



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA,
RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

Jairo Saúl Sandoval Abzún

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, octubre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA,
RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JAIRO SAÚL SANDOVAL ABZÚN

ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA,
RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA
ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**

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



Jairo Saúl Sandoval Abzún



Guatemala, 13 de mayo de 2013
Ref.EPS.DOC.554.05.13

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jairo Saúl Sandoval Abzún** con carné No. **200614550**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

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



c.c. Archivo
ARSG/ra



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



Guatemala,
17 de mayo de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jairo Saúl Sandoval Abzún, con Carnet No. 200614550, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.

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





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



Guatemala,
19 de agosto de 2013

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Jairo Saúl Sandoval Abzún, quien contó con la asesoría del Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

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





Guatemala, 29 de agosto de 2013
Ref.EPS.D.609.08.13

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jairo Saúl Sandoval Abzún**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Ángel Roberto Sic García.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS



JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Ángel Roberto Sic García y del Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación del estudiante Jairo Saúl Sandoval Abzún, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2013

/bbdeb.

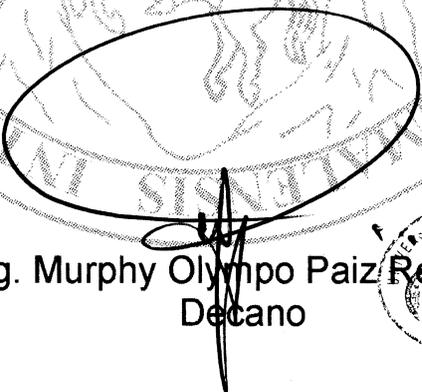
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN Y EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario **Jairo Saúl Sandoval Abzún**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres

Rigoberto de Jesús Sandoval y Sandoval y Félix Abzún Aguirre, por siempre darme el apoyo para seguir adelante y el ejemplo durante toda mi vida, sin ustedes, sin su amor, su consejo y persistencia, este logro no habría sido posible y al igual que para mí es un logro más a sus vidas, gracias.

Mis hermanos

Carlos David y Héctor Stuardo Sandoval Abzún, por el apoyo incondicional otorgado durante todo este proceso de estudios y ser ese ejemplo académico a seguir.

Mis abuelos

Carlos Alberto Sandoval Rosil, Etelvina Sandoval Arias (q.e.p.d.), David Abzún Salazar, Vicenta Aguirre Escobar (q.e.p.d.). Por sus incontables consejos y ser ejemplo y motivación.

Mis tíos y primos

Por el aprecio y apoyo que me han mostrado en más de una ocasión, comparto este triunfo con ustedes.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme el regalo de la vida, darme sabiduría y entendimiento, fortaleza en las dificultades y estar siempre a mi lado hasta alcanzar este triunfo.
Mis amigos y compañeros	Por todo el tiempo, conocimientos, cariño y consejos compartidos, que me ayudaron a concluir una etapa más en mi vida, muy en especial a Betzabé Quiroa, Julio Linares y Rodolfo Huard.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrir las puertas y ser mi casa de estudios.
Facultad de Ingeniería	Por recibirme y permitir mi formación académica profesional.
Municipalidad de Agua Blanca Jutiapa	Por la oportunidad, tiempo y experiencias brindadas en el tiempo que realice el Ejercicio Profesional Supervisado.
Ing. Ángel Roberto Sic García	Por el apoyo profesional brindado y por su asesoría en el presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XXIII
RESUMEN.....	XXIX
OBJETIVOS.....	XXXI
INTRODUCCIÓN.....	XXXIII
1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, JUTIAPA	1
1.1. Localización y ubicación	1
1.2. Límites y colindancias.....	2
1.3. Extensión territorial	3
1.4. Vías de acceso	3
1.5. Clima	3
1.6. Suelo y topografía.....	4
1.7. Población e idioma dominante.....	5
1.8. Tipología de viviendas	5
1.9. Aspectos económicos.....	5
1.10. Servicios existentes	6
1.11. Descripción de las necesidades	7
1.12. Priorización de las necesidades	7
2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN	9
2.1. Descripción del proyecto a desarrollar.....	9
2.2. Tipo de fuentes	9

2.3.	Caudal de aforo.....	9
2.4.	Análisis de la calidad del agua	10
2.4.1.	Examen bacteriológico	10
2.4.2.	Examen físico químico.....	10
2.5.	Levantamiento topográfico	11
2.5.1.	Altimetría	11
2.5.2.	Planimetría	11
2.6.	Población actual	12
2.7.	Tasa de crecimiento	12
2.8.	Criterios de diseño	12
2.8.1.	Período de diseño	13
2.8.2.	Estimación de la población de diseño	13
2.8.3.	Factores de consumo	15
2.8.3.1.	Factor de día máximo	15
2.8.3.2.	Factor de hora máxima.....	16
2.8.4.	Caudales de diseño.....	16
2.8.4.1.	Dotación	16
2.8.4.2.	Caudal medio diario.....	17
2.8.4.3.	Caudal máximo diario.....	17
2.8.4.4.	Caudal máximo horario.....	18
2.9.	Diseño hidráulico.....	19
2.9.1.	Captación	19
2.9.2.	Línea de conducción	19
2.9.3.	Tanque de distribución	26
2.9.3.1.	Diseño estructural de la losa	28
2.9.3.2.	Diseño de muros.....	35
2.9.4.	Línea de distribución	44
2.10.	Obras hidráulicas y válvulas.....	49
2.10.1.	Caja rompe presión	50

2.10.2.	Válvula de limpieza	51
2.10.3.	Válvula de aire	51
2.10.4.	Válvula de compuerta	52
2.11.	Desinfección del agua	53
2.11.1.	Dosificación del cloro	53
2.12.	Programa de operación y mantenimiento	55
2.12.1.	Mantenimiento correctivo	56
2.13.	Presupuesto	57
2.14.	Propuesta de tarifa de servicio	59
2.15.	Cronograma de ejecución.....	60
2.16.	Evaluación socioeconómica	61
2.16.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	61
2.16.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	62
2.17.	Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)	64
2.17.1.	Identificación de los factores que puedan causar impacto al medio ambiente y a que parte está afectando	65
2.17.2.	Impactos negativos	66
2.17.3.	Medidas de mitigación	67
2.17.4.	Plan de contingencia.....	67
2.17.5.	Programa de monitoreo ambiental.....	68
2.17.6.	Plan de seguridad humana	69
2.17.7.	Plan de seguridad ambiental.....	70
2.17.8.	Impactos positivos	70
3.	DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA	71
3.1.	Descripción del proyecto a desarrollar, dos niveles, 4 aulas por nivel, baños, dirección y bodega.....	71

3.2.	Topografía del terreno	71
3.3.	Determinación del valor soporte del suelo	72
3.4.	Normas para el diseño de edificaciones educativas.....	75
3.4.1.	Criterios de conjunto.....	76
3.4.1.1.	Emplazamiento	76
3.4.1.2.	Orientación del edificio	77
3.4.1.3.	Superficie y altura del edificio	78
3.4.2.	Criterios de iluminación	79
3.4.3.	Ventilación.....	81
3.4.4.	Confort acústico.....	81
3.4.5.	Instalaciones.....	81
3.4.5.1.	Instalación de agua potable.....	82
3.4.5.2.	Instalación sanitaria	82
3.4.5.3.	Drenaje pluvial	83
3.4.5.4.	Drenaje sanitario.....	83
3.4.5.5.	Instalación eléctrica	83
3.4.5.6.	Mobiliario y equipo.....	85
3.4.6.	Espacios educativos.....	85
3.4.7.	Aula teórica.....	86
3.5.	Diseño arquitectónico.....	87
3.5.1.	Forma del edificio en planta.....	87
3.5.2.	Forma del edificio en elevación	88
3.6.	Altura del edificio	89
3.7.	Selección del sistema estructural	89
3.8.	Análisis estructural	89
3.8.1.	Predimensionamiento estructural	90
3.8.1.1.	Predimensionamiento de vigas.....	90
3.8.1.2.	Predimensionamiento de columnas.....	90
3.8.1.3.	Predimensionamiento de losas.....	93

3.8.1.4.	Predimensionamiento de cimientos	93
3.8.2.	Determinación de cargas aplicadas a marcos dúctiles.....	95
3.8.2.1.	Cargas verticales	95
3.8.2.1.1.	Cargas vivas	95
3.8.2.1.2.	Cargas muertas.....	96
3.8.2.2.	Cargas horizontales	101
3.8.2.2.1.	Corte basal.....	101
3.8.2.2.2.	Fuerzas por nivel.....	103
3.8.3.	Desarrollo del análisis estructural por Etabs V9,5.....	125
3.8.3.1.	Datos de entrada.....	125
3.8.3.1.1.	Especificaciones generales..	125
3.8.3.1.2.	Geometría estructural.....	126
3.8.3.1.3.	Cargas.....	126
3.8.3.1.4.	Combinaciones de mayoración	126
3.8.3.2.	Resultados del análisis estructural.....	127
3.8.4.	Comparación de resultados contra método analítico Kani.....	132
3.8.4.1.	Resumen general del método de Kani	133
3.8.4.2.	Envolvente de momentos.....	146
3.9.	Diseño estructural.....	152
3.9.1.	Diseño de losas	152
3.9.1.1.	Diseño de refuerzo.....	161
3.9.1.2.	Revisión por corte	166
3.9.2.	Diseño de vigas	168
3.9.2.1.	Diseño por flexión	169
3.9.2.2.	Diseño por corte.....	176
3.9.3.	Diseño de columnas	179

3.9.3.1.	Carga axial (Pu).....	182
3.9.3.2.	Determinación del efecto de esbeltez.....	184
3.9.3.3.	Magnificadores de momento	188
3.9.3.4.	Refuerzo longitudinal	191
3.9.3.5.	Refuerzo transversal.....	197
3.9.4.	Diseño de cimientos	202
3.9.4.1.	Diseño de zapatas	203
3.9.4.1.1.	Diseño de zapatas aisladas	203
3.9.4.1.2.	Diseño de zapata combinada	214
3.9.4.2.	Cimiento corrido.....	227
3.9.5.	Diseño de gradas	235
3.10.	Diseño hidráulico.....	240
3.10.1.	Agua potable	240
3.10.2.	Drenajes	245
3.11.	Diseño eléctrico.....	251
3.12.	Planos	254
3.13.	Presupuesto	255
3.14.	Cronograma de ejecución	257
3.15.	Estudio de Impacto Ambiental (EIA).....	259
CONCLUSIONES.....		263
RECOMENDACIONES		265
BIBLIOGRAFÍA.....		267
APÉNDICES.....		269
ANEXOS.....		277

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización de los proyectos en el municipio de Agua Blanca, hoja cartográfica 1:50 000	1
2.	Ubicación de los proyectos, en el municipio de Agua Blanca	2
3.	Planta de losa superior	35
4.	Esquema del muro del tanque de distribución	40
5.	Planta y corte de caja rompe presión	50
6.	Ubicación en planta de válvula de limpieza	51
7.	Sección de válvula de aire	52
8.	Sección de válvula de compuerta	52
9.	Emplazamiento edificio educativo	77
10.	Orientación del edificio educativo	78
11.	Planta del edificio escolar	88
12.	Elevación del edificio escolar	88
13.	Cargas distribuidas para marcos 1 y 9	120
14.	Cargas distribuidas para marco A	121
15.	Cargas distribuidas para marcos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8	122
16.	Cargas distribuidas para marco B	123
17.	Cargas distribuidas para marco C	124
18.	Diagrama de momentos por CM - vigas, marco 3	127
19.	Diagrama de momentos por CV - vigas, marco 3	128
20.	Diagrama de momentos por sismo - vigas, marco 3	129
21.	Diagrama de momentos por CM - columnas, marco 3	130
22.	Diagrama de momentos por CV - columnas, marco 3	131

23.	Diagrama de momentos por sismo - columnas, marco 3.....	132
24.	Diagrama de momentos por CM - vigas, marco 3	135
25.	Diagrama de momentos por CV - vigas, marco 3	136
26.	Diagrama de momentos por sismo - vigas, marco 3.....	137
27.	Diagrama de momentos por CM - columnas, marco 3	138
28.	Diagrama de momentos por CV - columnas, marco 3.....	139
29.	Diagrama de momentos por sismo - columnas, marco 3.....	140
30.	Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CV – vigas, marco 3	141
31.	Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CM – vigas, marco 3.....	142
32.	Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por sismo – vigas, marco 3	143
33.	Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CV – columnas, marco 3.....	144
34.	Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CM – columnas, marco 3.....	145
35.	Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por sismo – columnas, marco 3	146
36.	Envolvente de momentos en vigas marco 3	148
37.	Envolvente de momentos en vigas marco B.....	149
38.	Envolvente de momentos en columnas marco 3	150
39.	Envolvente de momentos en columnas marco B.....	151
40.	Distribución de losas, segundo nivel.....	153
41.	Balance de momentos	157
42.	Momentos balanceados [kg-m], segundo nivel.....	159
43.	Distribución de losas, primer nivel	159
44.	Momentos balanceados [kg-m], primer nivel	161
45.	Refuerzo longitudinal final de la viga B-C (marco 3).....	176

46.	Espaciamiento de estribos para la viga B – C (marco 3)	179
47.	Área tributaria de la columna crítica	180
48.	Dimensiones de columna no. 11 y vigas, para el eje X.....	181
49.	Dimensiones de columna no.11 y vigas, para el eje Y	182
50.	Elevación típica de columnas.....	202
51.	Corte simple en zapata tipo 1.....	207
52.	Corte punzonante en zapata tipo 1	208
53.	Armado final para zapata tipo 1	212
54.	Armado final para zapata tipo 2	214
55.	Esquema zapata combinada.....	215
56.	Diagrama de cortante.....	219
57.	Diagrama de cortante y momento	221
58.	Corte flexionante	222
59.	Armado final zapata combinada.....	227
60.	Detalle de armado de cimiento corrido.....	234
61.	Planta módulo de gradas	238
62.	Armado final de gradas	240

TABLAS

I.	Condiciones climáticas.....	4
II.	Período de diseño según tipo de estructura.....	13
III.	Determinación de cargas y momentos en el muro	41
IV.	Programa de operación y mantenimiento del proyecto	55
V.	Presupuesto sistema de agua potable	57
VI.	Cálculo de egresos mensuales	59
VII.	Cronograma de ejecución	60
VIII.	Valor soporte permisible, según el tipo de suelo.....	75
IX.	Superficie por alumno	79

X.	Capacidad de alumnos por aula por nivel	86
XI.	Centro de rigidez en el sentido Y, nivel 2	108
XII.	Centro de rigidez en el sentido Y, nivel 1	109
XIII.	Fuerza de marcos en el sentido Y, nivel 2.....	110
XIV.	Fuerza de marcos en el sentido Y, nivel 1	111
XV.	Determinación de momentos para losas, segundo nivel	156
XVI.	Determinación de momentos para losas, primer nivel.....	160
XVII.	Área de acero requerido en la viga B – C (marco 3)	172
XVIII.	Refuerzo longitudinal para vigas, marco 3	175
XIX.	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	241
XX.	Cálculo de diámetro de tubería de agua potable	243
XXI.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios	244
XXII.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga.....	247
XXIII.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenajes.....	248
XXIV.	Caudales base de los artefactos sanitarios	248
XXV.	Presupuesto edificio	255
XXVI.	Cronograma de ejecución.....	257
XXVII.	Impactos y medidas de mitigación.....	260

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
h_i	Altura de cada nivel del edificio
h_c	Altura de la sección de columna
h_v	Altura de la sección de viga
h	Altura de la sección del elemento
h_m	Altura del muro
h_{pro}	Altura promedio de la sección del elemento
h_n	Altura del edificio
h_{ni}	Altura del nivel
b_c	Ancho de la sección de columna
b_v	Ancho de la sección de viga
A	Ancho de losa
b_{cm}	Ancho del cimiento
b_m	Ancho del muro
\emptyset	Ángulo de fricción interna
A_s	Área de acero
$A_{s_{ci}}$	Área de acero cama inferior
$A_{s_{cs}}$	Área de acero cama superior
A_{s_b}	Área de acero del bastón
A_{s_r}	Área de acero del riel
$A_{s_{min}}$	Área de acero mínimo
$A_{s(-)}$	Área de acero momento negativo
$A_{s(+)}$	Área de acero momento positivo

A_{st}	Área de acero por temperatura
A_{sreq}	Área de acero requerido
A_a	Área de aulas
A_c	Área de construcción
A_{ch}	Área de la sección transversal de un elemento, medidas desde los bordes exteriores del refuerzo transversal
A_m	Área de muros
A_{m1}	Área de muros primer nivel
A_{m2}	Área de muros segundo nivel
A_p	Área de pasillos
A	Área de una sección
A_z	Área de zapata
A_g	Área gruesa
A_{z-min}	Área mínima de zapata
A_{sh}	Área total del refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocado dentro del espaciamiento y perpendicular a la dimensión b
A_t	Área tributaria
a	Área tributaria a drenar
B	Base de la zapata
BEF	Beneficio
P_o	Carga axial de resistencia
$P_{u_{máx}}$	Carga axial máxima
W_l	Carga de la losa
P_t	Carga de trabajo
P_c	Carga crítica
W_{sc}	Carga de la sobre carga
W_{it}	Carga de las instalaciones

W_v	Carga de las vigas
W_{col}	Carga de las columnas
W_{ac}	Carga de los acabados
W_{mu}	Carga de los muros
W_{n1}	Carga del nivel 1
W_{n2}	Carga del nivel 2
W_p	Carga del piso
CM	Carga Muerta
CM_d	Carga Muerta distribuida
W_{CM}	Carga muerta total
CMU	Carga Muerta Última
S	Carga provocada por el sismo
P	Carga puntual en columnas
W_{sm}	Carga sobre el muro
W_t	Carga total
CU	Carga Última
CUT	Carga Última Total
CV	Carga Viva
CV_{al}	Carga Viva aulas
CV_t	Carga Viva de techo
CV_d	Carga Viva distribuida
CV_{pa}	Carga Viva pasillo
W_{CV}	Carga viva total
CVU	Carga Viva Última
Q	Caudal
Q_c	Caudal de conducción
Q_r	Caudal de consumo por ramal
Q_d	Caudal de diseño
Q_i	Caudal instantáneo

Q_d máx	Caudal máximo diario
Q_h máx	Caudal máximo horario
Q_m	Caudal medio diario
Q_v	Caudal por vivienda
cm	Centímetros
cm²	Centímetro cuadrado
C_m	Centro de masa
C_r	Centro de rigidez
C	Coeficiente de cohesión del suelo
K_p	Coeficiente de empuje pasivo de Rankine
C	Coeficiente de escorrentía del concreto
C	Coeficiente de fricción en la tubería
C_t	Coeficiente numérico para el cálculo del período
R	Coeficiente numérico representativo de la sobre resistencia inherente y capacidad de ductilidad global de los sistemas resistentes a fuerzas laterales
C_{a-}	Coeficiente para momento negativo en el lado corto de la losa
C_{b-}	Coeficiente para momento negativo en el lado largo de la losa
C_{am+}	Coeficiente para momento positivo debido a carga muerta en el lado corto de la losa
C_{bm+}	Coeficiente para momento positivo debido a carga muerta en el lado largo de la losa
C_{av+}	Coeficiente para momento positivo debido a carga viva en el lado corto de la losa
C_{bv+}	Coeficiente para momento positivo debido a carga viva en el lado largo de la losa

C_a	Coeficiente sísmico con tipo de perfil de suelo S _D , = 0,44 * N _a
C_v	Coeficiente sísmico con tipo de perfil de suelo S _D , = 0,64 * N _v
%Cl	Concentración de cloro
C	Contrahuella
I_i	Corriente en circuito de iluminación
I_f	Corriente en circuito de fuerza
V_u	Corte actuante
V	Corte basal
V_{máx}	Corte máximo
V_{res}	Corte resistente
cos	Coseno del ángulo
CTO	Costo
COMA	Costo de Operación y Mantenimiento Anual
CT	Cota de Terreno
CTF	Cota de Terreno Final
CTI	Cota de Terreno Inicial
CPF	Cota Piezométrica Final
CPI	Cota Piezométrica Inicial
r	Cuantía de acero
ρ	Cuantía de acero
ρ_{bal}	Cuantía de acero balanceada
ρ_{máx}	Cuantía de acero máxima
ρ_{mín}	Cuantía de acero mínima
D_f	Desplante de cimentación
D	Diámetro
Ø	Diámetro
Ø_{vl}	Diámetro de varilla longitudinal

\emptyset_{vt}	Diámetro de varilla transversal
D_i	Diámetro interior
D_t	Diámetro teórico
b_{ch}	Dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área A_{s_h}
d_i	Distancia del centro de rigidez al eje
Dot	Dotación
q_d	Esfuerzo límite del suelo
S	Espaciamiento
$S_{m\acute{a}x}$	Espaciamiento máximo
t	Espesor de losa o zapata
E	Estación topográfica
e_x	Excentricidad sobre el eje X
e_y	Excentricidad sobre el eje Y
δ_s	Factor de amplificación sísmica
N_c	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
N_q	Factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
N_γ	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
FCU	Factor de Carga Última
N_a	Factor de cercanía a la fuente de origen
N_v	Factor de cercanía de la fuente, relativo a la proximidad de la edificación o estructura a fallas con magnitudes y tasas de deslizamiento
fdm	Factor de día máximo
ψ	Factor de empotramiento a la rotación
fhm	Factor de hora máximo
I	Factor de importancia
K	Factor de longitud efectiva

ϕ	Factor de reducción de resistencia
FS	Factor de Seguridad
FS_v	Factor de Seguridad contra volteo
FS_d	Factor de Seguridad contra deslizamiento
Z	Factor de zona sísmica
β_1	Factor que relaciona la profundidad de bloque rectangular equivalente de esfuerzos de compresión con la profundidad del eje neutro
F_A	Fuerza actuante
F_{H2O}	Fuerza de empuje del agua
F_s	Fuerza de empuje del suelo
F_t	Fuerza en la cúspide del edificio
F''_i	Fuerza o corte inducido por sismo
F'_i	Fuerza o corte traslacional
F_m	Fuerza por marco
F_{n_i}	Fuerza por nivel del edificio
F_R	Fuerza resistente
°	Grados
g	Gramos
G	Gramos de tricloro
hab	Habitantes
H	Huella
I	Inercia
I_v	Inercia de viga
IGI	Ingreso inicial
i	Intensidad de lluvia
INI	Inversión inicial
kg	Kilogramo
kg-m	Kilogramo metro

kg/cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/m	Kilogramo por metro
kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
kg/m³	Kilogramo por metro cúbico
a	Lado corto de la losa
b	Lado largo de la losa, ancho de la franja unitaria
psi	Libras por pulgada cuadrada
l/día	Litros por día
l/hab/día	Litros por habitante por día
l/s	Litros por segundo
L	Longitud
L_{col}	Longitud de columna
L_u	Longitud de columna medida a rostro
L_{conf}	Longitud de confinamiento
b_o	Longitud de la base de contacto
L_L	Longitud de losa inclinada de gradas
L_v	Longitud de vigas
L_x	Longitud de vigas en el sentido X
L_y	Longitud de vigas en el sentido Y
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/día	Metro cúbico por día
m³/s	Metro cúbico por segundo
ML	Metro lineal
mca	Metros columna de agua
m/s	Metros por segundo
mg	Miligramos
C	Miligramos por litro de cloro

mm/h	Milímetros por hora
G	Modulo cortante
E	Modulo de elasticidad
E_c	Modulo de elasticidad del concreto
M	Momento
M_A	Momento actuante
M_s_{mín}	Momento al usar acero mínimo
M_b	Momento balanceado
M_{a-}	Momento negativo en el lado corto de la losa
M_{b-}	Momento negativo en el lado largo de la losa
M_{a+}	Momento positivo en el lado corto de la losa
M_{b+}	Momento positivo en el lado largo de la losa
M_{H2O}	Momento provocado por la fuerza del agua
M_s	Momento provocado por la fuerza del suelo
M_R	Momento resistente
Mu	Momento último
Mu₍₊₎	Momento último positivo
Mu₍₋₎	Momento último negativo
NE	Nivel estático
nc	Número de columnas
nhbf	Número de habitantes beneficiados a futuro
nm	Número de marcos
nv	Número de viviendas
nv_f	Número de viviendas futuras
p	Pagina
S	Pendiente
d	Peralte efectivo del elemento en sección, distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide del refuerzo en tensión

hf	Pérdida de carga
pc	Perímetro de construcción
p	Perímetro de losa
N	Período de diseño
T	Período de vibración
W_i	Peso de cada nivel del edificio
P_L	Peso de la losa
P_{cm}	Peso del cimiento
P_{mu}	Peso del muro
P_s	Peso del suelo
Y_{sc}	Peso específico de la sobre carga
Y_{it}	Peso específico de las instalaciones
Y_{ac}	Peso específico de los acabados
Y_{mu}	Peso específico de los muros
Y_{H2O}	Peso específico del agua
Y_{conc}	Peso específico del concreto
Y_{mz}	Peso específico del mezclon
Y_p	Peso específico del piso
Y_s	Peso específico del suelo
P_{col}	Peso propio de la columna
P_{es}	Peso propio de las escaleras
P_{cim}	Peso propio del cimiento
PU	Peso Último
PU_s	Peso Último de la solera
P_o	Población inicial
P_f	Población futura
%	Porcentaje
P	Potencia eléctrica
P_{H2O}	Presión del agua

P_s	Presión del suelo
PDF	Presión Dinámica Final
PDI	Presión Dinámica Inicial
P_{tn}	Presión en el talón del muro
P_{pa}	Presión en la punta del muro
PEF	Presión Estática Final
PEI	Presión Estática Inicial
h	Profundidad del agua
pulg	Pulgada
“	Pulgada
r	Radio de giro
rec	Recubrimiento
E_i	Relación entre rigideces y brazo de cada marco
β_d	Relación utilizada para calcular los momentos magnificados en columnas debidos a las cargas permanentes
f'_c	Resistencia a la compresión del concreto
f_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
q_d	Resistencia de diseño
ϕP_n	Resistencia de la columna a una excentricidad
k	Rigidez
s	Segundos
sin	Seno del ángulo
S_{conf}	Separación de estribos en área de confinamiento
tan	Tangente del ángulo
R	Tasa de crecimiento anual
I	Tasa de interés anual
V	Tensión o voltaje eléctrico
t	Tiempo de concentración

ton	Tonelada
ton/m²	Tonelada por metro cuadrado
ton/m³	Tonelada por metro cúbico
T_t	Total de tubos
UH	Unidades Hunter
V_s	Valor soporte de diseño
q_u	Valor soporte último
V	Velocidad
Vol	Volumen

GLOSARIO

ACI	(American Concrete Institute). Instituto Americano del Concreto.
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.
ASTM	(American Society for Testing Materials). Asociación Americana para el Ensayo de Materiales.
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.
Candela	Receptor de las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce estas mismas al colector del sistema de drenaje.
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 y maquinaria móvil soportado por un elemento.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
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	Grupo o conjunto de individuos o personas que comparten elementos en común, tales como un idioma, costumbres, valores, tareas, visiones del mundo, edad, ubicación geográfica, estatus social, roles, entre otros.
Concreto reforzado	Es la combinación de concreto y acero de refuerzo, logrando así las ventajas de ambos materiales en uno solo.
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	Es un conjunto de valores que permiten definir o determinar la posición exacta de un punto o 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.
INE	Instituto Nacional de Estadística.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Marcos 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 sometidos los extremos de las vigas.
Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
Período de diseño	Tiempo durante el cual un sistema, dará un servicio satisfactorio a la población.
Presupuesto	Costo inicial de un proyecto.

Solera	Elemento estructural horizontal de un muro, que resiste esfuerzos y confina los muros.
TIR	Tasa Interna de Retorno.
Topografía	Arte 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.
UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales.
Zapata	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

RESUMEN

En el presente informe de graduación, se detallan 2 proyectos, uno que consiste en diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, que por la ubicación y topografía de la fuente de abastecimiento, deberá ser por gravedad y abastecer a 3 caseríos: Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón, del municipio de Agua Blanca, del departamento de Jutiapa.

El sistema servirá a 569 viviendas futuras de los 3 caseríos. Incluye: línea de conducción, tanque de distribución y línea de distribución. El principal objetivo es aprovechar al máximo el caudal de la fuente existente.

El informe también contiene el diseño de un edificio de 2 niveles para el centro educativo de la aldea Las Cañas, del municipio de Agua Blanca, del departamento de Jutiapa. El objetivo es proveer a la comunidad de las aldeas y caseríos cercanos, un lugar para que los niños, jóvenes y adultos, puedan realizar sus estudios académicos y así sobresalir en este mundo tan competitivo.

En el primer capítulo, se realizó una recopilación de información importante, que detalla características típicas del municipio de Agua Blanca.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón y el edificio educativo de dos niveles para la aldea Las Cañas, municipio de Agua Blanca, departamento de Jutiapa.

Específicos

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Agua Blanca, departamento de Jutiapa.
2. Elaborar todos los cálculos y parámetros de diseño que se necesitan en el sistema de abastecimiento de agua potable y para el edificio educativo de 2 niveles.
3. Elaborar el presupuesto de ambos diseños con su cronograma de ejecución.
4. Capacitar a los miembros del comité de agua de los caseríos, para capacitarlos sobre el correcto mantenimiento y operación del sistema de abastecimiento de agua potable.

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 Agua Blanca, del departamento de Jutiapa.

Agua Blanca es un municipio situado al noreste del departamento de Jutiapa. En dicho municipio se llevo a cabo un diagnóstico como parte del Ejercicio Profesional Supervisado, en el cual se determinó de vital importancia la ejecución de 2 proyectos, que tendrán como fin contribuir a resolver algunas de las necesidades que afectan al municipio.

El primer proyecto forma parte del área de servicios básicos, consiste en un sistema de agua potable, para los caseríos Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón, por medio del cual se pretende beneficiar a un total de 569 familias futuras.

El segundo proyecto forma parte del área de infraestructura, y consiste en el diseño de una edificación de 2 niveles para el centro de estudios en la aldea Las Cañas.

Estos proyectos serán de gran impacto en la población del municipio de Agua Blanca, del departamento de Jutiapa, alcanzando desarrollo en las comunidades mencionadas anteriormente. Al final del trabajo de graduación se presentan las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE AGUA BLANCA, JUTIAPA

1.1. Localización y ubicación

Este municipio está ubicado a 162 kilómetros de la capital de Guatemala y a 42 kilómetros con dirección noreste de la cabecera departamental. Se ubica a una elevación de 850 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Localización de los proyectos en el municipio de Agua Blanca, hoja cartográfica 1:50 000 m



Fuente: Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Figura 2. **Ubicación de los proyectos, en el municipio de Agua Blanca**



Fuente: Municipalidad de Agua Blanca, Jutiapa.

1.2. Límites y colindancias

El municipio de Agua Blanca, ubicado en el departamento de Jutiapa, colinda al norte con los municipios de Ipala y Concepción Las Minas del departamento de Chiquimula; al sur con la República de El Salvador; al oeste con los municipios de Asunción Mita y Santa Catarina Mita del departamento de Jutiapa y, el municipio de San Manuel Chaparrón del departamento de Jalapa; al este con el municipio de Concepción Las Minas del departamento de Chiquimula y la República de El Salvador.

1.3. Extensión territorial

El municipio tiene una extensión territorial de 340 kilómetros cuadrados. Cuenta con una cabecera municipal, la cual consta de un casco urbano y un área rural, tiene un total de 14 aldeas y 68 caseríos.

1.4. Vías de acceso

Este municipio cuenta con carretera asfaltada hasta el caserío El Tabón, atravesando la cabecera municipal y la aldea Obrajuelo. Cuenta con carreteras de terracería hacia todas sus aldeas y algunos caseríos, la mayoría de los caseríos cuentan con acceso solamente con vehículos de doble tracción, moto o a caballo.

1.5. Clima

Según la estación meteorológica Asunción Mita del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), ubicada en Asunción Mita, Jutiapa, el clima generalmente es cálido; las condiciones climatológicas más importantes de la zona son:

Tabla I. **Condiciones climáticas**

ESTACIÓN METEREOLÓGICA "ASUNCIÓN MITA"	
Temperatura mínima	22,1 °C
Temperatura media	27,4 °C
Temperatura máxima	33,5 °C
Temperatura mínima absoluta	15,0 °C
Temperatura máxima absoluta	38,5 °C
Lluvia	1 411,50 mm
Días de lluvia	117 días
Brillo solar	246,5 hrs./mes
Nubosidad	3%
Humedad relativa media	68%
Velocidad del viento	20,1 km/h
Dirección del viento	Norte
Evaporación	159,8 mm

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

1.6. Suelo y topografía

Los suelos en su mayoría son áridos, faltos de agua y pedregosos y otros son arcillosos de topografía regular, aunque existen áreas significativas que cuentan con terrenos regulares y planos. Cuanta también con tierras cultivables en granos básicos (maíz, frijol, maicillo). También existen tierras cultivables solo con arroz, al igual hay otras donde se pueden cultivar hortalizas las cuales son cultivadas con: tomate, cebolla, chile pimiento, chile picante, sandia y maíz dulce.

En lo que se refiere a la topografía, cuenta con terrenos planos los cuales son utilizados principalmente para el cultivo y vivienda, abundantes cerros y montañas, así como el volcán de Ipala y el cerro donde se encuentra asentada la

aldea de Monte Rico. Existen 2 lagunas que son explotadas turísticamente las cuales son la laguna de Candelaria o laguna de Ipala y la laguna de Obrajuelo, cuenta con un único río que atraviesa el municipio que es conocido, como río Platanar o Talquezal y numerosas quebradas y zanjones.

1.7. Población e idioma dominante

Actualmente, el municipio se compone de 14 aldeas y 68 caseríos. El municipio cuenta con un área urbana con 4 288 habitantes y un área rural con 13 625 habitantes, haciendo un total de 17 913 habitantes según el censo realizado en 2009. Las familias cuentan con un promedio de 5 habitantes tanto en el área urbana como rural.

Una gran parte de sus habitantes, son ladinos cuyo idioma predominante es el español.

1.8. Tipología de viviendas

La tipología de las viviendas, es 60 por ciento de paredes de adobe y techos de teja, un 26 por ciento de paredes de block con techos de lámina y un 14 por ciento de paredes de block y terraza, siendo estas últimas de mayor incidencia en el área urbana.

1.9. Aspectos económicos

Los habitantes del municipio de Agua Blanca, concentran su potencial económico principalmente en la producción agrícola y en la ganadería, ya que no cuenta con alguna empresa grande que brinde empleo a la población para mejorar su nivel de ingresos, por otra parte, en el área rural la mayoría de los

hombres sostienen a sus familias, trabajando como jornaleros donde tienen un sueldo mínimo de Q 65,00 diarios, lo que implica no poder cubrir ni las necesidades básicas del hogar, por lo cual también las mujeres contribuyen a aumentar los ingresos económicos, a través de la crianza y venta de aves de patio, marranos, venta de tortillas, práctica de la costura, entre otras.

Una cantidad considerable de habitantes de este municipio, se ayudan con la elaboración y venta de productos lácteos. Algunos habitantes del área urbana específicamente, sostienen su economía con talleres de carpintería, talleres de herrería, panaderías, venta de materiales de construcción, ferreterías, talleres mecánicos, vidrierías, entre otras.

1.10. Servicios existentes

En las viviendas del municipio, un 75 por ciento cuentan con energía eléctrica, un 55 por ciento cuentan con agua potable, un 15 por ciento cuentan con sistema de drenajes y recolección de desechos sólidos y un 60 por ciento tienen acceso a la telefonía fija y móvil. Un 85 por ciento tiene acceso a la educación preprimaria y primaria, un 60 por ciento tienen acceso a la educación de nivel básico y solo el 40 por ciento tienen acceso a la educación de nivel diversificado. Solo el 40 por ciento tienen acceso a la salud pública debido a que existe solo un centro de salud ubicado en el casco urbano.

El municipio cuenta con servicios de transporte público hacia la ciudad capital, municipios aledaños y hacia la mayoría de sus aldeas. En el casco urbano se cuenta con servicios de moto taxis, cuenta con un palacio municipal, mercado central, comisaría de la Policía Nacional Civil, Ministerio Público, juzgado de paz, estadio municipal, salón polideportivo, entre otros.

1.11. Descripción de las necesidades

Las necesidades que se presentan en el municipio de Agua Blanca, son distintas dependiendo de cada comunidad, así que para la elección de los proyectos se buscó lo que principalmente se orientaran a resolver problemas de servicios básicos.

En el caso de los caserío Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón los pobladores han planteado ante la corporación municipal sus necesidades, las cuales se presentan en la obtención de agua potable en sus hogares y el mejoramiento de la carretera de acceso hacia sus comunidades por medio de la implementación de pavimento.

Por otra parte, los pobladores de las aldeas lejanas al casco urbano tienen el inconveniente de tener que enviar a sus hijos en transporte público, hacia la cabecera municipal para que puedan continuar con sus estudios a nivel básico y diversificado, provocando mayores gastos económicos para las familias debido al pago del transporte.

1.12. Priorización de las necesidades

Tomando en cuenta las necesidades expuestas por los vecinos de las comunidades, los funcionarios de la administración municipal y considerando los recursos disponibles, la priorización se hace de la siguiente manera: para los caseríos Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón se hará el diseño del sistema de agua potable, con su línea de conducción y red de distribución, mientras que para los pobladores de las aldeas lejanas al casco urbano, se determinó la construcción de un edificio educativo de dos niveles en la aldea las

Cañas, por estar estratégicamente ubicada en un lugar accesible para una gran cantidad de habitantes.

La construcción de un sistema de agua potable es un servicio básico, porque apoya a que el desarrollo del municipio sea uniforme, favorece con la gestión responsable de los recursos naturales, mejora la calidad de vida de sus habitantes y ayuda a los habitantes a no padecer enfermedades y se deba invertir en servicios médicos.

La educación juega un papel predominante en el desarrollo de una comunidad, por lo que es importante poseer un edificio educativo como lugar de reunión y realizar el proceso de enseñanza-aprendizaje con satisfacción.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN

2.1. Descripción del proyecto a desarrollar

El proyecto consiste en diseñar el sistema de conducción y distribución de agua potable para el caserío Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón, para el cual son necesarios 4 320 metros lineales de conducción y 3 030 metros lineales de distribución por ramales abiertos, ambos sistemas se diseñaran por gravedad beneficiando a las 63 viviendas actuales en total.

2.2. Tipo de fuentes

El tipo de fuente del cual el proyecto se abastecerá es un tanque de distribución existente el cual a su vez abastece a cuatro comunidades más, dicho tanque de distribución es abastecido por un pozo perforado, el cual a través de una línea de conducción por bombeo envía el agua al tanque anteriormente mencionado. El tanque de distribución existente se ubica en la estación E-0 (ver planos en apéndice).

2.3. Caudal de aforo

Es el volumen de agua por unidad de tiempo que produce la fuente. Para el diseño de un sistema de agua potable, el aforo es una de las partes más importantes, ya que éste indicará si la fuente de agua es suficiente para abastecer a toda la población.

Los aforos deben realizarse en época seca o de estiaje. Se realizaron 5 mediciones, con la ayuda de un recipiente con capacidad de 5 galones, donde se determinó un caudal promedio de 6,3 litros por segundo.

2.4. Análisis de la calidad del agua

El término calidad del agua está relacionado con todas aquellas características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es apta o no para el consumo humano. La fecha de toma de la muestra fue el 5 de junio de 2011.

2.4.1. Examen bacteriológico

Con base en los resultados de la tabla que se muestran en la sección de anexos, se concluye que el agua es potable. Este resultado garantiza que el agua es apta para consumo humano, sin embargo, se le incorporará un sistema de desinfección descrito en el inciso 2.11, que se usa para evitar cualquier contaminación que exista en los accesorios, elementos estructurales o tuberías del sistema de agua potable.

2.4.2. Examen físico químico

El análisis físico químico sanitario demostró que el agua es potable, Norma Coguanor NGO 29 001, por lo que estos resultados se encuentran dentro de los límites máximos aceptables. En conclusión el agua es adecuada para el consumo humano (ver anexos).

2.5. Levantamiento topográfico

Los trabajos topográficos, se utilizan para determinar la posición horizontal y vertical de puntos sobre la superficie terrestre. Éste permite encontrar los puntos de ubicación de las diferentes obras de arte que compone el sistema.

Una información más detallada se obtiene relacionando las elevaciones (altimetría), con las localizaciones de accidentes naturales o hechos por el hombre como edificios, carreteras, (planimetría). El conjunto de toda esta información ayuda en la realización de los planos topográficos. El levantamiento topográfico requerido en este proyecto es: para la línea de conducción un levantamiento de primer orden; para determinar los niveles o cotas en los vértices de la línea una nivelación simple, ya que en el caso de las tuberías, únicamente se necesitan los datos del inicio y el final de un tramo; y para la línea de distribución por ramales abiertos, un levantamiento de poligonal abierta. Se utilizó como equipo teodolito Wild T-16, nivel Pentax AL – 270, plomada, cinta métrica con longitud de 50 metros, estatal de acero y machetes.

2.5.1. Altimetría

Es el procedimiento que se aplica para determinar la elevación de puntos situados sobre la superficie terrestre, este concepto es necesario puesto que la elevación de un punto solo se puede establecer con relación a otro punto o un plano.

2.5.2. Planimetría

La planimetría tiene como objeto determinar la longitud del proyecto que se va a realizar, localizar los accidentes geográficos y todas aquellas características

tanto naturales como no naturales que puedan influir en el diseño del sistema, por ejemplo calles, edificios, zanjones, ríos, cerros, entre otros. El método empleado para el levantamiento fue la conservación de azimut.

2.6. Población actual

Según el censo realizado se determinó que en los caseríos Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón existen en conjunto 63 viviendas habitadas, con un promedio de 5 habitantes por vivienda, esto da un total de 315 habitantes en 2010.

2.7. Tasa de crecimiento

La tasa de crecimiento es el aumento de la población de un determinado territorio (país, región, provincia, ciudad, municipio); durante un período determinado, normalmente un año expresado generalmente como porcentaje de la población al inicio de cada período o año.

Para este proyecto se tomo la tasa de crecimiento proporcionada por la municipalidad de Agua Blanca, la cual fue emitida por el Instituto Nacional de Estadística en Guatemala (INE), con un valor del 3 por ciento anual.

2.8. Criterios de diseño

Para el diseño de este sistema de agua, se tomo en cuenta que el área donde se desarrollará el proyecto es rural con clima cálido, por lo que se tomo una dotación entre 90 a 120 litros por habitante al día.

2.8.1. Período de diseño

Es el período durante el cual la obra construida dará un servicio satisfactorio a la población. El período de diseño se cuenta a partir del inicio del funcionamiento de la obra.

Para determinar el período de diseño, se debe tomar en cuenta la vida útil de los materiales, los costos, la población de diseño. Según normas de la Unidad Ejecutora del Programa de Acuerdos Rurales (UNEPAR), se recomiendan los siguientes períodos de diseño:

Tabla II. **Período de diseño según tipo de estructura**

Tipo de estructura	Período de diseño
Obras civiles	20 años
Equipo mecánico	De 5 a 10 años

Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1. p.36.

En el caso del presente proyecto se adoptó un período de 20 años, debido a que se utilizará PVC; esto permite la durabilidad de las instalaciones y la capacidad de agua que genera la fuente de servicio.

2.8.2. Estimación de la población de diseño

El crecimiento de la población está determinado por factores de tipo socioeconómico: aumenta por nacimientos, disminuye por muertes, aumenta o disminuye por las migraciones y aumenta por anexión. La institución que proporciona datos oficiales de población es el INE. Según el último censo

realizado, la población que registra esta institución para los caseríos de Santa Bárbara, Rancho de Cuero y Laurelón es de 294 habitantes y 57 viviendas.

Sin embargo, de acuerdo al censo que se practicó cuando se realizó la topografía conjuntamente con el comité, se verificó que existen 63 viviendas y 315 habitantes, con un promedio de 5 habitantes por vivienda.

Los métodos para estimar la población futura son el aritmético, el exponencial y el geométrico; para el presente proyecto se usará el método geométrico, ya que el crecimiento de población en Guatemala, se ajusta a la proyección de este método.

Para este proyecto se aplicó la tasa de crecimiento del 3 por ciento, que es la utilizada por el INE para la zona en estudio.

$$P_f = P_o * (1 + R)^N$$

Donde:

P_f = población futura [habitantes]

P_o = población inicial [habitantes]

R = tasa de crecimiento anual [%]

N = período de diseño [años]

Al aplicar la fórmula a los datos del presente trabajo, para la población total se obtiene:

$$P_{2030} = 315 (1 + 0,03)^{20}$$

$$P_{2030} = 569 \text{ habitantes}$$

2.8.3. Factores de consumo

La funcionalidad de un sistema de agua potable, es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente a fin de satisfacer las necesidades de confort y propiciar así su desarrollo.

Las condiciones climáticas, los días de trabajo, las costumbres de la población, tienden a causar algunas variaciones en el consumo de agua. A inicios de semana por lo general el consumo es mayor y a finales de esta es más bajo. En algunos meses se observará un promedio diario de consumo más alto que el promedio anual. Especialmente en el tiempo caluroso producirá una semana de máximo consumo y ciertos días superarán a otros en cuanto a demanda. También pueden producirse demandas de consumo altas cada mañana al empezar la actividad del día y un mínimo hacia la madrugada.

2.8.3.1. Factor de día máximo

El factor de día máximo está definido como la relación entre el valor de consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese año.

Para el caso del presente estudio se toma un factor de día máximo de 1,5 debido a que el valor de este factor varía entre 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes; según normas de diseño de UNEPAR.

2.8.3.2. Factor de hora máxima

Este factor está relacionado con el número de habitantes y sus costumbres. La selección de este factor se toma en forma inversamente proporcional al tamaño de la población. Si la población es numerosa, el consumo es uniforme, por lo que el factor de hora máximo es pequeño, mientras que en poblaciones pequeñas el consumo es muy variable por lo que el factor de hora máximo es mayor.

Según las normas de diseño para acueductos rurales de UNEPAR, se debe utilizar un factor entre 2 a 3 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, por lo que el presente estudio el factor de hora máximo tendrá el valor de 2,5.

2.8.4. Caudales de diseño

Los caudales de diseño, ayudan a calcular la cantidad de agua necesaria, para abastecer a toda la población futura que se beneficiará con el proyecto.

2.8.4.1. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada habitante, que se haya establecido dentro del diseño del proyecto. Se expresa en litro por habitante al día. Los factores que se consideran y que determinan en la dotación, es el clima, nivel de vida, calidad y cantidad de agua disponible.

La dotación adoptada para este proyecto, fue de 100 litros por habitante al día, se consideraron aspectos de clima y actividades productivas.

2.8.4.2. Caudal medio diario

Es conocido también como caudal medio y es la cantidad de agua que consume una población en un día. Este caudal se puede obtener del promedio de consumo diario durante un año, pero cuando no se cuenta con registros de consumos diarios, se puede calcular en función de la población futura y a la dotación asignada en un día. Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \frac{P_f * Dot}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario [l/s]

P_f = población futura [habitantes]

Dot = dotación [l/hab/día]

$$Q_m = \frac{569 * 100}{86\ 400} = 0,66 \text{ l/s}$$

2.8.4.3. Caudal máximo diario

El caudal máximo diario o consumo máximo diario, es conocido también como caudal de conducción, ya que es el que se utiliza para diseñar la tubería de conducción y es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año, el cual no incluye gastos causados por incendios. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, este se puede calcular multiplicando el factor de día máximo por el caudal medio diario.

$$Q_{d \text{ máx}} = f_{dm} * Q_m$$

Donde:

$Q_{d \text{ máx}}$ = caudal máximo diario [l/s]

f_{dm} = factor de día máximo

Q_m = caudal medio diario [l/s]

$$Q_{d \text{ máx}} = 1,5 * 0,6597 = 0,99 \text{ l/s}$$

2.8.4.4. Caudal máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, debido a que es el que se utiliza para diseñar la línea de distribución y es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo equivalente a un año. Si no se tiene registros, se puede obtener multiplicando el factor de hora máxima por el caudal medio diario.

$$Q_{h \text{ máx}} = f_{hm} \times Q_m$$

Donde:

$Q_{h \text{ máx}}$ = caudal máximo horario [l/s]

f_{hm} = factor de hora máxima

Q_m = caudal medio diario [l/s]

$$Q_{h \text{ máx}} = 2,5 * 0,6597 = 1,65 \text{ l/s}$$

2.9. Diseño hidráulico

Contempla todos aquellos cálculos y criterios necesarios, para la elaboración de un proyecto de agua potable o de drenaje. En este caso, se ocupará para el proyecto de agua potable.

2.9.1. Captación

Esta obra sirve para recolectar el agua proveniente de fuentes, pozos o nacimientos, utilizando para esto tanques de almacenamiento subterráneos o sobre el nivel del suelo, estos pueden estar contruidos de concreto ciclópeo, mampostería o mampostería reforzada, o bien, ser de tipo aéreos o elevados, contruidos principalmente en acero.

En el caso de este proyecto, el agua es tomada de un tanque de almacenamiento ya existente, dicho tanque es abastecido por una línea de conducción por bombeo proveniente de un pozo perforado. El tanque de almacenamiento ya existente, se compone de un filtro en la tubería de entrada del agua, rebalse, desagüe para limpieza, tapadera con sello sanitario para la inspección, dispositivos de ventilación, caja de válvulas y escaleras de acceso, tanto en el exterior como interior. El tanque está contruido de concreto reforzado y protegido con un cerco perimetral para evitar el ingreso de personas y animales. Está ubicado en la estación E-0.

2.9.2. Línea de conducción

Es la tubería que puede ser de PVC o de HG, sale desde la captación o de una caja reunidora de caudales hacia el tanque de distribución. En ella se consideran las siguientes obras: válvulas de limpieza, válvulas de aire, pasos de

zanjón, pasos aéreos con tubería de HG, anclajes para tubería de HG y en algunas ocasiones cajas rompe presión.

Para fines de este diseño, se utilizará tubería de PVC, siempre y cuando las presiones no sobrepasen los límites estimados por sus fabricantes.

Todo el proyecto funcionará por gravedad. Una línea de conducción debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el caudal deseado, por lo cual, en la mayoría de los casos, se determinará el diámetro mínimo que satisfaga las condiciones tanto topográficas como hidráulicas.

Para una línea de conducción por gravedad, deben tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Carga disponible o diferencia de altura entre la captación y el tanque de distribución.
- Capacidad para transportar el caudal día máximo ($Q_{d\text{ máx}}$).
- Clase de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.
- Considerar obras necesarias en el trayecto de la línea de conducción.
- Considerar diámetros mínimos para la economía del proyecto.

Se aplica la fórmula de Hazen - Williams, la cual es:

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

$$V = \frac{1,974 * Q_c}{D_i^2}$$

Donde:

h_f = pérdida de carga [m]

V = velocidad del agua en la tubería [m/s]

L = longitud de la tubería + 5% por la topografía del terreno

Q_c = caudal de día máximo, o caudal de conducción [l/s]

D = diámetro comercial de la tubería [pulg]

D_i = diámetro interior de la tubería [pulg]

C = calidad de la tubería, el coeficiente para PVC será de 50

Durante la realización del diseño de la línea de conducción, se determinó que existe una diferencia de nivel de 117,34 metros entre el tanque de captación y el lugar asignado para el tanque de distribución, dicha diferencia solo puede ser cubierta por una tubería HG o PVC SDR17 con una presión de trabajo de 250 libra por pulgada cuadrada (175,77 metros columna de agua). Debido al alto precio de estas tuberías, tanto los caseríos como la municipalidad tomaron la decisión de utilizar la tubería de tipo PVC SDR 26 con una presión de trabajo de 160 libra por pulgada cuadrada (112,49 metros columna de agua), provocando así, la necesidad de colocar una caja rompe presión en la estación E-42 a inmediación aproximadamente de la diferencia de alturas, para evitar la ruptura o mal funcionamiento de la tubería.

A continuación se diseña el tramo de la captación E-0 hacia la caja rompe presión E-42.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

E-0: CTI = 1 001,85 m

E-42: CTF = 962,37 m

L = 2 789,9790 + 5% por topografía

$$Q_c = 0,9896 \text{ l/s}$$

$$h_f = 39,48 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$T_t = 481$$

Cálculo de diámetro teórico

Aplicando la fórmula de Hazen - Williams, para obtener el diámetro a utilizar y seguidamente sustituir valores se obtiene el resultado siguiente:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * l * Q_c^{1,85}}{C^{1,85} * h_f}}$$
$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 2\,929,4779 * 0,9896^{1,85}}{150^{1,85} * 39,4840}} = 1,66 \text{ pulg}$$

Por conveniencia se utilizará un diámetro comercial = 2 pulgadas

Cálculo de la pérdida real

$$h_{f2''} = \frac{1\,743,811 * 2\,929,4779 * 0,9896^{1,85}}{150^{1,85} * 2^{4,87}} = 16,15 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{1,974 * 0,9896}{2,193^2} = 0,41 \text{ m/s}$$

$$0,4 \leq 0,41 \leq 3,0$$

Esto indica que se encuentra dentro de los límites mínimo y máximo de velocidad.

Cálculo de la cota piezométrica

$$\text{CPI} = \text{NE}$$

$$\text{CPF} = \text{CPI} - h_f$$

Donde:

CPI = cota piezométrica inicial [m]

CPF = cota piezométrica final [m]

NE = nivel estático [m]

h_f = pérdida de carga [m]

$$\text{CPI} = 1\,001,85 \text{ m}$$

$$\text{CPF} = 1\,001,85 - 16,15 = 985,71 \text{ m}$$

Cálculo de la presión estática

$$\text{PEI} = \text{NE} - \text{CTI}$$

$$\text{PEF} = \text{NE} - \text{CTF}$$

Donde:

PEI = presión estática inicial [mca]

PEF = presión estática final [mca]

CTI = cota de terreno inicial [m]

CTF = cota de terreno final [m]

NE = nivel estático [m]

$$PEI = 1\,001,85 - 1\,001,85 = 0,00 \text{ mca}$$

$$PEF = 1\,001,85 - 962,37 = 39,48 \text{ mca}$$

Cálculo de la presión dinámica

$$PDI = CPI - CTI$$

$$PDF = CPF - CTF$$

Donde:

PDI = presión dinámica inicial [mca]

PDF = presión dinámica final [mca]

CPI = cota piezométrica inicial [m]

CPF = cota piezométrica final [m]

CTI = cota de terreno inicial [m]

CTF = cota de terreno final [m]

$$PDI = 1\,001,85 - 1\,001,85 = 0,00 \text{ mca}$$

$$PDF = 985,7065 - 962,3700 = 23,34 \text{ mca}$$

A continuación se diseña el tramo de la caja rompe presión E-42 hacia el nuevo tanque de distribución E-67.

Para el cálculo, se utilizaron los siguientes datos:

$$E-42: CTI = 962,37 \text{ m}$$

$$E-67: CTF = 883,87 \text{ m}$$

$$L = 1\,325,22 + 5\% \text{ por topografía}$$

$$Q_c = 0,9896 \text{ l/s}$$

$$hf = 78,50 \text{ m}$$

$$C = 150$$

$$T_t = 229$$

Cálculo de diámetro teórico

$$D = \sqrt[4.87]{\frac{1\,743,811 * 1\,391,4884 * 0,9896^{1.85}}{150^{1.85} * 78,5000}} = 1,24 \text{ pulg}$$

Por conveniencia se utilizará un diámetro comercial = 1 1/2 pulg

Cálculo de la pérdida real

$$hf_{1.5"} = \frac{1\,743,811 * 1\,391,4884 * 0,9896^{1.85}}{150^{1.85} * 1.5^{4.87}} = 31,13 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{1,974 * 0,9896}{1,754^2} = 0,63 \text{ m/s}$$

$$0,4 \leq 0,63 \leq 3,0 \text{ m/s}$$

Cálculo de la cota piezométrica

$$\text{CPI} = 961,62 \text{ m}$$

$$\text{CPF} = 961,62 - 31,13 = 930,48 \text{ m}$$

Cálculo de la presión estática

$$PEI = 961,6200 - 962,3700 = - 0,75 \text{ mca}$$

$$PEF = 961,6200 - 883,8700 = 77,75 \text{ mca}$$

Cálculo de la presión dinámica

$$PDI = 961,6200 - 962,3700 = 0,75 \text{ mca}$$

$$PDF = 930,4852 - 883,8700 = 46,61 \text{ mca}$$

En conclusión, para el sistema de conducción, según el diseño; los diámetros de tubería a utilizar, para lograr la mayor economía serán de 2 pulgadas y 1 1/2 pulgadas.

2.9.3. Tanque de distribución

Tiene como fin principal cubrir las variaciones horarias de consumo, almacenando agua durante las horas de bajo consumo y proporcionando los gastos requeridos a lo largo del día.

Los componentes del tanque, son básicamente:

- Entrada de agua, tubo PVC de diámetro 1 pulgada
- Caja de válvula
- Llave de compuerta
- Tanque con paredes de concreto ciclópeo y losa de concreto reforzado
- Rebalse
- Acceso
- Ventilación

- Salida de agua de rebalse
- Salida de agua de limpieza

En el cálculo del volumen del tanque, se compensan las horas de mayor demanda, diseñando un tanque de distribución, que de acuerdo al reglamento de UNEPAR, debe tener un volumen entre el 25 y 40 por ciento del consumo medio diario.

Para efectos de diseño en este proyecto y debido a que es una región calurosa, se adopta un 40 por ciento.

$$\text{Vol} = \frac{40\% * Q_m * 86\ 400}{1\ 000} = \frac{0,40 * 0,66 * 86\ 400}{1\ 000} = 22,81 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por lo que se diseña, para un volumen de 30 metros cúbicos, con dimensiones interiores de 3,30 metros de ancho por 5,00 metros de largo y 1,80 metros de altura de agua, tomando en cuenta las relaciones de largo-ancho.

Los tanques de distribución o almacenamiento, normalmente se construyen de concreto ciclópeo, concreto reforzado, mampostería reforzada y en los tanques elevados, predomina el uso de acero. Debido a las características del terreno y los requerimientos de la red de distribución, los tanques pueden estar totalmente enterrados, semienterrados, superficiales o elevados.

El sistema constructivo del tanque de distribución será de muros de concreto ciclópeo, diseñados como muros de gravedad y losa de concreto armado diseñada a flexión, el tanque será de tipo semienterrado.

2.9.3.1. Diseño estructural de la losa

Las losas estructurales, son aquellas que están apoyadas perimetralmente sobre vigas o muros en sus 4 lados, y que por tanto trabajan en 2 direcciones, a diferencia de las losas en una dirección que, estructuralmente sólo se apoyan en 2 extremos. Las losas estructurales en 2 direcciones al igual que las losas estructurales en una dirección, cuentan con acero de refuerzo, el cual ayuda a resistir los esfuerzos de flexión a los que están sometidas.

Dimensiones de la losa

$$L = 5,45 \text{ m}$$

$$A = 3,75 \text{ m}$$

Nota: las medidas de la losa se aumentaron a 0,45 metros a cada lado, debido a que esta debe recostarse sobre el contorno de los muros.

La losa se diseñó con el método 3 del código del Instituto Americano de Concreto por sus siglas en inglés ACI.

Relación para coeficientes de momentos

Para determinar los coeficientes de momentos, se deberá calcular la siguiente relación:

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

Donde:

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

Determinando relación

$$m = \frac{3,75}{5,45} = 0,69$$

m = 0,70 aproximando

Debido a que m = 0,70, el armado de la losa deberá de ser en 2 sentidos, y aplica para el caso 1 del método 3 del código ACI 318-05.

Espesor de la losa

Para determinar el espesor de la losa, se hará uso de la siguiente ecuación:

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

Donde:

t = espesor de losa

p = perímetro de la losa

$$t = \frac{p}{180} = \frac{2 * 5,45 + 2 * 3,75}{180} = 0,10 \text{ m}$$

Se usará un espesor de losa de 10 cm.

Integración de cargas

Para la integración de cargas se utilizarán los siguientes datos:

$$\gamma_{\text{conc}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sc}} = 40 \text{ kg/m}^2$$

$$f_c = 281 \text{ kg/m}^2$$

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

Determinando carga muerta

$$CM = P_L + \gamma_{\text{sc}} = (\gamma_{\text{conc}} * t) + \gamma_{\text{sc}}$$

Donde:

CM = carga muerta

P_L = peso de la losa

γ_{conc} = peso específico del concreto

γ_{sc} = peso específico de la sobre carga

t = espesor de losa

$$CM = (2400,00 * 0,10) + 40,00 = 280,00 \text{ kg/m}^2$$

Determinando carga viva

$$CV = CV_t = 200,00 \text{ kg/m}^2$$

Determinando cargas últimas

$$CMU = 1,4 * CM = 1,4 * 280,00 = 392,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,7 * CV = 1,7 * 200,00 = 340,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = CMU + CVU$$

$$CU = 392,00 + 340,00$$

$$CU = 732,00 \text{ kg/m}^2$$

Momentos actuantes en losa

Los momentos actuantes en las losas, se determinaron por medio de las siguientes ecuaciones:

Momentos negativos

$$M_{a-} = C_{a-} * CU * a^2$$

$$M_{b-} = C_{b-} * CU * b^2$$

Donde:

M_{a-} = momento negativo en el lado corto de la losa

M_{b-} = momento negativo en el lado largo de la losa

C_{a-} = coeficiente para momento negativo en lado corto

C_{b-} = coeficiente para momento negativo en lado largo

Debido a que los momentos negativos para el caso 1 del método 3 del código ACI 318-05 son nulos, se considera un tercio del momento positivo.

Momentos positivos

$$M_{a+} = C_{am+} * CMU * a^2 + C_{av+} * CVU * a^2$$

$$M_{b+} = C_{bm+} * CMU * b^2 + C_{bv+} * CVU * b^2$$

Donde:

M_{a+} = momento positivo en el lado corto de la losa

M_{b+} = momento positivo en el lado largo de la losa

C_{am+} = coeficiente para momento positivo debido a carga muerta

C_{bv+} = coeficiente para momento positivo debido a carga viva

$$M_{a+} = 0,068 * 392,00 * (3,75)^2 + 0,068 * 340,00 * (3,75)^2$$

$$M_{a+} = 699,975 \text{ kg-m}$$

$$M_{b+} = 0,016 * 392,00 * (5,45)^2 + 0,016 * 340,00 * (5,45)^2$$

$$M_{b+} = 347,876 \text{ kg-m}$$

Armado de losa

El armado de losa, se diseño para una franja unitaria equivalente a 100 centímetros, un espesor de losa de 10 centímetros y un recubrimiento de 2,5 centímetros.

Acero mínimo

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

Donde:

$A_{s_{\min}}$ = área de acero mínimo [cm^2]

f_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo [kg/cm^2]

b = ancho de la franja unitaria [cm]

d = peralte de la losa [cm]

$$d = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2} = 10 - 2,5 - \frac{0,95}{2} = 7,02 \text{ cm}$$

Determinando área de acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{2 \cdot 810,00} * 100 * 7,02 = 3,52 \text{ cm}^2$$

Cálculo del área de acero requerido

$$A_s = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'_c}} \right] * \frac{0.85 * f'_c}{f_y}$$

Donde:

A_s = área de acero [cm^2]

b = ancho de la franja unitaria [cm]

d = peralte de la losa [cm]

M = momento a analizar [$\text{kg}\cdot\text{m}$]

f'_c = resistencia a la compresión del concreto [kg/cm^2]

f_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo [kg/cm^2]

Al sustituir los datos se obtiene:

$$A_{s_{req}} = \left[100 * 7,02 - \sqrt{(100 * 7,02)^2 - \frac{699,975 * 100}{0.003825 * 281}} \right] * \frac{0.85 * 281}{2810}$$

$$A_{s_{req}} = 4,08 \text{ cm}^2$$

Se puede apreciar en los resultados, que el $A_{s_{min}}$ es menor al $A_{s_{req}}$ por la losa, por lo tanto se tomará el valor del $A_{s_{req}}$ para el diseño de la losa.

Espaciamiento máximo

$$S_{m\acute{a}x} = 2 * t = 2 * 10 = 20 \text{ cm}$$

Cálculo del espaciamento, se propone acero no. 3:

$$4,08 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

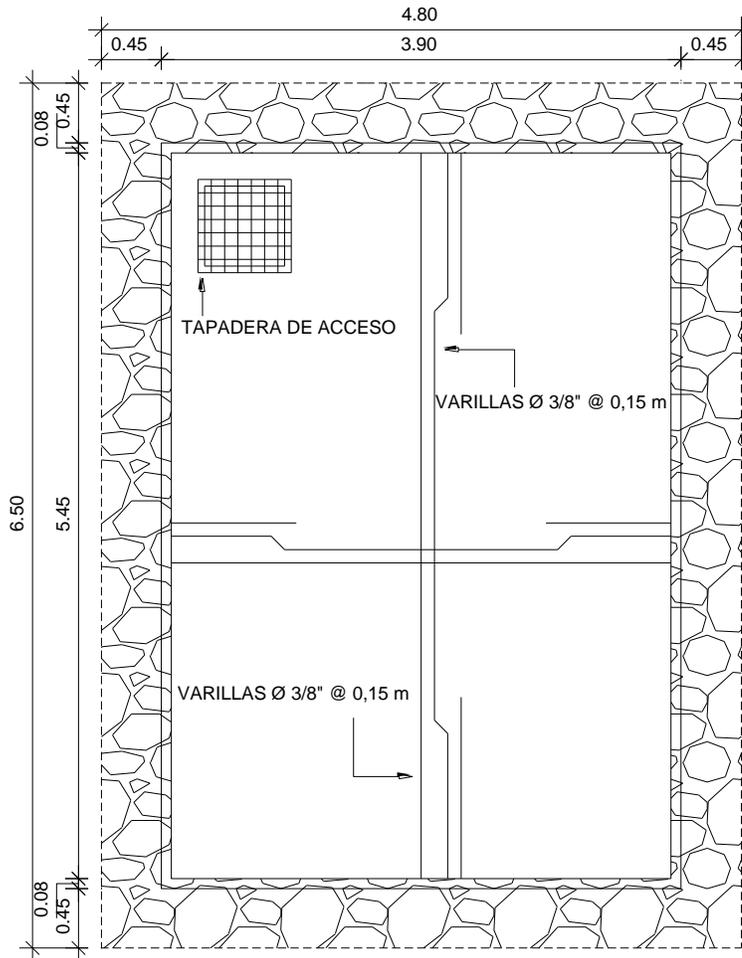
$$0,71 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{4,08} = 17,40 \text{ cm}$$

Por lo tanto, se colocaran varillas no.3 con un espaciamento entre varillas de 0,15 metros, en ambos sentidos.

En la losa superior habrá un ingreso, con tapadera cuadrada de 60 centímetros de lado, en una esquina opuesta a la ubicación del hipoclorador, por consiguiente el mismo lugar donde se construyan las escaleras. El ingreso será utilizado para que los habitantes puedan realizar el adecuado mantenimiento del tanque de distribución.

Figura 3. **Planta de losa superior**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

2.9.3.2. **Diseño de muros**

El método de diseño utilizado es el de muros por gravedad. El tanque está compuesto de 4 muros que serán de concreto ciclópeo. Para facilitar el diseño, se tomará una sección unitaria del muro igual a 1,00 metro.

Fuerza debido al suelo

El cálculo de estas fuerzas horizontales, está basado fundamentalmente en las dimensiones del tanque y en las características del suelo. Los factores que se tomaron en cuenta, dependen del método de cálculo a utilizar, entre estos el que más se utiliza por su simplicidad, es el método de *Rankine*. En este método se hace necesario determinar el coeficiente de empuje pasivo (K_p), para luego calcular la presión pasiva o presión del suelo (P_s) y por último la fuerza de empuje del suelo (F_s).

De la teoría de Rankine, se obtiene la expresión para el cálculo del coeficiente de empuje pasivo, utilizando un ángulo de fricción interna (ϕ) igual a 27,25 grados, se obtiene:

$$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \frac{1 + \sin 27,25}{1 - \sin 27,25} = 2,69$$

Se calcula la presión horizontal que ejerce el agua sobre la cara interior del muro:

$$P_{H2O} = \gamma_{H2O} * h$$

Donde:

P_{H2O} = presión horizontal del agua [kg/m^2]

γ_{H2O} = peso específico del agua [kg/m^3]

h = profundidad [m]

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$P_{H_2O} = 1\,000 * 1,80 = 1\,800 \text{ kg/m}^2$$

Se calcula la presión horizontal que ejerce el suelo sobre la cara exterior del muro:

$$P_s = \gamma_s * h * K_p$$

Donde:

P_s = presión horizontal del suelo [kg/m^2]

γ_s = peso específico del suelo [kg/m^3]

K_p = coeficiente de empuje pasivo

h = profundidad [m]

Al sustituir los datos en la fórmula se obtiene:

$$P_s = 1\,710 * 1,20 * 2,69 = 5\,519,88 \approx 5\,520 \text{ kg/m}^2$$

Se calcula la fuerza horizontal que ejerce el agua sobre la cara interior del muro:

$$F_{H_2O} = \frac{1}{2} * P_{H_2O} * h$$

Donde:

F_{H_2O} = fuerza horizontal del agua [kg/m]

P_{H_2O} = presión horizontal del agua [kg/m^2]

h = profundidad [m]

$$F_{H2O} = \frac{1}{2} * 1\,800 * 1,80 = 1\,620 \text{ kg/m}$$

Se calcula la fuerza horizontal que ejerce el suelo sobre la cara exterior del muro:

$$F_s = \frac{1}{2} * P_s * h$$

Donde:

F_s = fuerza horizontal del suelo [kg/m]

P_s = presión horizontal del suelo [kg/m²]

h = profundidad [m]

$$F_s = \frac{1}{2} * 5\,520 * 1,20 = 3\,312 \text{ kg/m}$$

Se calcula ahora, los momentos que actúan sobre el muro, provocados por las fuerzas horizontales:

$$M_s = \frac{1}{3} * h * F_s$$

Donde:

M_s = momento provocado por la fuerza del suelo [kg-m]

F_s = fuerza horizontal del suelo [kg/m]

h = profundidad [m]

$$M_s = \frac{1}{3} * 1,20 * 3\,312 = 1\,324,8 \text{ kg-m}$$

$$M_{H_2O} = \left(\frac{1}{3} * h + 0,60 \right) * F_{H_2O}$$

Donde:

M_{H_2O} = momento provocado por la fuerza del agua [kg-m]

F_{H_2O} = fuerza horizontal del agua [kg/m]

h = profundidad [m]

$$M_{H_2O} = \left(\frac{1}{3} * 1,80 + 0,60 \right) * 1\ 620 = 1\ 944 \text{ kg-m}$$

Se procede a dimensionar el muro, tomando en cuenta todos los criterios de predimensionamiento (ver figura 4). Ya obtenidas las dimensiones del tanque de distribución, el corte típico de muro se divide en regiones o figuras (ver figura 4); se determina el área y la distancia o brazo hacia el centro de masa de cada una y se calcularon las cargas verticales y momentos que se producen respecto al origen. Para ello se elaboró la tabla III.

Se calcula la carga sobre el muro que ejerce el área tributaria de la losa y la solera final:

$$W_{sm} = \frac{CU * A_t}{L} + PU_s$$

Donde:

W_{sm} = carga sobre muro

CU = carga ultima sobre losa

A_t = área tributaria de la losa

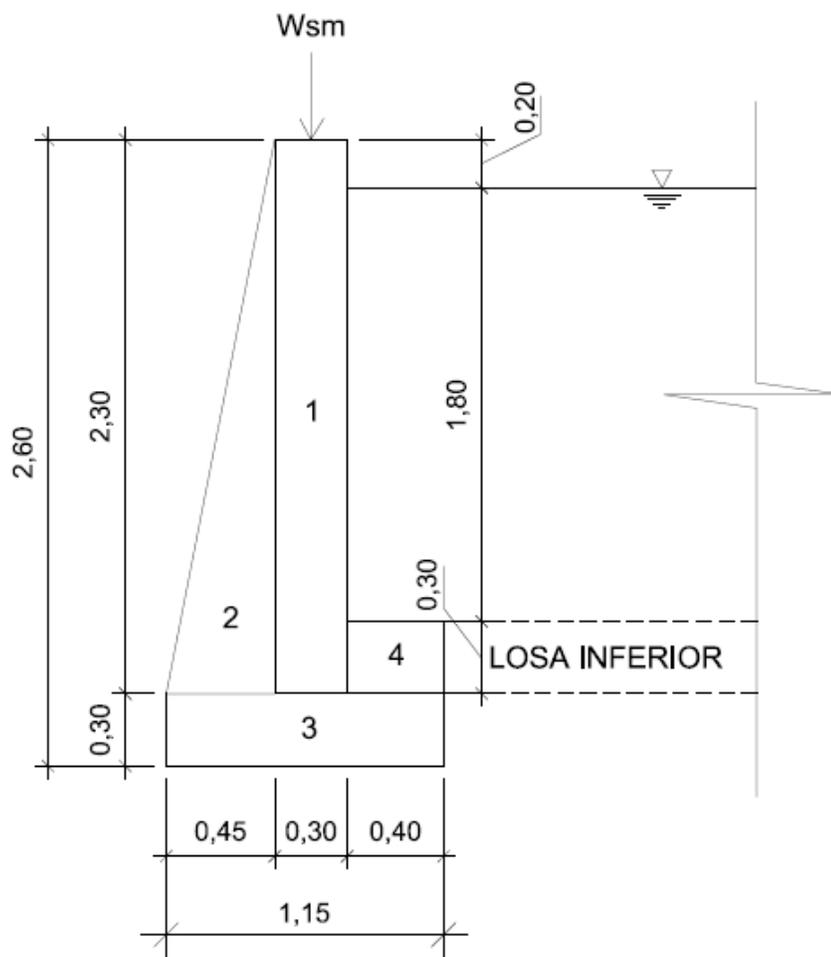
L = longitud de la losa

PU_s = peso último de la solera

Al sustituir los datos en la fórmula, se obtiene:

$$W_{sm} = \frac{732 * 6,70}{5,45} + 1,4 (0,15 * 0,20 * 2\ 400) = 1\ 000,7 \text{ kg/m}$$

Figura 4. **Esquema del muro del tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Tabla III. **Determinación de cargas y momentos en el muro**

Fig.	Peso [ton]	Brazo [m]	Momento [ton-m]
W ₁	2,3 * 0,3 * 1 * 2,7 = 1,863	0,45 + 0,15 = 0,6	1,118
W ₂	0,5 * 0,45 * 2,3 * 1 * 2,7 = 1,397	2/3 * 0,45 = 0,3	0,4192
W ₃	1,15 * 0,3 * 1 * 2,7 = 0,9315	1,15 / 2 = 0,575	0,5356
W ₄	0,4 * 0,3 * 1 * 2,7 = 0,324	0,75 + 0,2 = 0,95	0,3078
W _{sm}	1,001 * 1 = 1,001	0,45 + 0,15 = 0,6	0,4939
	W _t = 5,517		M _R = 2,875

Fuente: elaboración propia.

Chequeo por volteo

$$FS_v = \frac{\sum M_R}{\sum M_A} = \frac{M_R + M_s}{M_{H_2O}}$$

Donde:

FS_v = factor de seguridad contra volteo

M_R = momento resistente [kg-m]

M_A = momento actuante [kg-m]

M_s = momento provocado por la fuerza del suelo [kg-m]

M_{H₂O} = momento provocado por la fuerza del agua [kg-m]

$$FS_v = \frac{2,875 + 1,3248}{1,944} = 2,16$$

$$FS_v = 2,16 > 1,5$$

Como el factor de seguridad por volteo es mayor a 1,5 se concluye que si resiste el volteo.

Chequeo por desplazamiento

$$FS_d = \frac{\sum F_R}{\sum F_A} = \frac{F_s + 0,9 * \tan \phi * W_t}{F_{H2O}}$$

Donde:

FS_d = factor de seguridad contra deslizamiento

F_R = fuerza resistente [kg/m]

F_A = fuerza actuante [kg/m]

F_s = fuerza de empuje del suelo [kg/m]

F_{H2O} = fuerza de empuje del agua [kg/m]

W_t = carga total [ton]

$$FS_d = \frac{3,312 + 0,9 * \tan 27,25 * 5,517}{1,62} = 3,62$$

$$FS_d = 3,62 > 1,5$$

Como el factor de seguridad por deslizamiento es mayor a 1,5 se concluye que si resiste el deslizamiento.

Chequeo por presión sobre el suelo

$$e_x = \frac{B}{2} - \frac{M_R + M_s - M_{H2O}}{W_t}$$

Donde:

e_x = excentricidad en el sentido x [m]

B = base de cimentación [m]

M_R = momento resistente [kg-m]

M_s = momento provocado por la fuerza del suelo [kg-m]

M_{H_2O} = momento provocado por la fuerza del agua [kg-m]

W_t = carga total [ton]

$$e_x = \frac{1,15}{2} - \frac{2,875 + 1,3248 - 1,944}{5,517} = 0,1661 \text{ m}$$

$$S_x = \frac{1}{6} * B^2 * L = \frac{1}{6} * 1,15^2 * 1 = 0,2204 \text{ m}$$

$$P_{pa} = \frac{W_t}{A} + \frac{W_t * e_x}{S_x}$$

Donde:

P_{pa} = presión en la punta del muro [ton/m^2]

W_t = carga total [ton]

e_x = excentricidad en el sentido x [m]

A = área de la sección [m^2]

$$P_{pa} = \frac{5,517}{1,15 * 1} + \frac{5,517 * 0,1661}{0,2204}$$

$$P_{pa} = 8,955 \text{ ton/m}^2 < 55 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{tn} = \frac{W_t}{A} - \frac{W_t * e_x}{S_x} = \frac{5,517}{1,15 * 1} - \frac{5,517 * 0,1661}{0,2204}$$

Donde:

P_{tn} = presión en el talón del muro [ton/m²]

W_t = carga total [ton]

e_x = excentricidad en el sentido x [m]

A = área de la sección [m²]

$$P_{tn} = \frac{5,517}{1,15 * 1} - \frac{5,517 * 0,1661}{0,2204}$$

$$P_{tn} = 0,64 \text{ ton/m}^2 > 0,0 \text{ ton/m}^2$$

Con esto, se determina que el suelo si resiste la presión ejercida por el muro, concluyendo que las dimensiones propuestas para el muro son adecuadas para el tanque de distribución.

2.9.4. Línea de distribución

El diseño de la red de distribución, dada la ubicación de las viviendas, será por ramales abiertos tipo predial.

Los límites recomendables para verificar la presión y velocidad del líquido dentro de las tuberías de distribución según las normas del INFOM, son:

- La presión hidrostática no debe sobrepasar los 70 metros columna de agua.
- En algunas situaciones, podrá permitirse una presión máxima de 80 metros columna de agua.
- En cuanto a la presión hidrodinámica en la red de distribución; esta se debe mantener entre 10 y 40 metros columna de agua.

- En casos extremos se podrá considerar una presión dinámica mínima de 6 metros columna de agua.
- En relación con las velocidades; se recomienda mantener el rango entre 0,40 y 2,00 metros por segundo.

Para una red de distribución, deben de tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Carga disponible o diferencia de altura entre el tanque de distribución y la última casa de la red de distribución.
- Capacidad para transportar el caudal de distribución.
- Tipo de tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.
- Considerar todas las obras necesarias para el buen funcionamiento del sistema.
- Importante considerar diámetros mínimos para la economía del proyecto se utilizó la fórmula de Hazen – Williams.

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

$$V = \frac{1,974 * Q_c}{D_i^2}$$

Además de estos criterios, se debe tomar en consideración los caudales que ayudaran durante el cálculo de la red de distribución.

Caudal por vivienda

El caudal de vivienda o caudal de gasto, está definido como el consumo de agua que se da por vivienda. El caudal de gasto se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_v = \frac{Q_h \text{ máx}}{nv_f}$$

Donde:

Q_v = caudal por vivienda

$Q_h \text{ máx}$ = caudal máximo horario

nv_f = número de viviendas futuras

$$Q_v = \frac{Q_h \text{ máx}}{nv_f} = \frac{1,6493}{114} = 0,0145 \text{ l/s}$$

Caudal instantáneo

Considera la probabilidad estadística del uso simultáneo de las conexiones prediales en un ramal, este no debe ser menor de 0,2 litros por segundo, se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_i = 0,15 \sqrt{nv - 1}$$

Donde:

Q_i = caudal instantáneo

nv = número de viviendas

Caudal de consumo por ramal

Es el caudal necesario para distribuir un ramal, y depende del número de viviendas futuras en el ramal. Se determina con la siguiente fórmula:

$$Q_r = Q_v * nv_f$$

Donde:

Q_r = caudal de consumo por ramal

Q_v = caudal por vivienda

nv_f = número de viviendas futuras

A continuación se diseña el ramal 2, inicia en la E-28 y finaliza en la E-35.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

E-28: CTI = 763,03 m

E-35: CTF = 761,81 m

$L = 77,703 + 5\%$ por topografía

$hf = 1,22$ m

$C = 150$

$T_t = 14$

Cálculo de caudales

$$Q_v = 0,0145 \text{ l/s}$$

$$Q_r = 0,0145 * 5 = 0,072 \text{ l/s}$$

$$Q_i = 0,15 \sqrt{5 - 1} = 0,30 \text{ l/s}$$

$$Q_{h \text{ máx}} = \left(\frac{P_f * \text{Dot}}{86\,400} \right) * f_{hm} = \left(\frac{185 * 100}{86\,400} \right) * 2,5$$

$$Q_{h \text{ máx}} = 0,53 \text{ l/s}$$

Q_d : mayor valor entre (Q_r , Q_i , $Q_{h \text{ máx}}$)

$$Q_d = 0,53 \text{ l/s}$$

Cálculo del diámetro teórico

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * 81,5881 * 0,5353^{1,85}}{150^{1,85} * 1,2192}} = 1,29 \text{ pulg}$$

Por conveniencia y cumplimiento de las normas, se reducirá el diámetro teórico y se utilizará un diámetro comercial igual a 3/4 de pulgada, esto para lograr así los rangos establecidos de presiones por el INFOM.

Obteniéndose:

$$D_t = 3/4 \text{ pulg}$$

$$D_i = 0,926 \text{ pulg}$$

Cálculo de la pérdida real

$$hf_{3/4"} = \frac{1\,743,811 * 81,5882 * 0,5353^{1,85}}{150^{1,85} * 0,926^{4,87}} = 6,14 \text{ m}$$

Cálculo de la velocidad

$$V = \frac{1,974 * 0,5353}{0,926^2} = 1,23 \text{ m/s}$$

$0,4 \leq 1,2323 \leq 3,0 \text{ m/s}$ OK.

Cálculo de la cota piezométrica

$$\text{CPI} = 791,7278 \text{ m}$$

$$\text{CPF} = 791,7278 - 6,1357 = 785,59 \text{ m}$$

Cálculo de la presión dinámica

$$\text{PDI} = 791,7278 - 763,0341 = 28,69 \text{ mca}$$

$$\text{PDF} = 785,5921 - 761,8149 = 23,78 \text{ mca}$$

Cálculo de la presión estática

$$\text{PEI} = 801,2990 - 763,0341 = 38,26 \text{ mca}$$

$$\text{PEF} = 801,2990 - 761,8149 = 39,48 \text{ mca}$$

Todos los cálculos de la red de distribución, están expresados en las tablas que se ubican en los apéndices.

