$$M'_{GK}: 0+2*(25,77)+0 = 51,55 \text{ kg-m}$$

$$M'_{GF}: -1\ 492,92+2*(209,28)-474,79 = 1\ 436,69 \text{ kg-m}$$

Nudo G:

$$M'_{FG}: -1\ 492,92+2*(-474,79)+209,81 = 2\ 233,22 \text{ kg-m}$$

$$M'_{FB}: 0+2*(-90,08)-68,45 = -248,32 \text{ kg-m}$$

$$M'_{FJ}: 0+2*(-58,47)+0 = 116,95 \text{ kg-m}$$

$$M'_{FE}: -2\ 410,85+2*(-373,62)+935,18 = 2\ 598,79 \text{ kg-m}$$

Nudo E:

$$M'_{EF}: -2\ 410,85+2*(935,18)-373,62 = -914,11 \text{ kg-m}$$

$$M'_{EA}: 0+2*(225,47)-170,43 = 621,38 \text{ kg-m}$$

Continuación del apéndice 2.

$$M'_{EI}: 0+2*(146,36)+0 = 292,72 \text{ kg-m}$$

Nudo I:

$$M'_{IE}: 0+2*(0)+146,36 = 146,36 \text{ kg-m}$$

Nudo J:

$$M'_{JF}: 0+2*(0)-5847 = -58,47 \text{ kg-m}$$

Nudo K:

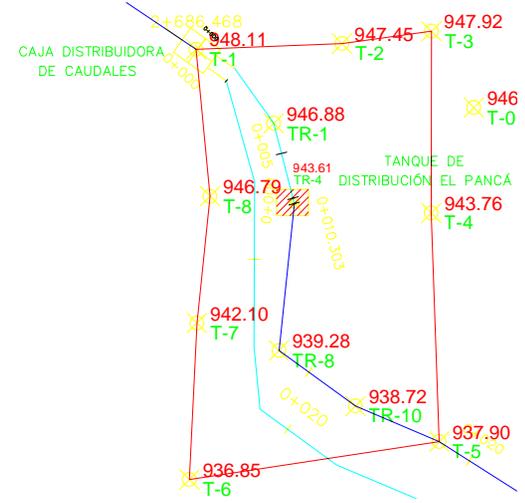
$$M'_{KG}: 0+2*(0)+25,77 = 25,77 \text{ kg-m}$$

Nudo L:

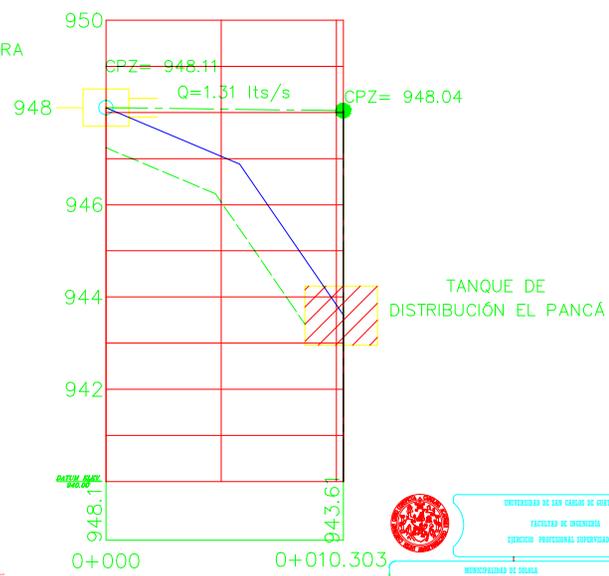
$$M'_{LH}: 0+2*(0)-71,96 = -71,96 \text{ kg-m}$$

Fuente: elaboración propia.

PLANTA LINEA DE CONDUCCION HIERBABUENA
 EST. CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES A TANQUE DE DISTRIBUCION
 LONGITUD TOTAL 686.04 METROS.
 ESCALA 1/200



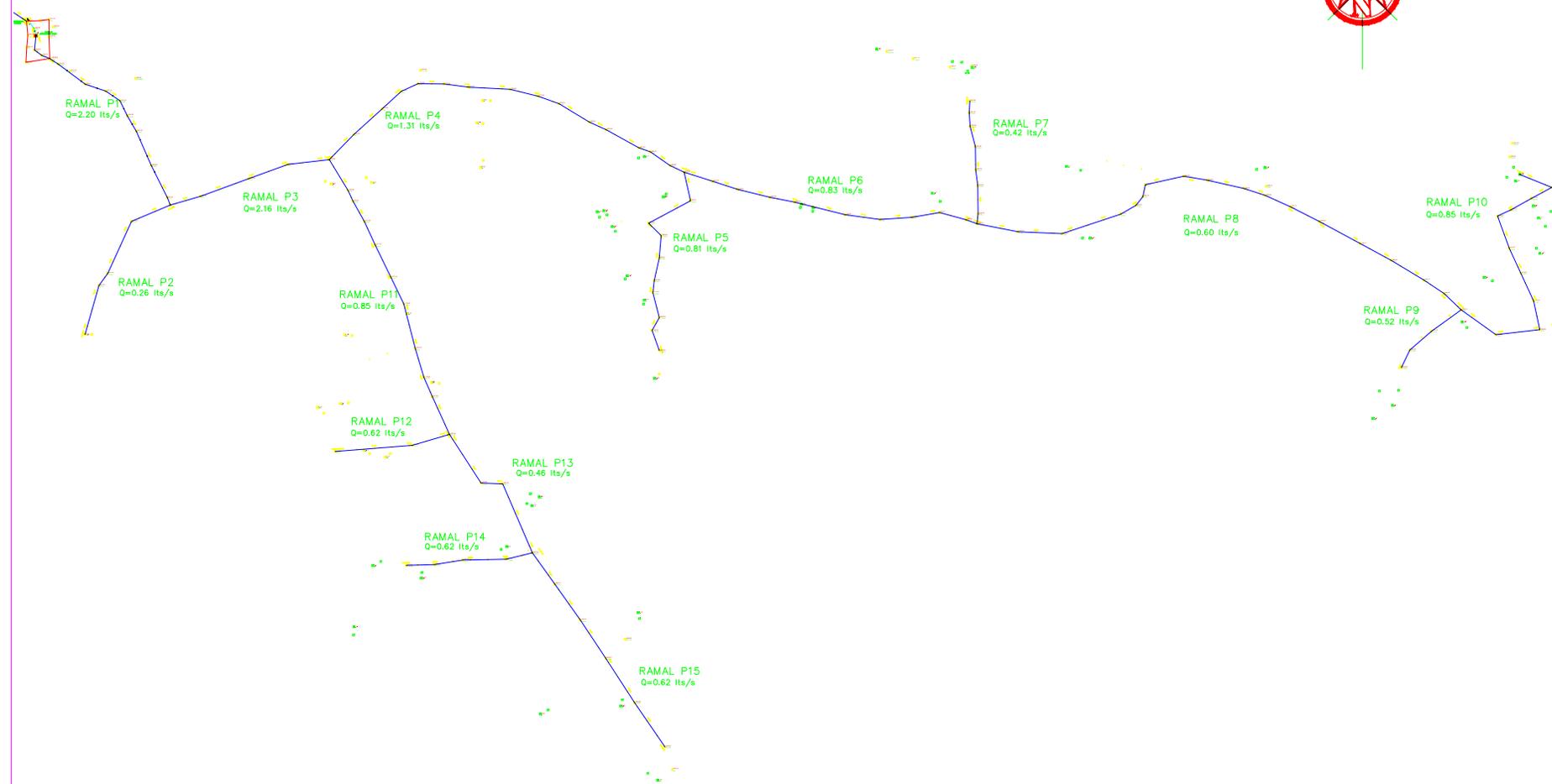
PLANTA LINEA DE CONDUCCION EL PANCA
 EST. CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES A TANQUE DE DISTRIBUCION
 LONGITUD TOTAL 10.303 METROS.
 ESCALA 1/125



PERFIL LINEA DE CONDUCCION HIERBABUENA
 EST. CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES A TANQUE DE DISTRIBUCION
 LONGITUD TOTAL 686.04 METROS.
 ESCALA HORIZONTAL 1/2500
 ESCALA VERTICAL 1/500

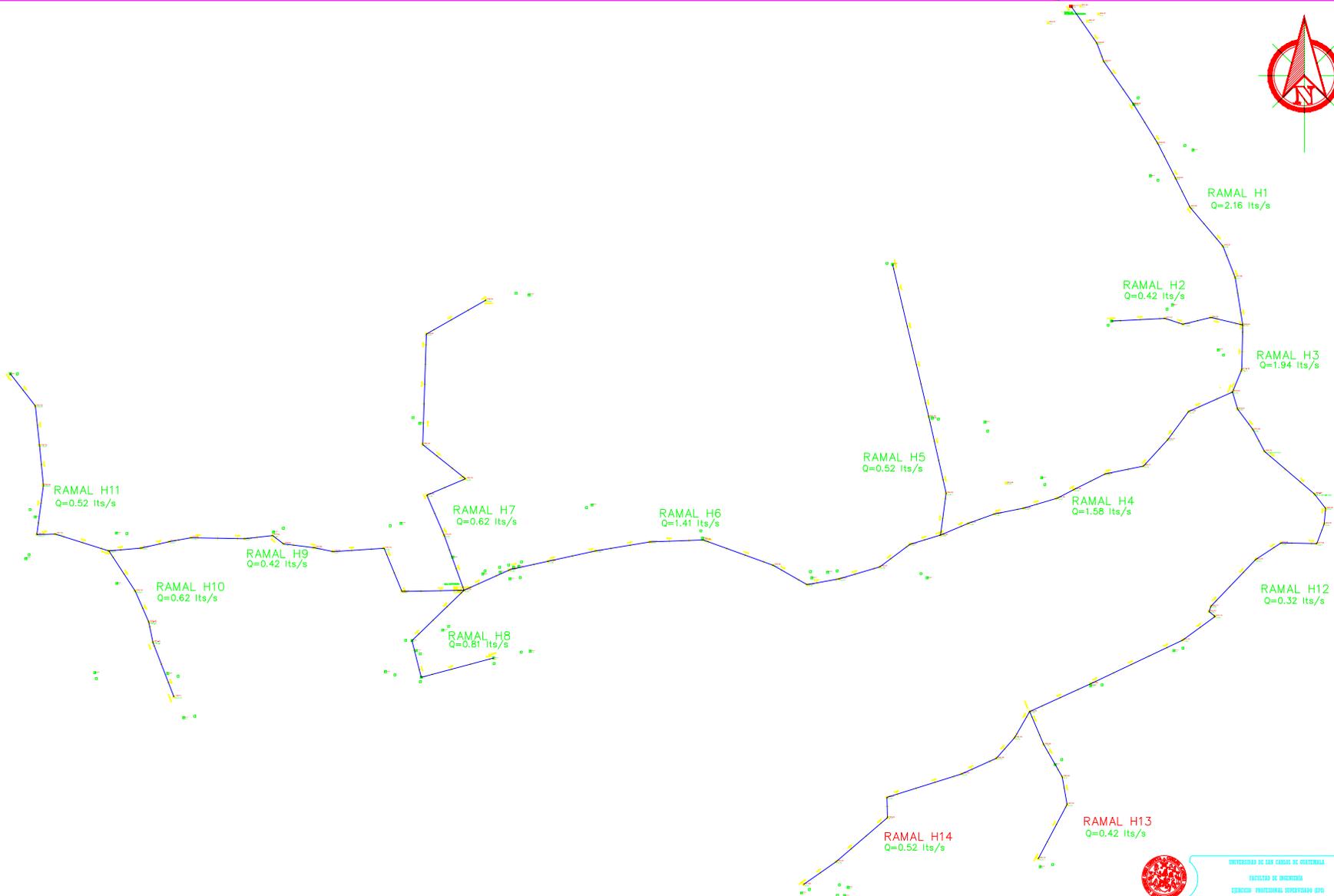
PERFIL LINEA DE CONDUCCION EL PANCA
 EST. CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDALES A TANQUE DE DISTRIBUCION
 LONGITUD TOTAL 10.303 METROS.
 ESCALA HORIZONTAL 1/2500
 ESCALA VERTICAL 1/500

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA (CPI)	
INSTITUCION DE BOMBA DISEÑO: JUAN CESAR LIZARRAGA DIBUJO: JUAN CESAR LIZARRAGA	
OBJETO: PASADIZO DE BOMBA PASADIZO DE BOMBA Y EL PERFIL LINEA	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL LINEA DE CONDUCCION
DISEÑO: INGENIERIA	FECHA: 2012
PAG. 2 / 20	



PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN EL PANCA
EST. TD A P-57.7
LONGITUD TOTAL 1,723.91 METROS. ESCALA 1/1 100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
CARRERA PROFESIONAL SUPERVISORA DE PA	
MUNICIPALIDAD DE SIBEL	
DISEÑO: JUAN CESAR LÓPEZ MARRAMÓN	
DIBUJO: JUAN CESAR LÓPEZ MARRAMÓN	
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE	
CONTENIDO: PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN EL PANCA	
FECHA: 2012	HOJA 3 DE 20



PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN HIERBABUENA

EST. TD A H-79
LONGITUD TOTAL 2,055.30 METROS.

ESCALA 1/900



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA PROFESIONAL SUPERVISORA DE PA



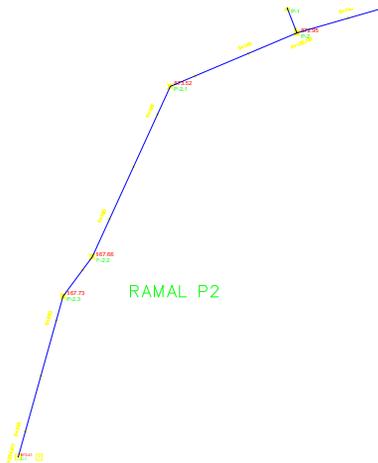
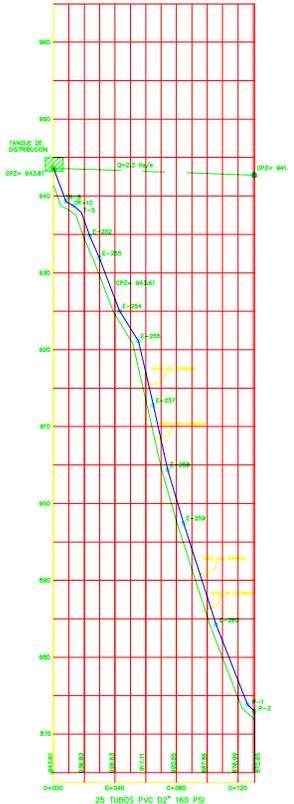
MUNICIPALIDAD DE HUEHUETENANGO
DISEÑO: JUAN CESAR LÓPEZ RAMÍREZ
DIBUJO: JUAN CESAR LÓPEZ RAMÍREZ

OBJETO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
CONTIENE: PLANTA HERRERA MAS PERIF. LINEA RED DE DISTRIBUCION EXTERNA/INT.

