



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO  
EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA SEDE MUNICIPAL  
DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

**Fredy Anibal Castro Rodas**

Asesorado por el Ing. Ángel Roberto Sic García

Guatemala, julio de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO  
EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA SEDE MUNICIPAL  
DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**FREDY ANIBAL CASTRO RODAS**  
ASESORADO POR EL ING. ÁNGEL ROBERTO SIC GARCÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. 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 Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Ángel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO  
EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA SEDE MUNICIPAL  
DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 1 de febrero de 2012.



**Fredy/Anibal Castro Rodas**



Guatemala, 10 de octubre de 2013  
Ref.EPS.DOC.1004.10.13

Ing. Juan Merck Cos  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Merck Cos.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fredy Anibal Castro Rodas** con carné No. **200313335**, de la Carrera de Ingeniería Civil, , procedí a revisar el informe final, cuyo título es **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ.**

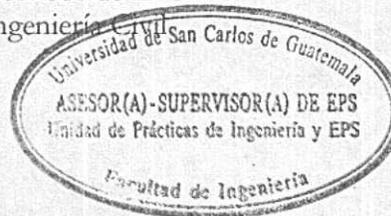
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
ARSG/ra



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

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

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



Guatemala,  
25 de octubre de 2013

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

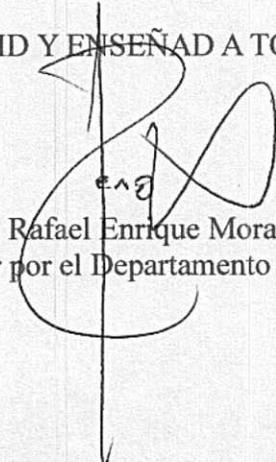
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fredy Anibal Castro Rodas, con Carnet No.200313335, 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,

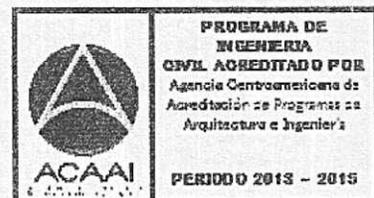
ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Más de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala,  
21 de abril de 2014

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Fredy Anibal Castro Rodas, con Carnet No. 200313335, 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.  
Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, Ref.EPS.D.231.04.14  
30 de abril de 2014

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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Fredy Anibal Castro Rodas**, 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. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



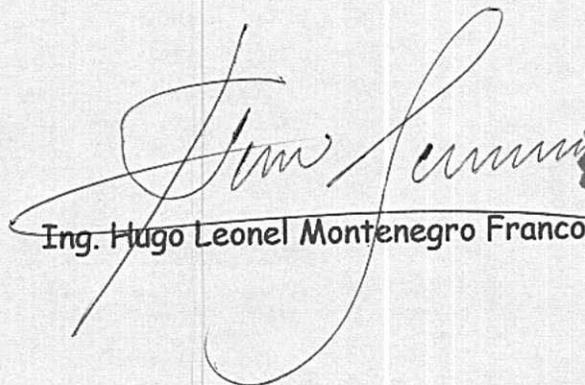
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

<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. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Fredy Anibal Castro Rodas, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto 2014

/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 ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL CASERÍO EL PORVENIR Y DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Fredy Anibal Castro Rodas** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, agosto de 2014

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Mis padres**

Fredy Anibal Castro García y Gladys Elisabet Rodas Orozco, ustedes lo son todo para mi, esto es de ustedes.

### **Mis hermanos**

Jennifer, Alan y Alberto Castro, que este logro pueda inspirarlos a superar sus límites y construir sus propios proyectos de vida.

### **En general**

A familiares y amigos que tienen un espacio en sus recuerdos para este servidor y que hacen suyo este logro, un fuerte abrazo.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme el conocimiento, por erigirte como mi segundo hogar y por forjar el hombre que soy.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por la formación académica y humana que hace de mi un profesional competente.
<b>Mis amigos</b>	Roberto Tanimoto y Jorge Córdoba, compañeros de banca primero, luego fieles e incondicionales amigos.
<b>Mi asesor</b>	Por el valioso aporte a este trabajo, tanto en ideas como en soporte moral.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XV
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del casco municipal de San Juan Alotenango y caserío El Porvenir .....	1
1.1.1. Reseña histórica .....	1
1.1.2. Ubicación geográfica y aspectos topográficos.....	2
1.1.3. Clima .....	2
1.1.4. Colindancias .....	3
1.1.5. Vías de acceso .....	3
1.1.6. Demografía.....	4
1.1.6.1. Población.....	4
1.1.6.2. Tipo de vivienda.....	5
1.1.7. Educación.....	5
1.1.8. Aspectos económicos.....	5
1.1.9. Servicios existentes .....	6
1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del casco municipal de San Juan Alotenango y caserío El Porvenir .....	6
1.2.1. Descripción de las necesidades .....	7



2.1.10.	Volumen de excavación.....	23
2.1.11.	Estructuras complementarias .....	24
2.1.11.1.	Pozos de visita.....	25
2.1.11.2.	Caja o candela.....	29
2.1.11.3.	Tubería secundaria.....	29
2.1.12.	Ejemplo de diseño hidráulico en un tramo .....	29
2.1.13.	Propuesta de tratamiento .....	34
2.1.14.	Plan de operación y mantenimiento.....	35
2.1.15.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	35
2.1.16.	Presupuesto de obra .....	38
2.1.17.	Evaluación socioeconómica.....	39
2.1.17.1.	Valor Presente Neto .....	39
2.1.17.2.	Tasa Interna de Retorno .....	40
2.1.18.	Cronograma de ejecución.....	40
2.2.	Diseño del edificio de dos niveles para la sede municipal de San Juan Alotenango .....	42
2.2.1.	Investigación preliminar .....	42
2.2.1.1.	Descripción del proyecto .....	43
2.2.1.2.	Descripción del solar .....	45
2.2.1.2.1.	Ubicación.....	45
2.2.1.2.2.	Topografía .....	45
2.2.2.	Estudio de suelos .....	45
2.2.2.1.	Determinación del valor soporte del suelo .....	46
2.2.3.	Consideraciones previas de diseño .....	47
2.2.3.1.	Ubicación del edificio en el terreno .....	48
2.2.3.2.	Distribución de ambientes.....	48
2.2.3.3.	Alturas del edificio.....	49
2.2.3.4.	Criterios de iluminación .....	49

2.2.3.5.	Otros criterios .....	49
2.2.4.	Selección del sistema estructural a usar .....	49
2.2.5.	Análisis estructural .....	50
2.2.5.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	50
2.2.5.1.1.	Vigas .....	50
2.2.5.1.2.	Vigas secundarias.....	53
2.2.5.1.3.	Columnas .....	53
2.2.5.1.4.	Espesor de losa .....	54
2.2.5.2.	Cargas de diseño .....	57
2.2.5.2.1.	Cargas verticales .....	58
2.2.5.2.2.	Cargas sísmicas.....	62
2.2.5.3.	Cálculo estructural.....	77
2.2.5.3.1.	Análisis de marcos por ETABS .....	78
2.2.5.4.	Análisis por el método de Kani y comparación de resultados .....	83
2.2.5.5.	Envolvente de momentos .....	100
2.2.6.	Diseño estructural .....	102
2.2.6.1.	Diseño de losas.....	102
2.2.6.2.	Diseño de vigas.....	118
2.2.6.2.1.	Vigas secundarias.....	133
2.2.6.3.	Diseño de columnas.....	139
2.2.6.4.	Diseño de cimientos .....	150
2.2.6.5.	Diseño de escaleras.....	156
2.2.7.	Instalaciones .....	162
2.2.7.1.	Agua potable .....	162
2.2.7.2.	Sistema de drenaje sanitario y pluvial.....	166

2.2.7.3.	Instalación eléctrica .....	169
2.2.8.	Evaluación de impacto ambiental inicial .....	172
2.2.9.	Presupuesto de obra .....	177
2.2.10.	Cronograma de ejecución.....	177
CONCLUSIONES .....		183
RECOMENDACIONES .....		185
BIBLIOGRAFÍA.....		187
APÉNDICES .....		189
ANEXOS .....		255



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación geográfica del proyecto .....	9
2.	Fundamento del flujo a sección parcialmente llena.....	22
3.	Prisma base para volumen de excavación.....	24
4.	Caso 1 para Cotas Invert .....	26
5.	Caso 2 para cotas Invert .....	26
6.	Caso 3 para cotas Invert .....	27
7.	Caso 4 para cotas Invert .....	27
8.	Caso 5 para cotas Invert .....	28
9.	Línea de tiempo y el flujo de capital del proyecto .....	39
10.	Cronograma de ejecución para alcantarillado .....	41
11.	Planta de techo y entepiso.....	43
12.	Elevación en sentido Y.....	44
13.	Elevación en sentido X.....	44
14.	Sección de viga principal .....	51
15.	Tabla 9.5 (a) ACI, espesor mínimo h .....	52
16.	Sección de viga secundaria .....	53
17.	Sección de columna.....	54
18.	Áreas tributarias en losa bajo análisis.....	56
19.	Marco 2 y elementos.....	58
20.	Marco C y elementos .....	58
21.	Área tributaria para eje 2.....	59
22.	Área tributaria para eje C .....	59
23.	Identificación de nudos y cargas .....	84