2.10. Obras hidráulicas y válvulas

Son todas aquellas construcciones necesarias que se elaboran en la línea de conducción o distribución, para el buen funcionamiento de las líneas, las cuales pueden ser, por ejemplo; la caja reunidora de caudales, la caja rompe

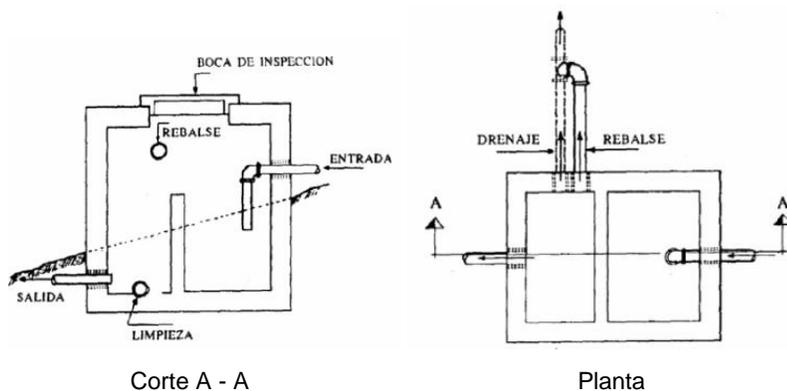
presión, entre otras. Las válvulas al igual que las obras hidráulicas, se colocan en la línea de conducción y distribución y también son necesarias para el buen funcionamiento de las líneas.

2.10.1. Caja rompe presión

Se utiliza para controlar la presión interna de la tubería, aliviando o rompiendo la presión en la línea de conducción o distribución. Con ello se evita la falla de la tubería y los accesorios cuando la presión estática de diseño iguala o supera a la presión de trabajo máximo de los mismos.

Este tipo de estructuras se colocan antes que la presión estática sobrepase los 80,00 metros columna de agua en la línea de conducción y los 60,00 metros columna de agua en la de distribución. Se colocará 1 en la estación E-42 de la línea de conducción y 3 más en la línea de distribución en las estaciones E-12, E-22 y E-70.

Figura 5. Planta y corte de caja rompe presión

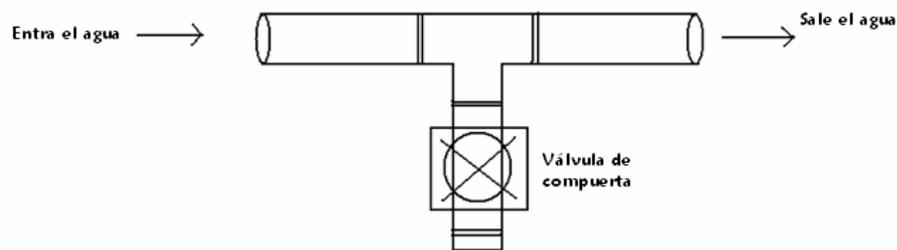


Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1. p. 96 y 97.

2.10.2. Válvula de limpieza

Son aquellas que se usan para extraer los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la tubería, como lo son zanjones, quebradas y riachuelos; para su instalación se requiere agregar una tee a la red y de allí se desprende un niple que al final tiene una válvula de compuerta, protegida por una caja de mampostería. Se colocarán en las estaciones E-14, E-40, E-59 y E-66 todas de la línea de conducción.

Figura 6. Ubicación en planta de válvula de limpieza

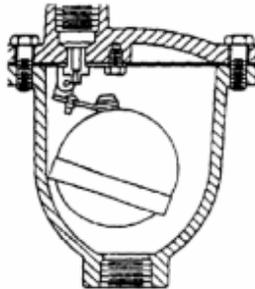


Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1. p. 151.

2.10.3. Válvula de aire

Estas se colocan en los puntos altos de la línea de conducción, tienen la función de permitir que se expulse automáticamente el aire acumulado en la tubería, para evitar así la formación de cámaras de aire comprimido que bloquean el libre paso del agua. En el caso de las líneas de distribución, los grifos cumplen esta tarea. Estas válvulas se colocaran en las estaciones E-20, E-34, E-51 y E-61 todas de la línea de distribución.

Figura 7. **Sección de válvula de aire**

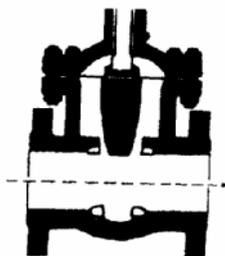


Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1. p. 149.

2.10.4. Válvula de compuerta

Sirven para abrir o cerrar el flujo de agua en un sistema. Es completamente incorrecto utilizarla para regular el flujo. En forma esquemática se muestra la sección parcial de una válvula de este tipo (ver figura 8); en la cual se ve el paso prácticamente libre, que tiene el agua cuando la válvula está abierta. Se colocarán en la estación, E- 0, y en la red de distribución, en la estación E-8.

Figura 8. **Sección de válvula de compuerta**



Fuente: AGUILAR RUIZ, Pedro. Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1. p. 152.

2.11. Desinfección del agua

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

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

La filtración es un método físico, aunque por sí solo no garantiza la calidad del agua. Por ebullición es otro método que destruye gérmenes nocivos que suelen encontrarse en el agua, los rayos ultravioleta es otro método, pero tiene muy alto costo.

Los métodos químicos más empleados para desinfección son: el yodo, la plata y el cloro, siendo éste último el más recomendado.

2.11.1. Dosificación del cloro

Para este proyecto se utilizará el cloro en forma de tabletas de tricloro, las cuales tienen un tamaño de 3 pulgadas de diámetro, por 1 pulgada de espesor, con una solución de cloro al 90 y 10 por ciento de estabilizador, el peso de la tableta es de 200 gramos y la velocidad a que se disuelve en agua en reposo, es de 15 gramos en 24 horas.

Para lograr la desinfección del agua, será necesaria la utilización de un alimentador automático de cloro, dado que este es mucho más económico en

cuanto a su costo de operación, comparado con el hipoclorito que necesita de un operador experimentado y a tiempo completo, sin mencionar el costo y operación del gas que es otra opción en el mercado.

El alimentador automático es un recipiente en forma de termo que alberga tabletas, las que se disuelven mediante el paso del agua en el mismo y se coloca justo antes del tanque de distribución; estos alimentadores vienen en diferentes capacidades de tabletas, lo que depende del caudal requerido para el proyecto.

Para determinar la cantidad necesaria de tabletas de cloro para el caudal de agua de este proyecto, se utiliza la fórmula para hipocloritos, la cual es:

$$G = \frac{C * M * D}{\%Cl}$$

$$M = Q_m * 86\ 400$$

Donde:

G = gramos de tricloro [g]

C = miligramos por litro [mg]

M = litros de agua a tratarse por día [l/día]

D = número de días que durará el tricloro

%Cl = concentración de cloro

Para este proyecto se determina la cantidad de tabletas de tricloro que se necesita para clorar el agua, para un período de 15 días.

$$M = 0,6597 * 86\ 400 = 57\ 024 \text{ l/día}$$

$$G = \frac{0,001 * 57\ 024 * 15}{0,9} = 950,40 \text{ g}$$

Esto significa, que se necesitan 950,40 gramos de tricloro, el equivalente a:

$$\frac{950,40}{200} = 4,752 \text{ tabletas}$$

Aproximadamente 5 tabletas cada 15 días, por lo cual se requiere de un alimentador automático modelo C-250, con capacidad de 5 tabletas como mínimo.

2.12. Programa de operación y mantenimiento

Es la manera en la que los usuarios, logran mantener la tubería y el equipo en óptimas condiciones durante el tiempo de vida útil.

Tabla IV. Programa de operación y mantenimiento del proyecto

Núm.	Actividad	Frecuencia
1	Limpieza del tanque de captación	2 veces/año
2	Revisión de la tubería de conducción	2 veces/año
3	Revisión o cambio de las válvulas de compuerta	4 veces/año
4	Limpieza del tanque de distribución	2 veces/año
5	Colocación de tabletas de tricloro en alimentador	2 veces/mes
6	Revisión de tuberías en red de distribución	2 veces/año
7	Lubricación de los candados de seguridad	3 veces/año
8	Pintura de elementos de hierro	1 vez/año
9	Reparaciones menores	4 veces/año

Fuente: elaboración propia.

2.12.1. Mantenimiento correctivo

Cuando se necesita cambiar un tramo de tubería por problemas de fugas o destrucción del tubo, o si se requiere colocar un accesorio, se deben seguir los siguientes pasos:

- Cerrar la válvula de control o compuerta más próxima al lugar de trabajo, con el fin de trabajar sin molestias de agua.
- Excavar una longitud de zanja necesaria para trabajar con un ancho mínimo de 0,40 metros y una profundidad adecuada.
- Cortar el tramo de tubería PVC que produce problemas con sierra de metal, tratando de que el corte sea lo más recto posible, quitando la rebaba con lija.
- Revisar la tubería o accesorios que se van a ensamblar para verificar que no estén tapados, perforados o quebrados. Cortar un pedazo de tubo de longitud deseada, a escuadra, eliminando las rebabas externas e internas.
- Limpiar con un trapo limpio o con lija el polvo o cualquier suciedad que tenga el tubo o accesorios. Verificar que el pegamento que se va usar sea especialmente para PVC.
- Colocar el pegamento sobre el extremo del tubo y en el accesorio o niple con campana, girando 1/4 de vuelta se ajusta en la posición deseada y se sostiene durante 30 segundos, limpiando el exceso de pegamento.

- Abrir la válvula de control o compuerta más próxima al lugar de trabajo y verificar si se solucionó el problema correctamente. De ser positivo lo anterior, rellenar la zanja terminados los trabajos, colocando primero la tierra más fina, hasta cubrir 20 centímetros encima del tubo y compactar, luego se continúa agregando capas de 20 centímetros compactando hasta cubrir totalmente la zanja.

2.13. Presupuesto

El presupuesto presentado, se trabajó con base en los costos unitarios, la mano de obra calculada se baso en datos proporcionados por la municipalidad, mientras que los materiales fueron cotizados en ventas de materiales de construcción de la cabecera municipal. El porcentaje de costos indirectos que se utilizó fue del 35 por ciento.

Tabla V. **Presupuesto sistema de agua potable**

PROYECTO:		SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN			
MUNICIPIO:		AGUA BLANCA			
DEPARTAMENTO:		JUTIAPA			
CÁLCULO:		JAIRO SAÚL SANDOVAL ABZÚN			
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO , INGENIERIA CIVIL					
No.	DESCRIPCIÓN	U	CANTIDAD	P.U	SUBTOTAL
1	RÓTULO	Unidad	1,00	Q 2 956,15	Q 2 956,15
2	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	ml	7 350,00	Q 1,68	Q 12 318,75
3	EXCAVACION DE ZANJA	m³	2 940,00	Q 192,88	Q 567 067,50
4	RELLENO DE ZANJA	m³	2 793,00	Q 123,60	Q 345 224,16
5	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 30 M3	Unidad	1,00	Q 84 212,53	Q 84 212,53
6	CAJA VÁLVULA DE AIRE	Unidad	4,00	Q 4 194,91	Q 16 779,62
7	CAJA VÁLVULA DE LIMPIEZA	Unidad	4,00	Q 3 580,66	Q 14 322,62

Continuación de la tabla V.

8	CAJA ROMPE PRESIÓN CONDUCCIÓN	Unidad	1,00	Q 8 709,63	Q 8 709,63
9	CAJA ROMPE PRESIÓN DISTRIBUCIÓN	Unidad	3,00	Q 7 321,83	Q 21 965,48
10	HIPOCLORADOR	Unidad	1,00	Q 10 850,56	Q 10 850,56
11	LINEA DE CONDUCCIÓN GENERAL	ml	4 320,00	Q 92,88	Q 401 237,00
11.1	LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA PVC DIAMETRO 2" 160 PSI	ml	2 929,50	Q 96,24	Q 281 927,00
11.2	LINEA DE CONDUCCIÓN TUBERIA PVC DIAMETRO 1 1/2" 160 PSI	ml	1 390,50	Q 85,80	Q 119 310,00
12	RED DISTRIBUCIÓN GENERAL	ml	3 030,00	Q 85,75	Q 259 825,00
12.1	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIAMETRO 1 1/2" de 250 PSI	ml	2 032,50	Q 89,93	Q 182 786,00
12.2	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIAMETRO 1" de 250 PSI	ml	416,00	Q 84,59	Q 35 189,00
12.3	RED DISTRIBUCIÓN TUBERIA PVC DIAMETRO 3/4" DE 250 PSI	ml	581,50	Q 71,97	Q 41 850,00
13	CONEXIONES PREDIALES	Unidad	114,00	Q 3 705,35	Q 422 409,80
TOTAL DEL PROYECTO					Q 2 167 878,80

Fuente: elaboración propia.

El costo total del proyecto; incluyendo costos directos más costos indirectos, es de Q 2 167 878,80 (dos millones ciento sesenta y siete mil ocho cientos setenta y ocho y ochenta centavos). Este integró los 7 350 metros lineales de construcción. El costo por metro lineal de construcción, es de Q 294,95 por metro lineal.

2.14. Propuesta de tarifa de servicio

Para determinar la tarifa del servicio que los usuarios deberán pagar mensualmente, se realizó un estudio tarifario con base en los gastos mensuales para que el sistema funcione, un porcentaje de imprevistos, un porcentaje de reserva, esto para poder remplazar cualquier componente del sistema en el momento que este falle o se deteriore por llegar al termino de su vida útil. Adicionalmente a esto, se le puede incrementar un porcentaje de utilidades, que servirá para nuevos proyectos en beneficio de la comunidad. El estudio quedaría de la siguiente manera:

Tabla VI. **Cálculo de egresos mensuales**

Personal	
Fontanero	Q 1 000,00
Gastos de operación	
Pastillas de tricloro	Q 110,00
Herramienta y equipo	Q 10,00
Subtotal	Q 1 120,00
Imprevistos	2,50 %
Reserva	2,50 %
Administrativo	10,00 %
Total costo mensual	Q 1 288,00
Número de conexiones	114
Tarifa recomendada	Q 12,00

Fuente: elaboración propia.

2.15. Cronograma de ejecución

El cronograma del proyecto de agua potable, se elaboró con base en los rendimientos de la mano de obra del lugar y la secuencia lógica de los trabajos de construcción.

Tabla VII. Cronograma de ejecución

PROYECTO:		SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO SANTA BÁRBARA,					
CALCULO		RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN					
MUNICIPIO:		JAIRO SAUL SANDOVAL ABZÚN					
DEPARTAMENTO:		AGUA BLANCA					
		JUTIAPA					
No.	Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	C/Renglón
1	Rótulo						Q 2 956,15
2	Trazo y replanteo topográfico						
3	Excavación de zanja						Q 567 067,50
4	Relleno de zanja						
5	Tanque de distribución de 30 m³						Q 84 212,53
6	Caja válvula de aire						Q 14 322,62
7	Caja válvula de limpieza						Q 21 965,48
8	Caja rompe presión conducción						Q 401 237,00
9	Caja rompe presión distribución						Q 281 927,00
10	Hipoclorador						Q 119 310,00
11	Línea de conducción general						Q 259 825,00
11.1	Línea de conducción tubería PVC diámetro 2 plg 160 psi						Q 182 786,00
11.2	Línea de conducción tubería PVC diámetro 1 1/2 plg 160 psi						Q 35 189,00
12	Línea de distribución general						Q 41 850,00
12.1	Línea de distribución tubería PVC diámetro 1 1/2 plg 250 psi						Q 422 409,80
12.2	Línea de distribución tubería PVC diámetro 1 plg 250 psi						Q 2 167 878,80
12.3	Línea de distribución tubería PVC diámetro 3/4 plg 250 psi						
13	Conexiones prediales						
Inversión mensual en Q.		433 575,76	433 575,76	433 575,76	433 575,76	433 575,76	433 575,76
Inversión acumulada en Q.		433 575,76	867 151,52	1 300 727,28	1 734 303,04	2 167 878,80	
Inversión mensual en %		20	20	20	20	20	
Inversión acumulada en %		20	40	60	80	100	

Fuente: elaboración propia.

2.16. Evaluación socioeconómica

Se hizo un análisis socioeconómico del proyecto del sistema agua potable, para determinar si existen utilidades o determinar si es un proyecto autosostenible.

2.16.1. Valor Presente Neto (VPN)

Es el método más conocido para evaluar proyectos de inversión a largo plazo. Permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero: maximizar la inversión. El VPN puede desplegar tres posibles respuestas:

- $VPN < 0$
- $VPN > 0$
- $VPN = 0$

Cuando el $VPN < 0$, y el resultado es un valor negativo muy grande alejado de cero, está advirtiéndole que el proyecto no es rentable.

Cuando el $VPN = 0$, indica exactamente que se está generando el porcentaje de utilidad que se desea.

Cuando el $VPN > 0$, está indicando que la opción es rentable.

Para el cálculo del VPN se utilizaron los siguientes valores:

Inversión inicial	Q 2 167 878,80
Costos de operación y mantenimiento	Q 1 288,00 / mes

Conexión domiciliar (pago único)	Q 500,00 / vivienda
Total de conexiones domiciliarias (114 viviendas)	Q 57 000,00
Costos de operación y mantenimiento	Q 15 456,00 / anual
Tiempo de diseño = 20 años	
Tasa de interés de 10% anual	

$$VPN = - INI + IGI + COMA * \left[\frac{(1+i)^{(N-1)}}{i * (1+i)^N} \right]$$

Donde:

VPN = Valor Presente Neto

INI = Inversión Inicial [Q.]

IGI = Ingreso Inicial [Q.]

COMA = Costo de Operación y Mantenimiento Anual [Q.]

i = tasa de interés anual [%]

N = tiempo de diseño [años]

$$VPN = -2 167 878,80 + 57 000,00 + 15 456,00 * \left[\frac{(1 + 0,10)^{(20 - 1)}}{0,10 * (1 + 0,10)^{20}} \right]$$

$$VPN = - 1 970 369,71$$

Esto indica que el proyecto no es rentable, pero como es un proyecto de beneficio para la comunidad, no debe considerarse de forma lucrativa.

2.16.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

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 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, la única manera en la que el proyecto recuperaría la inversión, es teniendo una tasa de interés anual negativa, valor que en el mercado no existe. Para demostrarlo realizamos algunas iteraciones:

Se utilizará una tasa de interés de - 10%

$$VPN = -2\,167\,878,80 + 57\,000,00 + 15\,456,00 * \frac{1}{[1+(-0,10)]^{20}} = -1\,983\,749,13$$

Se utilizará una tasa de interés de - 22%

$$VPN = -2\,167\,878,80 + 57\,000,00 + 15\,456,00 * \frac{1}{[1+(-0,22)]^{20}} = 113\,481,09$$

Como podemos apreciar en las iteraciones anteriores, se necesita una tasa de interés de aproximadamente menos 22 por ciento para que el proyecto inicie a generar ganancias, debido a que esto en el mercado no es posible, los proyectos de carácter social que se realiza a nivel municipal se deben analizar por el método de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

CTO = INI

BEF = nhbf

Donde:

CTO = Costo

INI = Inversión Inicial

VPN = Valor Presente Neto

BEF = Beneficio

nhbf = Número de habitantes beneficiados a futuro

CTO = Q 2 167 878,80

BEF = 570 habitantes

$$\frac{CTO}{BEF} = \frac{2\ 167\ 878,80}{570} = Q\ 3\ 803,30 / \text{hab}$$

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 Agua Blanca, se tiene un rango aproximado de hasta Q 2 500,00 por habitante.

Se puede concluir que el proyecto podrá ser considerado favorable para su elaboración, por cualquiera de las instituciones que trabajan actualmente con la Municipalidad de Agua Blanca.

2.17. Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

En sentido estricto, la ecología ha definido al ambiente como el conjunto de factores externos que actúan sobre un organismo, una población o una comunidad. Estos factores son esenciales para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los seres vivos e inciden directamente en la estructura y

dinámica de las poblaciones y de las comunidades. Sin embargo, la naturaleza es la totalidad de lo que existe. Dentro de ella, también, entra lo que la sociedad construye a través de su accionar. Generalmente, esto es lo que se identifica como ambiente.

Podría definirse el Impacto Ambiental (IA) como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de sus componentes de cierta magnitud y complejidad originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, un plan, o una disposición administrativo-jurídica con implicaciones ambientales. Debe quedar explícito, sin embargo, que el término impacto no implica negatividad, ya que éste puede ser tanto positivo como negativo.

Se puede definir el Estudio de Impacto Ambiental, como el estudio técnico, de carácter interdisciplinario, que incorporado en el procedimiento del IA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. Es un documento técnico que debe presentar el titular del proyecto y sobre la base del cual se produce la Declaración o Estimación de Impacto Ambiental.

2.17.1. Identificación de los factores que puedan causar impacto al medio ambiente y a que parte está afectando

Existen una serie de factores naturales y factores provocados por el hombre, que pueden alterar de manera permanente o parcial las condiciones normales en las que una zona o región se encuentra. Al analizar el diseño del proyecto, se determinó que los elementos bióticos, abióticos y socioeconómicos que serán impactados por el proyecto son:

- El agua: debido a que el proyecto consiste en tomar un caudal de agua de una fuente subterránea, una vez iniciados los trabajos de construcción, puede existir un impacto negativo en la calidad y en la sanidad del agua. Esto debido a movimientos de suelo y materiales que se emplearán para la construcción de la captación; además, el movimiento de suelo para el zanjeo puede llegar a impactar pequeñas quebradas de agua que se formen en el trayecto.
- El suelo: será impactado en forma negativa si no se verifica la etapa de zanjeo, pues éste provocará movimientos de tierra que producirán a su vez polvaredas. Este problema solamente se dará en la etapa de construcción y sus efectos son fácilmente prevenibles.
- Salud: hay un impacto relativamente pequeño en la salud, durante la etapa de construcción, ya que debido al movimiento de tierras se producirá polvo en las sucesivas etapas del proyecto que puede afectar principalmente a los trabajadores que participan en su ejecución.

2.17.2. Impactos negativos

Los impactos negativos analizados para este proyecto se presentan principalmente en la etapa de construcción. En la etapa de operación podrá haber impactos negativos sobre el ambiente si existen daños a la tubería que transporte el agua, debido a que el líquido podría entrar en contacto con los elementos y contaminarse, provocando en los habitantes enfermedades severas o gastrointestinales si se llegaran a consumir. En conclusión, los elementos con mayor impacto negativo son:

- El agua
- El suelo
- La salud

2.17.3. Medidas de mitigación

Para evitar las polvaderas y voladuras de partículas de suelo será necesario programar y ejecutar adecuadamente el horario de las labores de zanjeo, las que deberán llenarse en el tiempo más corto posible, compactándolas adecuadamente, para evitar el arrastre de partículas por el viento. Es recomendable utilizar equipo de protección personal; las gafas de seguridad protegen los ojos de partículas de polvo y voladuras de suelo; las mascarillas respiratorias evitan que el polvo ingrese al organismo de los trabajadores.

Deberá capacitarse al personal encargado del mantenimiento del sistema, referente al manejo del sistema de agua potable, revisión de válvulas y reparaciones menores.

También se deberá capacitar a la población acerca del adecuado uso del agua y el sistema, para evitar desperdicios, y uso innecesario o inadecuado de dicho recurso.

2.17.4. Plan de contingencia

En áreas planas, ríos y riachuelos cercanos, es común que en época de lluvia ocurran inundaciones con el consecuente arrastre de fango y otros materiales o cuerpos extraños, que en algunos casos pueden dañar las obras

hidráulicas del proyecto. Para prevenir estos problemas se recomienda lo siguiente:

- Integrar un comité permanente de emergencia contra inundaciones o derrumbes, que puedan afectar cualquier parte del sistema de agua potable de la comunidad; este comité también debe velar por que los lugares en donde se ubican las obras civiles se encuentren despejados de materiales o de vegetación.
- Elaborar un programa de capacitación para prevención de accidentes.
- Capacitar a los trabajadores que se encargarán de darle mantenimiento al sistema, especialmente sobre aspectos de limpieza de cajas rompepresión, válvulas de aire, válvulas de limpieza, tanques de almacenamiento y distribución.
- Capacitar al personal que laborara en el proyecto en el momento de entrar en operación para su mantenimiento y limpieza, y evitar así que el sistema colapse.

2.17.5. Programa de monitoreo ambiental

Este busca asesorar permanentemente a los contratistas adjudicatarios de la obra, sobre las cuestiones que afectan al entorno de la obra. Permitirá la evaluación periódica, integrada y permanente de las variables ambientales, tanto a nivel de medio ambiente natural como medio socioeconómico y cultural. Las recomendaciones para el plan serían:

- Supervisar periódicamente si están siendo ejecutadas las medidas de supervisión y mantenimiento del sistema.
- Monitorear si el personal utiliza el equipo necesario para la prevención de accidentes y de salud.
- Monitorear si está organizada la comunidad de acuerdo con lo propuesto en las medidas o plan de contingencia.

2.17.6. Plan de seguridad humana

Este trata aspectos básicos que se refieren a problemas crónicos como el hambre, enfermedad, además de perturbaciones abruptas de la vida diaria como catástrofes naturales o graves crisis que pueden conducir a tragedias humanas. El plan contemplará las siguientes recomendaciones:

- El personal que trabajará en la ejecución del proyecto debe contar con el equipo adecuado, tal como mascarillas, guantes, overoles, botas, casco y gafas de seguridad, que minimicen los riesgos de accidentes en perjuicio de su salud.
- Se ejecutará un plan de capacitación al personal que labora en la ejecución del proyecto, sobre aspectos de salud y manejo del sistema y del equipo adecuado a utilizar.
- Se mantendrá, en un lugar de fácil acceso, un botiquín con medicamentos de primeros auxilios.

2.17.7. Plan de seguridad ambiental

En el análisis de los impactos se observa que el proyecto tiene aspectos negativos al ambiente solamente en la etapa de construcción, pero estos son fácilmente manejables mediante la implementación de las medidas de mitigación que se explicaron en los apartados anteriores.

2.17.8. Impactos positivos

Cabe resaltar que uno de los impactos positivos que tendrá el proyecto en el ambiente es evitar la proliferación de enfermedades gastrointestinales, pues el objetivo del proyecto consiste en mejorar la calidad de vida de los miembros de la comunidad; además, al implementarlo, el ambiente socio-económico de la comunidad mejorará debido al desarrollo sustentable de los mismos.

3. DISEÑO DEL EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

3.1. Descripción del proyecto a desarrollar, dos niveles, 4 aulas por nivel, baños, dirección y bodega

El proyecto consiste en la construcción de un edificio de 2 niveles, se empleó el sistema de marcos dúctiles y losa tradicional en ambos niveles, contara con piso de concreto fundido, acabados de repello y cernido en muros, ventanas con balcones de metal, servicios sanitarios, servicio eléctrico, cenefa e instalación de bajada de agua pluvial. Los muros de división serán de mampostería de block pómez de un espesor de 0,15 metros. El diseño se basó en el código ACI 318-05 y normas del UBC 97.

El edificio cuenta con 4 aulas en el nivel superior, en el nivel inferior cuenta con 2 aulas, bodega, dirección y servicios sanitarios para damas y para caballeros. En ambos niveles tendrá un corredor en la parte frontal para un mejor acceso a los salones de clases.

3.2. Topografía del terreno

La Municipalidad de Agua Blanca posee un terreno ubicado en la aldea Las Cañas, el terreno tiene un área de 1 123,61 metros cuadrados con topografía plana en su mayoría, libre de rellenos, poca vegetación y ningún árbol de gran altura. El terreno se encuentra localizado frente a una calle principal de la aldea, lo cual hace más fácil el acceso al proyecto.

3.3. Determinación del valor soporte del suelo

Para determinar este valor se realizó un ensayo de compresión triaxial no consolidado en el Centro de Investigaciones (CII) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a una muestra de suelo obtenida del lugar donde se ubicará el edificio.

Los resultados son los siguientes:

Descripción del suelo = limo arcilloso color café

Ángulo de fricción interna $\phi = 27,25^\circ$

Cohesión = $7,20 \text{ ton/m}^2$

Peso específico del suelo = $1,71 \text{ ton/m}^3$

Desplante = 2,00 m

A los resultados obtenidos del ensayo de compresión triaxial, se les debe aplicar un factor de reducción de 1,50 debido al mal proceso de recolección de la muestra, mal manejo y falta de calibración en la máquina de compresión triaxial.

Dando como resultado los siguientes valores:

Descripción del suelo = limo arcilloso color café

Ángulo de fricción interna $\phi = 18,17^\circ$

Cohesión = $4,80 \text{ ton/m}^2$

Peso específico del suelo = $1,14 \text{ ton/m}^3$

Desplante = 2,00 m

Esfuerzo límite

El valor del esfuerzo límite, se determinó por medio de la fórmula del Dr. Karl Terzaghi, siendo esta:

$$q_d = 1,3 * C * N_c + \gamma_s * D_f * N_q + 0,4 * \gamma_s * B * N_\gamma$$

Donde:

q_d = esfuerzo límite del suelo [ton/m²]

C = coeficiente de cohesión del suelo

N_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ_s = peso específico del suelo

D_f = desplante de cimentación

N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

B = base de zapata [m]

N_γ = factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

$$N_q = \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)^2 * e^{\pi * \tan\phi} = \tan\left(45 + \frac{18,17}{2}\right)^2 * e^{\pi * \tan 18,17} = 5,34$$

$$N_c = \cot\phi * (N_q - 1) = \frac{\cos 18,17}{\sin 18,17} * (5,34 - 1) = 13,22$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan\phi = 2 * (5,34 + 1) * \tan 18,17 = 4,16$$

Determinando el esfuerzo límite

$$q_d = 1,3 * C * N_c + \gamma_s * D_f * N_q + 0,4 * \gamma_s * B * N_\gamma$$

$$q_d = 1,3 * 4,80 * 13,22 + 1,14 * 2 * 5,34 + 0,4 * 1,14 * 1,5 * 4,16$$

$$q_d = 97,51 \text{ ton/m}^2$$

Valor soporte neto último

$$q_u = q_d - \gamma * D_f = 97,51 - 1,14 * 2 = 95,23 \text{ ton/m}^2$$

Valor soporte de diseño

$$V_s = \frac{q_d}{FS}$$

Según el Dr. Karl Terzaghi, el valor mínimo para el FS en caso de edificios debe ser de 3.

$$V_s = \frac{q_d}{FS} = \frac{95,23}{3} = 31,74 \text{ ton/m}^2$$

Por facilidad de trabajo, se aproximó a un valor más conservador, tomando en cuenta los cálculos realizados y basados en las características del suelo, se utilizara un $V_s = 32 \text{ ton/m}^2$. Según la descripción de la muestra, se califica como un suelo limo arcilloso denso color café y comparado con la tabla VIII, se ve que el resultado se encuentra dentro de los rangos especificados para el suelo con las características antes mencionadas.

Tabla VIII. **Valor soporte permisible, según el tipo de suelo**

VALOR SOPORTE SUGERIDO PARA DIFERENTES TIPOS DE SUELOS		
Material del suelo	ton/m²	Observaciones
Roca sana no intemperizada	645	No hay estructura de grietas
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22 - 86	
Suelos gravillosos	107	Compactados, buena granulometría
Suelos gravillosos	64	Flojos, mala granulometría
Suelos gravillosos	43	Flojos, con mucha arena
Suelos arenosos	32 - 64	Densos
Arena fina	22 -43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: JADENÓN CABRERA, Guía teórica para el curso de cimentaciones 1. p. 44.

3.4. Normas para el diseño de edificaciones educativas

Las normas que se presentan a continuación son requisitos mínimos que se han de satisfacer y variar de acuerdo a la actividad y edad de los alumnos, que se establece por la relación de los niveles educativos que existan:

- Preprimaria
- Primario
- Medio
- Superior

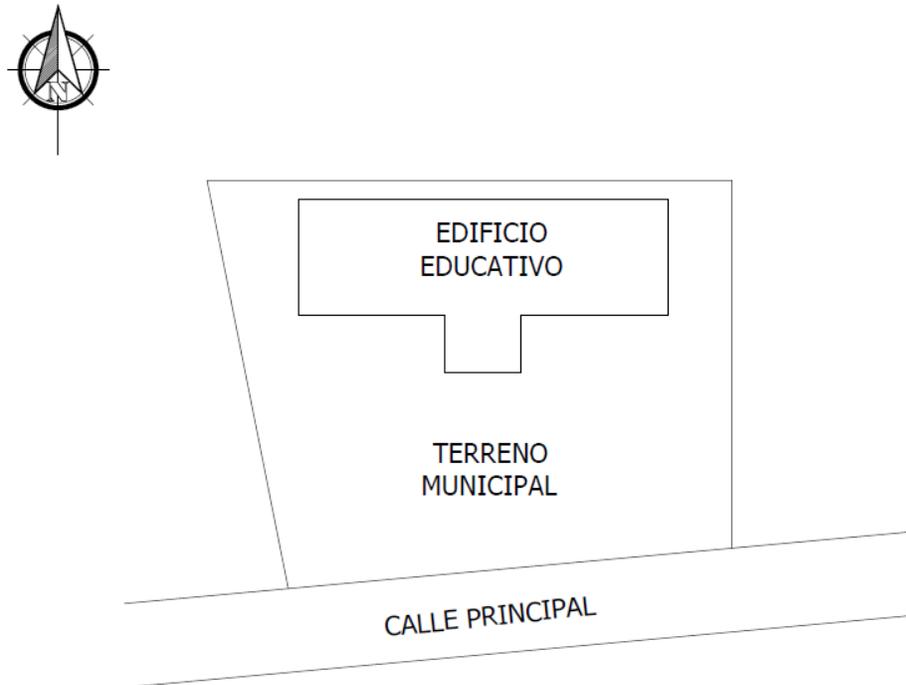
3.4.1. Criterios de conjunto

Los criterios de conjunto, son todos esos criterios que, como su nombre lo indica, en conjunto tienen incidencia en la estructura, tomando en cuenta la ubicación en la que se construirá el edificio, la orientación, localización y clima de la región. Todos estos criterios se describen a continuación.

3.4.1.1. Emplazamiento

El emplazamiento es el lugar en el que se ubicará la construcción dentro del terreno. Por conveniencia, estética y aprovechamiento del espacio el edificio educativo, se ubicará al fondo del terreno, dejando un amplio espacio al frente del terreno para futuras construcciones como por ejemplo; un parqueo de vehículos y/o motos, área verde o área de recreación para los alumnos, sobre los costados se dispondrá un espacio de 5 metros entre el límite colindante y el borde del edificio, esto para crear un ambiente amplio e iluminado. El emplazamiento final quedaría así:

Figura 9. **Emplazamiento edificio educativo**

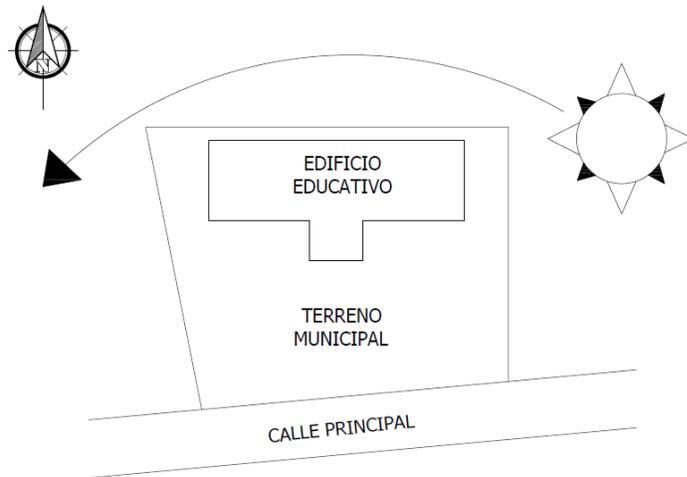


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.4.1.2. **Orientación del edificio**

La orientación del edificio juega un papel muy importante en el diseño de una estructura, debido a que esto puede brindarle iluminación y ventilación natural, reduciendo así gastos. Debido a que el clima en el municipio de Agua Blanca es cálido se decidió orientar el edificio en su sentido largo de este a oeste, esto dará como resultado que el sol nunca se posicione frente al edificio si no sobre los costados, evitando así molestias de reflejos sobre las ventanas laterales. Orientando de esta manera el edificio, también se asegura la ventilación a través de las ventanas del edificio, dando como resultado un ambiente más fresco durante las horas de mayor temperatura.

Figura 10. **Orientación del edificio educativo**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.4.1.3. **Superficie y altura del edificio**

El establecimiento escolar, además de cubrir las proporciones establecidas en cuanto a la relación del área construida y la superficie total del terreno, debe tomarse en cuenta también que el tamaño del edificio escolar en cuanto a capacidad, varía de acuerdo a las características de cada nivel educativo, a fin de mantener la convivencia disciplinaria de los educandos y los niveles de operación de la escuela.

Cuando se habla de superficie, se refiere al área teórica que cada alumno debe tener asignado para que su entorno educativo sea agradable y confortable, logrando así desarrollar sus capacidades al máximo. Al no tener el espacio adecuado un alumno podría sentirse incomodo, ocasionando deficiencia en su rendimiento académico. La superficie por alumno en aulas teóricas dependerá del nivel educativo, así se tiene que:

Tabla IX. **Superficie por alumno**

Nivel	Óptimo (m²)	Mínimo (m²)
Pre-primario	2,4	2,00
Primario	1,5	1,25
Básico	1,5	1,30
Diversificado	1,5	1,35

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a la altura del edificio este debe diseñarse de tal manera que satisfaga las necesidades educativas, cumpliendo con las especificaciones o recomendaciones técnicas, buscando siempre obtener un ambiente agradable. Se debe considerar que el clima de la región es cálido, por lo tanto se debe diseñar de una altura que logre proporcionar una temperatura interior agradable durante las épocas de mayor calor.

3.4.2. Criterios de iluminación

La iluminación natural o artificial, debe ser abundante y uniformemente distribuida, debiendo evitarse la proyección de sombras y contrastes muy marcados, estudiando la relación entre las fuentes de iluminación y las posiciones de los alumnos, sobre todo en razón de que éstas pueden variar por el carácter flexible de las actividades.

La iluminación que penetra a un local no solo depende de la cantidad de luz exterior, sino del número, tamaño y altura de las ventanas, así por ejemplo, para una misma área de ventanas, el promedio de iluminación será mayor y la

distribución de la luz será mejor, cuanto más altas se encuentren localizadas las mismas.

Existen varios tipos de iluminación, los cuales son:

- Iluminación natural: se divide en iluminación unilateral, bilateral, y cenital
 - Unilateral: el área de ventanas debe ser del 25 al 30 por ciento del área del piso. El techo y el muro del fondo, opuesto a la ventana deben ser de color muy claro.
 - Bilateral: las ventanas en el muro del fondo ayudan a mejorar las condiciones de iluminación, siempre y cuando den al exterior. También en este caso el área total de ventanas debe ser del 25 al 30 por ciento del área del piso.
 - Cenital: requiere de un 15 a un 20 por ciento del área total del piso del local.
- Iluminación artificial: responderá al cálculo luminotécnico que permita alcanzar índices lumínicos adecuados al tipo de tareas a desarrollar, deberá en todo caso limitar los contrastes y valores absolutos de iluminación, sobre los diferentes puntos del campo visual, proveer una iluminación correcta sobre el plano de trabajo y crear un ambiente de confort.

3.4.3. Ventilación

La ventilación debe ser constante, alta, cruzada y con corrientes de aires. El volumen del aire dentro del aula debe ser de 4,00 a 6,00 metros cuadrados por alumno, teniendo presente que para distintos niveles de escuelas y para distintas funciones de los locales hay una cantidad de metros cuadrados por alumno, al dividir el volumen de aire recomendado por dicha cantidad, se obtienen las alturas que deben tener los locales. Se recomienda aproximarse al coeficiente menor en las regiones de clima frío y el coeficiente mayor en las regiones de clima cálido.

3.4.4. Confort acústico

Se consideran a las aulas teóricas como locales de generación de ruidos, y su tolerancia se da por el aislamiento acústico recomendable, considerando un nivel de atención de ruido de 20 a 30 decibeles como mínimo para los elementos de cierre lateral.

3.4.5. Instalaciones

Cuando se habla de instalaciones se puede referir a las instalaciones de servicios básicos, necesarias para lograr un ambiente cómodo, higiénico y saludable, siendo estas instalaciones de agua potable, sanitarias e iluminación. De la misma manera se puede referir a instalaciones, como todo lo que ocupa un lugar dentro del edificio, como por ejemplo el mobiliario, equipo y decoración, todas estas para garantizar el confort y comodidad de los alumnos.

3.4.5.1. Instalación de agua potable

Para el diseño y desarrollo de las instalaciones hidráulicas, se tendrá en cuenta que la fuente de abastecimiento de agua potable, deberá proporcionar el total del consumo promedio diario del plantel, cumpliendo inicialmente los requisitos para abastecimientos establecidos por la municipalidad del lugar.

El abastecimiento puede ser directo proviniendo de la red municipal o independiente de la misma, por medio de tanques elevados o cisternas, según sea la capacidad y la ubicación del plantel dentro o fuera de las áreas urbanizadas.

En general la potabilidad del agua de consumo deberá ser verificada periódicamente mediante el análisis de muestras en los organismos oficiales competentes.

3.4.5.2. Instalación sanitaria

Se refiere a todas las líneas de tubería, que se encargan de recolectar toda el agua servida que sale de los artefactos sanitarios, ubicados dentro y fuera del edificio y estos a su vez las conducen hacia el colector domiciliar o algún tipo de sistema de tratamiento.

Las redes de drenaje tienen que cumplir con los siguientes requisitos:

- Si van enterradas, se colocarán en áreas no construidas y serán aceptables siempre que se dote de cajas de registro a distancias no mayores de 15 metros.

- Si van en entresijos, se colocarán dentro del relleno superior y no en la losa.
- Si van empotradas, se colocarán siempre que no afecten los elementos estructurales y estarán protegidas con mortero o concreto.

3.4.5.3. Drenaje pluvial

Se consideró un sistema independiente para las bajadas de aguas pluviales, el cual no podrá usarse como ventilación del sistema de drenaje sanitario, en su diseño deberá considerarse una pendiente mínima para techos y áreas impermeables del 1 por ciento.

3.4.5.4. Drenaje sanitario

Las redes de drenaje sanitario tendrán un desarrollo máximo, tratando de conectar las diversas conexiones de los artefactos sanitarios sobre la misma línea, considerando una pendiente del 2 al 4 por ciento para tuberías enterradas y una pendiente del 2 por ciento para las redes desarrolladas en entresijos.

3.4.5.5. Instalación eléctrica

La instalación eléctrica en los establecimientos escolares, cumple con 2 funciones principales; la iluminación y la dotación de energía para el funcionamiento de diversos aparatos y equipos empleados como ayudas didácticas.

En el caso de iluminación, esta puede programarse como apoyo a la iluminación natural y para uso nocturno del edificio. Está diseñada para

proporcionar en los diversos ambientes los niveles de iluminación que se señalan en el punto correspondiente a confort visual.

En el diseño de la distribución del sistema de iluminación artificial se identificarán las líneas tanto de alto como bajo voltaje; localizando en el terreno los puntos en donde se encuentran las acometidas, determinando si son aéreas o subterráneas, si las líneas de distribución son aéreas, las acometidas y los bancos de transformación se aceptaran a partir del poste más cercano hasta el acceso principal de la escuela, seguidamente se identificará un muro construido en el cual se localizaran los medidores y el tablero de baja tensión.

Se diseñará un sistema que provea a todos los ambientes la iluminación necesaria para el desarrollo normal de sus actividades, empleando lámparas y desarrollando además un sistema de tomacorrientes, suficientes para conectar cualquier carga monofásica de 120 voltios, los circuitos serán diseñados y dimensionados de tal forma que la caída de voltaje en las salidas de servicio no exceda de los porcentajes siguientes:

Iluminación	2% en alimentadores
	2% en circuitos

Fuerza motriz	4% en alimentadores
	1% en circuitos

Para iluminación directa con pantalla reflectora se usarán luminarias fluorescentes, solo en casos especiales se usarán difusores, las lámparas fluorescentes serán de 40 vatios y emplearán balastos de arranque rápido y alto factor de potencia.

3.4.5.6. Mobiliario y equipo

Por mobiliario y equipo se denomina al conjunto de elementos complementarios del edificio escolar, fijo y/o móvil, que permiten el seguimiento de las actividades educativas, proporcionando espacios, superficies y servicios óptimos para el desarrollo de hábitos y actitudes de los educandos; así como para el desarrollo de las tareas administrativas y de conservación de la escuela.

Para que un edificio escolar se considere completo, debe estar provisto del mobiliario y equipo necesario para que las actividades previstas en los planes y programas de estudio se puedan desarrollar eficientemente, en consecuencia, el mobiliario y equipo deberá participar de las características del edificio, especialmente en lo que concierne a funcionalidad, flexibilidad y economía.

Para la dotación de mobiliario y equipo de un edificio escolar se deberán atender todos los factores necesarios, se considera como usuarios a maestros, alumnos, personal administrativo y de servicio. En el diseño de mobiliario es de suma importancia establecer la relación usuario-mueble, en la que se deben de considerar tanto los aspectos físicos, como los aspectos psicológicos.

3.4.6. Espacios educativos

Son aquellos espacios establecidos específicamente para que los alumnos los ocupen dentro de cada aula. El espacio que se le asigne a cada aula debe ser suficiente para albergar a la cantidad de alumnos a los que se piensa atender.

El número de alumnos recomendables para desarrollar actividades en este tipo de locales educativos, teniendo los distintos niveles, se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla X. **Capacidad de alumnos por aula por nivel**

Nivel	Capacidad óptima	Capacidad máxima
Pre-primario	25	30
Primario	30	40
Básico	30	40
Diversificado	30	40

Fuente: elaboración propia.

3.4.7. Aula teórica

Según las normas de diseño, se sugiere 1,35 metros cuadrados por alumno, en el área rural y 1,50 metros cuadrados por alumno, en el área urbana. La zona de la escuela es área rural por lo que se tomara 1,35 metros cuadrados por alumno.

Se denomina espacio educativo, al conjunto de espacios destinados al ejercicio de la acción educativa, la cual se desarrolla en forma gradual e integral por medio de actividades tendientes al desarrollo psicomotor, socioemocional de la actividad creadora y de la sensibilidad estética, atendiendo a la naturaleza de las mencionadas actividades.

Lo anterior incide en la experiencia pedagógica que a demostrado que las aulas de dimensión cuadrada, son las que mejor se adaptan a la forma educativa

de los alumnos, tanto por la flexibilidad en su distribución como la colocación de muebles, por lo que presenta cualidades aceptables en cuanto a capacidad visual y auditiva.

Las dimensiones teóricas adecuadas, tomando siempre el criterio de 40 alumnos por aula, con 1,35 metros cuadrados por alumno son:

$$40 * 1,35 = 54 \text{ m}^2$$

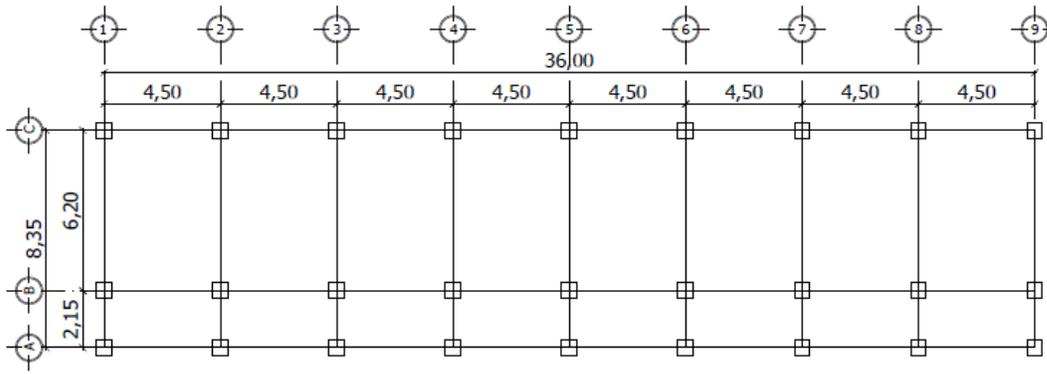
3.5. Diseño arquitectónico

El proyecto consiste en la construcción de un edificio educativo de 2 niveles, destinado a alumnos de nivel diversificado, se diseñaron ocho ambientes, seis serán utilizados para impartir clases, dos para sanitario de hombre y mujeres respectivamente, una bodega, dirección y una sala de reuniones. Contará con corredores en ambos niveles y un módulo de gradas.

3.5.1. Forma del edificio en planta

Esta fase consiste en proporcionarle al edificio una forma adecuada y distribuir, a conveniencia, los diferentes ambientes destinados a aulas, pasillos, oficinas, baños y espacios abiertos para público que formarán parte del sistema, todo orientado a las necesidades y requerimientos de cada uno de ellos.

Figura 11. **Planta del edificio escolar**

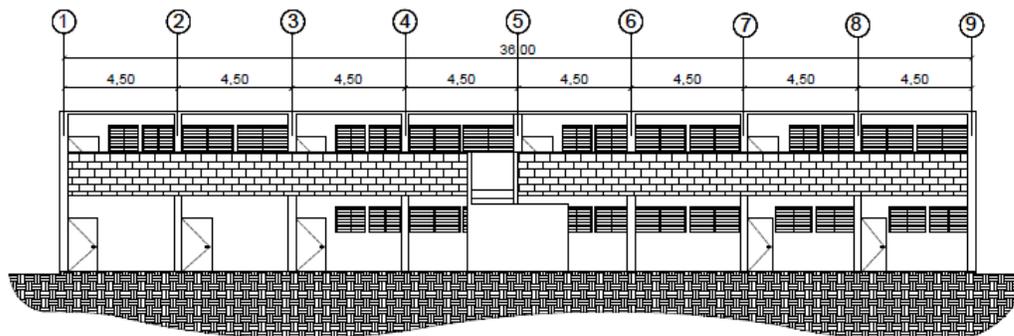


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.5.2. Forma del edificio en elevación

Esta fase le proporciona al diseñador, constructor o propietario, una idea de cuál será la apariencia del edificio en sus fachadas, que elementos se incluirán en el frente, laterales y parte posterior, como el tipo de ventanas, puertas, y las dimensiones de las mismas, entre otras cosas.

Figura 12. **Elevación del edificio escolar**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.6. Altura del edificio

Para determinar la altura del edificio se tomaron criterios de acuerdo a la zona en la que se construirá el edificio, como lo son el clima, la capacidad soporte del suelo, concentración de alumnos, confort y comodidad, siendo los de mayor peso el clima y la capacidad soporte del suelo, debido a que estos fueron los que determinaron la altura final del edificio.

Después de analizar lo mencionado en el párrafo anterior se llega a la conclusión, que el edificio tendrá una altura en ambos niveles igual a 3,50 metros entre ejes, con un desplante de 2,00 metros, esto nos da una altura total del edificio igual a 7,00 metros más un desplante de 2,00 metros.

3.7. Selección del sistema estructural

Teniendo en cuenta el área del terreno y las necesidades de espacios por aula, se hace necesaria la construcción de un edificio de dos niveles, y para el método constructivo se opta por un edificio de marcos rígidos.

3.8. Análisis estructural

El análisis completo de la estructura, suele requerir del conocimiento de las dimensiones de todos sus miembros, que están determinados por decisiones de diseño y deben basarse en el entendimiento de las fuerzas que actúan en la estructura.

3.8.1. Predimensionamiento estructural

Predimensionar la estructura, es dar medidas preliminares a los elementos que la componen, y que serán utilizados para soportar las cargas aplicadas. Para esto, se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos.

3.8.1.1. Predimensionamiento de vigas

El predimensionamiento de las vigas, se puede realizar con base al criterio de que por cada metro lineal de luz libre, se aumentan ocho centímetros de peralte y la base equivale a 0,5 del peralte. La relación entre la base y el peralte debe estar entre 0,25 y 0,60.

Longitud de la viga = 6,20 m

$h_v = 8\% \text{ de luz de viga mayor} = 0,08 * 6,20 = 0,496 \text{ m}$

$$b_v = \frac{h_v}{2} = \frac{0,496}{2} = 0,248 \text{ m}$$

Para efectos de diseño se consideró un peralte de 45 centímetros, con una base de 30 centímetros.

3.8.1.2. Predimensionamiento de columnas

Para predimensionar la columna, se determinó la sección, al basarse en la carga aplicada al área tributaria de la columna crítica (la que soporta mayor carga), como lo considera el ACI 318-05 en el capítulo 10. Por uniformidad, las dimensiones resultantes se aplicaron a todas las demás columnas.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{\text{conc}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$A_t = 18,79 \text{ m}^2$$

$$\text{FCU} = 1,51$$

El cálculo del FCU se describe en el inciso 3.9.3.1.

Para el cálculo de la carga puntual se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{CM} = \gamma_{\text{conc}} * (A_t + L_{\text{col}} * h_c * b_c + L_v * h_v * b_v)$$

$$\text{CV} = \text{CV}_{\text{pa}} * A_t$$

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

Donde:

P = carga puntual

γ_{conc} = peso específico del concreto

A_t = área tributaria soportada por la columna

L_{col} = longitud de columna

h_c = altura de la sección de columna (asumimos 30 cm para el cálculo)

b_c = ancho de la sección de columna (asumimos 30 cm para el cálculo)

L_v = longitud de vigas

h_v = altura de la sección de viga

b_v = ancho de la sección de viga

Se sustituyen los datos en la fórmula de carga puntual:

$$CM = 2\,400 * (18,79 + 5,50 * 0,35 * 0,35 + 8,675 * 0,45 * 0,30) = 49\,523,70 \text{ kg}$$

$$CV = 500 * 18,79 = 9\,395,00 \text{ kg}$$

$$P = 1,4 * 49\,523,70 + 1,7 * 9\,395,00 = 85\,304,68 \text{ kg}$$

El resultado se multiplica por los dos niveles que son:

$$P = 85\,304,68 * 2 = 170\,609,36 \text{ kg}$$

Se sustituyen los valores de la ecuación de la carga puntual y se obtiene el área gruesa:

$$P = 0,80 * [0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s]$$

$$A_g = \frac{P}{0,8 * [0,85 * f'_c * (1 - r) + f_y * r]}$$

$$A_s = r * A_g$$

Donde:

P = carga puntual en columnas [kg]

A_g = área gruesa [cm²]

A_s = área de acero [cm²]

r = cuantía de acero = 1,00%

f'_c = resistencia a la compresión del concreto [kg/cm²]

f_y = resistencia a la fluencia de acero de refuerzo [kg/cm²]

$$A_g = \frac{170\,609,36}{0,8 * [0,85 * 281 * (1 - 0,01) + 4\,200 * 0,01]} = 765,86 \text{ cm}^2$$

Inicialmente se propuso una sección de 0,35 metros * 0,35 metros, para ambos niveles, lo que resulta un área gruesa igual a 1 225 centímetros cuadrados, mayor a 765,86 centímetros.

3.8.1.3. Predimensionamiento de losas

Las losas son elementos estructurales que transmiten las cargas verticales y horizontales, al trabajar como diafragmas. También funcionan como cubiertas que protegen de la intemperie. Para losas en dos direcciones, el código ACI 318-05 recomienda:

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

Donde:

t = espesor de losa

p = perímetro

$$t = \frac{6,20 + 4,50 + 6,20 + 4,50}{180} = 0,1189 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$$

Se propone una losa tradicional de 0,12 metros de espesor.

3.8.1.4. Predimensionamiento de cimientos

Los cimientos son el conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados sobre él, al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

Para este proyecto se estima una cota de cimentación de 2,00 m y se utilizarán zapatas aisladas concéntricas.

Área de zapata

$$P_t = \frac{P}{FCU}$$

Donde:

P_t = carga de trabajo [kg]

P = carga puntual [kg]

FCU = factor de carga última

$$P_t = \frac{P}{FCU} = \frac{136\,189,92}{1,51} = 90\,192,00 \text{ kg} = 90,192 \text{ ton}$$

Encontrando el área de la zapata:

$$A_z = \frac{P_t}{V_s}$$

Donde:

A_z = área de zapata [m^2]

P_t = carga de trabajo [ton]

V_s = valor soporte del suelo [ton/m^2]

$$A_z = \frac{90,192}{32} = 2,8185 \text{ m}^2 \approx 2,82 \text{ m}^2$$

Se propone una zapata cuadrada de 1,70 metros de ancho y un espesor de $t = 0,45$ metros.

3.8.2. Determinación de cargas aplicadas a marcos dúctiles

Cuando se habla de marcos, se está refiriendo a las estructuras conformadas por 2 elementos verticales y un elemento horizontal que los une entre sí, los marcos pueden ser metálicos o de concreto estructural. Los marcos dúctiles son aquellos que al soportar las cargas aplicadas logran deformarse.

Existen varios tipos de cargas a las que son sometidas las estructuras, por lo cual se utilizan distintos métodos para su clasificación.

Las cargas que actúan sobre las estructuras, dependiendo de la dirección de aplicación, son las siguientes:

- Cargas verticales
- Cargas horizontales

3.8.2.1. Cargas verticales

Son las cargas que, como su nombre lo indica, actúan en dirección de la fuerza de gravedad, es decir, verticalmente o perpendicular al plano horizontal. Conocidas también como cargas por gravedad, analizadas como cargas distribuidas sobre elementos horizontales. Se pueden dividir en carga viva y carga muerta, según sea el caso de análisis.

3.8.2.1.1. Cargas vivas

Son aquellas cargas ocasionales, producidas por el uso y destino de la edificación u otra estructura, tales como el peso de las personas, muebles, equipo móvil. Pueden estar total o parcialmente en su sitio, o no estar presentes,

pueden también cambiar su ubicación. La magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

En este caso por la funcionalidad que el edificio tendrá, se considera que, en la mayor parte del año, presentara una gran afluencia de personas. En el primer nivel se asignó una carga viva para aulas con valor de 200 kilogramos por metro cuadrado, además se incluye la carga viva del área de pasillos con un valor de 500 kilogramos por metro cuadrado. Para el segundo nivel, se consideró la carga asignada para azoteas con acceso, la cual tiene un valor de 100 kilogramos por metro cuadrado.

3.8.2.1.2. Cargas muertas

Son aquellas cargas que permanecen constantes, inamovibles y permanentes dentro de una estructura, generalmente están constituidas por el peso propio de los elementos que integran la estructura, tales como losas, vigas, columnas, instalaciones, equipos fijos incorporados a la edificación.

A continuación se presentan las respectivas fórmulas y datos para el cálculo del peso total de cada uno de los elementos constructivos de dicho proyecto.

$$W_t = W_{n1} + W_{n2}$$

$$W_{n1} = W_l + W_v + W_{col} + W_{ac} + W_{sc} + W_{mu} + W_{it} + W_p$$

$$W_{n2} = W_l + W_v + W_{col} + W_{ac} + W_{sc} + W_{mu} + W_{it}$$

$$W_l = A_c * t * \gamma_{conc}$$

$$W_v = b_v * h_v * L_v * \gamma_{conc}$$

$$W_{col} = b_c * h_c * L_{col} * \gamma_{conc}$$

$$W_{ac} = A_c * \gamma_{ac}$$

$$W_{sc} = Ac * \gamma_{sc}$$

$$W_{mu} = Am * \gamma_{mu}$$

$$W_{it} = Ac * \gamma_{it}$$

$$W_p = Ac * \gamma_p$$

Donde:

W_t = carga total [kg]

W_{n1} = carga del primer nivel [kg]

W_{n2} = carga del segundo nivel [kg]

W_l = carga de la losa [kg]

W_v = carga de las vigas [kg]

W_{col} = carga de las columnas [kg]

W_{ac} = carga de los acabados [kg]

W_{sc} = carga de la sobre carga [kg]

W_{mu} = carga de los muros [kg]

W_{it} = carga de las instalaciones [kg]

W_p = carga del piso [kg]

W_{CM} = carga muerta total [kg]

W_{CV} = carga viva total [kg]

Ac = área de construcción [m²]

Am = área de muros [m²]

Ap = área de pasillos [m²]

Aa = área de aulas [m]

t = espesor de losa [m]

b_v = ancho de la sección de la viga [m]

h_v = altura de la sección de viga [m]

L_v = longitud de vigas [m]

b_c = ancho de la sección de columna [m]

h_c = altura de la sección de columna [m]

L_{col} = longitud de columna [m]

γ_{conc} = peso específico del concreto [kg/m^2]

γ_{ac} = peso específico de los acabados [kg/m^2]

γ_{sc} = peso específico de la sobre carga [kg/m^2]

γ_{mu} = peso específico de los muros [kg/m^2]

γ_{it} = peso específico de las instalaciones [kg/m^2]

γ_p = peso específico del piso [kg/m^2]

pc = perímetro de construcción [m]

Cálculo del peso de la estructura

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$\gamma_{ac} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{sc} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{mu} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{it} = 20 \text{ kg/m}^2$$

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

$$L_{col2} = 3,5 \text{ m}$$

$$L_{col1} = 5,5 \text{ m}$$

$$Ac = 8,35 * 36,00 = 300,6 \text{ m}^2$$

$$Ap = 2,15 * 36,00 = 77,40 \text{ m}^2$$

$$Aa = 6,20 * 36,00 = 223,20 \text{ m}^2$$

$$L_v = 3 * 36,00 + 9 * 8,35 = 183,15 \text{ m}$$

$$Am = pc * h_{ni}$$

Donde:

A_m = área de muros [m^2]

p_c = perímetro de construcción [m]

h_{ni} = altura del nivel [m]

$$A_{m_2} = (2 * 36,00 + 5 * 6,20) * (3,50 / 2) = 180,25 \text{ m}^2$$

$$A_{m_1} = 180,25 + (2 * 36,00 + 7 * 6,20) * (3,50 / 2) = 382,20 \text{ m}^2$$

Segundo nivel

$$W_l = 300,6 * 0,12 * 2\,400 = 86\,572,80 \text{ kg}$$

$$W_v = 0,45 * 0,30 * 183,15 * 2\,400 = 59\,340,60 \text{ kg}$$

$$W_{col} = 0,35 * 0,35 * (3,5/2) * 2\,400 * 27 = 10\,206,00 \text{ kg}$$

$$W_{ac} = 300,6 * 60 = 18\,036,00 \text{ kg}$$

$$W_{sc} = 300,6 * 20 = 6\,012,00 \text{ kg}$$

$$W_{mu} = 180,25 * 150 = 27\,037,50 \text{ kg}$$

$$W_{it} = 300,6 * 20 = 6\,012,00 \text{ kg}$$

$$W_{CM} = 213\,216,90 \text{ kg}$$

$$W_{CV} = CV * A_c = 100 * 300,6 = 30\,060,00 \text{ kg}$$

Donde:

W_{CV} = Carga Viva Total [kg]

CV = Carga Viva [kg]

A_c = área de construcción [m^2]

$$W_{CV} = 30\,060,00 \text{ kg}$$

$$W_{n2} = W_{CM} + 0,25 * W_{CV} = 213\,216,9 + 0,25 * 30\,060 = 220\,731,90 \text{ kg}$$

Primer nivel

$$W_l = 300,6 * 0,12 * 2\ 400 = 86\ 572,80 \text{ kg}$$

$$W_v = 0,45 * 0,30 * 183,15 * 2\ 400 = 59\ 340,60 \text{ kg}$$

$$W_{col} = 0,35 * 0,35 * (3,5/2 + 5,5 / 2) * 2\ 400 * 27 = 26\ 244,00 \text{ kg}$$

$$W_{ac} = 300,6 * 60 = 18\ 036,00 \text{ kg}$$

$$W_{sc} = 300,6 * 20 = 6\ 012,00 \text{ kg}$$

$$W_{mu} = 382,2 * 150 = 57\ 330,00 \text{ kg}$$

$$W_{it} = 300,6 * 20 = 6\ 012,00 \text{ kg}$$

$$W_p = 300,6 * 100 = 30\ 060,00 \text{ kg}$$

$$W_{CM} = 289\ 607,40 \text{ kg}$$

$$W_{CV} = CV_{al} * Aa + CV_{pa} * Ap$$

Donde:

$$W_{CV} = \text{Carga Viva Total [kg]}$$

$$CV_{al} = \text{Carga Viva Aulas [kg/m}^2\text{]}$$

$$CV_{pa} = \text{Carga Viva Pasillos [kg/m}^2\text{]}$$

$$Aa = \text{área de aulas [m}^2\text{]}$$

$$Ap = \text{área de pasillos [m}^2\text{]}$$

$$W_{CV} = 200 * 223,20 + 500 * 77,40 = 83\ 340,00 \text{ kg}$$

$$W_{n1} = W_{CM} + 0,25 * W_{CV} = 289\ 607,4 + 0,25 * 83\ 340 = 310\ 442,40 \text{ kg}$$

$$W_t = W_{n1} + W_{n2} = 310\ 442,40 + 220\ 731,90 = 531\ 174,30 \text{ kg}$$

3.8.2.2. Cargas horizontales

Como su nombre lo indica, son las fuerzas que actúan horizontalmente al edificio y no se ven afectadas directamente con la fuerza de la gravedad. Existen 2 fuerzas horizontales a las que está expuesto el edificio: viento y sismo. Generalmente, se considera en el análisis estructural únicamente una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón, para diseñar los edificios se toma en cuenta este fenómeno.

3.8.2.2.1. Corte basal

A la fuerza provocada por el sismo, estructuralmente se le denomina corte basal, para determinar esta fuerza se utiliza el método descrito en la sección 1630 del código UBC 1997.

Este método evalúa varios casos para el edificio:

Caso 1

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

Caso 2

$$V = \frac{2,5 * C_a * I * W}{R}$$

Caso 3

$$V = 0,11 * C_a * I * W$$

Caso 4

$$V = \frac{0,8 * Z * N_v * I * W}{R}$$

Donde:

R = coeficiente numérico representativo de la sobre resistencia inherente y capacidad de ductilidad global de los sistemas resistentes a fuerzas laterales = 8,50

C_a = coeficiente sísmico con tipo de perfil de suelo, S_D = 0,44 * N_a

C_v = coeficiente sísmico con tipo de perfil de suelo, S_D = 0,64 * N_v

N_a = factor de cercanía a la fuente de origen, ≥ 10 km = 1,00

N_v = factor de cercanía de la fuente, relativo a la proximidad de la edificación o estructura a fallas con magnitudes y tasas de deslizamiento, ≥ 15 km = 1,00

I = factor de importancia de estructuras para destinos estándares = 1,00

Z = factor de zona sísmica, Guatemala se considera en la zona 4 = 0,40

W = peso total de la estructura = 531 174,30 kg

El período de vibración de la estructura se determina con la siguiente fórmula:

$$T = C_t * h_n^{3/4}$$

Donde:

h_n = altura del edificio [m]

C_t = coeficiente numérico para el cálculo del período, en pórticos de concreto armado resistentes a momentos usar 0,0731

$$T = 0,0731 * 9,00^{3/4} = 0,38 \text{ s}$$

Cálculo de corte basal para todos los casos

$$V_1 = \frac{0,64 * 1,00 * 1,00 * 531\ 174,30}{8,50 * 0,38} = 105\ 248,16 \text{ kg}$$

$$V_2 = \frac{2,5 * 0,44 * 1,00 * 1,00 * 531\ 174,30}{8,50} = 68\ 740,20 \text{ kg}$$

$$V_3 = 0,11 * 0,44 * 1,00 * 1,00 * 531\ 174,30 = 25\ 708,84 \text{ kg}$$

$$V_4 = \frac{0,8 * 0,40 * 1,00 * 1,00 * 531\ 174,30}{8,50} = 19\ 997,15 \text{ kg}$$

Se debe recordar que el caso 1 no debe exceder el caso 2 y no debe ser menor que el caso 3, además, no debe ser menor que el caso 4. Finalmente el corte basal es 68 740,20 kilogramos.

3.8.2.2.2. Fuerzas por nivel

El corte basal más crítico se obtuvo del segundo método, este es el que se utilizó para encontrar las fuerzas por marco; se realizó la distribución uniformemente en cada piso y en ambos sentidos, con las siguientes fórmulas:

$$F_t = 0,07 * T * V$$

$$F_{n_i} = \frac{(V - F_t) * W_i * h_i}{\sum (W_i * h_i)}$$

Donde:

h_i = altura de cada nivel

V = corte basal

F_t = fuerza en la cúspide, si el período natural de vibración (T) es menor que 0,25 segundos, entonces, $F_t = 0$, de lo contrario se debe calcular

F_{ni} = fuerza por nivel

W_i = peso de cada nivel

Según lo que se calculó anteriormente con el período (T), se sabe que $F_t = 0$, ya que $T < 0,7$ por lo que se calcula solo la fuerza por nivel.

Fuerza por nivel

$$W_t = W_{n1} + W_{n2} = 310\,442,40 + 220\,731,90 = 531\,174,30 \text{ kg}$$

Segundo nivel

$$F_{n_{2x}} = F_{n_{2y}} = \frac{68\,740,2 * 220\,731,90 * 9,00}{220\,731,90 * 9,00 + 310\,442,40 * 5,5} = 36\,967,42 \text{ kg}$$

Primer nivel

$$F_{n_{1x}} = F_{n_{1y}} = \frac{68\,740,2 * 310\,442,40 * 5,5}{220\,731,90 * 9,00 + 310\,442,40 * 5,5} = 31\,772,78 \text{ kg}$$

Como comprobación:

$$V = F_t + F_2 + F_1 = 0 + 36\,967,42 + 31\,772,78 = 68\,740,20 \text{ kg}$$

Distribución de fuerzas por marco

Eje X

Debido a la simetría del edificio en el sentido X, se determinará la fuerza por marco, dividiendo la fuerza de piso entre el número de marcos en dicho sentido.

$$F_m = \frac{F_i + F_t}{nm}$$

Donde:

F_m = fuerza por marco

F_i = fuerza por nivel

F_t = fuerza de techo

nm = número de marcos

Determinación de la fuerza de marco para el segundo nivel:

$$F_m = \frac{36\,967,42 + 0}{9} = 4\,107,49 \text{ kg}$$

Determinación de la fuerza de marco para el primer nivel:

$$F_m = \frac{31\,772,78 + 0}{9} = 3\,530,31 \text{ kg}$$

Eje Y

Al analizar la estructura, se observa que el edificio no es simétrico en el sentido Y, porque el centro de masa tiene dos marcos en la parte inferior y uno en la parte superior.

Para analizar la torsión a la que estará sometida la estructura, se debe 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 determinan las fuerzas correspondientes a un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortes por torsión según su rigidez.

Determinación del centro de masa

$$C_m = \frac{b_{eje}}{2}$$

$$C_{m_x} = \frac{36,00}{2} = 18,00 \text{ m}$$

$$C_{m_y} = \frac{8,35}{2} = 4,175 \text{ m}$$

Determinación del centro de rigidez

Voladizo

Se refiere a edificios de un nivel o a los últimos niveles de edificios multiniveles. La rigidez se determina con la siguiente fórmula:

$$k = \frac{1}{\frac{F_n \cdot h^3}{3 \cdot E_c \cdot I} + \frac{1,2 \cdot F_n \cdot h}{A \cdot G}}$$

Doblemente empotrado

Se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de edificios multiniveles. La rigidez se calcula con la siguiente fórmula:

$$k = \frac{1}{\frac{F n_i * h^3}{12 * E_c * I} + \frac{1,2 * F n_i * h}{A * G}}$$

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'_c}$$

$$I = 1/12 * h_c^2$$

$$G = 0,40 * E_c$$

Donde:

k = rigidez

f'_c = resistencia a la compresión del concreto [kg/cm²]

$F n_i$ = fuerza de nivel [kg]

h = altura de columna analizada [cm]

h_c = altura de la sección de la columna [cm]

E_c = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia de la sección [cm²]

A = área de la sección [cm²]

G = módulo de cortante

Segundo nivel

$$K_c = \frac{1}{\frac{36\,967,42 * 350^3}{3 * 15\,100 * \sqrt{281} * \frac{35 * 35^3}{12}} + \frac{1,20 * 36\,967,42 * 350}{35 * 35 * 0,4 * 15\,100 * \sqrt{281}}} = 0,03216$$

Para determinar el centro de rigidez se empleó la siguiente fórmula:

$$C_r = \frac{\sum K_m * L}{\sum K_m}$$

$$K_m = n_c * K_c$$

Donde:

C_r = centro de rigidez [m]

L = distancia del origen hacia el eje del marco en cuestión [m]

K_m = rigidez del marco en cuestión

n_c = número de columnas

K_c = rigidez de columna

Tabla XI. **Centro de rigidez en el sentido Y, nivel 2**

Marco	No. Col.	K_c	K_m	L [m]	$K_m * L$
C	9	0,03216	0,28944	8,35	2,4168
B	9	0,03216	0,28944	2,15	0,6223
A	9	0,03216	0,28944	0,00	0,00
Σ			0,86832		3,0391

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \frac{3,0391}{0,86832} = 3,50 \text{ m}$$

Primer nivel

Este nivel se supondrá empotrado, por lo tanto, para determinar la rigidez de las columnas se utilizará la expresión para doblemente empotrado:

$$K_c = \frac{1}{\frac{31\,772,78 * 550^3}{12 * 15\,100 * \sqrt{281} * \frac{35 * 35^3}{12}} + \frac{1,20 * 31\,772,78 * 550}{35 * 35 * 0,4 * 15\,100 * \sqrt{281}}} = 0,03844$$

Tabla XII. Centro de rigidez en el sentido Y, nivel 1

Marco	No. Col.	K _c	K _m	L [m]	K _m * L
C	9	0,03844	0,346	8,35	2,8891
B	9	0,03844	0,346	2,15	0,7439
A	9	0,03844	0,346	0,00	0,00
Σ			1,038		3,633

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \frac{3,633}{1,038} = 3,50 \text{ m}$$

Torsión

Para el cálculo de la torsión, consideraremos excentricidades mínimas del 5 por ciento respecto del eje Y.

Excentricidad de diseño:

$$e_1 = |C_m - C_r| + 0,05 * b_{eje}$$

$$e_2 = |C_m - C_r| - 0,05 * b_{eje}$$

Donde:

e_1 = excentricidad en el nivel 1

e_2 = excentricidad en el nivel 2

C_m = centro de masa

C_r = centro de rigidez

$$e_{y1} = |4,175 - 3,50| + 0,05 * 8,35 = 1,0925$$

$$e_{y1} = |4,175 - 3,50| - 0,05 * 8,35 = 0,2575$$

Por consideraciones de diseño, se utilizó el mayor valor.

Fuerza por marco

En las siguientes tablas, se presentan los cálculos tabulados para determinar la fuerza horizontal, en kilogramos, para ambos niveles en el sentido Y.

Tabla XIII. **Fuerza de marcos en el sentido Y, nivel 2**

Marco	K_m	d_i	$K_m * d_i$	$(K_m * d_i)^2$	E_i	F'_i	F''_i	F_m
C	0,29	4,85	1,404	1,9706	2,24	12 322,33	18 000,47	30 322,80
B	0,29	-1,35	-0,391	0,1527	-8,06	12 322,33	-5 010,44	7 311,89
A	0,29	-3,50	-1,013	1,0263	-3,11	12 322,76	-12 990,48	-667,72
Σ	0,87			3,1496				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Fuerza de marcos en el sentido Y, nivel 1

Marco	K_m	d_i	$K_m * d_i$	$(K_m * d_i)^2$	E_i	F'_i	F''_i	F_m
C	0,35	4,85	1,678	2,8160	2,68	10 590,93	12 942,32	23 533,25
B	0,35	-1,35	-0,467	0,2182	-9,64	10 590,93	-3 602,50	6 988,42
A	0,35	-3,50	-1,211	1,4665	-3,72	10 590,93	-9 339,82	1 251,11
Σ	1,04			4,5007				

Fuente: elaboración propia.