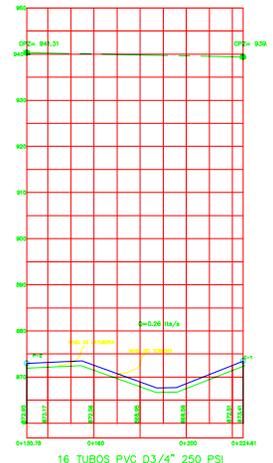
FECHA: 2012
HOJA: 4/20
AUTORIZACION SEGUN PLAN NÚMERO 001



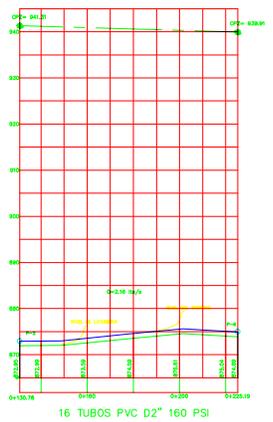
RAMAL P1



RAMAL P2



RAMAL P3



INDICACIONES DE LOS SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN

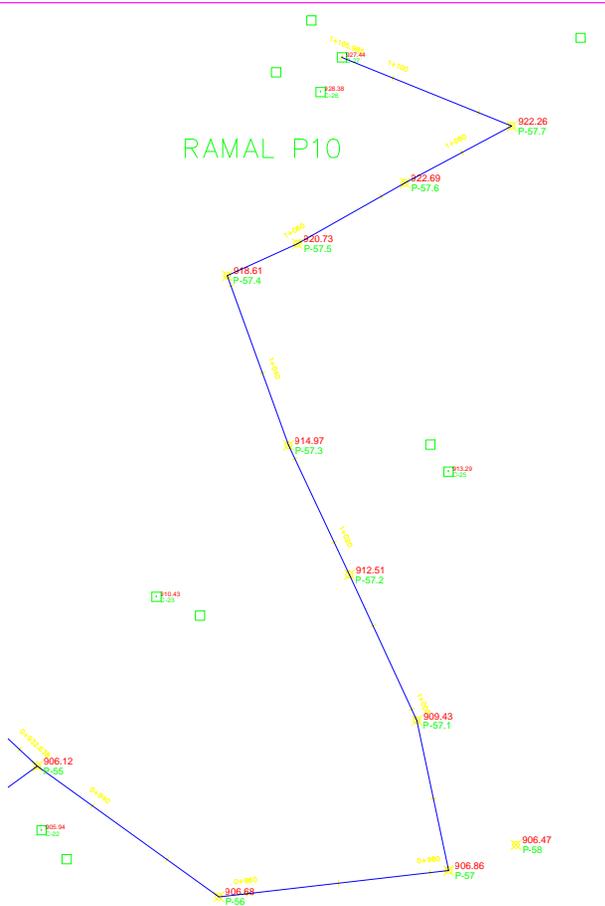
INDICACIONES DE LOS SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN
 SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN
 SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN

INDICACIONES DE LOS SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN
 SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN
 SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN

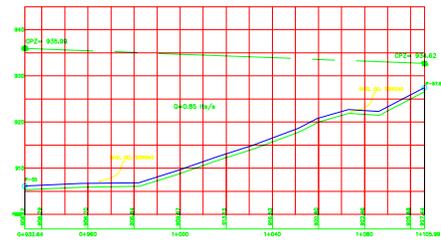
INDICACIONES DE LOS SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN
 SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN
 SIMBLOS DE IDENTIFICACIÓN



RAMAL P10



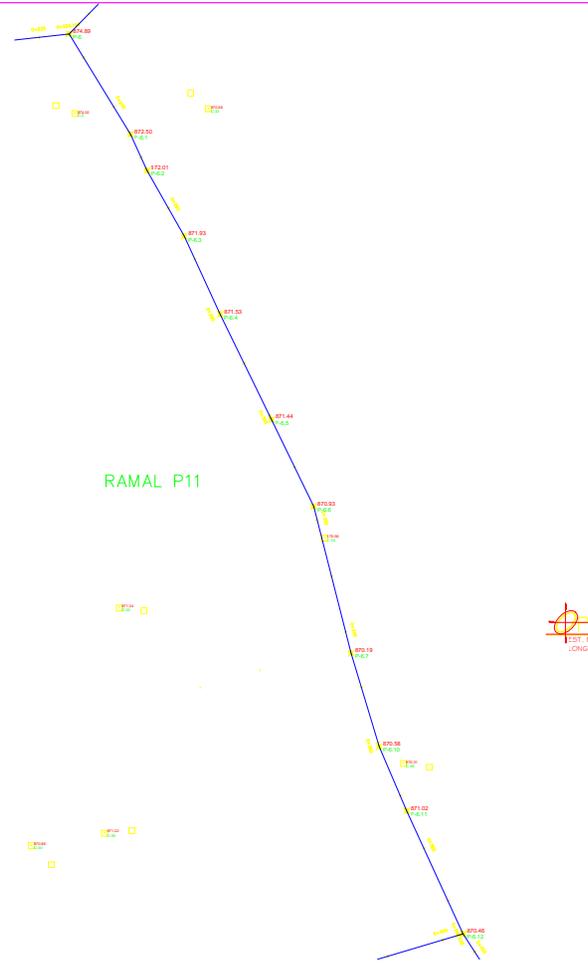
PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-10 0+332.64, 1+109.99
 EST. P-55 A P-57.9 LONGITUD TOTAL 173.35 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/400



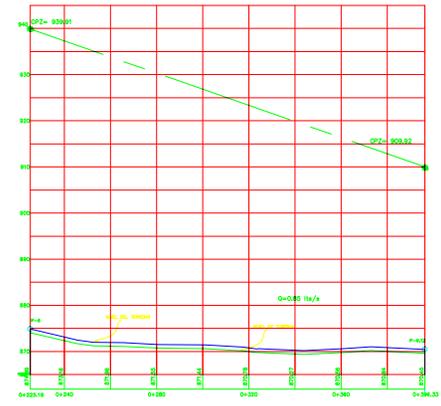
29 TUBOS PVC D1 1/2" 160 PSI

PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-10 0+332.64, 1+109.99
 EST. P-55 A P-57.9 LONGITUD TOTAL 173.35 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/400

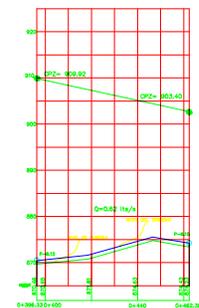
RAMAL P11



PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-11 0+225.19, 0+396.33
 EST. P-6 A P-6.12 LONGITUD TOTAL 171.14 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/400

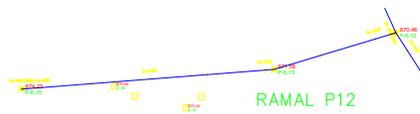


PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-11 0+225.19, 0+396.33
 EST. P-6 A P-6.12 LONGITUD TOTAL 171.14 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/1000 ESCALA VERTICAL 1/500



11 TUBOS PVC D3/4" 250 PSI

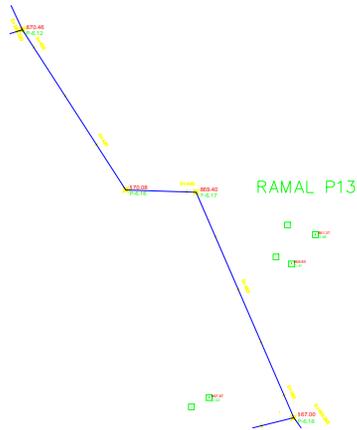
PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-12 0+396.33, 0+462.39
 EST. P-6.12 A P-6.15 LONGITUD TOTAL 66.06 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/1000 ESCALA VERTICAL 1/500



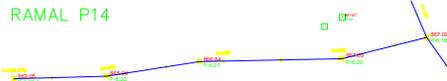
PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-12 0+396.33, 0+462.39
 EST. P-6.12 A P-6.15 LONGITUD TOTAL 66.06 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/400

INDICACIONES DE LOS SIMBLOS DE DISTRIBUCIÓN Símbolos de referencia Símbolos de distribución (PVC)	
INDICACIONES DE LÍNEAS Línea para indicar caudales Línea para indicar diámetro	
LEGENDA Símbolo: [Symbol] Descripción: [Description]	LEGENDA Símbolo: [Symbol] Descripción: [Description]

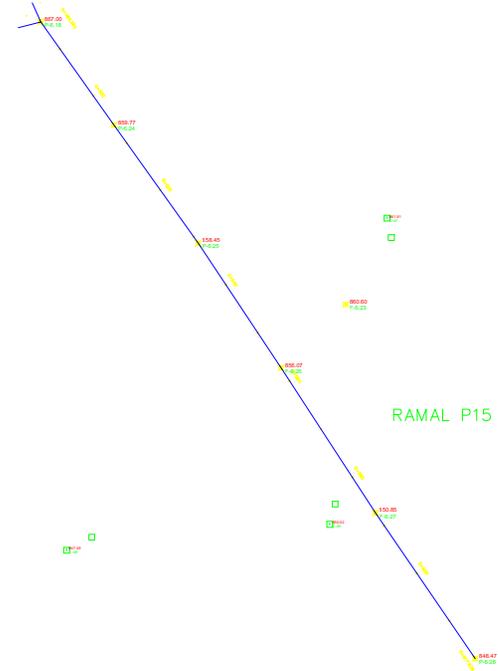
PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-15
 EST: P-6.15 A P-6.25 O+459.26 O+617.93
 LONGITUD TOTAL 133.67 METROS. ESCALA 1/400



RAMAL P13



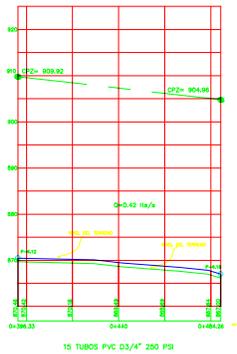
RAMAL P14



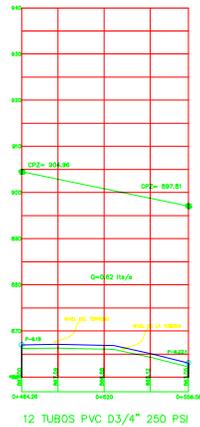
RAMAL P15

PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-14
 EST: P-6.19 A P-6.22 O+483.26 O+556.50
 LONGITUD TOTAL 72.31 METROS. ESCALA 1/400

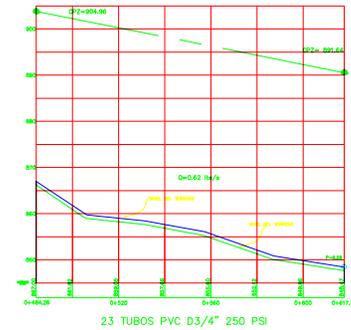
PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-13
 EST: P-6.12 A P-6.15 O+396.33 O+484.26
 LONGITUD TOTAL 87.93 METROS. ESCALA 1/400



15 TUBOS PVC D3/4\"/>



12 TUBOS PVC D3/4\"/>



23 TUBOS PVC D3/4\"/>

PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-15
 EST: P-6.15 A P-6.25 O+459.26 O+617.93
 LONGITUD TOTAL 133.67 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/1000 ESCALA VERTICAL 1/500

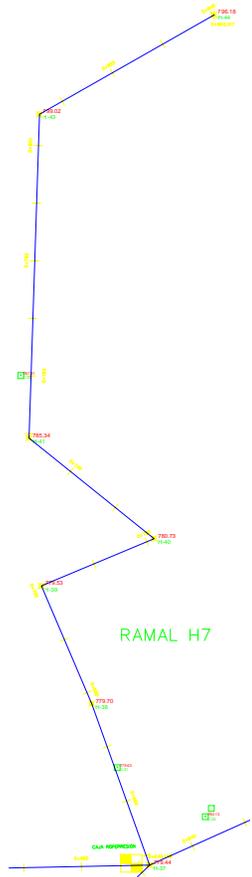
PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-13
 EST: P-6.12 A P-6.15 O+396.33 O+484.26
 LONGITUD TOTAL 87.93 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/1000 ESCALA VERTICAL 1/500

PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL P-14
 EST: P-6.19 A P-6.22 O+483.26 O+556.50
 LONGITUD TOTAL 72.31 METROS. ESCALA HORIZONTAL 1/1000 ESCALA VERTICAL 1/500

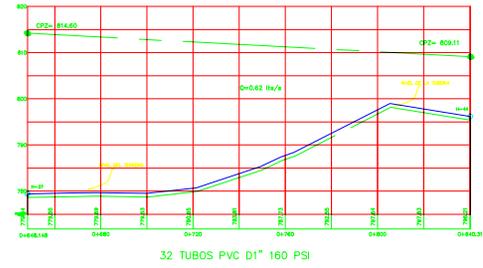


INSTRUMENTADO EN SU MOMENTO
 Y VALIDADO EN SU MOMENTO
 OPERADOR: [Nombre]

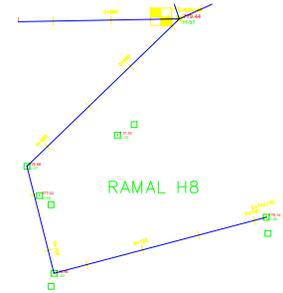
INSTRUMENTACIÓN EN SU MOMENTO	
VALIDAR	VALIDAR
VALIDAR	VALIDAR
VALIDAR	VALIDAR



RAMAL H7

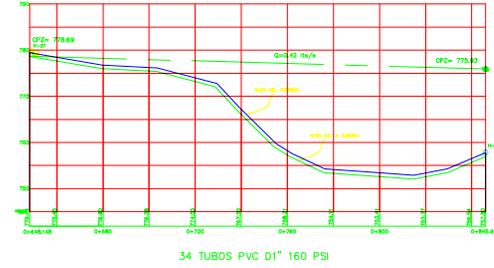


PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-7
 EST. H-37 A H-44
 LONGITUD TOTAL: 192.17 METROS.
 D+645.145, O+640.31
 ESCALA HORIZONTAL 1/100
 ESCALA VERTICAL 1/500

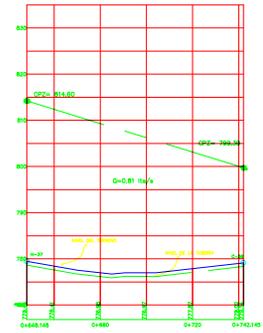


RAMAL H8

PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-8
 EST. H-37 A C-26
 LONGITUD TOTAL: 94 METROS.
 D+645.145, O+742.145
 ESCALA HORIZONTAL 1/400

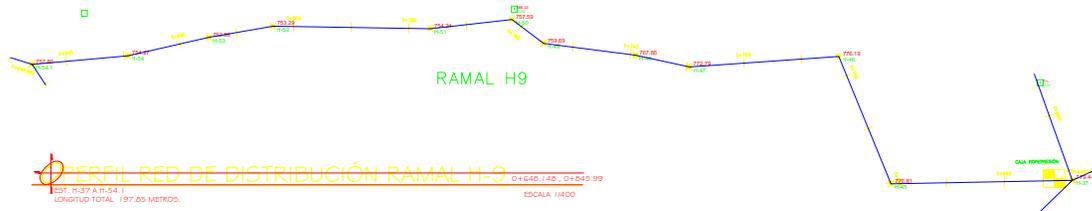


PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-9
 EST. H-37 A H-54.1
 LONGITUD TOTAL: 197.85 METROS.
 D+645.145, O+645.99
 ESCALA HORIZONTAL 1/100
 ESCALA VERTICAL 1/500



PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-8
 EST. H-37 A C-26
 LONGITUD TOTAL: 94 METROS.
 D+645.145, O+742.145
 ESCALA HORIZONTAL 1/1000
 ESCALA VERTICAL 1/500

PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-7
 EST. H-37 A H-44
 LONGITUD TOTAL: 192.17 METROS.
 D+645.145, O+640.31
 ESCALA 1/400



RAMAL H9

PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-9
 EST. H-37 A H-54.1
 LONGITUD TOTAL: 197.85 METROS.
 D+645.145, O+645.99
 ESCALA 1/400

INFORMACIÓN DE LOS DATOS DE GENERAL

PROYECTO DE OBRAS DE
 RECONSTRUCCIÓN DE LA
 OBRERA PARRALAN, GUAYMAS (PV)

INFORMACIÓN DE OBRAS

PROYECTO: OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA OBRERA PARRALAN, GUAYMAS (PV)

OBJETIVO: RECONSTRUCCIÓN DE LA OBRERA PARRALAN, GUAYMAS (PV)

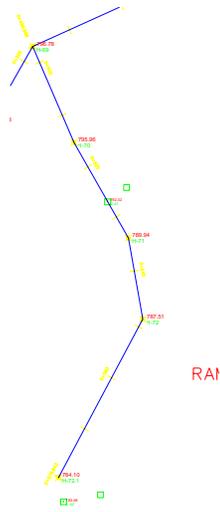
FECHA: 2023

ESTADO: EN EJECUCIÓN

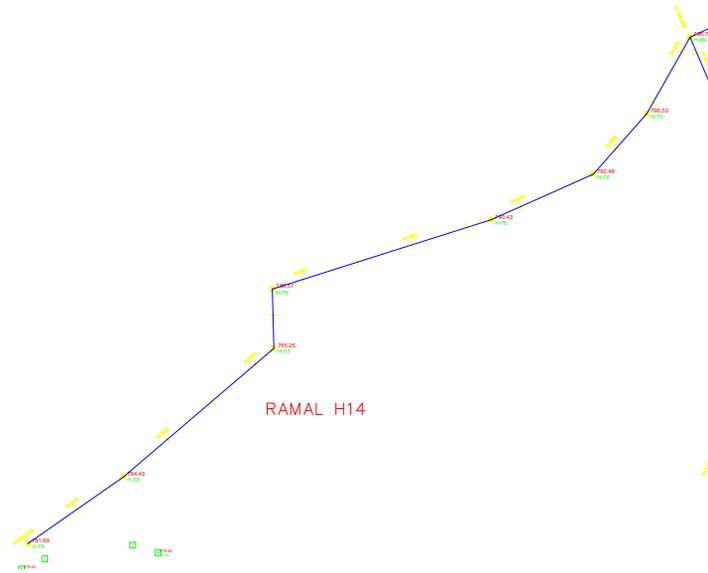
PROYECTADO POR: [Logo]

REVISADO POR: [Logo]

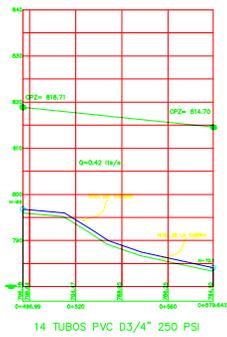
APROBADO POR: [Logo]



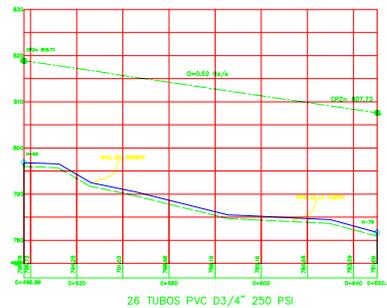
PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-13
 EST: 11-69 A 11-72.1 | ESCALA HORIZONTAL 1/1000 | LONGITUD TOTAL 62.65 METROS.