24.	Diagrama de iteraciones para carga muerta.....	92
25.	Diagrama de iteraciones para carga viva .....	92
26.	Diagrama de iteraciones para carga por sismo .....	93
27.	Momentos finales por Kani para carga muerta (ton-m).....	94
28.	Momentos por ETABS para carga muerta (ton-m) .....	94
29.	Momentos finales por Kani para carga viva (ton-m) .....	95
30.	Momentos por ETABS para carga viva (ton-m) .....	95
31.	Momentos finales por Kani para carga sísmica (ton-m).....	96
32.	Momentos por ETABS para carga por sismo (ton-m) .....	96
33.	Momentos finales por Kani para carga muerta (ton-m).....	97
34.	Momentos por ETABS para carga muerta (ton-m) .....	97
35.	Momentos finales por Kani para carga viva (ton-m) .....	98
36.	Momentos por ETABS para carga viva (ton-m) .....	98
37.	Momentos finales por Kani para carga sísmica (ton-m).....	99
38.	Momentos por ETABS para carga sísmica (ton-m) .....	99
39.	Envolvente de momentos para viga 5 (ton-m) .....	100
40.	Envolvente de momentos para marco 2 (ton-m).....	101
41.	Envolvente de momentos para marco C (ton-m) .....	101
42.	Planta de cubierta.....	103
43.	Planta de entrepiso.....	103
45.	Momentos en cubierta .....	110
46.	Momentos en entrepiso .....	111
47.	Momentos finales en cubierta.....	113
48.	Momentos finales en entrepiso .....	114
49.	Distribución de refuerzo en cubierta .....	117
50.	Distribución de refuerzo en entrepiso .....	118
51.	Sección de viga de diseño .....	118
52.	Fuerza cortante gravitacional mayorada.....	128
53.	Método gráfico para determinar $V_e$ cuando $L > 2h$ .....	131

54.	Sección de viga de diseño .....	134
55.	Área de acero preliminar .....	147
56.	Diagrama de interacción Carga-Momento para C18.....	148
57.	Presión de diseño .....	155
58.	Área para módulo de gradas.....	157
59.	Alturas útiles .....	158
60.	Planta de gradas con dimensiones finales.....	159
61.	Elevación de gradas en primer y segundo nivel.....	159
62.	Criterio de proyección horizontal y momentos críticos .....	161
63.	Cronograma de ejecución para municipalidad .....	180

## TABLAS

I.	Evaluación ambiental inicial.....	36
II.	Presupuesto de obra .....	38
III.	Resultados de ensayo de compresión triaxial .....	46
IV.	Longitud de vanos y peraltes .....	51
V.	Espesores recomendados según la longitud del vano.....	52
VI.	Clasificación por relación de lados a/b .....	55
VII.	Cargas sobre vigas de marco 2.....	61
VIII.	Cargas sobre vigas de marco C .....	61
IX.	Integración de cargas .....	62
X.	Distribución por nivel del cortante basal .....	66
XI.	Cálculo de centro de masa en 2° nivel .....	67
XII.	Cálculo de centro de masa en 1° nivel .....	69
XIII.	Centro de rigidez en segundo nivel .....	72
XIV.	Centro de rigidez en primer nivel.....	73
XV.	Centros de rigidez por nivel .....	73
XVI.	Cortantes en marcos de referencia.....	75

XVII.	Cargas sísmicas por nivel y marco.....	77
XVIII.	Cargas de corte y momentos en vigas de marco 2 .....	78
XIX.	Corte y momento en vigas de marco C .....	79
XX.	Cargas y momentos en columnas marco 2 .....	80
XXI.	Cargas y momentos en columnas marco C.....	82
XXII.	Tipología de losas .....	102
XXIII.	Momentos balanceados de cubierta.....	112
XXIV.	Momentos balanceados de entrepiso.....	113
XXV.	Áreas de acero y espaciamientos finales .....	117
XXVI.	Área de acero requerida en vigas de marco 2.....	121
XXVII.	Área de acero para camas en vigas de marco 2 .....	123
XXVIII.	Armado final en marco 2 .....	124
XXIX.	Área de acero requerida en vigas de marco C .....	125
XXX.	Área de acero para camas en vigas de marco C .....	125
XXXI.	Armado final en marco C.....	126
XXXII.	Cortante de diseño en vigas de marco 2.....	130
XXXIII.	Cortante de diseño en vigas de marco C .....	130
XXXIV.	Espaciamientos para vigas de marco C .....	133
XXXV.	Área de acero requerida en vigas secundarias .....	137
XXXVI.	Área de acero para camas en vigas secundarias.....	137
XXXVII.	Armado final en vigas secundarias.....	138
XXXVIII.	Deriva para marcos base .....	140
XXXIX.	Estabilidad de piso .....	141
XL.	Cargas y momentos de columna C10 .....	142
XLI.	Cargas y momentos mayorados para C10.....	142
XLII.	Carga y momento para C18 .....	148
XLIII.	Carga axial y momentos en la base de C8.....	151
XLIV.	Diámetros en red de drenaje .....	167
XLV.	Evaluación Ambiental Inicial.....	173

XLVI.	Presupuesto para municipalidad.....	178
-------	-------------------------------------	-----



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$h$	Altura de elemento
$B_1$	Altura del bloque equivalente de esfuerzos a compresión
$b_w$	Ancho de la cara en compresión del elemento
$A_r$	Arena volcánica
$E$	Carga producida por sismo
$D$	Cargas muertas, incluye mobiliario permanente
$L$	Cargas vivas o no permanentes
$Q_{Cl}$	Caudal de conexiones ilícitas
$Q_d$	Caudal de diseño
$Q_{inf}$	Caudal de infiltración
$Q_{dom}$	Caudal domiciliario
$Q_{sat}$	Caudal sanitario
$cm$	Centímetros
$cm^2$	Centímetros cuadrados
$V_e$	Cortante de diseño para la resistencia probable
$V$	Corte actuante
$\rho_b$	Cuantía balaceada de acero
$\rho$	Cuantía del refuerzo a tensión en la sección $bd$
$d_{bL}$	Diámetro de varilla longitudinal
$d_{bt}$	Diámetro de varilla transversal
$t$	Espesor de losa
$\delta_{ns}$	Factor de amplificación para pórticos arriostrados

$\delta_s$	Factor de amplificación para pórticos no arriostrados
$N_c$	Factor de carga por cohesión
$N_y$	Factor de carga por peso del suelo
$N_q$	Factor de carga por sobrecarga
$k$	Factor de longitud efectiva para columnas
$\emptyset$	Factor de reducción de resistencia
$Q$	Índice de estabilidad de un piso
<b>L/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>l/s</b>	Litros por segundo
$l_c$	Longitud a centros de los nudos en una columna
$l$	Luz de viga o losa
$l_u$	Luz libre de un elemento a compresión
$l_n$	Luz libre medida entre caras de los apoyos
$M_2$	Mayor momento mayorado en una columna
$M_1$	Menor momento mayorado en una columna
<b>m</b>	Metros
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>mm</b>	Milímetros
<b>I</b>	Momento de inercia respecto a un eje centroidal
<b>d</b>	Peralte efectivo
<b>P</b>	Perímetro
$\gamma_s$	Peso específico del suelo
$V_c$	Resistencia a corte del concreto
$f'_c$	Resistencia a la compresión del concreto
$f_y$	Resistencia a la fluencia del acero
<b>U</b>	Resistencia a cargas o momentos mayorados
$q_o$	Valor soporte del suelo
$q_{on}$	Valor soporte neto último

## GLOSARIO

<b>Altimetría</b>	Área de la topografía dedicada al estudio de las diferencias de nivel existentes entre puntos de una superficie.
<b>Caudal</b>	Volumen de agua que fluye en una sección por unidad de tiempo.
<b>Cimbrado</b>	Sinónimo de formaleteado, armazón de madera o metal que da soporte y forma al concreto vertido.
<b>Corte basal</b>	Modelado del efecto de sismo en un edificio por fuerzas horizontales equivalentes al peso muerto total de la estructura, aplicadas en la base del edificio.
<b>Cota Invert</b>	Distancia que hay entre el nivel de la rasante del suelo y el nivel inferior de la tubería del colector.
<b>Dotación</b>	Volumen de agua consumida por un habitante en un día.
<b>Estribo</b>	Elemento de acero cuya función es resistir esfuerzo de corte y proveer confinamiento en las zonas donde se generan articulaciones plásticas.

<b>Factor de carga última</b>	Factor que determina las cargas de servicio
<b>Factor de reducción</b>	Coeficiente menor que la unidad empleado para reducir la resistencia nominal y convertirla en resistencia de diseño
<b>Momento</b>	Esfuerzo al que está sometido un cuerpo, resultado de la aplicación de una fuerza a distancia de su centro de masa.
<b>Planimetría</b>	Área de la topografía que enseña a representar una porción de la superficie terrestre en un plano.
<b>Pozo de visita</b>	Estructura complementaria que forma parte de un alcantarillado, tiene como objetivo dar limpieza y ventilación al sistema.
<b>Tirante</b>	Altura de las aguas negras o pluviales dentro de una alcantarilla.
<b>Topografía</b>	Rama de la geodesia que se ocupa de la determinación de las posiciones relativas de los accidentes del terreno y la posterior proyección a escala, en un plano o mapa.