Las ecuaciones utilizadas para calcular las fuerzas por marcos fueron:

$$E_i = \frac{\sum K_m * d_i^2}{K_m * d_i}$$

$$F'_i = \frac{K_m * F}{\sum K_m}$$

$$F''_i = \frac{e * F}{E_i}$$

$$F_m = F'_i \pm F''_i$$

Donde:

d_i = distancia del centro de rigidez al eje [m]

e = excentricidad [m]

F''_i = fuerza o corte inducido por sismo

F'_i = fuerza o corte traslacional

F_m = fuerza por marco

F = fuerza por nivel

K_m = rigidez del marco o nivel que se está analizando

E_i = relación entre rigideces y brazo de cada marco

Integración de cargas para vigas

Segundo nivel

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$\gamma_{ac} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{sc} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\gamma_{it} = 20 \text{ kg/m}^2$$

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

$$CM = W_l + W_v + W_{ac} + W_{sc} + W_{it}$$

$$CM = (A_t * t + b_v * h_v * L_v) * \gamma_{conc} + A_t * (\gamma_{ac} + \gamma_{sc} + \gamma_{it})$$

$$CV = A_t * CV$$

Donde:

W_l = carga de la losa [kg]

W_v = carga de las vigas [kg]

W_{ac} = carga de los acabados [kg]

W_{sc} = carga de la sobre carga [kg]

W_{it} = carga de las instalaciones [kg]

CM = carga muerta [kg]

CV = carga viva [kg]

CM_d = carga muerta distribuida [kg/m]

CV_d = carga viva distribuida [kg/m]

A_t = área tributaria [m²]

t = espesor de losa [m]

b_v = ancho de la sección de la viga [m]

h_v = altura de la sección de viga [m]

L_v = longitud de vigas [m]

γ_{conc} = peso específico del concreto [kg/m^2]

γ_{ac} = peso específico de los acabados [kg/m^2]

γ_{sc} = peso específico de la sobre carga [kg/m^2]

γ_{it} = peso específico de las instalaciones [kg/m^2]

Eje X

Para vigas de 6,20 m:

Perimetrales, $A_t = 8,89 \text{ m}^2$

$$CM = (8,89 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 6,20) * 2 400 + 8,89 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 5 458,12 \text{ kg}$$

$$CM_d = 5 458,12 / 6,20 = 880,34 \text{ kg/m}$$

$$CV = 8,89 * 100 = 889,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 889,00 / 6,20 = 143,39 \text{ kg/m}$$

Interiores, $A_t = 17,78 \text{ m}^2$

$$CM = (17,78 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 6,20) * 2 400 + 17,78 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 8 907,44 \text{ kg}$$

$$CM_d = 8 907,44 / 6,20 = 1 436,68 \text{ kg/m}$$

$$CV = 17,78 * 100 = 1 778,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 1 778,00 / 6,20 = 286,77 \text{ kg/m}$$

Para vigas de 2,15 m:

Perimetrales, $A_t = 1,16 \text{ m}^2$

$$CM = (1,16 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 2,15) * 2 400 + 1,16 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 1\,146,68 \text{ kg}$$

$$CM_d = 1\,146,68 / 2,15 = 533,34 \text{ kg/m}$$

$$CV = 1,16 * 100 = 116,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 116,00 / 2,15 = 53,95 \text{ kg/m}$$

$$\text{Interiores, } A_t = 2,31 \text{ m}^2$$

$$CM = (2,31 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 2,15) * 2\,400 + 2,31 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 1\,592,88 \text{ kg}$$

$$CM_d = 1\,592,88 / 2,15 = 740,87 \text{ kg/m}$$

$$CV = 2,31 * 100 = 231,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 231,00 / 2,15 = 107,44 \text{ kg/m}$$

Eje Y:

Para vigas de 4,50 m:

$$\text{Marco A, } A_t = 3,68 \text{ m}^2$$

$$CM = (3,68 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\,400 + 3,68 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 2\,885,84 \text{ kg}$$

$$CM_d = 2\,885,84 / 4,50 = 641,30 \text{ kg/m}$$

$$CV = 3,68 * 100 = 368,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 368,00 / 4,50 = 81,78 \text{ kg/m}$$

$$\text{Marco B, } A_t = 8,74 \text{ m}^2$$

$$CM = (8,74 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\,400 + 8,74 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 1\,077,58 \text{ kg}$$

$$CM_d = 1\,077,58 / 4,50 = 239,46 \text{ kg/m}$$

$$CV = 8,74 * 100 = 874,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 874,00 / 4,50 = 194,22 \text{ kg/m}$$

Marco C, $A_t = 5,06 \text{ m}^2$

$$CM = (5,06 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2 400 + 5,06 * (60 + 20 + 20)$$

$$CM = 3 421,28 \text{ kg}$$

$$CM_d = 3 421,28 / 4,50 = 760,28 \text{ kg/m}$$

$$CV = 5,06 * 100 = 506,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 506,00 / 4,50 = 112,44 \text{ kg/m}$$

Primer nivel

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$Y_{ac} = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{sc} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{it} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$Y_{mu} = 150 \text{ kg/m}^2$$

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

$$CV_{pa} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{al} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = W_l + W_v + W_{ac} + W_{sc} + W_{it} + W_{mu} + W_p$$

$$CM = (A_t * t + b_v * h_v * L_v) * Y_{conc} + A_t * (Y_{ac} + Y_{sc} + Y_{it} + Y_{mu} + Y_p)$$

$$CV = A_t * CV$$

Eje X:

Para vigas de 6,20 m:

Perimetrales, $A_t = 8,89 \text{ m}^2$

$$\text{CM} = (8,89 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 6,20) * 2\ 400 + 8,89 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 7\ 680,62 \text{ kg}$$

$$\text{CM}_d = 7\ 680,62 / 6,20 = 1\ 238,81 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV} = 8,89 * 200 = 1\ 778,00 \text{ kg}$$

$$\text{CV}_d = 1\ 778,00 / 6,20 = 286,77 \text{ kg/m}$$

Interiores, $A_t = 17,78 \text{ m}^2$

$$\text{CM} = (17,78 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 6,20) * 2\ 400 + 17,78 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 13\ 352,44 \text{ kg}$$

$$\text{CM}_d = 13\ 352,44 / 6,20 = 2\ 153,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV} = 17,78 * 200 = 3\ 556,00 \text{ kg}$$

$$\text{CV}_d = 3\ 556,00 / 6,20 = 573,55 \text{ kg/m}$$

Para vigas de 2,15 m:

Perimetrales, $A_t = 1,16 \text{ m}^2$

$$\text{CM} = (1,16 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 2,15) * 2\ 400 + 1,16 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 1\ 436,68 \text{ kg}$$

$$\text{CM}_d = 1\ 436,68 / 2,15 = 668,22 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV} = 1,16 * 500 = 580,00 \text{ kg}$$

$$\text{CV}_d = 580,00 / 2,15 = 269,77 \text{ kg/m}$$

Interiores, $A_t = 2,31 \text{ m}^2$

$$CM = (2,31 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 2,15) * 2\ 400 + 2,31 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 2\ 170,38\text{ kg}$$

$$CM_d = 2\ 170,38 / 2,15 = 1\ 009,48\text{ kg/m}$$

$$CV = 2,31 * 500 = 1\ 155,00\text{ kg}$$

$$CV_d = 1\ 155,00 / 2,15 = 537,21\text{ kg/m}$$

Eje Y:

Para vigas de 4,50 m:

$$\text{Marco A, } A_t = 3,68\text{ m}^2$$

$$CM = (3,68 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\ 400 + 3,68 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 3\ 805,84\text{ kg}$$

$$CM_d = 3\ 805,84 / 4,50 = 845,74\text{ kg/m}$$

$$CV = 3,68 * 500 = 1\ 840,00\text{ kg}$$

$$CV_d = 1\ 840,00 / 4,50 = 408,89\text{ kg/m}$$

$$\text{Marco B, } A_t = 8,74\text{ m}^2$$

$$CM = (8,74 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\ 400 + 8,74 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 7\ 034,12\text{ kg}$$

$$CM_d = 7\ 034,12 / 4,50 = 1\ 563,14\text{ kg/m}$$

$$CV_{pa} = 3,68 * 500 = 1\ 840\text{ kg}$$

$$CV_{al} = 5,06 * 200 = 1\ 012\text{ kg}$$

$$CV = 1\ 840 + 1\ 012 = 2\ 852\text{ kg}$$

$$CV_d = 2\ 852 / 4,50 = 633,78\text{ kg/m}$$

$$\text{Marco C, } A_t = 5,06\text{ m}^2$$

$$CM = (5,06 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\ 400 + 5,06 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 3\ 508,88$$

$$CM_d = 3\,508,88 / 4,50 = 779,75 \text{ kg/m}$$

$$CV = 5,06 * 200 = 1\,012 \text{ kg}$$

$$CV_d = 1\,012,00 / 4,50 = 224,89 \text{ kg/m}$$

Para vigas de 2,15 m:

$$\text{Perimetrales, } A_t = 1,16 \text{ m}^2$$

$$CM = (1,16 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 2,15) * 2\,400 + 1,16 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 1\,436,68 \text{ kg}$$

$$CM_d = 1\,436,68 / 2,15 = 668,22 \text{ kg/m}$$

$$CV = 1,16 * 500 = 580 \text{ kg}$$

$$CV_d = 580,00 / 2,15 = 269,77 \text{ kg/m}$$

$$\text{Interiores, } A_t = 2,31 \text{ m}^2$$

$$CM = (2,31 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 2,15) * 2\,400 + 2,31 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 2\,170,38 \text{ kg}$$

$$CM_d = 2\,170,38 / 2,15 = 1\,009,48 \text{ kg/m}$$

$$CV = 2,31 * 500 = 1\,155 \text{ kg}$$

$$CV_d = 1\,155 / 2,15 = 537,21 \text{ kg/m}$$

Eje Y:

Para vigas de 4,50 m:

$$\text{Marco A, } A_t = 3,68 \text{ m}^2$$

$$CM = (3,68 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\,400 + 3,68 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 3\,805,84 \text{ kg}$$

$$CM_d = 3\,805,84 / 4,50 = 845,74 \text{ kg/m}$$

$$CV = 3,68 * 500 = 1\,840,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 1\,840,00 / 4,50 = 408,89 \text{ kg/m}$$

$$\text{Marco B, } A_t = 8,74 \text{ m}^2$$

$$CM = (8,74 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\,400 + 8,74 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 7\,034,12 \text{ kg}$$

$$CM_d = 7\,034,12 / 4,50 = 1\,563,14 \text{ kg/m}$$

$$CV_{pa} = 3,68 * 500 = 1\,840,00 \text{ kg}$$

$$CV_{al} = 5,06 * 200 = 1\,012,00 \text{ kg}$$

$$CV = 1\,840,00 + 1\,012,00 = 2\,852,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 2\,852,00 / 4,50 = 633,78 \text{ kg/m}$$

$$\text{Marco C, } A_t = 5,06 \text{ m}^2$$

$$CM = (5,06 * 0,12 + 0,30 * 0,45 * 4,50) * 2\,400 + 5,06 * (60 + 20 + 20 + 150 + 100) = 3\,508,88$$

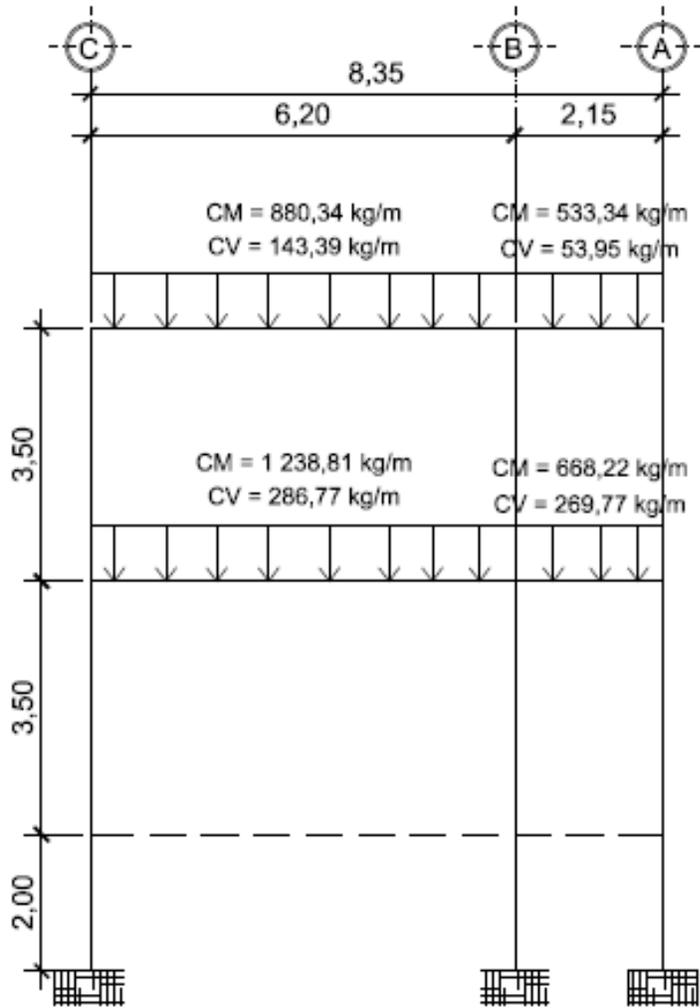
$$CM_d = 3\,508,88 / 4,50 = 779,75 \text{ kg/m}$$

$$CV = 5,06 * 200 = 1\,012,00 \text{ kg}$$

$$CV_d = 1\,012,00 / 4,50 = 224,89 \text{ kg/m}$$

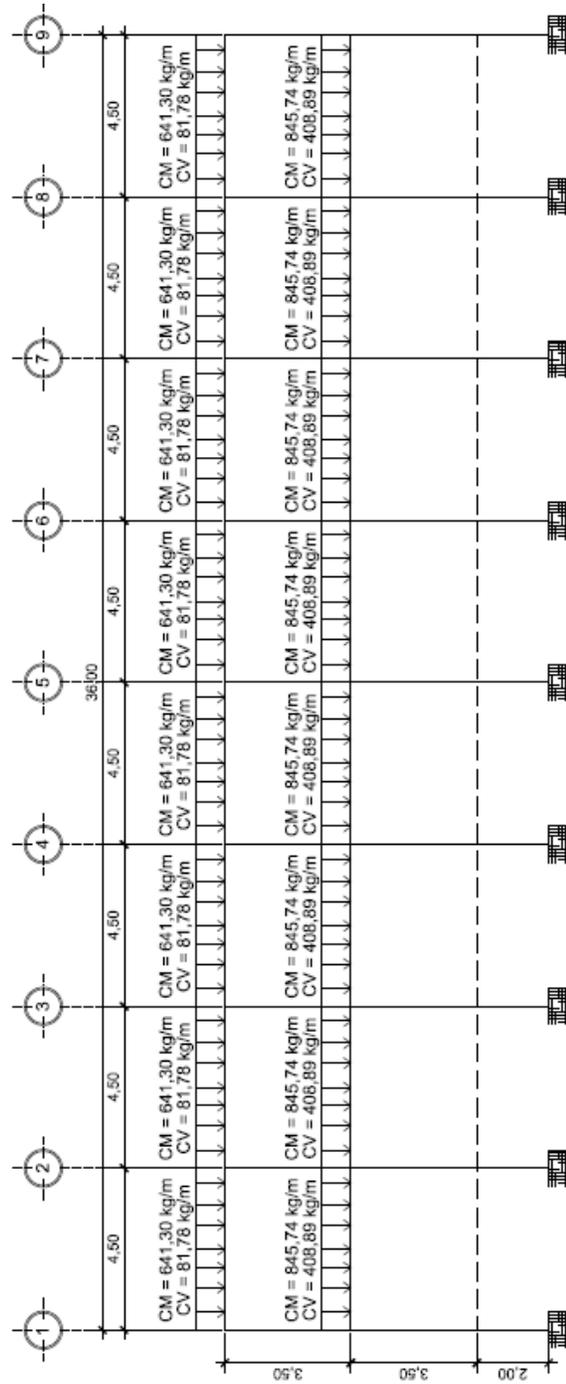
En las siguientes figuras se muestra el resumen de las cargas distribuidas (carga muerta y carga viva), en kilogramos por metro, para ambos niveles y todos los marcos.

Figura 13. Cargas distribuidas para marcos 1 y 9



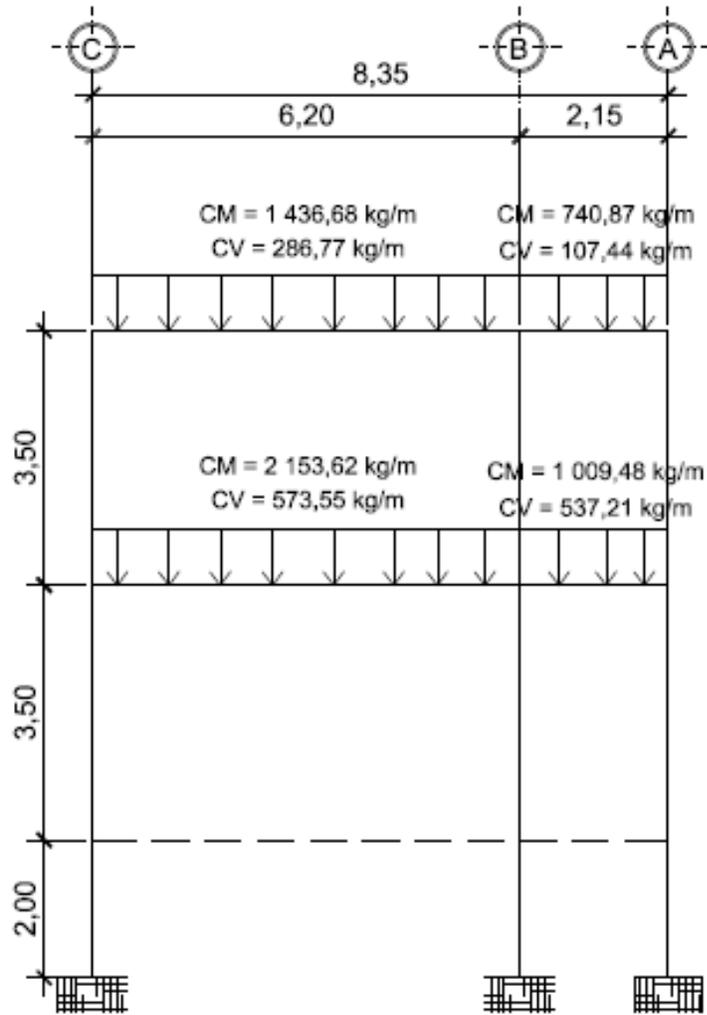
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 14. Cargas distribuidas para marco A



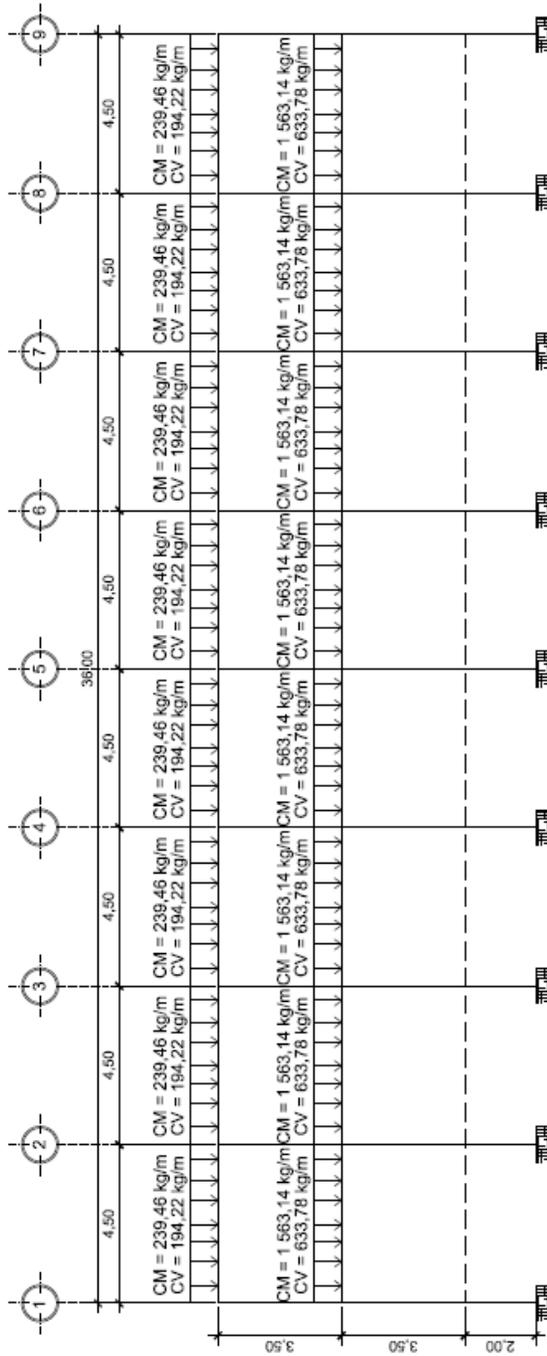
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 15. **Cargas distribuidas para marcos 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8**



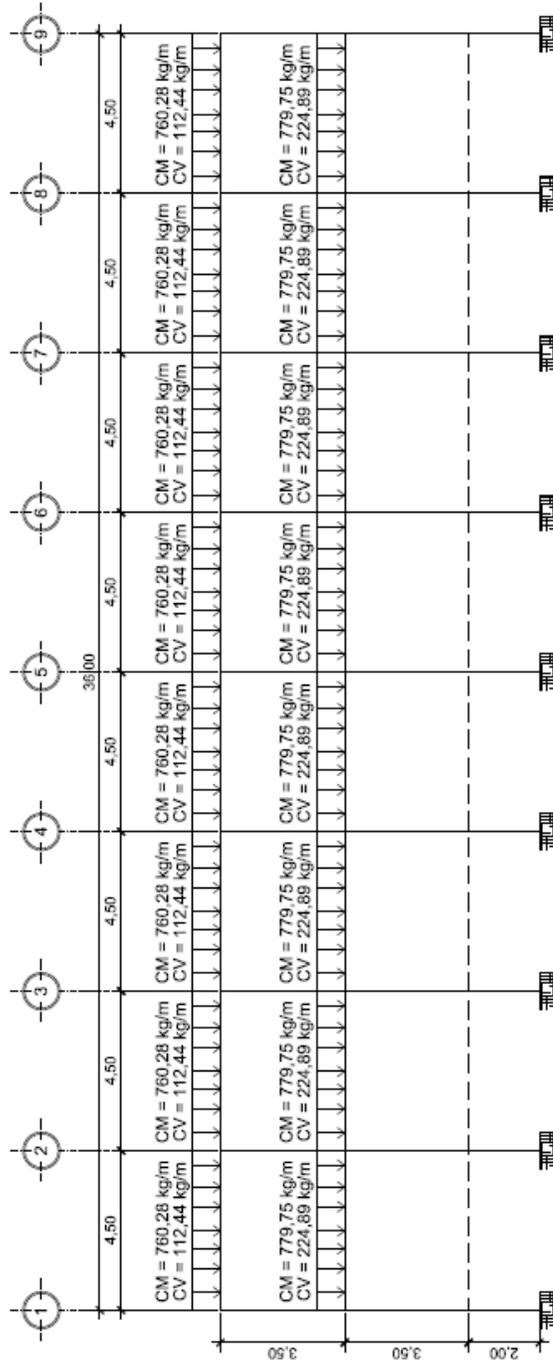
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 16. Cargas distribuidas para marco B



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 17. Cargas distribuidas para marco C



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.8.3. Desarrollo del análisis estructural por Etabs V9,5

Después de predimensionar las secciones de todos los elementos de la estructura (vigas y columnas), se determinan los momentos que actuarán en los extremos de los mismos, pues estos producen esfuerzos de corte, flexión y torsión. El software que se escogió como método de análisis, fue ETABS V9; este programa crea un modelo de la edificación, donde muestra las cargas, momentos y reacciones para elaborar el análisis y diseño de toda la edificación.

3.8.3.1. Datos de entrada

Los datos de entrada son todos los datos que el usuario le proporciona al programa, para que este pueda realizar los cálculos matemáticos correspondientes. Son datos que solo el usuario o diseñador conocen y pueden proveer al programa, estos deben ser ingresados manualmente tomando la precaución de las dimensionales sobre las cuales se desea realizar el diseño.

3.8.3.1.1. Especificaciones generales

Lo más relevante que se debe tomar en cuenta de las especificaciones del software, son las dimensiones con las que se trabaja el modelo, debido a que el software es muy completo y cuenta con una gran cantidad de dimensionales con las cuales se puede trabajar. Para nuestro modelo utilizamos las dimensiones de kilogramos por metro, debido a que son las más utilizadas en nuestro país.

3.8.3.1.2. Geometría estructural

El edificio está conformado por 8 marcos en el sentido X, y 2 marcos en el sentido Y. Para este análisis se utilizaron únicamente los marcos críticos para mayor seguridad, siendo estos el marco B y el marco 3.

3.8.3.1.3. Cargas

Se realizó el análisis para las cargas horizontales y verticales a las que estará sometido el edificio, entendiéndose cargas de sismo en el sentido X y sentido Y, cargas muertas y cargas vivas.

3.8.3.1.4. Combinaciones de mayoración

Para realizar el diseño de estructuras, se permite usar las combinaciones de mayoración de carga. Las combinaciones que se utilizaron, son las que se establecen en el ACI 318-05 en el apéndice C, las cuales son:

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

$$CU = 0,75 (1,4CM + 1,7CV) + 1,0S$$

$$CU = 0,75 (1,4CM + 1,7CV) - 1,0S$$

$$CU = 0,9CM + 1,0S$$

$$CU = 0,9CM - 1,0S$$

Donde:

CU = carga última mayorada

CM = carga muerta no mayorada

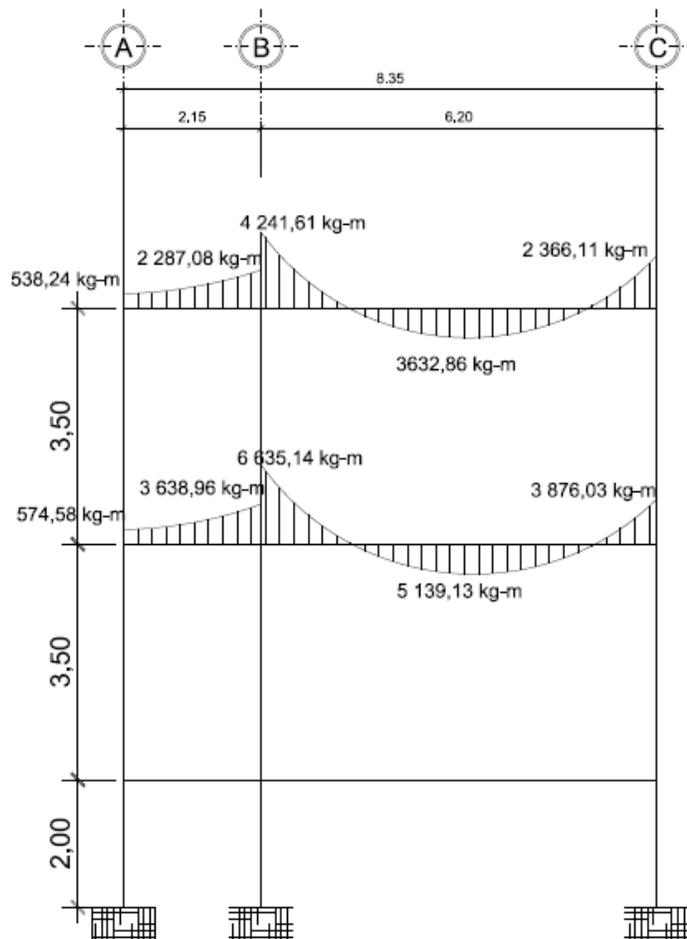
CV = carga viva no mayorada

S = carga provocada por el sismo

3.8.3.2. Resultados del análisis estructural

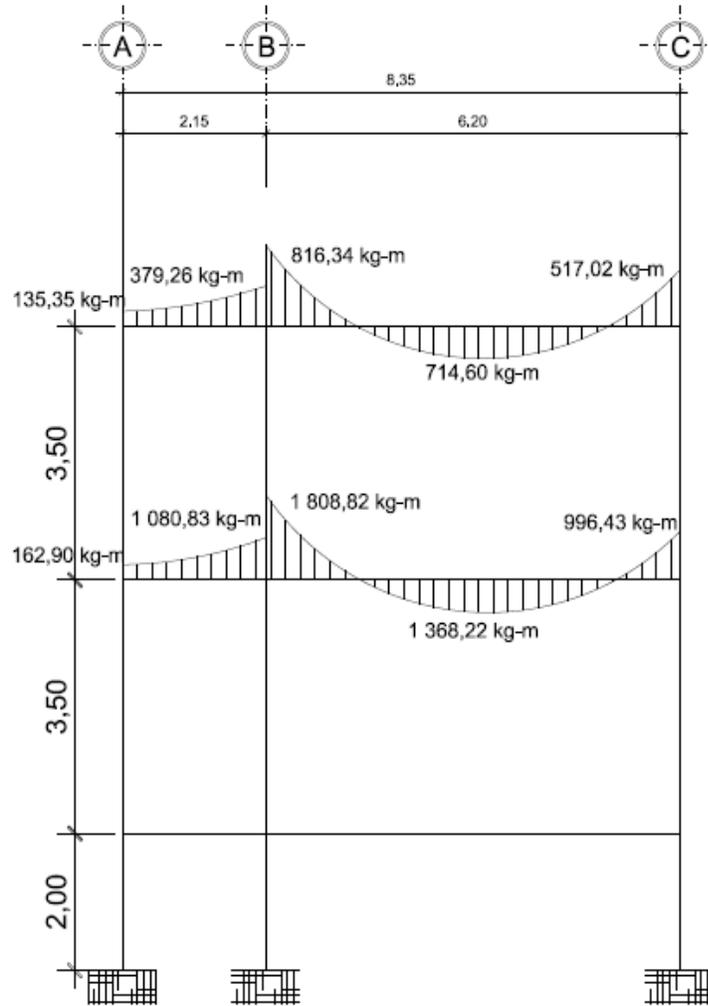
Luego de realizar el análisis con los valores y dirección de las cargas, especificaciones de los materiales y las dimensiones de los elementos estructurales, el programa muestra los valores resultantes. El resumen de los resultados se presenta en las siguientes figuras, los momentos están en kilogramo-metro.

Figura 18. Diagrama de momentos por CM - vigas, marco 3



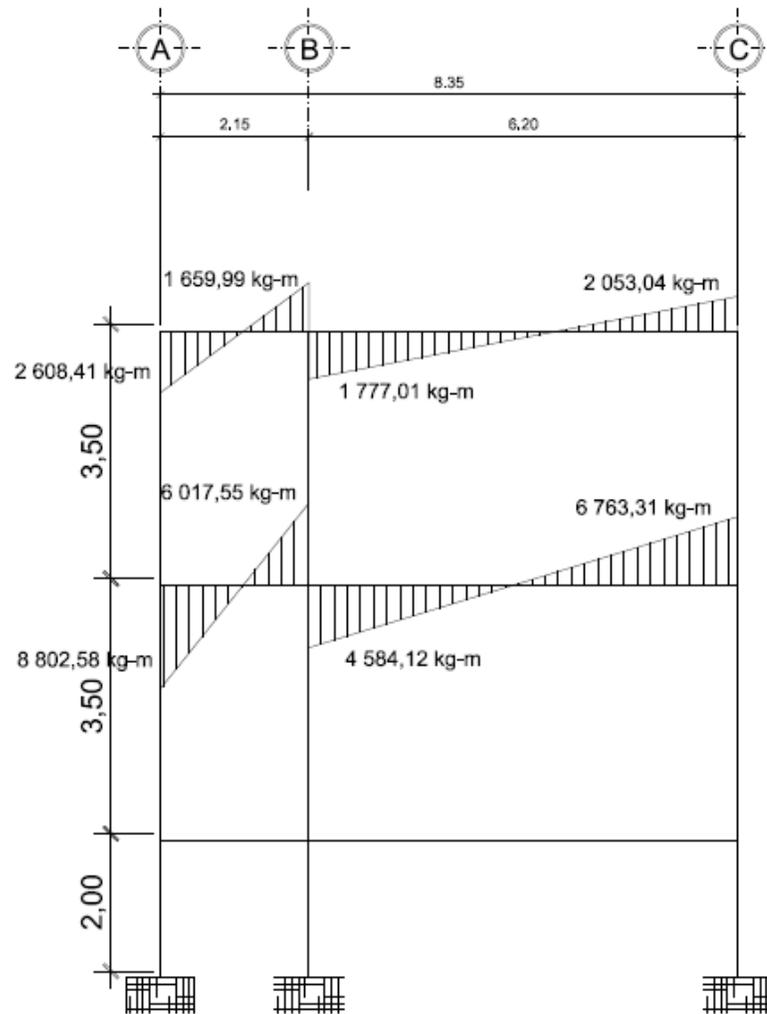
Fuente: elaboración propia, con programa ETABS V9.

Figura 19. Diagrama de momentos por CV - vigas, marco 3



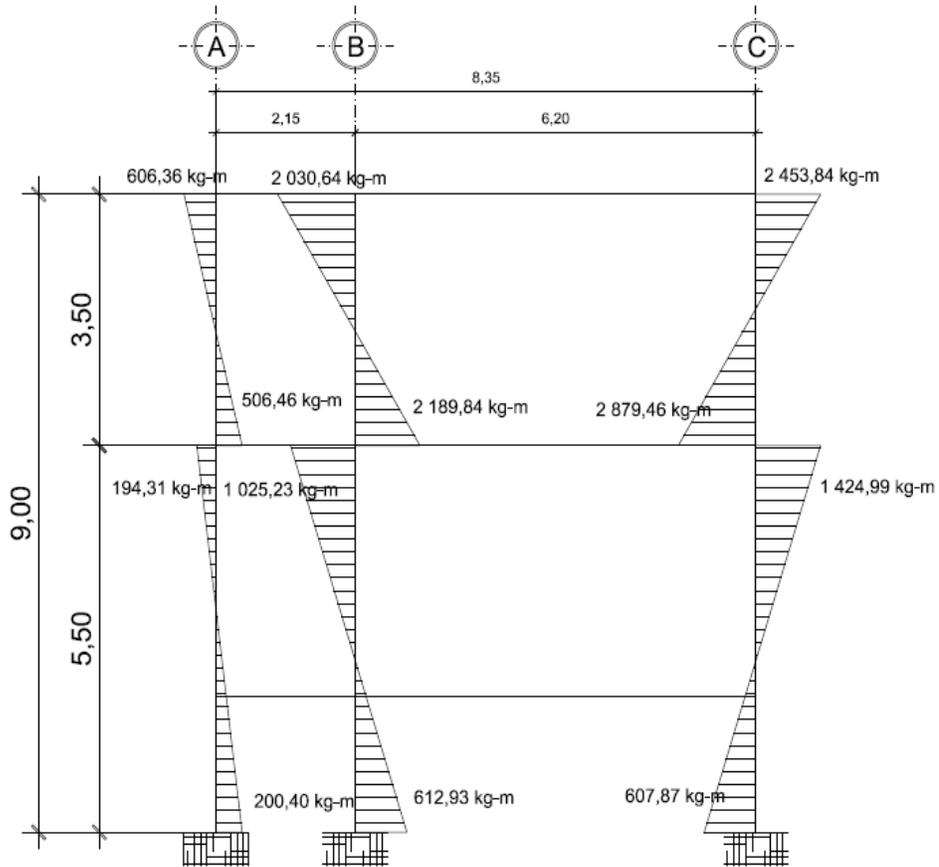
Fuente: elaboración propia, con programa ETABS V9.

Figura 20. Diagrama de momentos por sismo - vigas, marco 3



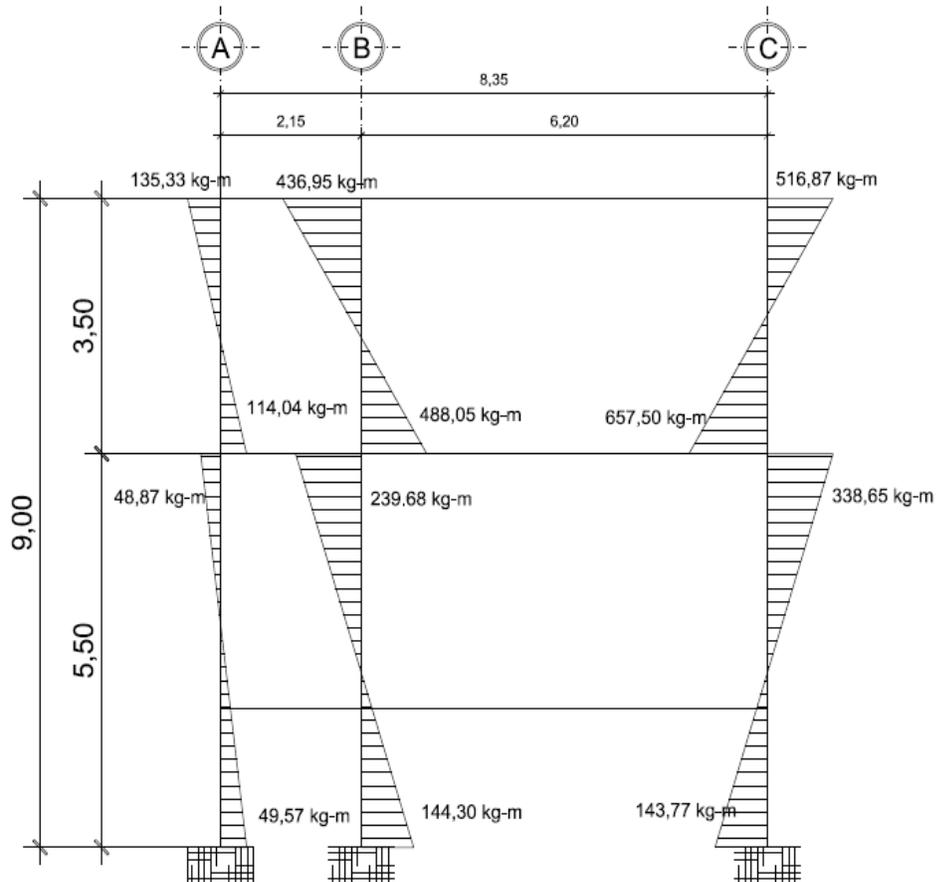
Fuente: elaboración propia, con programa ETABS V9.

Figura 21. Diagrama de momentos por CM - columnas, marco 3



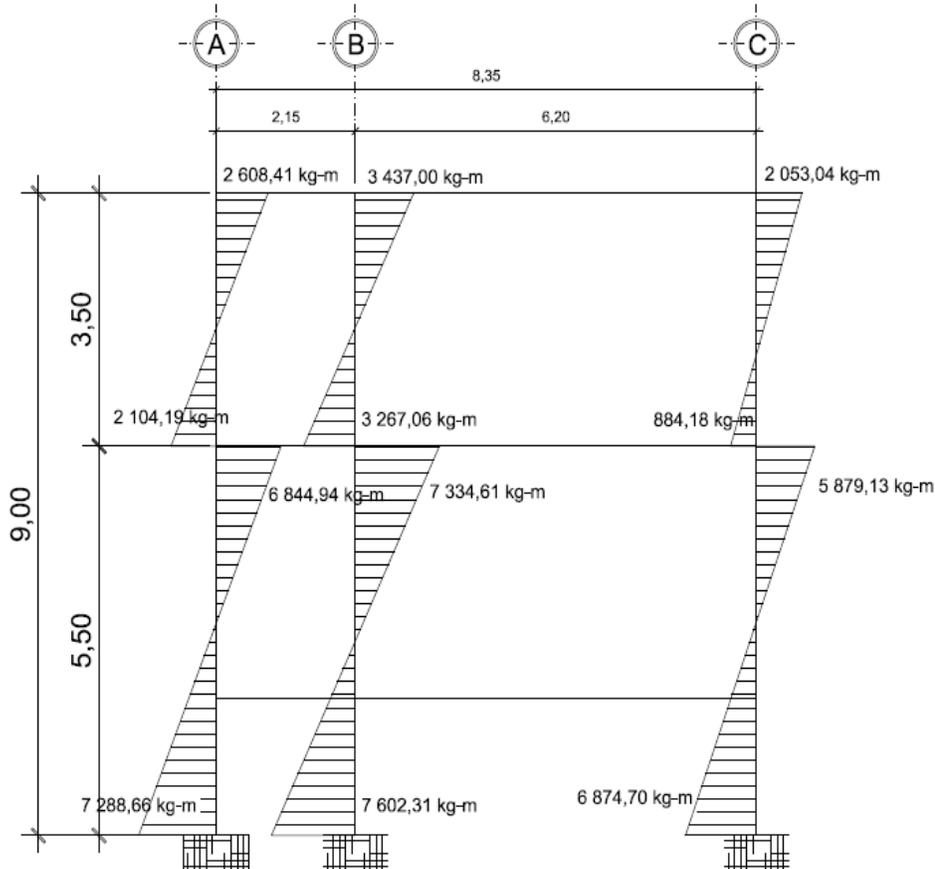
Fuente: elaboración propia, con programa ETABS V9.

Figura 22. Diagrama de momentos por CV - columnas, marco 3



Fuente: elaboración propia, con programa ETABS V9.

Figura 23. Diagrama de momentos por sismo - columnas, marco 3



Fuente: elaboración propia, con programa ETABS V9.

3.8.4. Comparación de resultados contra método analítico Kani

La comparación de resultados se realizó contra el método de Kani, el cual es uno de los más prácticos en lo que concierne a métodos iterativos aproximados. A continuación se describe, en forma simple, el procedimiento a seguir en este método.

3.8.4.1. Resumen general del método de Kani

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

- Cálculo de momentos fijos (MF_{ik}): éstos se calculan cuando existen cargas verticales.
- Cálculo de momentos de sujeción (M_s): éstos se calculan cuando hay cargas verticales.

$$M_s = \sum MF_{ik}$$

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

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

$$Q_n = \sum H$$

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

$$M_n = (Q_n * h) / 3$$

Donde:

h_n = altura del piso "n"

- Cálculo de rigidez de los elementos (K_{ik}).

$$K_{ik} = 1/L_{ik}$$

Donde:

I = inercia del elemento

L = longitud del elemento

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

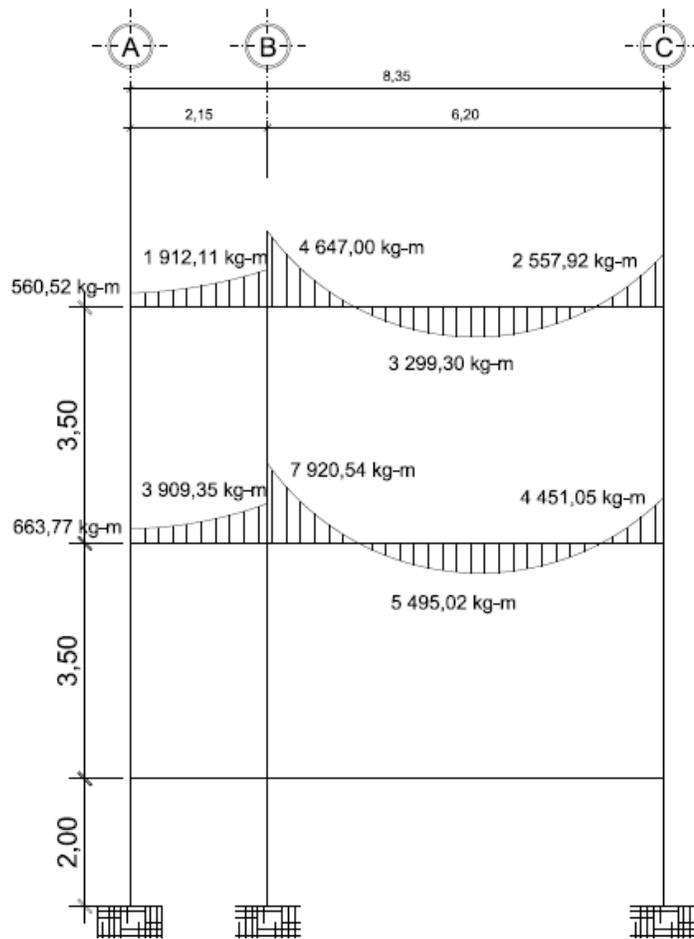
- Cálculo de momentos finales en el extremo de cada barra (M_{ik}).

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

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

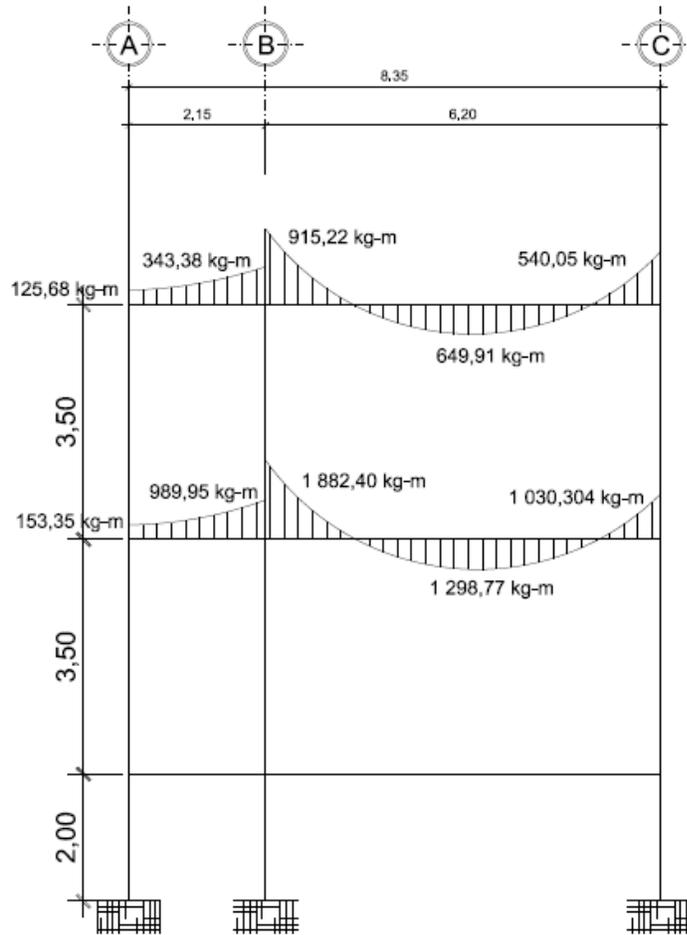
Los momentos resultantes de este análisis se muestran en las siguientes figuras, en kilogramo-metro.

Figura 24. **Diagrama de momentos por CM - vigas, marco 3**



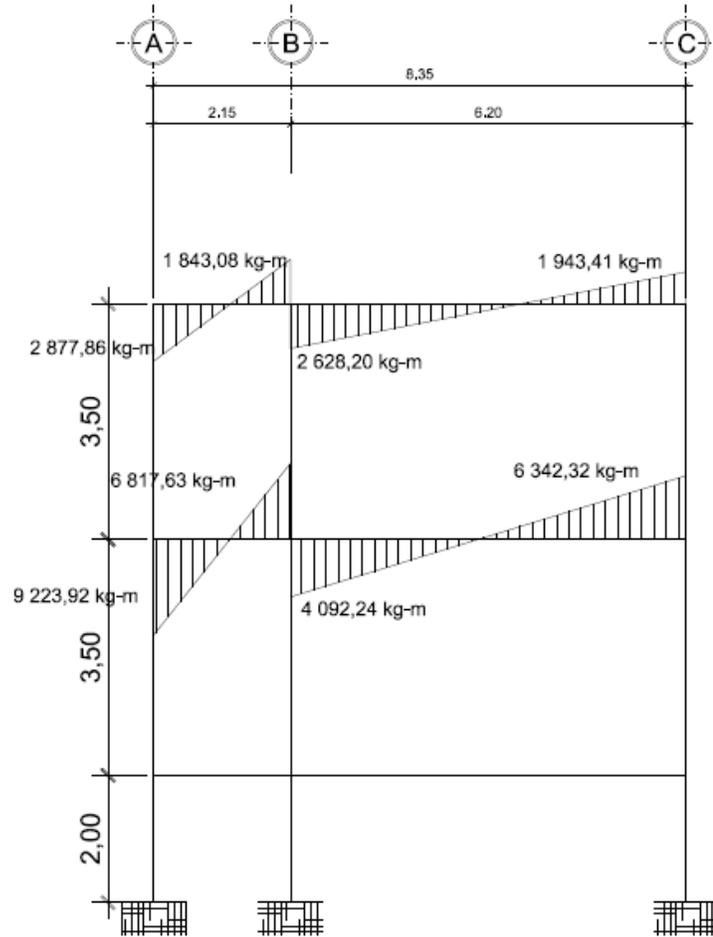
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 25. Diagrama de momentos por CV - vigas, marco 3



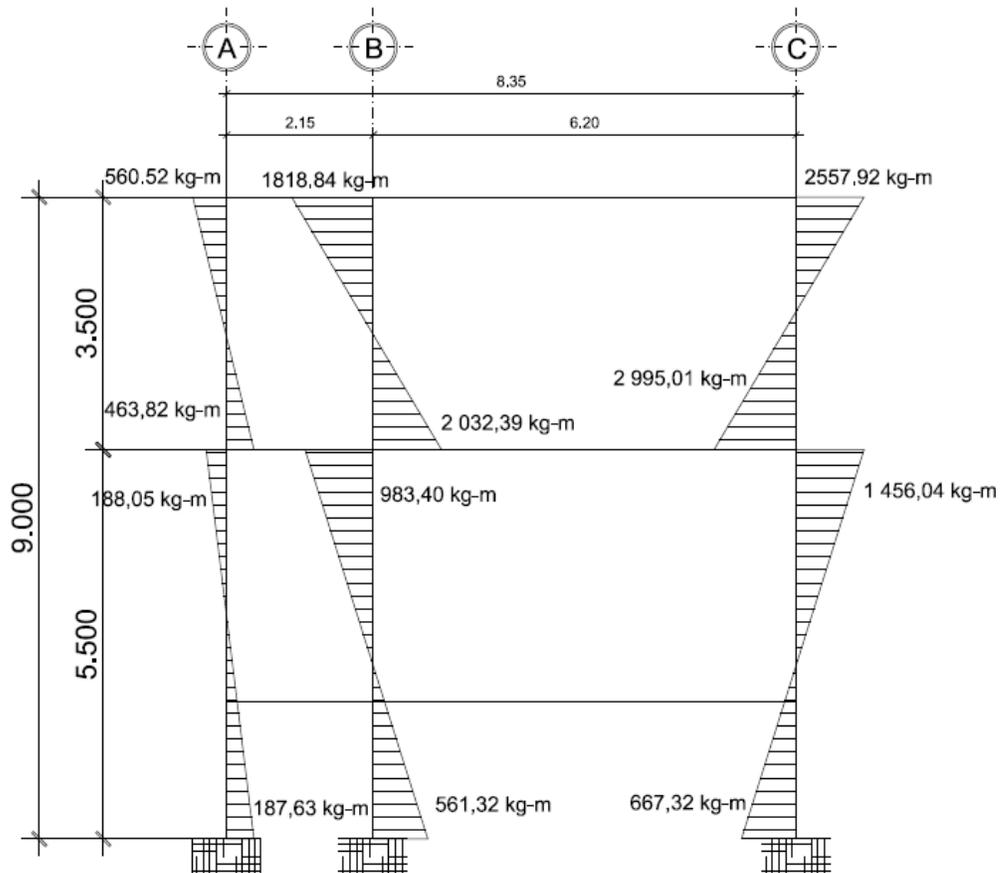
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 26. Diagrama de momentos por sismo - vigas, marco 3



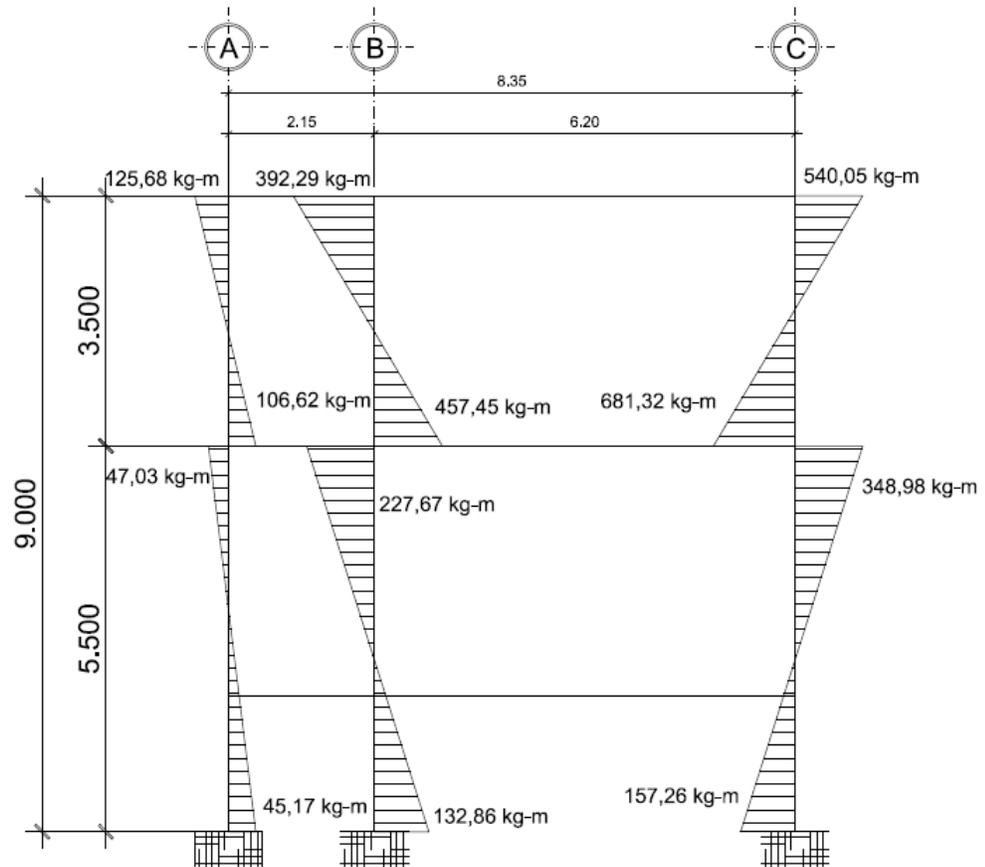
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 27. Diagrama de momentos por CM - columnas, marco 3



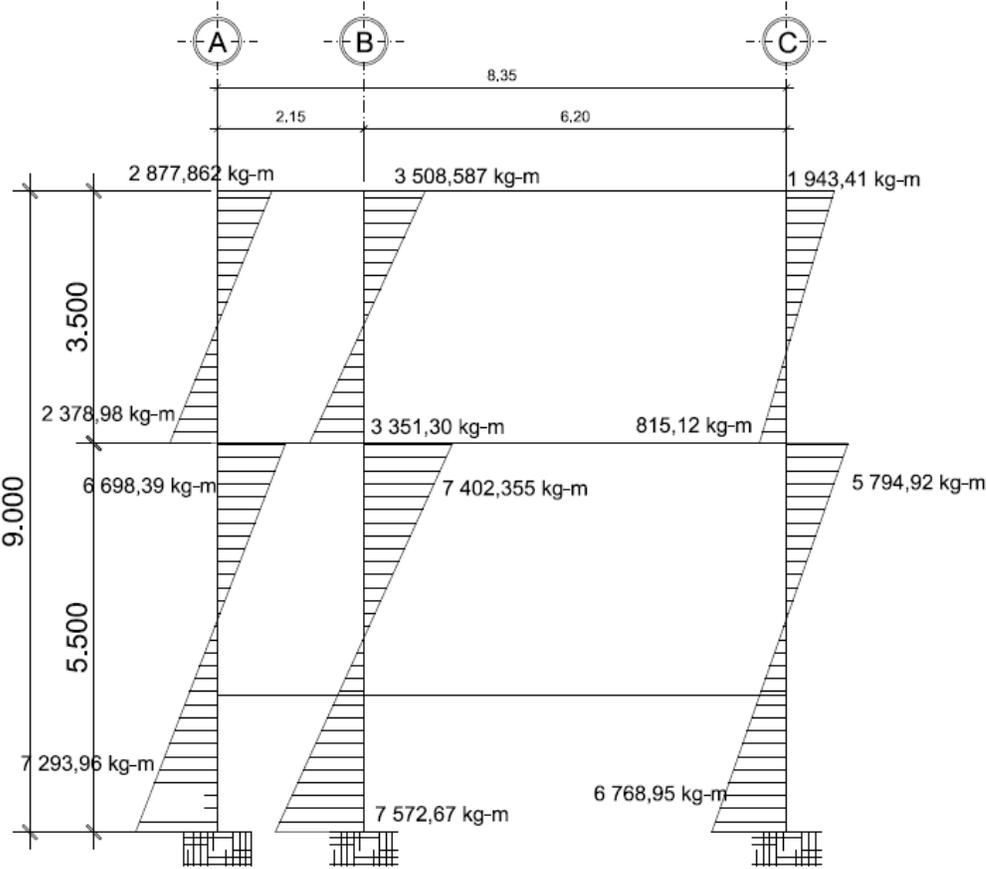
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 28. Diagrama de momentos por CV - columnas, marco 3



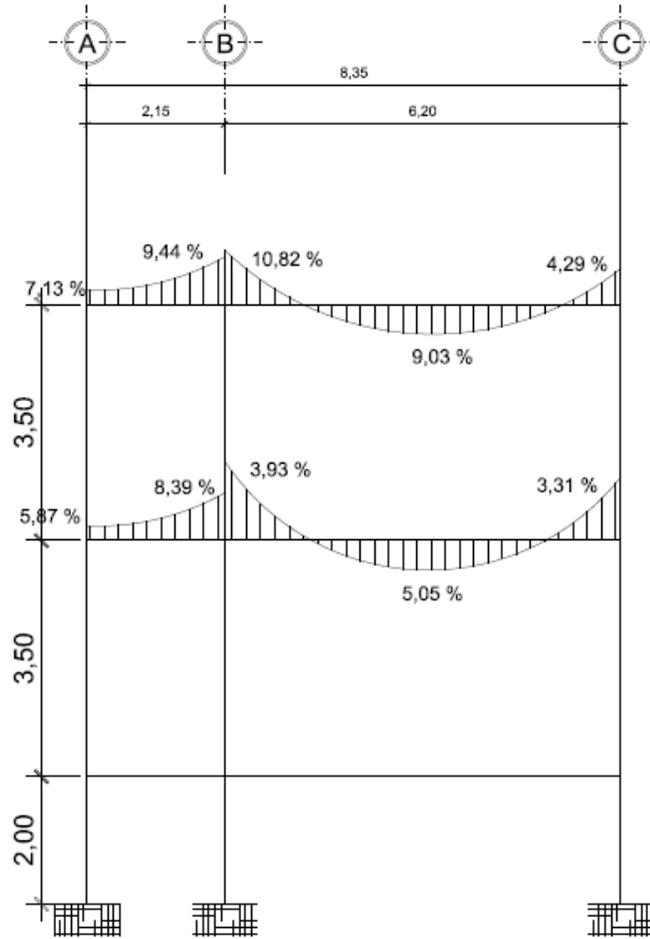
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 29. Diagrama de momentos por sismo - columnas, marco 3



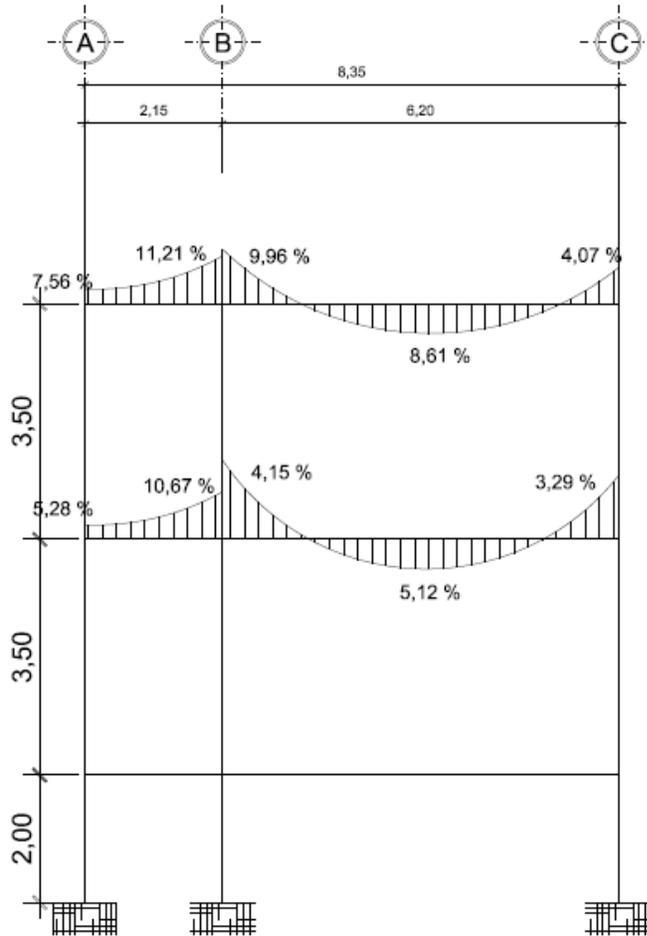
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 30. Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CV - vigas, marco 3



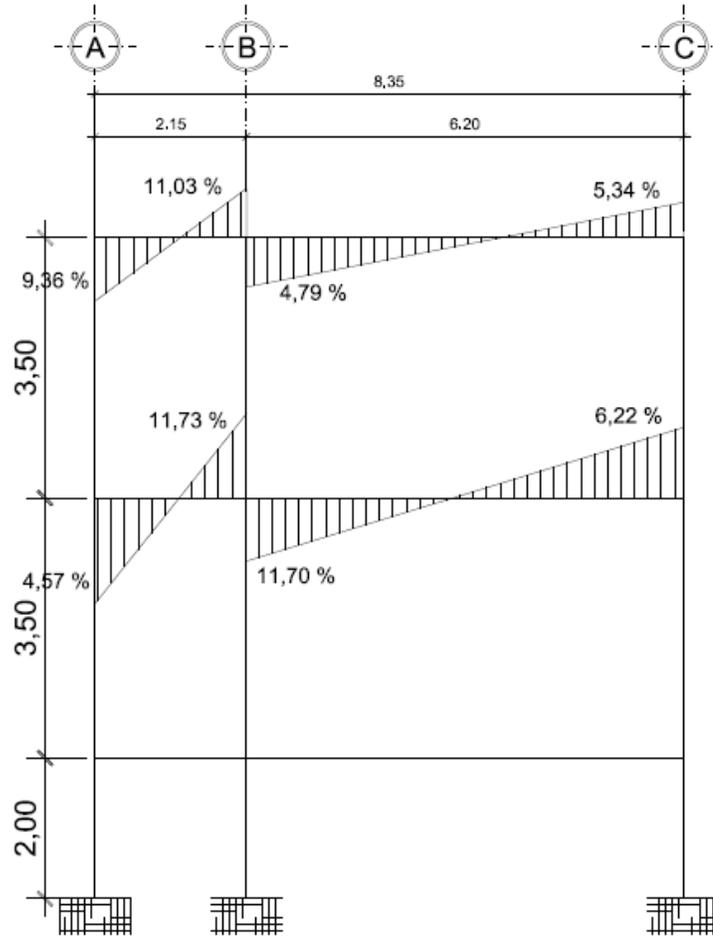
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 31. Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CM - vigas, marco 3



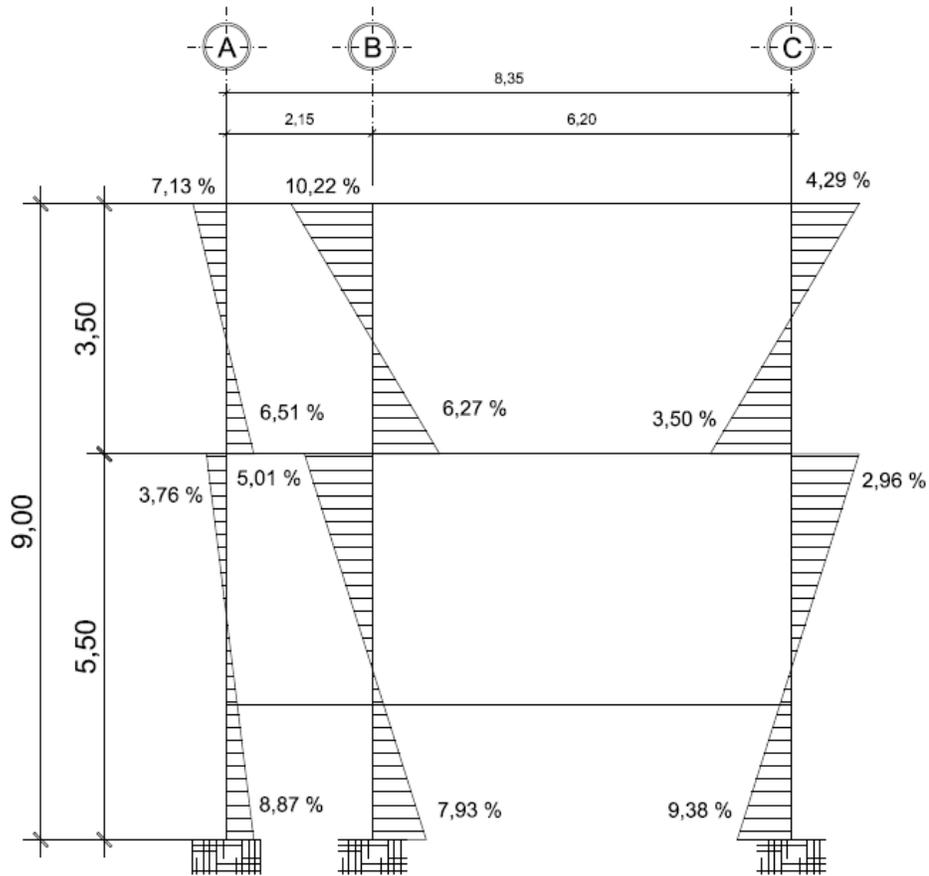
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 32. Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por sismo - vigas, marco 3



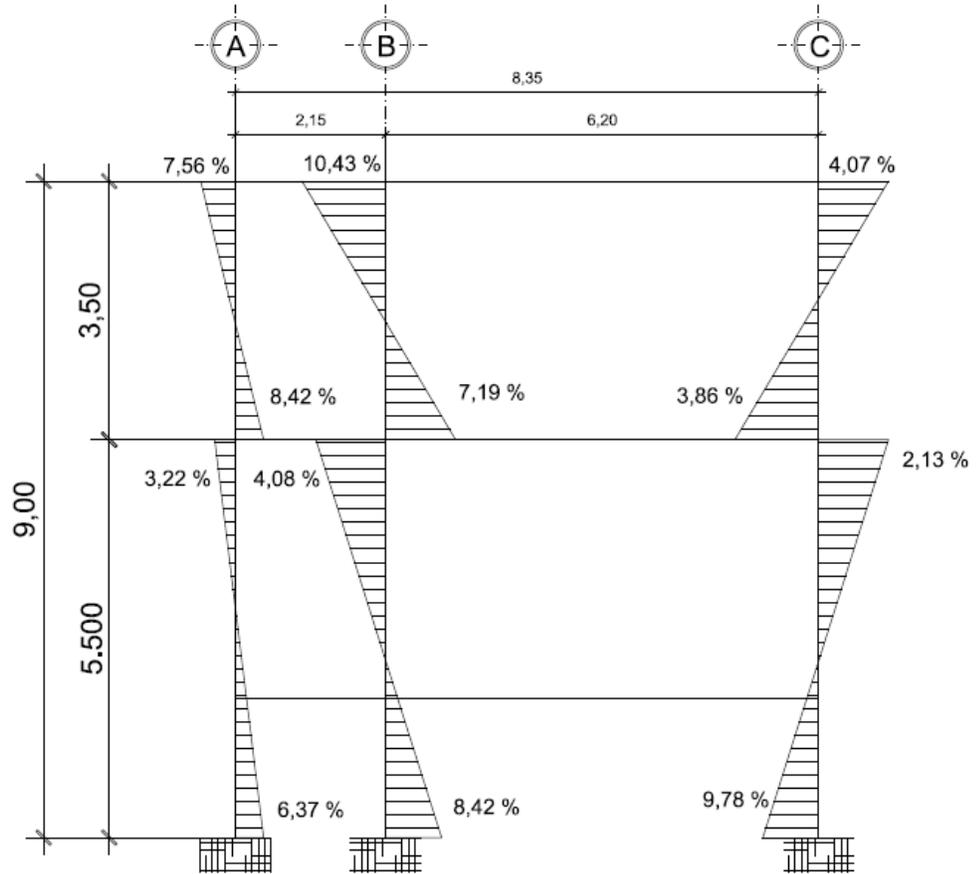
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 33. Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CV - columnas, marco 3



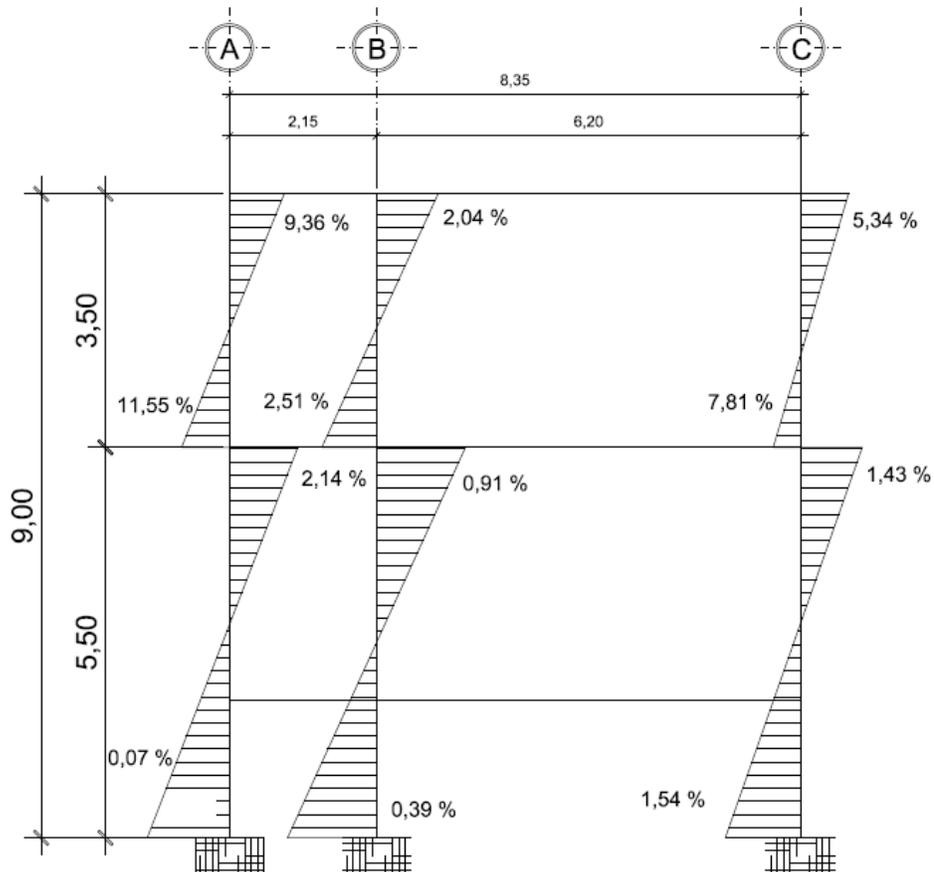
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 34. Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por CM - columnas, marco 3



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 35. **Diagrama de diferencias porcentuales entre ETABS y Kani por sismo - columnas, marco 3**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.8.4.2. **Envolvente de momentos**

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de las cargas muerta, viva y sismo, tanto en vigas como en columnas. El código ACI 318-05, en la sección 9.2.1, propone las siguientes combinaciones (que en esta sección se les llamará combo).

$$\text{Combo 1} = 1,4 * \text{CM} + 1,7 \text{ CV}$$

$$\text{Combo 2} = 1,05 * \text{CM} + 1,275 * \text{CV} + 1,0 \text{ CS}$$

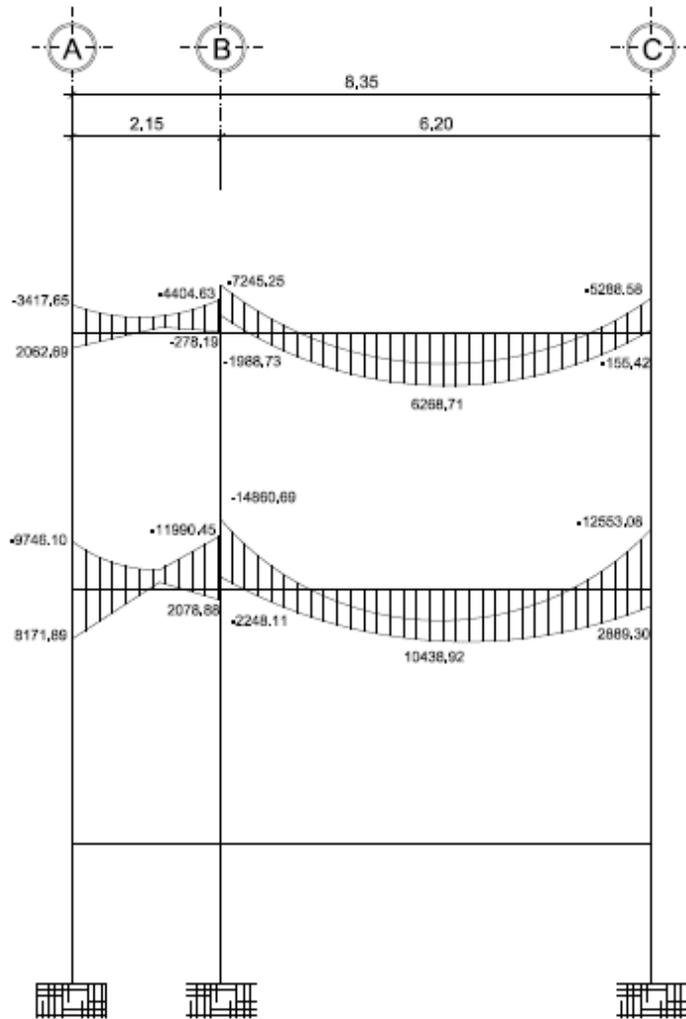
$$\text{Combo 3} = 1,05 * \text{CM} + 1,275 * \text{CV} - 1,0 \text{ CS}$$

$$\text{Combo 4} = 0,9 * \text{CM} + 1,0 \text{ CS}$$

$$\text{Combo 5} = 0,9 * \text{CM} - 1,0 \text{ CS}$$

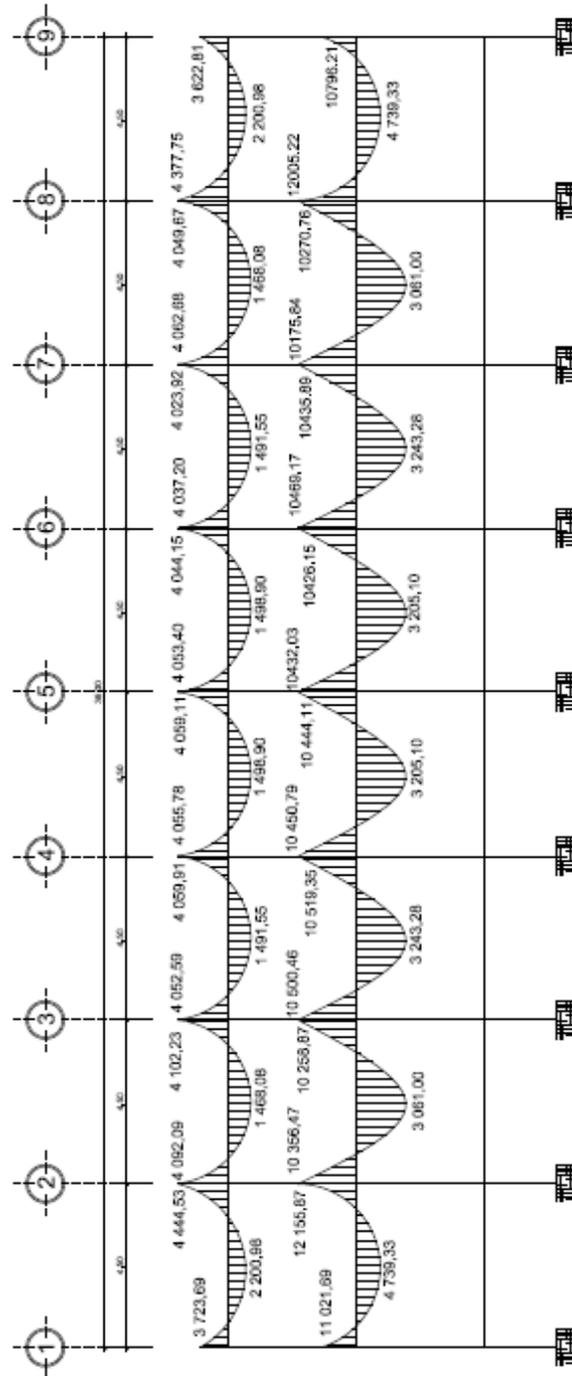
De las combinaciones presentadas anteriormente, se tomaron aquellas cuyos valores sean los máximos, para todos los momentos nominales (por carga muerta, carga viva y sismo) en los extremos de los elementos, tanto para vigas como columnas. Los valores finales de la envolvente de momentos para los marcos críticos se muestran en los siguientes diagramas:

Figura 36. **Envolvente de momentos en vigas marco 3**



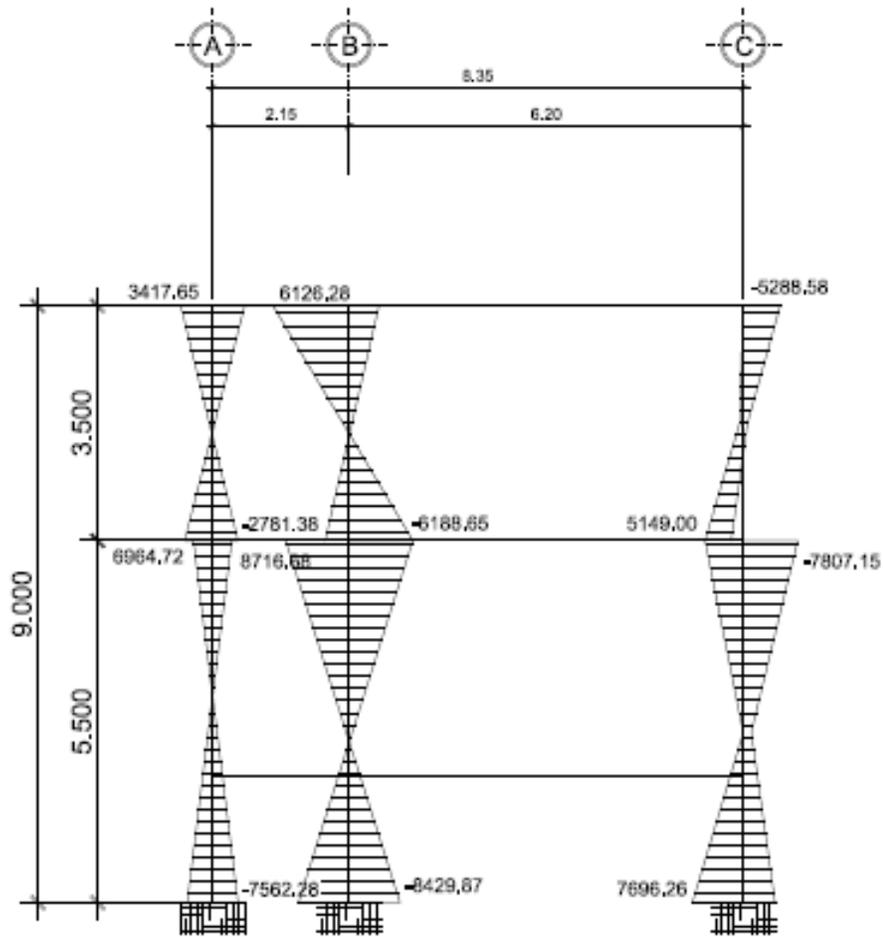
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 37. **Envolvente de momentos en vigas marco B**



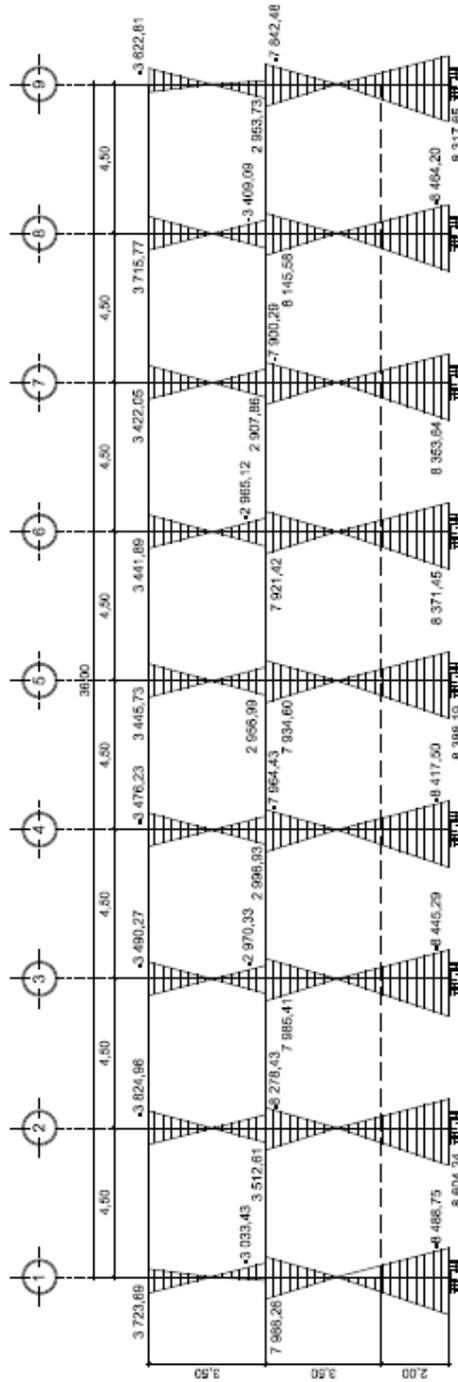
Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 38. **Envolvente de momentos en columnas marco 3**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Figura 39. **Envolvente de momentos en columnas marco B**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9. Diseño estructural

Ya obtenidos todos los resultados del análisis estructural, se procede a realizar el diseño estructural el cual puede variar según el criterio o reglamentos que se usen. Es así, como se procede a realizar los cálculos necesarios para armados de losas, vigas, columnas y zapatas de la estructura. El diseño de los elementos de concreto reforzado se realizó con base en el código ACI 318-05.

3.9.1. Diseño de losas

La losa es una superficie plana, que traslada las cargas vivas y muertas al resto de los elementos. Las losas diseñadas serán apoyadas en los cuatro lados, para obtener una acción de losas en dos direcciones. Para el diseño de las losas se utilizó el Método 3 del ACI 318-05 y se consideraron las siguientes especificaciones.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\gamma_{\text{conc}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{sc}} = 20 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{mz}} = 60 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{ac}} = 60 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{mu}} = 150 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{it}} = 20 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_p = 100 \text{ kg/m}^3$$

$$CV_{\text{al}} = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{\text{pa}} = 500 \text{ kg/m}^2$$

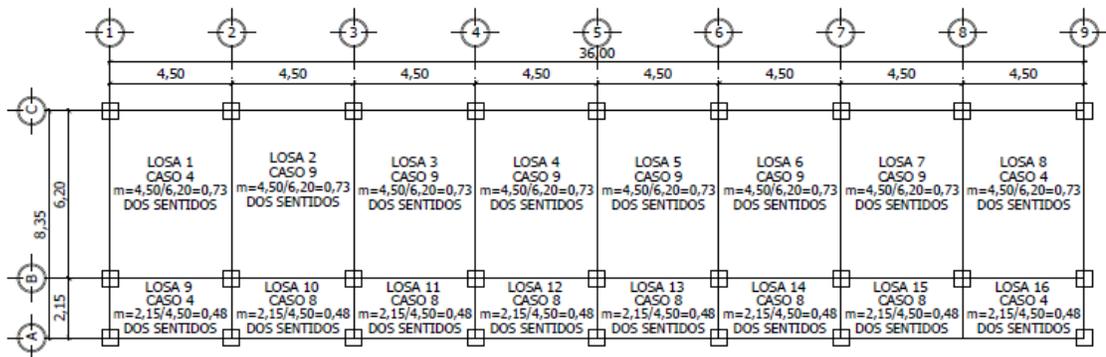
$$CV_t = 100 \text{ kg/m}^2$$

El cálculo del espesor de la losa se realizó en la numeral 3.8.1.3, y se determinó un espesor de losa de 0,12 metros para ambos niveles.

Segundo nivel

En la siguiente figura se presenta la distribución de losas en el segundo nivel.

Figura 40. **Distribución de losas, segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Cálculo de la carga última o carga de diseño

$$CM = t * \gamma_{\text{conc}} + \gamma_{\text{sc}} + \gamma_{\text{mz}}$$

$$CM = 0,12 * 2400 + 20 + 60 = 368 \text{ kg/m}^2$$

$$CMU = 1,4 * 368 = 515,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,7 * CV = 1,7 * 100 = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = CMU + CVU = 515,20 + 170 = 685,20 \text{ kg/m}^2$$

Se diseñó con base en una franja unitaria de 1,00 metro de ancho, así:

$$\text{CUT} = 685,20 * 1,00 \text{ m} = 685,20 \text{ kg/m}$$

Cálculo de momentos

$$M_{a-} = C_{a-} * \text{CUT} * a^2$$

$$M_{b-} = C_{b-} * \text{CUT} * b^2$$

$$M_a = C_{am+} * \text{CMU} * a^2 + C_{av+} * \text{CVU} * a^2$$

$$M_b = C_{bm+} * \text{CMU} * b^2 + C_{bv+} * \text{CVU} * b^2$$

Donde:

CMU = carga muerta última

CVU = carga viva última

CUT = carga última total

C_{a-} = coeficiente para momento negativo

C_{b-} = coeficiente para momento negativo

C_{am+} = coeficiente para momento positivo debido a carga muerta

C_{bv+} = coeficiente para momento positivo debido a carga viva

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

En losas sin continuidad, el momento negativo es un tercio del momento positivo:

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

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

Para obtener los coeficientes para las losas, tanto para momentos positivos y momentos negativos, se utilizan las tablas de coeficientes de losas, apoyadas en dos sentidos. En la figura 40 se muestra la distribución de las losas para el segundo nivel y el casco al que pertenecen.

Coeficientes para losas

Losas 1 y 8:	$m = 0,73;$	Caso 4;	$a = 4,50 \text{ m};$	$b = 6,20 \text{ m};$
$C_{a-} = 0,0760$	$C_{am+} = 0,0430$		$C_{av+} = 0,0520$	
$C_{b-} = 0,0240$	$C_{bm+} = 0,0130$		$C_{bv+} = 0,0160$	

Losas 9 y 16:	$m = 0,48;$	Caso 4;	$a = 2,15 \text{ m};$	$b = 4,50 \text{ m};$
$C_{a-} = 0,0940$	$C_{am+} = 0,0590$		$C_{av+} = 0,0770$	
$C_{b-} = 0,0060$	$C_{bm+} = 0,0040$		$C_{bv+} = 0,0050$	

Losas de la 10 a la 15:	$m = 0,48;$	Caso 8;	$a = 2,15 \text{ m};$	$b = 4,50 \text{ m};$
$C_{a-} = 0,0940$	$C_{am+} = 0,0590$		$C_{av+} = 0,0770$	
$C_{b-} = 0,0060$	$C_{bm+} = 0,0040$		$C_{bv+} = 0,0050$	

Losas de la 2 a la 7:	$m = 0,73;$	Caso 4;	$a = 4,50 \text{ m};$	$b = 6,20 \text{ m};$
$C_{a-} = 0,0760$	$C_{am+} = 0,0430$		$C_{av+} = 0,0520$	
$C_{b-} = 0,0240$	$C_{bm+} = 0,0130$		$C_{bv+} = 0,0160$	

Ejemplo para las losas 1 y 8:

$$M_{a-} = 0,0760 * 685,20 * 4,50^2 = 1\,054,52 \text{ kg-m}$$

$$M_{b-} = 0,0240 * 685,20 * 6,20^2 = 632,14 \text{ kg-m}$$

$$M_a = 0,0430 * 515,20 * 4,50^2 + 0,0520 * 170 * 4,50^2 = 627,60 \text{ kg-m}$$

$$M_b = 0,0130 * 515,20 * 6,20^2 + 0,0160 * 170 * 6,20^2 = 362,01 \text{ kg-m}$$

Siguiendo el procedimiento anterior se calcularon los momentos, en kilogramo-metro, de todas las losas del segundo nivel, lo que da como resultado, los datos de la tabla XV.

Tabla XV. **Determinación de momentos para losas, segundo nivel**

										MOMENTOS					
CASO 4				Coef. Negativo		Coef. Carga Viva		Coef. Carga Muerta		Momentos Negativos		Momentos Positivos		Momentos Nulos Orillas	
Losa	a	b	m = a/b	Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ma	Mb	Ma	Mb	Ma	Mb
1	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
8	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
9	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65
16	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65

										MOMENTOS					
CASO 8				Coef. Negativo		Coef. Carga Viva		Coef. Carga Muerta		Momentos Negativos		Momentos Positivos		Momentos Nulos Orillas	
Losa	a	b	m = a/b	Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ma	Mb	Ma	Mb	Ma	Mb
10	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65
11	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65
12	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65
13	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65
14	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65
15	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	297,73	83,25	201,02	58,94	67,01	19,65

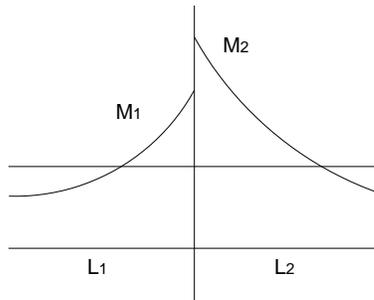
										MOMENTOS					
CASO 9				Coef. Negativo		Coef. Carga Viva		Coef. Carga Muerta		Momentos Negativos		Momentos Positivos		Momentos Nulos Orillas	
Losa	a	b	m = a/b	Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ma	Mb	Ma	Mb	Ma	Mb
2	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
3	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
4	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
5	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
6	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67
7	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	1 054,52	632,14	627,62	362,01	209,21	120,67

Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos

Cuando el momento negativo en un lado de un apoyo es menor que el del otro lado, su diferencia se distribuye en proporción a su rigidez; esto se hace para determinar el valor del momento balanceado (M_b), para el cual el código ACI 318-05 recomienda el procedimiento siguiente:

Figura 41. **Balance de momentos**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Como se puede apreciar en la figura anterior, para el balanceo de momentos, el momento mayor será M_2 y el momento menor M_1 , con la misma denominación para las longitudes respectivas.