PLANTA RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-14
 EST: 11-69 A 11-79 | ESCALA HORIZONTAL 1/1000 | LONGITUD TOTAL 153.31 METROS.

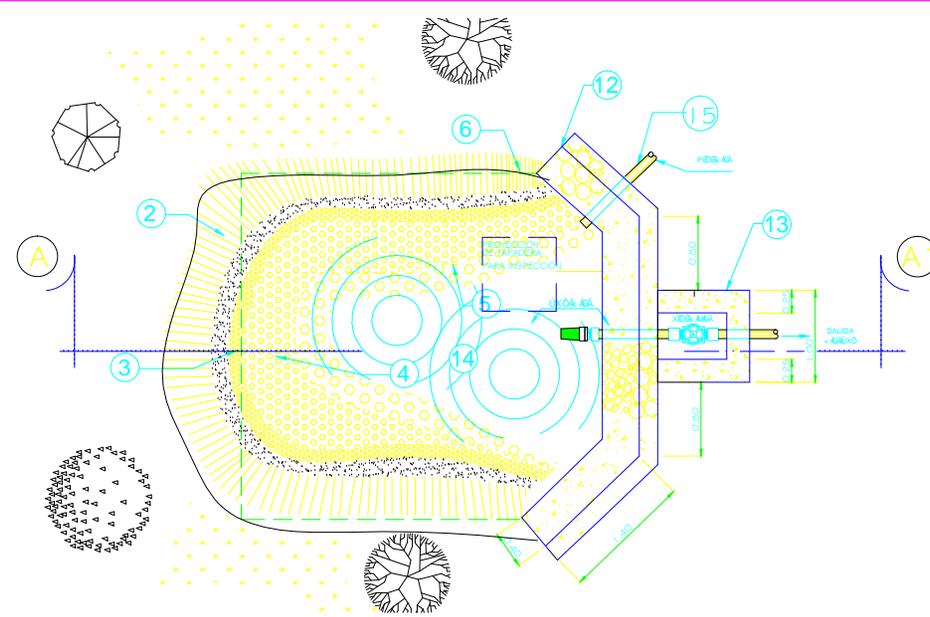


PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-13
 EST: 11-69 A 11-72.1 | ESCALA HORIZONTAL 1/1000 | LONGITUD TOTAL 62.65 METROS.



PERFIL RED DE DISTRIBUCIÓN RAMAL H-14
 EST: 11-69 A 11-79 | ESCALA HORIZONTAL 1/1000 | LONGITUD TOTAL 153.31 METROS.

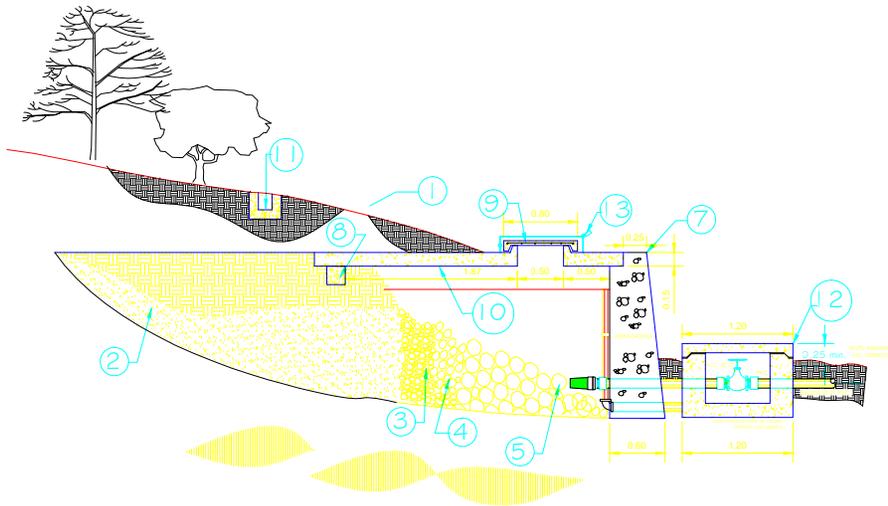
 INSTRUMENTOS DE LOS SERVICIOS DE INGENIERÍA INGENIERÍA DE INGENIERÍA INGENIERÍA DE INGENIERÍA (P)	
INSTRUMENTOS DE SERVICIO SERVICIO DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA	
PROYECTO: SERVICIO DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA	CLIENTE: SERVICIO DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA
FECHA: SERVICIO DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA	ESTADO: SERVICIO DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA
SERVICIO DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA DE INGENIERÍA	



PLANTA DE CAPTACIÓN DE BROTE DEFINIDO

Sistema de abastecimiento de agua potable, Caseríos Hierbabuena y El Pancá, Sololá

ESCALA: 1:25



CORTE A-A'

Sistema de abastecimiento de agua potable, Caseríos Hierbabuena y El Pancá, Sololá

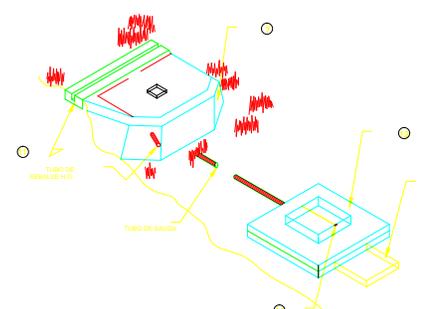
ESCALA: 1:25

- 1 TERRENO NATURAL
- 2 ACUIFERO
- 3 GRAVA DE 1/2"
- 4 GRAVA DE 3"
- 5 PIEDRA BOLA DE 6"-10"
- 6 MURO DE CONTENCIÓN DE CONCRETO CICLOPEO
- 7 VIGA DE 0.20 * 0.20 4 Ø 3/8 + EST. Ø 1/4 @ 0.20
- 8 TAPADERA PARA INSPECCIÓN
- 9 BELLO SANITARIO DE CONCRETO ESPESOR 8 cm.
- 10 CUNETA
- 11 CAJA DE COMPUERTA
- 12 CANDADO PARA INTERFERIR
- 13 DEPÓSITO DE AGUA
- 14 REBALSE Ø 3" MIN.

ESPECIFICACIONES

- CONCRETO CICLOPEO:
 - PIEDRA BOLA 33%
 - MORTERO 67%
- CONCRETO:
 - F_{cm} = 210 Kg/cm² 3000 libras/pulg²
- MUROS:
 - DEBEN IMPERMEABILIZARSE POR MEDIO DE UNA CAPA DE SABIETA DE PROPORCIÓN CEMENTO-ARENA (1:2) DEBIDAMENTE ALIZADA.
- LOSAS:
 - LA LOSA DE CONCRETO DEBE DARSELE UN DESNIVEL DE 1% HACIA LOS LADOS Y LA SUPERFICIE DEBE QUEDAR CERNIDA CON CEMENTO-ARENA EN PROPORCIÓN (1:2).
- REFUERZO:
 - f_y = 2810 Kg/cm²

NOTA:
 * PARA DIMENSIONES Y ARMADO DE LAS CAJAS DE VALVULAS VER PLANO TÍPICO SEGUN DIAMETRO DE DRENAJE. EL DESPUÉS DEL REBALSE DEBE ESTAR PROTEGIDO CON REJILLA DE AGUIEROS Ø = 1/2"
 * LA TUBERÍA QUE CONDUCE EL AGUA DE LA GALERÍA A LA CAJA DE CAPTACIÓN DEBE DISEÑARSE PARA EL CAUDAL MÁXIMO QUE PRODUCE LA FUENTE.
 * EL REBALSE DE Ø 4" DEBE SER INSTALADO A UN MÍNIMO DE 5 cm. ABAJO DE LA COTA MÁS BAJA DEL BROTE DEL MANANTIAL.
 NOTA:
 * PARA EVITAR RECARGAS EN EL MISMO. LA CONSTRUCCIÓN DE LA VIGA VER CORTE A-A QUEDARÁ A CRITERIO DEL CONSTRUCTOR CUANDO SE CONSIDERE NECESARIO.



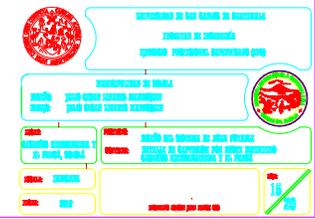
PERSPECTIVA DE LA CAPTACIÓN

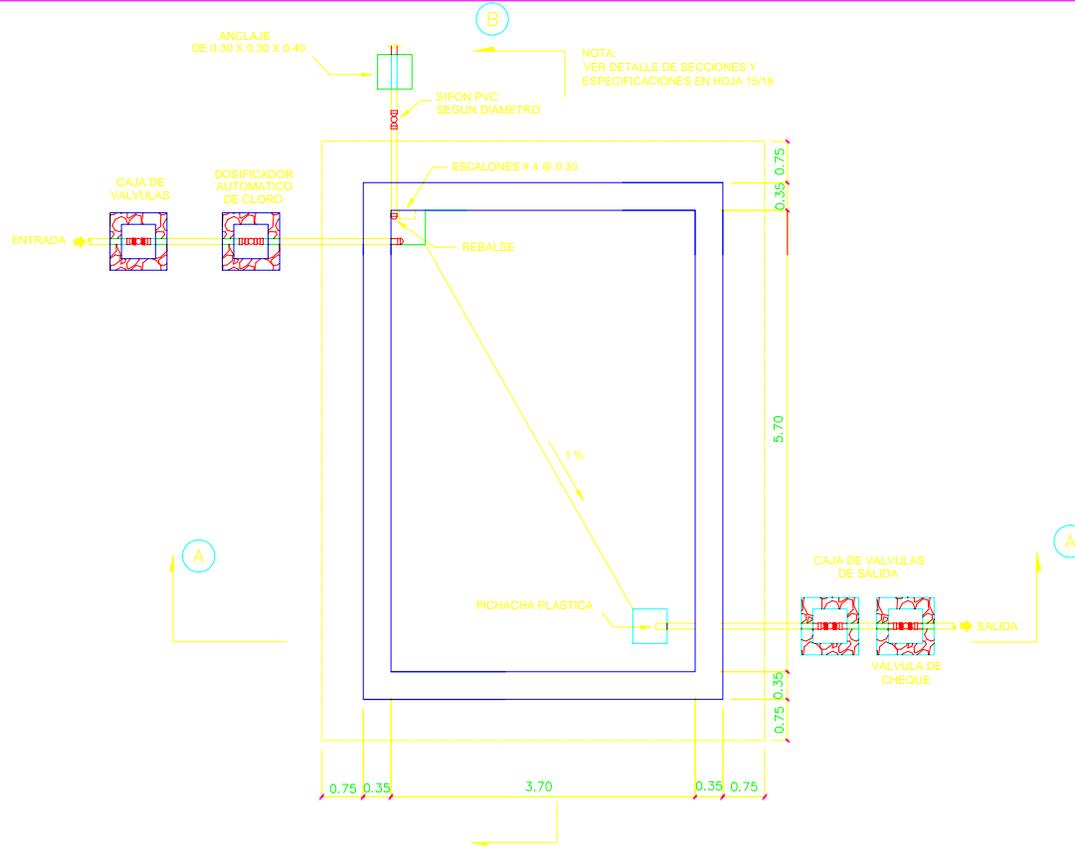
Sistema de abastecimiento de agua potable, Caseríos Hierbabuena y El Pancá, Sololá

SIN ESCALA

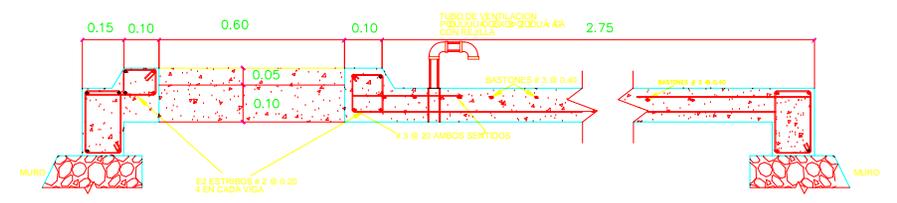
NOTAS GENERALES

1. EN ESTE PLANO ÚNICAMENTE SE INDICAN LAS ESTRUCTURAS MÁS IMPORTANTES QUEDA A CRITERIO DEL INGENIERO CONSTRUCTOR LA DECISIÓN PARA CADA CASO EN PARTICULAR.
2. LA EXCAVACIÓN DEBE HACERSE HASTA ENCONTRAR EL ESTRATO IMPERMEABLE
3. DEBE CAPTARSE LA TOTALIDAD DEL AGUA DEL ACUIFERO DEJANDO PREVISTO REBALSE HACER UNA ZANJA DE DRENAJE INTERCEPTOR PARA PROTEGER Y EVITAR INFILTRACIONES DEL AGUA SUPERFICIAL. ESTA ZANJA ESTARÁ A UN MÍNIMO DE 7m. DE LA CAPTACIÓN.