## **RESUMEN**

Este documento contiene la memoria de cálculo generada para el diseño de dos proyectos de infraestructura de beneficio social, proyectados a realizarse en el municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez, como parte del Ejercicio Profesional Supervisado llevado a cabo en dicha comunidad.

Se presenta en el primer capítulo una recopilación de información de la localidad para que el lector conozca la situación del entorno al que estuvo expuesto el autor y que dieron origen a los proyectos analizados. Posteriormente, en el capítulo dos, se muestra el diseño de un sistema de alcantarillado de aguas negras para la aldea El Porvenir, detallándose toda la memoria de cálculo necesaria.

Luego se muestra la memoria de cálculo referente al diseño de un edificio de dos niveles, destinado a albergar la administración municipal de San Juan Alotenango, en el solar ocupado actualmente.

Por último, se adjuntan los anexos que contienen planos, tablas y referencias utilizadas en el desarrollo del presente material y que a la vez pueden ser de gran utilidad al lector no solo en la comprensión de la información desglosada sino en proyectos propios.



# OBJETIVOS

## General

Este trabajo de graduación persigue los mismos objetivos planteados por el programa de Ejercicio Profesional Supervisado, como ser un medio de acercamiento entre la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el pueblo de Guatemala y de esta manera contribuir con el desarrollo del país.

## Específicos

1. Para la aldea el Porvenir, proponer el diseño de un alcantarillado de aguas negras, que conduzca las aguas residuales fuera de calles y entornos habitables, reduciendo el riesgo de brotes de enfermedades.
2. Proponer un inmueble que cuente con espacios adecuados, para realizar la función administrativa de la Municipalidad de San Juan Alotenango y que provea de seguridad y comodidad a los ocupantes.



## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de graduación contiene el diseño de dos proyectos de infraestructura para beneficio del municipio de San Juan Alotenango, Sacatepéquez. El primero de ellos consiste en un alcantarillado sanitario para la aldea El Porvenir, de uso exclusivo para aguas negras, utilizando tuberías de Policloruro de Vinilo (PVC) y pozos de visita de mampostería.

Entre los parámetros utilizados en el diseño se pueden mencionar: la dotación de agua con base en la asignación semanal para cada abonado; el caudal de diseño conforme a la población estimada con la tasa de crecimiento municipal, el período de diseño cuyo valor final responde a los materiales a utilizar y a la capacidad de financiamiento.

No se ha incluido una solución para el tratamiento de los efluentes ya que no es el objetivo del programa de Ejercicio Profesional Supervisado, pero mediante un Estudio de Impacto Ambiental se indican las consecuencias de ignorar dicho proceso separativo, de tal cuenta se aclara que deben buscarse alternativas para una deposición responsable de efluentes.

El segundo proyecto consiste en proponer un diseño para el edificio de dos plantas que sustituirá las actuales instalaciones que ocupa la Municipalidad de San Juan Alotenango. La construcción es una estructura de marcos rígidos de hormigón con muros de mampostería solo como medio de cerramiento; en el diseño las normativas aplicadas son las NSE AGIES correspondientes al análisis de cargas por sismo y ACI 318-05 para el diseño de concreto reforzado.



# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del casco municipal de San Juan Alotenango y caserío El Porvenir**

Se presenta a continuación información de tipo general del municipio como historia, geografía, costumbres, entre otras y de esta forma conocer la evolución a través del tiempo de la población hasta la actualidad.

### **1.1.1. Reseña histórica**

La referencia más antigua sobre el poblado se encuentra en el Popol Vuh, donde es mencionado como Vucuc Caquix (Siete Guacamayos). Alrededor de 1524 durante la colonización española en la zona que actualmente ocupa la finca Candelaria, ubicada a 4 kilómetros en dirección sur del actual poblado se encontraba un asentamiento humano bien organizado.

Dicho poblado tuvo que ser trasladado de esta ubicación a la actual por inconvenientes sufridos por el descenso de material volcánico y escombros provenientes del volcán de Fuego y de aludes que acontecían cada invierno.

Han surgido diferentes teorías para explicar el origen etimológico del nombre con el que se conoce en la actualidad a este municipio, entre estas se menciona una posible mala pronunciación de la expresión náhuatl Elotitenango cuyo significado es lugar del maíz tierno.

También se menciona la asociación de expresiones en náhuatl *alotl* o papagayo; *tenan* o muralla y *co* igual a locativo que en conjunto formarían la expresión en el lugar de la muralla del papagayo.

### **1.1.2. Ubicación geográfica y aspectos topográficos**

Sobre la ruta nacional RN-14, se encuentra a 52 kilómetros de la ciudad capital, a 4,5 kilómetros del municipio de Ciudad Vieja y a 6,5 kilómetros de la cabecera municipal Antigua Guatemala.

La referencia geográfica de esta población la proporciona el monumento de elevación o banco de marca (BM) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) ubicado en el parque de la población que lo ubica a 1 388,42 MSNM; 14° 29' 00" latitud norte; 90°48'17" longitud oeste.

### **1.1.3. Clima**

Los registros de la estación meteorológica Sabana Grande del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrografía (INSIVUMEH), aportan la mejor caracterización del clima local, donde la temperatura mínima promedio es de 19 °C, temperatura media de 25 °C y máxima de 30 °C.

Las temperaturas más altas se presentan en la zona colindante con la bocacosta del Pacífico mientras que temperaturas más frías suelen presentarse en la zona norte adyacente a la cadena montañosa central.

La precipitación anual es de 3 253 milímetros y la precipitación máxima mensual de 580 milímetros, en ambos casos promedios para los últimos 15

años. En los últimos 10 años el promedio de días de lluvia por año es de 148 y el porcentaje de humedad relativa es de 82 %.

Puede haber ocurrencia de lluvias aún en verano pues son comunes las precipitaciones de origen convectivo debido al choque de aire cálido y húmedo de la costa con aire frío de la cadena volcánica al norte. Este fenómeno genera en invierno grandes avenidas y aludes que bajan de las faldas de los volcanes Fuego y Agua, lo que históricamente ha ocasionado recurrentes daños a la población.

La velocidad del viento promedio anual es de 3 kilómetros por hora y la máxima registrada es de 19 kilómetros por hora.

#### **1.1.4. Colindancias**

Colinda al norte con los municipios de San Miguel Dueñas y Ciudad Vieja (Sacatepéquez); al este con los municipios de Palín y Escuintla (Escuintla); al sur con el departamento de Escuintla; al oeste con los municipios de San Pedro Yepocapa y Chimaltenango (Chimaltenango) y Escuintla.

#### **1.1.5. Vías de acceso**

La ruta nacional RN-14 comunica al municipio al norte con la ruta nacional RN-10 que a su vez conecta con la carretera CA-01 occidente; hacia el sur, se conecta con la carretera CA-09 sur, que a su vez sirve de conexión a la carretera CA-02 occidente.

### **1.1.6. Demografía**

Este apartado muestra distintos indicadores estadísticos obtenidos en diferentes censos realizados en la población entre los que se mencionan los grupos étnicos, sexo, tasa de crecimiento anual y distribución territorial.

#### **1.1.6.1. Población**

En el último censo efectuado en 2002 por el Instituto Nacional de Estadística (INE) la población ascendía a 15 848 habitantes, de los que 8 007 eran hombres y 7 841 mujeres, con una tasa de crecimiento demográfico de 3,4%. La población mayoritariamente indígena, ascendía a 11 442 habitantes del grupo étnico kaqchiquel, contra 4 406 habitantes no indígenas.

Según lo indicado en el Plan de desarrollo municipal 2011 - 2025, el municipio de San Juan Alotenango contaba en 2010 con una población de 20 906 habitantes, siendo el 51 % hombres y el 49 % mujeres, de todas las edades. El 27,8 % de la población es ladina y el 72,2 % indígena; hay que destacar que este municipio está considerado como urbano, ya que 78,69 %, de la población se encuentra ubicada en la cabecera municipal.

La tasa de crecimiento poblacional, es de 3,1 %, mientras que la tasa departamental es 3,47 %. Los datos indicados expresan que la población del municipio es menor en 0,46 a la tasa departamental, lo que implica que la población del municipio tiene un índice de crecimiento medio.

### **1.1.6.2. Tipo de vivienda**

En la zona urbana se ha intensificado la construcción en mampostería confinada con materiales como el bloque de pómez y en menor medida ladrillo, aunque aún persisten construcciones de adobe. La cubierta típica la constituye un laminado anticorrosivo, sin embargo las construcciones con losa de concreto armado van en aumento notándose construcciones de 2 y hasta 4 niveles.

En el área rural predominan construcciones de mampostería confinada con cubierta de laminado anticorrosivo, algunas veces en adobe habiendo todavía algunas construcciones de bajareque.

### **1.1.7. Educación**

La población total de personas de 7 años o más según el nivel de escolaridad es de 12 500 alumnos, de los cuales 6 308 son hombres y 6 192 mujeres.

En el último censo realizado en 2002 se indica que el alfabetismo ascendía a 9 259 personas de las cuales 5 073 son hombres y 4 186 son mujeres.

### **1.1.8. Aspectos económicos**

La economía es impulsada por el sector agrícola y artesanal, los artesanos varones se dedican a la elaboración de lazos y redes de maguey mientras que las mujeres confeccionan bellísimos huipiles y bandas.