Si $M_2 > M_1$:

Si $M_1 > 0,80 * M_2$, entonces:

$$M_b = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

Si $M_1 < 0,80 * M_2$; esto implica realizar una distribución proporcional de los momentos, según la rigidez de las losas como:

$$K_1 = \frac{1}{L_1}$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2}$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2}$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

$$M_b = (M_2 - M_1) * D_1 + M_1$$

Donde:

D_1, D_2 = factores de distribución de la losa 1 y 2

L_1 y L_2 = longitudes de losa consideradas

M_b = momento balanceado

K_1, K_2 = rigideces de las losas a y b

Sentido Y:

Losa 1-9 = 2-10 = 3-11 = 4-12 = 5-13 = 6-14 = 7-15 = 8-16

$M_1 = 297,70 \text{ kg-m}$

$M_2 = 632,10 \text{ kg-m}$

$0,8 * 632,10 = 505,60 \text{ kg-m}$

$297,70 \text{ kg-m} < 505,60 \text{ kg-m}$, entonces:

$$K_1 = \frac{1}{2,15} = 0,465$$

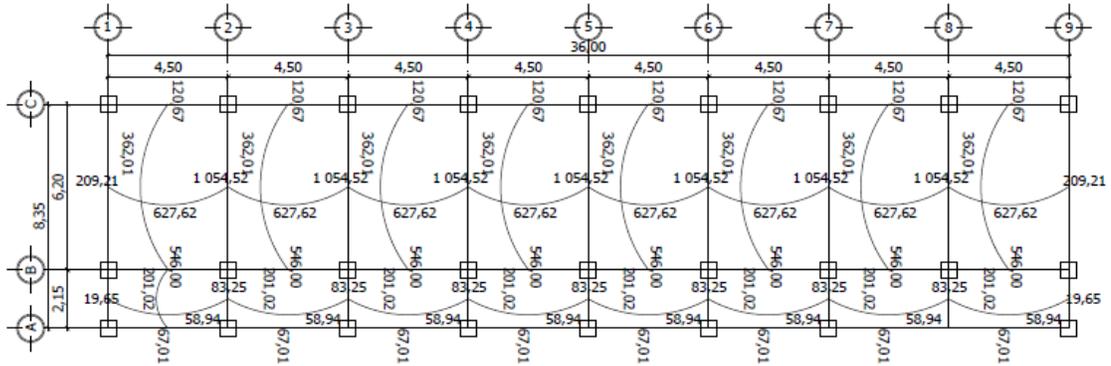
$$D_1 = \frac{0,465}{0,465 + 0,161} = 0,7425$$

$$K_2 = \frac{1}{6,20} = 0,161$$

$$D_2 = \frac{0,161}{0,465 + 0,161} = 0,2575$$

$$M_b = (632,10 - 297,70) * 0,7425 + 297,70 = 545,99 \text{ kg-m}$$

Figura 42. **Momentos balanceados [kg-m], segundo nivel**

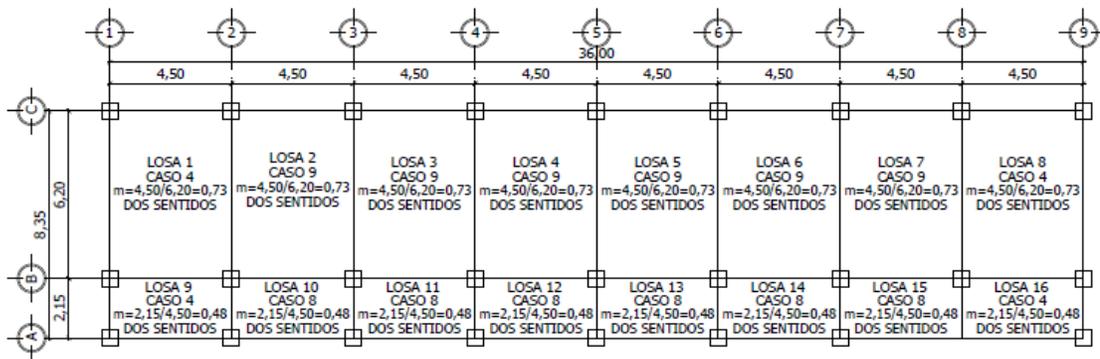


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Primer Nivel

En la figura 43 se presenta la distribución de losas para el primer nivel.

Figura 43. **Distribución de losas, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Cálculo de la carga última o carga de diseño

$$CM = t * \gamma_{conc} + \gamma_{sc} + \gamma_{mz} + \gamma_{mu} + \gamma_{ac} + \gamma_{it} + \gamma_p$$

$$CM = 0,12 * 2400 + 20 + 60 + 150 + 60 + 20 + 100 = 698 \text{ kg/m}^2$$

$$CMU = 1,4 * 698 = 977,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU_{al} = 1,7 * 200,00 = 340,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU_{pa} = 1,7 * 500,00 = 850,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{al} = 977,20 + 340,00 = 1317,20 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_{pa} = 977,20 + 850,00 = 1827,20 \text{ kg/m}^2$$

Tabla XVI. Determinación de momentos para losas, primer nivel

CASO 4				MOMENTOS											
Losa	a	b	m = a/b	Coef. Negativo		Coef. Carga Viva		Coef. Carga Muerta		Momentos Negativos		Momentos Positivos		Momentos Nulos Orillas	
				Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ma	Mb	Ma	Mb	Ma	Mb
1	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
8	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
9	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07
16	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07

CASO 8				MOMENTOS											
Losa	a	b	m = a/b	Coef. Negativo		Coef. Carga Viva		Coef. Carga Muerta		Momentos Negativos		Momentos Positivos		Momentos Nulos Orillas	
				Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ma	Mb	Ma	Mb	Ma	Mb
10	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07
11	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07
12	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07
13	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07
14	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07
15	2,15	4,50	0,48	0,09	0,01	0,08	0,01	0,06	0,004	793,95	222,00	569,05	165,22	189,68	55,07

CASO 9				MOMENTOS											
Losa	a	b	m = a/b	Coef. Negativo		Coef. Carga Viva		Coef. Carga Muerta		Momentos Negativos		Momentos Positivos		Momentos Nulos Orillas	
				Ca	Cb	Ca	Cb	Ca	Cb	Ma	Mb	Ma	Mb	Ma	Mb
2	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
3	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
4	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
5	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
6	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48
7	4,50	6,20	0,73	0,08	0,02	0,05	0,02	0,04	0,01	2 027,17	1 215,20	1 208,92	697,44	402,97	232,48

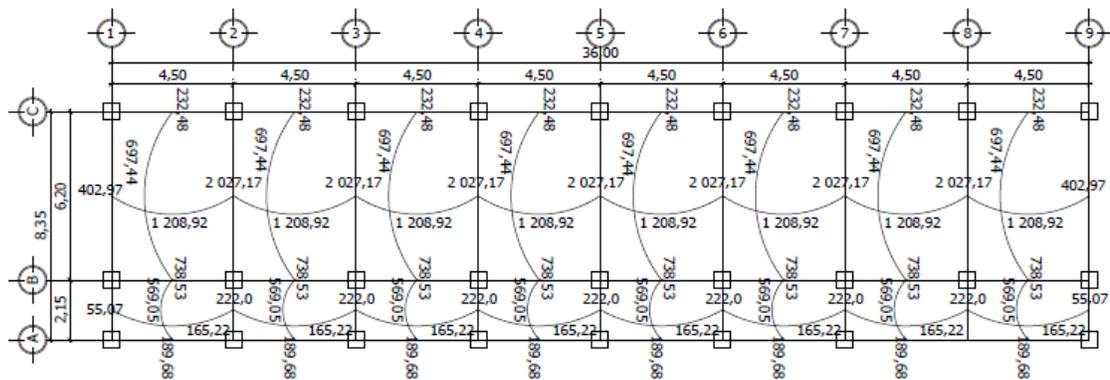
Fuente: elaboración propia.

Después de seguir el procedimiento anterior, se calcularon los momentos, en kilogramos-metro, de todas las losas del primer nivel, los resultados se tabularon en la tabla XVI.

Balance de momentos

El procedimiento se realizó como en el segundo nivel, por lo que en la siguiente figura se expone el resumen de los momentos balanceados.

Figura 44. **Momentos balanceados [kg-m], primer nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Utilizando los momentos presentados anteriormente y los de la tabla XIV, se procede a calcular el acero de refuerzo que se necesita en las losas en ambos niveles.

3.9.1.1. Diseño de refuerzo

Las losas son elementos sometidos a esfuerzos de flexión y corte, son las encargadas de resistir una gran parte de las cargas distribuidas aplicadas al

edificio según el diseño y el uso. Para el diseño del refuerzo existen algunos factores a considerar, como lo son, la CV, CM y el peralte de la losa, cada uno de estos es importante para el diseño del elemento, a continuación se describe paso a paso el diseño.

Determinación del peralte efectivo

Según el código ACI 318-05 en la sección 7.7.1, el recubrimiento mínimo en una losa es de 2 centímetros.

El peralte (d), se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

d = peralte efectivo [cm]

t = espesor de la losa [cm]

rec = recubrimiento [cm]

\emptyset = diámetro de la varilla [cm]

$$d = 12 - 2 - \frac{1,27}{2} = 8,87 \text{ cm}$$

Determinación del refuerzo mínimo

El área de acero mínimo ($A_{s_{\min}}$), se calcula en la franja unitaria (b) de 1,00 metro.

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 100 * 8,87}{2810} = 4,45 \text{ cm}^2$$

Con el área de acero mínimo, se calcula un espaciamiento (S), al utilizar varilla no. 4, que tiene un área de 1,29 centímetros cuadrados.

El espaciamiento se calcula por medio de una regla de tres, de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} 4,45 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100,00 \text{ cm} \\ 1,29 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S = 29,00 \text{ cm} \end{array}$$

La separación máxima permitida por el ACI es 2t:

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

Cálculo del momento soportado al usar $A_{s_{\min}}$:

$$M_{s_{\min}} = 0,90 * \left[A_{s_{\min}} * f_y * \left(d - \frac{A_{s_{\min}} * f_y}{1,7 * f_c * b} \right) \right]$$

$$M_{s_{\min}} = 0,90 * \left[4,45 * 2810 * \left(8,87 - \frac{4,45 * 2810}{1,7 * 281 * 100} \right) \right]$$

$$M_{s_{\min}} = 96784,80 \text{ kg-cm} = 967,85 \text{ kg-m}$$

Refuerzo para el segundo nivel

Cuando el momento que resiste el acero mínimo es mayor al momento máximo se colocaran varillas no. 4 a cada 20 centímetros.

El área de acero se calcula con base en una franja unitaria (b) de 1,00 metro:

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

Sentido X (al utilizar varilla no. 4)

Losas de la 1 a la 8

$$\mu = 1\,054,50 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[100 * 8,87 - \sqrt{(100 * 8,87)^2 - \frac{1\,054,50 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2\,810}$$

$$A_s = 4,86 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,29 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S = 26,53 \text{ cm} \approx 20 \text{ cm}$$

Losas de la 9 a la 16

$$\mu = 83,30 \text{ kg-m}$$

Se colocara $A_{s_{min}}$, varillas no. 4 a cada 20 centímetros.

Se obtiene el armado final (ver apéndice):

Para losas de la 1 a la 8, varillas no. 4 a cada 0,20 metros

Para losas de la 9 a la 16, varillas no. 4 a cada 0,20 metros

Sentido Y (al utilizar varilla no. 4):

Todas las losas:

$$\mu = 545,99 \text{ kg-m}$$

Se colocara $A_{s_{min}}$, varillas no. 4 a cada 20 centímetros.

Se obtiene el armado final (ver apéndice):

Para todas las losas, varillas no. 4 a cada 0,20 metros

Refuerzo para el primer nivel

Cuando el momento que resiste el acero mínimo es mayor al momento máximo se colocaran varillas no. 4 a cada 20 centímetros.

El área de acero se calcula con base en una franja unitaria (b) de 1,00 metro:

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

Sentido X (al utilizar varilla no. 4)

Losas de la 1 a la 8:

$$M_u = 2\,027,20 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[100 * 8,87 - \sqrt{(100 * 8,87)^2 - \frac{2\,027,20 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2\,810}$$

$$A_s = 9,66 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,29 \text{ cm}^2 \text{ ----- } S = 13,35 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Losas de la 9 a la 16:

$$M_u = 222,00 \text{ kg-m}$$

Se colocara $A_{s_{min}}$, varillas no. 4 a cada 20 centímetros.

Se obtiene el armado final (ver apéndice):

Para losas de la 1 a la 8, varillas no. 4 a cada 0,15 metros

Para losas de la 9 a la 16, varillas no. 4 a cada 0,20 metros

Sentido Y (al utilizar varilla no. 4):

Todas las losas:

$M_u = 738,53 \text{ kg-m}$

Se colocara $A_{s_{min}}$, varillas no. 4 a cada 20 centímetros.

Se obtiene el armado final (ver apéndice):

Para todas las losas, varillas no. 4 a cada 0,20 metros

3.9.1.2. Revisión por corte

El corte debe ser resistido únicamente por el concreto, por tal razón, se debe verificar si el espesor de losa es el adecuado. El procedimiento es el siguiente:

Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{m\acute{a}x} = \frac{CUT * A_t}{L}$$

Donde:

$V_{\text{máx}}$ = corte máximo [kg]

A_t = área tributaria, de los lados cortos de losas se toma la mayor [m²]

CUT = carga última del nivel, calculado anteriormente [kg/m]

L = lado corto o largo, de los lados de losas en cuestión se toma la mayor

Segundo nivel:

Lado corto:

$$V_{\text{máx}} = \frac{685,20 * 5,062}{4,5} = 770,77 \text{ kg}$$

Lado largo:

$$V_{\text{máx}} = \frac{685,20 * 8,887}{6,20} = 982,15 \text{ kg}$$

Primer nivel:

Lado corto:

$$V_{\text{máx}} = \frac{1\ 827,20 * 5,062}{4,5} = 2\ 055,40 \text{ kg}$$

Lado largo:

$$V_{\text{máx}} = \frac{1\ 827,20 * 8,887}{6,20} = 2\ 619,08 \text{ kg}$$

Cálculo de corte máximo resistente

$$V_{\text{res}} = 0,53 * \phi * \sqrt{f_c} * b * d$$

Donde:

V_{res} = corte resistente [kg]

ϕ = factor de reducción de resistencia

f'_c = resistencia a la compresión del concreto [kg/cm^2]

b = ancho de la franja unitaria [cm]

d = peralte efectivo [cm]

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * \sqrt{281} * 100 * 8,87 = 6\,698,40 \text{ kg}$$

Comparar V_{res} con $V_{m\acute{a}x}$: si, $V_{res} > V_{m\acute{a}x}$, el espesor es el adecuado, en caso contrario aumentar el espesor (t). Como $6\,698,40 \text{ kg} > 2\,619,08 \text{ kg}$, para los dos niveles el espesor es el adecuado.

3.9.2. Diseño de vigas

Son elementos estructurales que transmiten cargas externas de manera transversal, las cuales provocan momentos flexionantes y fuerzas cortantes en su longitud. Son los elementos que soportan su propio peso y el peso de la losa, y lo transmiten a las columnas y muros, si es el caso.

El procedimiento para diseñar vigas, aplicado a la viga B – C (marco 3 del primer nivel), se describe a continuación. Los datos se obtuvieron del análisis estructural (ver numeral 3.8.1).

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

$$\gamma_{conc} = 2\,400 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$b_v = 0,30 \text{ m}$$

$$h_v = 0,45 \text{ m}$$

3.9.2.1. Diseño por flexión

Se le conoce como diseño por flexión a la determinación del refuerzo longitudinal que atraviesa la viga de extremo a extremo y que tiene como función resistir los esfuerzos de flexión en la viga.

Determinación del peralte efectivo

$$d = h - \text{rec} - \phi_{vt} - \frac{\phi_{vl}}{2}$$

Donde:

d = peralte efectivo [cm]

rec = recubrimiento [cm]

ϕ_{vt} = diámetro de la varilla transversal [cm]

ϕ_{vl} = diámetro de la varilla longitudinal [cm]

$$d = 45 - 4 - 0,9525 - \frac{2,22}{2} = 38,93 \text{ cm}$$

El código ACI 318-05, en la sección 7.7.1, establece que se debe proporcionar un recubrimiento mínimo al refuerzo para vigas igual a 4 centímetros.

Determinación de refuerzo mínimo

El código ACI 318-05, en la sección 10.5.1, establece que en toda sección de un elemento sometido a flexión, cuando por análisis se requiera refuerzo a tracción, el área de acero (A_s) no debe ser menor a:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 30 * 38,93}{2810} = 5,86 \text{ cm}^2$$

Según el ACI 318-05 en la sección 21.3.2.1, establece que para el armado de la viga, al menos dos barras continuas deben disponerse tanto en la parte inferior como superior. Cumpliendo con el reglamento, se propone utilizar 2 varillas no. 7 en donde sea necesario colocar $A_{s_{\min}}$, dando un valor de 7,74 centímetros.

Determinación del refuerzo máximo

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \left(\frac{6090}{6090 + f_y} \right)$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

Donde:

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * 0,85 * 281}{2810} * \left(\frac{6090}{6090 + 2810} \right) = 0,049$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0,5 * 0,049 * 30 * 38,93 = 28,87 \text{ cm}^2$$

Determinación de área de acero requerida para los momentos

Para determinar el área de acero, se utiliza la siguiente ecuación, la cual ya incluye el factor de reducción:

$$A_{s_{req}} = \left[b_v * d - \sqrt{(b_v * d)^2 - \frac{Mu * b_v}{0,003825 * f'_c}} \right] * 0,85 * \frac{f'_c}{f_y}$$

Donde:

$A_{s_{req}}$ = área de acero requerida

b_v = base de la viga

Mu = momento último

d = peralte efectivo

f'_c = resistencia a la compresión del concreto

f_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo

Ejemplo para momento positivo en el centro y negativo a la izquierda de la viga:

$$Mu_{(+)} = 10\,438,92 \text{ kg-m}$$

$$A_{s_{req}} = \left[30 * 38,93 - \sqrt{(30 * 38,93)^2 - \frac{10\,438,92 * 30}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2\,810} = 11,24 \text{ cm}^2$$

$$Mu_{(-)} = 14\,860,69 \text{ kg-m}$$

$$A_{s_{req}} = \left[30 * 38,93 - \sqrt{(30 * 38,93)^2 - \frac{14\,860,69 * 30}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2\,810} = 16,46 \text{ cm}^2$$

Debido a que el acero requerido para estos dos momentos es mayor al acero mínimo, estos deben diseñarse. El código ACI 318-05 en la sección 21.3.2.1, requiere que en cualquier sección de un elemento a flexión, para el refuerzo tanto superior como inferior, debe colocarse área de acero mínimo y la cuantía de refuerzo no debe exceder a 0,025.

Tabla XVII. **Área de acero requerido en la viga B – C (marco 3)**

		Mu [kg-m]	Asmín [cm²]	Asreq [cm²]
NUDO B	Superior	14 860,69	5,86	16,46
	Inferior	2 248,11	5,86	2,31
	Centro	10 438,92	5,86	11,24
NUDO C	Superior	12 553,08	5,86	13,69
	Inferior	2 889,30	5,86	2,98

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la viga tiene solamente dos secciones simplemente reforzadas, para el momento 2 248,11 kilogramo por metro y 2 889,30 kilogramo por metro que se encuentran en la parte inferior, el área de acero requerida es menor al área de acero mínimo, por consiguiente, colocar esta última.

Para determinar el refuerzo de acero de la cama superior, tanto en el nudo B como en el nudo C, se debe comparar el $A_{s_{min}}$ contra el 33 por ciento del $A_{s_{req}}$ mayor de los dos nudos, esto según ACI 318-05 en la sección 21.3.2.2, donde requiere que la resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento, no debe ser menor de un cuarto de la

resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos, se utilizará el mayor de estas condiciones, en este caso el $A_{s_{req}}$ del nudo B es el mayor:

$$A_{s_{min}} = 5,86 \text{ cm}^2$$

$$33\% A_{s_{req}} = 0.33 * 16,46 = 5,43 \text{ cm}^2$$

Como se puede apreciar, la condición mayor en este caso es la del $A_{s_{min}}$, por lo tanto se usa esa condición para este refuerzo, la cual equivale a 2 varillas no. 7 corridas.

Debido a que se utilizo el $A_{s_{min}}$ longitudinalmente en la parte superior de la viga, el $A_{s_{req}}$ en los nudos, aún no ha sido cubierto del todo, por lo que se propone utilizar bastones para completar el refuerzo. Para determinar el refuerzo de acero en los bastones utilizamos la siguiente condición:

$$A_{s_b} = A_{s_{req}} - A_{s_{cs}}$$

Donde:

$$A_{s_b} = \text{área de acero del bastón [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s_{req}} = \text{área de acero requerido [cm}^2\text{]}$$

$$A_{s_{cs}} = \text{área de acero de la cama superior [cm}^2\text{]}$$

Nudo B

$$A_{s_b} = 16,46 - 7,74 = 8,72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Se propone utilizar 2 varillas no. 8} = 10,20 \text{ cm}^2$$

Nudo C

$$A_{s_b} = 13,69 - 7,74 = 5,95 \text{ cm}^2$$

Se proponen 2 varillas no. 7 = 7,74 cm²

Para determinar el refuerzo de acero inducido por el momento positivo, localizado en el centro de la parte inferior de la viga, debemos comparar el $A_{s_{\min}}$ contra el 50 por ciento del $A_{s_{(+)req}}$ al igual que con el 50 por ciento del $A_{s_{(-)req}}$, en el nudo con mayores valores que se esté analizando, esto según ACI 318-05 en la sección 21.3.2.2, donde requiere que la resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia a momento negativo proporcionada en esa misma cara, se utilizó el mayor de estas condiciones, en este caso el $A_{s_{(-)req}}$ del nudo B es mayor.

$$A_{s_{\min}} = 5,86 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s_{(+)}} = 0,50 * 11,24 = 5,62 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s_{(-)}} = 0,50 * 16,46 = 8,23 \text{ cm}^2$$

Como se puede apreciar, la condición mayor en este caso es la del 50 por ciento de $A_{s_{(-)}}$, por lo tanto se usa esa condición para este refuerzo, colocaremos 2 varillas no. 8 que nos dan un valor de 10,20 centímetros cuadrados.

Debido a que el $A_{s_{(+)req}}$ es mayor al $A_{s_{(+)}} = 10,20$ centímetros cuadrados utilizado longitudinalmente en la parte inferior de la viga, se debe agregar un riel en el centro para completar el refuerzo restante. Para determinar el refuerzo de acero necesario en el riel se utiliza la siguiente condición:

$$A_{s_r} = A_{s_{req}} - A_{s_{ci}}$$

Donde:

As_r = área de acero en el riel [cm^2]

As_{req} = área de acero requerido [cm^2]

As_{ci} = area de acero cama inferior [cm^2]

$$As_r = 11,24 - 10,20 = 1,04 \text{ cm}^2$$

Se propone 1 varilla no. 6 = 2,84 cm^2

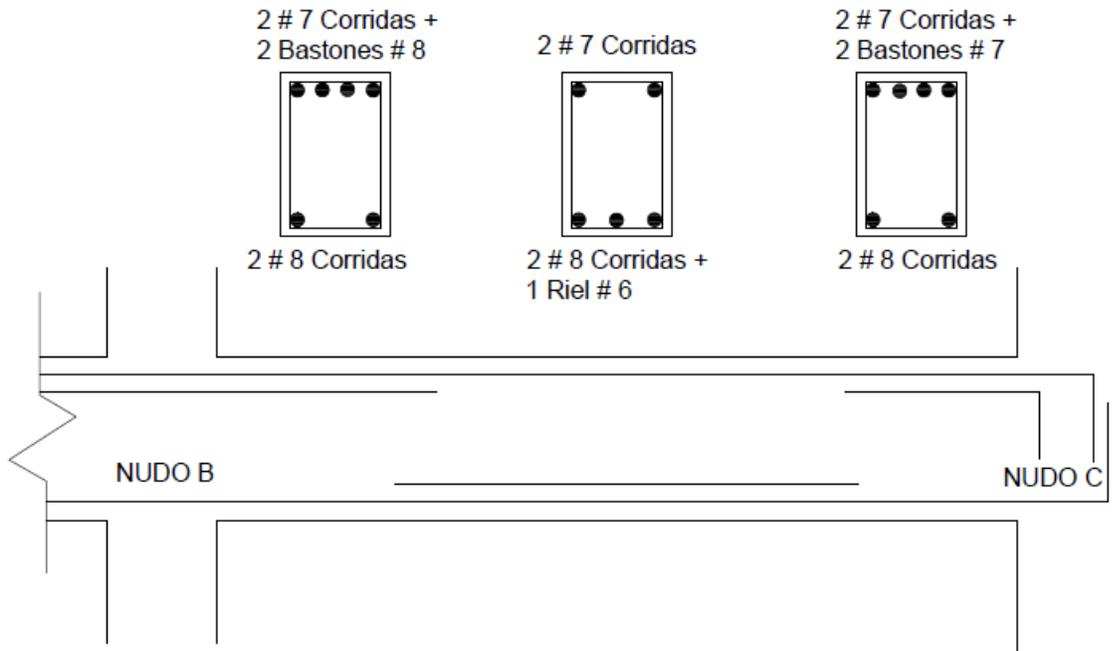
Tabla XVIII. **Refuerzo longitudinal para vigas, marco 3**

Viga	Mu [kg-m]			As _{req} [cm ²]			As _{final} [cm ²]		
	M ₍₋₎	M ₍₊₎	M ₍₋₎						
V _{AB}	9 746,10	-	11 990,45	10,45	-	13,03	10,58	-	13,42
	8 171,89	3 298,112	2 078,88	8,68	3,41	2,13	10,2	10,2	10,2
V _{BC}	14 860,69		12 553,08	16,46	-	13,69	17,94	-	15,48
	2 248,11	10 438,92	2 889,30	2,31	11,24	2,98	10,2	13,04	10,2

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede apreciar el refuerzo longitudinal para las vigas del marco 3.

Figura 45. **Refuerzo longitudinal final de la viga B-C (marco 3)**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9.2.2. Diseño por corte

Es la determinación del refuerzo transversal que se colocará en la viga, este refuerzo tiene como función principal resistir los esfuerzos de corte a los que estará sometida la viga.

El refuerzo transversal se coloca en forma de estribos, espaciados a intervalos variables a lo largo del eje de la viga. Para el cálculo se utilizaron los valores de cortes últimos en vigas, generados por la envolvente de momentos.

Determinación de fuerza cortante

Esfuerzo de corte que resiste el concreto:

$$V_{res} = 0,53 * \emptyset * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,53 * 0,85 * \sqrt{281} * 30 * 38,93 = 8\ 819,70 \text{ kg}$$

Corte actuante, según los datos obtenidos de la envolvente de momentos en las vigas del marco 3, en el tramo B – C.

$$V_{act} = 14\ 538,59 \text{ kg}$$

Comparamos el corte que resiste el concreto V_{res} con el corte actuante V_{act} , si $V_{res} \geq V_{act}$, la viga necesita estribos solo por armado, si al hacer la comparación resulta que $V_{res} < V_{act}$, la viga necesita estribos de confinamiento, al realizar la comparación para nuestro ejemplo, observamos que el $V_{res} < V_{act}$, por lo tanto, se necesita colocar estribos de confinamiento, se propone estribos no. 3, con área de acero de 0,71 centímetros cuadrados.

Zona confinada

El código ACI 318-05 en la sección 21.3.3.1.(a), requiere que deben disponerse estribos de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara de apoyo del elemento, hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento a flexión, como sigue:

$$L_{conf} = 2 * h = 2 * 0,45 = 0,90 \text{ m}$$

Separación de estribos de confinamiento

El código ACI 318-05 en la sección 21.3.3.2, requiere que el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos de confinamiento (S_{conf}) no debe de exceder el menor de:

- $d/4$
- ocho veces el diámetro de la barra longitudinal más pequeña
- veinticuatro veces el diámetro del estribo de confinamiento
- 30 centímetros

Al hacer la revisión:

- $\frac{38,93}{4} = 9,73 \text{ cm} = 0,09 \text{ m}$
- $8 * 1,91 = 15,28 \text{ cm} = 0,15 \text{ m}$
- $24 * 0,95 = 22,80 \text{ cm} = 0,22 \text{ m}$
- 0,30 m

Después de revisar las opciones se concluye que la separación de confinamiento $S_{conf} = 0,09 \text{ m}$, a lo largo de una distancia igual a 0,90 metros medida desde el extremo hasta el centro del miembro.

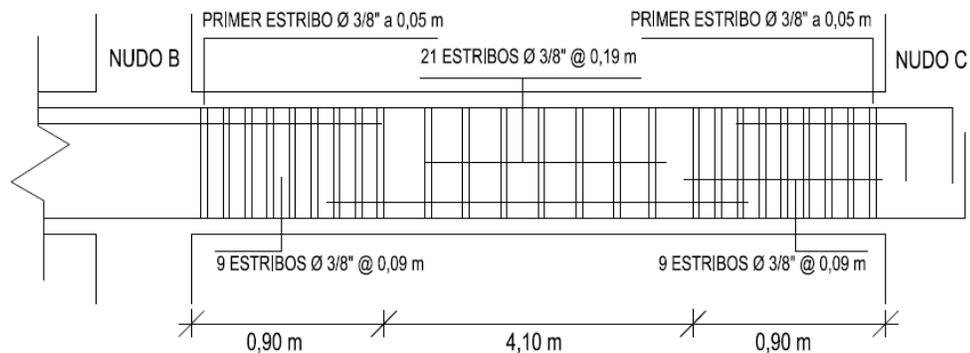
Separación de estribos estándar

Después de colocar los estribos de confinamiento dentro de la zona de confinamiento, se necesita colocar los estribos que servirán solo por armado, el espaciamiento de estos es $S_{max} = d/2$, utilizando como mínimo varillas no. 3.

$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{38,93}{2} = 19,46 \text{ cm} = 0,19 \text{ m}$$

Basados en los cálculos, para la viga B - C del primer nivel, el espaciamiento de los estribos resulta así: el primer estribo a 0,05 metros y en una distancia igual a 0,90 metros, desde el extremo al centro del miembro estarán situados a 0,09 metros y el resto a 0,17 metros. En la figura 46, se presenta el espaciamiento final de la viga B – C.

Figura 46. **Espaciamiento de estribos para la viga B – C (marco 3)**

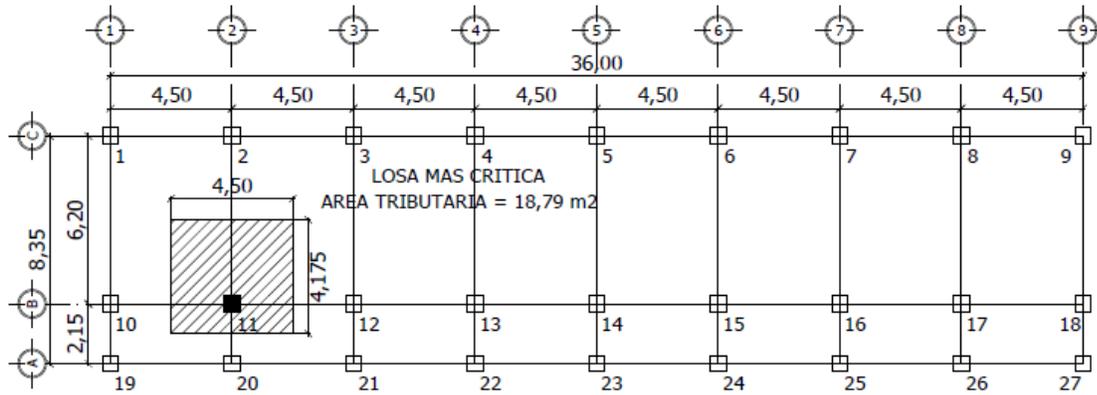


Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales sometidos a carga axial y momentos flexionantes, que son tomados del análisis estructural al igual que las dimensiones de las secciones de la columna, se toma para el diseño el mayor de los dos momentos actuantes en los extremos de la columna crítica para ambos sentidos. El refuerzo principal es el longitudinal, paralelo a la dirección de las cargas últimas verticales que soporta la columna, con base en el área tributaria de losas y vigas sobre la columna no. 11, como se muestra en la figura 47.

Figura 47. Área tributaria de la columna crítica



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Se utilizaron los siguientes datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

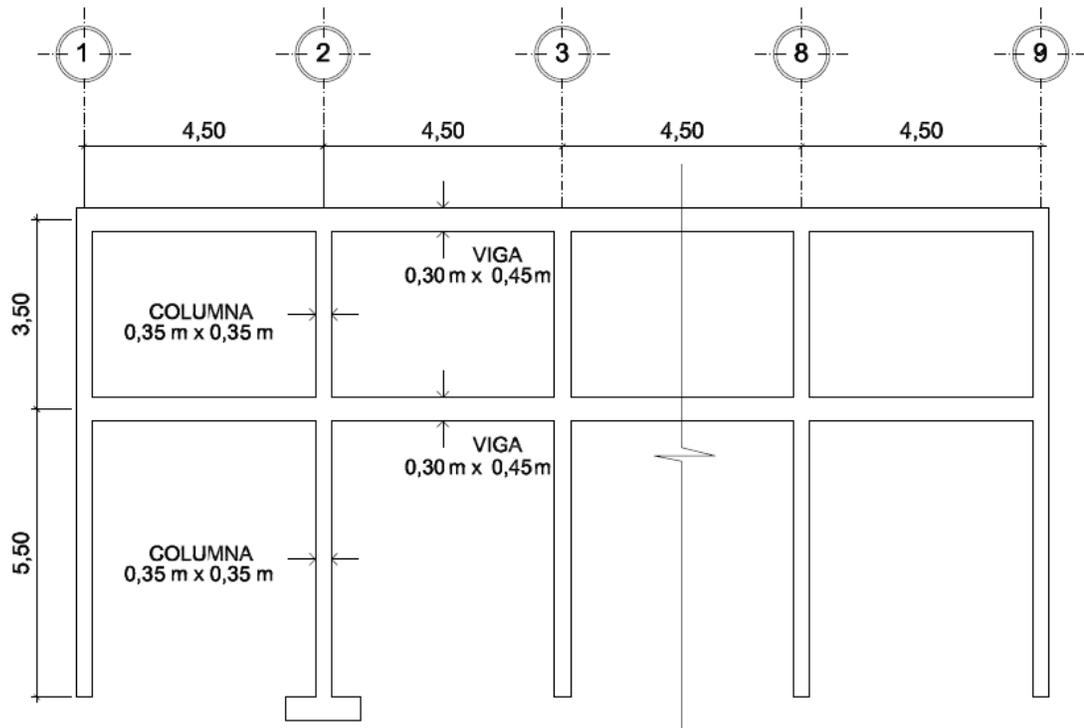
$$\gamma_{\text{conc}} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$L_x = 4,50 \text{ m}$$

$$L_y = 4,175 \text{ m}$$

Las figuras 48 y 49, muestran las dimensiones de la columna no. 11 y las dimensiones de las vigas, en ambos niveles.

Figura 48. Dimensiones de columna no. 11 y vigas, para el eje X



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Momentos últimos por la envolvente

Segundo Nivel

$$Mu_1 = Mu_x = 3\,824,96 \text{ kg-m}$$

$$Mu_2 = Mu_y = 6\,188,65 \text{ kg-m}$$

$$Vu_1 = Vu_x = 2\,096,45 \text{ kg}$$

$$Vu_2 = Vu_y = 3\,518,55 \text{ kg}$$

Primer Nivel

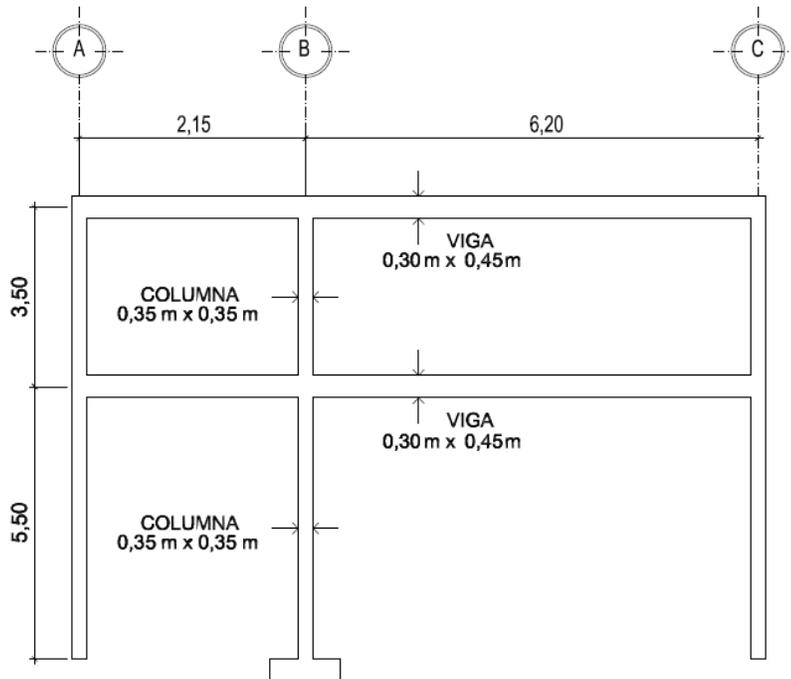
$$Mu_1 = Mu_x = 8\,604,24 \text{ kg-m}$$

$$Mu_2 = Mu_y = 8\,716,68 \text{ kg-m}$$

$$Vu_1 = Vu_x = 3\,069,58 \text{ kg}$$

$$Vu_2 = Vu_y = 3\,117,55 \text{ kg}$$

Figura 49. Dimensiones de columna no.11 y vigas, para el eje Y



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9.3.1. Carga axial (Pu)

Es la fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un miembro estructural, aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. Según la figura 31, el área tributaria para la columna crítica es la siguiente:

$$A_t = \left(\frac{4,50}{2} + \frac{4,50}{2} \right) * \left(\frac{6,20}{2} + \frac{2,15}{2} \right) = 18,79 \text{ m}^2$$

Segundo nivel

$$CM_2 = t * Y_{conc} + Y_{mz} + Y_{sc} + Y_{it}$$

$$CM_2 = 0,12 * 2\,400 + 60 + 20 + 20 = 388,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_2 = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_2 = 1,4 * CM_2 + 1,7 * CV_2 = 1,4 * 388 + 1,7 * 100 = 713,20 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU_2 = \frac{CU_2}{CM_2 + CV_2} = \frac{713,20}{388 + 100} = 1,46$$

$$Pu_2 = (A_t * CU_2) + [b_{v2} * h_{v2} * Y_{conc} * (L_x + L_y) * FCU_2]$$

$$Pu_2 = (18,79 * 713,20) + [0,30 * 0,45 * 2\,400 * (4,50 + 4,175) * 1,46]$$

$$Pu_2 = 17\,506,66 \text{ kg} = 17,51 \text{ ton}$$

$$Pu_{2\text{m}\acute{a}\text{x}} = \frac{Ag_2 * f'_c}{10} = \frac{35 * 35 * 281}{10} = 34\,422,50 \text{ kg}$$

$$Pu_2 < Pu_{2\text{m}\acute{a}\text{x}}$$

La carga axial para el segundo nivel no supera la carga axial máxima, por lo tanto se usará $Pu_2 = 17\,506,66$ kilogramos.

Primer nivel

$$CM_1 = t * Y_{conc} + Y_{ac} + Y_{sc} + Y_{it} + Y_{mu} + Y_p$$

$$CM_1 = 0,12 * 2\,400 + 60 + 20 + 20 + 150 + 100 = 638,00 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_1 = 50\% CV_{al} + 50\% CV_{pa} = 0,5 (500 + 200) = 350 \text{ kg/m}^2$$

$$CU_1 = 1,4 * CM_1 + 1,7 * CV_1 = 1,4 * 638 + 1,7 * 350 = 1\,488,20 \text{ kg/m}^2$$

$$FCU_1 = \frac{CU_1}{CM_1 + CV_1} = \frac{1\,488,20}{638 + 350} = 1,51$$

$$Pu_1 = (A_t * CU_1) + [b_{v1} * h_{v1} * Y_{conc} * (L_x + L_y) * FCU_1] + Pu_2$$

$$Pu_1 = (18,79 * 1\,488,20) + [0,30 * 0,45 * 2\,400 * (4,50 + 4,175) * 1,51] + 17\,506,66$$

$$Pu_1 = 49\,699,16 \text{ kg} = 49,70 \text{ ton}$$

$$P_{U_{1\text{m}\acute{a}\text{x}}} = \frac{A_{g_1} * f_c}{10} + P_{U_2} = \frac{35 * 35 * 281}{10} + 17\,506,66 = 51\,929,16 \text{ kg}$$

$$P_{U_1} > P_{U_{1\text{m}\acute{a}\text{x}}}$$

La carga axial para el primer nivel no supera la carga axial máxima, por lo tanto se usará $P_{U_1} = 49\,699,16$ kilogramos.

3.9.3.2. Determinación del efecto de esbeltez

El código ACI 318-05 en la sección 10.12.1, sugiere que para elementos a compresión en estructuras sin desplazamiento lateral, el factor de longitud efectiva (K), debe tomarse igual a 1,00 a menos que se demuestre por análisis que se justifica un valor más bajo. Según la sección 10.12.2, en estructuras sin desplazamiento lateral, se permite ignorar los efectos de esbeltez en elementos a compresión que satisfacen la siguiente relación:

$$E = \frac{K * L_u}{r}$$

$$r = 0,30 * b_c$$

Donde:

E = esbeltez

L_u = longitud de columna medida a rostro

K = factor de longitud efectiva

r = radio de giro

b_c = ancho de la columna

$$L_{u2} = 350 - 45 = 305 \text{ cm}$$

$$L_{u1} = 550 - 45 + 6 = 511 \text{ cm}$$

Cálculo del empotramiento a la rotación (ψ) y longitud efectiva (K)

Segundo nivel

Inercias:

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_{v2} = \frac{30 \cdot 45^3}{12} = 227\,812,50 \text{ cm}^4$$

$$I_{col2} = \frac{35 \cdot 35^3}{12} = 125\,052,083 \text{ cm}^4$$

Rigideces:

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

$$k_{v-x} = \frac{I_{v2}}{L_{izq-x}} + \frac{I_{v2}}{L_{der-x}} = \frac{227\,812,50}{450} + \frac{227\,812,50}{450} = 1\,012,50 \text{ cm}^3$$

$$k_{v-y} = \frac{I_{v2}}{L_{izq-y}} + \frac{I_{v2}}{L_{der-y}} = \frac{227\,812,50}{620} + \frac{227\,812,50}{215} = 1\,427,03 \text{ cm}^3$$

$$k_{col2} = \frac{I_{col2}}{L_{col2}} = \frac{125\,052,083}{305} = 410,01 \text{ cm}^3$$

$$k_{col1} = \frac{I_{col2}}{L_{col2}} = \frac{125\,052,083}{511} = 244,72 \text{ cm}^3$$

El factor de empotramiento a la rotación se calcula con la siguiente expresión:

$$\psi = \frac{\sum k_{col}}{\sum k_v}$$

Donde:

ψ = factor de empotramiento a la rotación

$\sum k_v$ = sumatoria de las rigideces de las vigas que llegan al nudo analizado

$\sum k_{col}$ = sumatoria de las rigideces de las columnas que llegan al nudo analizado

$$\Psi_{2x} = \frac{k_{col2}}{k_{v-x}} = \frac{410,01}{1\ 012,50} = 0,4049$$

$$\Psi_{2y} = \frac{k_{col2}}{k_{v-y}} = \frac{410,01}{1\ 427,03} = 0,2873$$

$$\Psi_{1x} = \frac{k_{col1}}{k_{v-x}} = \frac{244,72}{1\ 012,50} = 0,2417$$

$$\Psi_{1y} = \frac{k_{col1}}{k_{v-y}} = \frac{244,72}{1\ 427,03} = 0,1715$$

En las figuras 48 y 49, se detallan las dimensiones de la región de interés para el cálculo de las rigideces. Nótese que para el cálculo del empotramiento a la rotación (ψ), no hubo la necesidad de calcular el módulo de elasticidad del concreto puesto que todos los miembros son del mismo material.

Según el comentario R-10.12.1, se permite calcular la longitud efectiva (K), por medio de las siguientes ecuaciones, donde: ψ_m es el promedio de ψ_1 y ψ_2 .

$$\text{Si } \Psi_m < 2, \text{ entonces: } K = \left(\frac{20 - \Psi_m}{20} \right) * \sqrt{1 + \Psi_m}$$

$$\text{Si } \Psi_m \geq 2, \text{ entonces: } K = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_m}$$

$$\Psi_{xm} = \frac{(\Psi_{2x} + \Psi_{1x})}{2} = \frac{(0,4 + 0,2417)}{2} = 0,3233$$

$$\Psi_{ym} = \frac{(\Psi_{2y} + \Psi_{1y})}{2} = \frac{(0,2873 + 0,1715)}{2} = 0,2294$$

$$K_{x2} = \left(\frac{20 - 0,3233}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,3233} = 1,1317$$

$$K_{y2} = \left(\frac{20 - 0,2294}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,2294} = 1,096$$

$$E_{x2} = \frac{1,1317 * 305}{0,3 * 35} = 32,87$$

$$E_{y2} = \frac{1,096 * 305}{0,3 * 35} = 31,84$$

Primer nivel

Inercias:

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I_{v1} = \frac{30 * 45^3}{12} = 227\,812,50 \text{ cm}^4$$

$$I_{col1} = \frac{35 * 35^3}{12} = 125\,052,083 \text{ cm}^4$$

Rigideces:

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

$$k_{v-x} = \frac{I_{v1}}{L_{izq-x}} + \frac{I_{v1}}{L_{der-x}} = \frac{227\,812,50}{450} + \frac{227\,812,50}{450} = 1\,012,50 \text{ cm}^3$$

$$k_{v-y} = \frac{I_{v1}}{L_{izq-y}} + \frac{I_{v1}}{L_{der-y}} = \frac{227\,812,50}{620} + \frac{227\,812,50}{215} = 1\,427,03 \text{ cm}^3$$

$$k_{col1} = \frac{I_{col1}}{L_{col1}} = \frac{125\,052,083}{511} = 244,72 \text{ cm}^3$$

$$k_{col0} = \frac{I_{col0}}{L_{col0}} = \frac{125\,052,083}{511} = 244,72 \text{ cm}^3$$

$$\Psi_{1x} = \frac{k_{col1}}{k_{v-x}} = \frac{244,72}{1\ 012,50} = 0,2417$$

$$\Psi_{1y} = \frac{k_{col1}}{k_{v-y}} = \frac{244,72}{1\ 427,03} = 0,1715$$

Según el comentario R-10.12.1, cuando la base se toma como empotramiento perfecto, se permite considerar: $\psi_{0x} = \psi_{0y} = 0$.

$$\Psi_{xm} = \frac{(\Psi_{1x} + \Psi_{0x})}{2} = \frac{(0,2417 + 0)}{2} = 0,12085$$

$$\Psi_{ym} = \frac{(\Psi_{1y} + \Psi_{0y})}{2} = \frac{(0,1715 + 0)}{2} = 0,08575$$

$$K_{x1} = \left(\frac{20 - 0,12085}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,12085} = 1,0523$$

$$K_{y1} = \left(\frac{20 - 0,08575}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,08575} = 1,0375$$

$$E_{x1} = \frac{1,0523 * 511}{0,3 * 35} = 51,21$$

$$E_{y1} = \frac{1,0375 * 511}{0,3 * 35} = 50,49$$

Para los dos niveles no se cumple con la relación que establece la sección 10.13.2 del ACI 318-05, por lo que se tiene una columna esbelta, ya que según el comentario R10.11.5, no sobrepasa el límite $K = 100$; entonces si se consideran los efectos de esbeltez en ambos niveles y para los dos sentidos, por consiguiente se deben magnificar los momentos.

3.9.3.3. Magnificadores de momento

En la determinación del factor de amplificación sismo (δ_s), recuerde que solo se debe tomar en cuenta la carga del sismo. El código ACI 318-05, en la

sección 10.13.3, requiere que los momentos de diseño M_{d1} y M_{d2} en los extremos de un elemento individual a compresión deben tomarse como:

$$M_{d1} = \delta_s * M_{u1}$$

$$M_{d2} = \delta_s * M_{u2}$$

Donde:

M_d = momento de diseño

δ_s = factor de amplificación de sismo

M_u = momento último

El código ACI 318-05 en la sección 10.12.3.1, necesita que, para elementos con carga transversal, C_m debe tomarse igual a 1,00. Y la sección 10.13.4.3, sugiere que alternativamente se puede calcular $\delta_s * M_s$ como:

$$\delta_s * M_u = \frac{M_u}{1 - \frac{P_u}{0,75 * P_c}} \geq M_u$$

Donde:

δ_s = factor de amplificación de sismo

M_u = momento último

P_u = carga axial

P_c = carga crítica

La carga crítica P_c , se calcula de la siguiente manera:

$$P_c = \frac{\pi^2 * E_c * I}{(K * L_u)^2}$$

Donde:

P_c = carga crítica

I = inercia del elemento

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'_c}$$

K = rigidez del elemento

L_u = longitud de columna medida a rostro

Según el comentario R10.13.4.1, β_d será normalmente cero para una estructura no arriostrada, en el cálculo de $E_c * I$, debido a que las cargas laterales son generalmente de corta duración. Entonces $E_c * I$ debe tomarse como $0,4 * E_c * I_g$.

Segundo nivel

$$E_c * I_g = 0,4 * 15\,100 * \sqrt{281} * \frac{35 * 35^3}{12} = 1,266 * 10^{10} \text{ kg-cm}^2$$

$$E_c * I = 1\,266,14 \text{ ton-m}^2$$

$$P_{C_{x2}} = \frac{\pi^2 * 1\,266,14}{(1,1317 * 3,05)^2} = 1\,048,75 \text{ ton}$$

$$P_{C_{y2}} = \frac{\pi^2 * 1\,266,14}{(1,096 * 3,05)^2} = 1\,118,17 \text{ ton}$$

$$P_{U_2} = 17\,506,66 \text{ kg}$$

$$\delta_{s-x2} = \frac{1}{1 - \frac{17,51}{0,75 * 1\,048,75}} = 1,024$$

$$\delta_{s-y2} = \frac{1}{1 - \frac{17,51}{0,75 * 1\,118,17}} = 1,0229$$

$$M_{d_{x2}} = \delta_{s-x2} * M_{u_{x2}} = 1,024 * 3\,824,96 = 3\,918,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{d_{y2}} = \delta_{s-y2} * M_{u_{y2}} = 1,0229 * 6\,188,65 = 6\,330,24 \text{ kg-m}$$

Primer nivel

$$E_c * I_g = 0,4 * 15\ 100 * \sqrt{281} * \frac{35 * 35^3}{12} = 1,266 * 10^{10} \text{ kg-cm}^2$$

$$E_c * I = 1\ 266,14 \text{ ton-m}^2$$

$$P_{C_{x1}} = \frac{\pi^2 * 1\ 266,14}{(1,0523 * 5,11)^2} = 432,171 \text{ ton}$$

$$P_{C_{y1}} = \frac{\pi^2 * 1\ 266,14}{(1,0375 * 5,11)^2} = 444,57 \text{ ton}$$

$$P_{U_1} = 49\ 699,16 \text{ kg}$$

$$\delta_{s-x1} = \frac{1}{1 - \frac{49,70}{0,75 * 432,171}} = 1,20$$

$$\delta_{s-y1} = \frac{1}{1 - \frac{49,70}{0,75 * 444,57}} = 1,19$$

$$M_{d_{x1}} = \delta_{s-x1} * M_{u_{x1}} = 1,20 * 8\ 604,24 = 10\ 296,65 \text{ kg-m}$$

$$M_{d_{y1}} = \delta_{s-y1} * M_{u_{y1}} = 1,19 * 8\ 716,68 = 10\ 373,308 \text{ kg-m}$$

3.9.3.4. Refuerzo longitudinal

Para el cálculo del refuerzo longitudinal se utilizará el método de Bressler, que consiste en una aproximación del perfil de la superficie de la falla; además, es uno de los métodos más utilizados, porque su procedimiento es sencillo y produce resultados satisfactorios. La idea fundamental es aproximar el valor $1/P'u$ por un punto del plano determinado por tres valores: carga axial ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x (ϕP_{nx}) y carga de falla para una excentricidad e_y (ϕP_{ny}).

Cálculo de límites de acero

El código ACI 318-05, en la sección 21.4.3.1, establece que el área de refuerzo longitudinal no debe ser menor a $0,01 * \text{área gruesa}$ ni mayor a $0,06 * \text{área gruesa}$.

$$As_{\text{mín}2} = As_{\text{mín}1} = 0,01 * 35 * 35 = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$As_{\text{máx}2} = As_{\text{máx}1} = 0,06 * 35 * 35 = 73,50 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado inicial de:

$$As_2 = 8 \text{ No. 6} = 8 * 2,838 = 22,704 \text{ cm}^2 \text{ si esta en el rango.}$$

$$As_1 = 8 \text{ No. 8} = 8 * 5,096 = 40,768 \text{ cm}^2 \text{ si esta en el rango.}$$

Valores a utilizar en los diagramas

Para este método se emplea los diagramas de interacción para diseño de columnas (ver anexos). El código ACI 318-05, en la sección 7.7.1, establece que se debe proporcionar un recubrimiento mínimo al refuerzo para columnas igual a 4 centímetros, en este caso se utilizó el mínimo que es 4 centímetros.

$$\gamma_x = \gamma_y = \frac{b_c - 2 * \text{rec}}{h_c}$$

Donde:

γ_x = valor a utilizar en la gráfica para el sentido x

γ_y = valor a utilizar en la gráfica para el sentido y

b_c = ancho de la sección de la columna

rec = recubrimiento

h_c = altura de la sección de columna

$$Y_{x2} = Y_{y2} = \frac{35 - 2 * 4}{35} = 0,7714 \approx 0,75$$

$$Y_{x1} = Y_{y1} = \frac{35 - 2 * 4}{35} = 0,7714 \approx 0,75$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g}$$

Donde:

ρ = cuantía de acero

A_s = área de acero

A_g = área gruesa

$$\rho_2 = \frac{22,704}{35 * 35} = 0,0185$$

$$\rho_1 = \frac{40,768}{35 * 35} = 0,0333$$

$$e_x = \frac{M_{dx2}}{P_u}$$

$$e_{x2} = \frac{M_{dx2}}{P_{u2}} = \frac{3\,918,40}{17\,506,66} = 0,224 \text{ m}$$

$$e_{x1} = \frac{M_{dx1}}{P_{u1}} = \frac{10\,295,65}{49\,699,16} = 0,2072 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{dy2}}{P_u}$$

$$e_{y2} = \frac{M_{dy2}}{P_{u2}} = \frac{6\,330,24}{17\,506,66} = 0,362 \text{ m}$$

$$e_{y1} = \frac{M_{dy1}}{P_{u1}} = \frac{10\,373,308}{49\,699,16} = 0,2087 \text{ m}$$

Al conocer las excentricidades, se calcula el valor de las diagonales:

$$\frac{e_{x2}}{h_{c2}} = \frac{0,224}{0,35} = 0,64$$

$$\frac{e_{x1}}{h_{c1}} = \frac{0,2072}{0,35} = 0,59$$

$$\frac{e_{y2}}{h_{c2}} = \frac{0,362}{0,35} = 1,03$$

$$\frac{e_{y1}}{h_{c1}} = \frac{0,2087}{0,35} = 0,60$$

Con los valores obtenidos en los últimos cuatro pasos, se realiza la iteración en las gráficas de resistencia de columnas para $\gamma = 0,75$ (ver anexos), dando como resultado:

Para la columna del segundo nivel

Sentido X

Iterando (0,0185, 0,64)

$$0,70 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2} = 49,139 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\phi P n_x}{A_g}$$

$$\phi P n_x = 49,139 * A_g$$

donde:

$\phi P n_x$ = carga axial en columna aplicada con una excentricidad [kg]

A_g = área gruesa [cm²]

$$\phi P n_{2x} = 49,139 * 1\,225 = 60\,195,98 \text{ kg}$$

Sentido Y

Iterando (0,0185, 1,03)

$$0,40 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2} = 28,0796 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\phi Pn_{2y}}{Ag}$$

$$\phi Pn_{2y} = 28,0796 * 1\,225 = 34\,397,51 \text{ kg}$$

Para la columna del primer nivel

Sentido X

Iterando (0,0333, 0,59)

$$1,09 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2} = 76,517 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\phi Pn_{1x}}{Ag}$$

$$\phi Pn_{1x} = 76,517 * 1\,225 = 93\,733,7489 \text{ kg}$$

Sentido Y

Iterando (0,0333, 0,60)

$$1,08 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2} = 75,814 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\phi Pn_{1y}}{Ag}$$

$$\phi Pn_{1y} = 75,814 * 1\,225 = 92\,873,277 \text{ kg}$$

Como las columnas son cuadradas, la relación entre la menor dimensión y la perpendicular es mayor que 0,40, por lo tanto se cumple con lo establecido por el código y se considera como pórtico especial resistente a momentos.

Cálculo de la carga axial de resistencia

De igual manera que el paso anterior, se realiza la iteración en las gráficas de resistencia de columnas para un valor de $e = 0$, dando como resultado:

Para la columna del primer nivel

Iterando (0,033, 0)

$$3,75 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2} = 263,246 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\phi P_{o_n}}{A_g}$$

$$\phi P_{o_n} = 263,246 * A_g$$

Donde:

ϕP_{o_n} = carga axial de la columna aplicada sin excentricidad [kg]

A_g = área gruesa [cm^2]

$$\phi P_{o_1} = 263,246 * 1\,225 = 322\,476,35 \text{ kg}$$

Para la columna del segundo nivel

Iterando (0,0185, 0)

$$3,10 \frac{\text{klb}}{\text{pulg}^2} = 217,6169 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = \frac{\phi P_{o_2}}{A_g}$$

$$\phi P_{o_2} = 217,6169 * 1\,225 = 266\,580,7025 \text{ kg}$$

Cálculo de la carga de resistencia de la columna ($P'u$)

De la ecuación:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{\phi P'_{nx}} + \frac{1}{\phi P'_{ny}} - \frac{1}{P_{on}}$$

$$\frac{1}{P'u_2} = \frac{1}{60\,195,98} + \frac{1}{34\,397,706} - \frac{1}{266\,580,703}$$

$$P'u_2 = 23\,847,62 \text{ kg} > 17\,506,66 \text{ kg, si resiste}$$

$$\frac{1}{P'u_1} = \frac{1}{93\,733,7489} + \frac{1}{92\,873,277} - \frac{1}{322\,476,35}$$

$$P'u_1 = 54\,540,87 \text{ kg} > 49\,699,16 \text{ kg, si resiste}$$

Como la carga de resistencia de la columna supera a la fuerza axial mayorada en ambos niveles, entonces el armado propuesto si resiste las cargas aplicadas.

3.9.3.5. Refuerzo transversal

Se proveerá de refuerzo transversal por medio de estribos, para resistir los esfuerzos de corte y armado. Por otro lado, en zonas sísmicas como en Guatemala, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas, lo que se logra por medio del confinamiento de estribos en los extremos de la misma. El resultado del confinamiento es un aumento en el esfuerzo de ruptura del concreto y, además, permite una deformación unitaria mayor del elemento.

Se debe revisar V_{res} y V_u , con los siguientes criterios:

Si $V_{res} > V_u$, se colocan estribos a $S = d/2$

Si $V_{res} < V_u$, se diseñan los estribos por corte

Se calcula el corte resistente:

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b_c * d$$

Según el código ACI 318-05, en la sección 21.3.3.4, cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento, deben colocarse estribos con

ganchos sísmicos en ambos extremos, espaciados a no más de $d/2$ en toda la longitud del elemento.

Segundo nivel

$$d_{c2} = h_{c2} - \text{rec} - \phi_{vt} - \frac{\phi_{vl}}{2}$$

$$d_{c2} = 35 - 4 - 0,95 - \frac{1,91}{2} = 29,0925 \text{ cm}$$

$$V_{res2} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 35 * 29,0925 = 7\ 689,4813 \text{ kg}$$

$$V_u = 3\ 518,55 \text{ kg, se obtuvo del análisis estructural}$$

$V_{res} > V_u$, los estribos se colocaran en zona no confinada a $d/2$

$$S = \frac{d_{c2}}{2} = \frac{29,0925}{2} = 14,546 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

Los estribos de varilla no. 3 se colocaran a cada 0,14 metros.

Primer nivel

$$d_{c1} = h_{c1} - \text{rec} - \phi_{vt} - \frac{\phi_{vl}}{2}$$

$$d_{c1} = 35 - 4 - 0,95 - \frac{2,54}{2} = 28,7775 \text{ cm}$$

$$V_{res1} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 35 * 28,7775 = 7\ 606,2231 \text{ kg}$$

$$V_u = 3\ 117,55 \text{ kg, se obtuvo del análisis estructural}$$

$V_{res} > V_u$, los estribos se colocaran en zona no confinada a $d/2$

$$S = \frac{d_{c1}}{2} = \frac{28,7775}{2} = 14,3887 \text{ cm} \approx 14 \text{ cm}$$

Los estribos de varilla no. 3 se colocaran a cada 0,14 metros.

Refuerzo transversal por confinamiento

El código ACI 318-05, en la sección 21.4.4.4, sugiere que el refuerzo transversal por confinamiento debe suministrarse sobre una longitud, medida desde la cara del nudo y ambos lados de cualquier sección, donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del marco, dicha longitud no debe ser menor que el mayor de:

Segundo nivel

- Altura del elemento = $h_c = 0,35$ m
- 1/6 de la luz libre = $L_u = 3,05 / 6 = 0,51$ m
- 0,45 m

Con base en lo anterior, se eligió una longitud de confinamiento para el segundo nivel de 0,55 metros en ambos extremos de la columna.

Primer nivel

- Altura del elemento = $h_c = 0,35$ m
- 1/6 de la luz libre = $L_u = 5,11 / 6 = 0,85$ m
- 0,45 m

Con base en lo anterior, se eligió una longitud de confinamiento para el primer nivel de 0,85 metros en ambos extremos de la columna.

Espaciamiento del refuerzo

El código ACI 318-05, en la sección 21.4.4.1.(b), necesita que el área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares (A_{sh}) no sea menor que la requerida por la siguiente ecuación:

$$A_{sh} = 0,30 * \frac{S * b_{ch} * f'_c}{f_y} * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

Donde:

S = espaciamiento en la longitud de confinamiento

f'_c = resistencia a la compresión del concreto

f_y = resistencia a la fluencia del acero de refuerzo

A_g = Área bruta de la sección

A_{ch} = Área de la sección transversal de un elemento, medidas desde los bordes exteriores del refuerzo transversal

A_{sh} = Área total del refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocado dentro del espaciamiento y perpendicular a la dimensión b

b_{ch} = Dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área A_{sh}

Segundo nivel

Se propone refuerzo transversal no. 3 con doble estribo rotado 45 grados:

$$A_{sT} = 0,7096 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 2 * 2 * A_{sT} = 2 * 2 * 0,7096 = 2,8384 \text{ cm}^2$$

$$b_{ch} = 35 - 2 * 4 = 27 \text{ cm}$$

$$A_{ch} = 27 * 27 = 729 \text{ cm}^2$$

$$2,8384 = 0,30 * \frac{S * 27 * 281}{4 * 200} * \left(\frac{35 * 35}{729} - 1 \right) = 0,3687 * S$$

$$S = \frac{2,8384}{0,3687} = 7,6984 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

Primer nivel

Se propone refuerzo transversal No. 3 con doble estribo rotado 45 grados:

$$A_{sT} = 0,7096 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 2 * 2 * A_{sT} = 2 * 2 * 0,7096 = 2,8384 \text{ cm}^2$$

$$b_{ch} = 35 - 2 * 4 = 27 \text{ cm}$$

$$A_{ch} = 27 * 27 = 729 \text{ cm}^2$$

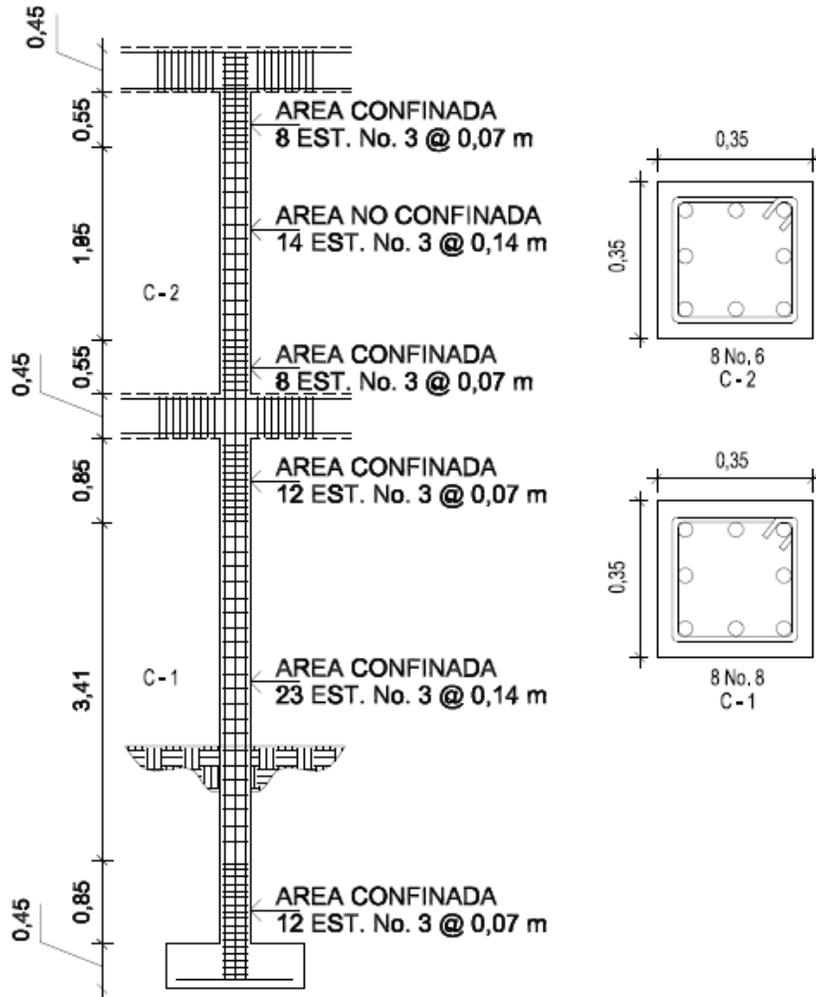
$$2,8384 = 0,30 * \frac{S * 27 * 281}{4 * 200} * \left(\frac{35 * 35}{729} - 1 \right) = 0,3687 * S$$

$$S = \frac{2,8384}{0,3687} = 7,6984 \text{ cm} \approx 7 \text{ cm}$$

El armado propuesto para todas las columnas es el siguiente (ver figura 46):

Para el segundo nivel se utilizarán 8 varillas no. 6 longitudinales con doble estribo no. 3 de confinamiento a cada 0,07 metros, en una longitud de 0,55 metros medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz y el resto a cada 0,14 metros. Para el primer nivel se utilizarán 8 varillas no. 8 longitudinales con doble estribo no. 3 de confinamiento a cada 0,07 metros, en una longitud de 0,85 metros medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz y el resto a cada 0,14 metros.

Figura 50. Elevación típica de columnas



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9.4. Diseño de cimientos

Los cimientos son elementos estructurales destinados a recibir las cargas propias y las aplicaciones exteriores a la misma, estos, a su vez, transmiten la acción de las cargas sobre el suelo. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se consideró, principalmente, el tipo de estructura, la naturaleza de las cargas

que se aplicaran, las condiciones del suelo y el costo de la misma. Se diseñaron dos tipos de zapatas y el cimiento corrido bajo los muros de mampostería.

3.9.4.1. Diseño de zapatas

Para el diseño de las zapatas se tomaron los momentos críticos o mayores de entre todas las zapatas, que resultaron de la envolvente de momentos en kilogramos-metro. Para este proyecto se diseñaran dos tipos de zapatas; la zapata aislada o concéntrica se diseñara para todas las zapatas del eje C y la zapata combinada para los ejes A y B.

3.9.4.1.1. Diseño de zapatas aisladas

Son un tipo de cimentación superficial, que sirve de base de elementos estructurales puntuales como son: las columnas y los pilares; de modo que esta zapata amplía la superficie de apoyo hasta lograr que el suelo soporte sin problemas la carga que le transmite.

Zapata tipo 1

Se denomina con este nombre a todas las zapatas del eje C, las cuales se diseñan como zapatas aisladas, debido a que no tiene ninguna restricción en cuanto a colindancias de terreno o cercanía a alguna otra zapata.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{\text{conc}} = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$M_x = 8,604 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 8,717 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 67,618 \text{ ton}$$

$$\gamma_s = 1,14 \text{ ton/m}^3$$

$$q_d = 32 \text{ ton/m}^2$$

$$D_f = 2,00 \text{ m}$$

$$FCU = 1,49$$

Cálculo de las cargas de trabajo

$$P'_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{67,618}{1,49} = 45,38 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{FCU} = \frac{8,604}{1,49} = 5,77 \text{ ton-m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{FCU} = \frac{8,717}{1,49} = 5,85 \text{ ton-m}$$

Predimensionamiento del área de la zapata

$$A_{z-\min} = \frac{1,50 P'_t}{q_d} = \frac{1,50 * 45,38}{32} = 2,13 \text{ m}^2$$

Se propone usar dimensiones aproximadas:

$$B = 1,80 \text{ m}$$

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

$$A_z = B^2 = 1,80 * 1,80 = 3,24 \text{ m}^2 > 2,13 \text{ m}^2$$

Revisión de la presión sobre el suelo

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

Se debe tomar en cuenta que la presión sobre el suelo (q) no debe ser negativa, ni mayor que el valor soporte (q_d). Para la zapata se tiene:

$$S_x = S_y = \frac{B^3}{6} = \frac{(1,80)^3}{6} = 0,972 \text{ m}^3$$

$$P = P'_t + P_{col2} + P_{col1} + P_s + P_{cim}$$

$$P = P'_t + b_{c2} * h_{c2} * L_{c2} * \gamma_{conc} + b_{c1} * h_{c1} * L_{c1} * \gamma_{conc} + A_z * D_f * \gamma_s + A_z * t * \gamma_{conc}$$

$$P = 45,38 + 0,35 * 0,35 * 3,50 * 2,40 + 0,35 * 0,35 * 5,11 * 2,40 + 3,24 * 2,00 * 1,14 + 3,24 * 0,50 * 2,40 = 59,19 \text{ ton}$$

$$q = \frac{59,19}{3,24} \pm \frac{5,77}{0,972} \pm \frac{5,85}{0,972}$$

$$q_{\text{máx}} = 30,23 \text{ ton/m}^2 < 32,00 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{\text{mín}} = 6,31 \text{ ton/m}^2 > 0$$

Ya que la presión sobre el suelo está dentro de los rangos aceptables, entonces, la dimensión del lado de zapata es correcta.

Presión última

Se toma en cuenta que la presión debajo de la zapata en un punto, es distinta a la localizada en cualquier otro, por criterios de diseño se trabajó con una presión constante, la cual puede ser un valor que se encuentre entre q_{med} y $q_{\text{máx}}$. Al tener un criterio muy conservador se tomará $q_{\text{máx}}$; por lo tanto, se obtiene una presión de diseño última de:

$$q_u = q_{\text{máx}} * FCU = 30,23 * 1,49 = 45,04 \text{ ton/m}^2$$

Peralte efectivo

El código ACI 318-05, en la sección 7.7.1, requiere que para elementos colocados contra el suelo y expuestos permanentemente a él, se debe de proporcionar recubrimiento mínimo de 7,5 centímetros, para proteger el refuerzo de la corrosión.

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

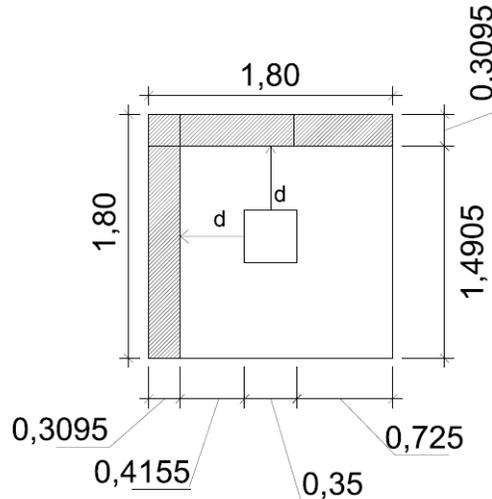
Se utiliza varilla No. 6:

$$d = 50 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 41,55 \text{ cm}$$

Revisión por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual al peralte efectivo (d) del borde de la columna; por tal razón, se debe comparar en ese límite, si el corte resistente es mayor que el actuante.

Figura 51. Corte simple en zapata tipo 1



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

En la figura se presenta la zapata vista en planta, en esta se puede apreciar el área marcada en donde podría ocurrir la falla por esfuerzo cortante.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b_c}{2} - d = \frac{1,80}{2} - \frac{0,35}{2} - 0,4155 = 0,3095 \text{ m}$$

$$V_{act} = B * x * q_u = 1,80 * 0,3095 * 45,04 = 25,10 \text{ ton}$$

$$V_{res} = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * B * d$$

El código ACI 318-05 en el apéndice C 3.2.3, requiere que se debe de tomar un factor de reducción (ϕ) debido al corte igual a 0,85.

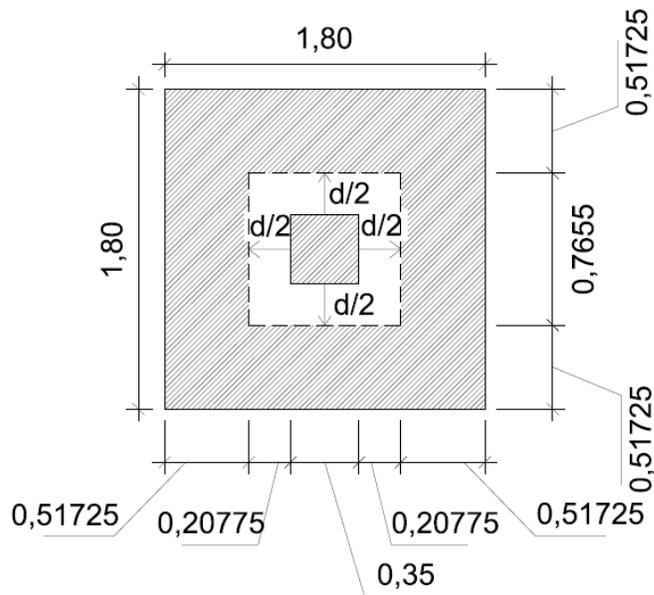
$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 180 * 41,55 = 56\ 378,99 \text{ kg} = 56,38 \text{ ton}$$

$V_{act} < V_{res}$, si cumple; el peralte propuesto resiste al corte simple.

Revisión por corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte que se producen del perímetro de la misma hacia el límite en donde ocurre la falla, a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna, como se puede apreciar en la figura 52.

Figura 52. **Corte punzonante en zapata tipo 1**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

La revisión que se realiza es la siguiente:

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

Donde:

b_o = longitud de la base de contacto [cm]

d = peralte efectivo [cm]

b_c = ancho de la columna [cm]

$$b_o = 4 * (41,55 + 35) = 306,20 \text{ cm}$$

$$V_{act} = [A_z - (d + b_c)]^2 * q_u$$

Donde:

V_{act} = corte actuante [ton]

A_z = área de la zapata [m^2]

d = peralte efectivo [m]

b_c = ancho de la columna [m]

q_u = valor soporte último [ton/m^2]

$$V_{act} = [3,24 - (0,4155 + 0,35)^2] * 45,04 = 119,54 \text{ ton}$$

$$V_{res} = \phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d$$

Donde:

V_{res} = corte resistente [ton]

ϕ = factor de reducción de resistencia

f'_c = resistencia a la compresión del concreto [kg/cm^2]

b_o = longitud de la base de contacto [cm]

d = peralte efectivo [cm]

$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{281} * 306,20 * 41,55 = 191\ 813,88 \text{ kg} = 191,81 \text{ ton}$$

$V_{act} < V_{res}$, si cumple; el peralte propuesto resiste el corte por punzonamiento.

Diseño del refuerzo

El empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos. El cálculo del momento último se define tomando la losa en voladizo, con la fórmula:

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2} * FU$$

$$L = (B - b_c) / 2$$

Donde:

L = distancia del rostro de la columna al final de la zapata

FU = franja unitaria de 1,00 m

$$M_u = \frac{45\,038,844 * \left(\frac{1,80}{2} - \frac{0,35}{2}\right)^2}{2} * 1,00 = 11\,836,77 \text{ kg-m}$$

El área de acero se define por la ecuación:

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

$$b = FU = 100 \text{ cm}$$

$$A_s = \left[100 * 41,55 - \sqrt{(100 * 41,55)^2 - \frac{11\,836,77 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2\,810}$$

$$A_s = 11,49 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 100 * 41,55}{2810} = 20,92 \text{ cm}^2$$

Dado a que $A_s < A_{s_{\min}}$, se usará $A_{s_{\min}}$.

Cama inferior

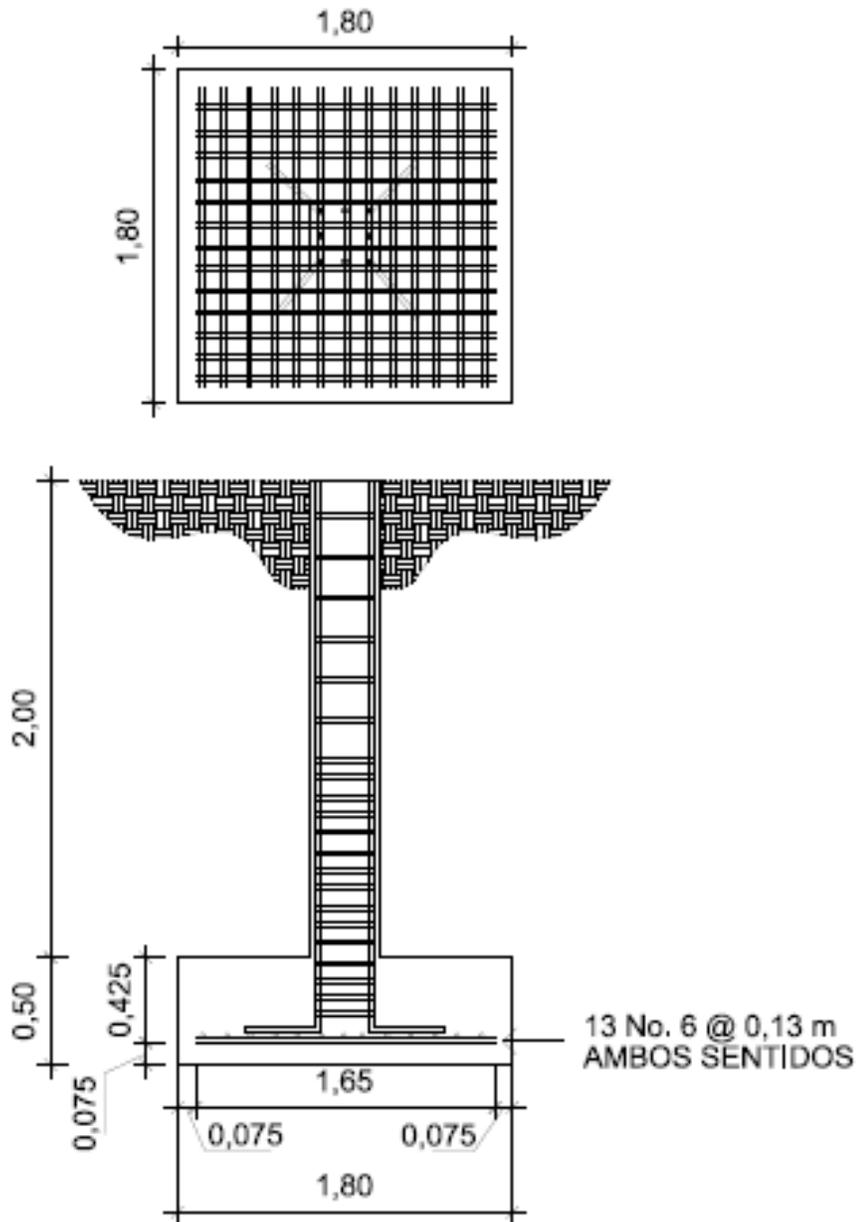
Espaciamiento entre varillas, se usará varilla No. 6 (2,85 cm²):

$$\begin{array}{l} 20,92 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm} \\ 2,85 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S \end{array}$$

$$S = \frac{2,85 * 100}{20,92} = 13,62 \text{ cm} \approx 0,13 \text{ m}$$

Por lo tanto, para el armado de la zapata (ver la figura 53) se utilizará varilla no.6 a cada 0,13 metros, en ambos sentidos.

Figura 53. Armado final para zapata tipo 1



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Zapata tipo 2

Se denomina con este nombre a las cuatro zapatas que resisten la carga de las gradas, las cuales se diseñan como zapatas aisladas, debido a que no tiene ninguna restricción en cuanto a colindancias de terreno o cercanía a alguna otra zapata.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{\text{conc}} = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$M_x = 2,68 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 2,73 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 22,98 \text{ ton}$$

$$\gamma_s = 1,14 \text{ ton/m}^3$$

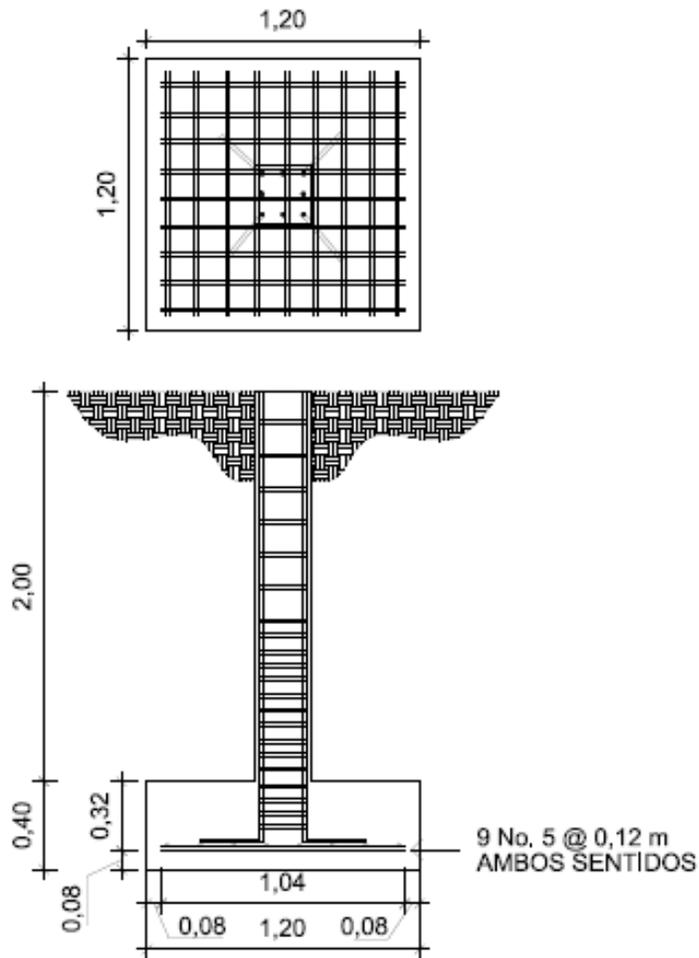
$$q_d = 32 \text{ ton/m}^2$$

$$D_f = 2,00 \text{ m}$$

$$FCU = 1,49$$

Con los datos anteriores, se diseñó el armado de la zapata tipo 2 (ver la figura 54), se utilizó el mismo procedimiento anterior, por lo tanto, se utilizarán varillas no. 5 a cada 0,12 metros.