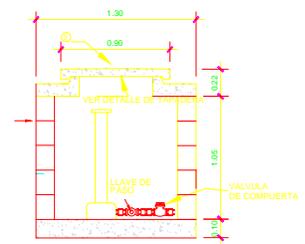




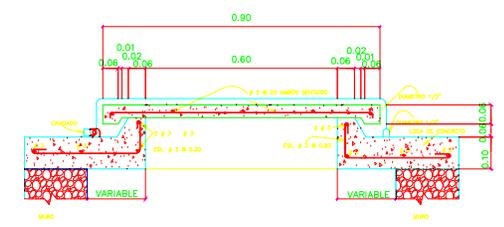
PLANTA
 Sistema de abastecimiento de agua potable, Caseríos Hierbabuena y El Pancá, Sololá
 ESCALA 1/50



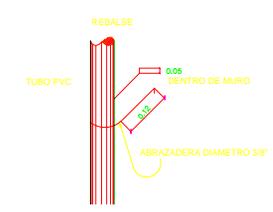
SECCION A-A'
 ESCALA 1/25



HIPOCLORADOR
 ESCALA 1/25

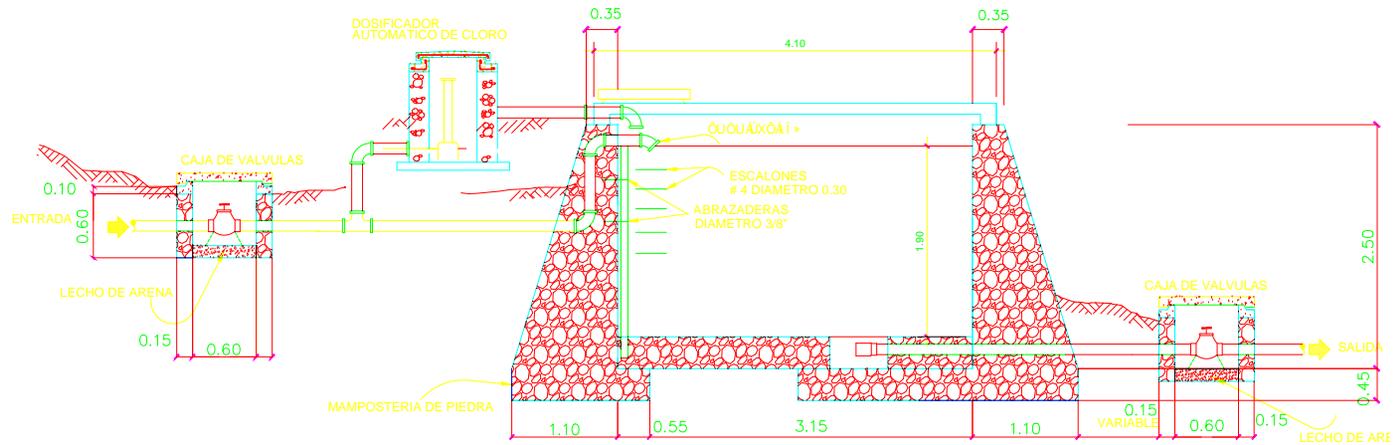


DETALLE DE TAPADERA
 ESCALA 1/10



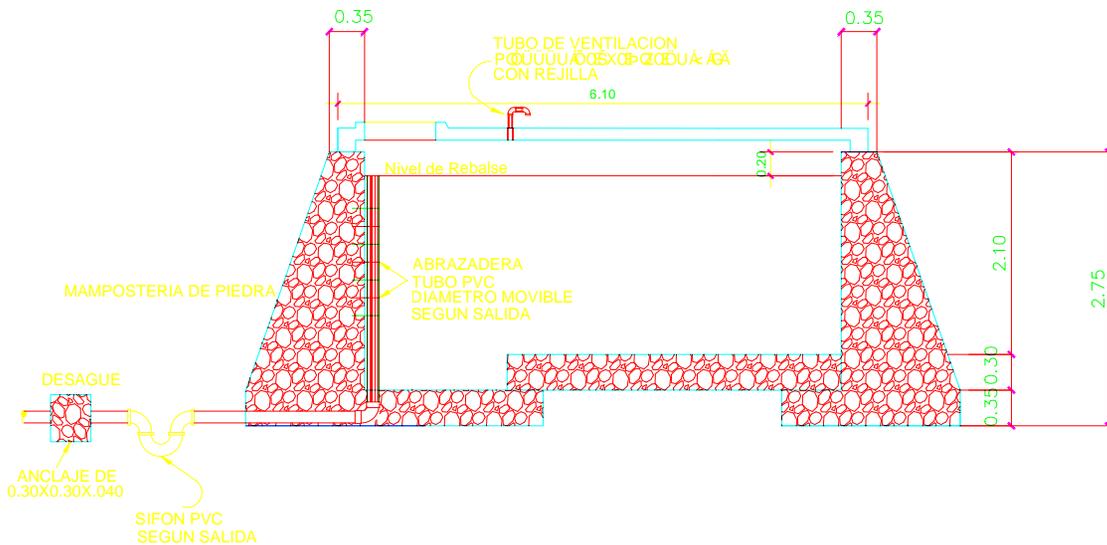
DETALLE DE ABRAZADERA
 SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
INGENIERIA DE OBRAS ASISTENTE: JUAN CESAR LIZARRAGA MARROQUIN TUTOR: JUAN CESAR LIZARRAGA MARROQUIN	
TITULO: CASERIOS HIERBABUENA Y EL PANCÁ, SOLOLÁ	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE CONTENIDO: PERMITE DE DISTRIBUCION EN METROS CUBICOS + CAJAS DE TRATAMIENTO E INTERCONEXIONES
FECHA: 2012	PAG: 16 / 20



SECCION A-A'

ESCALA 1/50



SECCION B-B'

ESCALA 1/25

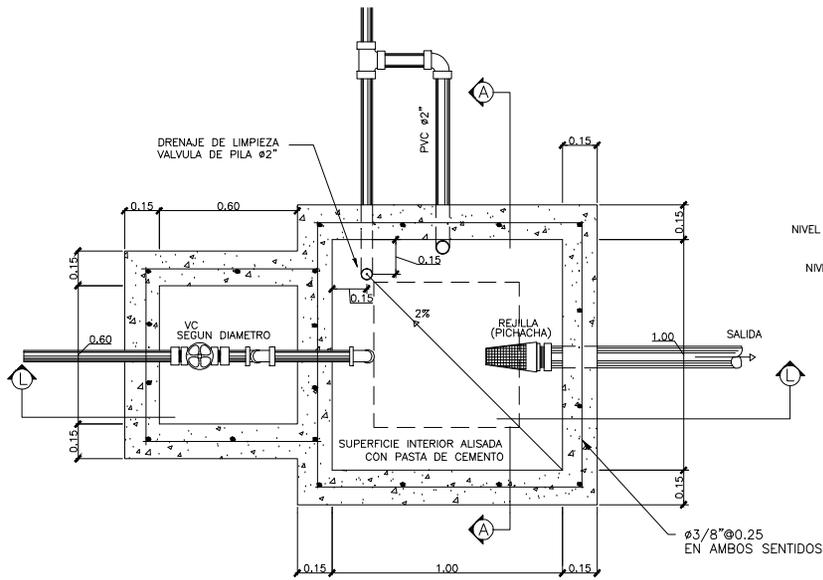
ESPECIFICACIONES

- CONCRETO CICLOPEO SE HARA DE LA SIGUIENTE MANERA:
33 % DE MORTERO
67 % DE PIEDRA BOLA
- CEMENTO, ARENA DE RIO Y PIEDRIN DE 1/2" RESPECTIVAMENTE
- SE REPELLARA EL INTERIOR Y EXTERIOR CON SABIETA: PROPORCION VOLUMEN 1:2 , CEMENTO, ARENA DE RIO RESPECTIVAMENTE CON UN RECUBRIMIENTO MINIMO DE 1.5 CMS.
- EN LAS TAPADERAS SE DEJARA UN DESNIVEL. NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO
- SE REALIZARA UN ALIZADO INTERIOR DE CEMENTO Y ARENA DE RIO EN PROPORCION 1:1. PARA IMPERMEABILIZAR LAS PAREDES INTERNAS DE LA CAJA.

NOTA:

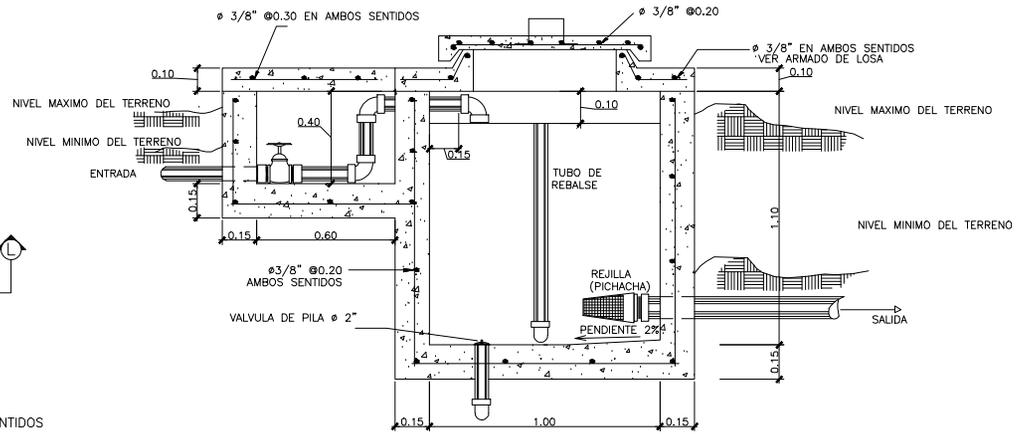
ΕΝΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΕΠΙΧΕΙΡΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΕΙΣΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ ΚΑΘΕ ΜΕΛΗΤΗΡΙΑ ΟΜΑΔΑ (ΥΝΟ ΠΑΡΑ ΚΑΘΑ ΜΕΛΗΤΗΡΙΑ ΟΜΑΔΑ)

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE AGUA		
INSTITUCION DE EDUCACION DISEÑO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE		
DISEÑO DE DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	PROYECTO DE PROYECTO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	FECHA: 2012 ESCALA: 1/25 HOJA: 17 / 20



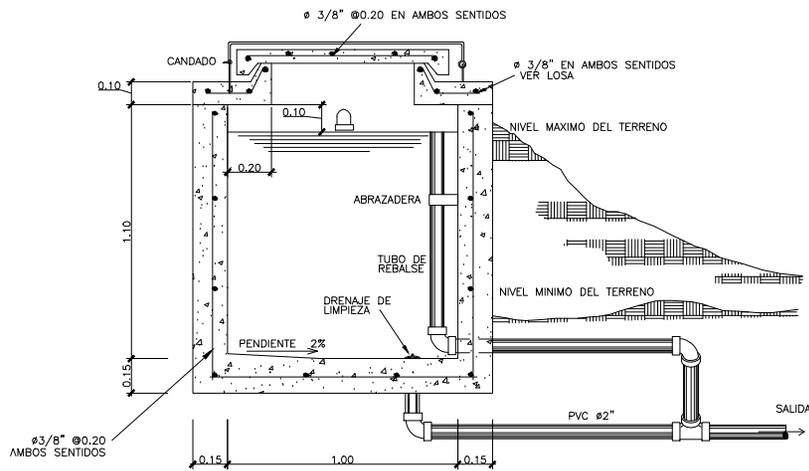
PLANTA C.R.P.

ESCALA 1/10



SECCION L-L C.R.P.

ESCALA 1/10



SECCION A-A C.R.P.

ESCALA 1/10

LISTA DE MATERIALES		
ACCESORIOS DE ENTRADA (SEGUN DISEÑO)	CANTIDAD	UNIDAD
ADAPTADORES MACHO (PVC)	2	U
VALVULA DE COMPUERTA (Br)	1	U
CODOS DE 90° (PVC)	3	U
ACCESORIOS DE SALIDA (SEGUN DISEÑO)		
PICHACHA (Br)	1	U
ADAPTADORES MACHO (PVC)	1	U
ACCESORIOS DE DRENAJE Y REBALSE		
TEE PVC (SEGUN CASO)	1	U
CODOS DE 90° PVC	3	U
VALVULA DE PILA Br Ø2"	1	U
CEMENTO	16	sacos
PIEDRIN	1.25	m ³
ARENA DE RIO	1.25	m ³
PARALES DE 3"x3"x10'	38	PT
TABLA DE PINO RUSTICA 1"x12"x10'	60	PT
CLAVO	2	lbs
ALAMBRE DE AMARRE	5	lbs
HIERRO DE 3/8"	18	var
HIERRO DE 1/2"	2	m.

NOTAS :

- CONCRETO =fic 281 kg/cm²
- ACERO DE REFUERZO fy =2810 kg/cm²

REFERENCIAS

EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE REBALSE SERA MAYOR QUE EL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ENTRADA Y EL MINIMO SERA 2"

VER DETALLE DE TAPADERA Y LOSA EN HOJA 20/20



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL SUPERVISADA (EPS)

MUNICIPALIDAD DE SOGUA

DISEÑO: JUAN CESAR LIZARRA MARRASQUIN
DIBUJO: JUAN CESAR LIZARRA MARRASQUIN



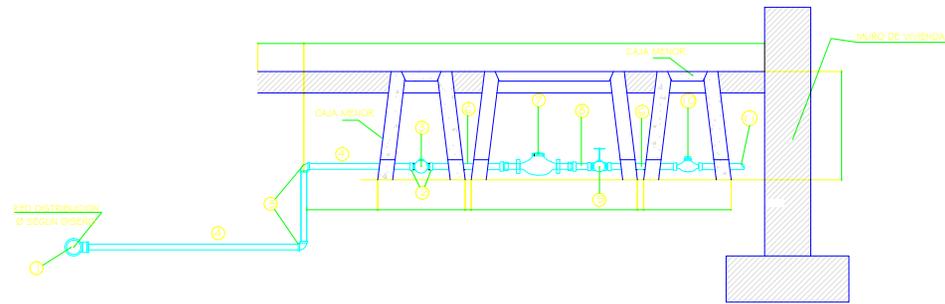
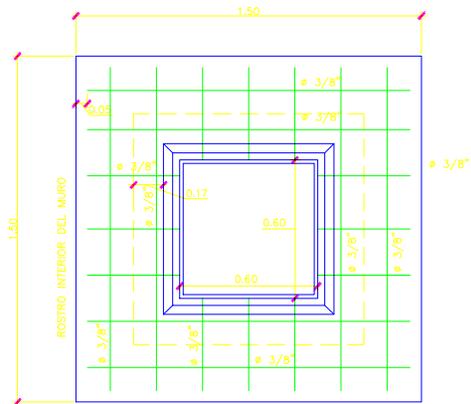
UBICACION: CARRANZA DEBARCADERO Y 15 AVENIDA SOGUA

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
CONTENIDO: CAJA BOMBE PRESION

FECHA: FEBRERA

FECHA: 2012

INSTRUMENTOS: 19 20



REFERENCIA DE MATERIALES	
1.	TIE RED O ABRAZADERA DOMICILIAR Ø SEGUN DISEÑO A 1/2" P.V.C.
2.	ADAPTADOR MACHO Ø 1/2" P.V.C.
3.	Llave de PASO Ø 1/2" IN.
4.	TUBERIA Ø 1/2" P.V.C.
5.	CODO Ø 1/2" X 90° P.V.C.
6.	NIPLE H. Ø 1/2" X D. 30 M.
7.	MEDIDOR VOLUMETRICO Ø 1/2"
8.	NIPLE H. Ø 1/2" X D. 10 M.
9.	Llave de COMPUERTA Ø 1/2" IN.
10.	Llave de RETENCION HORIZONTAL (CORREDE DE BOMBA) Ø 1/2" IN.
1.	A RED DOMICILIAR.

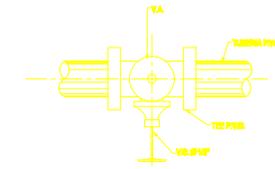
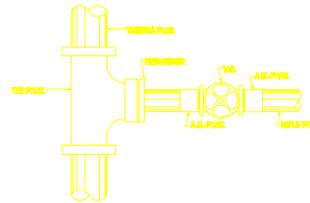
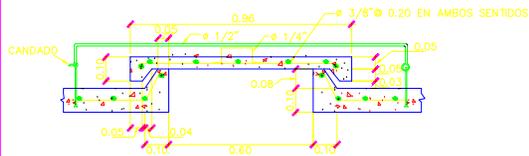
INSTALACIONES DOMICILIARES	
Comunidad	TOTAL DE CONEXIONES
Herbabuena	94
El Pancá	100
Total =	194

Sección de conexión predial

Sistema de abastecimiento de agua potable, Caseríos Herbabuena y El Pancá, Sololá

DETALLE DE LOSAS C.R.P.

ESCALA 1/10



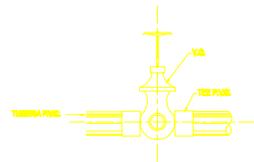
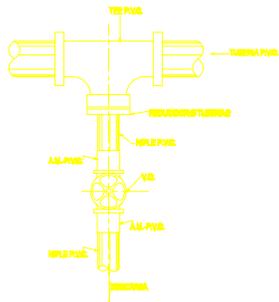
PLANTA VÁLVULA DE AIRE

DETALLE DE TAPADERAS C.R.P.

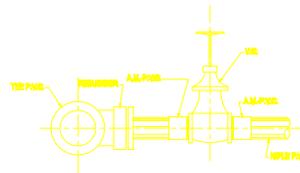
ESCALA 1/10

PLANTA VÁLVULA DE COMPUERTA

TUBERIA Y ACCESORIOS P.V.C.