### **1.1.9. Servicios existentes**

Los servicios en el casco urbano incluyen distribución de agua potable y red de alcantarillado sanitario. Cuenta con mercado municipal, un cementerio, servicio de recolección de desechos sólidos así como un relleno sanitario ubicado en las afueras del centro.

En servicios estatales existe centro de salud, escuelas e institutos de formación básica y nivel medio.

La electrificación está bien desarrollada así como la telefonía residencial y móvil. El comercio y los servicios de consumo están medianamente desarrollados, habiendo gran cantidad de abarroterías, talleres, tiendas de artesanías, entre otras. Cuenta con dos bancos del sistema y servicio de transporte extraurbano.

En la zona rural, los servicios existentes se limitan a distribución de agua potable, educación a nivel primario y básico, electrificación y asistencia médica básica.

## **1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del casco municipal de San Juan Alotenango y caserío El Porvenir**

Como primer paso se llevó a cabo una búsqueda de las deficiencias y carencias presentes en materia de infraestructura para luego proponer proyectos cuya materialización representase mejoras significativas en el nivel de vida de los pobladores.

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

Se ha determinado que la actual sede municipal, no ofrece adecuadas condiciones de habitabilidad para el desempeño de las funciones edilicias; es un edificio construido hace 30 años y en la actualidad, ya no cumple con el propósito de brindar un servicio adecuado a la población, pues esta aumentó y con ello los servicios y atenciones que se deben suministrar.

En otras palabras, la municipalidad no ha crecido al ritmo que lo hace la población y a pesar de que últimamente se han llevado a cabo ampliaciones menores, el hacinamiento es un problema que empieza a ser evidente.

Por aparte, la aldea El Porvenir es un poblado que no cuenta un sistema de alcantarillado que brinde garantías sanitarias a los habitantes.

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

En el proceso de calificación y selección de necesidades se tomó en cuenta el alcance del proyecto materializado y para esto se consideraron parámetros de medición, entre ellos se mencionan:

- Número de habitantes a beneficiar
- Impacto socioeconómico
- Impacto cultural

La consideración de estos factores asegura la priorización de recursos y también la búsqueda de bienestar y desarrollo comunitario.



## 2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

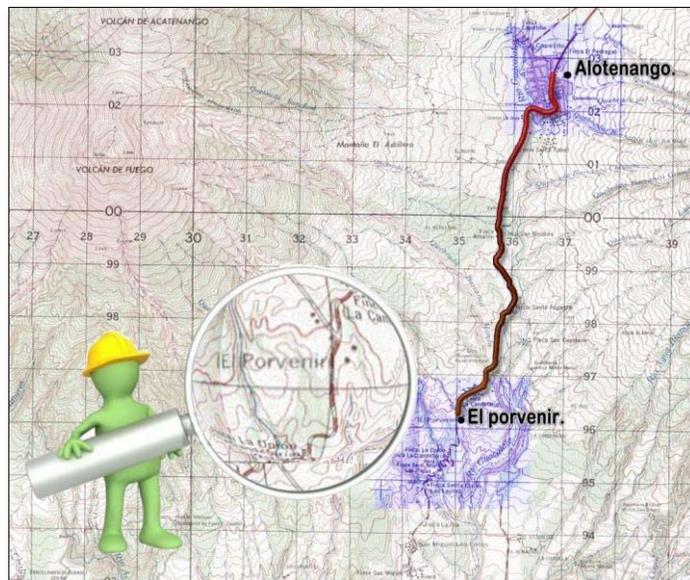
### 2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario

El diseño conlleva un levantamiento topográfico para obtener el trazo y la nivelación del proyecto, incluyendo un censo poblacional para estimar la cantidad de conexiones a cubrir y el posterior trabajo de gabinete.

#### 2.1.1. Descripción y localización del proyecto

El proyecto está ubicado en la aldea El Porvenir, a 12 kilómetros del casco urbano de San Juan Alotenango, en dirección sur sobre la ruta nacional RN-14.

Figura 1. Ubicación geográfica del proyecto



Fuente: elaboración propia, con programa de Photoshop CS3 2012.

## **2.1.2. Estudios topográficos**

Con base en lo requerido por el normativo para diseño de alcantarillados del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) se llevó a cabo un levantamiento de primer orden con lo siguiente:

### **2.1.2.1. Planimetría**

Para el levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un teodolito marca Pentax modelo TH-20DC
- Un trípode de aluminio
- Un estadal telescópico
- Una cinta métrica de 50 metros
- Una plomada
- Una brújula

### **2.1.2.2. Altimetría**

Para el levantamiento se utilizó el siguiente equipo:

- Un nivel marca Wild modelo NA-20
- Un trípode de aluminio
- Un estadal telescópico
- Una cinta métrica de 50 metros

### **2.1.3. Período de diseño**

Para el diseño de un proyecto se debe considerar el tiempo de servicio durante el cual el funcionamiento será óptimo antes de que deba abandonarse o ampliarse cuando las capacidades sean rebasadas. Este período se denomina período de diseño y permite definir el tamaño del proyecto con base en la población a ser atendida al final del mismo.

En el caso de alcantarillados el INFOM recomienda períodos de 30 a 40 años, pero para el medio rural la Organización Panamericana de la Salud (OPS) recomienda asumir períodos de diseño de 20 años, considerando la construcción por etapas, con el fin de reducir costos y que se puedan ajustar los posibles errores en las estimaciones de crecimiento de población y el consumo de agua.

El período de diseño se fijará en 24 años, como un punto intermedio entre ambos criterios, considerando los recursos de la comuna, así como la vida útil de los materiales.

### **2.1.4. Cálculo de población futura**

El estudio de la población se efectúa con el objeto de estimar la población que tributará caudales al sistema, al final del período de diseño; será estimada utilizando el método geométrico considerando como parámetros: la población actual, tasa de crecimiento y período de diseño.

El método se establece bajo la siguiente ecuación:

$$P_f = P_o * \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Donde:

$P_f$  = población futura

$P_o$  = población inicial

$r$  = tasa de crecimiento [%]

$n$  = período de diseño [años]

### **2.1.5. Tipo de sistema**

Un sistema de alcantarillado está constituido por redes colectoras que son construidas, generalmente, en la parte central de calles y avenidas e instaladas en pendiente, permitiendo que se establezca un flujo por gravedad desde las viviendas hasta la planta de tratamiento.

Bajo el anterior concepto existen 3 variantes de alcantarillado:

- Alcantarillado sanitario: conduce aguas residuales a un cuerpo receptor
- Alcantarillado pluvial: conduce escorrentía de lluvia sin tratamiento final
- Alcantarillado combinado: conduce tanto agua residual como pluvial

Para el presente caso, se adoptará el drenaje sanitario, el cual conducirá el efluente a un posterior tratamiento y descarga final.

### **2.1.6. Determinación del caudal medio**

El caudal sanitario es la sumatoria de los aportes por caudal domiciliar, caudal comercial, caudal industrial, caudal de conexiones ilícitas y caudal de infiltración:

$$Q_{\text{sat}} = Q_{\text{dom}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}} + Q_{\text{CI}} + Q_{\text{inf}}$$

Donde:

$Q_{\text{sat}}$  = caudal sanitario [l/s]

$Q_{\text{dom}}$  = caudal doméstico [l/s]

$Q_{\text{com}}$  = caudal comercial [l/s]

$Q_{\text{ind}}$  = caudal industrial [l/s]

$Q_{\text{CI}}$  = caudal de conexiones ilícitas [l/s]

$Q_{\text{inf}}$  = caudal por infiltración [l/s]

#### 2.1.6.1. Caudal doméstico

El caudal doméstico o caudal medio diario se define como la contribución durante un período de 24 horas, obtenida como el promedio en un lapso de tiempo de un año. Este caudal se debe cuantificar en función del consumo de agua potable y el respectivo factor de retorno, el cual se ha fijado en 0,75 por las condiciones observadas en la localidad:

$$Q_{\text{dom}} = \left( \frac{\text{dot} * \# \text{ hab} * \text{FR}}{86\ 400} \right)$$

Donde:

dot = dotación [l/hab/día]

# hab = número de habitantes

FR = factor de retorno

### **2.1.6.2. Caudal comercial**

Es el efluente generado por la actividad comercial, como restaurantes, lavanderías, centros comerciales, entre otros. El cálculo de dichos caudales va directamente relacionado con la dotación del comercio o actividad involucrada y en muchos casos, se determina por medio de aforos.

### **2.1.6.3. Caudal industrial**

Es el que involucra actividades industriales o de transformación de materias primas. Como el caso anterior, su determinación puede hacerse ya sea mediante el uso de aforos o tomando en consideración la dotación asignada.

Para el proyecto en desarrollo este caudal no se tomó en cuenta en la integración del caudal sanitario debido a que la zona es de uso residencial.

### **2.1.6.4. Caudal de conexiones ilícitas**

En la integración del caudal sanitario se consideró también la incorporación de caudales pluviales provenientes de malas conexiones o conexiones erradas (de techos y patios) a la red sanitaria.