Figura 54. Armado final para zapata tipo 2



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9.4.1.2. Diseño de zapata combinada

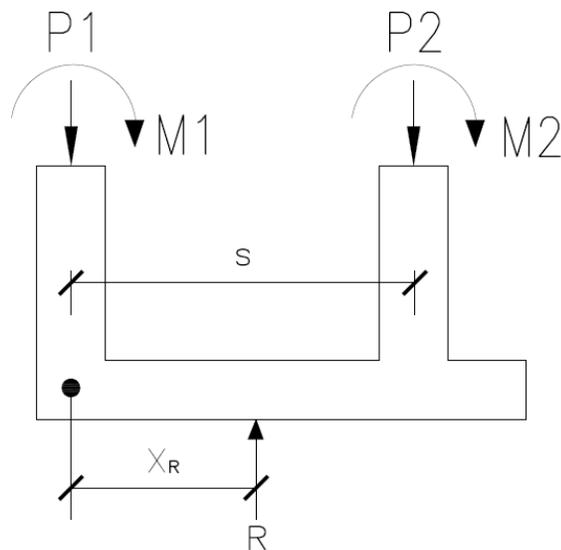
Se le denomina zapata combinada, a las zapatas superficiales que sostienen más de una columna. Éstas pueden dividirse en dos categorías: aquellas que soportan dos columnas y las que sostienen más de dos columnas.

Este tipo de zapata es utilizada en los casos siguientes:

- Cuando los valores de las cargas de las columnas son muy elevados.
- Cuando las zapatas se traslapan.
- Cuando el valor de la capacidad soporte del suelo es muy bajo.
- Para evitar asentamientos diferenciales sobre el suelo.
- Cuando existen colindancias con otros terrenos.

Para este proyecto, se aplica el 2do. caso; cuando las zapatas se traslapan, debido a que el eje A y B están muy cerca uno del otro. Para todas las zapatas de estos ejes, se diseñaran zapatas combinadas.

Figura 55. **Esquema zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos obtenidos del análisis estructural:

$$P_1 = 22,98 \text{ Ton}$$

$$P_2 = 49,70 \text{ Ton}$$

$$M_1 = 6,96 \text{ Ton-m}$$

$$M_2 = 8,72 \text{ Ton-m}$$

$$q_d = 32 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{Columnas} = 35 \times 35 \text{ cm}$$

$$s = 2,15 \text{ m}$$

Cálculo de la distancia resultante de la reacción

$$\sum F_y = 0 \uparrow$$

$$- P_1 + R - P_2 = 0$$

Donde:

P_1 = carga total que recibe el eje A

P_2 = carga total que recibe el eje B

R = reacción del suelo debido a la carga

$$R = P_2 + P_1$$

$$R = 49,70 + 22,98 = 72,68 \text{ Ton}$$

$$\sum M = 0 \text{ (positivo hacia la derecha)}$$

$$M_1 + M_2 - X_R(R) + s(P_2) = 0$$

Donde:

M_1 = momento total del eje A

M_2 = momento total del eje B

X_R = distancia resultante de la reacción

s = longitud entre ejes A y B

$$6,96 + 8,72 - X_R(72,68) + 2,15(49,78) = 0$$

$$X_R = \frac{6,96 + 8,72 + 2,15(49,78)}{72,68} = 1,69 \text{ m}$$

Dimensionamiento de zapata combinada

$$L = \left(\frac{C_1}{2} + X_R \right) * 2$$

$$B = \frac{R}{q_d * L}$$

Donde:

L = longitud de la zapata

C_1 = sección de columna

B = ancho de zapata

q_d = valor soporte del suelo

$$L = \left(\frac{0,35}{2} + 1,69 \right) * 2 = 3,73 \text{ m} \approx 3,80 \text{ m}$$

$$B = \left(\frac{72,68}{32 * 3,73} \right) = 0,61 \approx 1,00 \text{ m}$$

Cálculo de la presión de diseño

$$P_d = \frac{P_u}{B * L}$$

Donde:

P_d = presión de diseño última

P_u = presión o carga última

$$P_d = \frac{22,98 + 49,70}{1,00 * 3,80} = 19,10 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_d * B = 19,10 * 1,00 = 19,10 \text{ Ton/m}$$

Se realiza el diagrama de corte

$$\sum F_y = 0 + \uparrow$$

$$19,10(X) = 0, \text{ cuando } X = 0,175$$

$$V = 3,3425 \text{ Ton}$$

$$V = 3,3425 - 22,98 = -19,6375 \text{ Ton}$$

$$\sum F_y = 0 + \uparrow$$

$$19,10(X) = 0, \text{ cuando } X = 2,15$$

$$V = 41,065 \text{ Ton}$$

$$V = 3,3425 - 22,98 + 41,065 = 21,4275 \text{ Ton}$$

$$V = 3,3425 - 22,98 + 41,065 - 49,70 = -28,2725 \text{ Ton}$$

$$\sum F_y = 0 + \uparrow$$

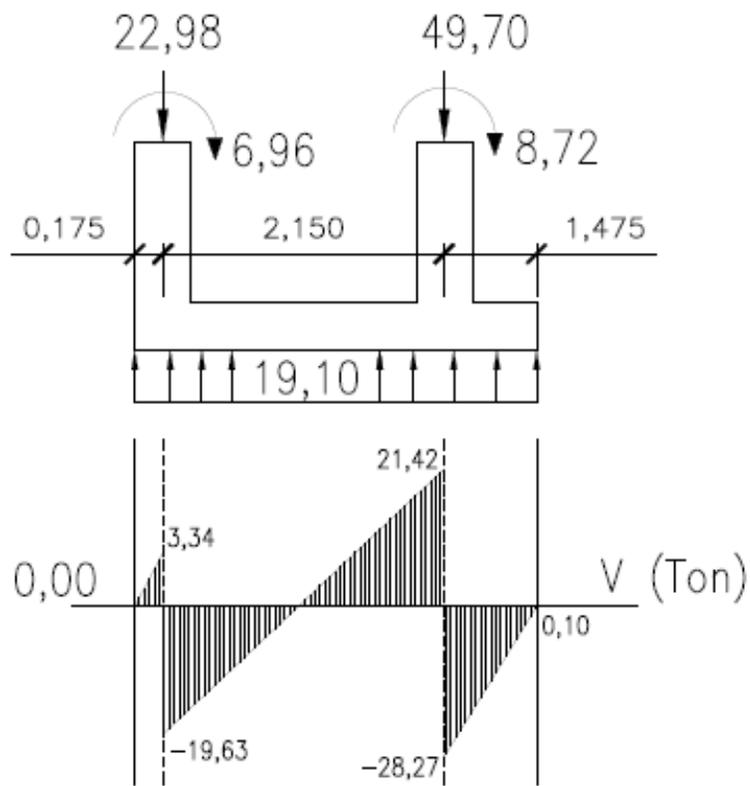
$$19,10(X) = 0, \text{ cuando } X = 1,475$$

$$V = 28,1725 \text{ Ton}$$

$$V = 3,3425 - 22,98 + 41,065 - 49,70 + 28,1725 = 0,10 \text{ Ton}$$

Como el resultado final es 0,10 y está en dimensiones de toneladas, puede despreciarlo y deducir que el resultado es 0,00, por lo tanto nuestro diagrama de cortante cierra.

Figura 56. **Diagrama de cortante**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Se realiza el diagrama de momentos (método de áreas)

$$\sum M = 0 \text{ (positivo hacia la derecha), } X = 0,175$$

$$0,50 * 0,175 * 3,3425 = 1,1425 \text{ Ton-m}$$

$$M = 1,1425 + 6,96 = 8,1025 \text{ Ton-m}$$

Es necesario conocer la distancia X a la que el corte se hace cero. Utilizando una relación de triángulos entre las bases y las alturas se pueden determinar el valor de X. Aplicando la relación de triángulos se obtiene:

$$\frac{X}{19,63} = \frac{2,15}{41,05}$$

$$X = \frac{2,15}{41,05} * 19,63 = 1,0281 \text{ m}$$

$$\Sigma M = 0 \text{ (positivo hacia la derecha), } X = 1,0281$$

$$0,50 * 1,0281 * -19,6375 = -9,2446 \text{ Ton-m}$$

$$M = 1,1425 + 6,96 - 9,2446 = -1,1421 \text{ Ton-m}$$

$$\Sigma M = 0 \text{ (positivo hacia la derecha), } X = 2,15 - 1,0281 = 1,1219$$

$$0,50 * 1,1219 * 21,4275 = 12,6197 \text{ Ton-m}$$

$$M = 1,1425 + 6,96 - 9,2446 + 12,6197 = 11,4776 \text{ Ton-m}$$

$$M = 1,1425 + 6,96 - 9,2446 + 12,6197 + 8,72 = 20,1976 \text{ Ton-m}$$

$$\Sigma M = 0 \text{ (positivo hacia la derecha), } X = 1,475$$

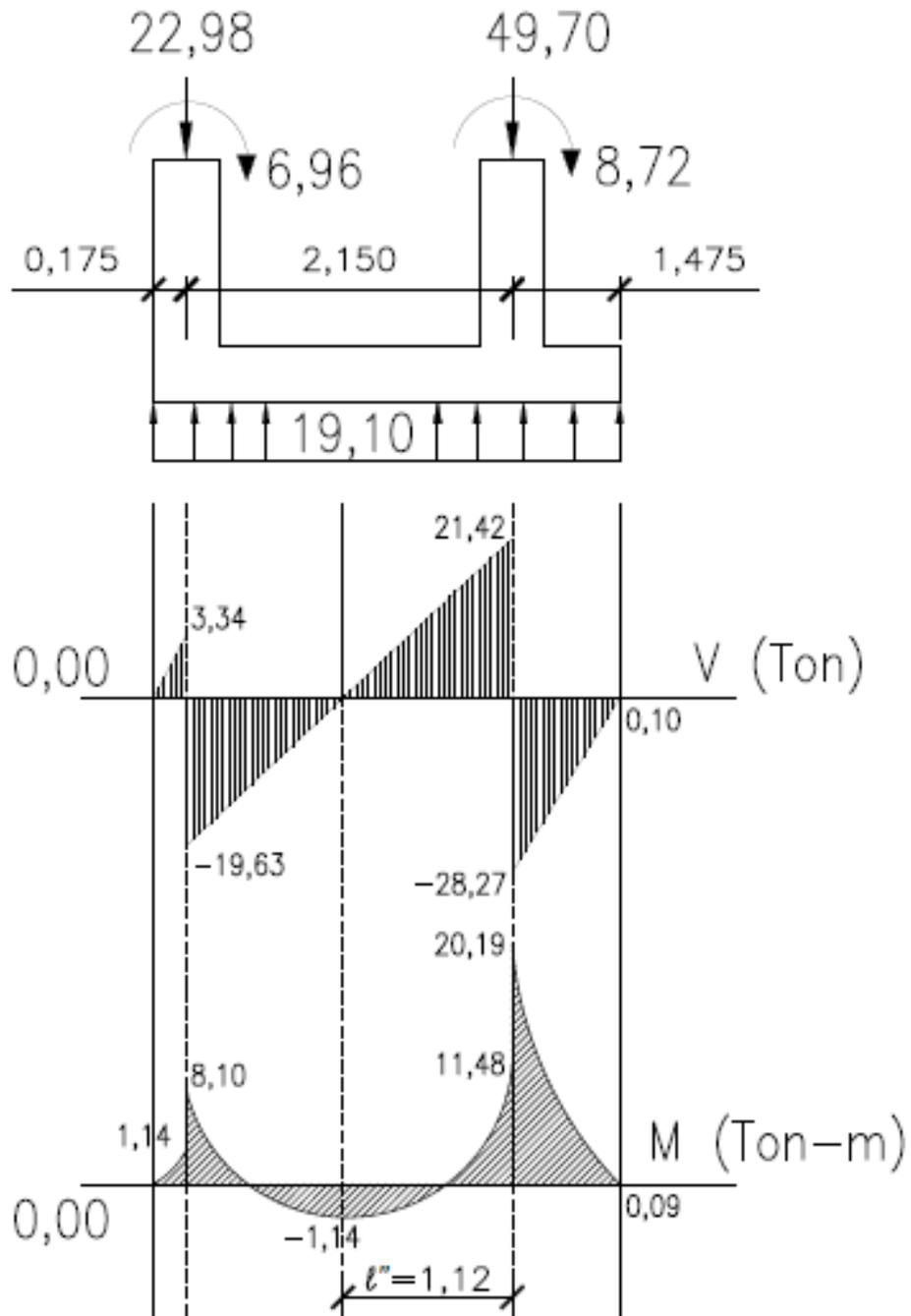
$$0,50 * 1,475 * -28,2725 = -20,1029 \text{ Ton-m}$$

$$M = 1,1425 + 6,96 - 9,2446 + 12,6197 + 8,72 - 20,1029 = 0,0947 \text{ Ton-m}$$

Como el resultado final es 0,0947 y está en dimensiones de toneladas metro, se puede despreciar y deducir que el resultado es 0,00, por lo tanto nuestro diagrama de momentos cierra.

Como se puede observar en la figura 57, cuando el diagrama de corte tiene un valor de cero, el momento es máximo. Del diagrama se obtiene $M_u = 20,1976$ Ton-m, este valor de momento es el que se compara contra el momento máximo y mínimo para diseñar el refuerzo.

Figura 57. Diagrama de cortante y momento



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Cálculo del espesor por corte flexionante

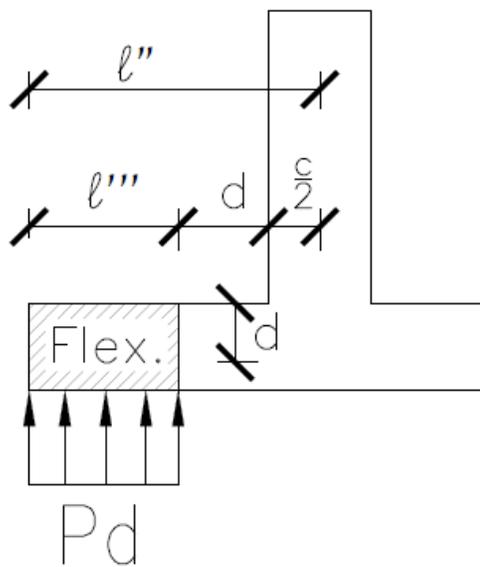
Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$P_d = 19,10 \text{ Ton/m}^2$$

$$M_u = 20,1976 \text{ Ton-m}$$

$$l'' = 1,1219 \text{ m}$$

Figura 58. Corte flexionante



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

$$l''' = l'' - \left(\frac{c}{2} + d\right)$$

$$V_u = P_d * l'''$$

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

Debido a que las ecuaciones presentan diferentes incógnitas, se procedió a identificar una incógnita en común, obteniendo así una sola ecuación con una sola incógnita. Sustituyendo datos en las ecuaciones se obtiene:

$$V_u = \left[19,10 \left(1,1219 - \left(0,175 + \frac{d}{100} \right) \right) \right] * 1\,000$$

$$\phi V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 100 * d$$

$$V_u = 21\,428,29 - 3\,342,5 - 191d$$

$$\phi V_c = 755,1756d$$

Como se puede observar las dos ecuaciones quedaron en función del peralte efectivo d , como las ecuaciones tienen una misma incógnita, es posible igualarlas para encontrar el valor de la incógnita. Al igualar las ecuaciones se obtiene:

$$V_u = \phi V_c$$

$$21\,428,29 - 3\,342,5 - 191d = 755,1756d$$

$$18\,085,79 = 946,1756d$$

$$d = \frac{18\,085,79}{946,1756} = 19,1146 \approx 25,00 \text{ cm}$$

Si $d > 30$ cm; usar 2 camas de refuerzo

Al observar el valor del peralte efectivo d , el análisis nos indica que la zapata se diseñara con una sola cama de refuerzo debido a que el valor es menor a 30 centímetros.

Chequeo por corte punzonante

$$\phi V_{cp} > V_{up}$$

$$\phi V_{cp} = 0,85 * 0,27 * \left(2 + \frac{4}{B_c}\right) * P_o * d * \sqrt{f'_c}$$

$$V_{up} = P_u - (P_d * A_{pz})$$

Donde:

B_c = longitud de la base de la zapata [m]

P_o = perímetro punzonante [cm]

d = peralte efectivo [cm]

A_{pz} = área punzonante

Las fórmulas y los chequeos deben hacerse para cada columna, para garantizar que el espesor de la zapata es el necesario para resistir el punzonamiento de las cargas.

$$P_{o1} = 2 * \left(c1 + \frac{d}{2}\right) + c1 + d$$

$$P_{o1} = 2 * \left(0,35 + \frac{0,25}{2}\right) + 0,35 + 0,25 = 1,55 \text{ m}$$

$$P_{o2} = 4 * (c2 + d) = 4 * (0,35 + 0,25) = 2,40 \text{ m}$$

$$A_{pz1} = \left(c1 + \frac{d}{2}\right) * (c1 + d) = \left(0,35 + \frac{0,25}{2}\right) * (0,35 + 0,25) = 0,285 \text{ m}^2$$

$$A_{pz2} = (c1 + d)^2 = (0,35 + 0,25)^2 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$\phi V_{cp1} > V_{up1}$$

$$\phi V_{cp1} = 0,85 * 0,27 * \left(2 + \frac{4}{1}\right) * 155 * 25 * \sqrt{281} = 89,44 \text{ Ton}$$

$$V_{up1} = 22,98 - (19,10 * 0,285) = 17,5365 \text{ Ton}$$

$$\phi V_{cp2} > V_{up2}$$

$$\phi V_{cp1} = 0,85 * 0,27 * \left(2 + \frac{4}{1}\right) * 240 * 25 * \sqrt{281} = 138,4963 \text{ Ton}$$

$$V_{up1} = 49,70 - (19,10 * 0,36) = 42,824 \text{ Ton}$$

Como se puede observar el peralte efectivo propuesto resiste tanto el corte punzonante como el corte flexionante, por lo tanto se asume un espesor de zapata de 40 centímetros.

Diseño del acero de refuerzo

Para el cálculo se utilizaron los siguientes datos:

$$M_u = 20,1976 \text{ Ton-m}$$

$$d = 25,00 \text{ cm}$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$b = FU = 100 \text{ cm}$$

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

$$A_s = \left[100 * 25,00 - \sqrt{(100 * 25,00)^2 - \frac{20\,197,60 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2\,810}$$

$$A_s = 34,79 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 100 * 19,00}{2\,810} = 12,54 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \left(\frac{6\,090}{6\,090 + f_y} \right)$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0,5 * \rho_{\text{bal}} * b * d$$

Donde:

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_{\text{bal}} = \frac{0,85 * 0,85 * 281}{2810} * \left(\frac{6090}{6090 + 2810} \right) = 0,049$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 0,5 * 0,049 * 100 * 25,00 = 61,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{req}}} = 34,79 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 12,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{máx}}} = 61,25 \text{ cm}^2$$

Se puede observar que el $A_{s_{\text{req}}}$ se encuentra dentro del rango del máximo y del mínimo, por lo tanto se utiliza el $A_{s_{\text{req}}}$ para el cálculo y diseño del refuerzo de acero que llevara la zapata. Se procede a calcular el espaciamiento entre varillas, para lo cual se propone utilizar varilla no. 8.

$$A_s = 34,79 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{A_{\text{vl}} * 100}{A_s}$$

Donde:

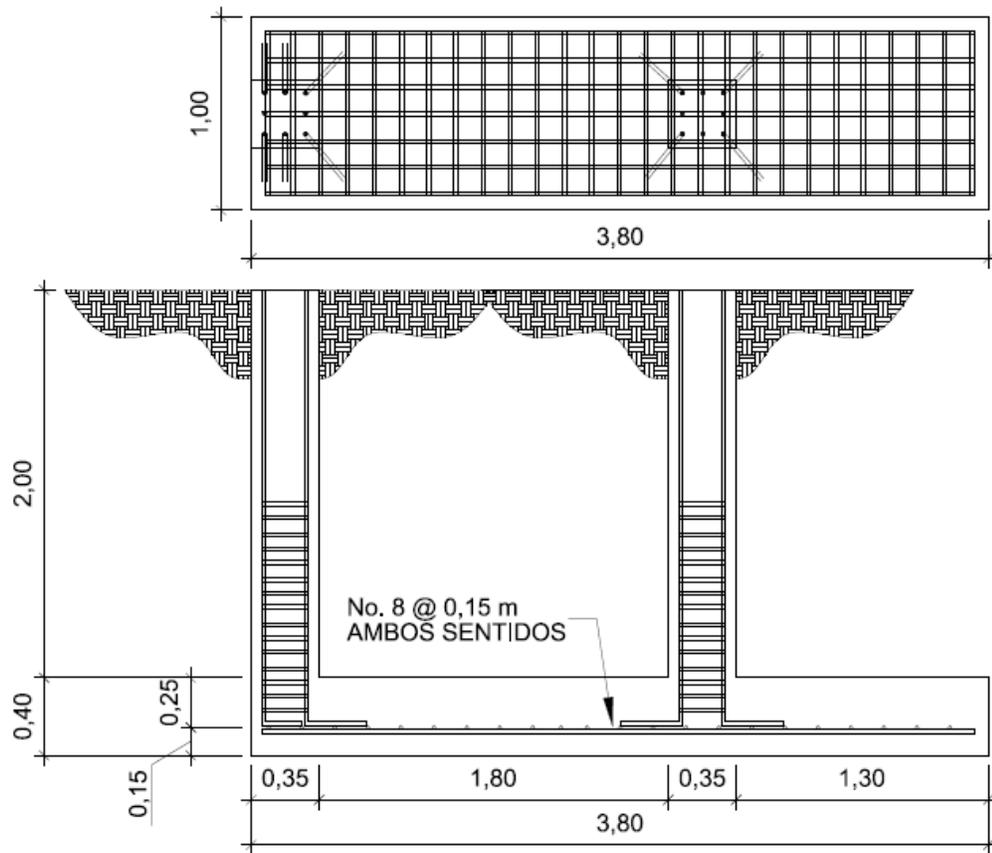
S = espaciamiento entre varillas

A_{vl} = área de la varilla longitudinal

$$S = \frac{5,10 * 100}{34,79} = 14,66 \text{ cm} \approx 15,00 \text{ cm}$$

Por lo tanto, para el armado de la zapata combinada (ver la figura 59) se utilizará varilla no.8 a cada 0,15 metros, en ambos sentidos.

Figura 59. **Armado final zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.9.4.2. **Cimiento corrido**

Es la cimentación que se coloca debajo de los muros, se calcula como una franja unitaria. Se diseñará para soportar las cargas superpuestas, dando una distribución adecuada a las mismas, de acuerdo con la resistencia del terreno,

debiendo ser continuos para proveer un amarre adecuado entre ellos. Tomando en cuenta que los muros de la estructura son únicamente para dividir ambientes, se ha propuesto el diseño del cimiento corrido tradicional de forma rectangular, sobre el cual se colocaran 2 hiladas de block pómez y una solera hidrófuga, para evitar que la humedad se presente en los muros, considerando que los muros del primer nivel tendrán una altura aproximada de 3 metros y que en un módulo independiente las losas de las gradas serán apoyadas en zapatas aisladas.

Las dimensiones mínimas para cimientos corridos tradicionales en viviendas de 2 niveles son de 40,00 * 20,00 centímetros.

Para el diseño del cimiento se utiliza el muro más crítico, debido a que este es el que soporta mayor carga.

El cálculo se realizó tomando en cuenta los siguientes datos:

$$b_m = 6,20 \text{ m}$$

$$h_m = 4,10 \text{ m}$$

$$\gamma_{mu} = 150 \text{ kg/m}^2$$

$$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\ 810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{conc} = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_s = 1,71 \text{ ton/m}^3$$

$$V_s = 60 \text{ ton/m}^2$$

$$D_f = 0,80 \text{ m}$$

$$FCU = 1,49$$

$$FS = 2,00$$

Cálculo de la carga última del suelo

$$PU = P_{mu} + P_{cm} + P_s$$

Donde:

PU = peso último [ton]

P_{mu} = peso del muro [ton]

P_{cm} = peso del cimiento [ton]

P_s = peso del suelo [ton]

$$P_{mu} = \gamma_{mu} * b_m * h_m$$

Donde:

P_{mu} = peso del muro [ton]

γ_{mu} = peso específico de los muros [kg/m^2]

b_m = ancho del muro [m]

h_m = alto del muro [m]

$$P_{mu} = 150 * 6,20 * 4,10 = 3\,813,00 \text{ kg} = 3,81 \text{ ton}$$

$$P_{cm} = \gamma_{conc} * b_{cm} * t * b$$

Donde:

P_{cm} = peso del cimiento [ton]

γ_{conc} = peso específico del concreto [ton/m^3]

b_{cm} = ancho del cimiento [m]

t = peralte del cimiento [m]

b = ancho de la franja unitaria [m]

$$P_{cm} = 2,40 * 0,40 * 0,20 * 1,00 = 0,192 \text{ ton}$$

$$P_s = \gamma_s * D_f * b_{cm} * b$$

Donde:

P_s = peso del suelo [ton]

γ_s = peso específico del suelo [ton/m³]

D_f = desplante de cimentación [m]

b_{cm} = ancho del cimiento [m]

b = ancho de la franja unitaria [m]

$$P_s = 1,71 * 0,80 * 0,40 * 1,00 = 0,55 \text{ ton}$$

$$PU = 3,81 + 0,192 + 0,55 = 4,552 \text{ ton}$$

$$q_{m\acute{a}x} = q_u = \frac{PU}{A_{ci}}$$

Donde:

q_u = valor soporte último

PU = peso último

A_{ci} = área de cimiento

$$q_u = \frac{4,552}{0,40 * 1,00} = 11,38 \text{ ton/m}^2$$

$$q_d = q_u * FS$$

Donde:

q_d = resistencia de diseño [ton/m²]

q_u = valor soporte último [ton/m²]

FS = factor de seguridad

$$q_d = 11,38 * 2,00 = 22,76 \text{ ton/m}^2$$

$$q_d < V_s$$

Al realizar el cálculo se observa que $q_d < V_s$, por lo tanto el cimiento soporta la carga máxima.

Chequeo por corte simple

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

$$d = 0,20 - 0,075 - \frac{0,0095}{2} = 0,1203 \text{ m}$$

Corte actuante

$$V_u = A * q_u$$

$$A = \left(\frac{b_{cm} - A_b}{2} - d \right) * b$$

Donde:

V_u = corte actuante [ton]

A = área de contacto [m²]

q_u = valor soporte último [ton/m²]

A_b = ancho del block [m]

b = ancho de la franja unitaria [m]

d = peralte efectivo [m]

$$A = \left(\frac{0,40 - 0,14}{2} - 0,1203 \right) * 1,00 = 0,0097 \text{ m}$$

$$V_u = 0,0097 * 11,38 = 0,11 \text{ ton}$$

$$V_{res} = \phi * 0,53 * \sqrt{f_c} * b * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 100 * 12,03 = 7\,853,6 = 7,85 \text{ ton}$$

$$V_u < V_{res}$$

Como se puede observar la sección resiste el corte actuante, por lo tanto el espesor $t = 0,20$ metros es el adecuado.

Chequeo por flexión

Momento actuante

$$M_{act} = \frac{q_u * b^2 * A_{sh}}{2}$$

Donde:

M_{act} = momento actuante [ton-m]

q_u = valor soporte último [ton/m²]

b = ancho de la franja unitaria [m]

A_{sh} = área ashurada [m²]

$$M_{act} = \frac{22,76 * 1,00 * 0,13^2}{2} = 0,063 \text{ ton-m}$$

Cálculo del área de acero

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

$$A_s = \left[100 * 12,03 - \sqrt{(100 * 12,03)^2 - \frac{63,71 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2810}$$

$$A_s = 0,209 \text{ cm}^2$$

Cálculo del acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d}{f_y} = \frac{14,1 * 100 * 12,03}{2810} = 6,03 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento

$$6,03 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

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

$$S = 11,77 \text{ cm}$$

Usar eslabones no. 3 @ 0,12 metros

Área de acero longitudinal

Como no existe flexión en el sentido longitudinal, se coloca área de acero por temperatura.

3.9.5. 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 = contrahuella y H = huella se deben cumplir los siguientes criterios:

$$C < 20 \text{ cm}$$

$$H > C$$

$$2C + H < 64 \text{ cm (valor cercano)}$$

$$C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm;}$$

$$C * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$$

Cargas de diseño para una escalera

$$CM = P_{es} + \gamma_{ac}$$

$$P_{es} = \gamma_{conc} * (t + C / 2)$$

Donde:

CM = carga muerta

P_{es} = peso propio de las escaleras

γ_{ac} = peso específico de los acabados

γ_{conc} = peso específico del concreto

t = peralte de la losa

C = contrahuella

Número de escalones mínimo

$h/C_{\max} = 3,70 / 0,165 = 23$ escalones. Se tomarán 12 contrahuellas antes del descanso

número de huellas = $12 - 1 = 11$ huellas

Chequeo

$C = 16,5 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$; $H = 30 \text{ cm}$

$2C + H = 2 (16,5) + 30 = 63$

$C + H = 16,5 + 30 = 46,5 \text{ cm}$

$C \times H = 16,5 * 30 = 495 \text{ cm}^2$

Por lo tanto, se tienen 12 contrahuellas de 16,5 centímetros y 11 huellas de 30 centímetros.

Espesor de la losa

Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada, se aplica la siguiente fórmula para definirla:

$$L_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

Donde:

L_L = longitud de losa inclinada

X = largo de gradas

Y = alto de gradas

$$L_L = \sqrt{3,30^2 + 1,98^2} = 3,85 \text{ m}$$

$$t = \frac{L_L}{24} = \frac{3,85}{24} = 0,16 \text{ m}$$

Integración de cargas

$$P_{es} = \gamma_{conc} * (t + C/2) = 2\,400 * (0,16 + 0,16.5 / 2) = 576 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = P_{es} + \gamma_{ac} = 576 + 60 = 636 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4CM + 1,7CV = 1,40 * 636 + 1,70 * 500 = 1\,740,40 \text{ kg/m}^2$$

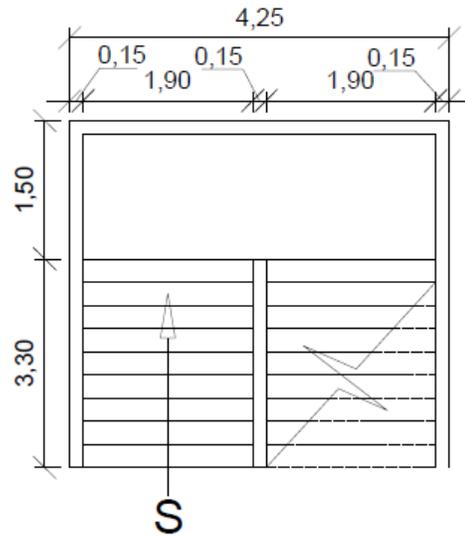
Cálculo de los momentos actuantes en la losa

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, por lo tanto:

$$Mu_{(+)} = \frac{WL_L^2}{9} = \frac{1\,740,40 * 3,85^2}{9} = 2\,866,34 \text{ kg-m}$$

$$Mu_{(-)} = \frac{WL_L^2}{14} = \frac{1\,740,40 * 3,85^2}{14} = 1\,842,65 \text{ kg-m}$$

Figura 61. **Planta módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * b * d_e}{f_y}$$

$$d = t - \text{rec} - \frac{\varnothing}{2} = 16 - 2,5 - \frac{0,95}{2} = 13,025 \text{ cm}$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1 * 100 * 13,025}{2810} = 6,53 \text{ cm}^2$$

Cálculo de acero requerido

$$A_{s(-)} = \left[100 * 13,025 - \sqrt{(100 * 13,025)^2 - \frac{1842,65 * 100}{0,003825 * 281}} \right] * 0,85 * \frac{281}{2810}$$

$$A_{s(-)} = 5,74 \text{ cm}^2$$

Como $A_{s_{\min}} > A_{s(-)}$, se colocara $A_{s_{\min}}$.

Espaciamiento entre varillas, se usarán varillas no. 3:

$$6,53 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100 \text{ cm}$$

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

$$S = \frac{0,71 * 100}{6,53} = 10,87 \text{ cm}$$

Se colocara una separación de 10 centímetros.

Acero por temperatura

$$A_{s_t} = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 16 = 3,20 \text{ cm}^2$$

$$S_{\max} = 3 * t = 3 * 16 = 48 \text{ cm}$$

Espaciamiento entre varillas, se usarán varillas no. 3:

$$3,20 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots 100\text{cm}$$

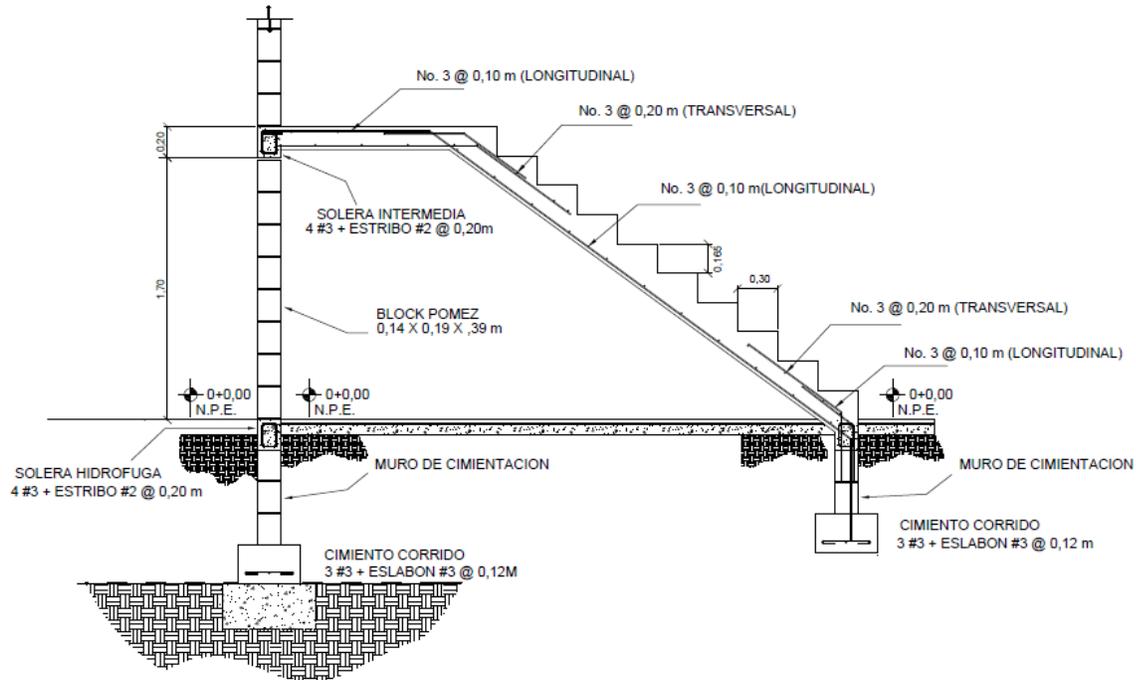
$$0,71 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots S$$

$$S = \frac{0,71 * 100}{3,20} = 22,18 \text{ cm}$$

Debido a que el $S_{\max} > S$; se utilizará S .

El acero por temperatura será con varilla no. 3 @ 0,20 metros y se colocarán en sentido transversal.

Figura 62. Armado final de gradas



Fuente: elaboración propia, con programa Autocad 2010.

3.10. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico es el conjunto de instalaciones de agua potable y drenajes, cada uno de estos es necesario para cumplir con los servicios básicos del edificio.

3.10.1. Agua potable

El proyecto se proveerá de agua potable en cantidad y presión suficiente para satisfacer las necesidades y servicios 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 por habitante al día.
- Son aceptables redes de distribución diseñadas por circuitos cerrados.
- En puntos estratégicos de fácil acceso, deben instalarse válvulas de control, que permitan aislar tramos de tubería para operaciones de mantenimiento; para que no sea necesario cortar el servicio de agua en 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 centímetros, por encima protegidas con mortero o concreto en una longitud de 1,00 metro, 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 XIX. **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	Numero de tubos 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 de tubería en pulgadas a cada subramal, en este caso se asignaron de la siguiente manera:

- Lavamanos 1/2"
- Inodoro con tanque 1/2"
- Urinario sin tanque 1/2"
- Pila 1/2".

Cálculo de ramales:

Utilizando la tabla XIX, se le asigna un número (equivalencia) a cada subramal en función de su diámetro obtenido anteriormente quedando de la siguiente manera:

- 1/2" = 1,0
- 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 XX. **Cálculo de diámetro de tubería de agua potable**

Tramo	Equivalencia	Diámetro	Tramo	Equivalencia	Diámetro
47-50	1	1/2	34-35	2	3/4
47-48	2	3/4	27-28	2	3/4
48-49	1	1/2	28-29	1	1/2
48-27	2	3/4	28-30	2	3/4
25-27	2	3/4	30-31	1	1/2
25-26	1	1/2	30-32	2	3/4
23-25	2	3/4	32-33	1	1/2
23-24	1	1/2	3-32	2	3/4
16-23	2	3/4	16-17	2	3/4
14-16	2	3/4	17-18	1	1/2
14-15	1	1/2	17-19	2	3/4
13-14	2	3/4	19-20	1	1/2
10-13	2	3/4	19-21	2	3/4
10-11	2	3/4	21-22	1	1/2
11-12	1	1/2	4-21	2	3/4
45-47	2	3/4	8-10	2	3/4
45-46	1	1/2	8-9	1	1/2
43-45	2	3/4	6-8	2	3/4
43-44	1	1/2	6-7	1	1/2
41-43	2	3/4	5-6	2	3/4
41-42	1	1/2	4-5	2	3/4
39-41	2	3/4	3-4	2	3/4
39-40	1	1/2	2-3	2	3/4
35-39	2	3/4	2-34	2	3/4
35-36	2	3/4	acm-2	2	3/4
36-37	2	3/4	1-acm	2	3/4
37-38	1	1/2			

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 pulgada de diámetro para las conexiones a los artefactos sanitarios (tabla XX).

Cálculo de la línea principal:

De acuerdo con la tabla XXI 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
- Inodoro con tanque 3
- Urinario sin tanque 1
- Pila 3

Tabla XXI. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto
Tina	Llave normal	2
Lavadora	Eléctrica	3
Ducha	Llave normal	2
Inodoro	Con tanque	3
Inodoro	Con válvula semiautomática	6
Lavadero	Cocina	3
Lavadero	Repostero	3
Lavaplatos	Combinación	3
Lavamanos	Llave normal	1
Urinario	Llave normal	1

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:

6 lavamanos x 1 UH	= 6 UH
4 urinarios x 1 UH	= 4 UH
8 inodoros con tanque x 3 UH	= 24 UH
1 pila con tanque x 3 UH	= 3 UH
Total	= 37 UH

Con el número total de UH, se tiene un gasto probable de 1,67 litros por segundo (0,45 unidades con tanque y 1,22 unidades con válvula).

Estimando una velocidad de 1 metro por segundo, una altura de tomas de agua de 0,60 metros y tubería de PVC, se calcula el diámetro para cada tramo mediante la fórmula siguiente:

$$D = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811 * I * Q^{1,85}}{C^{1,85} * hf}}$$

Se concluye que el diámetro a usar para la línea de distribución que llevará el agua a los artefactos será de 1”.

3.10.2. Drenajes

También conocidos como cloacas o red de saneamiento; son el sistema de tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, que permite el desalojo de líquidos. Los 2 tipos que existen son los drenajes sanitarios y los pluviales.

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 por ciento y una máxima de 6 por ciento.

Tabla XXII. **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 restaurantes	--	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 XXII, se le asigna un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario, tomando en cuenta que los valores de la tabla anterior son los mínimos utilizables y dependiendo la clase de instalación, en este caso es una instalación de primera clase, quedando de la siguiente manera:

Tabla XXIII. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje**

Tipo de mueble o aparato	Número de unidades mueble (UM)	Diámetro (pulg)
Lavamanos	1	1 1/4
Inodoro con tanque	4	3
Urinario suspendido	2	1 1/4
Lavadero (pila)	3	1 1/4

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Caudales base de los artefactos sanitarios**

Designación de los aparatos	Caudal base l/s
Bidet, lava pies	0,50
Lavabo	0,75
Fregadero, lavadero	0,75
Ducha	0,50
Bañera	1,50
Urinario	1,00
Inodoro con sifón	2,00

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 pulgadas para todos los drenajes de sanitarios y de 2 pulgadas para los drenajes de los demás artefactos.

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 pulgadas en áreas interiores y 4 pulgadas 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 fórmula siguiente:

$$Q = \frac{C * i * a}{360}$$

Donde:

Q = caudal [m³/s]

C = coeficiente de escorrentía del concreto (0,90)

i = intensidad de lluvia [mm/h]

a = área tributaria a drenar [ha]

$$i = \frac{1\ 008}{(t + 4)^{0,6688}}$$

Donde:

i = intensidad de lluvia [mm/h]

t = tiempo de concentración, se asume un tiempo de 30 segundos = 0,5 horas

$$i = \frac{1\ 008}{(0,50 + 4)^{0,6688}} = 369 \text{ mm/h}$$

El área a drenar por cada bajada será de 37,58 metros cuadrados o 0,0038 hectáreas, que es la octava parte del área total de la azotea para la cual se calcula el caudal:

$$Q = \frac{0,90 * 369 * 0,0038}{360} = 0,0035 \text{ m}^3/\text{s}$$

Luego, se calcula el diámetro de la tubería, por medio de la fórmula de Manning, de la siguiente manera:

$$D = \left(\frac{691\ 000 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D = diámetro de la tubería

Q = caudal

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente del terreno

Como se utilizará tubería de PVC, se estima un coeficiente de rugosidad n = 0,009, se estimará una pendiente de 0,5 por ciento, quedando:

$$D = \left(\frac{691\,000 * 0,0035 * 0,009}{0,005^{1/2}} \right)^{3/8} = 8,57 \text{ cm} = 3,37 \text{ pulg}$$

Se recomienda utilizar tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro.

3.11. Diseño eléctrico

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 2,50 metros y 1/2 pulgada de diámetro.

Circuitos

Según la norma, los circuitos de iluminación y tomacorrientes se protegerán con un flip - on 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 el watt o el kilowatt que suman todas las lámparas, tomacorrientes y el resto de conexiones eléctricas y, así lograr la iluminación adecuada en cada área específica, el total de lámparas y tomacorrientes es:

- 49 lámparas (tipo industrial de 2x40) de 80 watt
- 2 reflectores de 100 watt
- 33 tomacorrientes de 300 watt

$$P = 49 * 80 + 2 * 100 + 33 * 300 = 14\ 020 \text{ watts}$$

Con base en lo especificado por la norma, y teniendo una potencia de 14 020 watts, se colocarán 7 circuitos, 4 para iluminación y 3 para fuerza.

Conductores

El calibre de los conductores será estrictamente de acuerdo 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 de 12 lámpara (tipo industrial 2x40) de 80 watts

$$P = 12 * 80 = 960 \text{ watts}$$

$$I_i = \frac{P}{V} = \frac{960}{120} = 8,00 \text{ A}$$

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 voltios con un 5 por ciento 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 simultáneo de los tomacorrientes:

- 1 circuito de 12 tomacorrientes de 300 watt

$$P = 12 * 300 = 3\,600 \text{ watts}$$

$$I_f = \frac{P}{V} = \frac{3\,600}{120} = 30,00 \text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada tomacorriente es de 5,00 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 voltios con un 2 por ciento de caída de voltaje es 12 AWG, TW.

Debido a que la corriente es de 8,00 amperios para iluminación y de 30,00 amperios para fuerza, se colocará 1 flip - on de 15 amperios por cada circuito de iluminación y 2 de 15 amperios por cada circuito de fuerza, dando como resultado el uso de 10 flip - on de 15 amperios.

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.

3.12. Planos

Se le conoce así al conjunto de dibujos plasmados en papel u otro material similar, en el cual se describe a detalle cada uno de los elementos, formas, medidas, entre otros, que forman parte importante del proceso constructivo de un edificio.

Se elaboró un juego de planos divididos en tres fases (ver apéndice):

- Fase de arquitectura:
 - Planta arquitectónica
 - Planta acotada
 - Planta de acabados
 - Elevaciones y secciones
- Fase de instalaciones:

- Planta de instalación hidráulica
- Planta de iluminación
- Planta de fuerza
- Fase de estructuras:
 - Planta de cimientos y columnas
 - Cortes y cimentaciones
 - Planta de losas y vigas
 - Detalle de vigas y módulo de gradas
 - Armado de losas
 - Armado de vigas y secciones

3.13. Presupuesto

El presupuesto presentado se realizó con base en los costos unitarios, la mano de obra calculada se basó en datos proporcionados por la municipalidad, mientras que los materiales fueron cotizados en ventas de materiales de construcción de la cabecera municipal. El porcentaje de costos indirectos que se utilizó fue del 35 por ciento.

Tabla XXV. Presupuesto edificio

PROYECTO:	EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS
MUNICIPIO :	AGUA BLANCA
DEPARTAMENTO:	JUTIAPA
CALCULO:	JAIRO SAÚL SANDOVAL ABZÚN
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO , INGENIERIA CIVIL	

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P.U	SUBTOTAL
1	PRELIMINARES	Global	1,00	-	-
1.1	LIMPIEZA , TRAZO Y REPLANTEO	Global	1,00	Q 11 586,38	Q 11 586,38
1.2	ZANJEO	m ³	410,00	Q 43,08	Q 17 664,75
1.3	RELLENO DE ZANJA	m ³	389,50	Q 18,92	Q 7 369,65

Continuación de la tabla XXV.

2	CIMENTACIÓN	-	-	-	-
2.1	ZAPATA Z-1	Unidad	9,00	Q 6 893,95	Q 62 045,58
2.2	ZAPATA Z-2	Unidad	4,00	Q 2 642,14	Q 10 568,57
2.3	ZAPATA Z-3	Unidad	9,00	Q 5 106,63	Q 45 959,69
2.4	CIMIENTO CC-1	ml	205,00	Q 303,24	Q 62 164,02
2.4	MURO DE CIMENTACIÓN	m ²	123,00	Q 153,69	Q 12 602,25
3	COLUMNAS	-	-	-	-
3.1	COLUMNA C-1 PRIMER NIVEL	ml	159,00	Q 1 320,38	Q 209 939,78
3.2	COLUMNA C-2 SEGUNDO NIVEL	ml	100,00	Q 1 030,28	Q 103 028,15
3.3	COLUMNA C-3	ml	290,00	Q 352,76	Q 102 300,49
3.4	COLUMNA C-4	ml	70,00	Q 279,09	Q 19 536,20
4	MUROS	-	-	-	-
4.1	LEVANTADO DE BLOCK	m ²	766,37	Q 170,06	Q 130 325,77
4.2	ACABADO EN MUROS	m ²	1 532,74	Q 51,15	Q 78 399,18
5	SOLERAS	-	-	-	-
5.1	SOLERA INTERMEDIA	ml	550,00	Q 315,08	Q 173 295,44
5.2	SOLERA CORONA	ml	62,00	Q 319,44	Q 19 805,28
5.3	SOLERA DE HUMEDAD	ml	205,00	Q 315,47	Q 64 671,16
5.4	SOLERA DINTEL PUERTA	ml	19,00	Q 258,27	Q 4 907,09
6	VIGAS	-	-	-	-
6.1	VIGA 1.1	ml	19,35	Q 1 341,53	Q 25 958,66
6.2	VIGA 1.2	ml	55,8	Q 1 179,64	Q 65 823,84
6.3	VIGA 1.3	ml	27,00	Q 1 096,69	Q 29 610,68
6.4	VIGA 1.4	ml	67,50	Q 1 085,31	Q 73 258,63
6.5	VIGA 1.5	ml	13,50	Q 1 122,53	Q 15 154,21
6.6	VIGA 2.1	ml	19,35	Q 1 235,19	Q 23 900,93
6.7	VIGA 2.2	ml	55,80	Q 1 035,49	Q 57 780,30
6.8	VIGA 2.3	ml	108,00	Q 1 059,47	Q 114 422,87
7	LOSAS	-	-	-	-
7.1	LOSAS	m ²	635,00	Q 771,55	Q 489 934,76
7.2	ACABADO EN LOSAS	m ²	635,00	Q 81,58	Q 51 804,90
8	VENTANAS(aluminio + vidrio)	m ²	104,29	Q 524,19	Q 54 667,64
9	PUERTAS	-	-	-	-
9.1	PUERTA 1 (metal)	Unidad	20,16	Q 340,20	Q 6 858,43
9.2	PUERTA 2 (metal)	m ²	4,20	Q 340,20	Q 1 428,84
9.3	PUERTA 3 (metal)	m ²	1,89	Q 340,20	Q 642,98
9.4	PUERTA 4 (metal)	m ²	13,44	Q 340,20	Q 4 572,29
10	DRENAJES	-	-	-	-
10.1	DRENAJE SANITARIO (aguas negras)	Global	1,00	Q 17 283,63	Q 17 283,63

Continuación de la tabla XXV.

11	ARTEFACTOS SANITARIOS	-	-	-	-
11.1	INODOROS	Unidad	8,00	Q 390,66	Q 3 125,25
11.2	LAVAMANOS(porcelana)	Unidad	6,00	Q 388,12	Q 2 328,75
11.3	MINGITORIO(porcelana)	Unidad	4,00	Q 524,81	Q 2 099,25
12	INSTALACIÓN HIDRÁULICA	Global	1,00	Q 9 603,09	Q 9 603,09
13	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	-	-	-	-
13.1	INSTALACIÓN ELÉCTRICA FUERZA	Global	1,00	Q 9 776,57	Q 9 776,57
13.2	INSTALACIÓN ELÉCTRICA ILUMINACIÓN	Global	1,00	Q 16 524,68	Q 16 524,68
13.3	LAMPARA INCANDESCENTE EN CIELO 2x40 WATTS	Unidad	50,00	Q 128,39	Q 6 419,25
14	PINTURA(paredes,columnas,vigas)	m ²	1 600,00	Q 22,27	Q 35 637,30
15	MÓDULO DE GRADAS	m ²	16,00	Q 720,19	Q 11 523,04
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 2 266 310,13

Fuente: elaboración propia.

3.14. Cronograma de ejecución

El cronograma del proyecto del edificio educativo de dos niveles, se elaboro con base en los rendimientos de la mano de obra del lugar y la secuencia lógica de los trabajos de construcción.

Tabla XXVI. Cronograma de ejecución

CRONOGRAMA DE AVANCE FISICO Y FINANCIERO.

PROYECTO:	EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA LAS CAÑAS												
CALCULO	JAIRO SAÚL SANDOVAL ABZÚN												
MUNICIPIO:	AGUA BLANCA												
DEPARTAMENTO:	JUTIAPA												
No.	Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	C/Renglón					
1	PRELIMINARES												-
1.1	LIMPIEZA , TRAZO Y REPLANTEO												Q 11 586,38
1.2	ZANJEO												Q 17 664,75
1.3	RELLENO DE ZANJA												Q 7 369,65

3.15. Estudio de Impacto Ambiental (EIA)

El presente estudio tiene como objetivo principal identificar los posibles impactos ambientales que puedan derivarse durante el desarrollo de las etapas de construcción del edificio educativo de dos niveles, tales como: trabajos preliminares y cimentaciones, columnas, vigas, levantado de muros, losas y piso, módulo de gradas, acabados, instalación de bajada de agua pluvial, instalación eléctrica y trabajos finales; previo a la puesta en marcha del mismo. Lo anterior, con el fin de planificar las medidas de prevención, control, mitigación y rehabilitación, que permitan evitar daños a cualquiera de los componentes el medio ambiente y garantizar la preservación de su situación original.

Se identificaron los posibles impactos ambientales que se produjeran sobre los diferentes factores del medio ambiente físico, biótico y humano, debido a las obras y actividades que implica el proyecto. Además de las medidas de mitigación, para contrarrestar o disminuir los impactos generados en la construcción. Lo anterior se describe en la tabla XXVII.

Tabla XXVII. **Impactos y medidas de mitigación**

Descripción	Identificación de impactos	Medidas de mitigación
Desechos sólidos, líquidos y otros, generados por las actividades preliminares y de obra civil. Tales como: construcción de bodega; excavación de zanjas; armado del refuerzo, formateado y fundición, de estructuras de concreto reforzado	Residuos sólidos, de materia orgánica y tierra, por la excavación a cielo abierto de las zanjas.	Los residuos orgánicos e inorgánicos serán recolectados y transportados a botaderos de ripio, situados fuera del área del proyecto. Se considera que por tratarse de partículas del subsuelo no causarán ningún daño, además, se prevé que el 90% del volumen de excavación, sea reutilizado para el relleno de la cimentación.
	Residuos líquidos, compuestos por la limpieza del equipo y herramineta, preparación del concreto.	
	Residuos inorgánicos generados por el personal y desechos humanos.	
Atmósfera - calidad del aire	Se producirá polvo y emisiones gaseosas por combustibles.	Para evitar el polvo, se humedecerá el suelo con agua. El entorno soporta las emisiones.
Ecología - micro fauna, insectos voladores y eutrofización	La fauna en el área directa del proyecto, es de escasas especies menores (pequeños mamíferos y roedores), los que principalmente salen en horas de la noche.	La reducción del hábitat, no es significativa, ya que no se encuentran madrigueras en el lugar y existe la intervención antropica.
Flora - micro flora y vegetación	Se eliminará vegetación herbácea y arbustiva en las actividades preliminares.	Compensar los recursos afectados o la falta de la calidad del ambiente deteriorado.
Agua - hidrología	Disposición inadecuada de los residuos petreos y derrames de combustible que puedan filtrarse en el subsuelo y/o fluir hacia las viviendas.	Se construirá un pozo de absorción o filtración.

Fuente: elaboración propia.

Las medidas de prevención y rehabilitación, a manera general, pueden incluir:

- Reducir los impactos, paso a paso con acciones de preservación y mantenimiento, durante el período que dure la acción que provocan los mismos.
- Compensar, al remplazar o sustituir los recursos afectados o la falta de la calidad del ambiente deteriorado.
- En caso de ser necesario, se deberán preparar planes de contingencia, de seguridad para la salud humana y de seguridad ambiental.

Como se mencionó anteriormente, la entidad encargada de elaborar el reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental en Guatemala, es el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), por lo que se recomienda hacer uso de estos materiales para realizar un análisis más profundo en los proyectos de infraestructura.

CONCLUSIONES

1. El caudal total de la fuente de abastecimiento fue de 6,3 litros por segundo, el cual es suficiente para abastecer al total de beneficiarios del proyecto, con una dotación de 100 litros por habitante por día, para un período de diseño de 20 años y una conexión predial para cada beneficiario.
2. Debido a la ubicación dispersa de las viviendas y a las condiciones topográficas del lugar, el diseño de la red de distribución se efectuó por medio de redes abiertas.
3. Durante la fase de construcción de un edificio, se requiere ordenar los diversos componentes de la estructura y planear las actividades que implican la construcción de cada uno de estos. Durante la ejecución, todas las fases deben inspeccionarse cuidadosamente, para garantizar que las mismas sean construidas de acuerdo con los planos de diseño especificados.
4. El Ejercicio Profesional Supervisado es una buena experiencia para el futuro ingeniero civil, debido a que le permite observar claramente la realidad del país en el área rural. A la vez, le orienta con respecto al papel que debe desempeñar el profesional para contribuir a mejorar la calidad de vida de la población, por medio de proyectos de carácter social que satisfagan las necesidades básicas y lograr un mejor desarrollo.

RECOMENDACIONES

Al comité de vecinos y a la Municipalidad de Agua Blanca:

1. 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 período que fueron diseñados.
2. Se debe hacer conciencia a la población beneficiada con respecto del uso racional y adecuado del servicio de agua potable, que garantice la dotación adecuada para toda la población.

A la entidad ejecutora:

1. Construir los proyectos, basándose en los planos respectivos, sin alterar las especificaciones de los materiales de construcción y de la tubería propuesta.
2. Revisar el presupuesto del proyecto cuando se construya, actualizando los precios de los materiales y mano de obra.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural: ACI 318-05*. Michigan, Estados Unidos de América: ACI, 2005. 490 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural Sísmica. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendadas para la Republica de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2002. 63 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM, 1997. 70 p.
5. LINARES MARROQUÍN, Julio César. *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 de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 242 p.

6. LÓPEZ OGALDEZ, José Carlos. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío segundo centro Rio Blanco y del edificio modelo para auxiliatura municipal, municipio de Sacapulas, departamento de Quiché*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 298 p.
7. 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.
8. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
9. SICAL RAXCACO, Axel Roely. *Detallado de diseño sísmico de concreto armado con base al ACI 2005*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 183 p.

APÉNDICES

Apéndice 1

Cálculos hidráulicos de la línea de conducción

TRAMO		DISEÑO HIDRÁULICO TUBERÍA DE CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD										NIVEL ESTÁTICO = 1001.854									
EST	P.O	L Tonsela	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L de diseño [m]	TOTAL TUBOS	Q Diseño [l/s]	Dámetro Nominal [pulg]	Dámetro Interno [pulg]	TIPO TUBERÍA	Ce. de Tubería	Perdida hf [m]	V	COTA PIEZOMETRICA		PRESION DINÁMICA		PRESION ESTÁTICA		
			INICIAL	FINAL											INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	
E-0	E-1	12.964	1001.854	1000.540	1.314	12.983	3	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.0716	0.4064	1001.8540	1001.7824	0.0000	1.2424	0.0000	1.3140	
E-1	E-2	11.900	23.664	1000.540	0.540	11.865	2	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.0654	0.4064	1001.7824	1001.7169	1.2424	1.7169	1.3140	1.8540	
E-2	E-3	23.900	47.564	1000.000	997.670	2.330	25.095	5	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1384	0.4064	1001.7169	1001.5785	1.7169	3.9085	1.8540	4.1840
E-3	E-4	22.662	70.216	997.670	994.450	3.220	23.784	4	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1312	0.4064	1001.5785	1001.4473	3.9085	6.9973	4.1840	7.4040
E-4	E-5	18.250	88.466	994.450	992.180	2.270	19.163	4	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1057	0.4064	1001.4473	1001.3416	6.9973	9.1616	7.4040	9.6740
E-5	E-6	50.700	139.166	992.180	986.780	5.400	53.235	9	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2937	0.4064	1001.3416	1001.0479	9.1616	14.2679	9.6740	15.0740
E-6	E-7	42.600	181.766	986.780	983.310	3.470	44.730	8	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2467	0.4064	1001.0479	1000.8012	14.2679	17.4912	15.0740	18.5440
E-7	E-8	20.396	202.162	983.310	978.530	4.780	21.415	4	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1181	0.4064	1000.8012	1000.6831	17.4912	22.1531	18.5440	23.3240
E-8	E-9	29.900	231.662	978.530	972.970	5.560	30.975	6	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1709	0.4064	1000.6831	1000.5122	22.1531	27.5422	23.3240	28.8840
E-9	E-10	35.207	286.869	972.970	968.070	4.900	36.967	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2039	0.4064	1000.5122	1000.3083	27.5422	32.2383	28.8840	33.7840
E-10	E-11	43.631	310.500	968.070	960.100	7.970	45.813	8	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2527	0.4064	1000.3083	1000.0556	32.2383	39.9556	33.7840	41.7540
E-11	E-12	78.800	389.100	960.100	956.770	3.330	82.530	14	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.4553	0.4064	1000.0556	999.6003	39.9556	42.8303	41.7540	45.0840
E-12	E-13	35.700	424.800	956.770	954.330	2.440	37.485	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2068	0.4064	999.6003	999.3936	42.8303	45.0636	45.0840	47.5240
E-13	E-14	32.908	457.708	954.330	953.820	0.510	34.553	6	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1906	0.4064	999.3936	999.2030	45.0636	47.5240	48.0340	50.4040
E-14	E-15	39.240	486.948	953.820	955.430	-1.610	41.202	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2273	0.4064	999.2030	998.9757	47.5240	50.4040	53.8840	56.4240
E-15	E-16	28.000	524.948	955.430	958.070	-2.640	29.400	5	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1622	0.4064	998.9757	998.8135	50.4040	53.8840	56.4240	59.7840
E-16	E-17	46.309	571.257	958.070	963.280	-5.210	48.624	8	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2682	0.4064	998.8135	998.5453	53.8840	57.3653	59.7840	62.5740
E-17	E-18	34.200	605.457	963.280	968.920	-5.640	35.910	6	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1981	0.4064	998.5453	998.3472	57.3653	60.8514	62.5740	65.9340
E-18	E-19	51.129	656.585	968.920	970.050	-1.130	53.685	9	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2961	0.4064	998.3472	998.0511	60.8514	64.8011	65.9340	70.8040
E-19	E-20	39.200	695.785	970.050	972.880	-2.830	41.160	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2270	0.4064	998.0511	997.8240	64.8011	68.8011	70.8040	74.7440
E-20	E-21	37.719	733.504	972.880	970.380	2.500	39.604	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2185	0.4064	997.8240	997.6055	68.8011	72.8555	74.7440	78.7440
E-21	E-22	97.900	831.004	970.380	968.080	2.300	102.375	17	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.5647	0.4064	997.6055	997.0408	72.8555	76.9608	78.7440	82.7040
E-22	E-23	58.600	889.604	968.080	963.850	4.230	61.530	11	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.3394	0.4064	997.0408	996.7014	76.9608	80.8514	82.7040	86.0040
E-23	E-24	138.700	1028.304	963.850	959.740	4.110	145.635	24	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.8034	0.4064	996.7014	995.8981	80.8514	84.8011	86.0040	90.1140
E-24	E-25	157.262	1185.566	959.740	960.060	-0.320	165.125	28	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.9109	0.4064	995.8981	994.9872	84.8011	88.8011	90.1140	94.1040
E-25	E-26	60.987	1246.553	960.060	966.890	-6.830	64.037	11	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.3532	0.4064	994.9872	994.6340	88.8011	92.7440	94.1040	98.9640
E-26	E-27	608.300	1854.853	966.890	965.280	1.610	638.715	105	0.99	2	2.193	160 psi	150	3.5233	0.4064	994.6340	991.1107	92.7440	96.6666	98.9640	103.6640
E-27	E-28	175.200	2030.053	965.280	965.670	-0.390	183.960	31	0.99	2	2.193	160 psi	150	1.0148	0.4064	991.1107	990.0959	96.6666	100.6666	103.6640	107.6640
E-28	E-29	39.600	2069.653	965.670	966.890	-1.220	41.580	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2294	0.4064	990.0959	989.8666	100.6666	104.6666	107.6640	111.6640
E-29	E-30	28.400	2098.053	966.890	966.580	0.310	29.820	5	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1645	0.4064	989.8666	989.7021	104.6666	108.6666	111.6640	115.6640
E-30	E-31	60.826	2158.879	966.580	969.180	-2.600	63.867	11	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.3523	0.4064	989.7021	989.3498	108.6666	112.6666	115.6640	120.6640
E-31	E-32	37.103	2195.982	969.180	970.720	-1.540	38.958	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2149	0.4064	989.3498	989.1349	112.6666	116.6666	120.6640	124.6640
E-32	E-33	36.062	2232.043	970.720	978.500	-7.780	37.865	7	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2089	0.4064	989.1349	988.9260	116.6666	120.6666	124.6640	128.6640
E-33	E-34	133.500	2365.543	978.500	979.480	-0.980	140.175	24	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.7732	0.4064	988.9260	988.1528	120.6666	124.6666	128.6640	132.6640
E-34	E-35	20.400	2385.943	979.480	978.610	0.870	21.420	4	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1182	0.4064	988.1528	988.0346	124.6666	128.6666	132.6640	136.6640
E-35	E-36	130.000	2515.943	978.610	976.960	1.650	136.500	23	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.7530	0.4064	988.0346	987.2816	128.6666	132.6666	136.6640	140.6640
E-36	E-37	46.100	2562.043	976.960	975.830	1.130	48.405	8	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2670	0.4064	987.2816	987.0146	132.6666	136.6666	140.6640	144.6640
E-37	E-38	31.000	2583.043	975.830	972.050	3.780	32.550	6	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.1796	0.4064	987.0146	986.8351	136.6666	140.6666	144.6640	148.6640
E-38	E-39	63.336	2656.379	972.050	967.890	4.160	66.503	11	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.3668	0.4064	986.8351	986.4682	140.6666	144.6666	148.6640	152.6640
E-39	E-40	41.000	2697.379	967.890	963.540	4.350	43.050	8	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2375	0.4064	986.4682	986.2308	144.6666	148.6666	152.6640	156.6640
E-40	E-41	48.100	2745.479	963.540	964.650	-1.110	50.505	9	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2786	0.4064	986.2308	985.9522	148.6666	152.6666	156.6640	160.6640
E-41	E-42	44.800	2789.979	964.650	962.370	2.280	46.725	8	0.99	2	2.193	160 psi	150	0.2577	0.4064	985.9522	985.6944	152.6666	156.6666	160.6640	164.6640

Continuación del apéndice 1.

		CAJA ROMPE PRESIÓN													0.0000			961.6200			961.6200		
E-42	E-43	37.700	2827.679	962.370	959.930	2.440	39.585	7	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.8664	0.6352	961.6200	960.7336	-0.7500	0.8036	-0.7500	1.6900		
E-43	E-44	20.572	2848.251	959.930	957.970	1.960	21.601	4	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.4837	0.6352	960.7336	960.2499	0.8036	2.2799	1.6900	3.6500		
E-44	E-45	14.400	2862.651	957.970	948.220	9.750	15.120	3	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.3386	0.6352	960.2499	959.9114	2.2799	11.6914	3.6500	13.4000		
E-45	E-46	67.600	2930.251	948.220	940.070	8.150	70.980	12	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.5894	0.6352	959.9114	958.3220	11.6914	18.2520	13.4000	21.5500		
E-46	E-47	115.500	3045.753	940.070	933.680	6.390	121.276	20	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	2.7156	0.6352	958.3220	955.6064	18.2520	21.9284	21.5500	27.9400		
E-47	E-48	72.100	3117.853	933.680	928.430	5.250	75.705	13	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.6952	0.6352	955.6064	953.9112	21.9284	25.4812	27.9400	33.1900		
E-48	E-49	45.600	3163.453	928.430	924.050	4.360	47.880	8	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.0721	0.6352	953.9112	952.8391	25.4812	28.7891	33.1900	37.5700		
E-49	E-50	104.139	3267.592	924.050	923.820	0.230	109.346	18	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	2.4485	0.6352	952.8391	950.3906	28.7891	26.5706	37.5700	37.8000		
E-50	E-51	25.300	3292.892	923.820	924.370	-0.550	26.565	5	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.5948	0.6352	950.3906	949.7958	26.5706	25.4258	37.8000	37.2500		
E-51	E-52	33.195	3326.087	924.370	922.680	1.690	34.855	6	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.7805	0.6352	949.7958	949.0153	25.4258	26.3353	37.2500	38.9400		
E-52	E-53	34.700	3360.787	922.680	920.140	2.540	36.435	6	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.8158	0.6352	949.0153	948.1995	26.3353	28.0595	38.9400	41.4800		
E-53	E-54	28.400	3389.187	920.140	918.870	1.270	29.820	5	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.6677	0.6352	948.1995	947.5317	28.0595	28.6617	41.4800	42.7500		
E-54	E-55	14.579	3403.766	918.870	917.630	1.240	15.308	3	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.3428	0.6352	947.5317	947.1889	28.6617	29.5589	42.7500	43.9900		
E-55	E-56	40.667	3444.433	917.630	915.070	2.560	42.700	8	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.9561	0.6352	947.1889	946.2328	29.5589	31.1628	43.9900	46.5500		
E-56	E-57	43.900	3488.333	915.070	913.880	1.190	46.095	8	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.0322	0.6352	946.2328	945.2006	31.1628	31.3206	46.5500	47.7400		
E-57	E-58	35.687	3524.020	913.880	912.870	1.010	37.471	7	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	0.8390	0.6352	945.2006	944.3616	31.3206	31.4916	47.7400	48.7500		
E-58	E-59	78.500	3602.520	912.870	911.430	1.440	82.425	14	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.8457	0.6352	944.3616	942.5159	31.4916	31.0859	48.7500	50.1900		
E-59	E-60	70.502	3673.022	911.430	913.580	-2.150	74.027	13	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.6576	0.6352	942.5159	940.8583	31.0859	27.2783	50.1900	48.0400		
E-60	E-61	82.400	3755.422	913.580	914.320	-0.740	86.520	15	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.9373	0.6352	940.8583	938.9210	27.2783	24.6010	48.0400	47.3000		
E-61	E-62	53.000	3808.422	914.320	912.200	2.120	55.650	10	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.2461	0.6352	938.9210	937.6749	24.6010	25.4749	47.3000	49.4200		
E-62	E-63	44.002	3852.424	912.200	908.990	3.210	46.202	8	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.0345	0.6352	937.6749	936.6403	25.4749	27.6503	49.4200	52.6300		
E-63	E-64	55.900	3908.324	908.990	901.590	7.400	58.695	10	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.3143	0.6352	936.6403	935.3260	27.6503	33.7360	52.6300	60.0300		
E-64	E-65	76.200	3984.524	901.590	893.970	7.620	80.010	14	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.7916	0.6352	935.3260	933.5345	33.7360	39.5645	60.0300	67.6500		
E-65	E-66	59.200	4043.724	893.970	884.520	9.450	62.160	11	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.3919	0.6352	933.5345	932.1426	39.5645	47.6226	67.6500	77.1000		
E-66	E-67	71.483	4115.206	884.520	883.870	0.650	75.057	13	0.99	1/2	1.754	160 psi	150	1.6807	0.6352	932.1426	930.4619	47.6226	46.5919	77.1000	77.7500		

Fuente: elaboracion propia.

Apéndice 2

Cálculos hidráulicos de la red de distribución

RAMAL 1		L Tomada	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercio [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cie. de Tubería	Pérdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINAMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
			INICIAL	FINAL												Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
E-1	P-O	64.070	883.8700	882.2604	1.6096	67.2738	12	1.6483	1.7963	1.1/2	1.676	250 PSI	150	2.256143	1.16	883.8700	881.6139	0.0000	-0.6465	0.0000	1.6096
E-2	E-3	78.230	882.2604	880.5277	1.7327	82.1419	14	1.6483	1.8434	1/2	1.676	250 PSI	150	2.754770	1.16	881.6139	878.8591	-0.6465	-1.6686	1.6096	3.3424
E-3	E-4	44.553	880.5277	879.0892	1.4384	46.7810	8	1.6483	1.7061	1/2	1.676	250 PSI	150	1.568880	1.16	878.8591	877.2902	-1.6686	-1.7990	3.3424	4.7808
E-4	E-5	25.544	879.0892	878.7740	0.3153	26.8316	5	1.6483	2.0787	1/2	1.676	250 PSI	150	0.899844	1.16	877.2902	876.3904	-1.7990	-2.3836	4.7808	5.0961
E-5	E-6	31.765	878.7740	868.1914	10.5825	33.3530	6	1.6483	1.0585	1/2	1.676	250 PSI	150	1.118851	1.16	876.3904	875.2718	-2.3836	7.0804	5.0961	15.6786
E-6	E-7	65.307	868.1914	852.6464	15.5450	68.5724	12	1.6483	1.1320	1/2	1.676	250 PSI	150	2.299691	1.16	875.2718	872.9722	7.0804	20.3257	15.6786	31.2236
E-7	E-8	39.051	852.6464	850.5128	2.1336	41.0038	7	1.6483	1.5314	1/2	1.676	250 PSI	150	1.375131	1.16	872.9722	871.5970	20.3257	21.0842	31.2236	33.3572
E-8	E-9	21.213	850.5128	847.4648	3.0480	22.2739	4	1.6483	1.2557	1/2	1.676	250 PSI	150	0.746892	1.16	871.5970	870.8500	21.0842	25.3853	33.3572	36.4053
E-9	E-10	13.038	847.4648	846.5552	0.6096	13.6903	3	1.6483	1.5812	1/2	1.676	250 PSI	150	0.459128	1.16	870.8500	870.3909	23.3853	23.5357	36.4053	37.0149
E-10	E-11	31.064	846.5552	845.0263	1.8288	32.6176	6	1.6483	1.5081	1/2	1.676	250 PSI	150	1.093888	1.16	870.3909	869.2970	23.5357	24.2707	37.0149	38.8437
E-11	E-12	29.120	845.0263	845.9407	-0.9144	30.5764	6	1.6483	1.7159	1/2	1.676	250 PSI	150	1.025433	1.16	869.2970	868.2716	24.2707	22.3308	38.8437	37.9293
CAJA ROMPE PRESIÓN SANTA BARBARA 1																					
E-12	E-14	38.079	845.9407	841.9783	3.9624	39.9828	7	1.6483	1.3417	1/2	1.676	250 PSI	150	1.340893	1.16	845.1907	843.8498	-0.7500	1.8715	-0.7500	3.2124
E-14	E-15	40.522	841.9783	831.6150	10.3633	42.5477	7	1.6483	1.1155	1/2	1.676	250 PSI	150	1.426909	1.16	843.8498	842.4229	1.8715	10.8079	3.2124	13.5757
E-15	E-16	39.115	831.6150	821.2516	10.3633	41.0710	7	1.6483	1.1074	1/2	1.676	250 PSI	150	1.377385	1.16	842.4229	841.0455	10.8079	19.7939	13.5757	23.9391
E-16	E-17	39.205	821.2516	822.4709	-1.2192	41.1648	7	1.6483	1.7183	1/2	1.676	250 PSI	150	1.380533	1.16	841.0455	839.6650	19.7939	17.1941	23.9391	22.7198
E-17	E-18	14.142	822.4709	816.0700	6.4009	14.8492	3	1.6483	0.9921	1/2	1.676	250 PSI	150	0.497994	1.16	839.6650	839.1670	17.1941	23.0970	22.7198	29.1207
E-18	E-20	23.022	816.0700	813.0219	3.0480	24.1728	4	1.6483	1.2769	1/2	1.676	250 PSI	150	0.810676	1.16	839.1670	838.3563	23.0970	25.3344	29.1207	32.1688
E-20	E-22	63.702	813.0219	802.0490	10.9729	66.8875	11	1.6483	1.2088	1/2	1.676	250 PSI	150	2.243788	1.16	838.3563	836.1131	25.3344	34.0641	32.1688	43.1417
CAJA ROMPE PRESIÓN SANTA BARBARA 2																					
E-22	E-23	63.891	802.0490	787.7232	14.3258	67.0850	12	1.6483	1.1460	1/2	1.676	250 PSI	150	2.249811	1.16	801.2990	799.0492	-0.7500	11.3259	-0.7500	13.5758
E-23	E-24	16.763	787.7232	787.4184	0.3048	17.6013	3	1.6483	1.9186	1/2	1.676	250 PSI	150	0.990288	1.16	799.0492	796.6438	11.3259	11.0405	13.5758	13.8906
E-24	E-25	51.546	787.4184	778.2743	9.1441	54.1234	9	1.6483	1.2025	1/2	1.676	250 PSI	150	1.815121	1.16	798.6438	796.6438	11.0405	18.3695	13.8906	23.0247
E-25	E-26	38.275	778.2743	773.7023	4.5721	40.1891	7	1.6483	1.3042	1/2	1.676	250 PSI	150	1.347809	1.16	796.6438	795.2960	18.3695	21.5937	23.0247	27.5967
E-26	E-27	27.000	773.7023	772.4831	1.2192	28.3500	5	1.6483	1.5926	1/2	1.676	250 PSI	150	0.950766	1.16	795.2960	794.3462	21.5937	21.8622	27.5967	28.8159
E-27	E-28	74.330	772.4831	763.0341	9.4489	78.0468	13	1.6483	1.2876	1/2	1.676	250 PSI	150	2.617434	1.16	794.3462	791.7278	21.8622	28.6936	28.8159	38.2649
CAJA ROMPE PRESIÓN SANTA BARBARA 3																					
E-28	P-O	63.070	763.0341	757.8525	5.1817	26.3234	5	0.5353	0.7600	3/4	0.926	250 PSI	150	1.979620	1.23	791.7278	789.7482	28.6936	31.8957	38.2649	43.4465
E-30	E-31	28.683	757.8525	759.9861	-2.1336	28.0175	5	0.5353	0.9236	3/4	0.926	250 PSI	150	2.107021	1.23	789.7482	787.6411	31.8957	27.6550	43.4465	41.3129
E-31	E-33	7.071	759.9861	760.9005	-0.9144	7.4247	2	0.5353	0.8388	3/4	0.926	250 PSI	150	0.558363	1.23	787.6411	787.0828	27.6550	26.1823	41.3129	40.3985
E-33	E-34	8.062	760.9005	761.2053	-0.3048	8.4654	2	0.5353	1.0772	3/4	0.926	250 PSI	150	0.636632	1.23	787.0828	786.4461	26.1823	25.2408	40.3985	40.0937
E-34	E-35	10.817	761.2053	761.8149	-0.6096	11.3575	2	0.5353	0.9924	3/4	0.926	250 PSI	150	0.854130	1.23	786.4461	785.5920	25.2408	23.7771	40.0937	39.4841
RAMAL 3																					
E-35	E-58	20.616	761.8149	763.6437	-1.8288	21.6468	4	0.3000	0.7286	3/4	0.926	250 PSI	150	0.557703	0.69	785.5920	785.0343	23.7771	21.3906	39.4841	37.6525
E-58	E-60	24.688	763.6437	755.7189	7.9249	25.9329	5	0.3000	0.5572	3/4	0.926	250 PSI	150	0.688129	0.69	785.0343	784.3662	21.3906	28.6473	37.6525	45.58015
E-60	E-61	37.590	755.7189	763.3389	-7.6201	39.4695	7	0.3000	0.6124	3/4	0.926	250 PSI	150	1.016883	0.69	784.3662	783.3493	28.6473	20.0103	45.58015	37.96006
E-61	E-62	26.173	763.3389	770.9590	-7.6201	27.4817	5	0.3000	0.5685	3/4	0.926	250 PSI	150	0.708031	0.69	783.3493	782.6413	20.0103	11.6822	37.96006	30.33986

Continuación del apéndice 2.

RAMAL 4	L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA		
		INICIAL	FINAL												Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
E-35	E-36	8.062	761.8149	763.9486	-2.1336	8.4651	2	0.3906	0.6409	3/4	0.926	250 PSI	150	0.355363	0.90	785.5920	785.2366	23.7771	21.2881	39.4841	37.35045
E-36	E-37	11.045	763.9486	761.2053	2.7432	11.5973	2	0.3906	0.6493	3/4	0.926	250 PSI	150	0.486850	0.90	785.2366	784.7498	21.2881	23.5445	37.3504	40.09368
E-37	E-38	21.024	761.2053	759.0717	2.1336	22.0752	4	0.3906	0.7803	3/4	0.926	250 PSI	150	0.926711	0.90	784.7498	783.8231	23.5445	24.7514	40.0937	42.22731
E-38	E-40	16.125	759.0717	758.1573	0.9144	16.9313	3	0.3906	0.8793	3/4	0.926	250 PSI	150	0.710769	0.90	783.8231	783.1123	24.7514	24.9550	42.2273	43.14172
E-40	E-41	13.601	758.1573	756.6333	1.5240	14.2811	3	0.3906	0.7646	3/4	0.926	250 PSI	150	0.599515	0.90	783.1123	782.5128	24.9550	25.8795	43.1417	44.66574
E-41	E-43	34.205	756.6333	749.6228	7.0105	35.9153	6	0.3906	0.6754	3/4	0.926	250 PSI	150	1.507713	0.90	782.5128	781.0051	25.8795	31.3823	44.6657	51.67622
E-43	E-44	13.416	749.6228	748.4036	1.2192	14.0868	3	0.3906	0.7982	3/4	0.926	250 PSI	150	0.591360	0.90	781.0051	780.4137	31.3823	32.0102	51.6762	52.89544
E-44	E-45	10.440	748.4036	748.7084	-0.3048	10.9620	2	0.3906	1.0077	3/4	0.926	250 PSI	150	0.460182	0.90	780.4137	779.9535	32.0102	31.2452	52.8954	52.99063
E-45	E-46	20.809	748.7084	748.0988	0.6096	21.8495	4	0.3906	1.0077	3/4	0.926	250 PSI	150	0.917234	0.90	779.9535	779.0363	31.2452	30.9376	52.9906	53.20024
E-46	E-47	28.320	748.0988	748.7084	-0.6096	29.7360	5	0.3906	1.0728	3/4	0.926	250 PSI	150	1.248309	0.90	779.0363	777.7880	30.9376	29.0796	53.2002	52.59063
E-47	E-48	18.028	748.7084	747.4892	1.2192	18.9294	4	0.3906	0.8481	3/4	0.926	250 PSI	150	0.794651	0.90	777.7880	776.9933	29.0796	29.5042	52.5906	53.80985
E-48	E-49	37.108	747.4892	742.9171	4.5721	38.9634	7	0.3906	0.7498	3/4	0.926	250 PSI	150	1.635673	0.90	776.9933	775.3577	29.5042	32.4406	53.8098	58.38191
E-50	E-51	32.573	742.9171	741.5162	1.4009	34.2017	6	0.3906	0.9307	3/4	0.926	250 PSI	150	1.435776	0.90	775.3577	773.7402	32.2588	32.2239	58.3819	59.78278

RAMAL 5	L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA		
		INICIAL	FINAL												Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
E-48	E-52	31.575	747.4892	736.383	11.1066	33.1538	6	0.3674	0.5906	3/4	0.926	250 PSI	150	1.242725	0.85	776.9933	775.7506	29.5042	39.3680	53.8098	64.9164
E-52	E-53	22.000	736.3826	734.9922	1.3904	23.1000	4	0.3674	0.8402	3/4	0.926	250 PSI	150	0.865874	0.85	775.7506	774.8847	39.3680	39.8926	64.9164	66.3068
E-53	E-54	7.616	734.9922	735.6018	-0.6096	7.9968	2	0.3674	0.8004	3/4	0.926	250 PSI	150	0.299750	0.85	774.8847	774.5850	39.8926	38.9832	66.3068	65.6972
E-54	E-55	17.263	735.6018	735.9066	-0.3048	18.1262	3	0.3674	1.0917	3/4	0.926	250 PSI	150	0.679435	0.85	774.5850	773.9056	38.9832	37.9990	65.6972	65.3924
E-55	E-56	18.788	735.9066	734.9922	0.9144	19.7274	4	0.3674	0.8865	3/4	0.926	250 PSI	150	0.739456	0.85	773.9056	773.1681	37.9990	38.1739	65.3924	66.3068

RAMAL 6	L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA		
		INICIAL	FINAL												Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
E-28	E-63	45.122	763.0341	774.9215	-11.8873	47.3781	8	1.0561	0.9380	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.696543	0.74	791.7278	791.0312	28.6936	16.1097	38.2649	26.3775
E-63	E-65	31.016	774.9215	771.2638	3.6576	32.5668	6	1.0561	1.1039	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.478791	0.74	791.0312	790.5524	16.1097	19.2886	26.3775	30.0352
E-65	E-66	15.232	771.2638	771.5686	-0.3048	15.9936	3	1.0561	1.5890	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.235135	0.74	790.5524	790.3173	19.2886	18.7487	30.0352	29.7304
E-66	E-67	23.022	771.5686	770.9590	0.6096	24.1731	4	1.0561	1.5002	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.355388	0.74	790.3173	789.9619	18.7487	19.0029	29.7304	30.3400
E-67	E-124	31.257	770.9590	764.2534	6.7057	32.8199	6	1.0561	0.9763	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.482511	0.74	789.9619	789.4794	19.0029	25.2260	30.3400	37.0456
E-124	E-68	32.016	764.2534	756.0237	8.2297	33.6168	6	1.0561	0.9407	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.494227	0.74	789.4794	788.9852	25.2260	32.9615	37.0456	45.2753
E-68	E-69	34.234	756.0237	757.5477	-1.5240	35.9457	6	1.0561	1.3484	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.528466	0.74	788.9852	788.4587	32.9615	30.9090	45.2753	43.7513
E-69	E-123	15.000	757.5477	763.3389	-5.7913	15.7500	3	1.0561	0.8653	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.231553	0.74	788.4587	788.2252	30.9090	24.8862	43.7513	37.9601
E-123	E-70	155.756	763.3389	759.3765	3.9624	163.5438	27	1.0561	1.5126	1 1/2	1.676	250 PSI	150	2.404388	0.74	788.2252	785.6208	24.8862	26.4443	37.9601	41.9225

Continuación del apéndice 2.