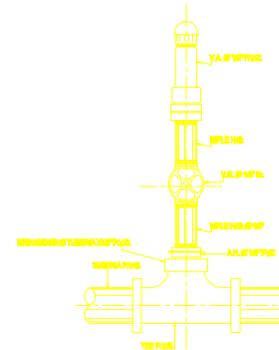


ELEVACIÓN VÁLVULA DE LIMPIEZA



ELEVACIÓN VÁLVULA DE COMPUERTA

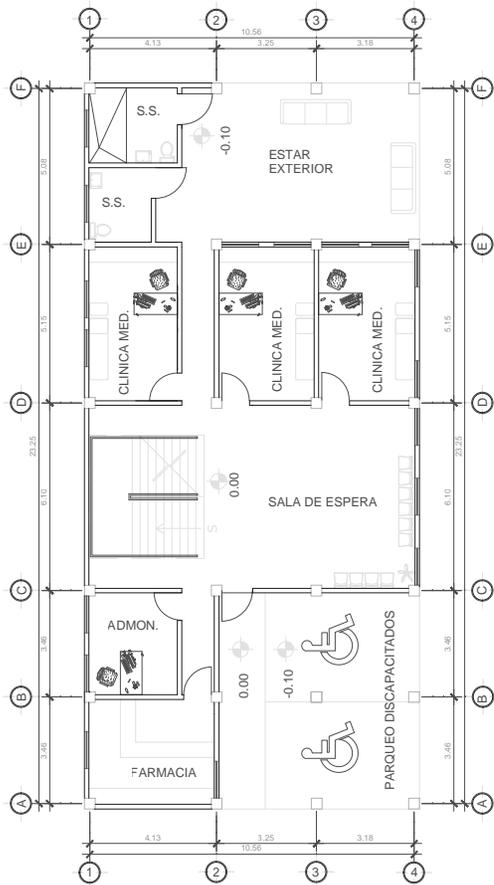
TUBERIA Y ACCESORIOS P.V.C.



ELEVACIÓN VÁLVULA DE AIRE

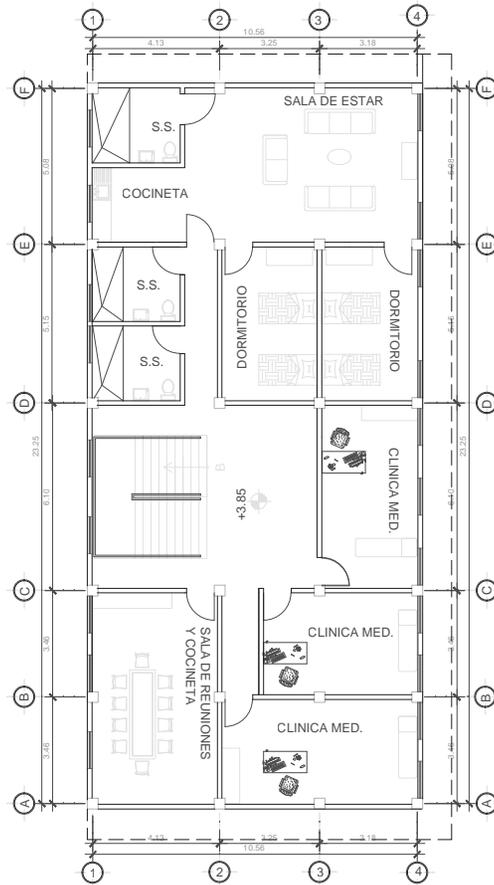
PLANTA VÁLVULA DE LIMPIEZA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE P.	
INSTITUCIÓN DE GRADUACIÓN GRADUADO: JUAN CESAR LIZARRAZ BARROSO TÍTULO: JUAN CESAR LIZARRAZ BARROSO	
FECHA: CÁLCULO: 20/05/2012 DISEÑO: 20/05/2012 TÍTULO: 20/05/2012	PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE CONTENIDO: DETALLE DE CONEXIÓN PREDIAL Y TIEPLINAS
FECHA: 2012	VALOR: 20

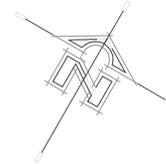


PLANTA AMOBLADA 1ER. NIVEL

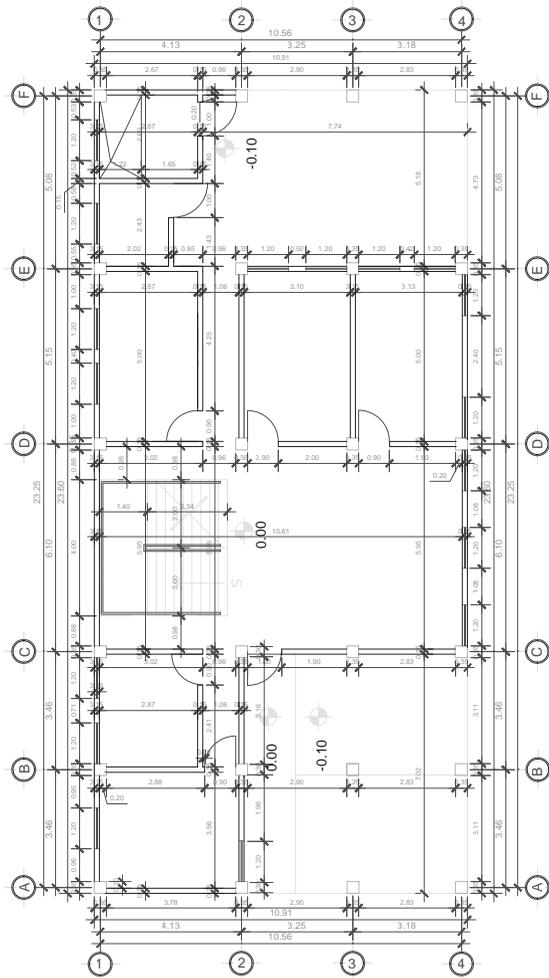
ESCALA. 1:75



PLANTA AMOBLADA 2DO. NIVEL

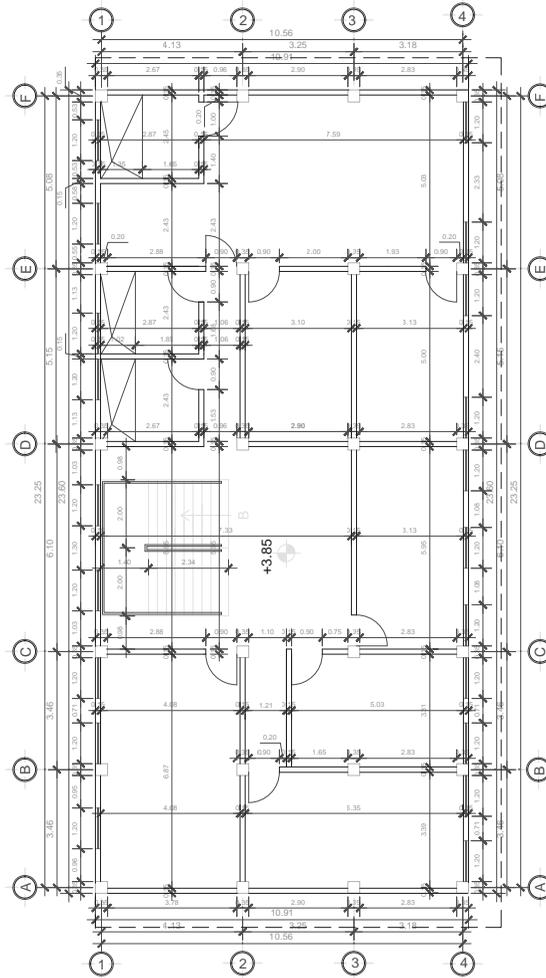


 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)		
MUNICIPALIDAD DE SOLEDAD DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARRQUIN DIBUJO: JULIO CESAR LINARES MARRQUIN		
LUGAR: CARRERA EL ENCARTO	PROYECTO: CENTRO DE CONVERGENCIA	REAL: 13
ESCALA: INDICADA	CONTENIDO: PLANTA AMOBLADA	
FECHA: 2012	JUNIO 2012 JULIO CESAR LINARES	



PLANTA ACOTADA 1ER. NIVEL

ESCALA: 1:75



PLANTA ACOTADA 2DO. NIVEL



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
DISEÑO: JULIO CISAR LINARES MARROQUIN
DIBUJO: JULIO CISAR LINARES MARROQUIN