Para la estimación se pueden utilizar los siguientes criterios:

- El INFOM toma la aportación de conexiones ilícitas como el 10 % del caudal doméstico:

$$Q_{CI} = Q_{dom} * 10 \%$$

- Otras fuentes determinan la conexión ilícita en 150 l/hab/día:

$$Q_{Cl} = \left( \frac{150 * \# \text{ hab}}{86\,400} \right)$$

- Por medio del método racional:

$$Q_{Cl} = \left( \frac{C I A}{360} * 1\,000 \right) * \% \text{ viviendas}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía (depende de la permeabilidad del suelo)

I = intensidad de lluvia [mm/hr]

A = área de techos y patios que puedan conectarse ilícitamente [Ha]

% de viviendas = oscila entre (0,5 % - 2,5 %)

#### 2.1.6.5. Caudal de infiltración

Es el aporte debido a la infiltración de tipo capilar y se estima con base en las características de permeabilidad del suelo, profundidad del nivel freático y tipo de tubería.

Puede calcularse de dos formas: en litros diarios por hectárea o litros diarios por kilómetro de tubería.

$$Q_{inf} = \left( \frac{fi * L}{86\,400} \right)$$

Donde:

$f_i$  = factor de infiltración [15 000 – 18 000 l/km/día]

L = longitud de tramo [m]

Para el presente caso, no se tomó en cuenta este caudal pues se utilizará tubería de Policloruro de Vinilo (PVC).

### **2.1.7. Determinación del caudal de diseño**

Es el caudal para el cual se diseñan hidráulicamente los tramos de alcantarillado sanitario, debiendo cumplir los límites de velocidad y tirante dentro del colector. El caudal de diseño se forma aplicando factores de mayoración o seguridad al caudal sanitario.

$$Q_d = \# \text{ hab} * FH * f_{qm}$$

Donde:

$Q_d$  = caudal de diseño [l/s]

# hab = número de habitantes futuros

FH = factor de Harmond o factor de flujo instantáneo

$f_{qm}$  = factor de caudal medio [l/s/hab]

#### **2.1.7.1. Factor de caudal medio**

Igual a la relación entre el caudal sanitario y el número de habitantes futuros:

$$f_{qm} = \frac{Q_{sat}}{\# \text{ hab futuros}}$$

El valor debe situarse en el intervalo que va de 0,002 a 0,005 o de lo contrario

- Si  $f_{qm} < 0,002$  se usa 0,002
- Si  $f_{qm} > 0,005$  se usa 0,005

### **2.1.7.2. Factor de flujo instantáneo**

Tiene como función incluir los efectos de las horas de máximo aporte al sistema. Depende del número de habitantes a servir y el valor no es constante a través del alcantarillado ya que depende de la población acumulada en cada tramo del sistema.

La expresión matemática para calcularlo es la siguiente:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

FH = factor de Harmond o factor de flujo instantáneo

P = población futura / 1 000

### **2.1.8. Parámetros de diseño**

Los parámetros de diseño involucran la base científica necesaria para el diseño, además de las variables relacionadas con la topografía y los materiales componentes de los colectores.

### 2.1.8.1. Pendientes

Se recomienda que la pendiente sea la del terreno natural, siempre y cuando cumpla con las relaciones hidráulicas y las velocidades permisibles. Esto evitará sobrecostos de excavación.

Para determinar la pendiente natural del terreno se utiliza la siguiente expresión:

$$S\% = \left( \frac{C_{Ti} - C_{Tf}}{D_o} \right) * 100$$

Donde:

S% = pendiente del terreno

C<sub>Ti</sub> = cota inicial del terreno

C<sub>Tf</sub> = cota final del terreno

D<sub>o</sub> = distancia horizontal entre la cota inicial y la cota final

En los tramos donde la velocidad mínima no se logre desarrollar debido a poca pendiente del terreno, será necesario incrementar la pendiente del colector, para alcanzar la velocidad mínima. Como se indicó antes, cotas profundas generan altos volúmenes de excavación que incrementan los costos del proyecto; además las zanjas se vuelen inestables, haciendo necesario el apuntalamiento.

Donde la pendiente natural del terreno sea muy pronunciada y genere velocidades mayores a las permitidas, se debe reducir la distancia entre pozos

y de ser necesario incorporar estructuras de caída (disipadores de energía) correctamente dimensionadas.

### **2.1.8.2. Tuberías**

Los alcantarillados sanitarios requieren materiales resistentes a diversos estados de presión externa, aunque no requieren una resistencia alta a presión interna ya que éstas trabajan a sección parcialmente llena. En el medio se comercializan dos tipos de tuberías:

- Tubería de concreto
- Tubería de Policloruro de Vinilo (PVC)

Para el proyecto se utilizará tubería PVC que cumpla con lo establecido en la Norma ASTM D 3034

A pesar de ser más costosa que la tubería de concreto, la tubería de PVC posee mayor resistencia a la abrasión, tolerando las altas velocidades que se pudiesen alcanzar por las elevadas pendientes del terreno, reduciendo a la vez el número de pozos por construir.

### **2.1.8.3. Secciones**

Según el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), el diámetro mínimo a utilizar en los alcantarillados sanitarios será de 8 pulgadas para tubos de concreto y de 6 pulgadas para tubería de PVC, aún cuando el cálculo hidráulico de como resultado un diámetro menor a éstos.

#### **2.1.8.4. Velocidad de flujo**

Cuando un flujo de arrastre posee una velocidad muy baja se produce una precipitación de materiales y partículas en suspensión hacia el fondo del colector, generándose sedimentación y la posterior obstrucción.

Para evitarlo la velocidad mínima dentro del sistema debe ser de 0,4 metros por segundo para tuberías de PVC y 0,6 metros por segundo para tubería de concreto.

Para el caso contrario, cuando la topografía presenta pendientes fuertes, los flujos son de altas velocidades de escurrimiento, ocasionando abrasión en las paredes internas al transportar sustancias como arena y grava. Por ello la velocidad máxima dentro del sistema será de 4 metros por segundo para tubería de PVC y de 3 metros por segundo para tubería de concreto.

#### **2.1.8.5. Tirante**

La altura del tirante del flujo, deberá ser mayor que el 10 % del diámetro de la tubería y menor que el 75 %; estos parámetros aseguran el funcionamiento del sistema como un canal abierto y la funcionalidad en el arrastre de los sedimentos. El tirante máximo del flujo a transportar, lo da la relación de tirantes  $d/D$ , en donde  $d$  es la altura del flujo y  $D$  es el diámetro interior de la tubería.

#### **2.1.8.6. Ecuación de Manning para flujo de canales**

Considerando que el flujo en las tuberías de alcantarillado será uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en

una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se utilizó la ecuación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

V = velocidad [m/s]

n = coeficiente de rugosidad [adimensional].

R = radio hidráulico [m]

S = pendiente [m/m]

Para tuberías con sección llena:

$$V = \frac{0,397}{n} D^{2/3} S^{1/2}$$

Continuidad:  $Q = V * A$

$$Q = \frac{0,312}{n} D^{8/3} S^{1/2}$$

Para tuberías con sección parcialmente llena:

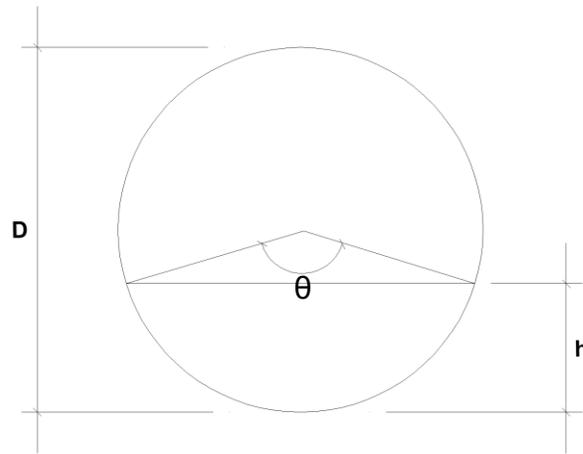
El grado central  $\theta$  en grado sexagesimal

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta} \right)$$

Figura 2. **Fundamento del flujo a sección parcialmente llena**



Fuente: CHOW, Ven. Hidráulica de canales abiertos. p. 21.

Velocidad:

$$V = \frac{0,397D^{2/3}}{n} \left( 1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

Caudal:

$$Q = \frac{D^{8/3}}{7\,257,15\,n\,(2\pi\theta)^{2/3}} (2\pi\theta - 360 \operatorname{sen} \theta)^{5/3} S^{1/2}$$

#### **2.1.8.7. Relaciones hidráulicas**

El cálculo de caudales y diámetros es un proceso repetitivo que involucra relacionar las variables que corresponden a una sección llena con aquellas a sección parcialmente llena. Si esto se llevase a cabo aplicando las ecuaciones

basadas en la fórmula de Manning mostradas en la anterior sección, el procedimiento se tornaría tedioso.

Con el fin de hacerlo eficiente y ágil se han creado desde gráficos hasta tablas con relaciones de caudales ( $q/Q$ ), tirantes ( $d/D$ ) y velocidades ( $v/V$ ) que se adjuntan en la sección de anexos.

### **2.1.9. Cotas Invert**

Son las elevaciones respecto a un nivel de referencia de la tubería de llegada y de salida a un pozo de visita. El nivel de referencia puede ser una cota geodésica o bien una altura definida por el diseñador en tanto sea lo suficientemente alta para que no se presenten valores negativos.