RAMAL 7		L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA		
EST	P.O		INICIAL	FINAL												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL
E-70	E-72	50.990	759.3765	761.8149	-2.4384	53.5395	9	0.4243	0.9397	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.145675	0.30	785.8208	785.6751	26.4443	23.8602	41.9225	39.4841	
E-72	E-73	46.690	761.8149	752.3660	9.4489	49.0245	9	0.4243	0.6988	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.133390	0.30	785.6751	785.5417	23.8602	33.1757	39.4841	48.9330	
E-73	E-74	42.438	752.3660	763.6437	-11.2777	44.5599	8	0.4243	0.6608	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.121243	0.30	785.5417	785.4205	33.1757	21.7767	48.9330	37.6553	
E-74	E-75	46.400	763.6437	773.7023	-10.0585	48.7200	8	0.4243	0.6890	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.132562	0.30	785.4205	785.2879	21.7767	11.5856	37.6553	27.5967	
E-75	E-76	57.009	773.7023	771.5699	2.1366	59.8595	10	0.4243	0.9882	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.110243	0.30	785.2879	785.1250	11.5856	13.5564	27.5967	29.7304	
E-76	E-77	38.588	771.5699	766.0822	5.4865	40.5174	7	0.4243	0.7513	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.101742	0.30	785.1250	785.0148	13.5564	18.9326	29.7304	35.2168	
E-77	E-128	6.000	766.0822	763.6901	2.3921	6.3000	2	0.4243	0.6080	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.004040	0.30	784.9976	784.9936	21.3075	21.3075	35.2168	37.6089	
E-128	E-131	1.414	763.6901	763.2006	0.4895	1.4847	1	0.4243	0.6259	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.025712	0.30	784.9936	784.9679	21.7930	23.7140	38.0984	40.0451	
E-131	E-132	9.000	763.2006	761.2539	1.9467	9.4500	2	0.4243	0.6893	1 1/2	1.676	250 PSI	150									

RAMAL 8		L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
EST	P.O		INICIAL	FINAL												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
E-70	E-78	62.431	759.3765	762.0612	7.3153	55.0526	10	0.8247	0.9708	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.512202	0.58	758.6265	758.1143	-0.7500	6.0531	-0.7500	6.5653
E-78	E-79	36.401	746.5747	746.5747	0.0000	36.2211	7	0.8247	0.9556	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.355604	0.58	758.1143	757.7587	6.0531	11.1840	6.5653	12.0518
E-79	E-80	52.010	746.5747	742.0027	4.5721	54.6105	9	0.8247	1.0674	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.508089	0.58	757.7587	757.2506	11.1840	15.2479	12.0518	16.6238
E-80	E-81	27.893	742.0027	744.7459	-2.7432	29.2877	5	0.8247	1.0431	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.272489	0.58	757.2506	756.9781	15.2479	12.2322	16.6238	13.8806
E-81	E-83	14.142	744.7459	741.6979	3.0480	14.8491	3	0.8247	0.8879	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.138154	0.58	756.9781	756.8400	12.2322	15.1421	13.8806	16.9286
E-83	E-84	35.693	741.6979	737.1258	4.5721	37.4777	7	0.8247	0.9880	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.348687	0.58	756.8400	756.4913	15.1421	19.3655	16.9286	21.5007
E-84	E-85	16.492	737.1258	736.2114	0.9144	17.3166	3	0.8247	1.1734	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.161111	0.58	756.4913	756.3302	19.3655	20.1188	21.5007	22.4151
E-85	E-86	10.198	736.2114	732.5538	3.6576	10.7079	2	0.8247	0.7997	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.099625	0.58	756.3302	756.2305	20.1188	23.6768	22.4151	25.0727
E-86	E-87	21.932	732.5538	725.5433	7.0105	23.0286	4	0.8247	0.8189	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.214255	0.58	756.2305	756.0163	23.6768	30.4730	25.0727	33.0832
E-87	E-88	13.601	725.5433	725.5433	0.0000	14.2811	3	0.8247	0.0000	1 1/2	1.676	250 PSI	150	0.132869	0.58	756.0163	755.8834	30.4730	30.3401	33.0832	33.0832

RAMAL 9		L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
EST	P.O		INICIAL	FINAL												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
E-88	E-90	16.031	725.5433	729.5057	-3.9624	16.8326	3	0.3183	0.6013	1	1.161	250 PSI	150	0.160840	0.47	755.8834	755.7226	30.3401	26.2168	33.0832	29.1208
E-90	E-92	43.932	729.5057	724.3241	5.1817	48.1286	8	0.3183	0.7000	1	1.161	250 PSI	150	0.440774	0.47	755.6127	755.1719	26.1070	30.8479	29.1208	34.3024

RAMAL 10		L Tomada [m]	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg]	Diámetro Comercial [pulg]	Diámetro Interno [pulg]	Tipo de tubería de PVC	Cte. de Tubería	Perdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMETRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
EST	P.O		INICIAL	FINAL												INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
E-93	E-95	1.000	724.3241	722.8001	1.5240	1.0500	1	0.3674	0.4371	1	1.161	250 PSI	150	0.013083	0.54	755.1719	755.1588	30.8479	32.3588	34.3024	35.8264
E-95	E-96	5.099	722.8001	721.5808	1.2192	5.3540	1	0.3674	0.6393	1	1.161	250 PSI	150	0.066708	0.54	755.1588	755.0921	32.3588	33.5113	35.8264	37.0457
E-96	E-97	27.659	721.5808	724.3241	-2.7432	29.0420	5	0.3674	0.7659	1	1.161	250 PSI	150	0.361852	0.54	755.0921	754.7303	33.5113	30.4062	37.0457	34.3024
E-97	E-98	10.000	724.3241	727.3721	-3.0480	10.5000	2	0.3674	0.6082	1	1.161	250 PSI	150	0.130826	0.54	754.7303	754.5995	30.4062	27.2274	34.3024	31.2544

Continuación del apéndice 2.

RAMAL 11	L Tomada	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg.]	Diámetro Comercial [pulg.]	Diámetro Interno [pulg.]	Tipo de tubería de PVC	Qe. de Tubería	Pérdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
		INICIAL	FINAL												Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
EST P-O																				
E-99	14.422	724.3241	718.2280	6.0961	15.1431	3	0.3000	0.5266	1	1.161	250 PSI	150	0.129684	0.44	755.1719	755.0422	30.8479	36.8142	34.3024	40.3985
E-99	E-101	31.145	718.2280	725.5433	32.7023	6	0.3000	0.5941	1	1.161	250 PSI	150	0.280059	0.44	755.0422	754.7622	36.8142	29.2189	40.3985	33.0832
E-101	E-102	3.162	725.5433	726.1529	3.3201	1	0.3000	0.6187	1	1.161	250 PSI	150	0.028433	0.44	754.7622	754.7338	39.2189	28.5809	33.0832	32.4736
E-102	E-103	28.155	726.1529	723.7145	30.6128	6	0.3000	0.7344	1	1.161	250 PSI	150	0.262165	0.44	754.7338	754.4716	28.5809	30.7571	32.4736	34.9120
E-103	E-104	7.071	723.7145	725.8481	2.1336	2	0.3000	0.5643	1	1.161	250 PSI	150	0.063583	0.44	754.4716	754.4080	30.7571	28.5599	34.9120	32.7784

RAMAL 12	L Tomada	COTA TERRENO		Diferencia de Cotas	L Diseño [m]	Total Tubos	Q Diseño [l/s]	Diámetro Teórico [pulg.]	Diámetro Comercial [pulg.]	Diámetro Interno [pulg.]	Tipo de tubería de PVC	Qe. de Tubería	Pérdida hf [m]	V [m/s]	COTA PIEZOMÉTRICA		PRESIÓN DINÁMICA		PRESIÓN ESTÁTICA	
		INICIAL	FINAL												Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
EST P-O																				
E-88	E-105	12.207	725.5433	723.7145	12.8174	3	0.3762	0.7101	1	1.161	250 PSI	150	0.166848	0.55	755.8634	755.7166	30.3401	32.0021	33.0832	34.9120
E-105	E-106	29.967	723.7145	717.9232	31.4654	6	0.3762	0.6739	1	1.161	250 PSI	150	0.409595	0.55	755.7166	755.3070	32.0021	37.3838	34.9120	40.7033
E-106	E-107	6.000	717.9232	720.9712	6.3000	2	0.3762	0.5526	1	1.161	250 PSI	150	0.082009	0.55	755.3070	755.2250	37.3838	34.2537	40.7033	37.6553
E-107	E-108	3.162	720.9712	721.5808	3.3201	1	0.3762	0.6742	1	1.161	250 PSI	150	0.043219	0.55	755.2250	755.1817	34.2537	33.6009	37.6553	37.0457
E-108	E-109	11.662	721.5808	719.7520	12.2451	3	0.3762	0.7035	1	1.161	250 PSI	150	0.159399	0.55	755.1817	755.0223	33.6009	35.2703	37.0457	38.8745
E-109	E-110	11.000	719.7520	719.1424	11.5500	2	0.3762	0.8710	1	1.161	250 PSI	150	0.150360	0.55	755.0223	754.8720	35.2703	35.7296	38.8745	39.4841
E-110	E-111	8.062	719.1424	720.0568	8.4651	2	0.3762	0.7518	1	1.161	250 PSI	150	0.110193	0.55	754.8720	754.7618	35.7296	34.7050	39.4841	38.5697
E-111	E-112	21.587	720.0568	717.9232	22.6664	4	0.3762	0.7734	1	1.161	250 PSI	150	0.239056	0.55	754.7618	754.4667	34.7050	36.5436	38.5697	40.7033
E-112	E-113	2.236	717.9232	720.6664	2.3478	1	0.3762	0.4611	1	1.161	250 PSI	150	0.030562	0.55	754.4667	754.4362	36.5436	33.7698	40.7033	37.9601
E-113	E-114	16.492	720.6664	723.4097	17.3166	3	0.3762	0.6950	1	1.161	250 PSI	150	0.225416	0.55	754.4362	754.2108	33.7698	30.8011	37.9601	35.2168
E-114	E-118	19.235	723.4097	722.8001	20.1968	4	0.3762	0.9769	1	1.161	250 PSI	150	0.262908	0.55	754.2108	753.9479	30.8011	31.1478	35.2168	35.8264
E-118	E-119	9.487	722.8001	722.4952	9.9614	2	0.3762	0.9741	1	1.161	250 PSI	150	0.129670	0.55	753.9479	753.8182	31.1478	31.3229	35.8264	36.1313
E-120	E-122	16.492	722.4952	720.3612	17.3166	3	0.3762	0.7318	1	1.161	250 PSI	150	0.225416	0.55	753.8182	753.4418	31.1478	33.0806	36.1313	38.2653
E-122	E-121	17.464	720.3612	720.3616	18.3372	4	0.3762	4.3133	1	1.161	250 PSI	150	0.238702	0.55	753.4418	753.2031	33.0806	32.8415	38.2653	38.2649

Fuente: elaboración propia.

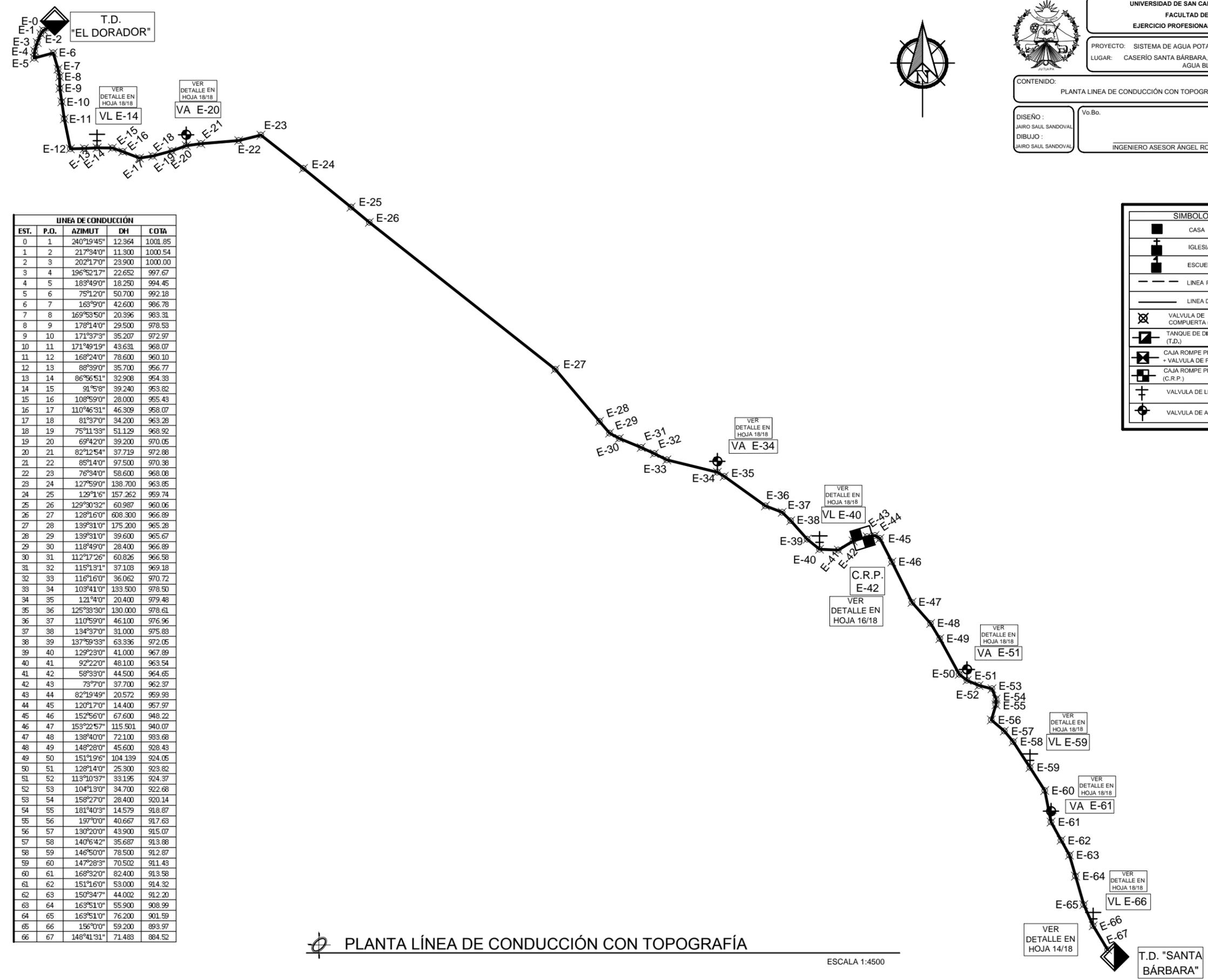


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA LINEA DE CONDUCCIÓN CON TOPOGRAFÍA
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 Vg.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC
 HOJA No. 1/18



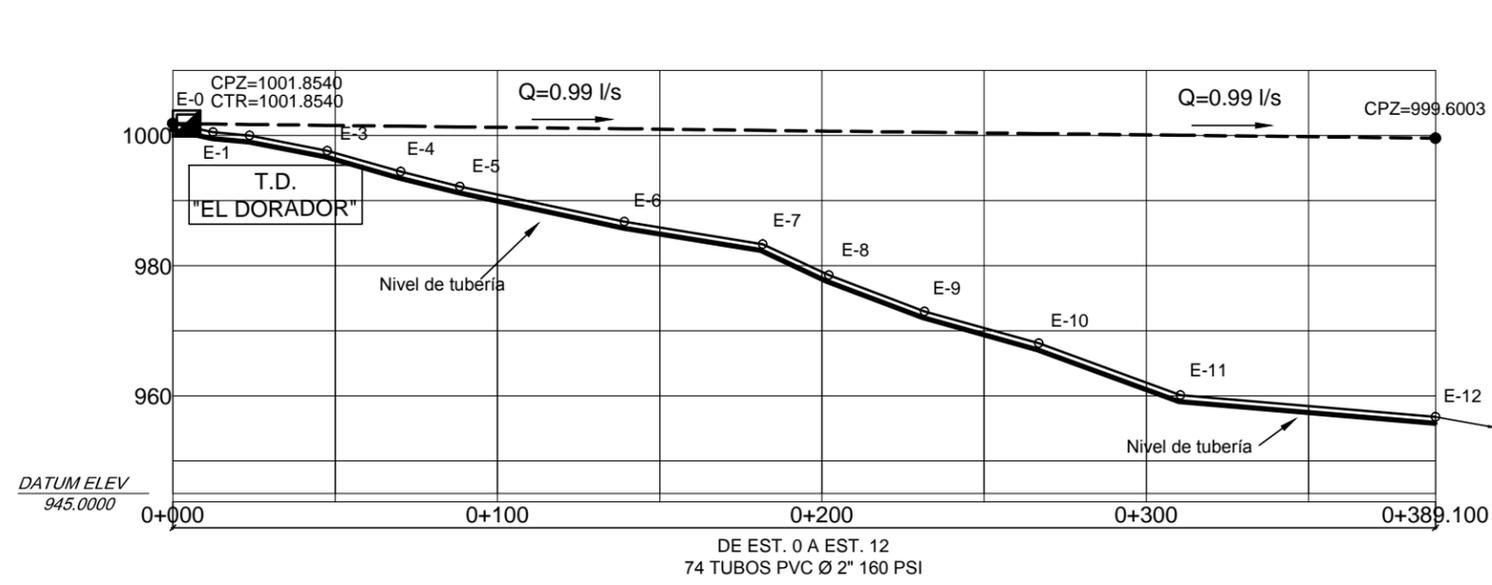
LINEA DE CONDUCCIÓN				
EST.	P.O.	AZIMUT	DH	COTA
0	1	240°19'45"	12.364	1001.85
1	2	217°34'0"	11.300	1000.54
2	3	202°17'0"	23.900	1000.00
3	4	196°52'17"	22.652	997.67
4	5	183°49'0"	18.250	994.45
5	6	75°12'0"	50.700	992.18
6	7	168°9'0"	42.600	986.78
7	8	169°53'50"	20.396	983.31
8	9	178°14'0"	29.500	978.53
9	10	171°37'3"	35.207	972.97
10	11	171°49'19"	43.631	968.07
11	12	168°24'0"	78.600	960.10
12	13	88°39'0"	35.700	956.77
13	14	86°56'51"	32.908	954.33
14	15	91°5'8"	39.240	953.82
15	16	108°59'0"	28.000	955.43
16	17	110°46'31"	46.309	958.07
17	18	81°37'0"	34.200	963.28
18	19	75°11'33"	51.129	968.92
19	20	69°42'0"	39.200	970.05
20	21	82°12'54"	37.719	972.88
21	22	85°14'0"	97.500	970.98
22	23	76°34'0"	58.600	968.08
23	24	127°59'0"	138.700	963.85
24	25	129°1'6"	157.262	959.74
25	26	129°30'32"	60.987	960.06
26	27	128°16'0"	608.300	966.89
27	28	139°31'0"	175.200	965.28
28	29	139°31'0"	39.600	965.67
29	30	118°49'0"	28.400	966.89
30	31	112°17'26"	60.826	966.98
31	32	115°19'1"	37.108	969.18
32	33	116°16'0"	36.062	970.72
33	34	103°41'0"	133.500	978.50
34	35	121°4'0"	20.400	979.48
35	36	125°38'30"	130.000	978.61
36	37	110°59'0"	46.100	976.96
37	38	134°37'0"	31.000	975.88
38	39	137°59'33"	63.336	972.05
39	40	129°23'0"	41.000	967.89
40	41	92°22'0"	48.100	963.54
41	42	58°33'0"	44.500	964.65
42	43	78°7'0"	37.700	962.37
43	44	82°19'49"	20.572	959.98
44	45	120°17'0"	14.400	957.97
45	46	152°56'0"	67.600	948.22
46	47	153°22'57"	115.501	940.07
47	48	138°40'0"	72.100	933.88
48	49	148°28'0"	45.600	928.43
49	50	151°19'6"	104.139	924.05
50	51	128°14'0"	25.300	923.82
51	52	113°10'37"	33.195	924.37
52	53	104°13'0"	34.700	922.68
53	54	158°27'0"	28.400	920.14
54	55	181°40'3"	14.579	918.87
55	56	197°0'0"	40.667	917.63
56	57	130°20'0"	43.900	915.07
57	58	140°6'42"	35.687	913.88
58	59	146°50'0"	78.500	912.87
59	60	147°28'3"	70.502	911.43
60	61	168°32'0"	82.400	913.58
61	62	151°16'0"	53.000	914.32
62	63	150°34'7"	44.002	912.20
63	64	163°51'0"	55.900	908.99
64	65	163°51'0"	76.200	901.59
65	66	156°0'0"	59.200	893.97
66	67	148°41'31"	71.488	884.52

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LINEA PIEZOMETRICA
	LINEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

PLANTA LÍNEA DE CONDUCCIÓN CON TOPOGRAFÍA

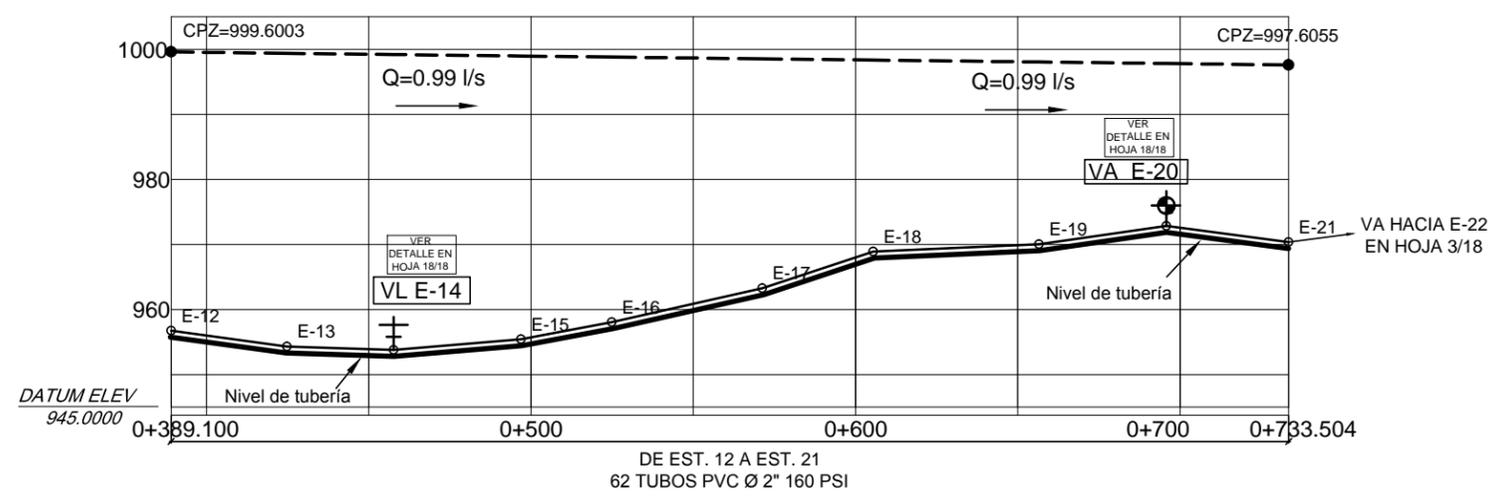
ESCALA 1:4500

T.D. "SANTA BÁRBARA"



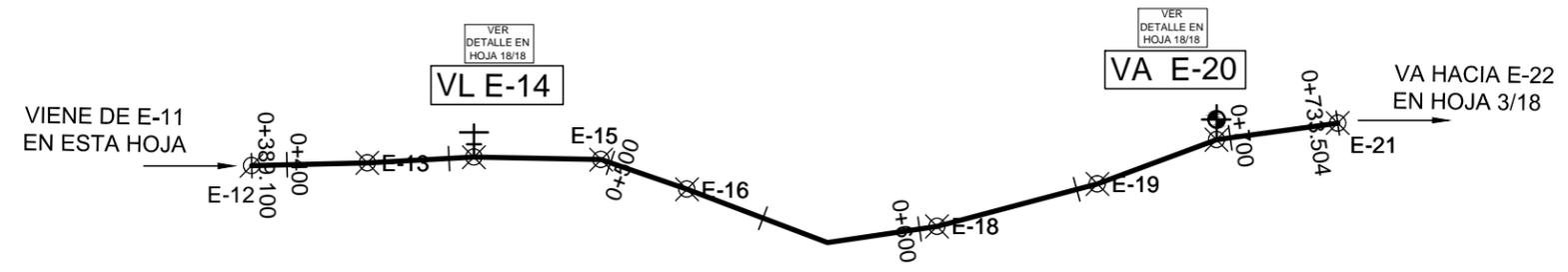
PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-0 A E-12

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-12 A E-21

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



T.D.
"EL DORADOR"



SIMBOLOGIA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMETRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

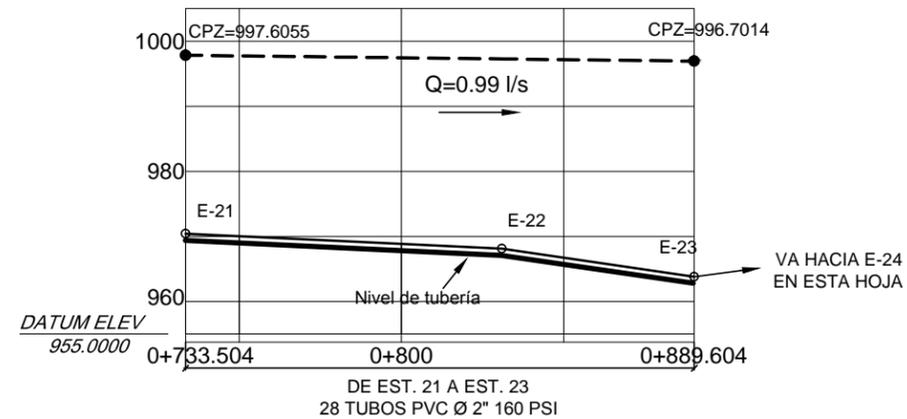
CONTENIDO: PLANTA MÁS PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

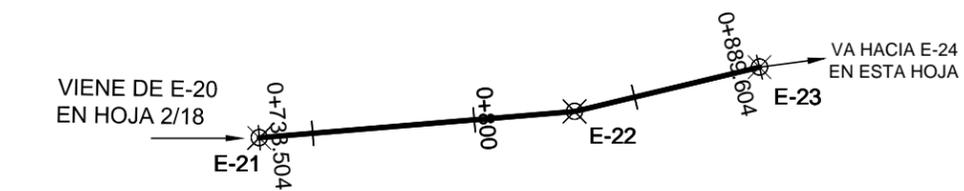
Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 2 / 18

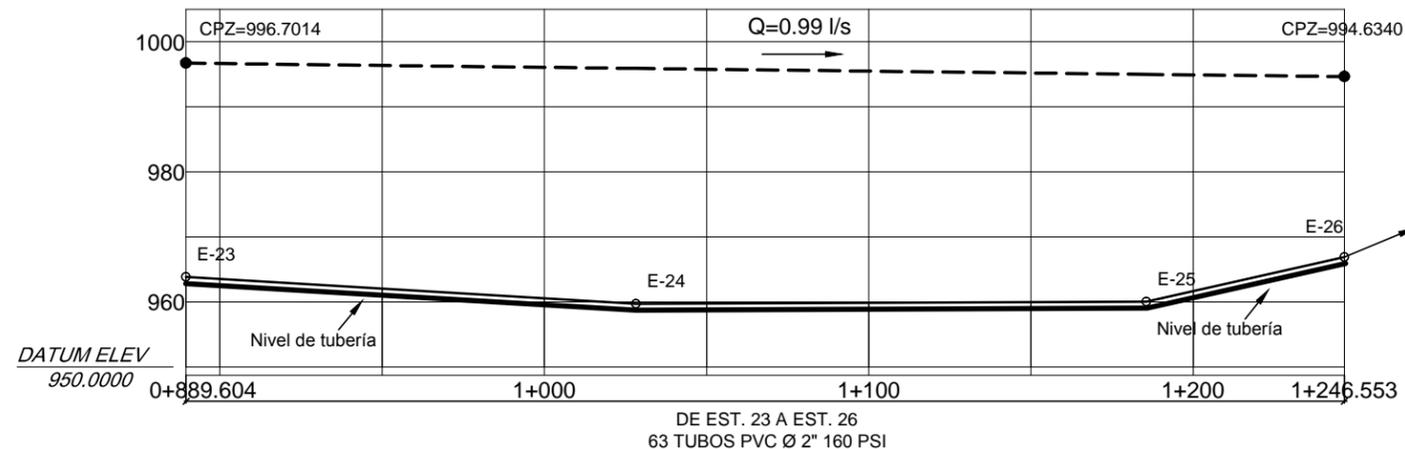
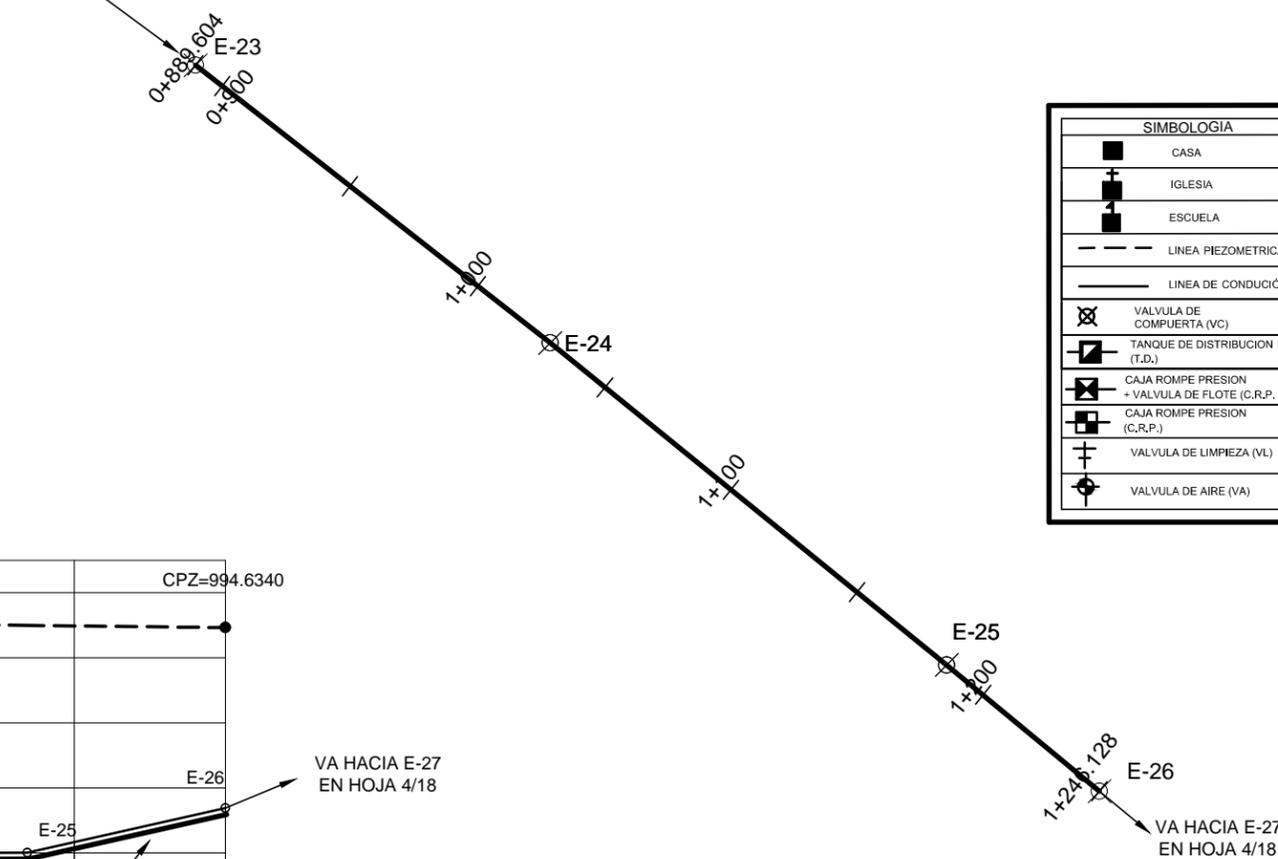


PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-21 A E-23

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



VIENE DE E-22 EN ESTA HOJA



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-23 A E-26

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

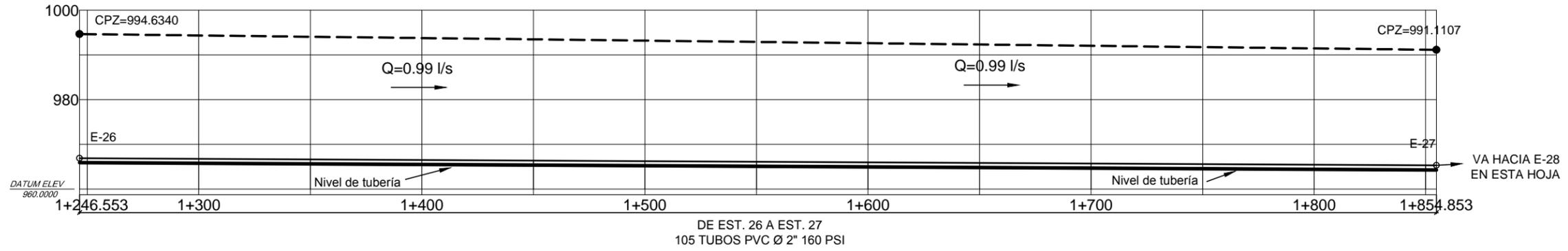
CONTENIDO: PLANTA MÁS PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

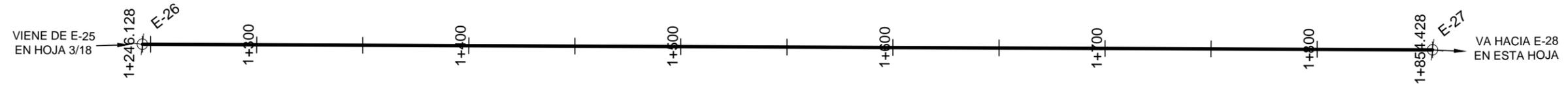
Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 3 / 18

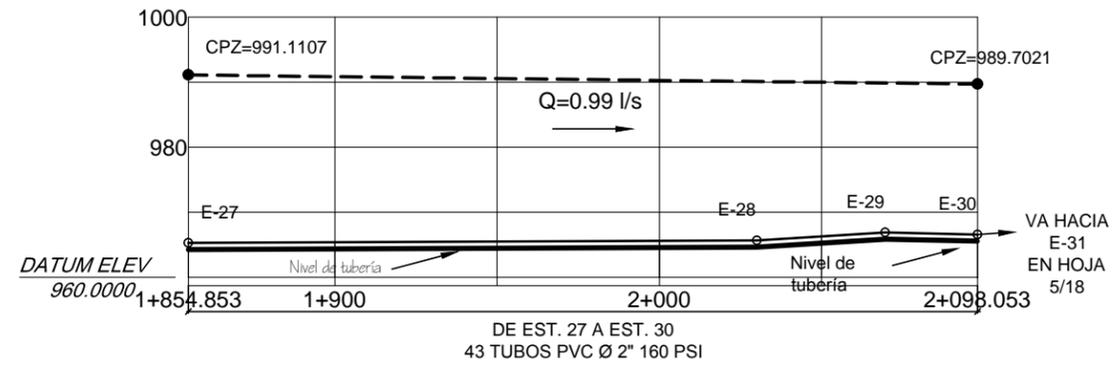


PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-26 A E-27

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



VIENE DE E-26
EN ESTA HOJA



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-27 A E-30

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



SIMBOLOGIA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMETRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

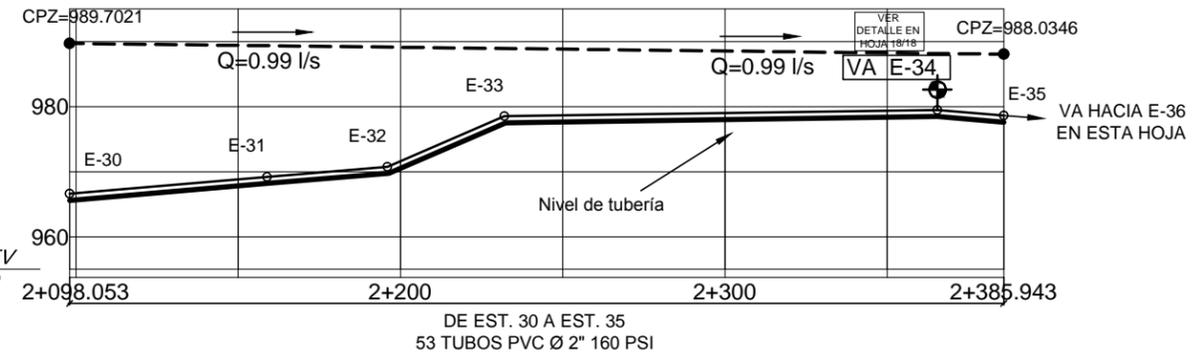
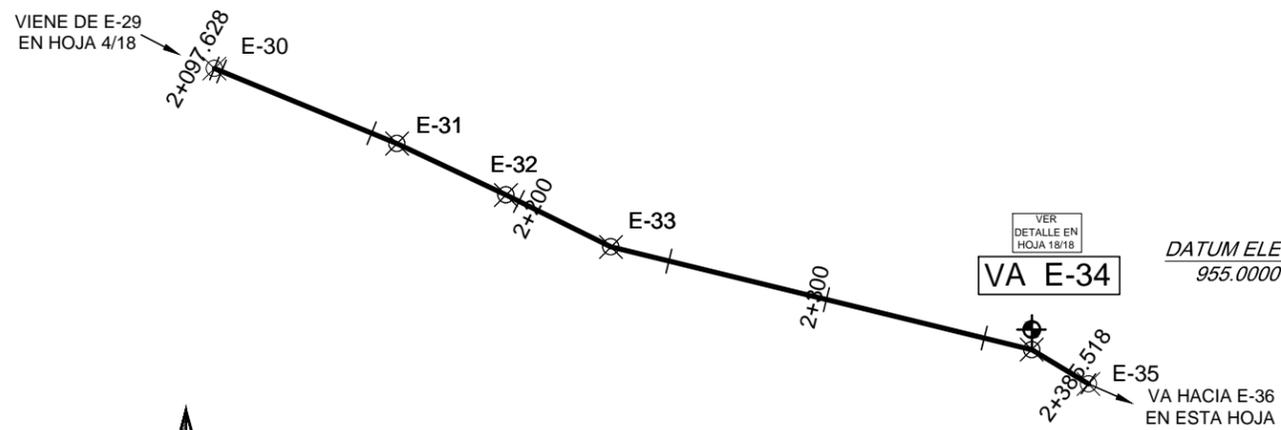
CONTENIDO: PLANTA MÁS PERFIL LINEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

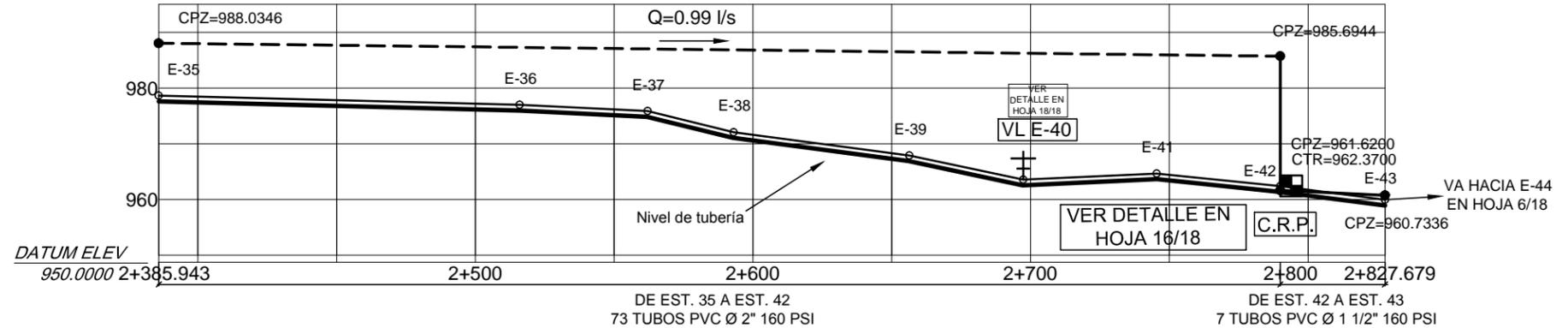
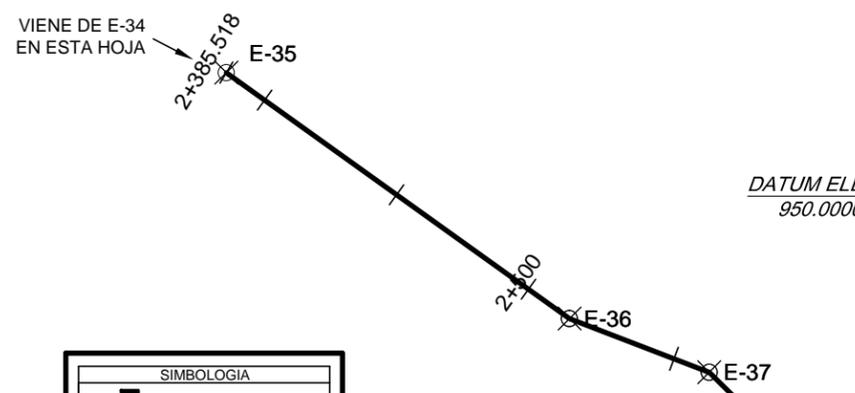
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 4 / 18



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-30 A E-35
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-35 A E-42
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca

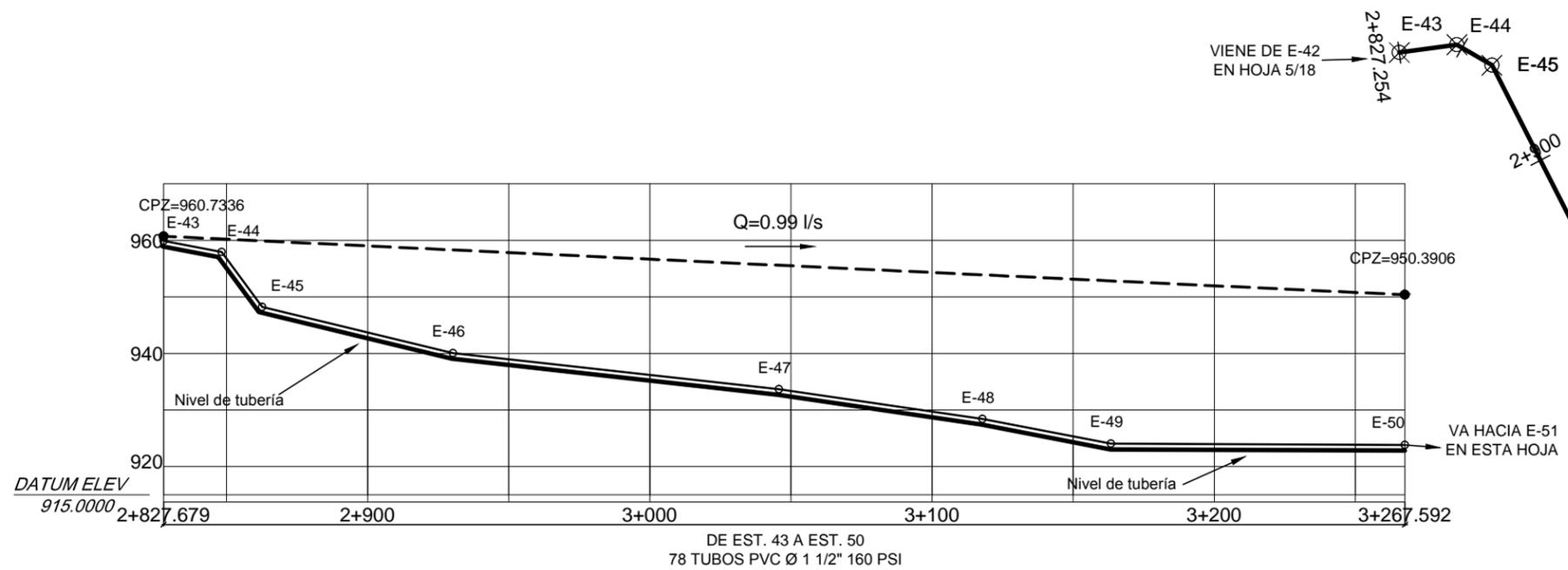
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

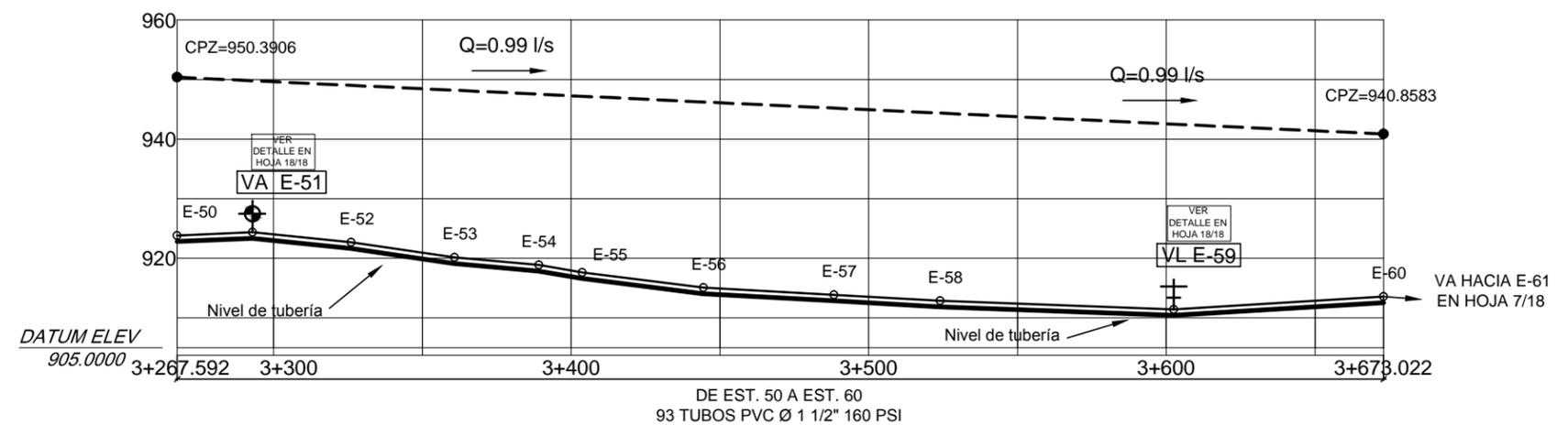
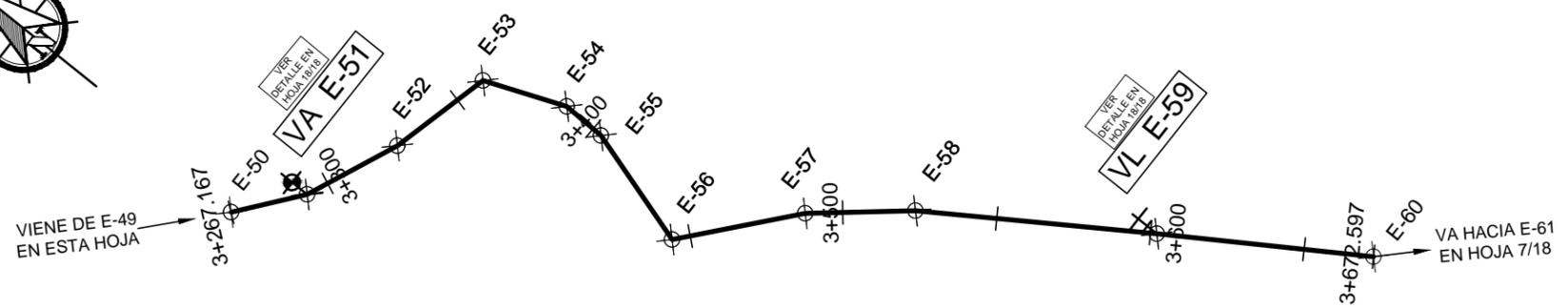
CONTENIDO: PLANTA MÁS PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 Vg.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 5 / 18



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-43 A E-50
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-50 A E-60
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LINEA PIEZOMETRICA
	LINEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN,
 AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA MÁS PERFIL LINEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

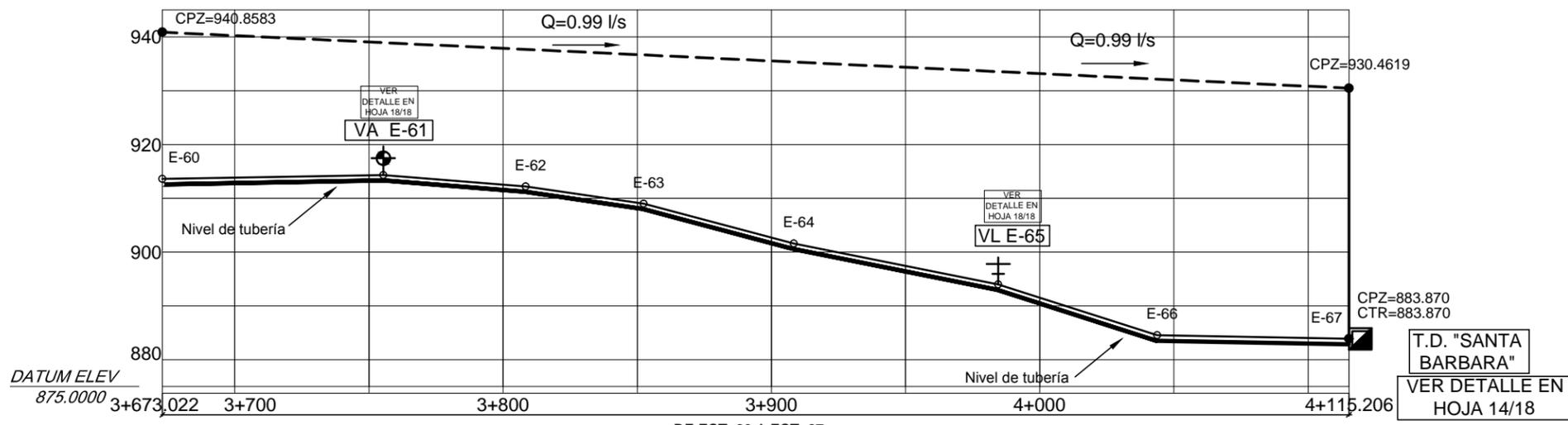
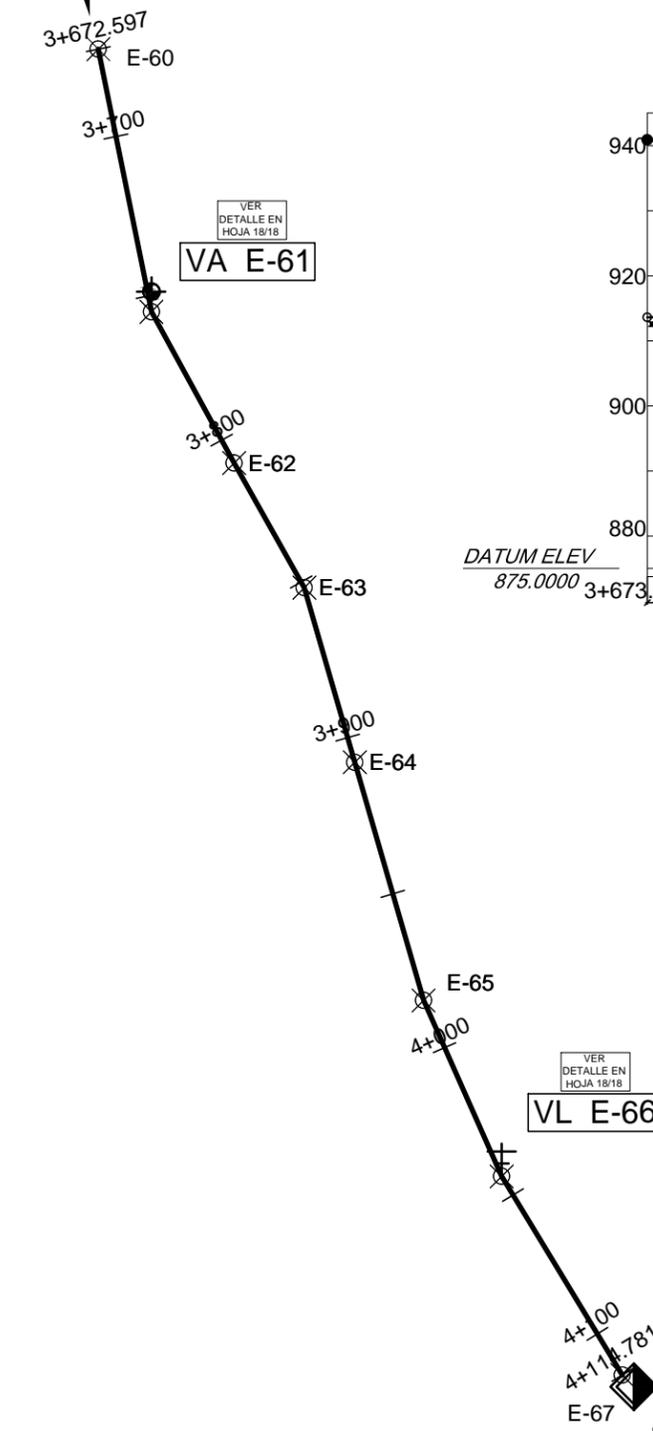
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 6 / 18



VIENE DE E-59
EN HOJA 6/18



PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN DE E-60 A E-67

DE EST. 60 A EST. 67
81 TUBOS PVC Ø 1 1/2" 160 PSI

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

T.D. "SANTA BARBARA"
VER DETALLE EN HOJA 14/18



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA MÁS PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

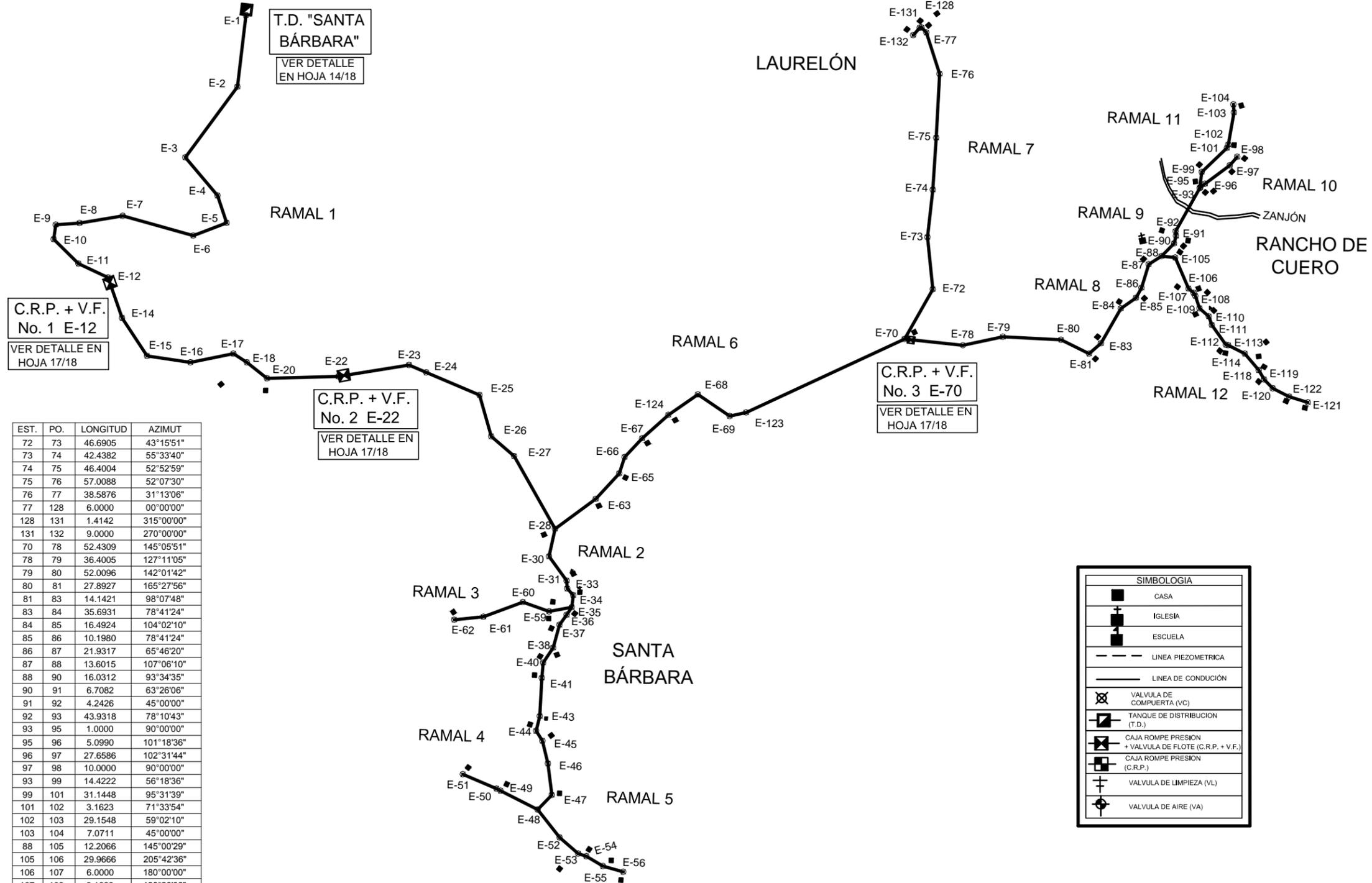
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

Vs. Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 7/18



DERROTERO			
EST.	PO.	LONGITUD	AZIMUT
1	2	64.0703	235°48'50"
2	3	78.2304	265°36'05"
3	4	44.5533	189°02'22"
4	5	25.5539	210°34'45"
5	6	31.7648	298°10'43"
6	7	65.3070	334°36'44"
7	8	39.0512	309°48'20"
8	9	21.2132	315°00'00"
9	10	13.0384	237°31'44"
10	11	31.0644	183°41'29"
11	12	29.1204	164°03'17"
12	14	38.0789	209°55'53"
14	15	40.5216	195°45'04"
15	16	39.1152	147°31'44"
16	17	39.2046	127°44'48"
17	18	14.1421	171°52'12"
18	20	23.0217	177°30'38"
20	22	63.7024	137°32'41"
22	23	63.8905	129°55'13"
23	24	16.7631	162°38'46"
24	25	51.5461	161°55'00"
25	26	38.2753	213°16'30"
26	27	27.0000	180°00'00"
27	28	74.3303	199°39'14"
28	30	25.0599	241°23'22"
30	31	26.6833	192°59'41"
31	33	7.0711	225°00'00"
33	34	8.0623	187°07'30"
34	35	10.8167	236°18'36"
35	36	8.0623	262°52'30"
36	37	11.0454	264°48'20"
37	38	21.0238	244°39'14"
38	40	16.1245	262°52'30"
40	41	13.6015	233°58'21"
41	43	34.2053	232°07'30"
43	44	13.4164	243°26'06"
44	45	10.4403	196°41'57"
45	46	20.8087	215°13'03"
46	47	28.3196	222°08'15"
47	48	18.0278	273°10'47"
48	49	37.1080	345°57'50"
49	50	4.1231	345°57'50"
50	51	32.5730	342°07'17"
48	52	31.5753	190°57'15"
52	53	22.0000	180°00'00"
53	54	7.6158	156°48'05"
54	55	17.2627	169°59'31"
55	56	18.7883	154°47'56"
35	59	20.6155	309°05'38"
59	60	24.6982	338°37'46"
60	61	37.5899	298°36'38"
61	62	26.1725	313°27'07"
28	63	45.1221	102°48'15"
63	65	31.0161	91°50'51"
65	66	15.2315	66°48'05"
66	67	23.0217	92°29'22"
67	124	31.2570	97°21'09"
124	68	32.0156	104°28'13"
68	69	34.2345	173°17'25"
69	123	15.0000	126°52'12"
123	70	155.7562	114°15'41"
70	72	50.9902	78°41'24"



EST.	PO.	LONGITUD	AZIMUT
72	73	46.6905	43°15'51"
73	74	42.4382	55°33'40"
74	75	46.4004	52°52'59"
75	76	57.0088	52°07'30"
76	77	38.5876	31°13'06"
77	128	6.0000	00°00'00"
128	131	1.4142	315°00'00"
131	132	9.0000	270°00'00"
70	78	52.4309	145°05'51"
78	79	36.4005	127°11'05"
79	80	52.0096	142°01'42"
80	81	27.8927	165°27'56"
81	83	14.1421	98°07'48"
83	84	35.6931	78°41'24"
84	85	16.4924	104°02'10"
85	86	10.1980	78°41'24"
86	87	21.9317	65°46'20"
87	88	13.6015	107°06'10"
88	90	16.0312	93°34'35"
90	91	6.7082	63°26'06"
91	92	4.2426	45°00'00"
92	93	43.9318	78°10'43"
93	95	1.0000	90°00'00"
95	96	5.0990	101°18'36"
96	97	27.6586	102°31'44"
97	98	10.0000	90°00'00"
93	99	14.4222	56°18'36"
99	101	31.1448	95°31'39"
101	102	3.1623	71°33'54"
102	103	29.1548	59°02'10"
103	104	7.0711	45°00'00"
88	105	12.2066	145°00'29"
105	106	29.9666	205°42'36"
106	107	6.0000	180°00'00"
107	108	3.1623	198°26'06"
108	109	11.6619	210°57'50"
109	110	11.0000	180°00'00"
110	111	8.0623	209°44'42"
111	112	21.5870	193°23'33"
112	113	2.2361	153°26'06"
113	114	16.4924	165°57'50"
114	118	19.2354	188°58'21"
118	119	9.4868	198°26'06"
119	120	11.0454	185°11'40"
120	122	16.4924	165°57'50"
122	121	17.4642	156°22'14"

SIMBOLOGIA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LINEA PIEZOMETRICA
	LINEA DE CONDUCCION
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

PLANTA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN CON TOPOGRAFÍA MÁS DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA 1:1800

Municipalidad de Agua Blanca

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

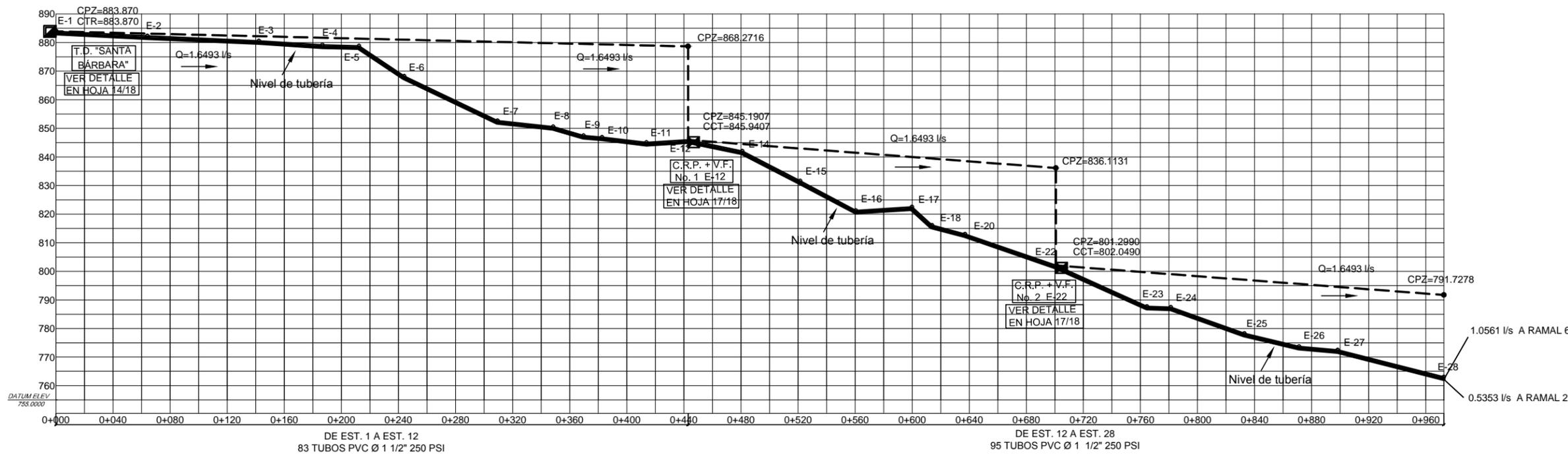
CONTENIDO: PLANTA LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN CON TOPOGRAFÍA MÁS DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

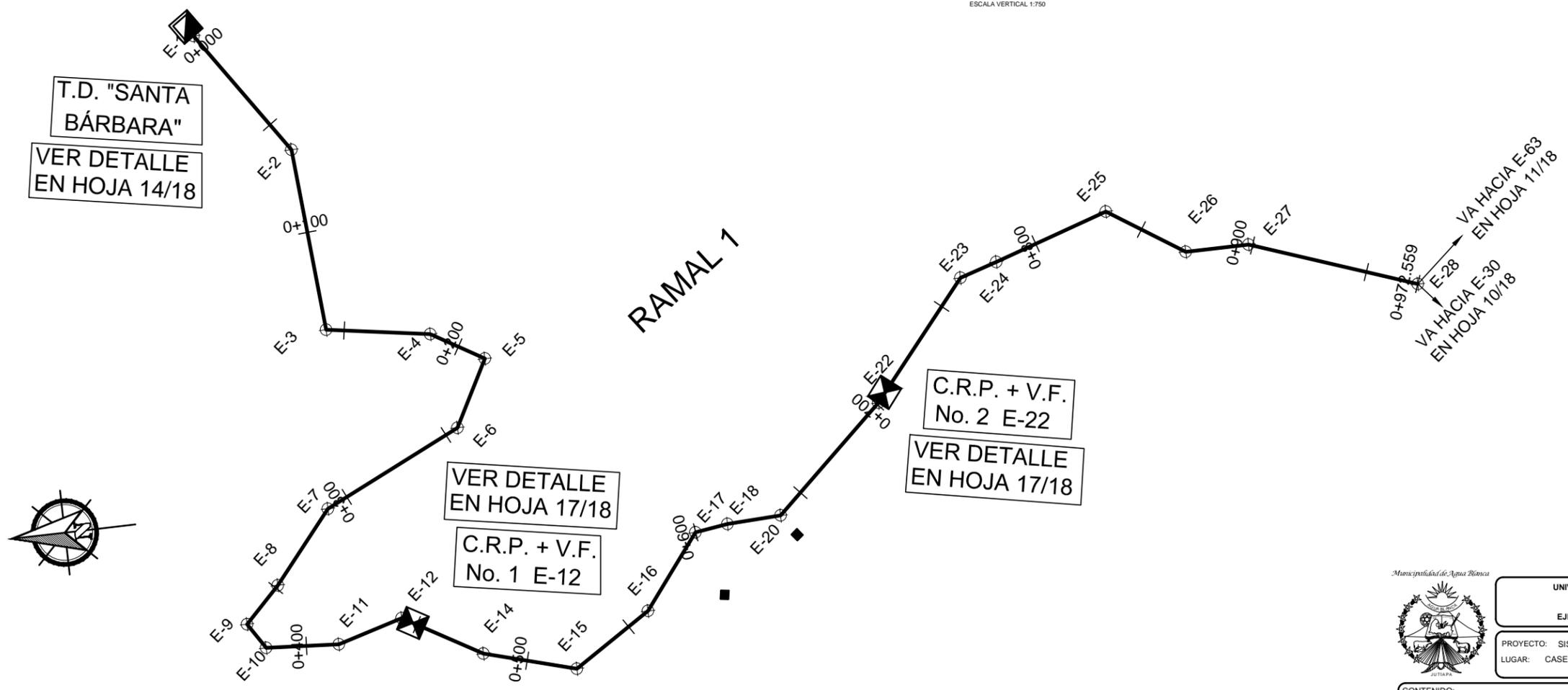
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

Va. Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 8 / 18



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 1 DE E-0 A E-28
 ESCALA HORIZONTAL 1:1500
 ESCALA VERTICAL 1:750



SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

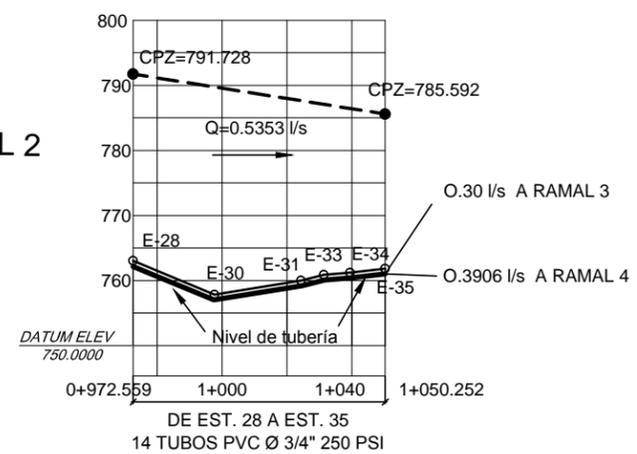
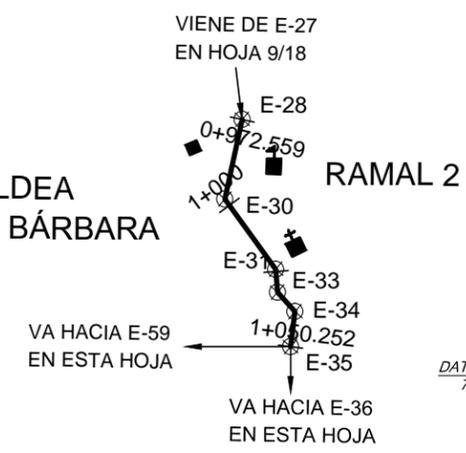
CONTENIDO: PLANTA RAMAL MÁS PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 Vg.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 9 / 18

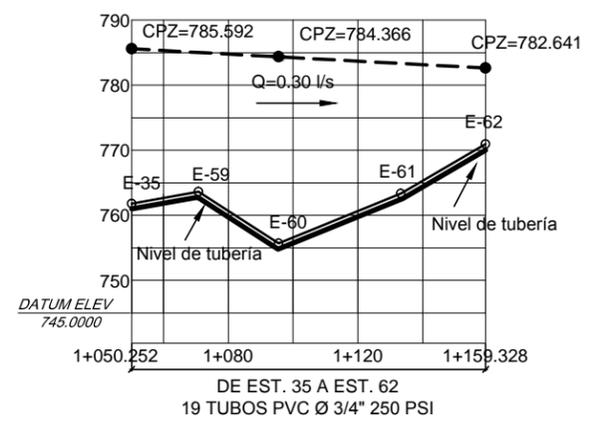
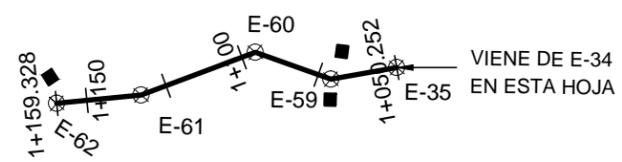


ALDEA SANTA BÁRBARA



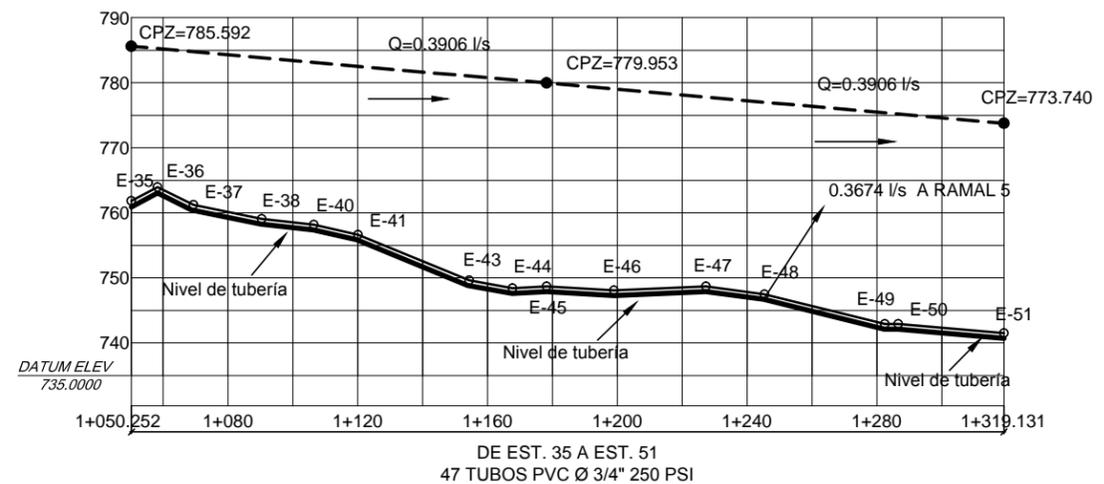
PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 2 DE E-28 A E-35
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

RAMAL 3

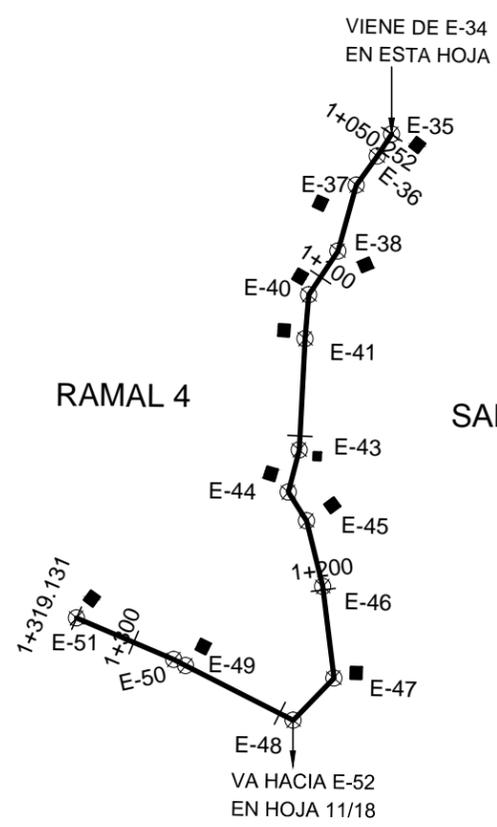


PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 3 DE E-35 A E-62
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500

ALDEA SANTA BÁRBARA



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 4 DE E-35 A E-51
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



ALDEA SANTA BÁRBARA

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA RAMAL MÁS PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

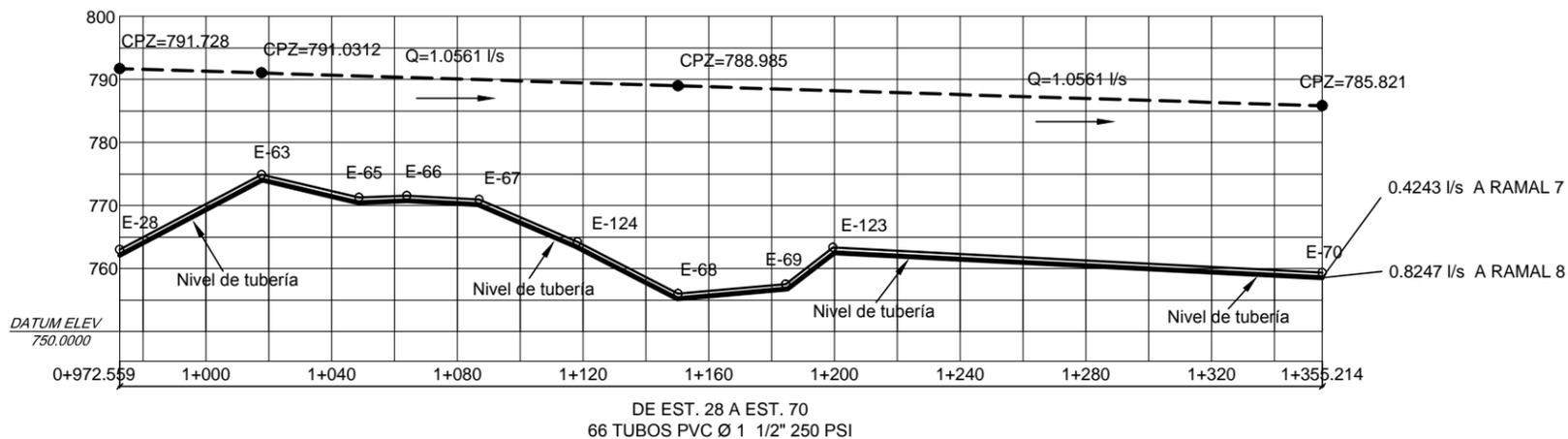
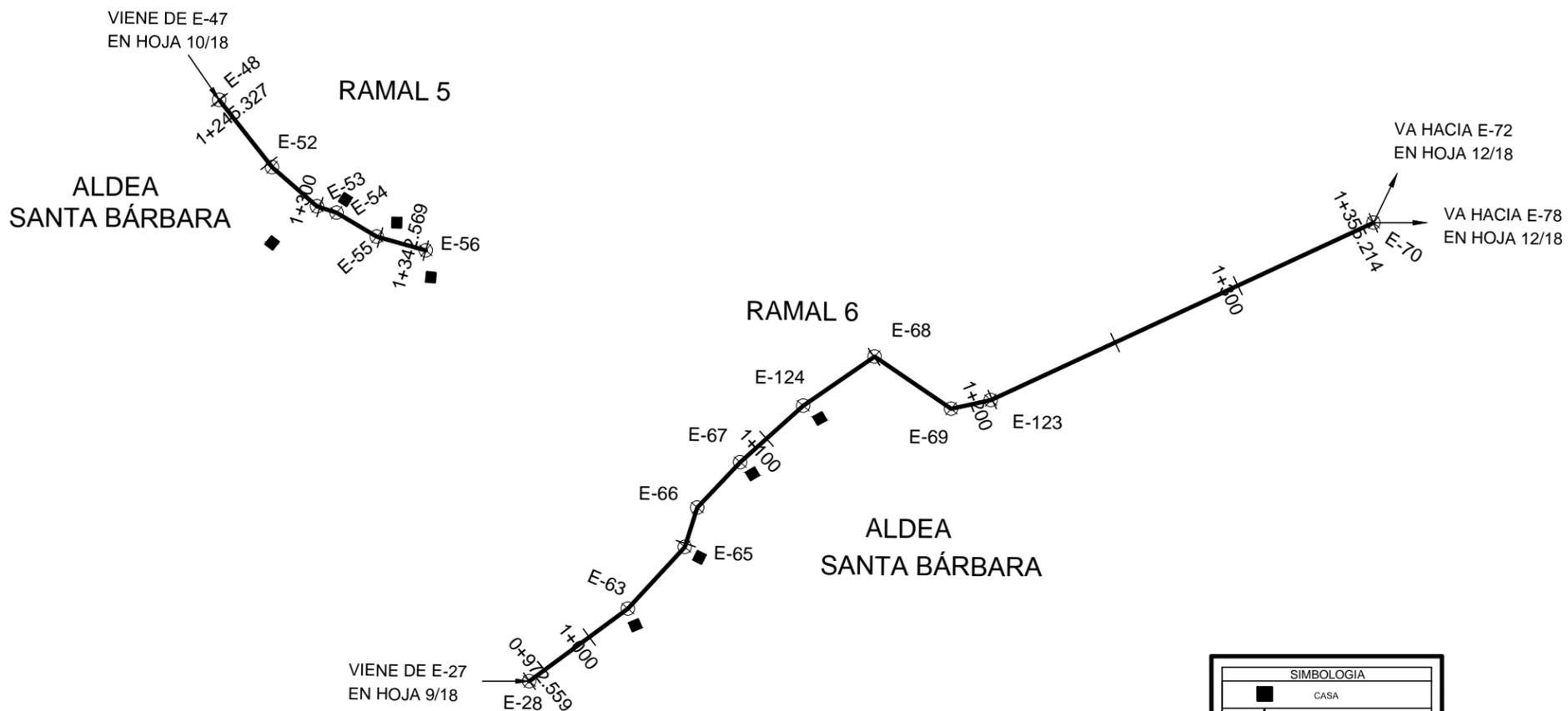
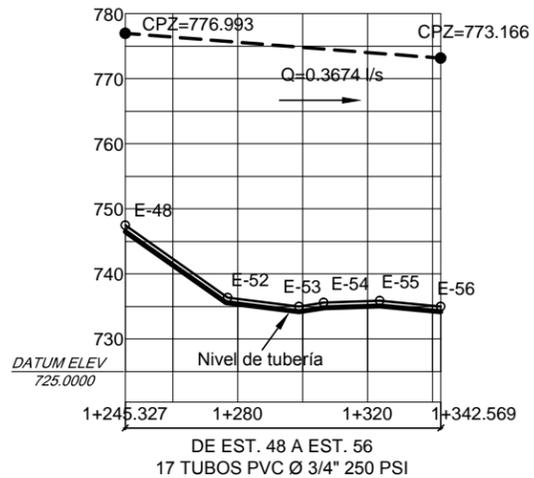
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 10/18

PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 5 DE E-48 A E-56

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 6 DE E-28 A E-70

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGÍA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMÉTRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESIÓN + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESIÓN (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

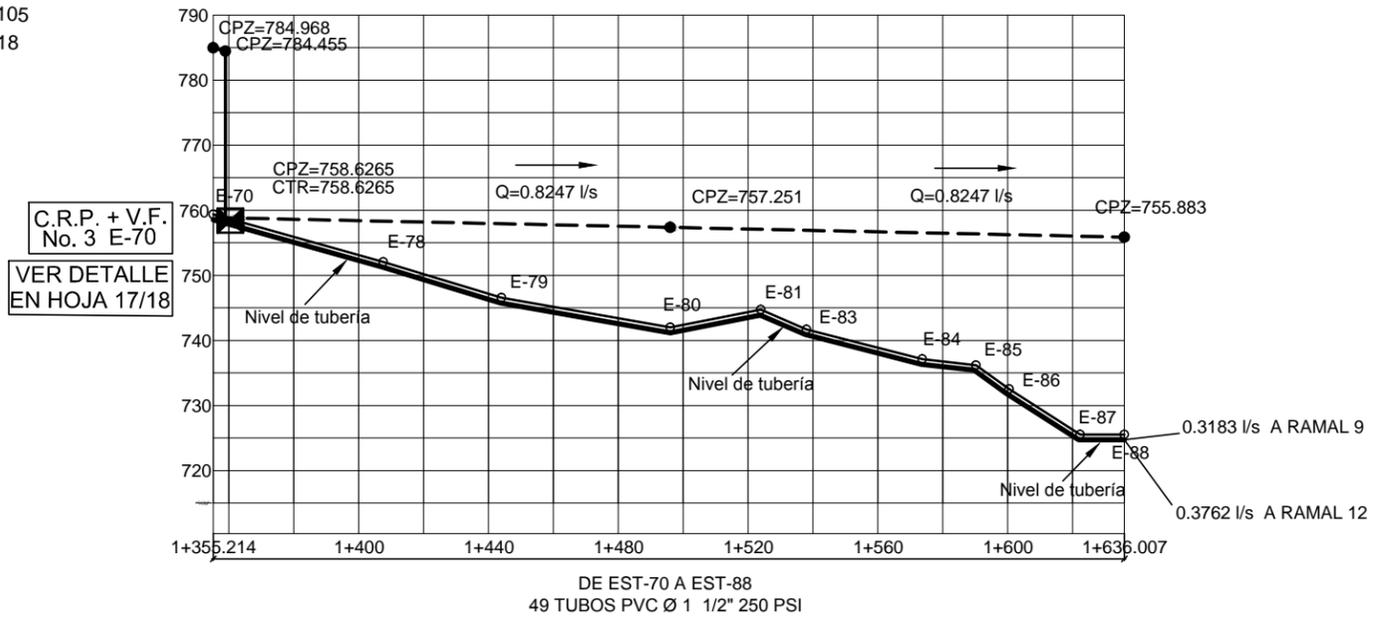
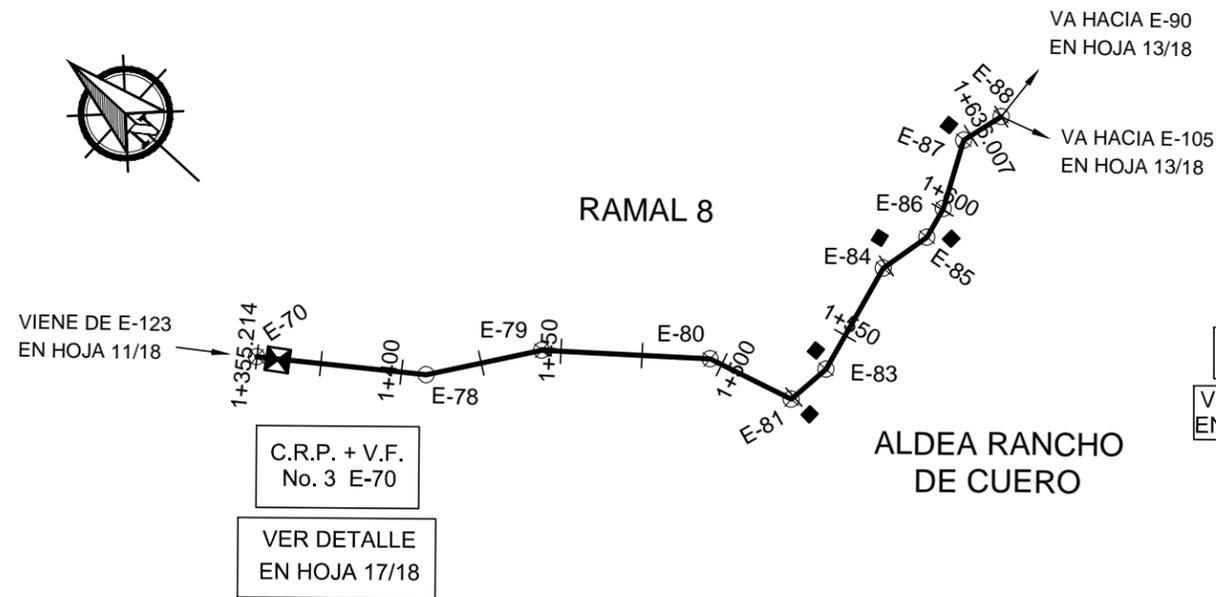
CONTENIDO: PLANTA RAMAL MÁS PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

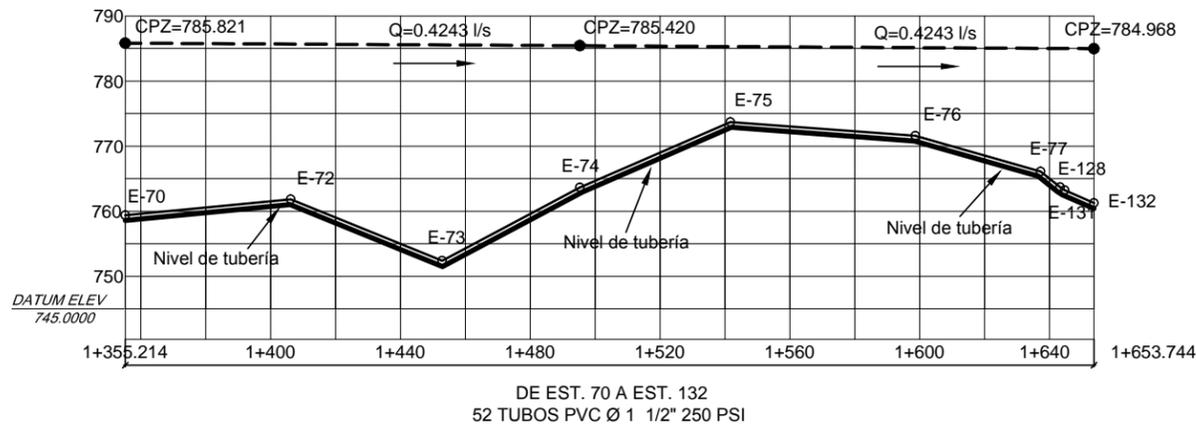
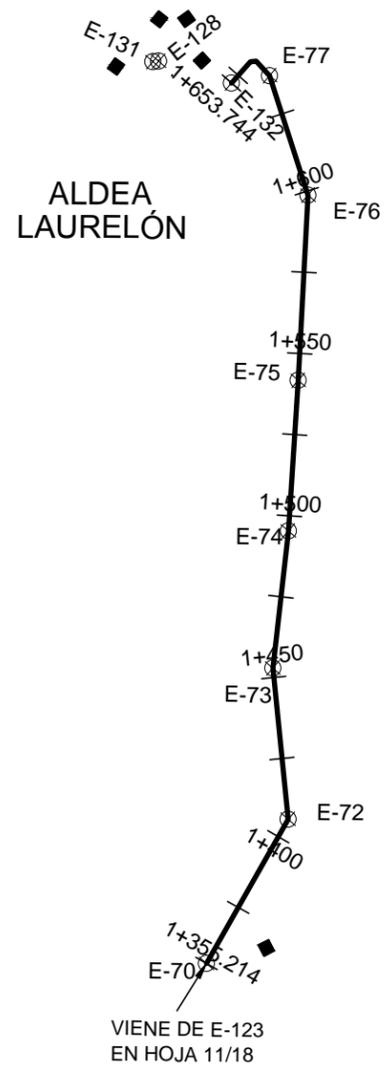
Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SÍC

HOJA No. 11/18



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 8 DE E-70 A E-88

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 7 DE E-70 A E-132

ESCALA HORIZONTAL 1:1000
ESCALA VERTICAL 1:500

SIMBOLOGIA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMETRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERÍO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA RAMAL MÁS PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN

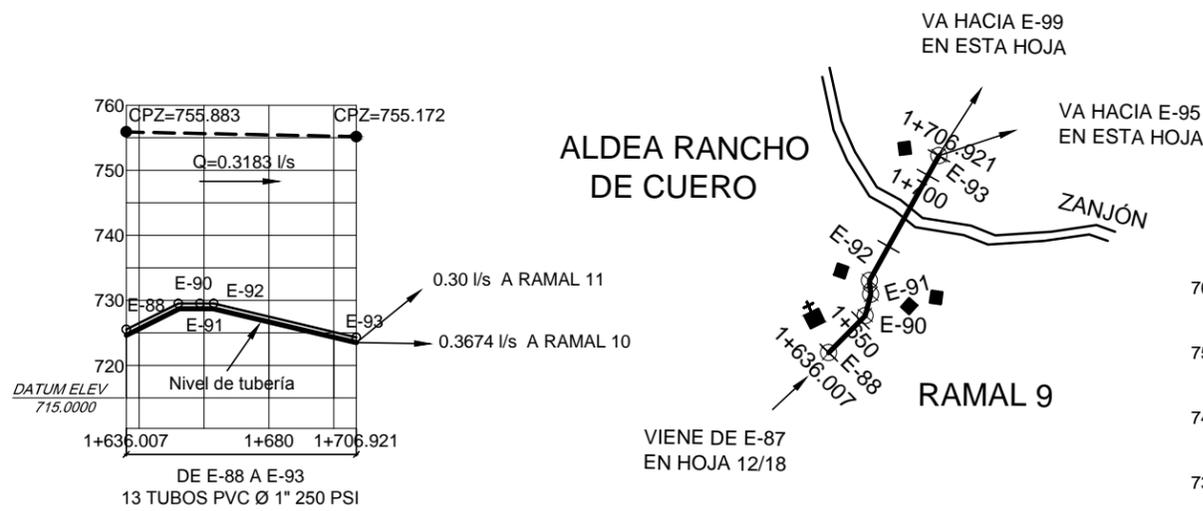
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

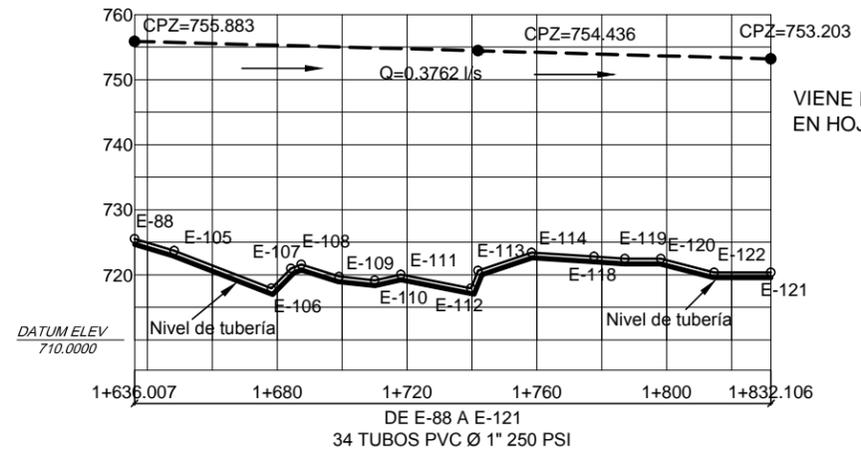
Va.Bo.

INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SÍC

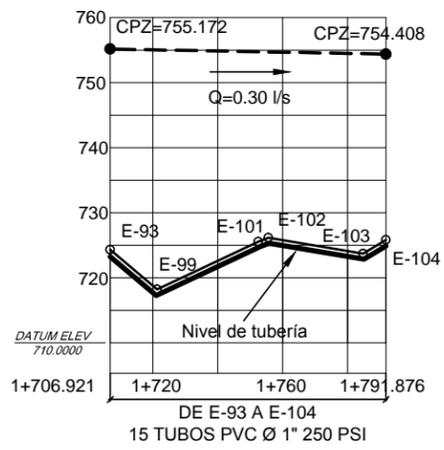
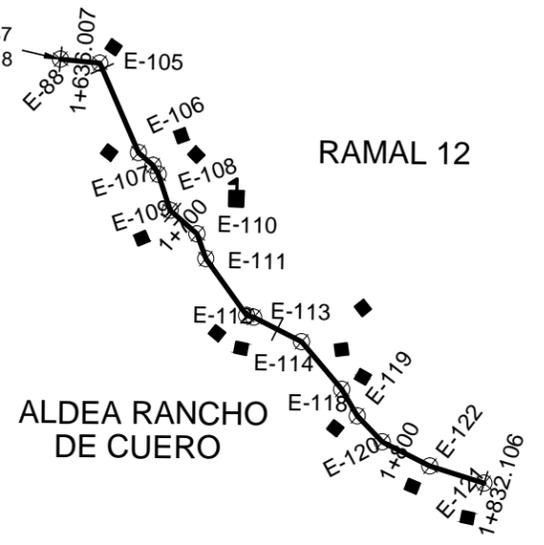
HOJA No. 12/18



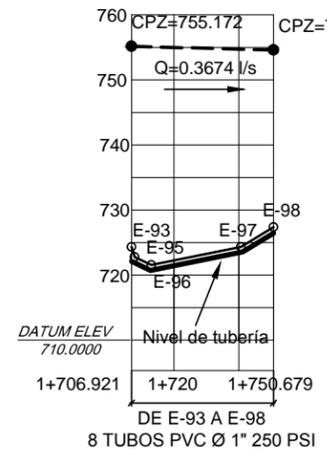
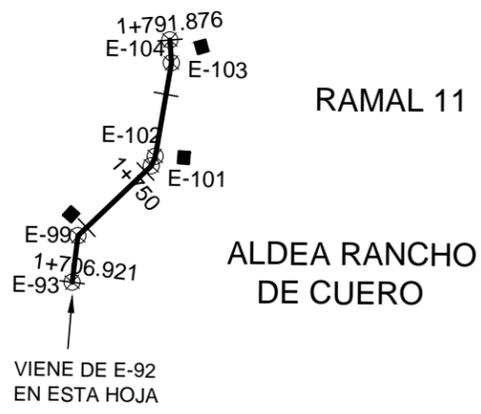
PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 9 DE E-88 A E-93
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



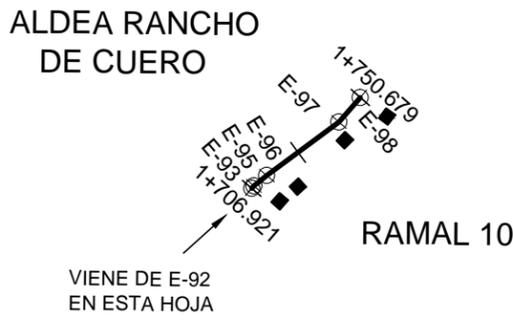
PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 12 DE E-88 A E-121
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 11 DE E-93 A E-104
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN RAMAL 10 DE E-93 A E-98
 ESCALA HORIZONTAL 1:1000
 ESCALA VERTICAL 1:500



SIMBOLOGIA	
	CASA
	IGLESIA
	ESCUELA
	LÍNEA PIEZOMETRICA
	LÍNEA DE CONDUCCIÓN
	VALVULA DE COMPUERTA (VC)
	TANQUE DE DISTRIBUCION (T.D.)
	CAJA ROMPE PRESION + VALVULA DE FLOTE (C.R.P. + V.F.)
	CAJA ROMPE PRESION (C.R.P.)
	VALVULA DE LIMPIEZA (VL)
	VALVULA DE AIRE (VA)

Municipalidad de Agua Blanca

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

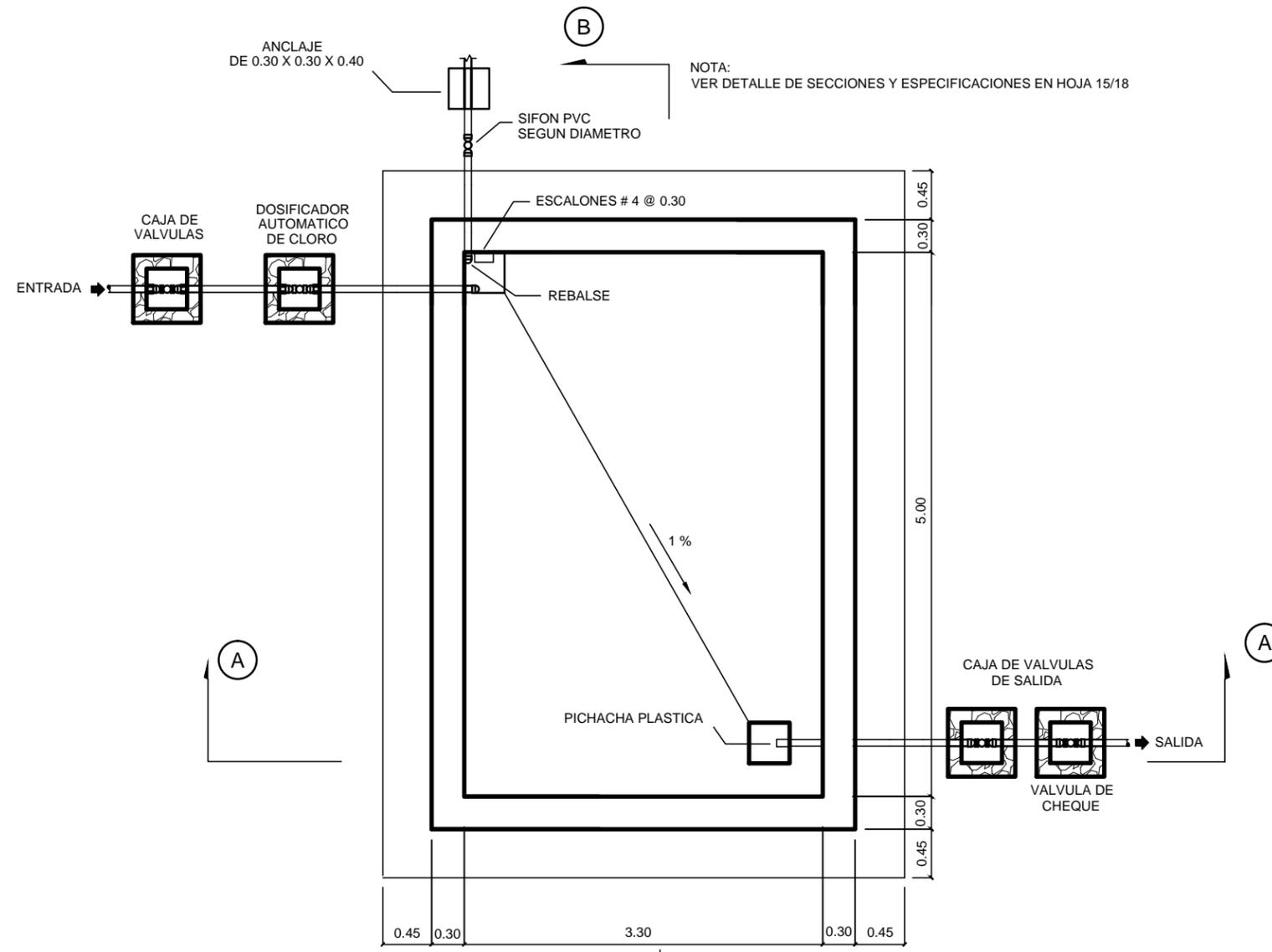
PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
 LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA RAMAL MÁS PERFIL LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: OCTUBRE 2012

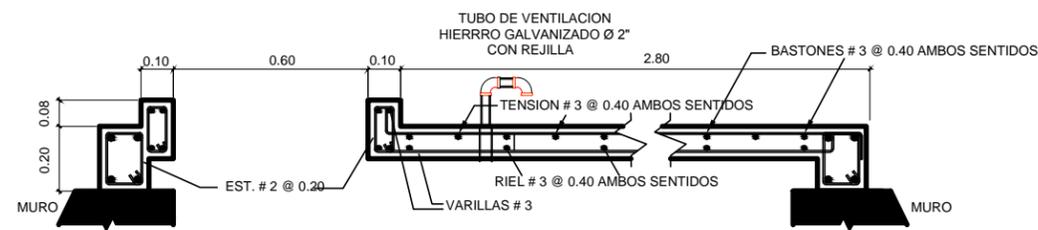
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL
 V.B.:

INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

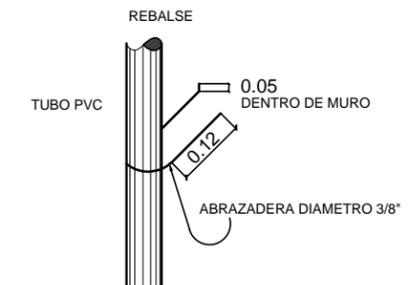
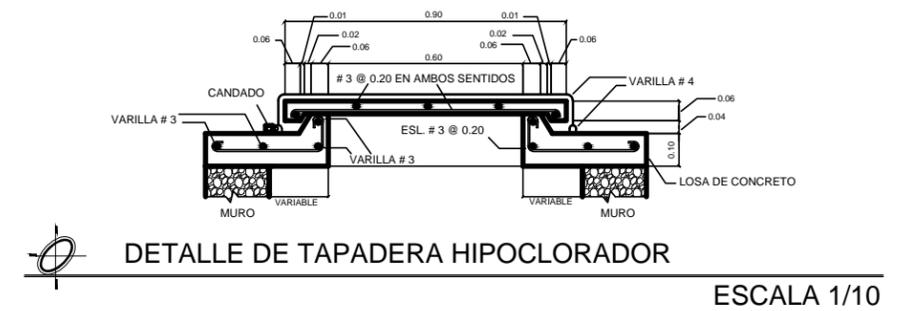
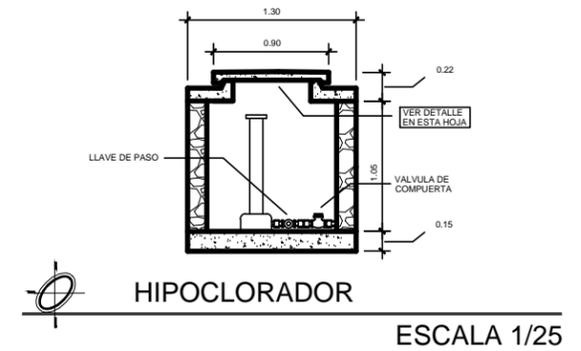
HOJA No. 13 / 18



PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
ESCALA 1/25



DETALLE TAPADERA DE TANQUE
ESCALA 1/10



Municipalidad de Agua Blanca

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

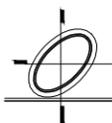
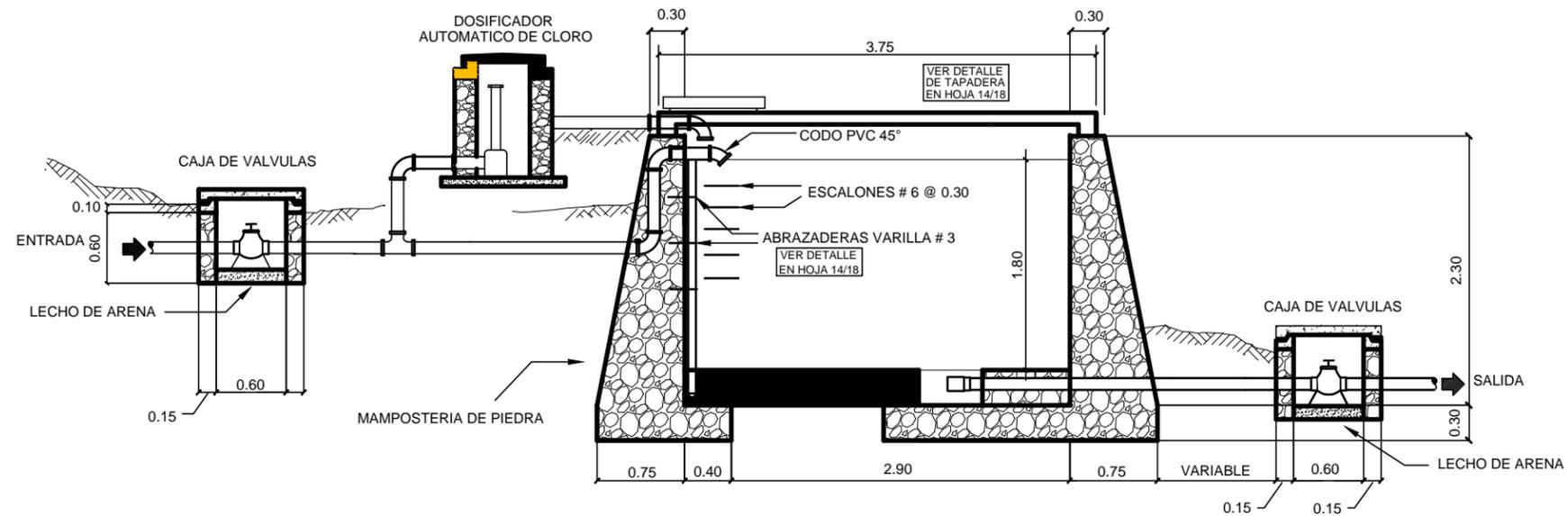
CONTENIDO: PLANTA TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 30 M3 Y DETALLES MÁS HIPOCLORADOR

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

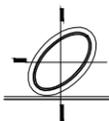
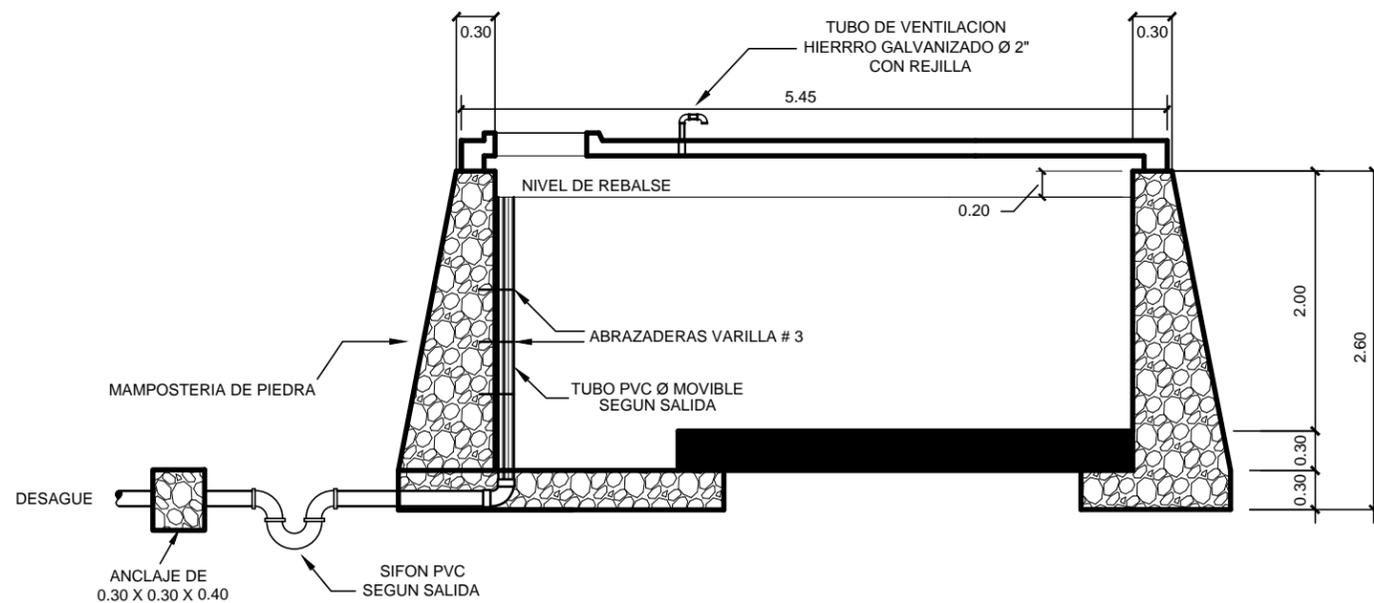
Ve.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 14 / 18



SECCION A-A'

ESCALA 1/25



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.

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BARBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELON,
AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: SECCIONES TANQUE DE DISTRIBUCION DE 30 M3 MÁS
ESPECIFICACIONES

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

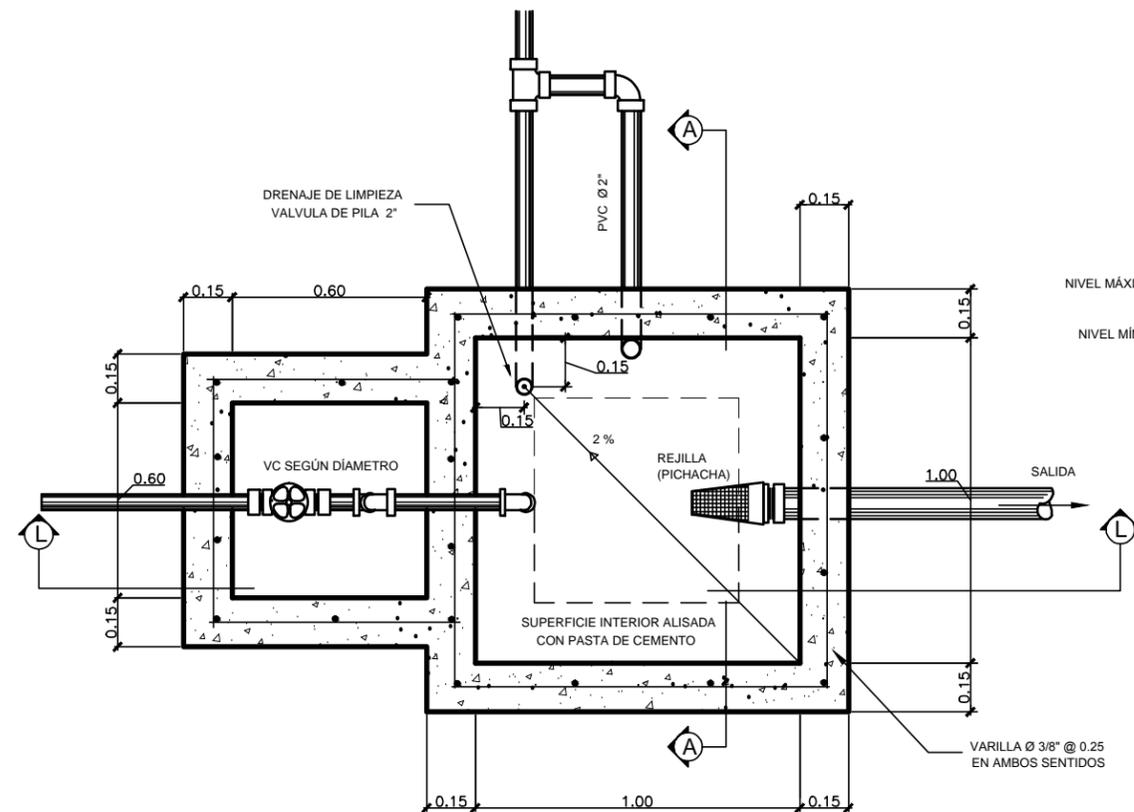
DISEÑO:
JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO:
JAIRO SAUL SANDOVAL

Vo.Bo.

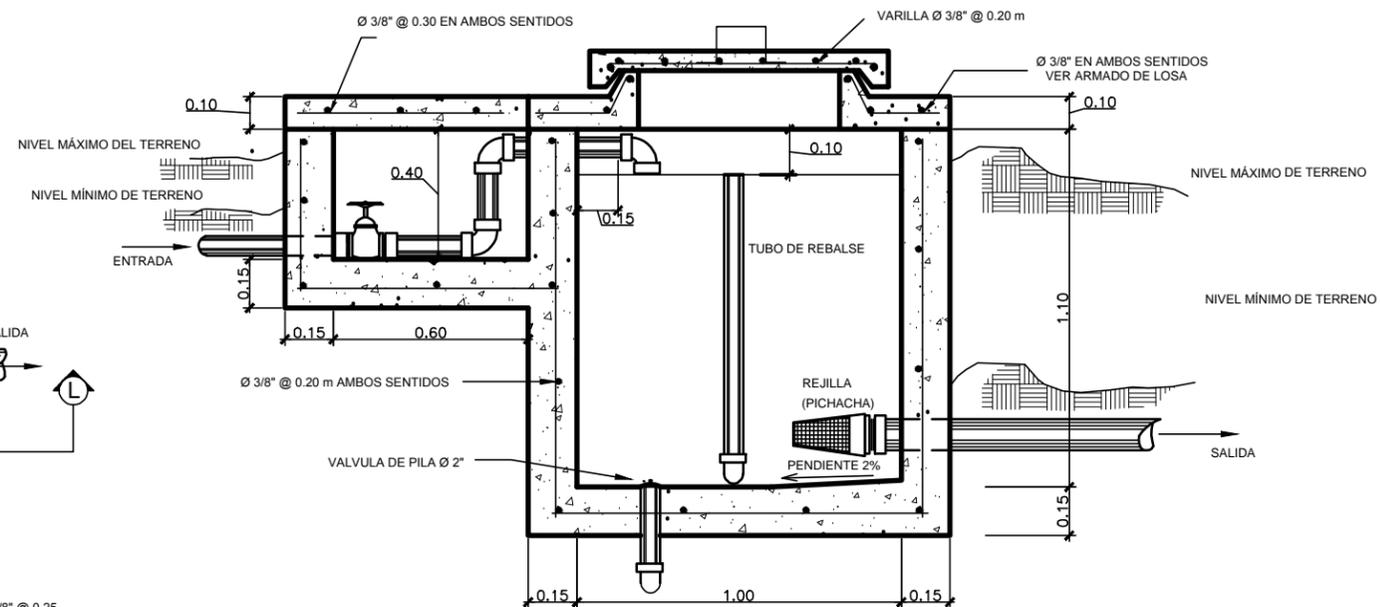
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No.

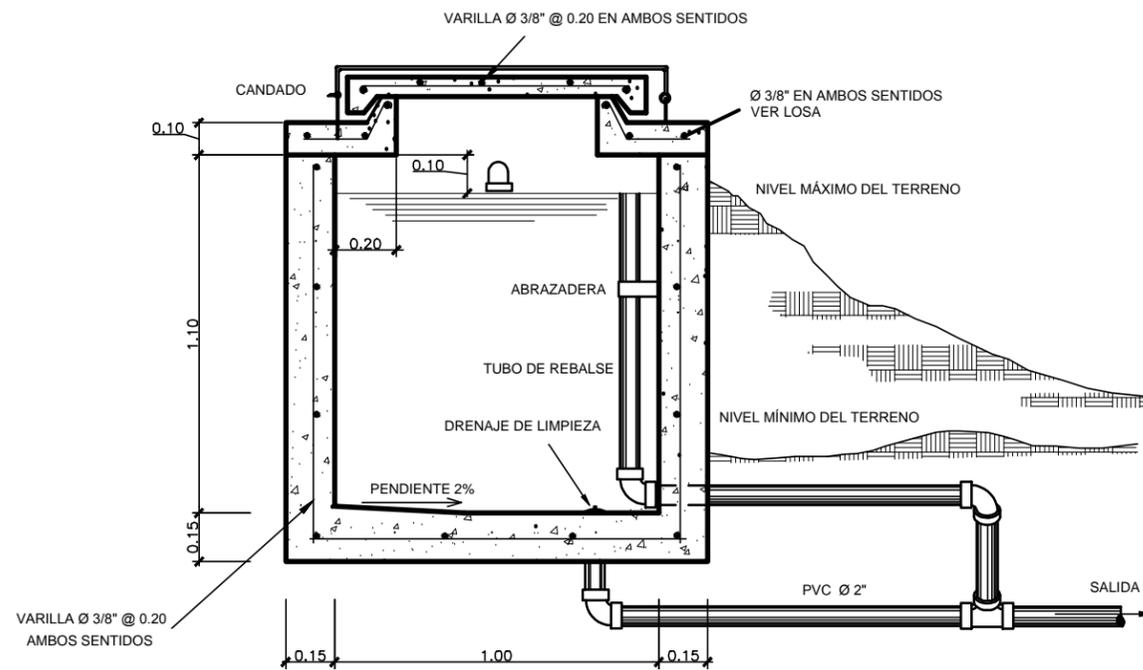
15
18



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 = f_c 281 kg/cm²
- ACERO DE REFUERZO f_y = 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 18/18

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BARBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

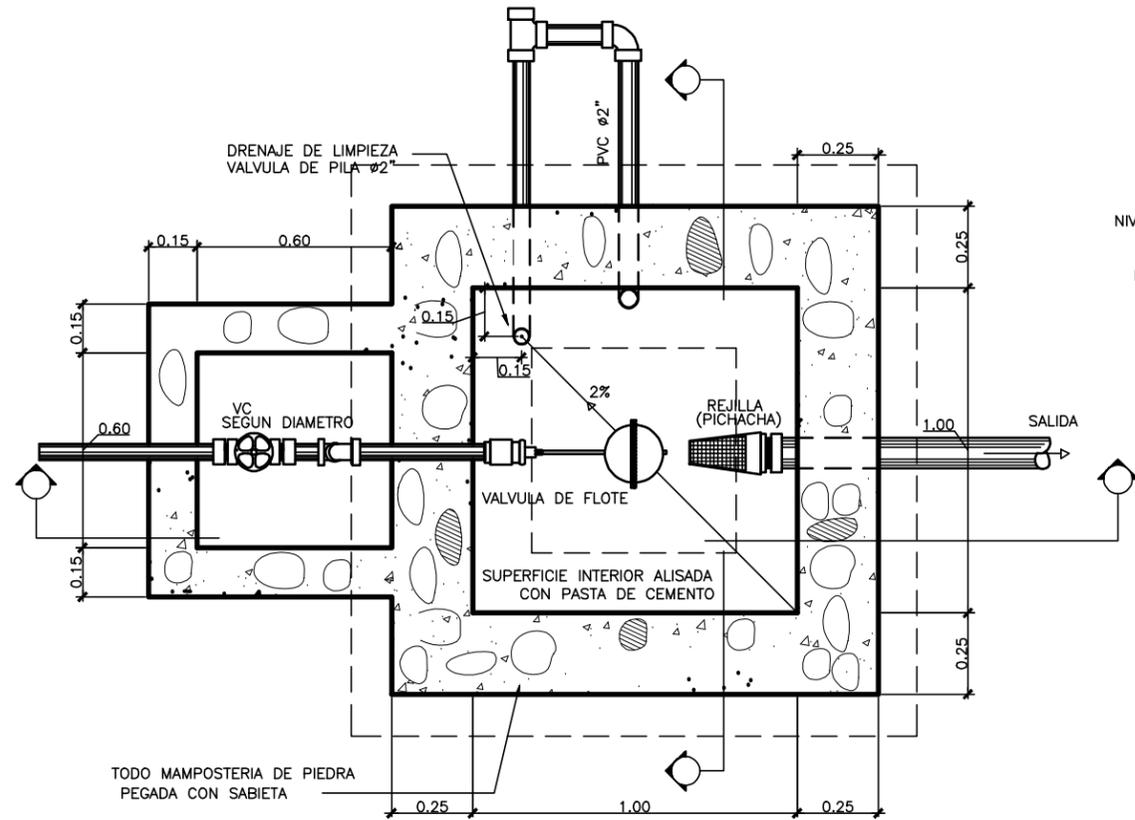
CONTENIDO: CAJA ROMPE PRESIÓN DE 1 M3 DE CONCRETO REFORZADO

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

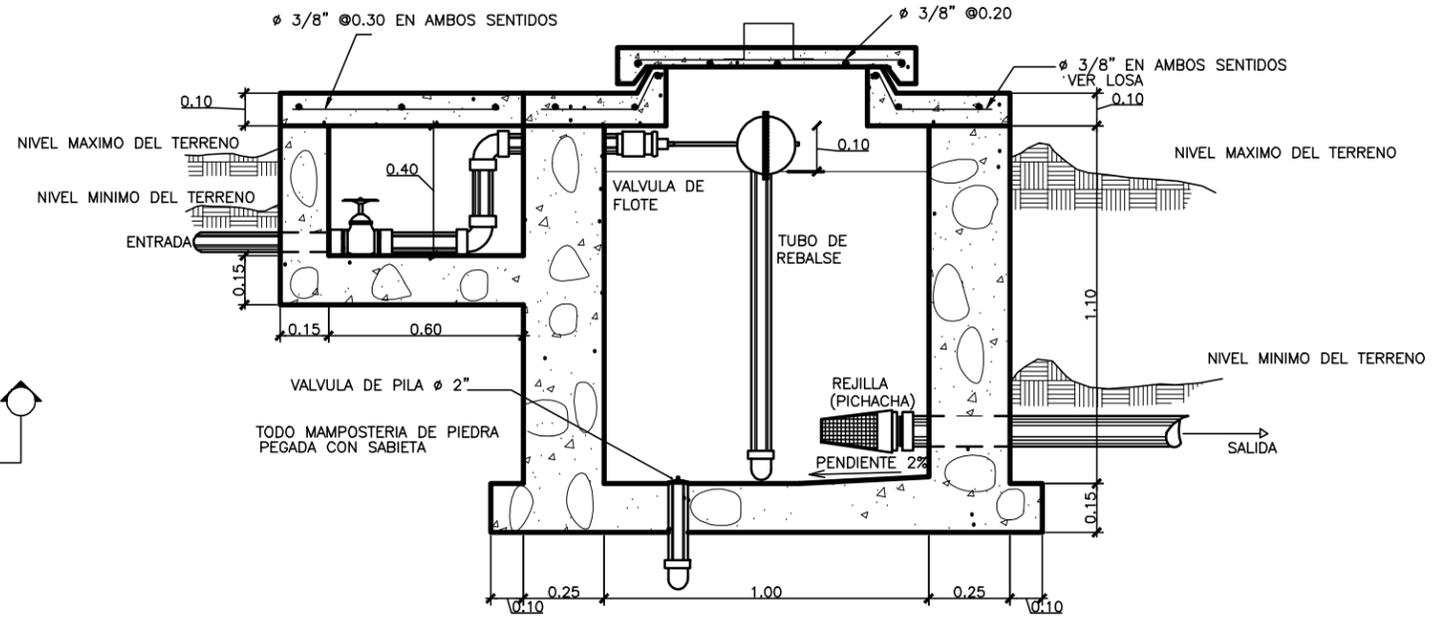
DISEÑO: JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO: JAIRO SAUL SANDOVAL

Va.Bo. INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

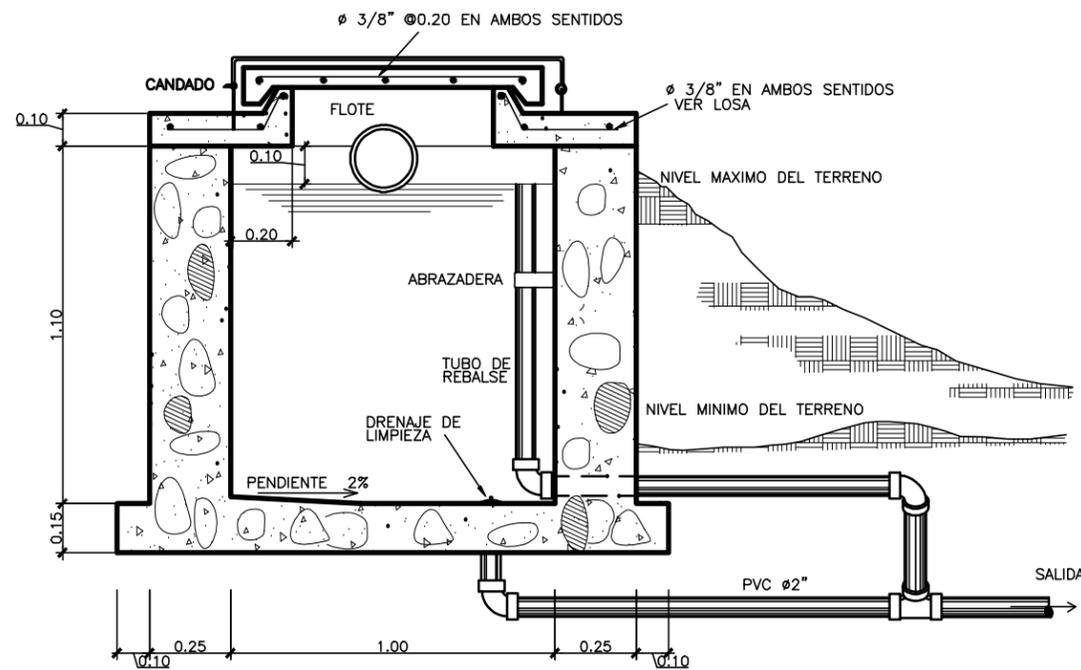
HOJA No. 16/18



PLANTA C.R.P. + V.F.
ESCALA 1/10



SECCION L-L C.R.P. + V.F.
ESCALA 1/10



SECCION A-A C.R.P. + V.F.
ESCALA 1/10

LISTA DE MATERIALES		
ACCESORIOS DE ENTRADA (SEGUN DISENO)	CANTIDAD	UNIDAD
ADAPTADORES MACHO (PVC)	2	U
VALVULA DE COMPUERTA (Br)	1	U
CODOS DE 90° (PVC)	2	U
ADAPTADOR HEMBRA PVC	1	U
VALVULA DE FLOTE	1	U
ACCESORIOS DE SALIDA (SEGUN DISENO)		
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	11	sacos
PIEDRA	1.4	m ³
ARENA DE RIO	1.5	m ³
PARALES DE 3"x3"x10'	38	PT
TABLA DE PINO RUSTICA 1"x12"x10'	60	PT
CLAVO	2	lbs
ALAMBRE DE AMARRE	1	lbs
HIERRO DE 3/8"	6	var
HIERRO DE 1/2"	2	m.

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 18/18

NOTAS :

MAMPOSTERIA 67 % PIEDRA
33 % SABIETA 1: CEMENTO
2: ARENA DE RIO
CONCRETO =
ACERO DE REFUERZO

ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS DE FLOTE

MATERIALES

CUERPO Y VARILLA: BRONCE
SELLO : CAUCHO
PELOTA: COBRE

PRESION DE TRABAJO

100 lbs/pulg.2 EN ROSCAS

INSTALACION

HORIZONTAL, DESVIACION MAXIMA PERMITIDA 45°

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BARBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: CAJA ROMPE PRESION DE 1 M3 DE MAMPOSTERIA MAS VALVULA DE FLOTE

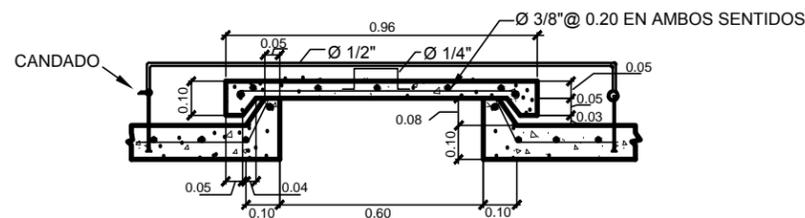
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO:
JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO:
JAIRO SAUL SANDOVAL

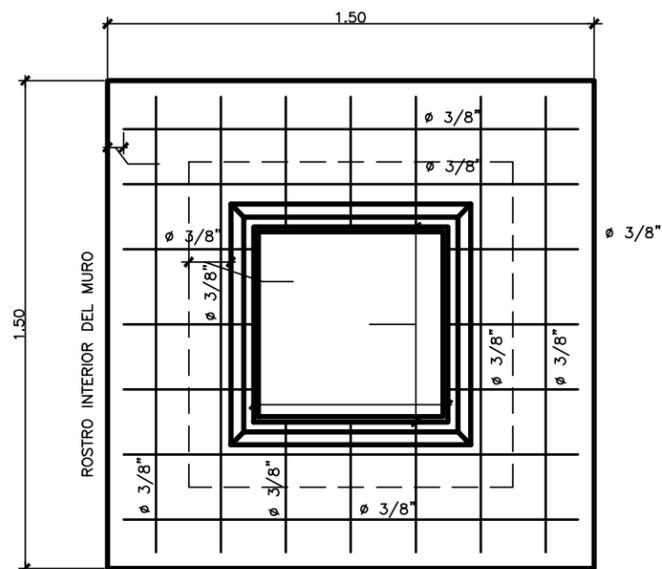
Va.Bo.

INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

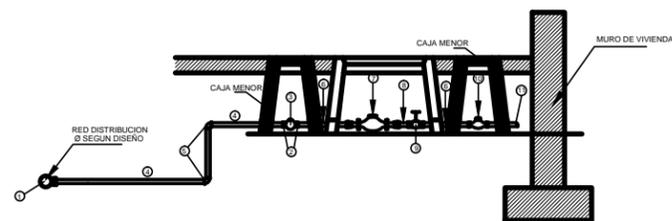
HOJA No.
17
18



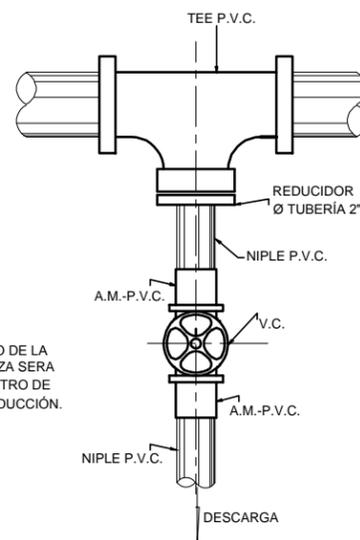
DETALLE DE TAPADERAS C.R.P.
ESCALA 1/10



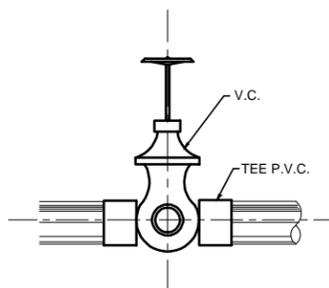
DETALLE DE LOSAS C.R.P.
ESCALA 1/10



SECCION DE CONEXION DOMICILIAR
SIN ESCALA

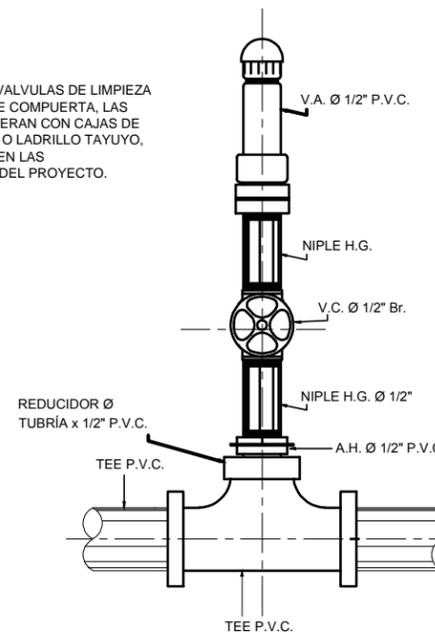


PLANTA VALVULA DE LIMPIEZA
SIN ESCALA

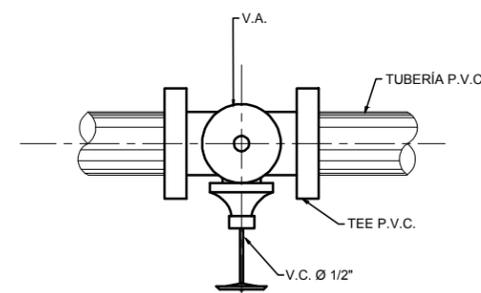


ELEVACION VALVULA DE LIMPIEZA
SIN ESCALA

NOTA: TODAS LAS VALVULAS DE LIMPIEZA SERAN VALVULAS DE COMPUERTA, LAS CUALES SE PROTEGERAN CON CAJAS DE CONCRETO, PIEDRA O LADRILLO TAYUYO, SEGUN SE INDIQUE EN LAS ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.



ELEVACION VALVULA DE AIRE
SIN ESCALA



PLANTA VALVULA DE AIRE
SIN ESCALA

REFERENCIA DE MATERIALES

1. TEE RED O ABRAZADERA DOMICILIAR, Ø SEGUN DISEÑO A 1/2" PVC.
2. ADAPTADOR MACHO Ø 1/2" PVC.
3. LLAVE DE PASO Ø 1/2" br.
4. TUBERIA Ø 1/2" PVC.
5. CODO Ø 1/2" X 90° PVC.
6. NIPLE H.G. Ø 1/2" X 0.30 M.
7. MEDIDOR VOLUMETRICO Ø 1/2"
8. NIPLE h.g. Ø 1/2" X 0.10 M.
9. LLAVE DE COMPUERTA Ø 1/2" br.
10. LLAVE DE RETENCION HORIZONTAL (CHEQUE DE BISAGRA) Ø 1/2" b.r.
11. A RED DOMICILIAR

INSTALACIONES DOMICILIARES

Comunidad	TOTAL DE CONEXIONES
Santa Bárbara	135
Rancho de Cuero	25
Laurelón	155
Total =	315



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE
LUGAR: CASERIO SANTA BÁRBARA, RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, AGUA BLANCA, JUTIAPA

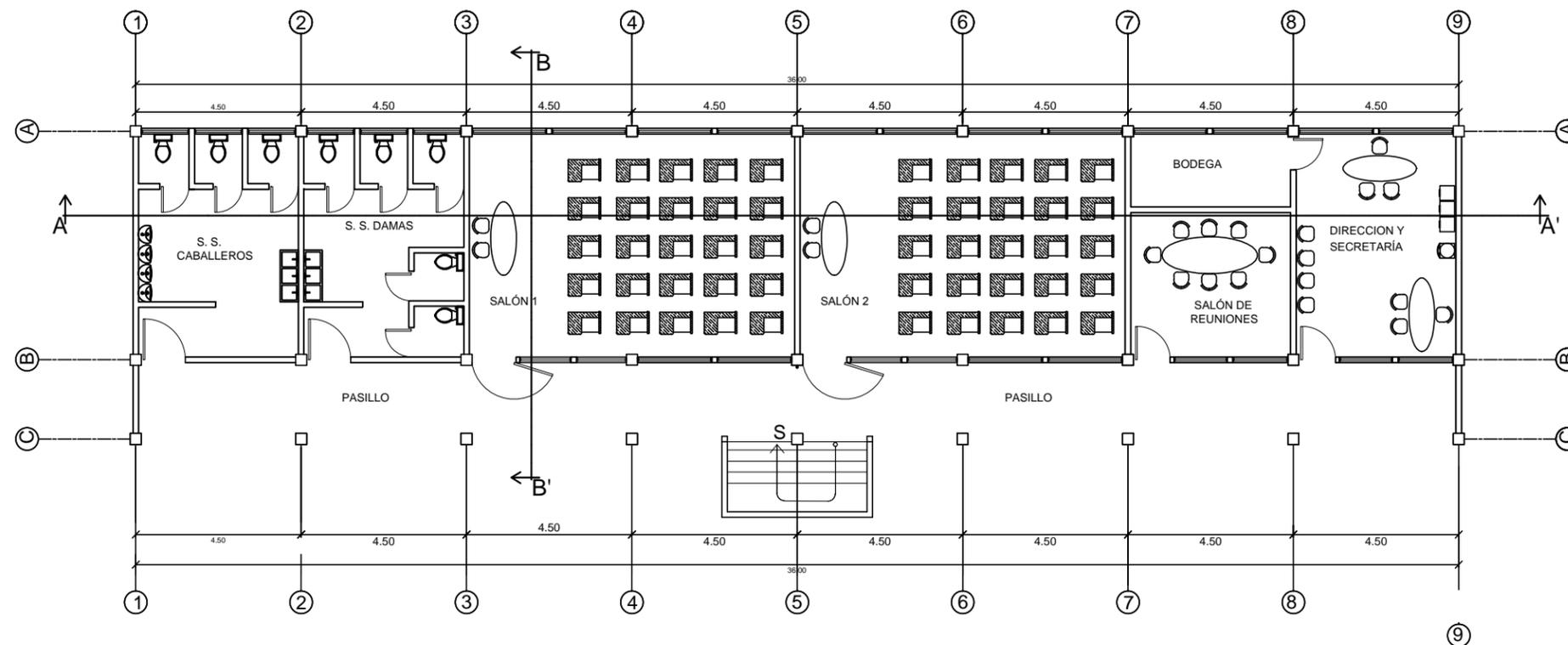
CONTENIDO: DETALLES DE CAJA ROMPE PRESIÓN DE 1 M3, CONEXION DOMICILIAR, VÁLVULA DE AIRE Y VÁLVULA DE LIMPIEZA

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

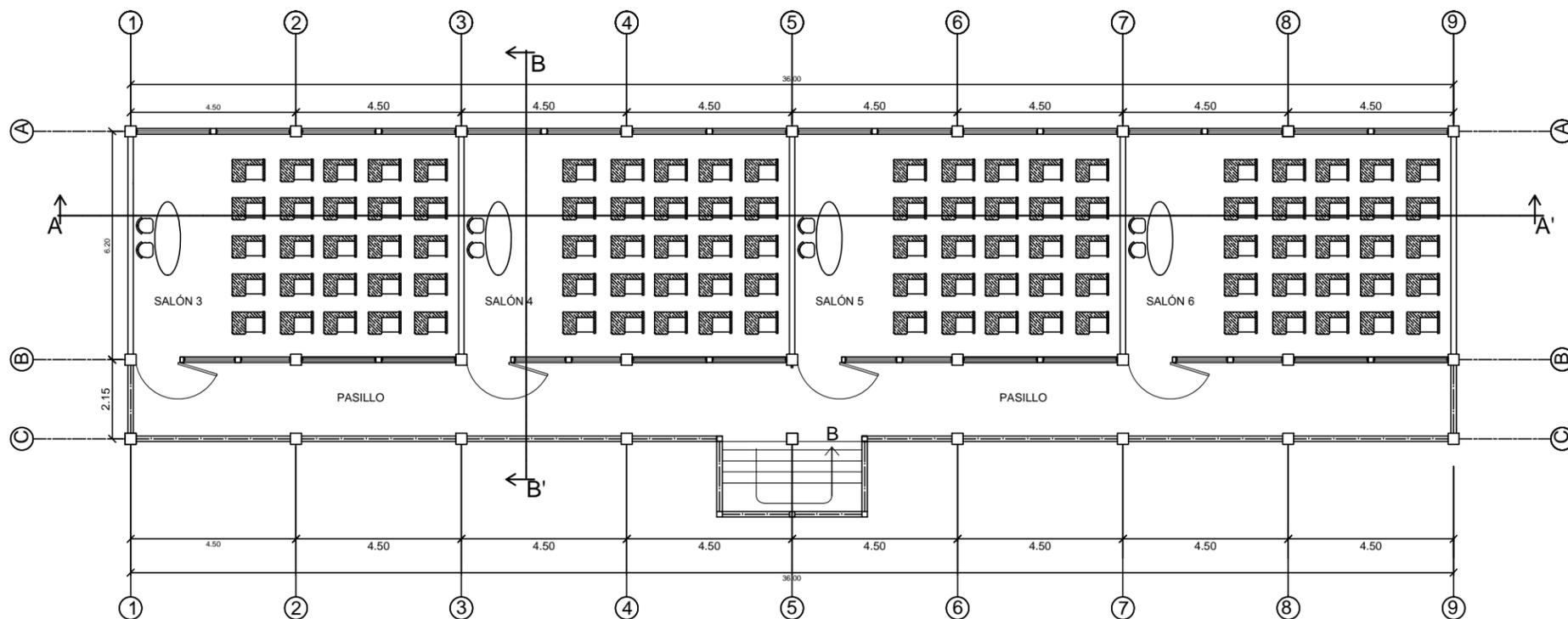
DISEÑO:
JAIRO SAUL SANDOVAL
DIBUJO:
JAIRO SAUL SANDOVAL

Va.Bo.
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No.
18 / 18



PLANTA ARQUITECTONICA
PRIMER NIVEL 1:75



PLANTA ARQUITECTONICA
SEGUNDO NIVEL 1:75



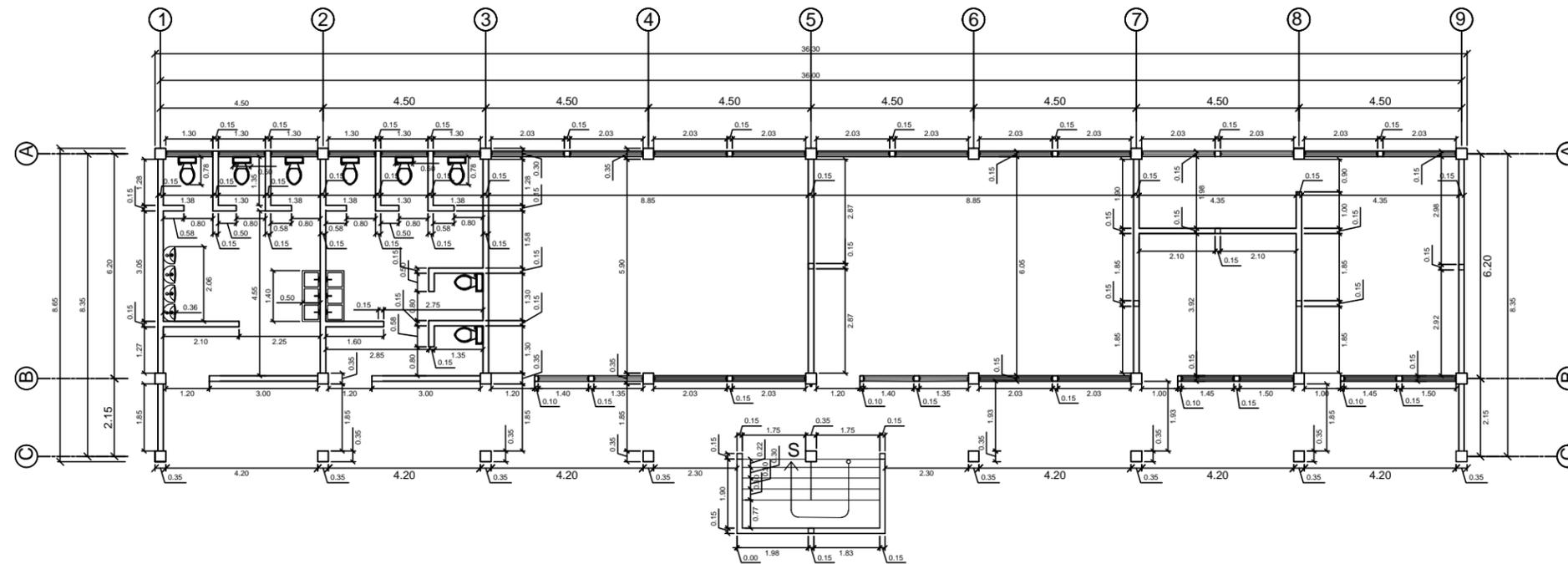
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

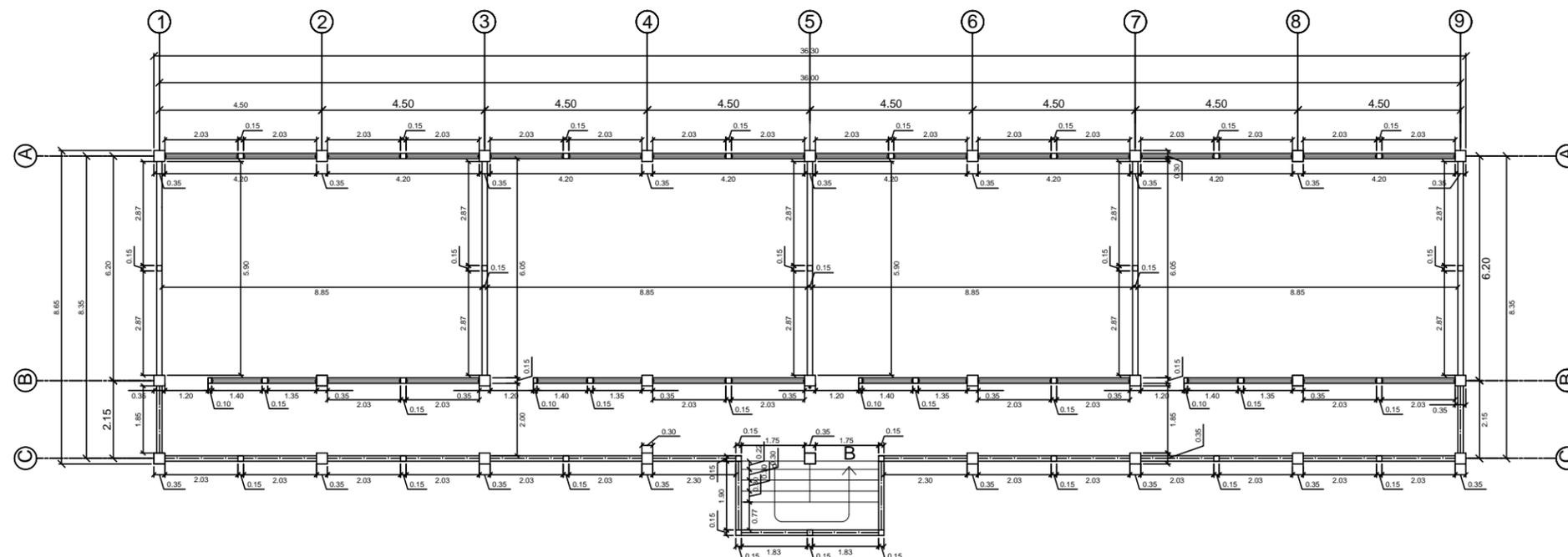
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No.
1
13



PLANTA ACOTADA
PRIMER NIVEL 1:75



PLANTA ACOTADA
SEGUNDO NIVEL 1:75

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

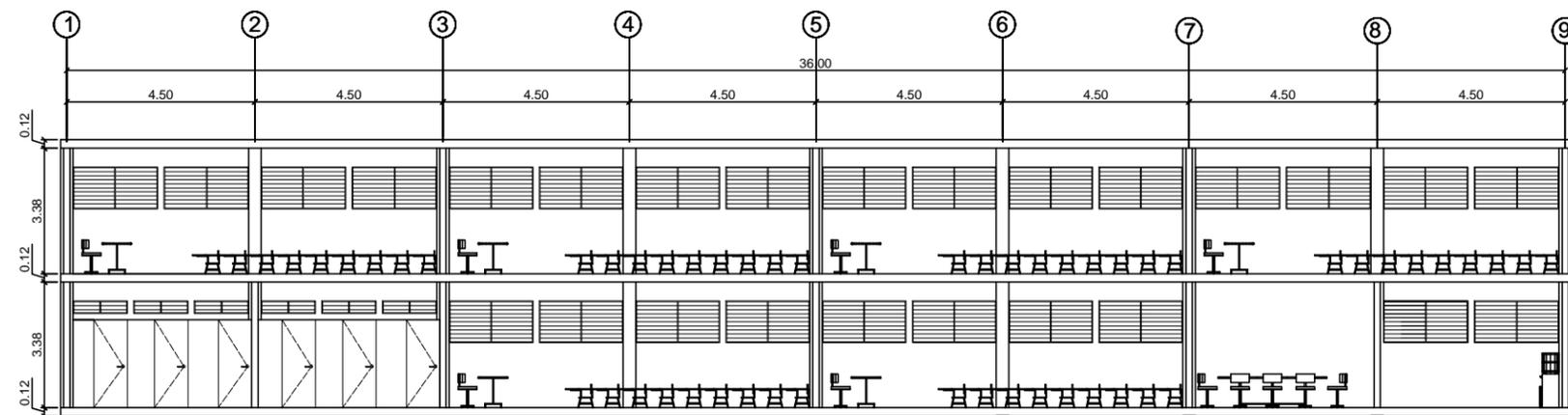
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

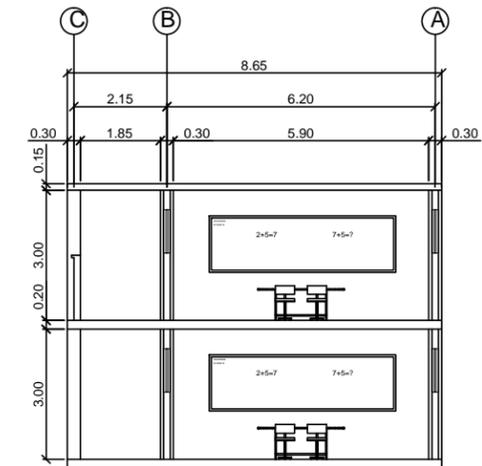
DISEÑO:
Saul Sandoval
DIBUJO:
Saul Sandoval

Vo.Bo.
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

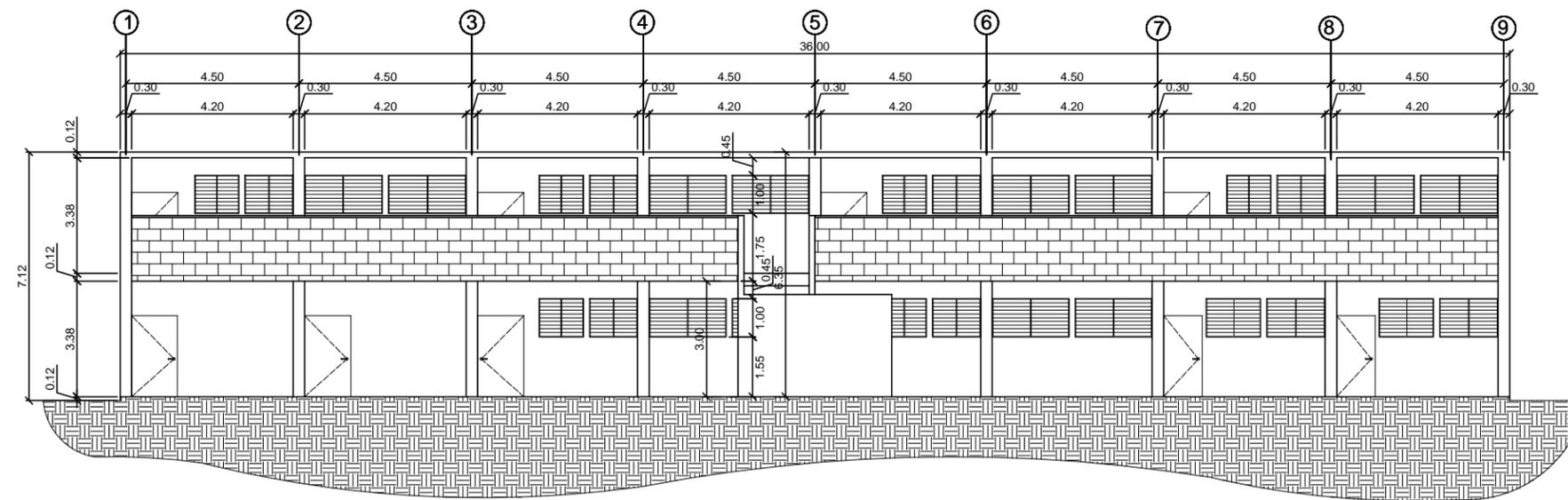
HOJA No.
2
13



SECCIÓN A-A
1:75



SECCIÓN B-B'
1:75



FACHADA FRONTAL
1:75

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

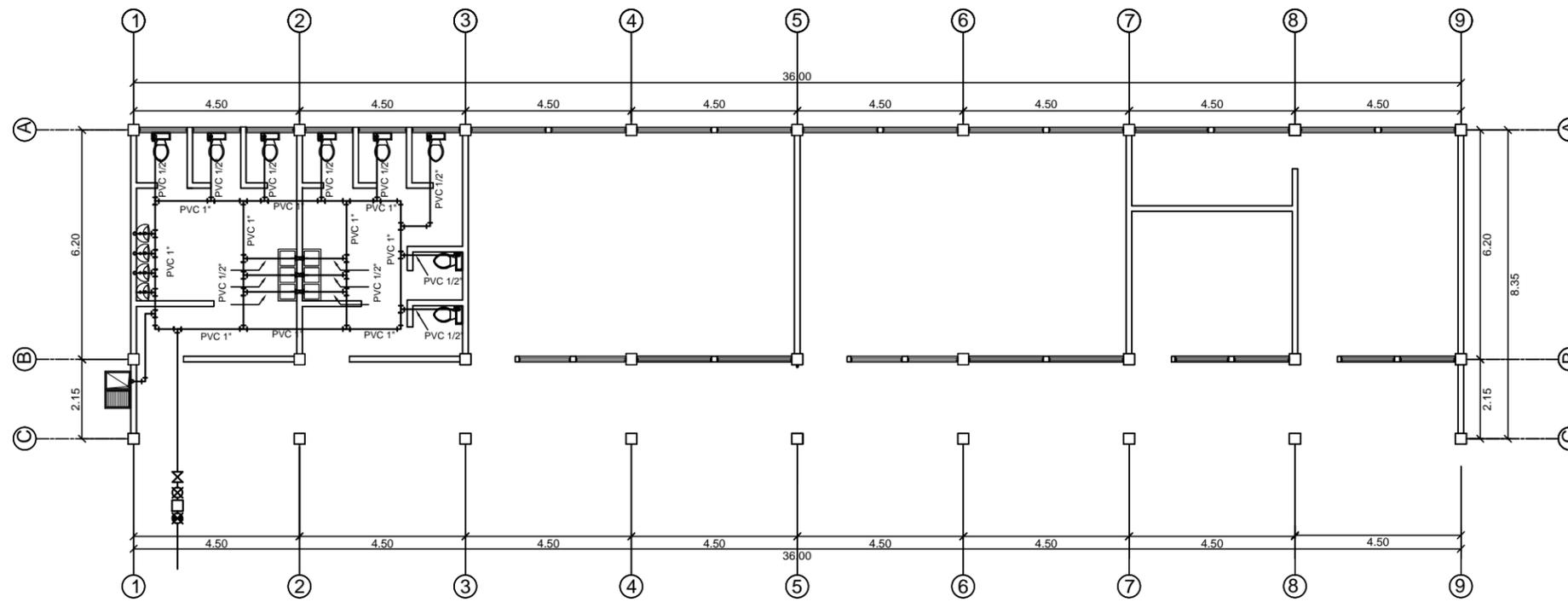
CONTENIDO: CORTES Y ELEVACIONES

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO:
Saul Sandoval
DIBUJO:
Saul Sandoval

Vo.Bo.
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No.
3
13

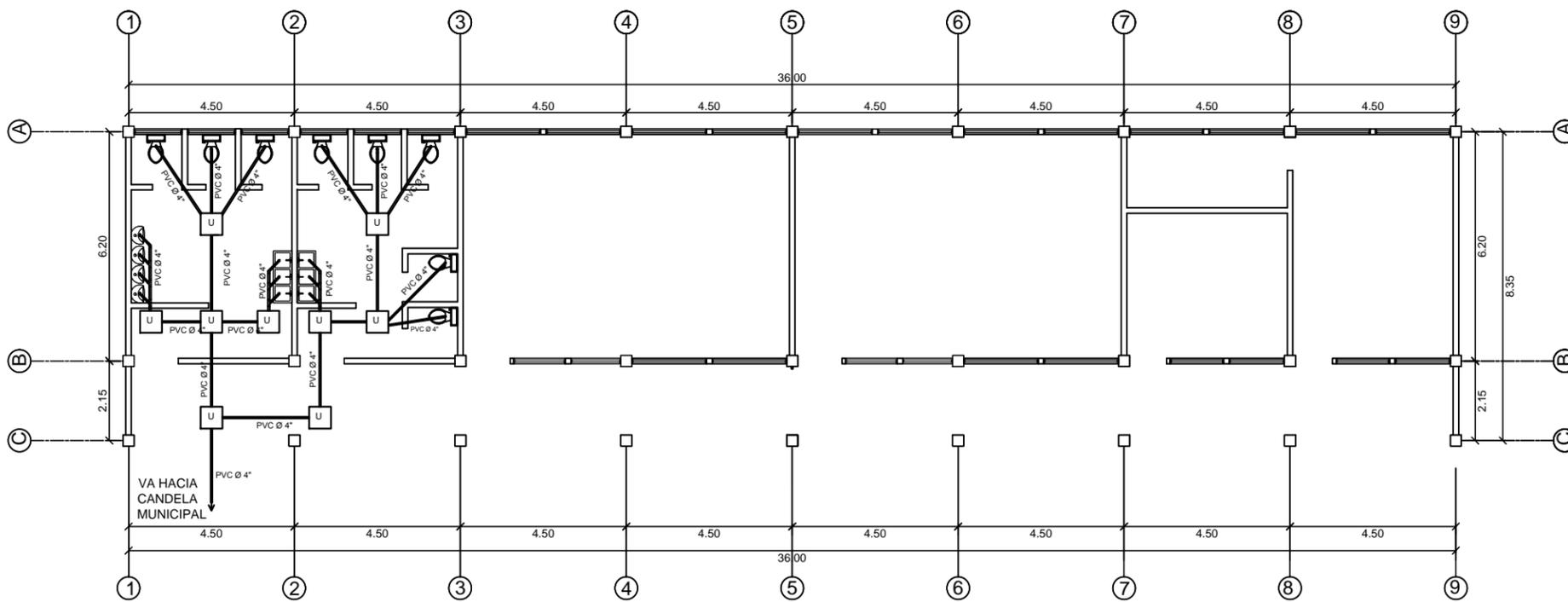


SIMBOLOGIA AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TEE A 90° VERTICAL
	CODO A 90° HORIZONTAL
	CODO A 90° VERTICAL
	TUBERIA DE AGUA
	CHEQUE
	LLAVE DE COMPUERTA
	CONTADOR
	LLAVE DE PASO

PLANTA AGUA POTABLE
PRIMER NIVEL

1:75



SIMBOLOGIA DRENAJES

	CODO A 90° VERTICAL
	CAJA UNIÓN
	TUBERIA DE AGUAS NEGRAS
	YEE A 45°
	CODO A 90°
	CODO A 45°

PLANTA DRENAJE
PRIMER NIVEL

1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

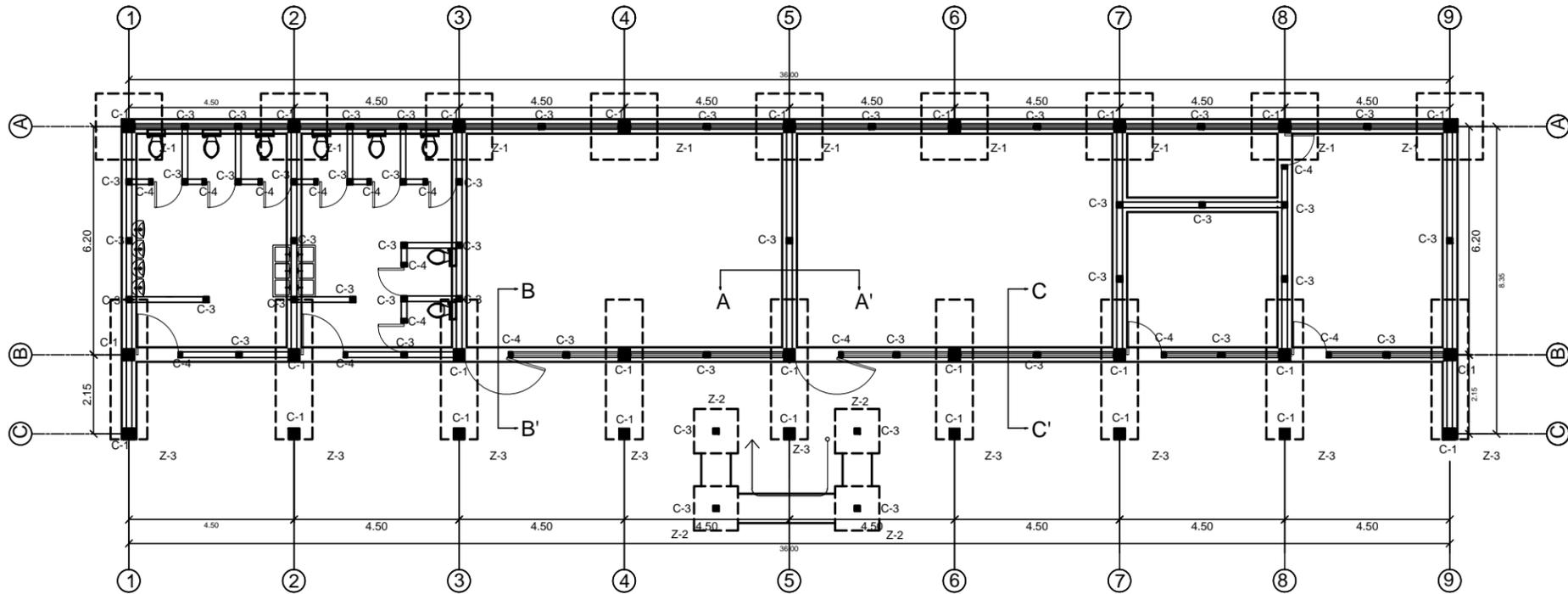
CONTENIDO: PLANTA AGUA POTABLE Y DRENAJE

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

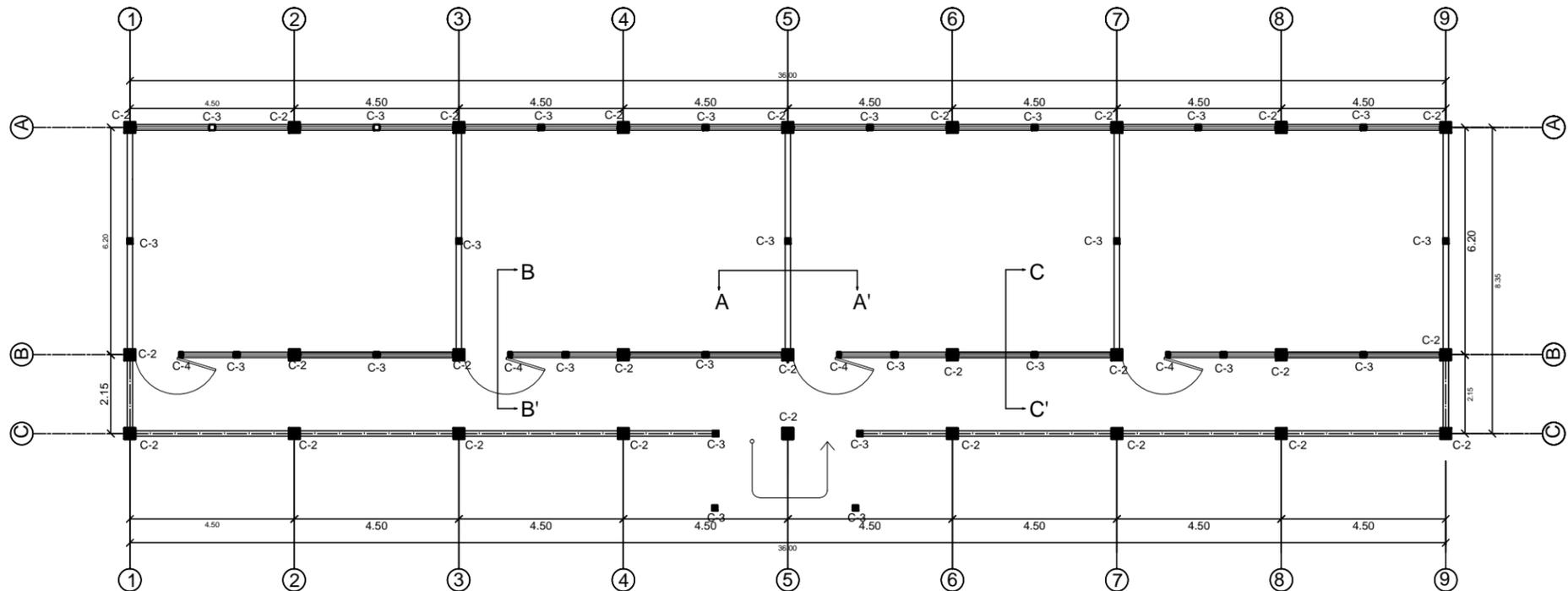
DISEÑO:
Saul Sandoval
DIBUJO:
Saul Sandoval