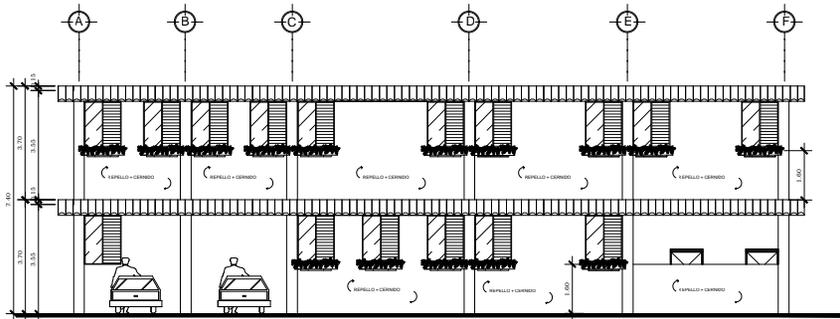


LUGAR: CENTRO DE CONVERGENCIA
CARRIÓN EL ENCANTO
CONTIENE: PLANTA ACOTADA

ESCALA: INDICADA
FECHA: 2012

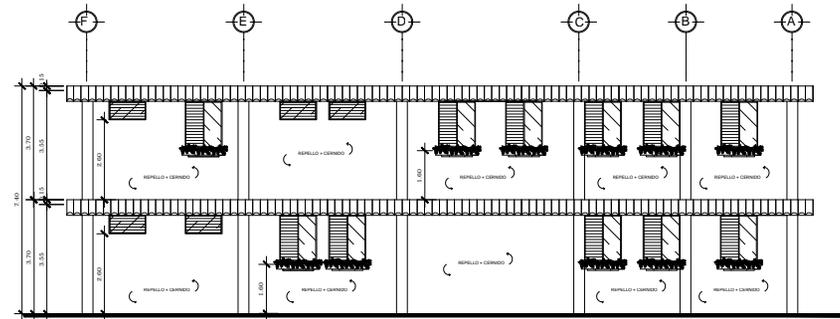
APROBADO: JULIO CISAR LINARES
DISEÑADO: JULIO CISAR LINARES

Hoja 13



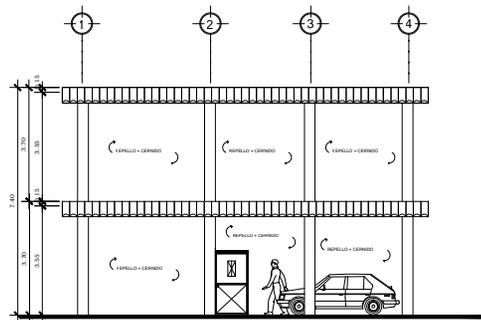
FACHADA FRONTAL CENTRO DE CONVERGENCIA

ESCALA. 1:75



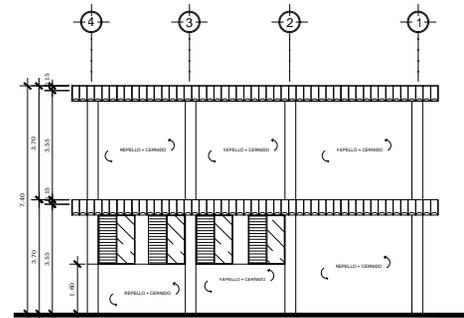
FACHADA POSTERIOR CENTRO DE CONVERGENCIA

ESCALA. 1:75



FACHADA LATERAL IZQUIERDA CENTRO DE CONVERGENCIA

ESCALA. 1:75



FACHADA LATERAL DERECHA CENTRO DE CONVERGENCIA

ESCALA. 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

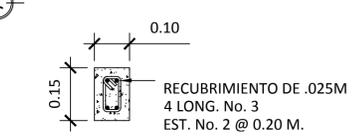
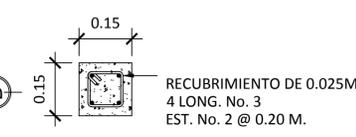
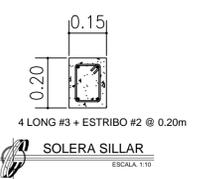
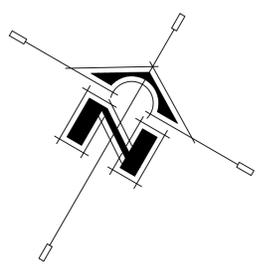
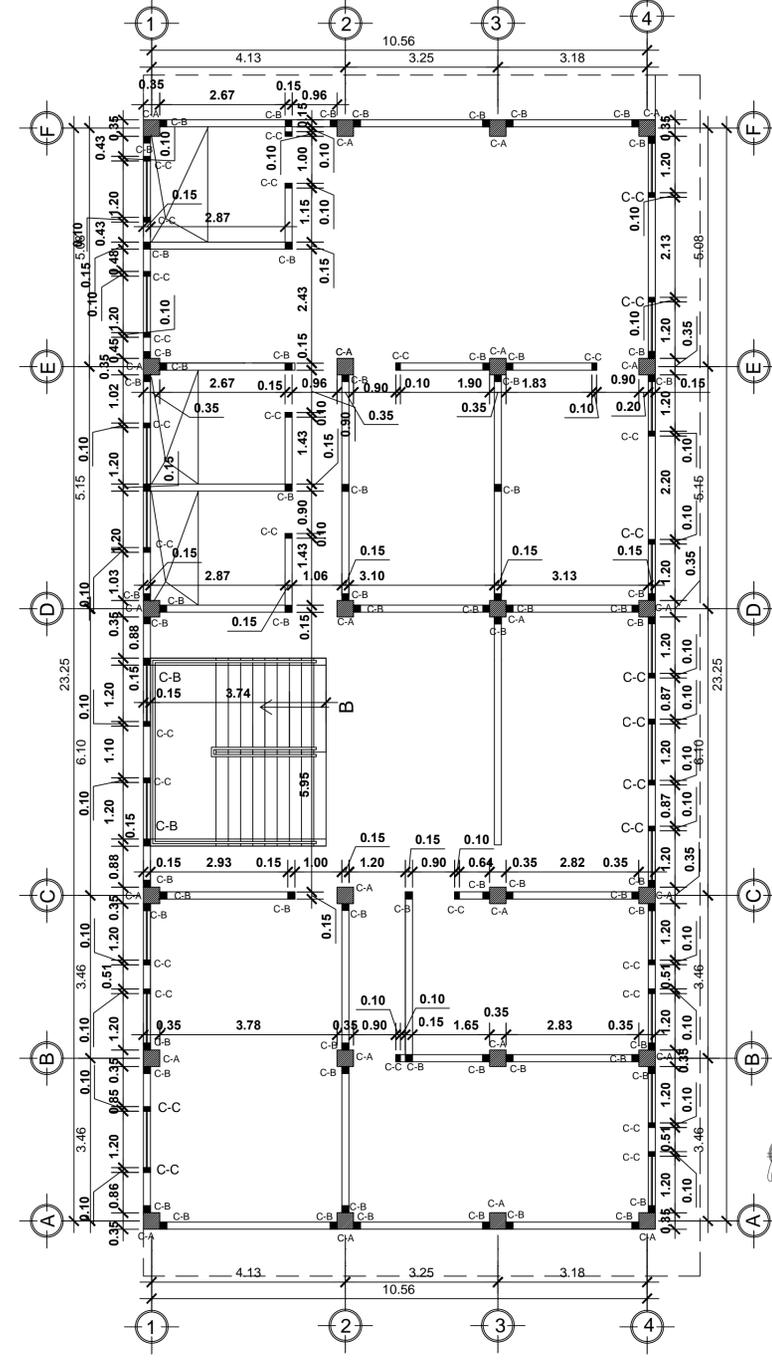
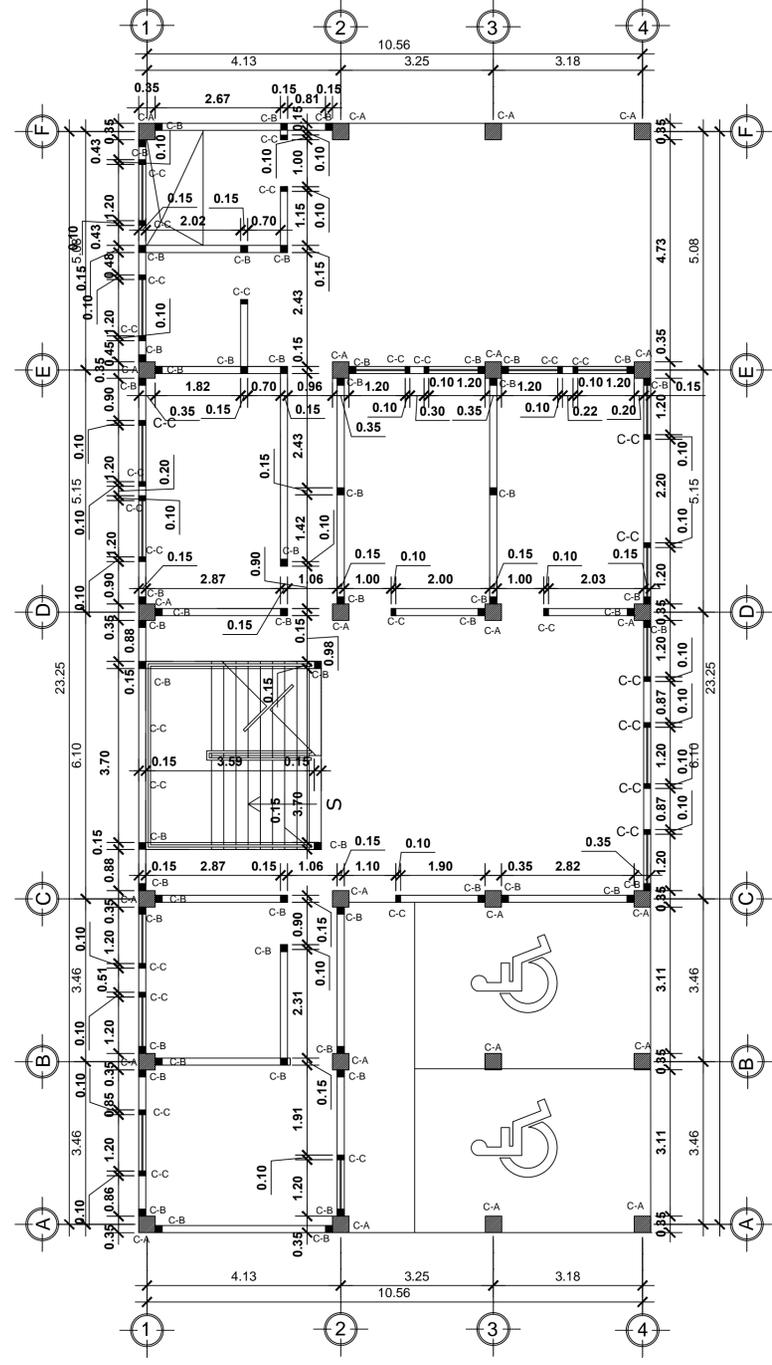
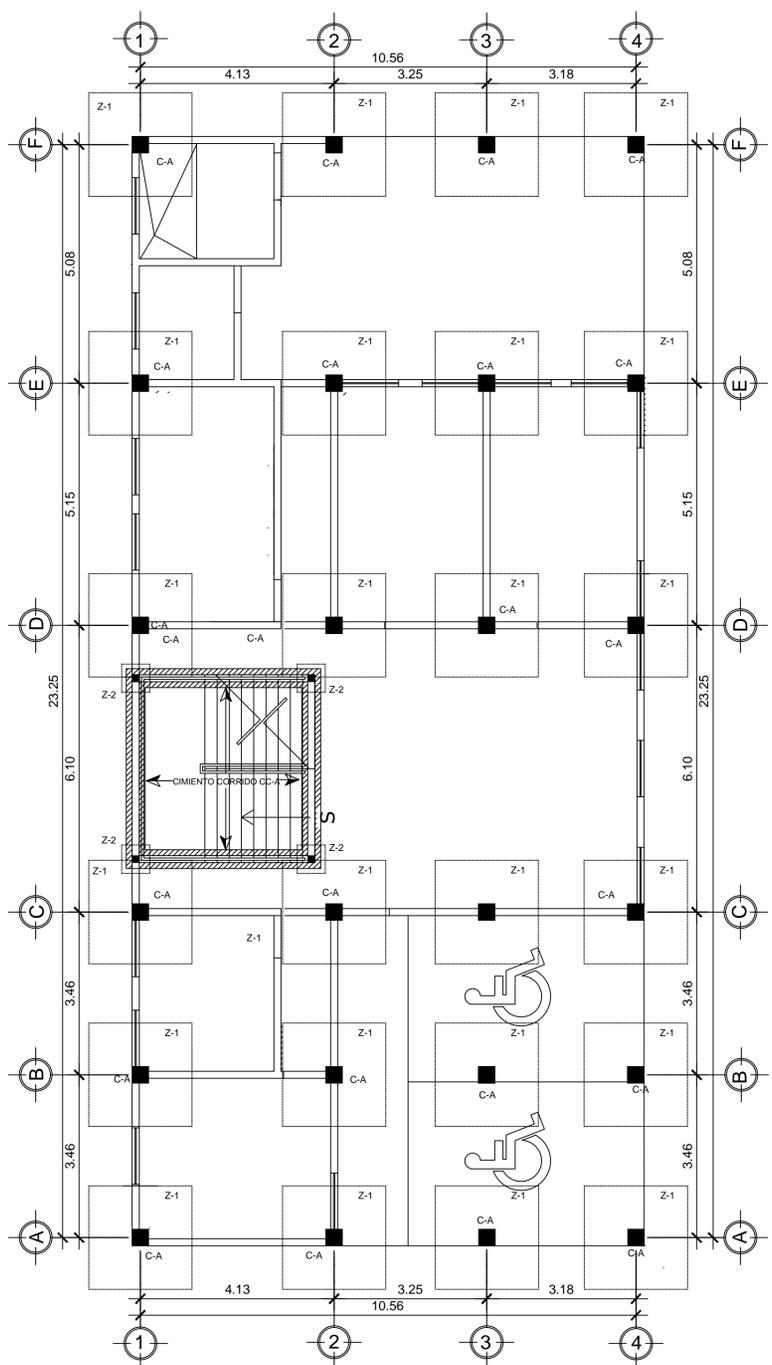
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
DISEÑO: JULIO CISAR LINARES MARROQUIN
DISEÑO: JULIO CISAR LINARES MARROQUIN



LUGAR: CARRERA EL ENCANTO PROYECTO: CENTRO DE CONVERGENCIA
CONTENIDO: ELEVACIONES

ESCALA: INDICADA
FECHA: 2012

HOJA: 4
DE: 13



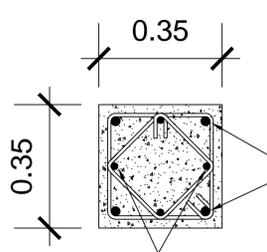
PLANTA DE CIMENTACION 1ER. NIVEL

ESCALA: 1:100

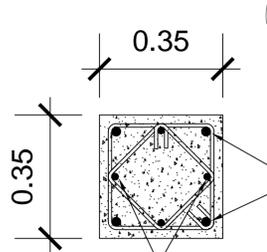
PLANTA DE COLUMNAS 1ER. NIVEL

ESCALA: 1:100

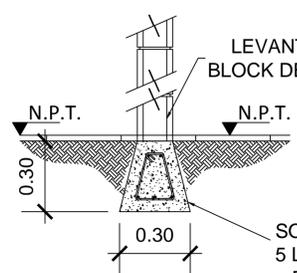
PLANTA DE COLUMNAS 2DO. NIVEL



RECUBRIMIENTO DE .025 M
4 LONG. No. 8 + EST. No. 3
@ 0.15 M. Y EN ZONA
CONFINAMIENTO @ 0.10 M

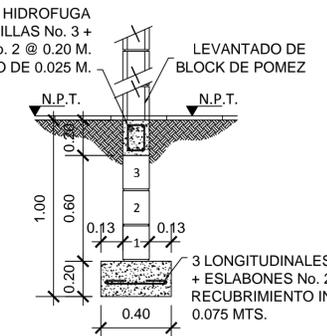


RECUBRIMIENTO DE .025 M
4 LONG. No. 4 + EST. No. 3
@ 0.15 M. Y EN ZONA DE
CONFINAMIENTO @ 0.10 M



LEVANTADO DE
BLOCK DE POMEZ

SOLERA DE HUMEDAD-CIMIENTO
5 LONGITUDINALES No. 3
+ ESTRIBOS No. 2 @ 0.15 M.
RECUBRIMIENTO DE 0.025 MTS.



SOLERA DE HIDROFUGA
4 VARILLAS No. 3 +
ESTRIBOS No. 2 @ 0.20 M.
RECUBRIMIENTO DE 0.025 M.

CIMIENTO CORRIDO CC-A

ESCALA: 1:20

COLUMNA C-A 1ER NIVEL

ESCALA: 1:10

COLUMNA C-A 2DO NIVEL

ESCALA: 1:10

SOLERA DE HUMEDAD-CIMIENTO CORRIDO

ESCALA: 1:15

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

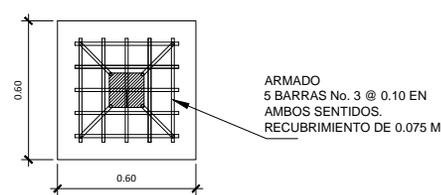
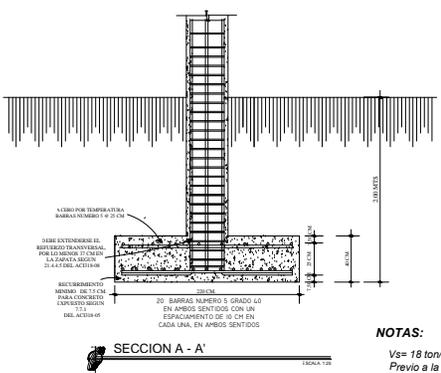
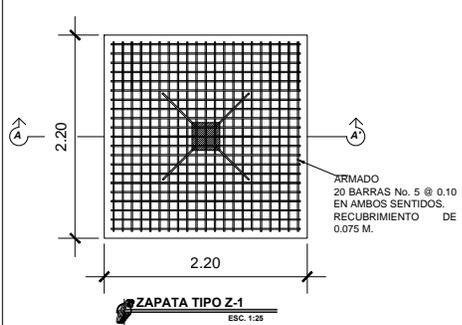
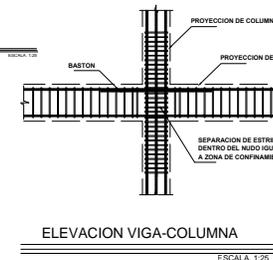
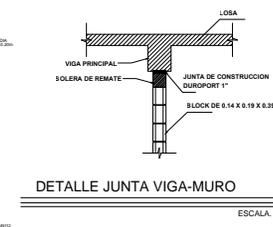
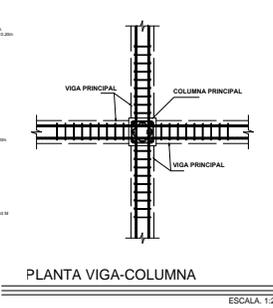
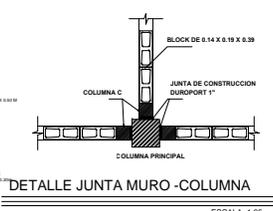
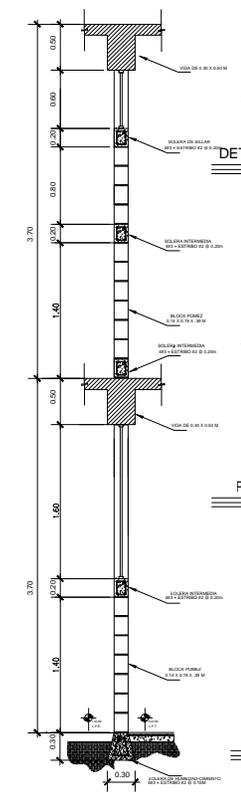
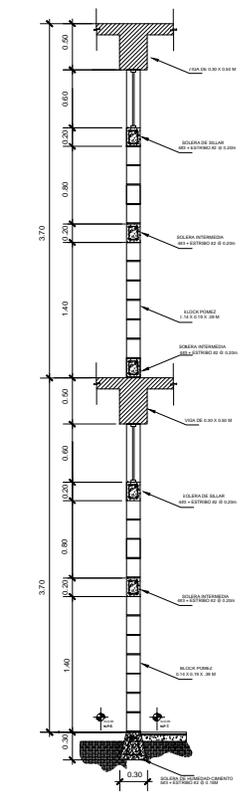
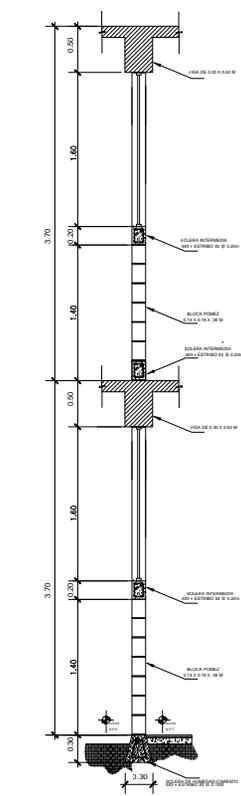
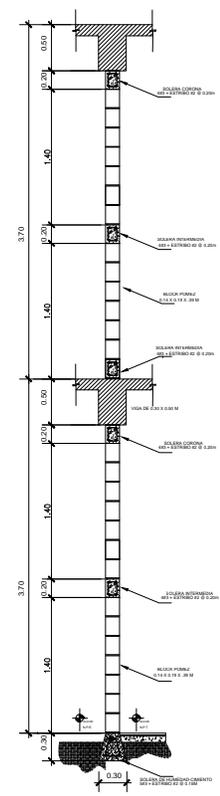
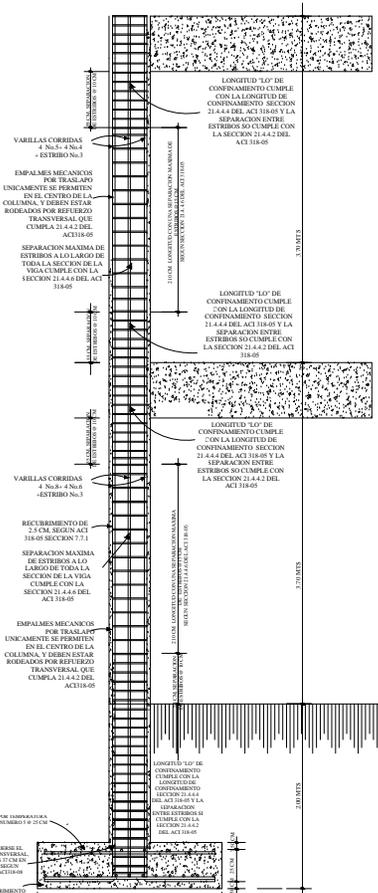
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN
DIBUJO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN

LUGAR: CASERIO EL ENCANTO
PROYECTO: CENTRO DE CONVERGENCIA
CONTIENE: PLANTA DE CIMENTACION + PLANTA DE COLUMNAS

ESCALA: INDICADA
FECHA: 2012

ASESOR: ING. JUAN MERCEZ COS
EFERENTE: JULIO CESAR LINARES

HOJA: 5
13



NOTAS:
 $V_s = 18 \text{ ton/m}^2$ (compression triaxial)
 Previo a la construcción, realizar ensayo dinámico para verificar valor soporte del suelo.