Estas cotas se calcularon con base en la pendiente de la tubería y su respectiva longitud.

### **2.1.10. Volumen de excavación**

El volumen de tierra que habrá de removerse para colocar la tubería se calcula con base en el volumen del prisma generado por la profundidad de dos pozos de visita, la distancia entre ellos y el ancho de la zanja, según la altura y el diámetro de la tubería. Este cálculo se puede obtener mediante la relación siguiente:

$$V = \left( \frac{H_1 + H_2}{2} \right) d t$$

Donde:

$V$  = volumen de excavación [m<sup>3</sup>]

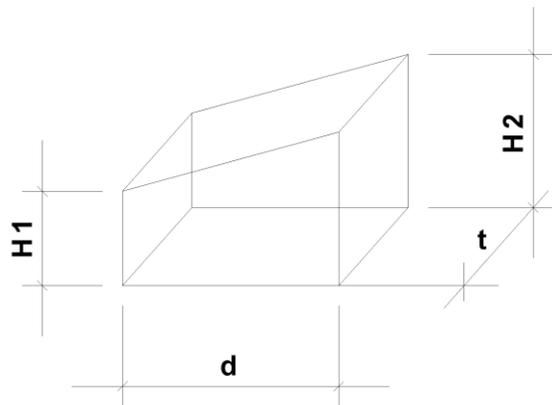
$H_1$  = profundidad del primer pozo de visita [m]

$H_2$  = profundidad del segundo pozo de visita [m]

$d$  = distancia entre los pozos de visita bajo análisis [m]

$t$  = ancho de la zanja [m]

Figura 3. **Prisma base para volumen de excavación**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

### 2.1.11. Estructuras complementarias

El sistema de alcantarillado sanitario se compone principalmente de pozos de visita y conexiones domiciliarias que a su vez se compone de candelas y tuberías secundarias.

La utilización de estructuras complementarias que permitan un mejor funcionamiento del alcantarillado se empleará en situaciones en las cuales se

considere conveniente, derivado de las características del sistema que se diseñe y las condiciones físicas donde se construirá.

Algunas de estas son: tubería de ventilación, tanques de lavado, sifones invertidos, disipadores de energía, pozos de luz, etc.

#### **2.1.11.1. Pozos de visita**

Los pozos de visita son parte de las obras accesorias de un alcantarillado y son empleados como medios de inspección y limpieza. Las funciones principales son proporcionar un control del flujo hidráulico en cambios de dirección, generar estabilización en flujos convergentes, ser un medio de mantenimiento e inspección.

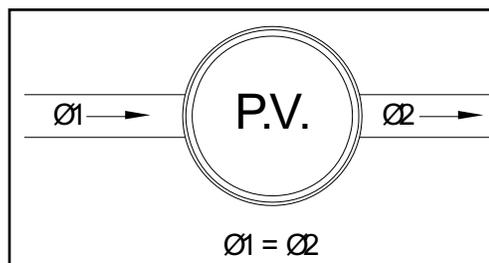
La mayoría de reglamentos de construcción convergen en que la ubicación de los pozos debe hacerse:

- En toda intersección de colectores.
- Al comienzo de todo colector.
- En todo cambio de sección o diámetro.
- En todo cambio de dirección, si el colector no es visitable interiormente y en todo colector visitable que forme un ángulo menor de  $120^\circ$ .
- En tramos rectos, a distancias no mayores de 100 a 120 metros.
- En las curvas de colectores visitables, a no más de 30 metros.

El cálculo de las cotas Invert debe considerar la cantidad de tuberías que converjan en el pozo de visita, así como los diámetros, siendo 5 los casos que se pueden presentar:

- Caso 1: cuando entra un colector y sale otro, ambos de igual diámetro, la cota Invert de salida debe estar al menos 0,03 metros por debajo de la cota Invert de entrada.

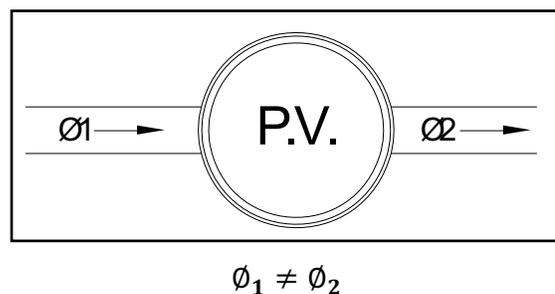
Figura 4. **Caso 1 para Cotas Invert**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

- Caso 2, entra un colector y sale otro, distinto diámetro entre ambos, la cota Invert de salida será la diferencia de los diámetros.

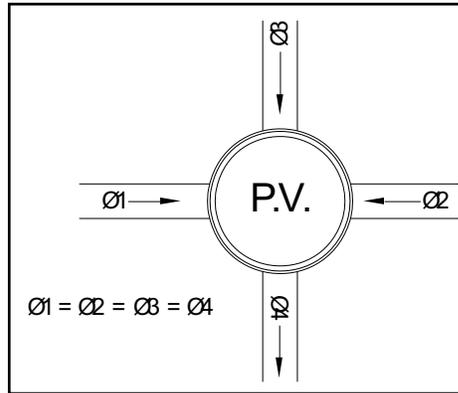
Figura 5. **Caso 2 para cotas Invert**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

- Caso 3: entra más de un colector y sale uno, todos de igual diámetro, la cota será 0,03 metros por debajo de la mas baja que entra al pozo.

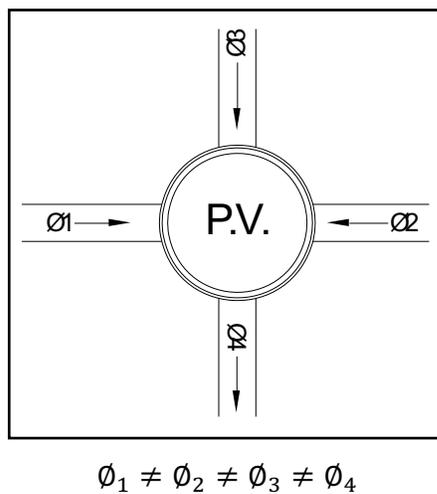
Figura 6. **Caso 3 para cotas Invert**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

- Caso 4: cuando entran dos o más colectores y sale uno, distinto diámetro entre si, la cota Invert de salida será la que resulte menor de aplicar los casos 1, 2 y 3.

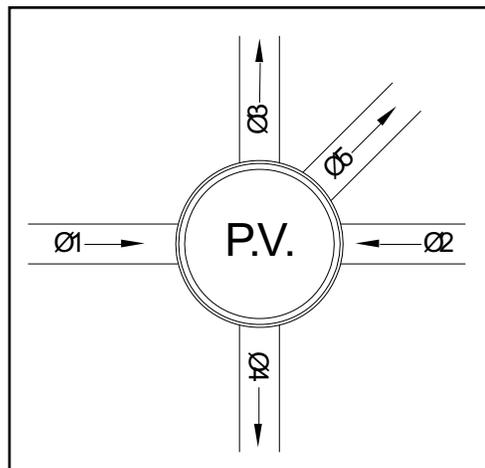
Figura 7. **Caso 4 para cotas Invert**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

- Caso 5: cuando entran y salen varios colectores se deben atender las siguientes condiciones:
  - Solo una de las tuberías que sale es de seguimiento o continuidad y todas las demás serán ramales iniciales.
  - La cota Invert de las tuberías de ramales iniciales debe ser como mínimo:
 
$$H = \text{altura por tráfico} + \text{espesor de tubo} + \text{diámetro de tubo}$$
  - La cota Invert de salida de la tubería de seguimiento se calcula de acuerdo a los incisos anteriores.

Figura 8. **Caso 5 para cotas Invert**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD 2012.

### **2.1.11.2. Caja o candela**

La conexión se realiza por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente. El lado menor será de 45 centímetros y si fuese circular, tendrá un diámetro no menor de 12 pulgadas y una altura mínima de 1 metro, en ambos casos debe ser impermeabilizada por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones. El fondo tiene que ser fundido de concreto, dejando la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y pueda conducirse al colector.

### **2.1.11.3. Tubería secundaria**

La conexión de la candela domiciliar con el colector se hará por medio de la tubería secundaria, la cual tendrá un diámetro mínimo de 4 pulgadas con tubería PVC y 6 pulgadas con tubería de concreto y deberá tener una pendiente mínima del 2 %.

### **2.1.12. Ejemplo de diseño hidráulico en un tramo**

Para efectos demostrativos se detalla a continuación el procedimiento realizado en el tramo comprendido entre PV1 y PV2.