Va.Bo.
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

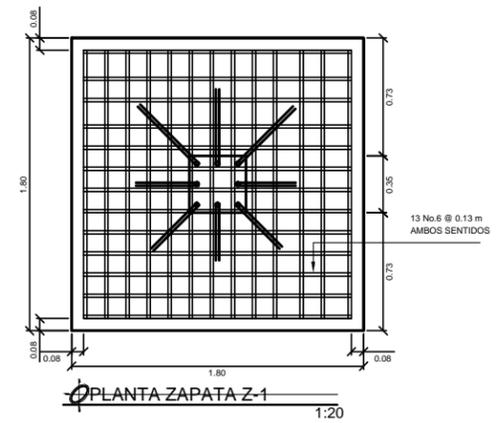
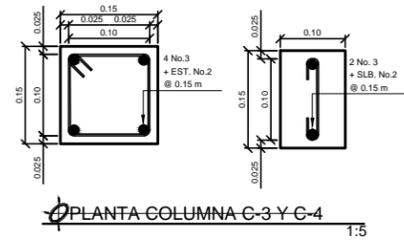
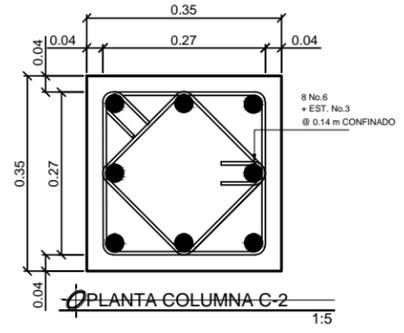
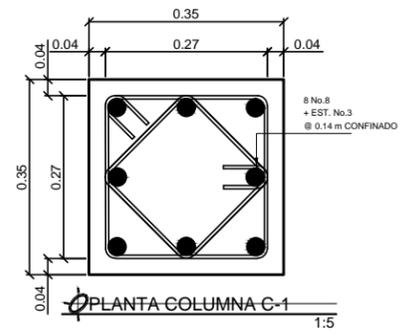
HOJA No.
4
13



PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS
PRIMER NIVEL 1:75



PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS
SEGUNDO NIVEL 1:75



NOTA: VER SECCION EN HOJA 8/13



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

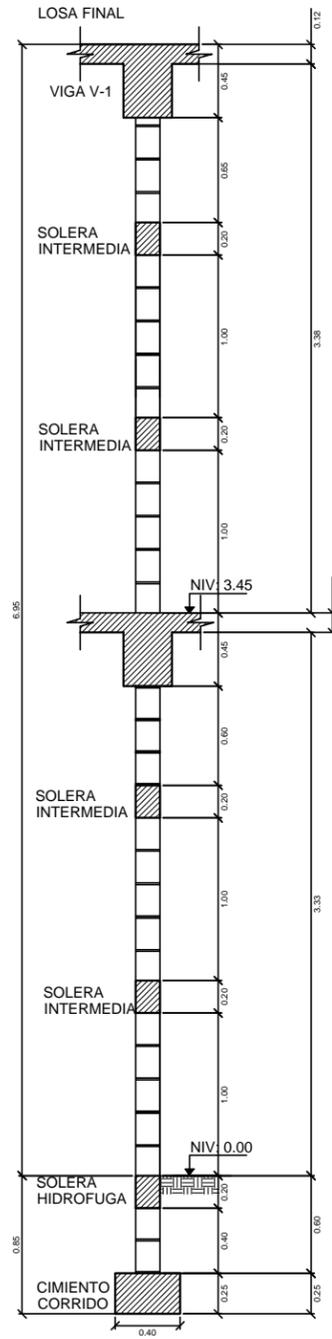
CONTENIDO: PLANTA DE CIMIENTOS Y COLUMNAS

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

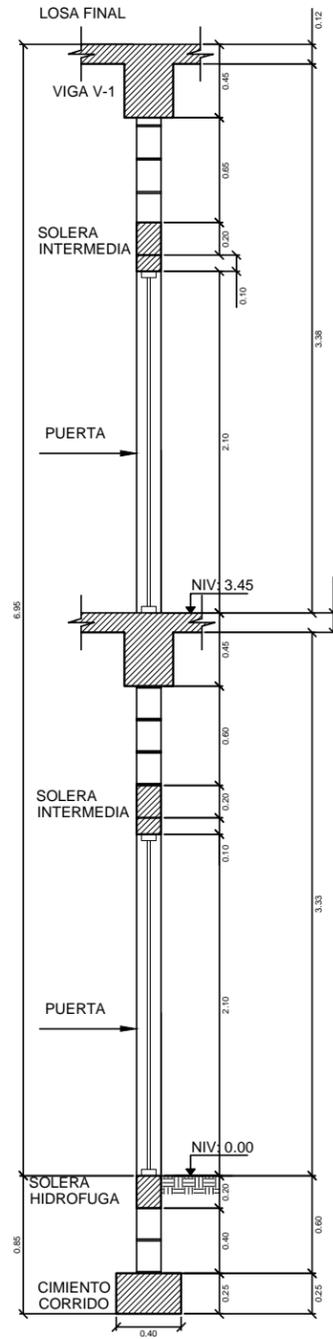
DISEÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval

Vo.Bo. INGENIERO ASESOR ANGEL ROBERTO SIC

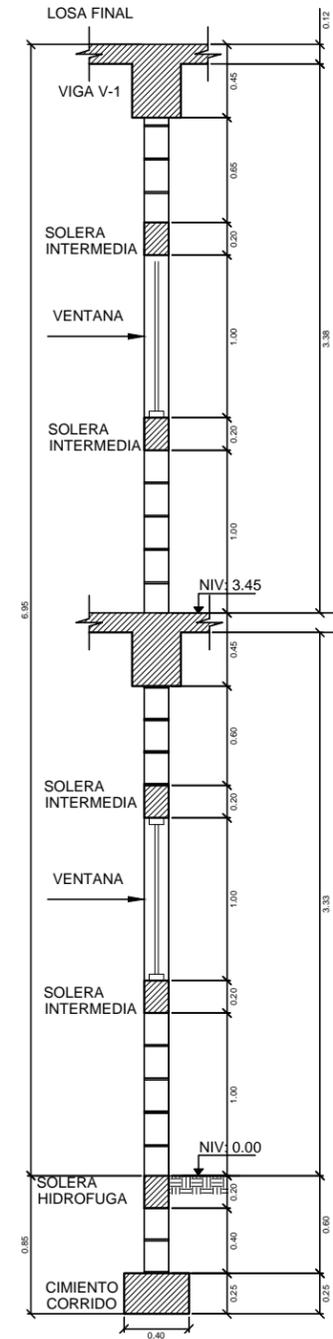
HOJA No. 5 13



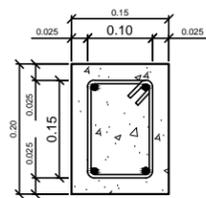
CORTE A-A'
CORTE TÍPICO DE MURO ESCALA 1/20



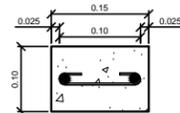
CORTE B-B'
CORTE TÍPICO DE PUERTA ESCALA 1/20



CORTE C-C'
CORTE TÍPICO DE VENTANA ESCALA 1/20



4 #3 + ESTRIBO #2 @ 0.20 m
DETALLE SOLERA INTERMEDIA
1:5



2 #3 + ESALONES #2 @ 0.20 m
DETALLE SOLERA DINTEL
1:5



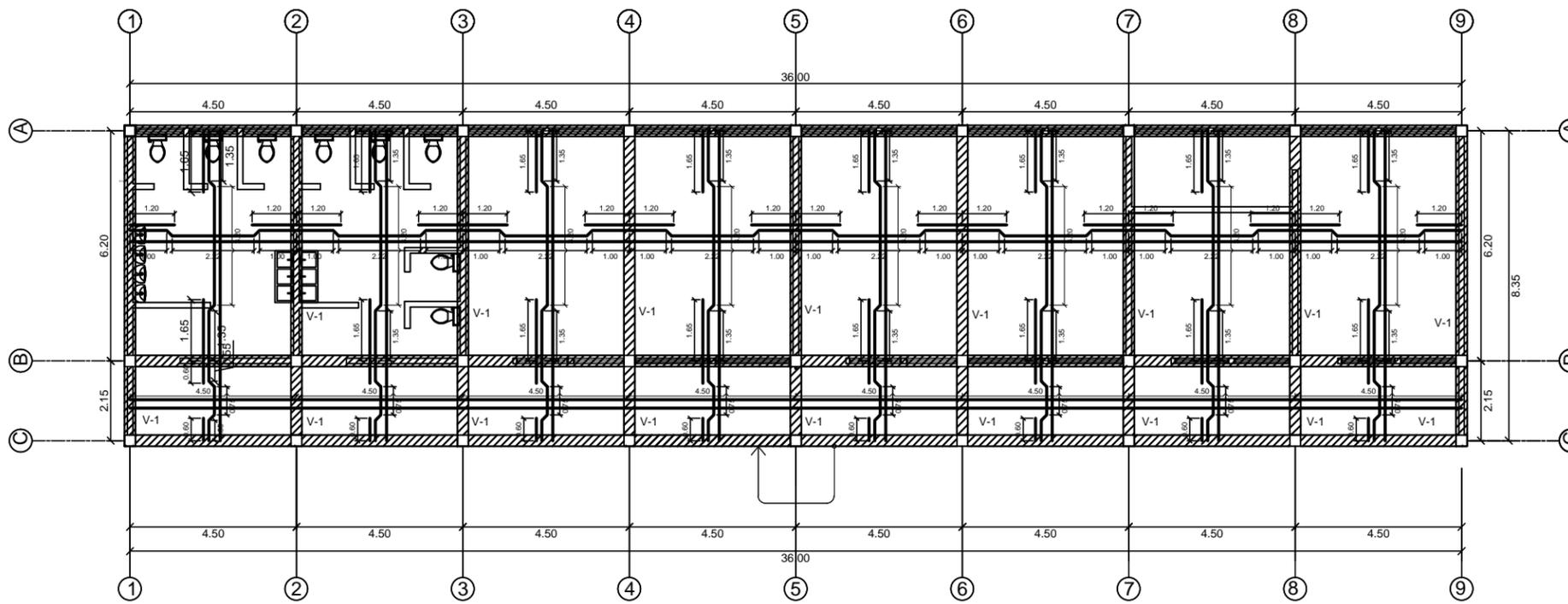
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

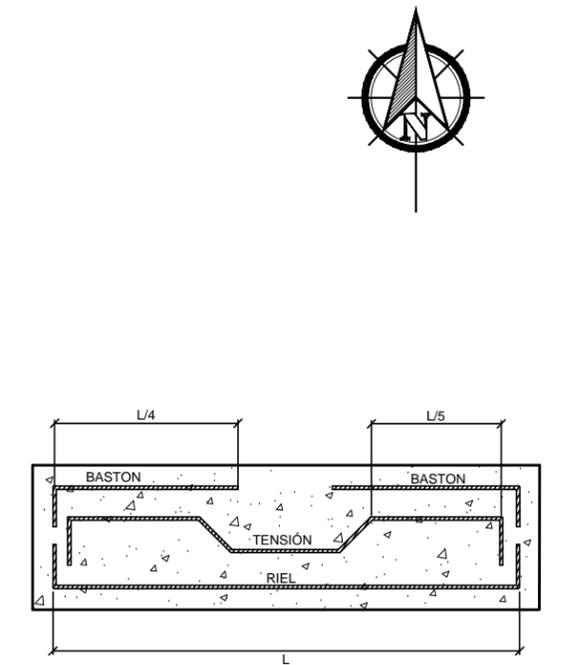
CONTENIDO: CORTES Y CIMENTACIONES + DETALLE DE SOLERAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

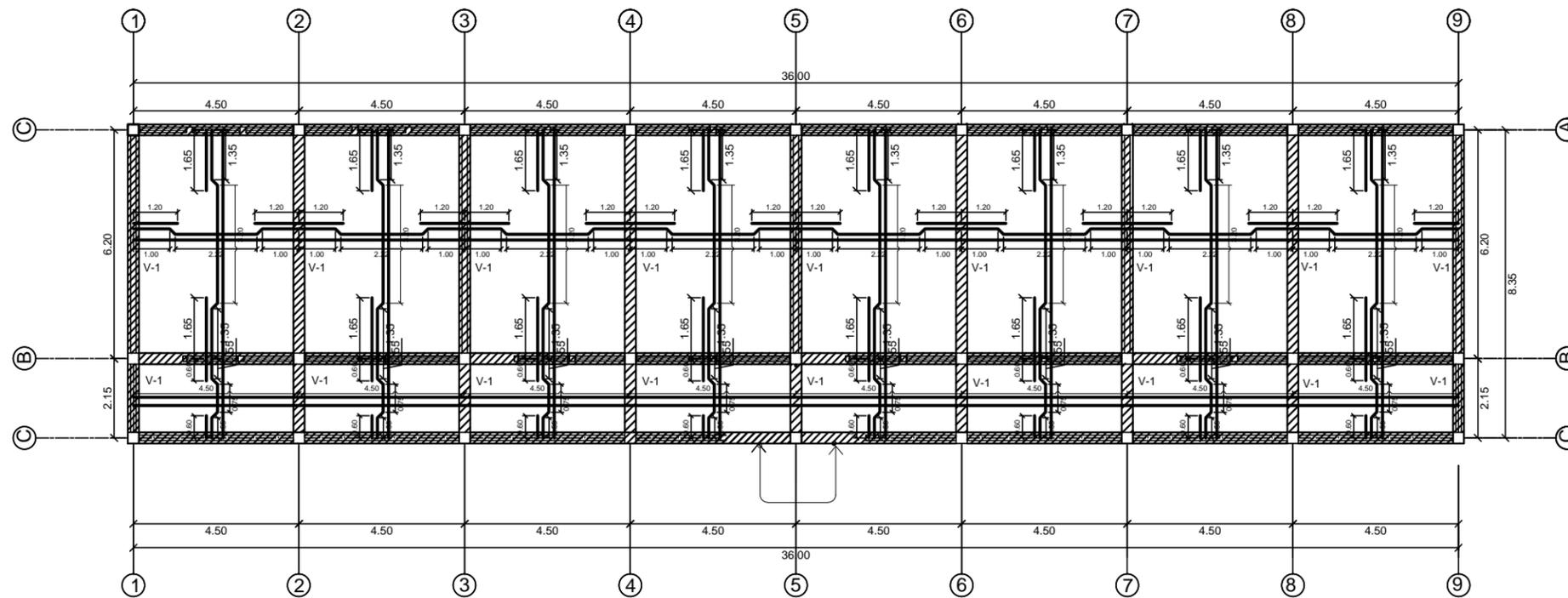
HOJA No.
6
13



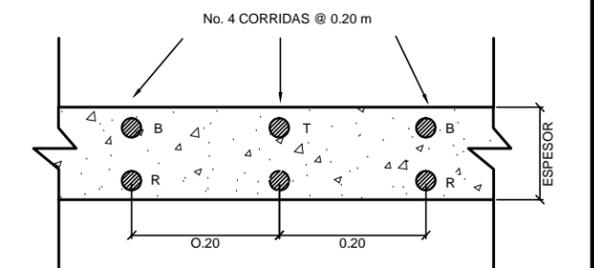
PLANTA DE ARMADO DE LOSA Y VIGAS
PRIMER NIVEL
1:75



ELEVACIÓN DE LOSA
SIN ESCALA



PLANTA DE ARMADO DE LOSA Y VIGAS
SEGUNDO NIVEL
1:75



SECCIÓN DE LOSA
SIN ESCALA

Municipalidad de Agua Blanca



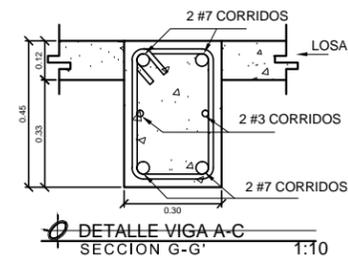
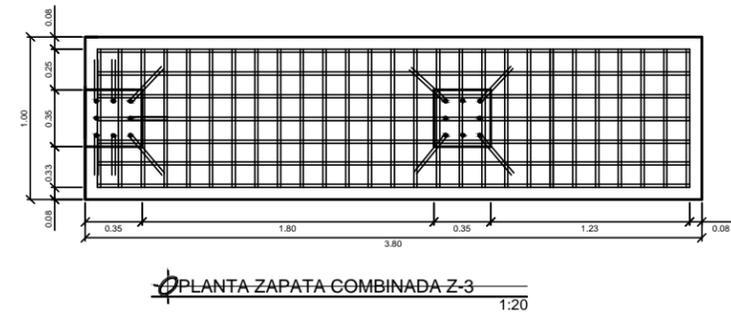
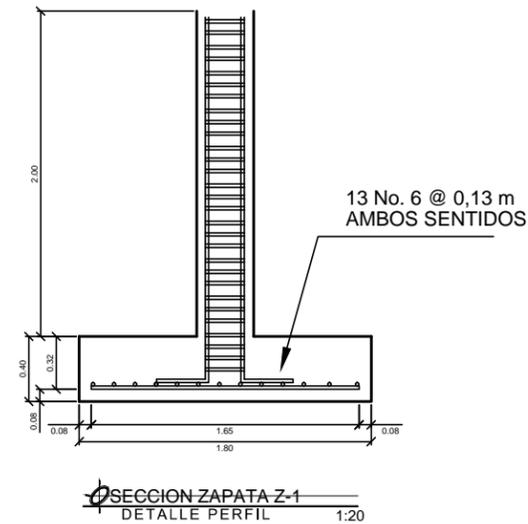
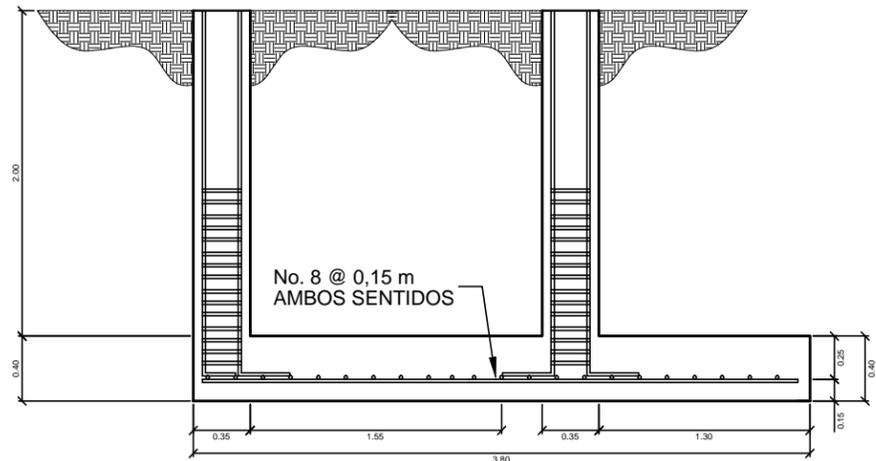
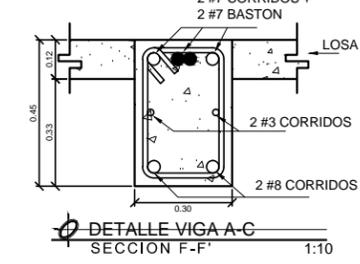
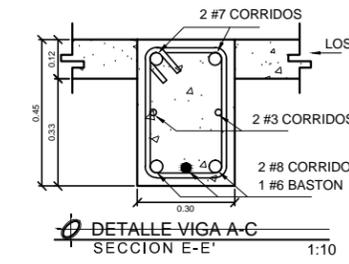
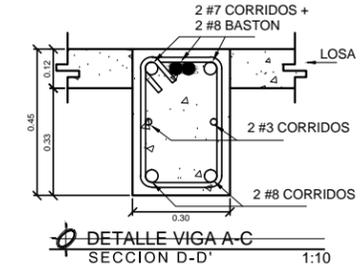
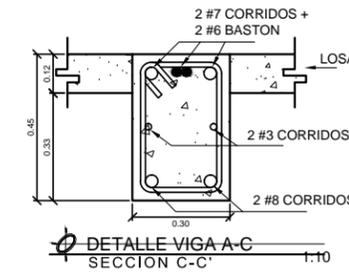
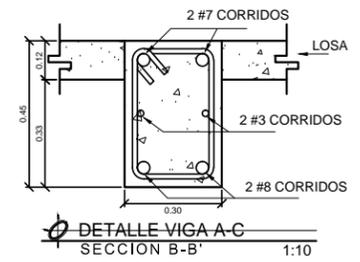
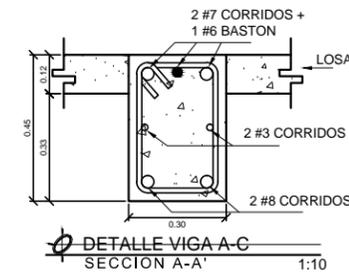
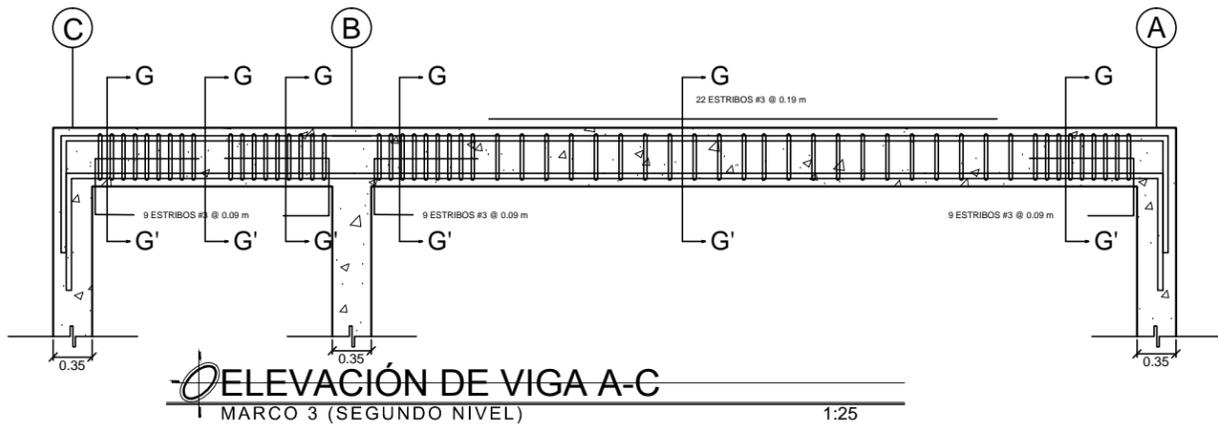
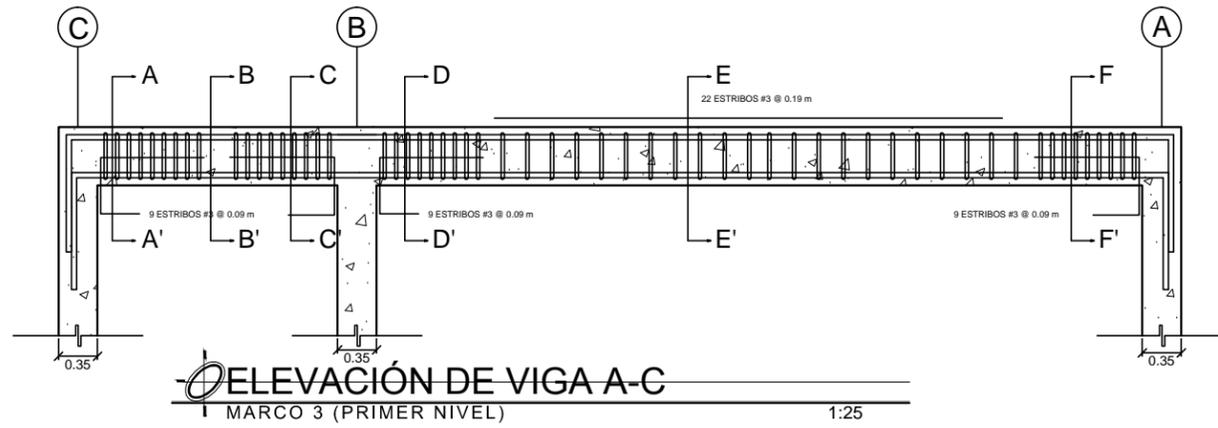
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

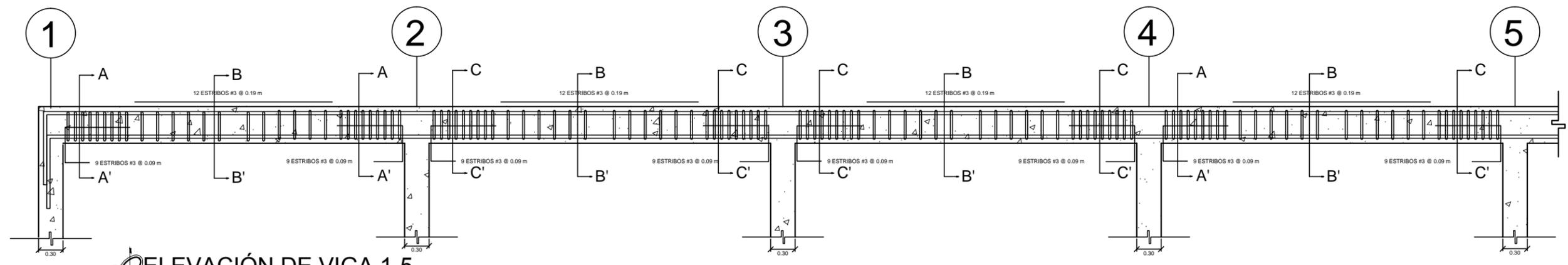
CONTENIDO: PLANTA DE ARMADO DE LOSA Y VIGAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

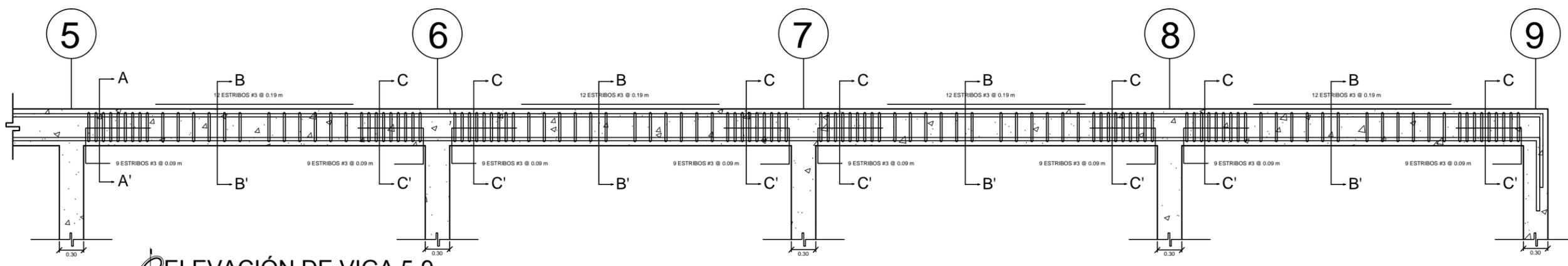
HOJA No.
7
13



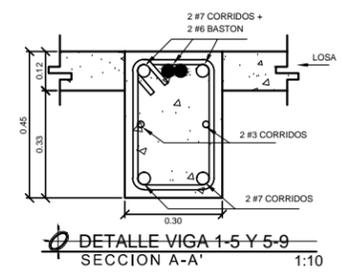
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)	
PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA	
CONTENIDO: DETALLE DE VIGAS PARA MARCO 3 + SECCION DE ZAPATAS	ESCALA: INDICADA FECHA: OCTUBRE 2012
DISEÑO: Saul Sandoval DIBUJO: Saul Sandoval	HOJA No. 8
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC	



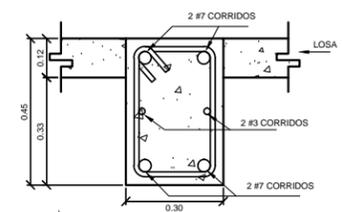
ELEVACIÓN DE VIGA 1-5
MARCO B (PRIMER NIVEL) 1:25



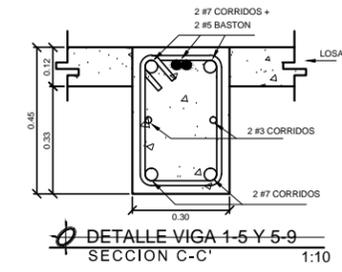
ELEVACIÓN DE VIGA 5-9
MARCO B (PRIMER NIVEL) 1:25



DETALLE VIGA 1-5 Y 5-9
SECCION A-A' 1:10



DETALLE VIGA 1-5 Y 5-9
SECCION B-B' 1:10



DETALLE VIGA 1-5 Y 5-9
SECCION C-C' 1:10



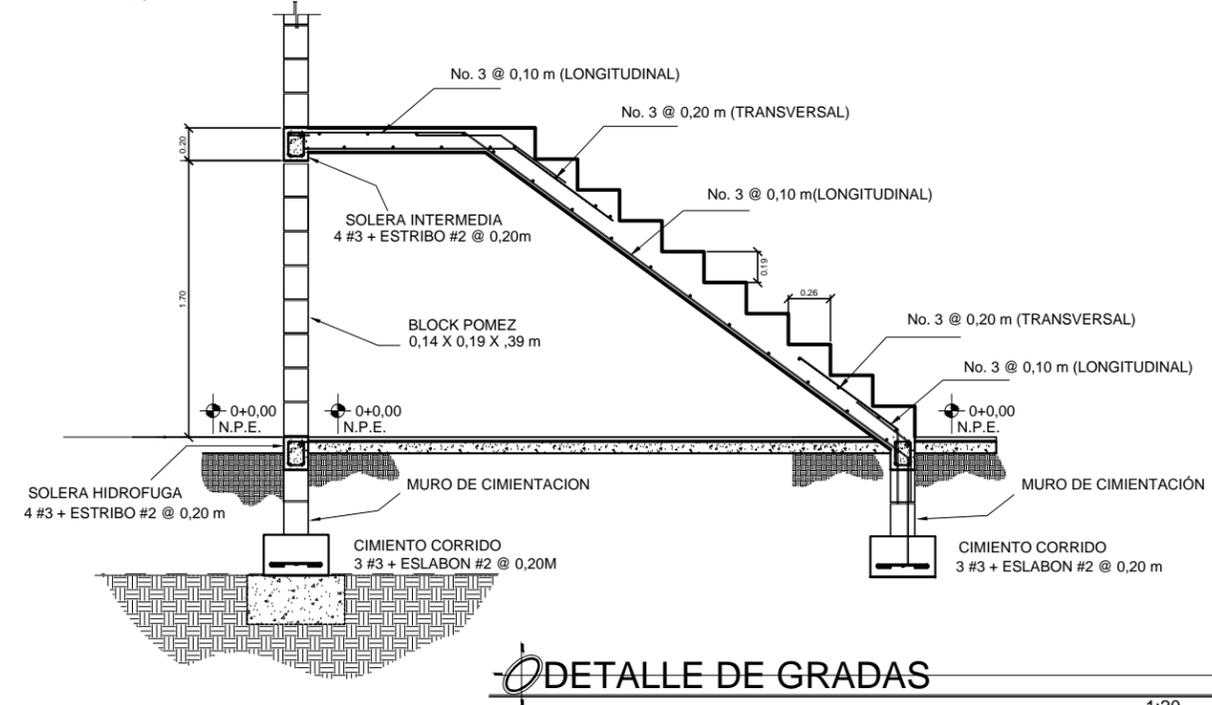
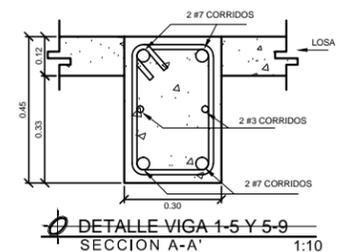
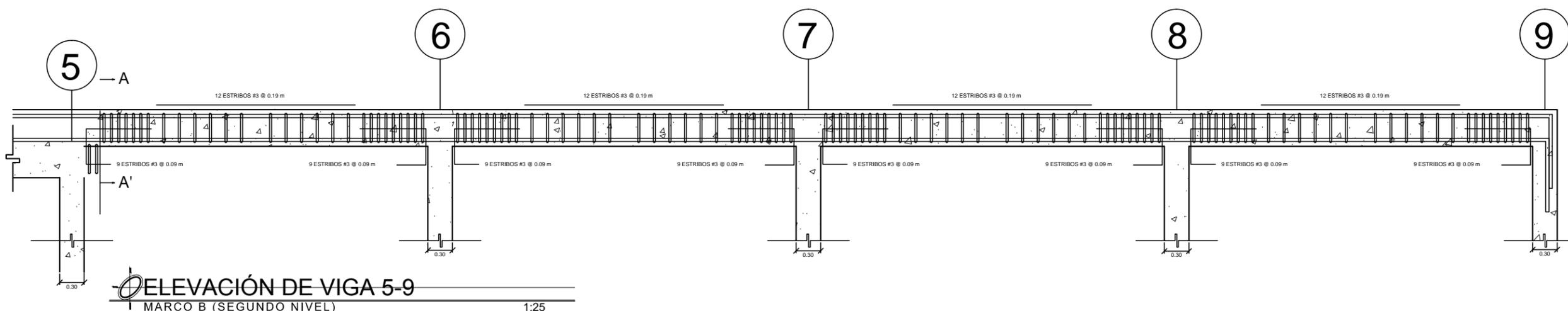
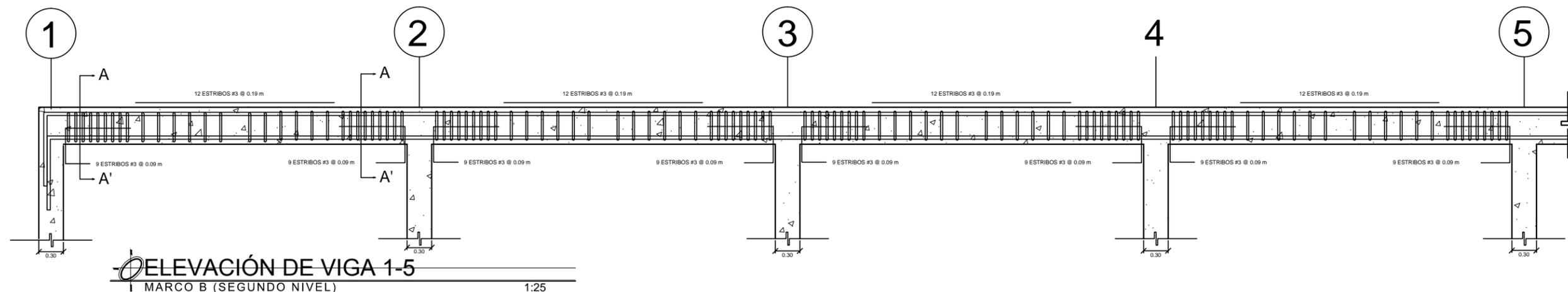
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: DETALLE DE VIGAS PARA MARCO B PRIMER NIVEL
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No.
9
13



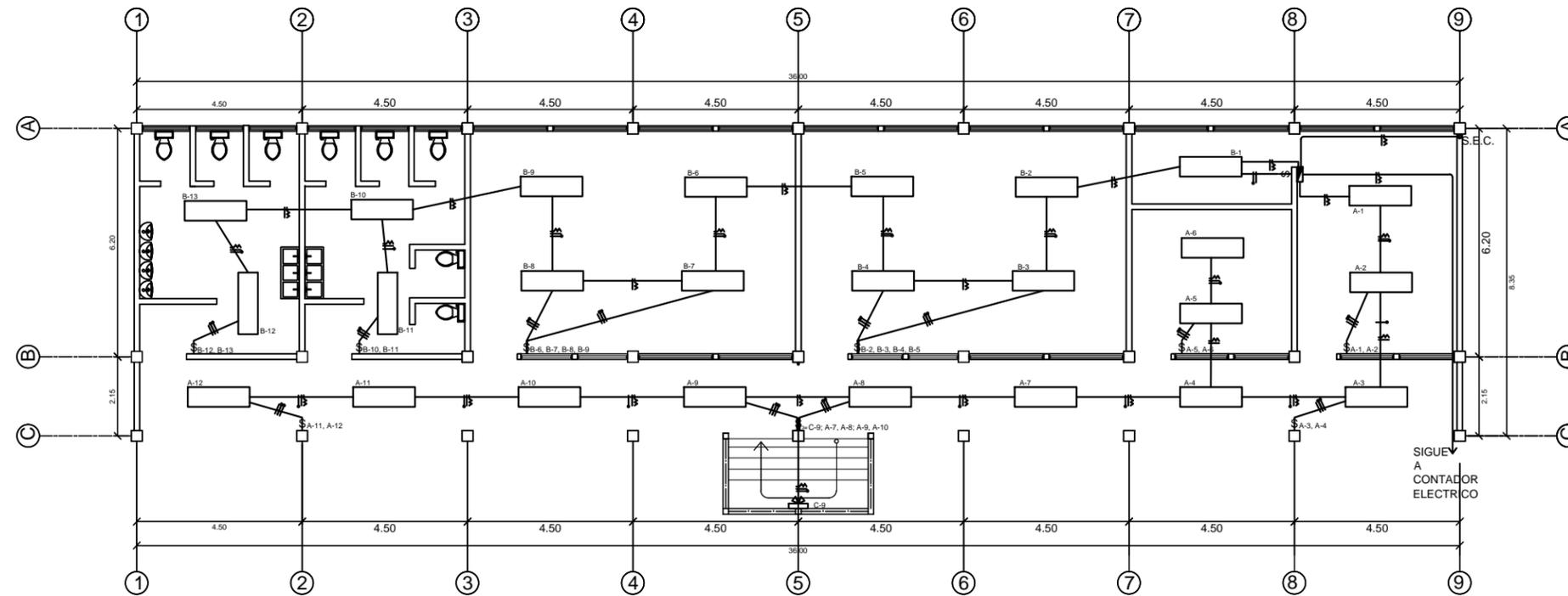
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: DETALLE DE VIGAS PARA MARCO B SEGUNDO NIVEL + DETALLE DE GRADAS
ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

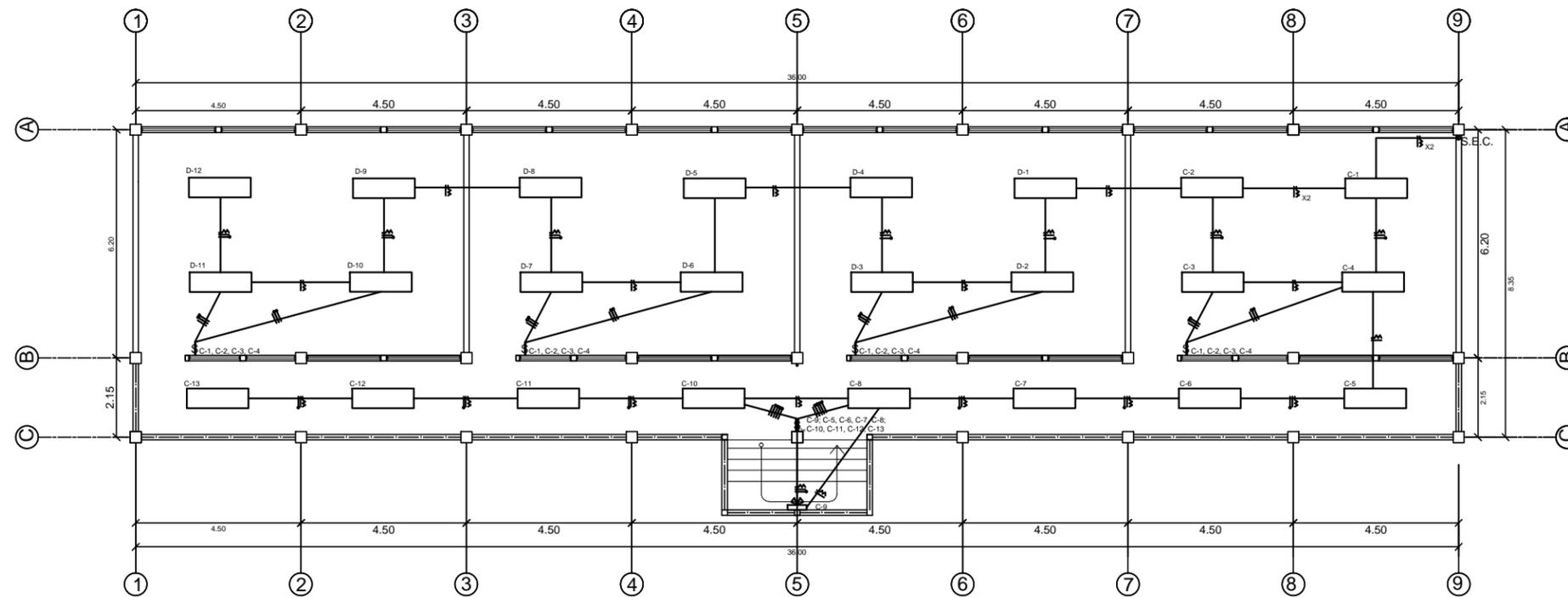
DISEÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 10 13



PLANTA DE ILUMINACIÓN
PRIMER NIVEL 1:75

SIMBOLOGIA	
	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS
	S.E.C. SUBE ENTUBADO Y CABLEADO
	LAMPARA EN CIELO (CANDELA 2 x 40 W)
	A-1 CIRCUITO Y NUMERO DE UNIDAD
	INTERRUPTOR SIMPLE H. 1.5
	INTERRUPTOR DOBLE H. 1.5
	INTERRUPTOR DE TRES VIAS H. 1.5
	CONDUCTOR POSITIVO N.12 AWG
	ALAMBRE RETORNO N.14
	CONDUCTOR NEUTRO N.12 AWG
	REFLECTOR DOBLE
	TUBERIA EN CIELO DE FLEXITUBO



PLANTA DE ILUMINACIÓN
SEGUNDO NIVEL 1:75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

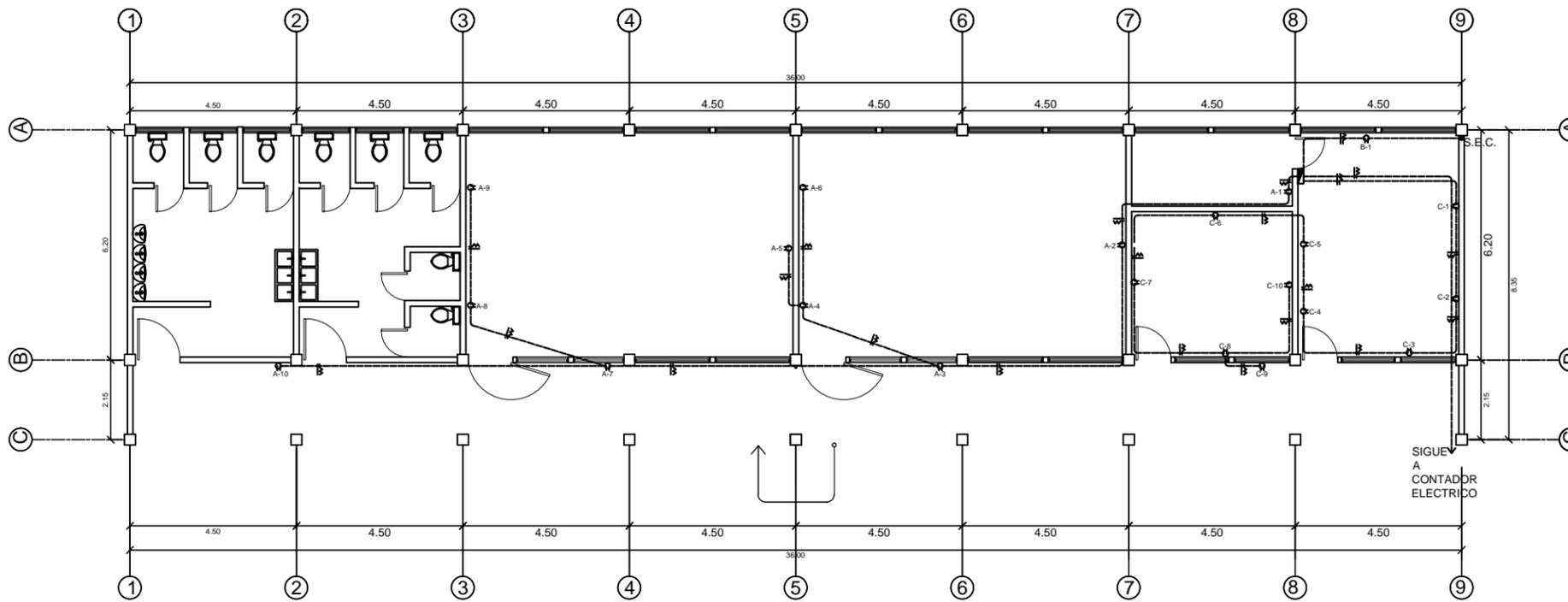
CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACIÓN

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

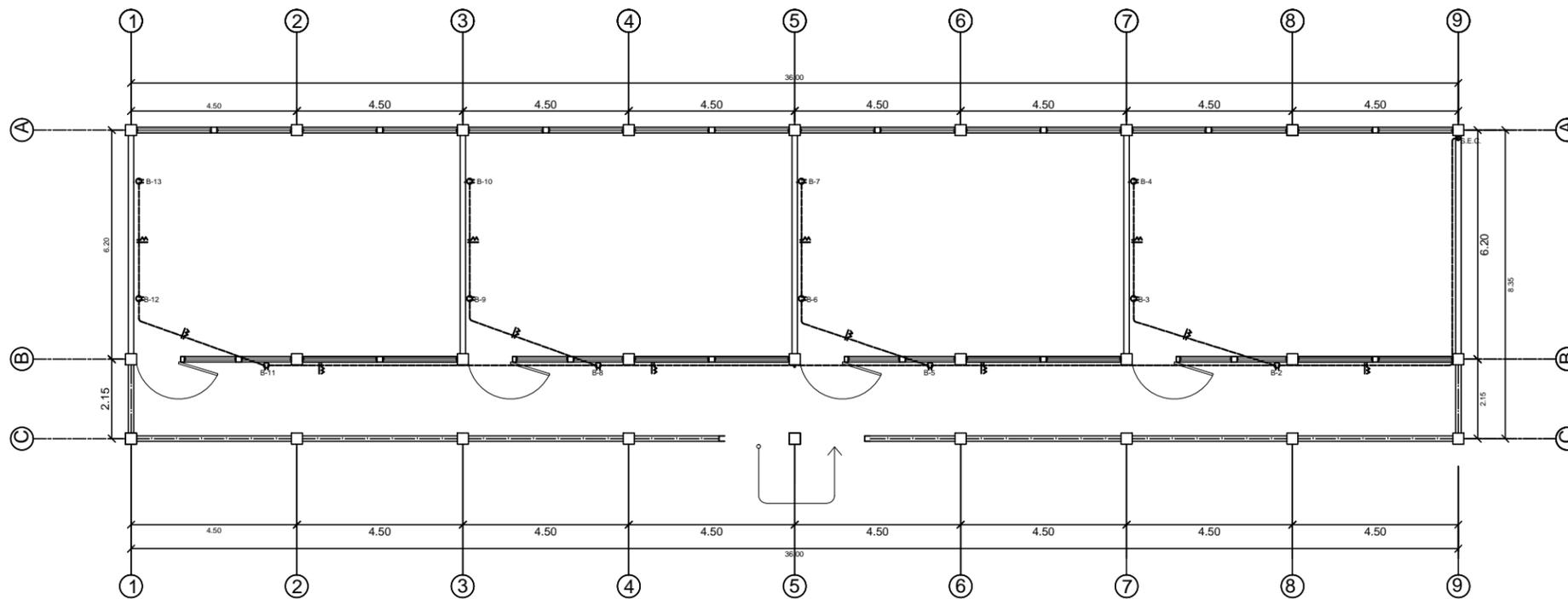
DISEÑO:
Saul Sandoval
DIBUJO:
Saul Sandoval

Vo.Bo.
INGENIERO ASESOR ÁNGEL ROBERTO SIC

HOJA No.
11
13



PLANTA DE FUERZA
PRIMER NIVEL 1:75



PLANTA DE FUERZA
SEGUNDO NIVEL 1:75



SIMBOLOGIA	
	CONDUCTOR POSITIVO N. 12 AWG
ξ	CONDUCTOR NEUTRO N. 12 AWG
⊖	TOMACORRIENTE 110V. EN PARED A 1.10 M.
A-1	CIRCUITO Y NUMERO DE UNIDAD
S.E.C	SUBE ENTUBADO Y CABLEADO
▬	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CIRCUITOS
—	TUBERIA EN PISO Y PARED DE FLEXITUBO

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

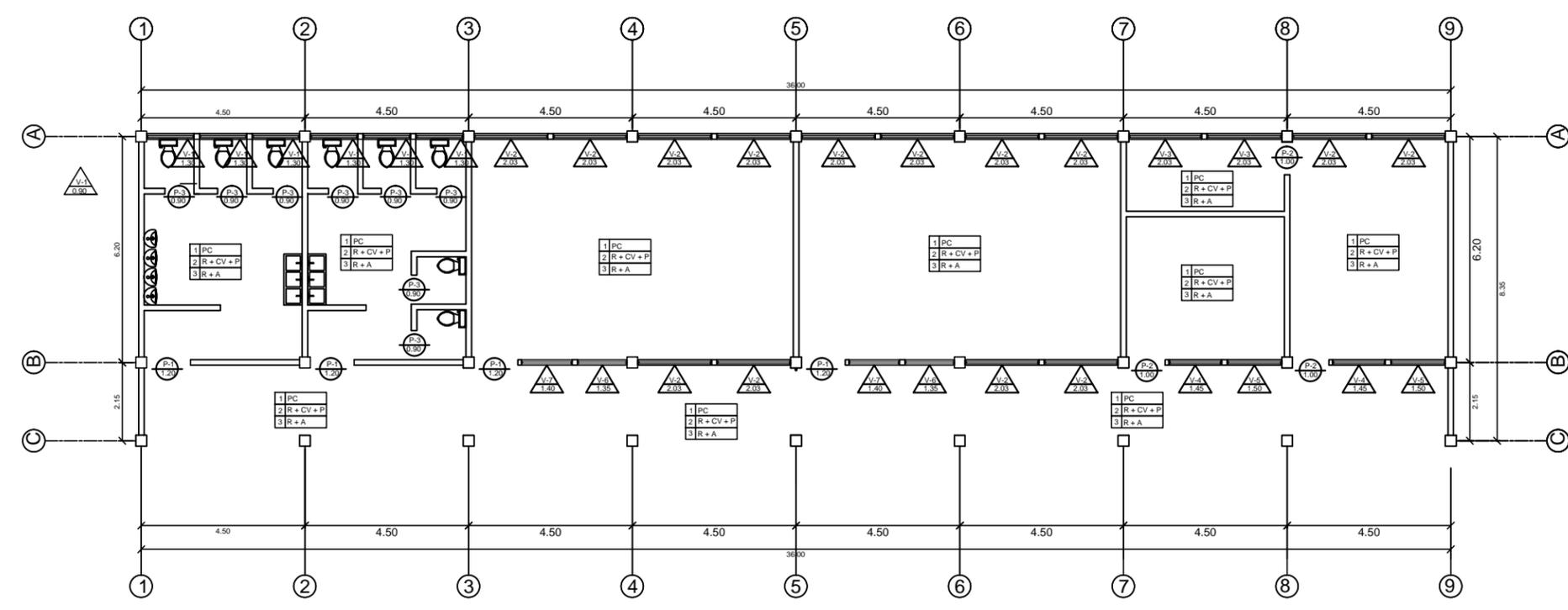
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO:
Saul Sandoval
DIBUJO:
Saul Sandoval

Vo.Bo.
INGENIERO ASESOR ANGEL ROBERTO SIC

HOJA No.
12
13



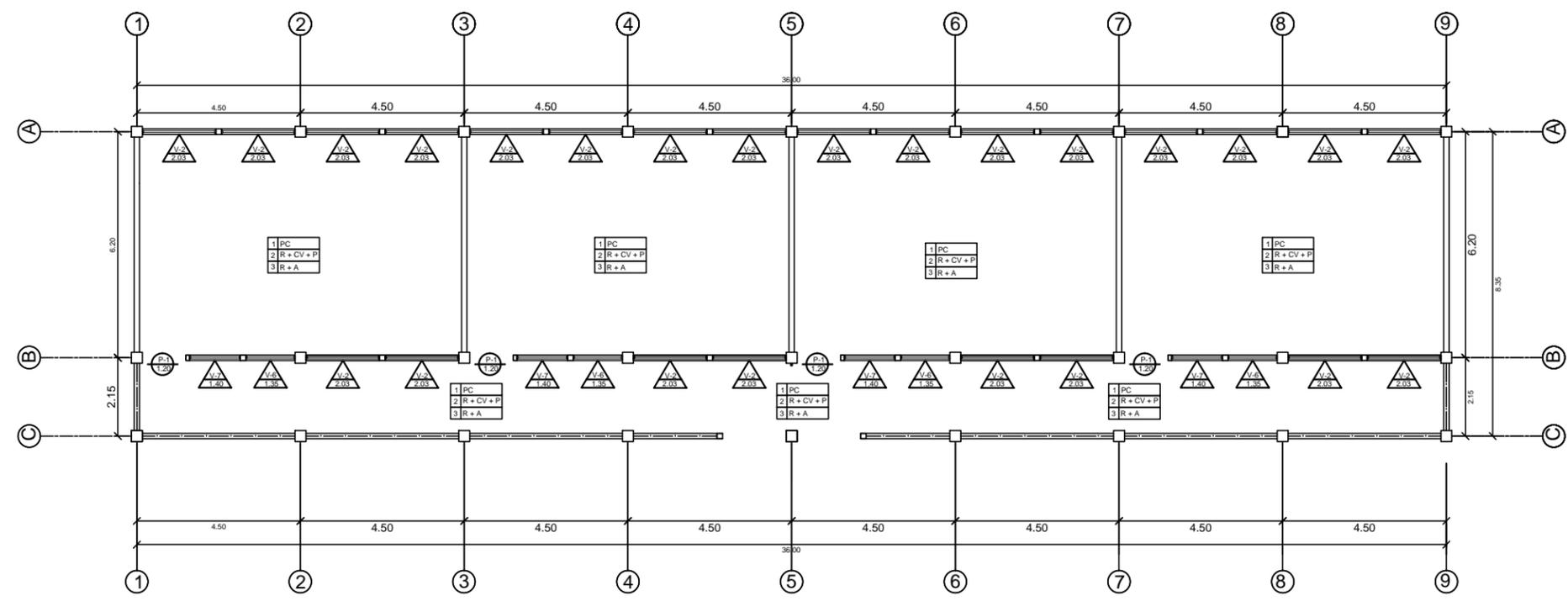
PLANTA DE ACABADOS
PRIMER NIVEL
1:75

- P-3 → INDICA TIPO DE PUERTA
 0.90 → INDICA ANCHO DE PUERTA

 V-2 → INDICA TIPO DE VENTANA
 2.03 → INDICA ANCHO DE VENTANA

 1 PC → INDICA ACABADO EN PISO
 2 R + CV + P → INDICA ACABADO EN MURO
 3 R + A → INDICA ACABADO EN CIELO

SIMBOLOGIA	
PC	PISO DE CONCRETO
R+CV+P	REPELLO + CONCRETO VISTO + PINTURA A DOS MANOS
R+A	REPELLO +ALISADO



PLANTA DE ACABADOS
SEGUNDO NIVEL
1:75

PLANILLA DE VENTANAS						
TIPO	ANCHO	ALTURA	SILLAR	DINTEL	MATERIAL	CANT.
V-1	1.30 m	0.40 m	2.20 m	2.60 m	ALUMINIO	6
V-2	2.03 m	1.00 m	1.20 m	2.20 m	ALUMINIO	38
V-3	2.03 m	0.40 m	2.20 m	2.60 m	ALUMINIO	2
V-4	1.45 m	1.00 m	1.20 m	2.20 m	ALUMINIO	2
V-5	1.50 m	1.00 m	1.20 m	2.20 m	ALUMINIO	2
V-6	1.35 m	1.00 m	1.20 m	2.20 m	ALUMINIO	6
V-7	1.40 m	1.00 m	1.20 m	2.20 m	ALUMINIO	6

PLANILLA DE PUERTAS					
TIPO	ANCHO	ALTURA	CANT.	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
P-1	1.20 m	2.10 m	8	METAL	SIMPLE
P-2	1.00 m	2.10 m	2	METAL	SIMPLE
P-3	0.90 m	2.10 m	1	METAL	SIMPLE
P-3	0.80 m	2.10 m	8	METAL	SIMPLE

Municipalidad de Agua Blanca



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)

PROYECTO: EDIFICIO EDUCATIVO DE DOS NIVELES
LUGAR: ALDEA LAS CAÑAS, AGUA BLANCA, JUTIAPA

CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS

ESCALA: INDICADA
FECHA: OCTUBRE 2012

DISEÑO: Saul Sandoval
DIBUJO: Saul Sandoval

Vo.Bo. INGENIERO ASESOR ANGEL ROBERTO SIC

HOJA No. 13

ANEXOS

Anexo 1. Examen bacteriológico



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 19688

O.T. No. 28 457		EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No. A - 311 302
INTERESADO	JAIRO SAÚL SANDOVAL ABZÚN (CARNE No. 200614550)	PROYECTO:	IPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO SANTA BARBARA RANCHO DE CUERO Y LAURELÓN, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA BUTIAPA"	
MUESTRA RECOLECTADA POR	interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERIA USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Caserío Santa Barbara	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2011-06-05; 15:00 min.	
FUENTE:	Tanque de captación	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2011-06-05; 10 h 00 min.	
MUNICIPIO:	Agua Blanca	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Con refrigeración	
DEPARTAMENTO:	Jutiapa			
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	No hay	
ASPECTO:	Clara	COLOR RESIDUAL	-----	
OLOR:	Inodora			
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)				
PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA		
		FORMACION DE GAS		
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C	
10,00 cm ³	+++++	-----	-----	
01,00 cm ³	+++++	-----	-----	
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria	
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		< 2	< 2	
<p>TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21ST NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.</p> <p>OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN I. Calidad bacteriológica que no exige más que un simple tratamiento de desinfección. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.</p>				
Guatemala, 2011-06-13				
Vo.Bo.  Ing. Telma Marcela Cano Morán DIRECTORA CII/USAC		  Ing. Domingo Col. No. 420 Sc. en Ingeniería Sanitaria Técnico Laboratorio		
				

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio 1-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8500 Exts. 86200 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: laboratorio de Química. Examen bacteriológico. CII / USAC

Anexo 2. Análisis físico-químico sanitario



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 19672

O.T. No. 28487		ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO		INF. No. 24435	
INTERESADO: <u>JAIRO SAÚL SANDOVAL ARZÚN</u> (CARNÉ No. 200614359)		PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE PARA EL CASERIO SANTA BARBARA RANCHO DE CUERO Y LAURELON, MUNICIPIO DE AGUA BLANCA JUTIAPA"</u>			
RECOLECTADA POR: <u>Instituto</u>		DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA/USAC</u>			
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Concreto Santa Barbara</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2011-04-05; 15 h 06 min.</u>			
FUENTE: <u>Tanque de capacidad</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2011-04-06; 10 h 00 min.</u>			
MUNICIPIO: <u>Agua Blanca</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>			
DEPARTAMENTO: <u>Jutiapa</u>					
RESULTADOS					
1. ASPECTO: <u>Claro</u>		4. OLORES: <u>Inodora</u>		7. TEMPERATURA: <u>22.5°C</u> (20 minutos de estabilización)	
2. COLOR: <u>01.00 Unidades</u>		5. SABOR: <u>-----</u>		8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>211.00 μmbhos/cm</u>	
3. TURBIDEZ: <u>00.61 UNT</u>		6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06.94 unidades</u>			
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
1. AMONÍACO (NH ₃)	00.01	6. CLORUROS (Cl ⁻)	12.50	11. SÓLIDOS TOTALES	156.00
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	00.00	7. FLUORUROS (F ⁻)	00.18	12. SÓLIDOS VOLÁTILES	00.00
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	02.42	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	00.00	13. SÓLIDOS FIJOS	156.00
4. CLORO RESIDUAL	---	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00.04	14. SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	01.00
5. MANGANESO (Mn)	00.00	10. DUREZA TOTAL	78.00	15. SÓLIDOS DISUELTOS	112.00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL		
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L		
00.00	00.00	122.00	122.00		

OTRAS DETERMINACIONES:

OBSERVACIONES: Desde el punto de la vista de la calidad física y química el agua cumple con las normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA: "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" BY LA AFPLA - A.M.W.A. - W.W.E. 21" EDITION 2000. NORMAS COGULACIÓN DEL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES Y 2000 (AGUA POTABLE Y SUS RESERVAS) GUATEMALA.

Guatemala, 2011-06-15



Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



Vs. Bto.
Inga. Tereza Marducha Casas Morales
DIRECTORA CIPISAC

FACULTAD DE INGENIERÍA --USAC--
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-9200 Exts. 85209 y 85221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: laboratorio de Química. Análisis físico-químico sanitario. CII / USAC

Anexo 3. Ensayo de compresión triaxial, diagrama de Mohr



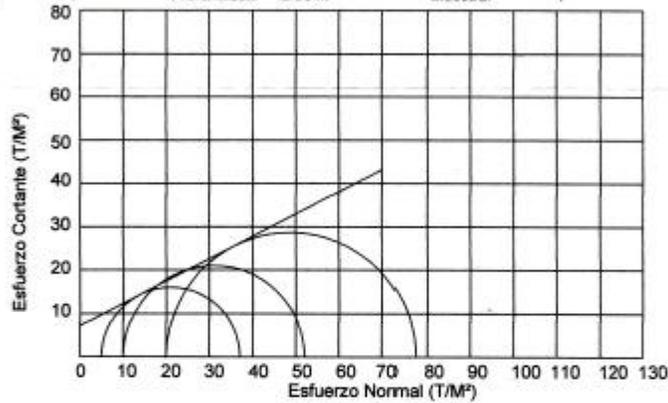
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 19330

ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 242 S.S. O.T.: 28,397
 INTERESADO: Jairo Raul Sandoval Abzún
 PROYECTO: EPS- Diseño de Edificio Educativo de dos Niveles
 Ubicación: Aldea, Las Cañas, Municipio de Agua Blanca, Departamento de Jutiapa
 Fecha: 30 de junio del 2011
 pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 27.25$ COHESIÓN: $C_u = 7.2$ T/m^2

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.
 DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Limo arcilloso color café
 DIMENSIÓN Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m ²)	11.28	18.43	31.15
PRESION INTERSTICIAL u(T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	3.0	5.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.44	1.44	1.44
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.71	1.71	1.71
HUMEDAD (%H)	19.9	19.9	19.9

Atentamente,
 Vo. Bo.
 Ings. Telma Maricela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos



FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-6115, Planta: 2418-8000 Exts. 86206 y 86221 Fax: 2418-6121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: laboratorio de suelos. Ensayo triaxial. CII / USAC

Anexo 4. Coeficientes para momentos en losas

TABLA 12.3
Coeficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2 \quad \text{donde } w = \text{carga muerta más viva uniforme total}$$

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

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									
$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$		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

^a 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 resistenciatorsional es despreciable.

Continuación del anexo 4.

TABLA 12.4
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas^a

$$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_b^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

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

^a 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.

Continuación del anexo 4.

TABLA 12.5
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^a

$$M_{a,posit,II} = C_{a,II} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b,posit,II} = C_{b,II} w l_b^2$$

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 $C_{b,II}$ 0.036	0.027 0.027	0.027 0.032	0.032 0.032	0.032 0.027	0.035 0.032	0.032 0.035	0.028 0.030	0.030 0.028
0.95	$C_{a,II}$ 0.040 $C_{b,II}$ 0.033	0.030 0.025	0.031 0.029	0.035 0.029	0.034 0.024	0.038 0.029	0.036 0.032	0.031 0.027	0.032 0.025
0.90	$C_{a,II}$ 0.045 $C_{b,II}$ 0.029	0.034 0.022	0.035 0.027	0.039 0.026	0.037 0.021	0.042 0.025	0.040 0.029	0.035 0.024	0.036 0.022
0.85	$C_{a,II}$ 0.050 $C_{b,II}$ 0.026	0.037 0.019	0.040 0.024	0.043 0.023	0.041 0.019	0.046 0.022	0.045 0.026	0.040 0.022	0.039 0.020
0.80	$C_{a,II}$ 0.056 $C_{b,II}$ 0.023	0.041 0.017	0.045 0.022	0.048 0.020	0.044 0.016	0.051 0.019	0.051 0.023	0.044 0.019	0.042 0.017
0.75	$C_{a,II}$ 0.061 $C_{b,II}$ 0.019	0.045 0.014	0.051 0.019	0.052 0.016	0.047 0.013	0.055 0.016	0.056 0.020	0.049 0.016	0.046 0.013
0.70	$C_{a,II}$ 0.068 $C_{b,II}$ 0.016	0.049 0.012	0.057 0.016	0.057 0.014	0.051 0.011	0.060 0.013	0.063 0.017	0.054 0.014	0.050 0.011
0.65	$C_{a,II}$ 0.074 $C_{b,II}$ 0.013	0.053 0.010	0.064 0.014	0.062 0.011	0.055 0.009	0.064 0.010	0.070 0.014	0.059 0.011	0.054 0.009
0.60	$C_{a,II}$ 0.081 $C_{b,II}$ 0.010	0.058 0.007	0.071 0.011	0.067 0.009	0.059 0.007	0.068 0.008	0.077 0.011	0.065 0.009	0.059 0.007
0.55	$C_{a,II}$ 0.088 $C_{b,II}$ 0.008	0.062 0.006	0.080 0.009	0.072 0.007	0.063 0.005	0.073 0.006	0.085 0.009	0.070 0.007	0.063 0.006
0.50	$C_{a,II}$ 0.095 $C_{b,II}$ 0.006	0.066 0.004	0.088 0.007	0.077 0.005	0.067 0.004	0.078 0.005	0.092 0.007	0.076 0.005	0.067 0.004

^a 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. 380.

Anexo 5. Diagramas de interacción para columnas rectangulares

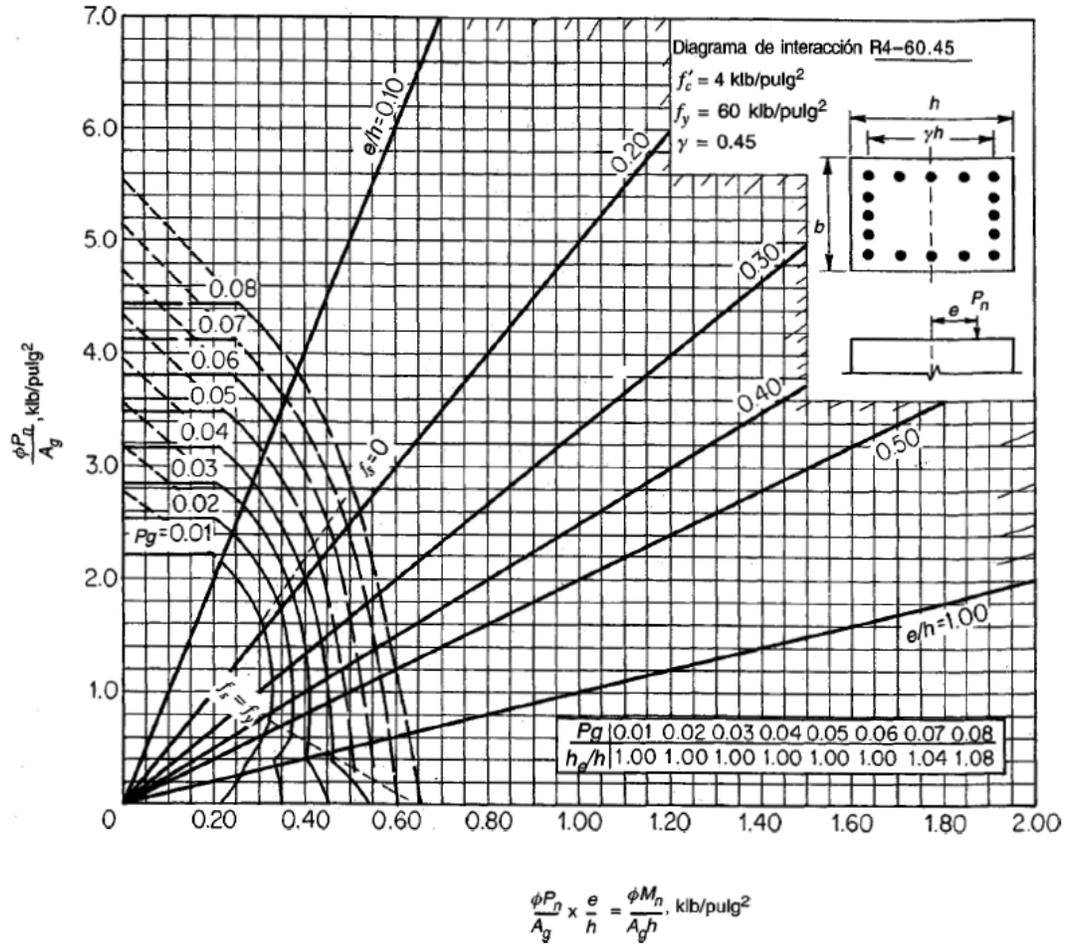


GRÁFICO A.5

Diagrama de interacción de la resistencia de columnas de sección rectangular con barras en las cuatro caras y $\gamma = 0.45$ (tomado de la referencia 8.7. Cortesía del American Concrete Institute).

Continuación del anexo 5.

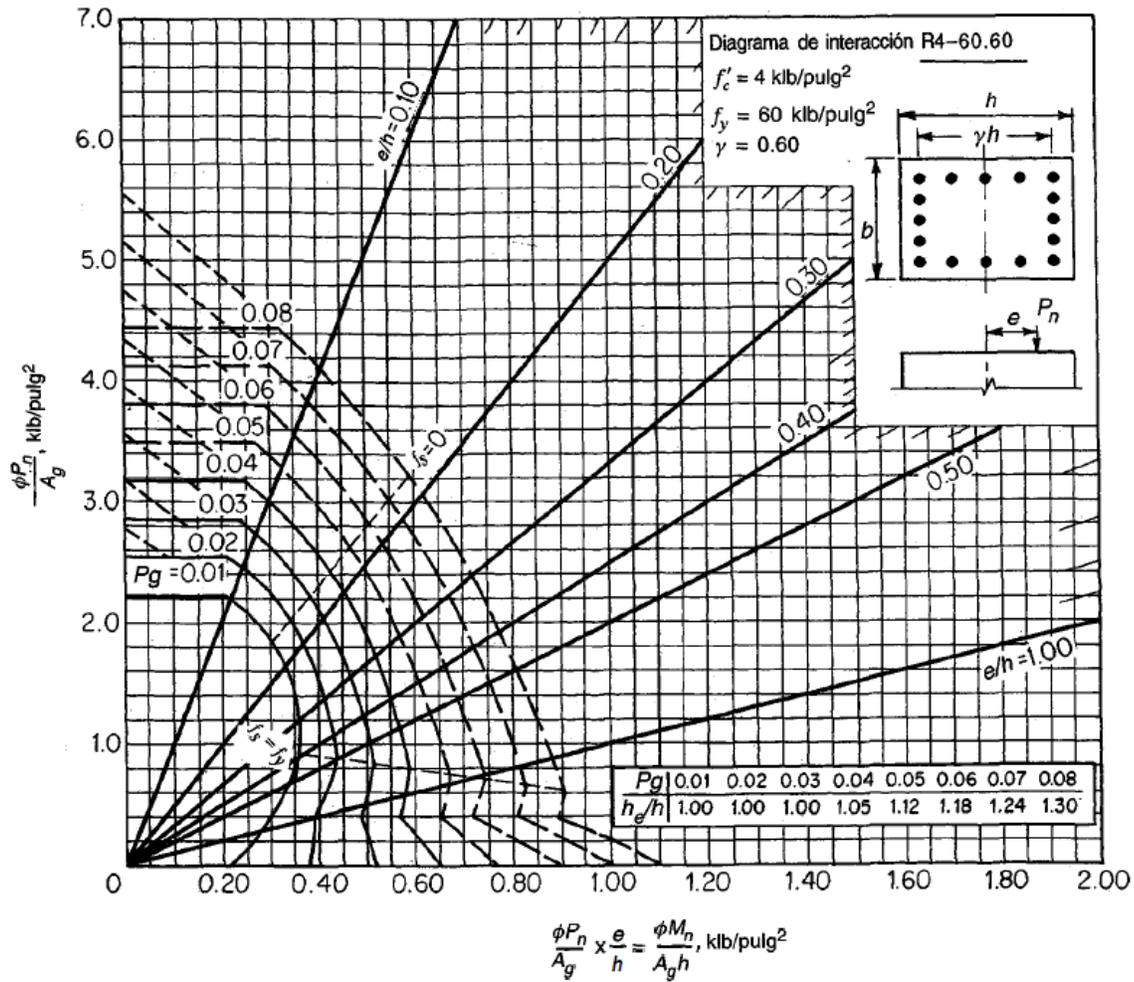


GRÁFICO A.6

Diagrama de interacción de la resistencia de columnas de sección rectangular con barras en las cuatro caras y $\gamma = 0.60$ (tomado de la referencia 8.7. Cortesía del American Concrete Institute).

Continuación del anexo 5.

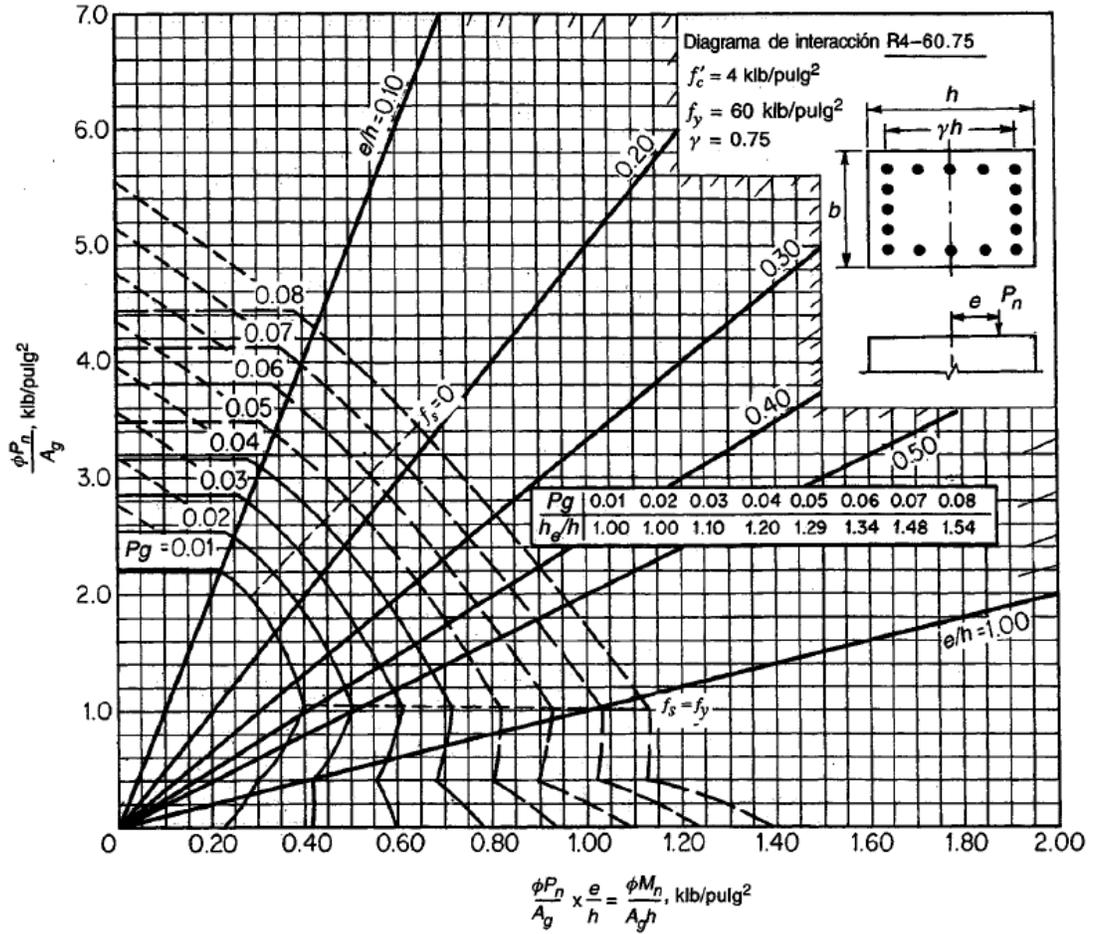


GRÁFICO A.7

Diagrama de interacción de la resistencia de columnas de sección rectangular con barras en las cuatro caras y $\gamma = 0.75$ (tomado de la referencia 8.7. Cortesía del American Concrete Institute).

Continuación del anexo 5.

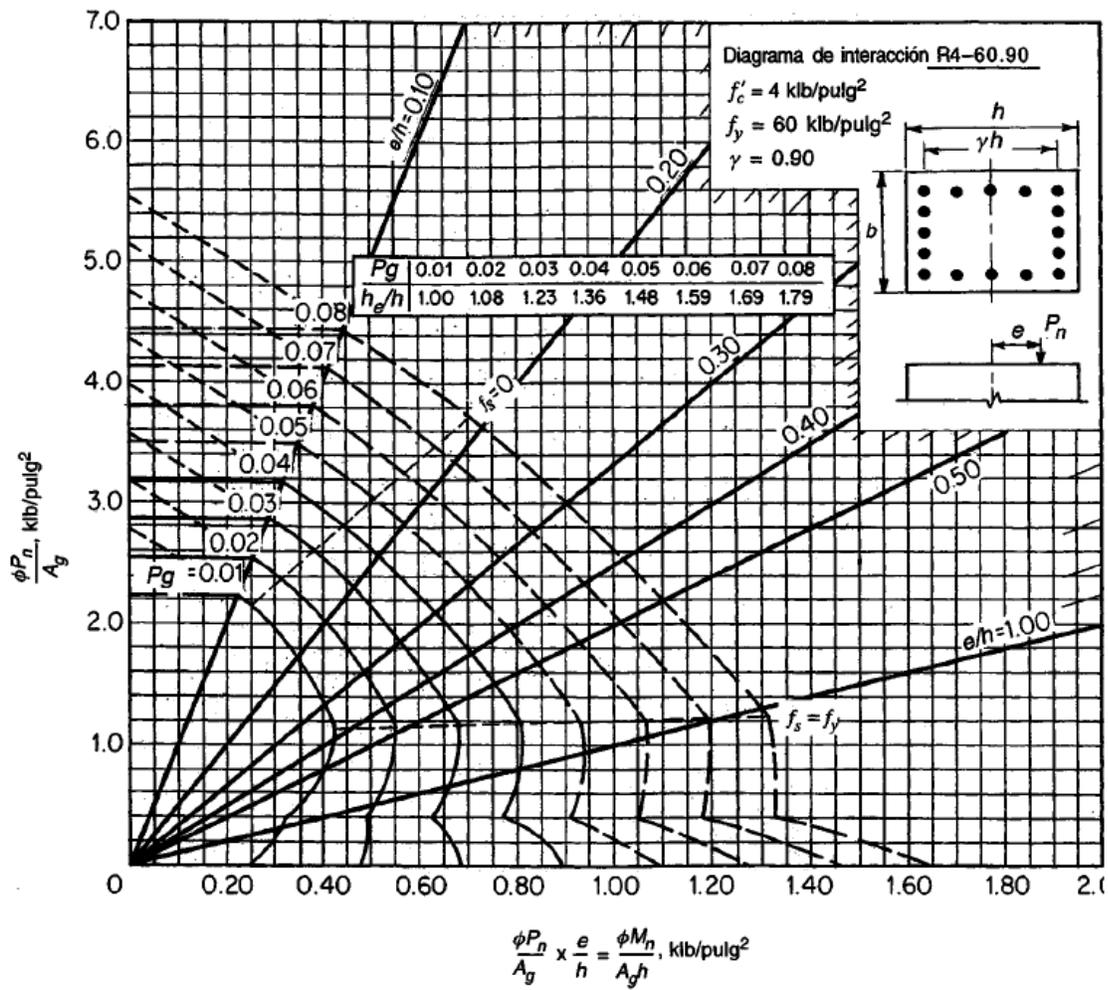
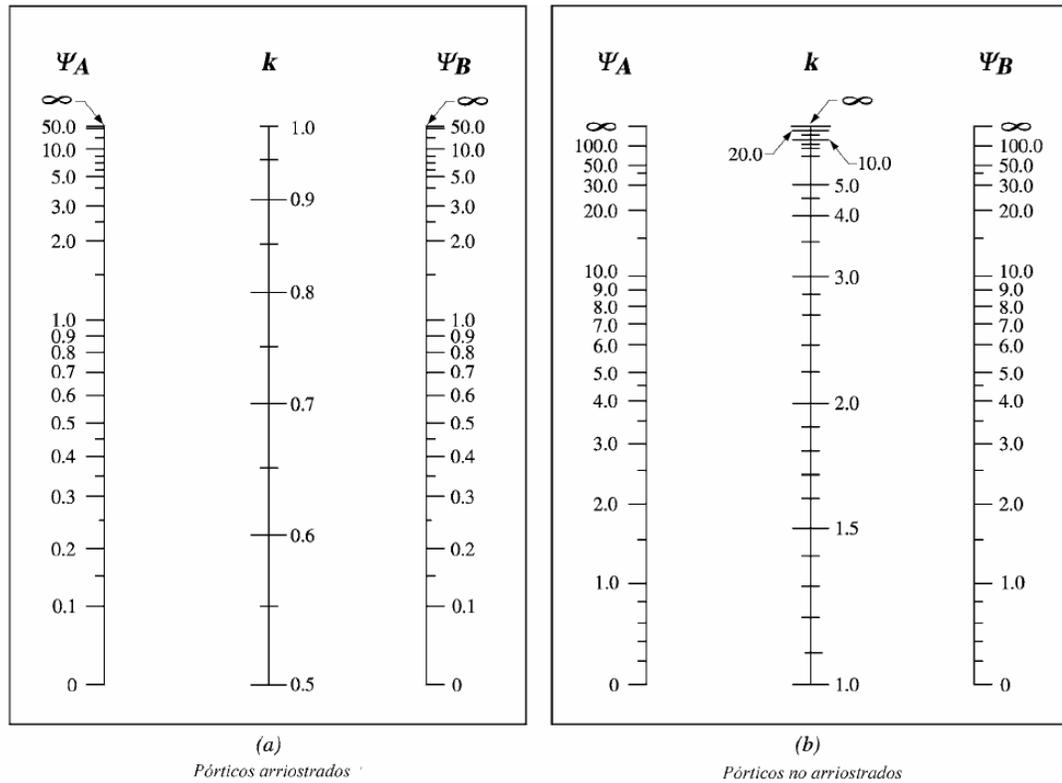


GRÁFICO A.8

Diagrama de interacción de la resistencia de columnas de sección rectangular con barras en las cuatro caras y $\gamma = 0.90$ (tomado de la referencia 8.7. Cortesía del *American Concrete Institute*).

Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. p. 698.

Anexo 6. Factores de longitud efectiva, k



Ψ = relación de $\Sigma(EI/\ell_c)$ de los elementos a compresión con respecto a $\Sigma(EI/\ell)$ de los elementos a flexión en el mismo plano en un extremo del elemento a compresión
 ℓ = luz del elemento a flexión medida centro a centro de los apoyos

Fuente: requisitos de reglamento para concreto estructural ACI 318-05. p. 141.