ZAPATA TIPO Z-2
 ESC. 1:25

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

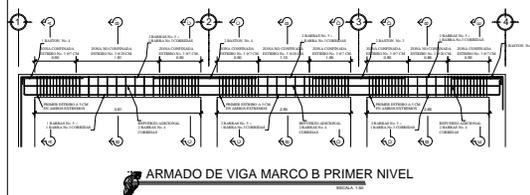
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
 JULIO CESAR LINARES MARROQUIN
 JULIO CESAR LINARES MARROQUIN

LOGAR: CENTRO DE CONVERGENCIA
 CARRIBELO EL ENCANTO
 CONTINENTE: DISEÑOS ESTRUCTURALES

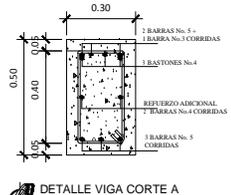
ESCALA: INDICADA
 FECHA: 2012

PROYECTO: CENTRO DE CONVERGENCIA
 CONTINENTE: DISEÑOS ESTRUCTURALES

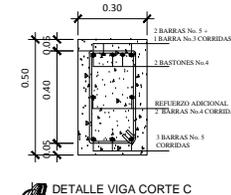
HOJA: 8
 TOTAL: 13



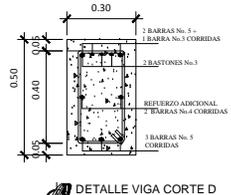
ARMADO DE VIGA MARCO B PRIMER NIVEL



DETALLE VIGA CORTE A



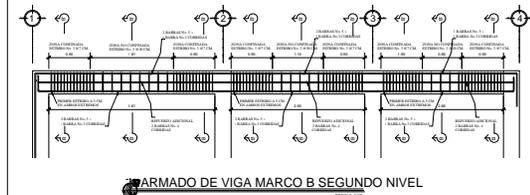
DETALLE VIGA CORTE C



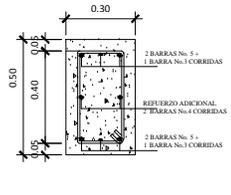
DETALLE VIGA CORTE D



DETALLE VIGA CORTE E



ARMADO DE VIGA MARCO B SEGUNDO NIVEL



DETALLE VIGA CORTE B



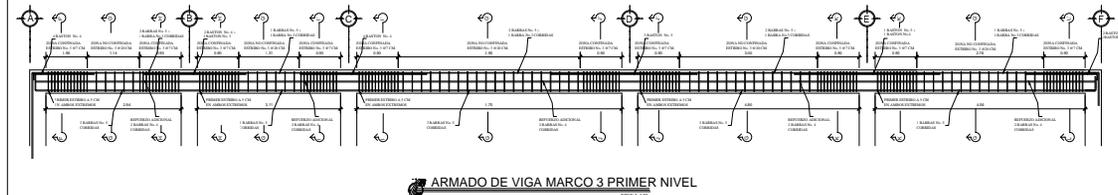
DETALLE VIGA CORTE F



DETALLE VIGA CORTE H



DETALLE VIGA CORTE I



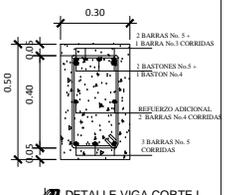
ARMADO DE VIGA MARCO 3 PRIMER NIVEL



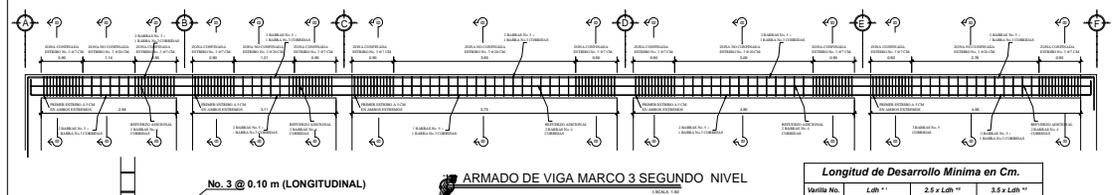
DETALLE VIGA CORTE J



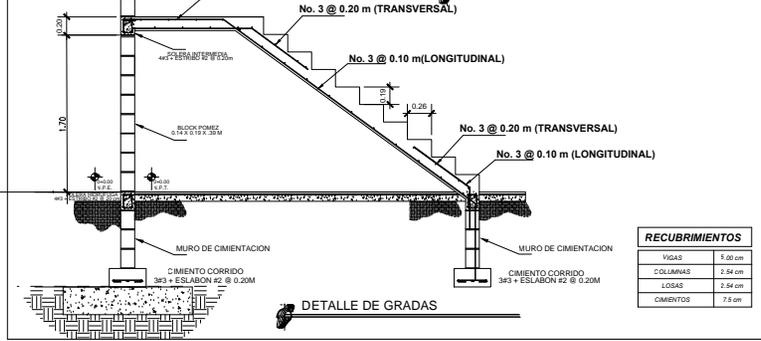
DETALLE VIGA CORTE K



DETALLE VIGA CORTE L



ARMADO DE VIGA MARCO 3 SEGUNDO NIVEL



RECUBRIMIENTOS

VIGAS	5.00 cm
COLUMNAS	2.54 cm
LOSAS	2.54 cm
CIMENTOS	7.5 cm

Longitud de Desarrollo Minima en Cm

Varilla No.	Ldb **	2.5 x Ldb **	3.5 x Ldb **
3	11	27	38
4	14	36	50
5	18	45	63
6	22	54	75

Cap: 21-318-99
1. Columnas, Vigas, Losas y Columnas.
2. Barras rectas si el espesor del concreto es > 0.30 m.
3. Barras rectas si el espesor del concreto es < 0.30 m.
Columnas.

GANCHOS DE REFUERZO

GANCHO	No.	Dg	L1	L2	L3
135°	1	0.84	0.10	0.10	3.10
	3	0.86	0.10	0.15	3.10
	4	0.88	0.15	0.20	3.10
90°	5	0.10	0.16	0.20	3.10
	6	0.12	—	0.25	3.10
180°	7	0.14	—	0.20	3.10
	8	0.16	—	0.25	3.10
	9	0.22	—	0.35	3.10
180°	10	0.26	—	0.40	0.10
	11	0.29	—	0.45	0.10

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ o $4,000 \text{ psi}$.
 $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ o $60,000 \text{ psi}$.
 Block Pomez de $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$.
 Agregado Grueso = 1/2".

GANCHO STANDAR A 135°.
 El doblaz del gancho será 4 veces el diametro de la varilla, no menor de 6.5 cm, ni mayor de 10cm.
 TRASLAPES MINIMOS
 No 3 = 0.35 m.
 No 4 = 0.50 m.
 No 5 = 0.60 m.
 No 6 = 0.75 m.

Especificaciones de acuerdo alCodigo ACI - 318-99 y las normas Guatemaltecas AGIES.

* LOS BASTONES TENDRA UNA LONGITUD IGUAL A = $L_4 + \text{LONGITUD DE DESARROLLO SEGUN VARILLA}$

CALIDAD DE LOS MATERIALES:

CEMENTO: TIPO I MEJORADO CON PIZOLANAS EN SACOS DE 42.5kg DEBERA DE SER FRESCO Y DE RECIENTE PRODUCCION, SE DESECHARA EL CEMENTO QUE HAYA ENDURECIDO O QUE HAYA FORMADO GRANULOS POR HIDRATACION

ARENA DE RIO: LAVADA Y LIBRE DE MATERIA ORGANICA, RAICES ARCILLAS ETC. SU GRANULOMETRIA DEBERA SER UNIFORME.

PIEDRIN O GRAVA: GRAVA BASALTICA O ANDESITICA LAVADA O PEDRIN DE PIEDRA CALIZA TRETURADA. AMBAS DE GRANULOMETRIA UNIFORME. TAMAÑO MAXIMO PARA EL AGREGADO: PARA CIMENTACION MUROS Y PISO, DE 1/2".

AGUA: LIBRE DE SALES, ACIDOS Y OTRAS IMPUREZAS QUE PUEDAN REACCIONAR O DEBILITAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO.

PARA LA COLOCACION DE EL CONCRETO PARA LOSA Y MURO DEBERAN UTILIZARSE VIBRADORES PARA LOGRAR UN ADECUADO ACONDICIONAMIENTO.

RELACION AGUACEMENTO MAXIMA PERMISIBLE: DEL CONCRETO PRINCIPALMENTE PARA EVITAR RATONERAS.

EL CURADO DE CIMENTACION SE HARA POR ROCIADO CONTINUO CON AGUA POR UN MINIMO DE 3 DIAS, O BIEN CON MEMBRADA CURADORA QUE NO PROVOQUE PROBLEMAS DE ADHERENCIA.

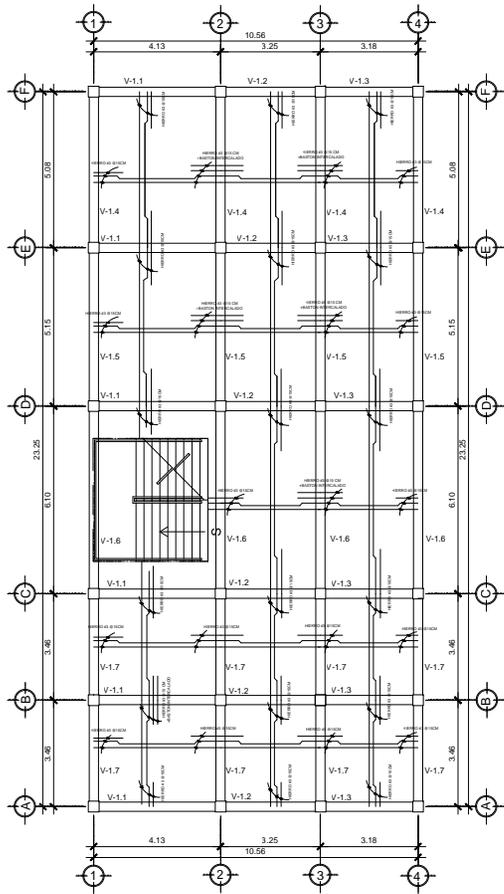
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
 JULIO CESAR LINARES MARROQUIN
 JULIO CESAR LINARES MARROQUIN

LOGAR: CENTRO DE CONVERGENCIA
 CARRERA: DETALLES DE VIGAS + GRADAS

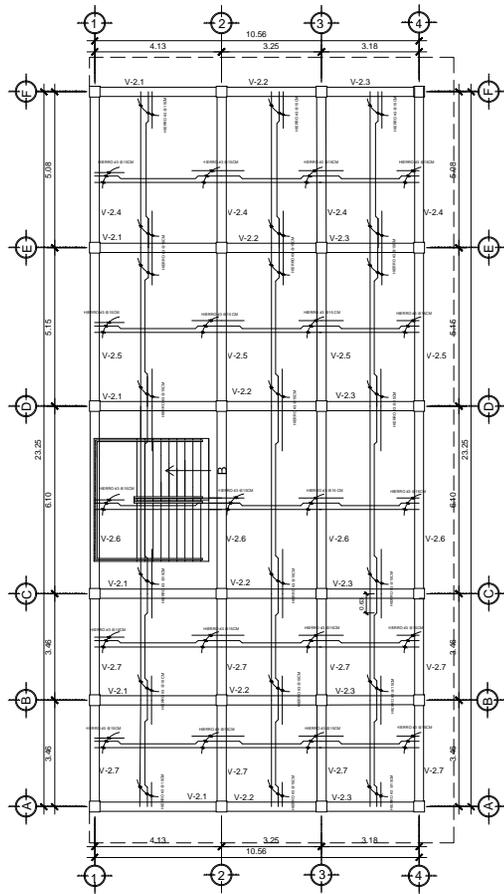
ESCALA: INDICADA
 FECHA: 2012

HOJA 7
 DE 13



PLANTA DE LOSAS 1ER. NIVEL

ESCALA: 1:75

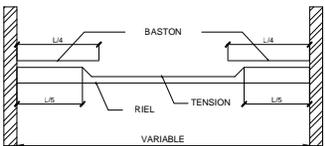


PLANTA DE LOSAS 2DO. NIVEL

NOMENCLATURA			
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	INDICA VIGA		INDICA RIEL
	INDICA BASTÓN	V-1	INDICA TIPO DE VIGA
	INDICA TENSION		

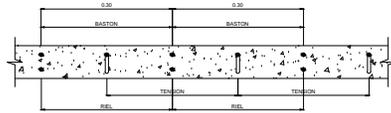
ESPECIFICACIONES TECNICAS

- $f_c = 281 \text{ kg/cm}^2$ o 4,000 psi.
 - $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ o 40,000psi.
 - ESPESOR DE LOSA: 12 cm.
 - HIERRO A UTILIZAR EN LOSA: #3
- LIMITES DE ESPACIAMIENTO
- La distancia libre minima entre barras paralelas debe ser igual al diametro de la barra pero no menor a 25 mm. ACI 7.6.1
 - La distancia libre maxima entre barras paralelas no debe ser mayor a 3 veces el espesor de la losa, ni 450 mm. ACI 7.6.5
- DOBLADO: LA LONGITUD DE DESARROLLO (LA LONGITUD DEL DOBLEZ) DEBE SER SEGUN ACI 21.5.4 SE PERMITE UTILIZAR EL SOBLETE DE $90^\circ + 8 \phi$ DE LA BARRA, NO MENOR QUE 150 mm.
- RECUBRIMIENTO MINIMO PARA CONCRETO CONSTRUIDO EN SITIO, NO EXPUESTO A LA INTERPERIARA LOSAS DEBE SER DE 2cm. ACI 7.7.2 inciso (c).
- LONGITUD DE DESARROLLO Y EMPALMES ACI 12.2
- LA LONGITUD PARA LOS EMPALMES EN ELEMENTOS A TRACCION DEBE TENER UN MINIMO DE $L_D = 300 \text{ mm}$.
- PROHIBICIONES ACI 21.3.2.3
- NO DEBEN EMPLEARSE EMPALMES POR TRASLAPOS EN:
- DENTRO DE LOS NUDOS.
 - EN UNA DISTANCIA DE DOS VECES LA ALTURA DEL ELEMENTO MEDIDA DESDE LA CARA DEL NUDO.
- * LOS BASTONES TENDRA UNA LONGITUD IGUAL A $L_4 = \text{LONGITUD DE DESARROLLO SEGUN VARILLA}$



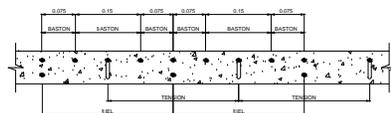
PLANTA DE DE LOSA

SIN ESCALA



SECCION DE LOSA

SIN ESCALA



SECCION DE LOSA BASTON INTERCALADO

SIN ESCALA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

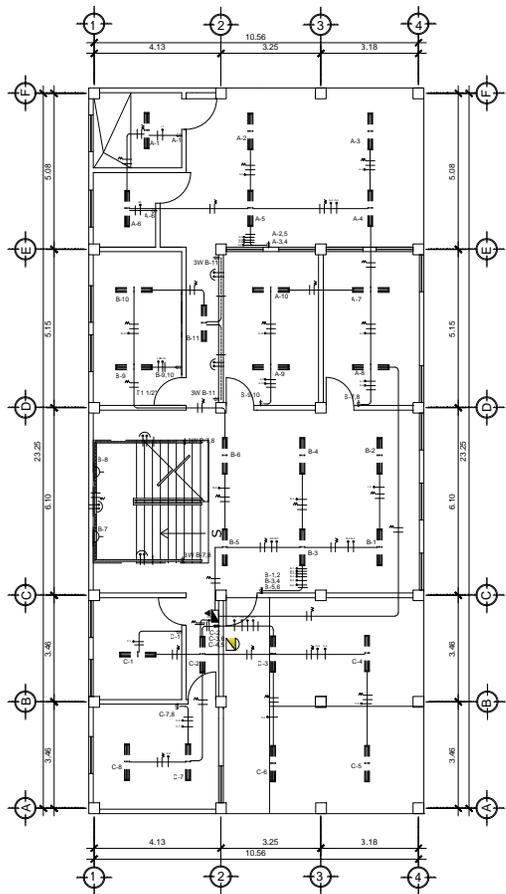
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN
DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN

LUGAR: CENTRO DE CONVERGENCIA
CARRERA: PLANTA DE LOSAS

ESCALA: INDICADA
FECHA: 2012

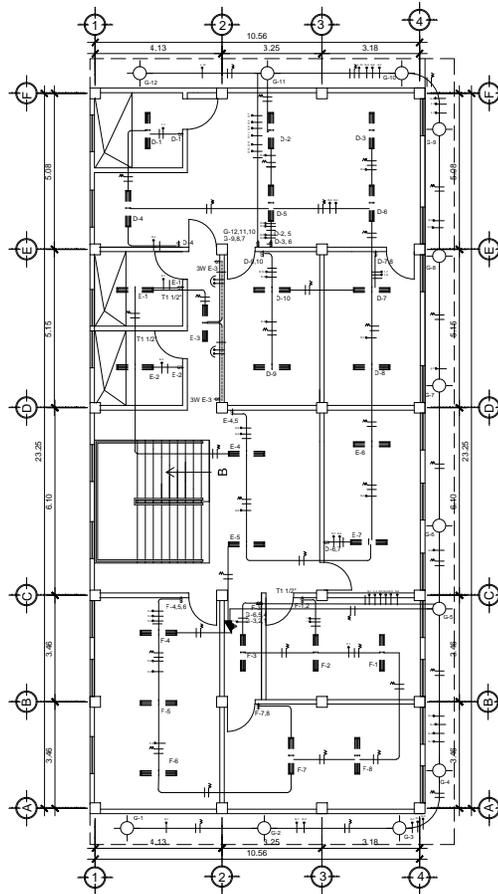


HOJA: 8
TOTAL: 13

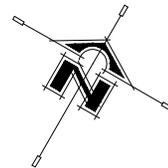


PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA, ILUMINACION 1ER. NIVEL

ESCALA: 1:75



PLANTADE INSTALACION ELECTRICA, ILUMINACION 2DO. NIVEL



NOMENCLATURA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	CONTADOR
	PUESTA A TIERRA, CONDUCTOR AWG # 8 A TORNILLO Y VARELLA DE TIERRA # 1/2"
	LAMPARA TUBULAR DE GAS NEON
	LAMPARA EN TEOCHO
	INTERRUPTOR THREE WAY
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	QUEB OVALUCÓN/QUEB
	TUBERIA EN CIELO
	TUBERIA EN SUELO O PARED
	LINEA NEUTRAL CALIBRE 12
	LINEA VIVA CALIBRE 12
	LINEA DE RETORNO CALIBRE 12
	LINEA DE PUENTE CALIBRE 13



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

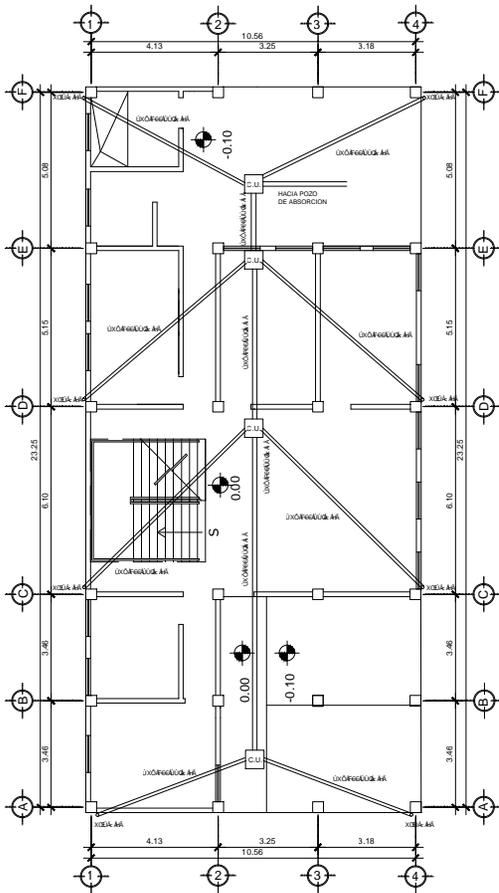
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA
DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN
DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN



PROYECTO: CENTRO DE CONVERGENCIA
CONTENIDO: INSTALACION ELECTRICA, ILUMINACION

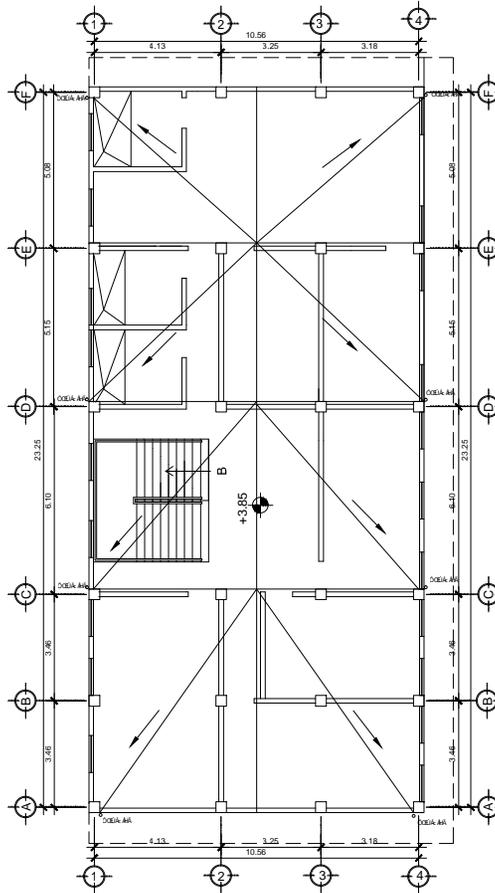
ESCALA: INDICADA
FECHA: 2012

HOJA: 9 DE 13



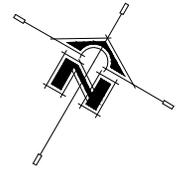
PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL 1ER. NIVEL

ESCALA: 1:75

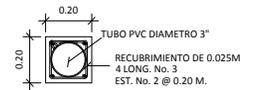


PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL 2DO. NIVEL

ESCALA: 1:75



NOMENCLATURA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA UNIÓN DE MAMPOSTERÍA (C/UF U/ACE/UDOSD)
	TUBERÍA DE AGUAS PLUVIALES
	INDICA PENDIENTE 2%
	VIENEN AGUAS PLUVIALES
	BAJAN AGUAS PLUVIALES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)	
MUNICIPALIDAD DE SOLOLA DISEÑO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN DIBUJO: JULIO CESAR LINARES MARROQUIN	
LUGAR: CARRIBE EL ENCARTO	PROYECTO: CENTRO DE CONVERGENCIA CONTENIDO: PLANOS DE DRENAJE PLUVIAL
ESCALA: INDICADA	FECHA: 2012
HOJA: 12	TOTAL: 13

ANEXOS

Anexo 1. Examen bacteriológico El Panca



Municipalidad de Sololá
 Ciudad del Paisaje, Guatemala, C.A.
 Teléfono: 7763 4001 - 7763 3659 - 7763 3169
 Oficina Municipal de Agua y Saneamiento



**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO
 POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.305-2011

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra recolectada en	Caserío Panca
Ubicación	Casco Urbano, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Tanque Panca
Fecha de recolección	19/07/2011
Hora de recolección	10:15
Persona que recolecto la muestra	Julio Linares
Cargo de la persona que recolecto la muestra	EPS
Institución que recolecto la muestra	DDSPYOM
Fecha en que dio inicio el examen	19/07/2011
Hora en que dio inicio el examen	12:35

CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA

Aspecto	Claro
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Ausente
Temperatura de la muestra	15°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	6.8
Cloro Residual	0.0mg/L

INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm ³

RESULTADO

UFC/100 cm³	15(quince) unidades
-------------------------------	----------------------------

UFC/100 cm³ Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20th edition. Method 9222D.

Conclusión: El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

Recomendación: para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 26 de julio 2011.



Alfredo Tautiu Tzay
 Responsable del Análisis



Gerardo Santiago Umul Tiguiá
 Coordinador
 Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA

Fuente: Oficina de agua y saneamiento, municipalidad de Sololá.

Anexo 2. Examen bacteriológico Hierbabuena



Municipalidad de Sololá
Ciudad del Paisaje, Guatemala, C.A.

Teléfono: 7762-4101, 7762-2558, 7762-2559
Oficina Municipal de Agua y Saneamiento



**INFORME DEL EXAMEN BACTERIOLOGICO
 POR EL METODO DE MEMBRANAS DE FILTRACION**

Informe No.308-2011

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra recolectada en	Caserío Panca
Ubicación	Casco Urbano, Sololá
Fuente donde se tomo la muestra	Tanque de Distribución Hierba Buena
Fecha de recolección	19/07/2011
Hora de recolección	11:23
Persona que recolecto la muestra	Julio Linares
Cargo de la persona que recolecto la muestra	EPS
Institución que recolecto la muestra	DDSPYOM
Fecha en que dio inicio el examen	19/07/2011
Hora en que dio inicio el examen	12:50

CARACTERES GENERALES DE LA MUESTRA

Aspecto	Claro
Olor	Inodora
Sabor	No rechazable
Sustancias en Suspensión	Ausente
Temperatura de la muestra	15°C
Potencial de Hidrogeno (pH)	6.8
Cloro Residual	0.0mg/L

INVESTIGACION DEL GRUPO COLIFORME FECAL

Tiempo de Incubación	24 horas
Medio de Cultivo	DCN Endo
Volumen de la muestra	100 cm ³

RESULTADO

UFC/100 cm³	Innumerables unidades
-------------------------------	------------------------------

UFC/100 cm³ Unidades Formadoras de Colonias en cien centímetros cúbicos

Técnica: **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, A.P.H.A., A.W.W.A., W.E.F. 20th edition. Method 9222D.**

Conclusión: El resultado obtenido según la norma COGUANOR NGO 29001 para agua potable, **NO ES APTA PARA CONSUMO HUMANO.**

Recomendación: para que el agua sea apta para consumo humano se recomienda un sistema de desinfección a través de cloro.

Sololá, 26 de julio 2011.



[Signature]
 Lina Alfredo Tautiu Tzay
 Responsable del Análisis



[Signature]
 Ing. Genaro Santiago Umul Tiguilá
 Coordinador
 Oficina Municipal de Agua y Saneamiento

TRABAJAMOS EN EL DESARROLLO INTEGRAL DE SOLOLA, PARA CONSTRUIR LA PAZ FIRME Y DURADERA

Fuente: Oficina de agua y saneamiento, municipalidad de Sololá.

Anexo 3. Ensayo de compresión triaxial



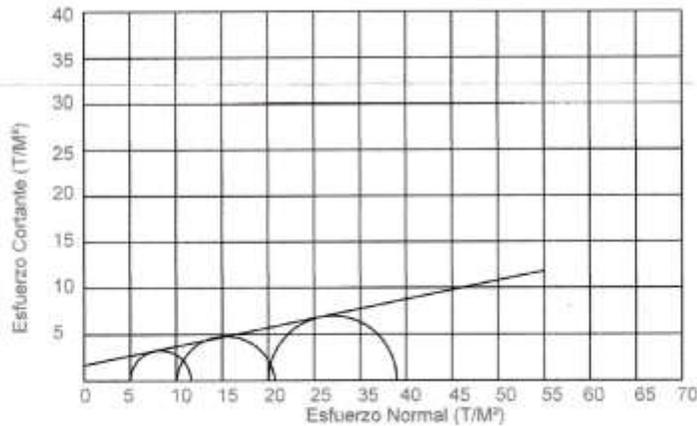
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 19406

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0285 S.S. O.T.: 28,574
 INTERESADO: Julio César Linares Marroquín
 PROYECTO: EPS- Diseño de Edificio Educativo de dos Niveles para Centro de Convergencia del Caserío El Encanto, Municipio de Sololá, Sololá.
 Fecha: 26 de julio del 2011
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 11.41$	COHESIÓN: $C_u = 1.69$
---	------------------------

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arcilloso color café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESIÓN LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	6.61	10.75	14.00
PRESIÓN INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACIÓN EN ROTURA E_r (%)	2.5	4.0	6.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	0.87	0.87	0.87
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.21	1.21	1.21
HUMEDAD (%H)	79.1	79.1	79.1

Atentamente,
 Vo. Bo.
 Inga. Teima Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC

Ing. Omar Enrique Mebrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Plania: 2418-6000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de investigaciones de ingeniería de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 4. Coeficientes para momentos en losas

TABLA 12.3
Coeficientes para momentos negativos en losas*

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		0.045 0.045	0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95		0.050 0.041	0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90		0.055 0.037	0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85		0.060 0.031	0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80		0.065 0.027	0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75		0.069 0.022	0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70		0.074 0.017	0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65		0.077 0.014	0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60		0.081 0.010	0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55		0.084 0.007	0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50		0.086 0.006	0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

* Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto, p. 378.

Continuación del anexo 4.

TABLA 12.4
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas"

$$M_{d,poz,dl} = C_{a,dl} w l^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{d,poz,dl} = C_{b,dl} w l_b^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
l_b									
1.00	$C_{a,dl}$ 0.036	0.018	0.018	0.027	0.027	0.033	0.027	0.020	0.023
	$C_{b,dl}$ 0.036	0.018	0.027	0.027	0.018	0.027	0.033	0.023	0.020
0.95	$C_{a,dl}$ 0.040	0.020	0.021	0.030	0.028	0.036	0.031	0.022	0.024
	$C_{b,dl}$ 0.033	0.016	0.025	0.024	0.015	0.024	0.031	0.021	0.017
0.90	$C_{a,dl}$ 0.045	0.022	0.025	0.033	0.029	0.039	0.035	0.025	0.026
	$C_{b,dl}$ 0.029	0.014	0.024	0.022	0.013	0.021	0.028	0.019	0.015
0.85	$C_{a,dl}$ 0.050	0.024	0.029	0.036	0.031	0.042	0.040	0.029	0.028
	$C_{b,dl}$ 0.026	0.012	0.022	0.019	0.011	0.017	0.025	0.017	0.013
0.80	$C_{a,dl}$ 0.056	0.026	0.034	0.039	0.032	0.045	0.045	0.032	0.029
	$C_{b,dl}$ 0.023	0.011	0.020	0.016	0.009	0.015	0.022	0.015	0.010
0.75	$C_{a,dl}$ 0.061	0.028	0.040	0.043	0.033	0.048	0.051	0.036	0.031
	$C_{b,dl}$ 0.019	0.009	0.018	0.013	0.007	0.012	0.020	0.013	0.007
0.70	$C_{a,dl}$ 0.068	0.030	0.046	0.046	0.035	0.051	0.058	0.040	0.033
	$C_{b,dl}$ 0.016	0.007	0.016	0.011	0.005	0.009	0.017	0.011	0.006
0.65	$C_{a,dl}$ 0.074	0.032	0.054	0.050	0.036	0.054	0.065	0.044	0.034
	$C_{b,dl}$ 0.013	0.006	0.014	0.009	0.004	0.007	0.014	0.009	0.005
0.60	$C_{a,dl}$ 0.081	0.034	0.062	0.053	0.037	0.056	0.073	0.048	0.036
	$C_{b,dl}$ 0.010	0.004	0.011	0.007	0.003	0.006	0.012	0.007	0.004
0.55	$C_{a,dl}$ 0.088	0.035	0.071	0.056	0.038	0.058	0.081	0.052	0.037
	$C_{b,dl}$ 0.008	0.003	0.009	0.005	0.002	0.004	0.009	0.005	0.003
0.50	$C_{a,dl}$ 0.095	0.037	0.080	0.059	0.039	0.061	0.089	0.056	0.038
	$C_{b,dl}$ 0.006	0.002	0.007	0.004	0.001	0.003	0.007	0.004	0.002

* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto, p. 379.

Continuación del anexo 4.

TABLA 12.5
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas*

$$M_{a, pos, II} = C_{a, II} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b, pos, II} = C_{b, II} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, II}$ 0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b, II}$ 0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a, II}$ 0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b, II}$ 0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a, II}$ 0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b, II}$ 0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a, II}$ 0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b, II}$ 0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a, II}$ 0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b, II}$ 0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a, II}$ 0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b, II}$ 0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a, II}$ 0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b, II}$ 0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a, II}$ 0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b, II}$ 0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a, II}$ 0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b, II}$ 0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a, II}$ 0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b, II}$ 0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a, II}$ 0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b, II}$ 0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través de encuentra empotrada en el apoyo; un borde **sin marcas** indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto, p. 380.