- Cálculo de población futura

Datos:

Tasa de crecimiento anual = 3,1 %

Período de diseño: 24 años

Población actual  $P_0$  = 96 habitantes

$$P_f = 96 * \left(1 + \frac{3,1}{100}\right)^{24} = 200 \text{ hab}$$

- Caudal domiciliar

Dotación = 200 l/hab/dia

Factor de retorno = 0,75

Actual

$$Q_{\text{dom}} = \frac{96 * 200 * 0,75}{86\ 400} = 0,17 \text{ l/s}$$

Futuro

$$Q_{\text{dom}} = \frac{200 * 200 * 0,75}{86\ 400} = 0,35 \text{ l/s}$$

- Caudal de conexiones ilícitas

Factor de conexiones ilícitas = 0,50

Actual

$$Q_{\text{CI}} = 0,50 * 0,17 = 0,08 \text{ l/s}$$

Futuro

$$Q_{\text{CI}} = 0,50 * 0,35 = 0,17 \text{ l/s}$$

- Caudal sanitario

Actual

$$Q_{\text{sat}} = 0,17 + 0,08 = 0,25 \text{ l/s}$$

Futuro

$$Q_{\text{sat}} = 0,35 + 0,17 = 0,52 \text{ l/s}$$

- Factor de Harmond

Actual

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{96}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{96}{1\,000}}} = 4,25$$

Futuro

$$FH = \frac{18 + \sqrt{\frac{200}{1\,000}}}{4 + \sqrt{\frac{200}{1\,000}}} = 4,15$$

- Factor de caudal medio

$$f_{qm} = \frac{0,52}{200} = 0,0026 \approx 0,003$$

- Caudal de diseño

Actual

$$Q_d = 96 * 4,25 * 0,003 = 1,221/s$$

Futuro

$$Q_d = 200 * 4,15 * 0,003 = 2,491/s$$

- Cálculo de pendiente del terreno

Cota del terreno inicial (  $CT_o$  ) = 1 101,96 m

Cota del terreno final (  $CT_f$  ) = 1 100,00 m

Distancia horizontal (  $Dh$  ) = 60,00 m

$$S\% = \left( \frac{CT_o - CT_f}{Dh} \right) * 100 = \left( \frac{1\ 101,96 - 1\ 100,00}{60,00} \right) * 100 = 3,00 \%$$

- Velocidad a sección llena

Coeficiente de rugosidad  $n = 0,010$

Diámetro de tubería = 6"

$$V = \frac{0,03429}{0,010} (6)^{2/3} (0,03)^{1/2} = 1,96 \text{ m/s}$$

Área de la sección

$$A = \frac{\pi}{4} (6 * 0,0254)^2 = 0,02 \text{ m}^2$$

- Caudal a sección llena

$$Q = V * A = \frac{1,96 * 0,02}{1\ 000} = 35,77 \text{ l/s}$$

- Relaciones hidráulicas

Relación de caudales  $q/Q$

Actual =  $1,06/35,77 = 0,03$

Futuro =  $2,16/35,77 = 0,06$

De la tabla de relación de velocidades  $V/V$  se obtiene:

Actual = 0,45

Futuro = 0,55

- Velocidad a sección parcialmente llena

Actual

$$v = 0,45 * 1,96 = 0,87 \text{ m/s}$$

Futura

$$v = 0,55 * 1,96 = 1,08 \text{ m/s}$$

Ambos valores se encuentran en el intervalo permitido  $0,4 < v < 4 \text{ m/s}$ .

De la tabla de relación de tirantes  $d/D$  se obtiene:

Actual = 0,12;

Futura = 0,17;

Ambos valores cumplen con el intervalo permitido  $0,10 < d/D < 0,75$ .

El diseño hidráulico se chequeó de forma satisfactoria.

- Cotas Invert (CI)

$$CI_s \text{ PV1} = CT - 1,40 = 1\ 001,96 - 1,40 = 1\ 100,56$$

$$CI_e \text{ PV2} = CI_s \text{ PV1} - \frac{(Dh * S\%)}{100} = 1\ 100,56 - \frac{(60,00 * 3,00)}{100} = 1\ 098,76$$

$$CI_s \text{ PV2} = CI_e \text{ PV2} - 0,03 = 1\ 098,76 - 0,03 = 1\ 098,73$$

- Altura de pozo PV1:

$$H_p = CT - CI_s = 1\ 101,96 - 1\ 100,56 = 1,40 \text{ m}$$

- Altura de pozo PV2:

$$H_p = CT - CI_s = 1\,100,00 - 1\,098,73 = 1,27 \text{ m}$$

- Volumen de excavación:

$$V = \left( \frac{1,27 + 1,40}{2} \right) * 60,00 * 0,65 = 52,07 \text{ m}^3$$

### **2.1.13. Propuesta de tratamiento**

Cerca de la ubicación del pozo de visita PV59 como lo muestran los planos existe un predio de 300 m<sup>2</sup>, cuyo uso puede destinarse a la construcción de una estructura que brinde tratamiento al efluente de aguas residuales previo a su disposición final en el cuerpo receptor denominado Quebrada Barranca de Agua, anexo al proyecto (ver plano general del proyecto en apéndice).

Es oportuno resaltar la importancia de llevar desarrollo al área rural siendo responsables con el medio ambiente, por lo que es importante que la materialización del proyecto cause el menor impacto medioambiental posible. La recomendación busca sobre todo cumplir con la legislación vigente establecida en el Acuerdo Gubernativo 66 – 2005 del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores; Acuerdo Gubernativo 236 – 2006 Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos y lo establecido en el artículo 97, del Código de la Salud.

#### **2.1.14. Plan de operación y mantenimiento**

Para garantizar el funcionamiento normal del sistema durante el período de diseño planificado es indispensable el mantenimiento recurrente del sistema. La responsabilidad de mantenimiento y operación del sistema será de los vecinos del caserío El Porvenir y de la comuna de San Juan Alotenango, recomendándose períodos de hasta 3 meses por inspección realizada.

Las inspecciones tendrán como propósito identificar obstrucciones, fisuras o daños en los colectores, candelas y conexiones domiciliarias, inspeccionar el estado físico y operacional de los pozos de visita y en general, que el sistema funcione de forma correcta.

#### **2.1.15. Evaluación de Impacto Ambiental**

La Evaluación de impacto ambiental (EIA) está plenamente instituida por el decreto 68 – 86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente y por el Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental (AG 431 - 2007). Es un estudio extenso y su cumplimiento es requisito para la obtención de las diversas licencias necesarias para ejecutar.

En este caso solo se presenta la evaluación ambiental inicial, que requiere una clasificación de la obra proyectada utilizando el listado taxativo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en el cual las obras de diseño y ejecución de alcantarillado sanitario están clasificadas como B2 o de moderado a bajo impacto ambiental.

Tabla I. Evaluación ambiental inicial

<b>Etapa de construcción</b>			
<b>Medio socioeconómico</b>			
Impacto	Renglón	Elemento	Calificación
Creación de fuentes de trabajo para mano de obra no calificada, habitantes locales	Aspectos económicos	Actividades económicas	Positivo menor
<b>Etapa de operación y mantenimiento</b>			
<b>Medio físico</b>			
Mejoramiento de la calidad del aire por disminución de olores, aumento del bienestar de las personas	Gestión del aire	Olores	Positivo
Mejoramiento de la calidad del agua de consumo extraída de nacimientos	Gestión del agua potable	Calidad de aguas superficiales	Positivo relevante
Mejoramiento de la calidad del agua de consumo extraída de mantos subterráneos	Gestión del agua potable	Calidad de aguas subterráneas	Positivo
<b>Medio socioeconómico</b>			
Aumento de la plusvalía	Aspectos económicos	Actividades económicas	Positivo relevante
Mejor calidad de vida, reducción de olores y recuperación de suelos	Social	Calidad de vida	Positivo relevante
Mejoramiento de la salud	Social	Calidad de vida	Positivo relevante
Reducción de amenazas patógenas	Social	Calidad de vida	Positivo relevante
<b>Medio biótico</b>			
Recuperación de la fauna	Fauna	Diversidad fauna	Positivo relevante
Recuperación de la vegetación	Flora y vegetación	Flora y vegetación nativa	Positivo relevante
Recuperación de hábitats	Fauna	Hábitats para fauna	Positivo relevante

Continuación de la tabla I.

<b>Etapa de construcción</b>				
<b>Medio físico</b>				
<b>Impacto</b>	<b>Renglón</b>	<b>Elemento</b>	<b>Calificación</b>	<b>Acciones</b>
Emisiones de polvo o material suelto.	Gestión del aire	Calidad del aire	Negativo menor	Mitigar mediante el riego con agua
Posibilidad de contaminación en áreas habitables por obstrucción de canales naturales de escurrimiento de efluentes.	Gestión del suelo	Suelo	Negativo menor	Construir cunetas temporales
Ruidos y vibraciones por compactación	Gestión del medio	Ruido y vibraciones	Negativo temporal	
<b>Etapa de operación y mantenimiento</b>				
<b>Medio biótico</b>				
Contaminación en ecosistemas aguas abajo si no se provee tratamiento final de efluentes.	Flora y vegetación	Flora y vegetación nativa	Negativo relevante	Proveer tratamiento de aguas residuales
Contaminación de fuentes de agua en ecosistemas aguas abajo si no existe tratamiento final de efluentes.	Fauna	Hábitats para fauna	Negativo relevante	Proveer tratamiento de aguas residuales

Fuente: elaboración propia.

Comparando los resultados cualitativos y llevando a cabo un balance de la situación final, se encuentran más aspectos positivos que negativos haciendo viable el proyecto, pues su materialización y ejecución proveerá mayores beneficios para los habitantes y el medio ambiente.

### 2.1.16. Presupuesto de obra

El presupuesto de obra mostrado a continuación se ha hecho por medio de renglones de trabajo y precios unitarios, incluyendo condiciones inherentes del proyecto como mano de obra, maquinaria y proveedores de materiales de construcción, que según la disponibilidad, afectarán en algún grado el costo final de la obra.

Tabla II. Presupuesto de obra

<b>CONSTRUCCIÓN DE DRENAJE EN CASERÍO EL PORVENIR, SAN JUAN ALOTENANGO</b>				
<b>PRESUPUESTO DE OBRA</b>				
<b>Renglón de Trabajo</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Subtotales</b>
<b>1. PRELIMINARES</b>				
Bodega	m <sup>2</sup>	100,00	Q 177,36	Q 17 736,00
Replanteo topográfico	m	3014,00	Q 3,15	Q 9 494,10
Trazo	m	3014,00	Q 5,12	Q 15 431,68
<b>2. CONDUCCIÓN</b>				
Tubería de 6"	m	1893,75	Q 317,53	Q 601 322,44
Tubería de 8"	m	265,92	Q 439,94	Q 116 988,84
Tubería de 10"	m	360,00	Q 638,62	Q 229 903,20
<b>3. POZOS DE VISITA</b>				
H ≤ a 1,50 m	unidad	17,00	Q 4 446,18	Q 75 585,06
De 1,50 m a 3,00 m	unidad	36,00	Q 6 429,00	Q 231 444,00
De 3,01 m a 4,50 m	unidad	6,00	Q 10 837,64	Q 65 025,84
<b>4. CONEXIONES DOMICILIARES</b>				
Excavación, armado y relleno	m	755,00	Q 893,85	Q 674 856,75
<b>TOTAL</b>				<b>Q 2 037 787,91</b>

Fuente: elaboración propia.

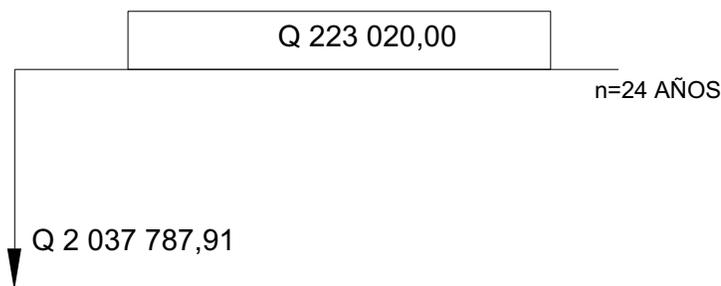
### 2.1.17. Evaluación socioeconómica

Previo a la construcción de una obra civil interesa conocer sobre la rentabilidad y el tiempo de recuperación de la inversión, esto a la vez es necesario al momento de buscar concretar un financiamiento o adquirir fianzas con alguna institución bancaria.

#### 2.1.17.1. Valor Presente Neto

El costo presente del proyecto será de Q 2 037 787,91 por tratarse de un proyecto social se entiende que no habrá rentabilidad durante su operación. El costo total del proyecto tendrá que ser asumido por la comuna pues no existe capacidad económica de los vecinos de aportar al día de hoy, pero se contempla un cobro mensual de Q 35,00 por casa; con 531 abonados la suma total mensual es de Q 18 585,00 y la anualidad suma Q 223 020,00.

Figura 9. Línea de tiempo y el flujo de capital del proyecto



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El valor Presente Neto es:

$$VPN = -2\,037\,787,91 + 223\,020,00 * \left[ \frac{1}{(1 + 0,06)^{24}} \right] = -1\,982\,706,75$$

### 2.1.17.2. Tasa Interna de Retorno

Como primer paso, se asume una tasa de interés del -6 %

$$VPN = -2\,037\,787,91 + 223\,020,00 * \left[ \frac{1}{(1 + (-0,06))^{24}} \right] = -1\,053\,152,78$$

Para una tasa del -8 %

$$VPN = -2\,037\,787,91 + 223\,020,00 * \left[ \frac{1}{(1 + (-0,08))^{24}} \right] = -394\,306,56$$

Para una tasa del -9 %

$$VPN = -2\,037\,787,91 + 223\,020,00 * \left[ \frac{1}{(1 + (-0,09))^{24}} \right] = 100\,495,97$$

Interpolando:

$$\frac{-9 - i}{-9 - (-8)} = \frac{100\,495,97}{100\,495,97 - (-394\,306,56)}$$

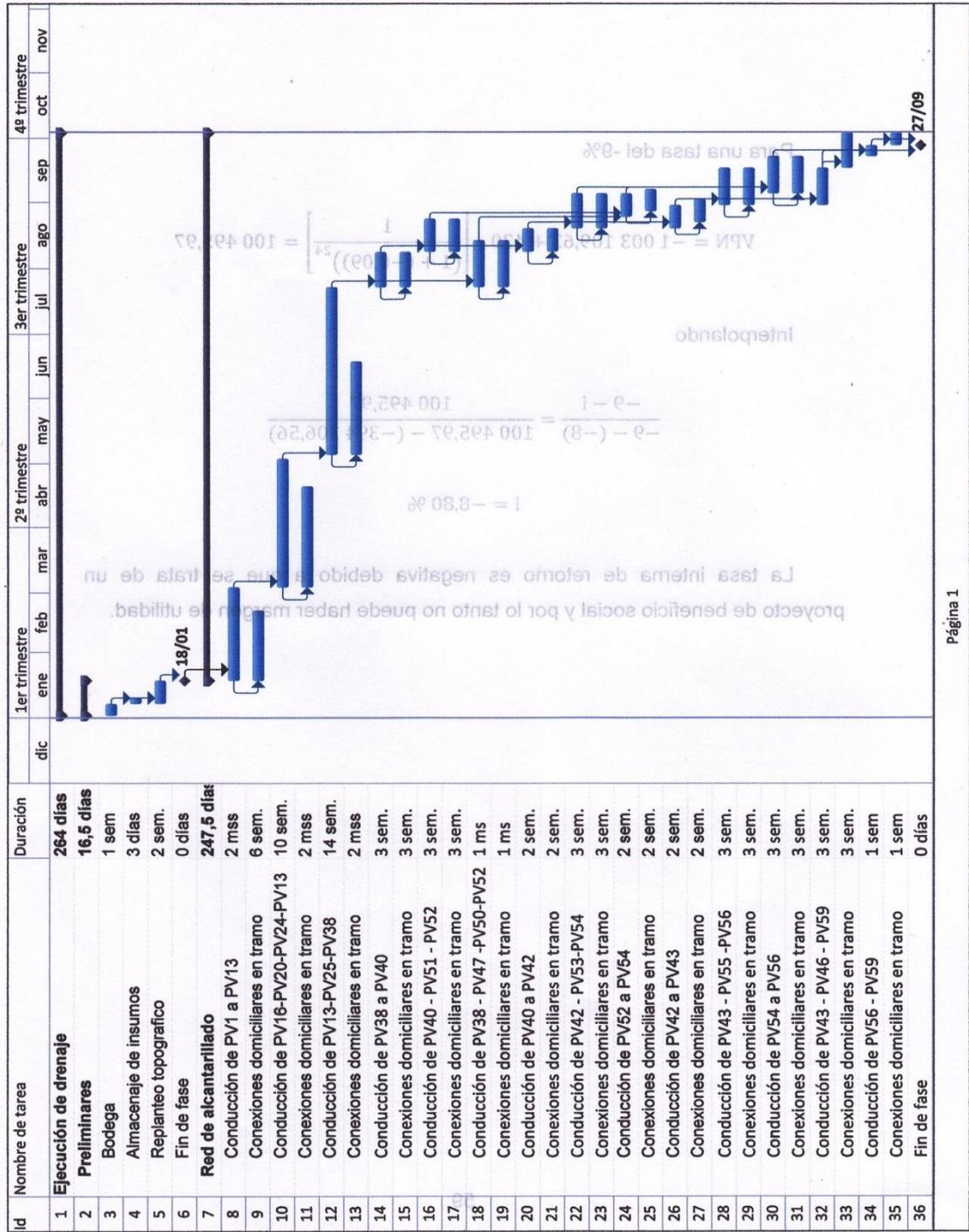
$$i = -8,80 \%$$

La Tasa Interna de Retorno es negativa debido a que se trata de un proyecto de beneficio social y por lo tanto no puede haber margen de utilidad.

### 2.1.18. Cronograma de ejecución

Cumple el propósito de planificar y fijar objetivos en un lapso determinado de tiempo y con esto cumplir con plazos contractuales y financieros acordados antes del inicio de la obra.

Figura 10. Cronograma de ejecución para alcantarillado



Fuente: elaboración propia.

## **2.2. Diseño del edificio de dos niveles para la sede municipal de San Juan Alotenango**

El país adolece de obras construidas siguiendo lineamientos técnicos, volviendo el empirismo una práctica común cuya raíz se encuentra profundamente instalada en el medio constructivo nacional. El progreso de una nación se mide por el grado de aplicabilidad de la ciencia y la tecnología.

Este proyecto busca proveer de adecuadas instalaciones para los servicios municipales, donde el servidor público y el vecino gocen de un ambiente agradable, funcional y seguro.

### **2.2.1. Investigación preliminar**

El actual inmueble ha superado los 30 años de servicio y que padece múltiples problemas, como la falta de espacio, inseguridad ocupacional y de bienes, entre otros. Este no reúne las condiciones necesarias para albergar oficinas administrativas, pues la distribución de ambientes es desfavorable; además, no existe un adecuado aprovechamiento del terreno.

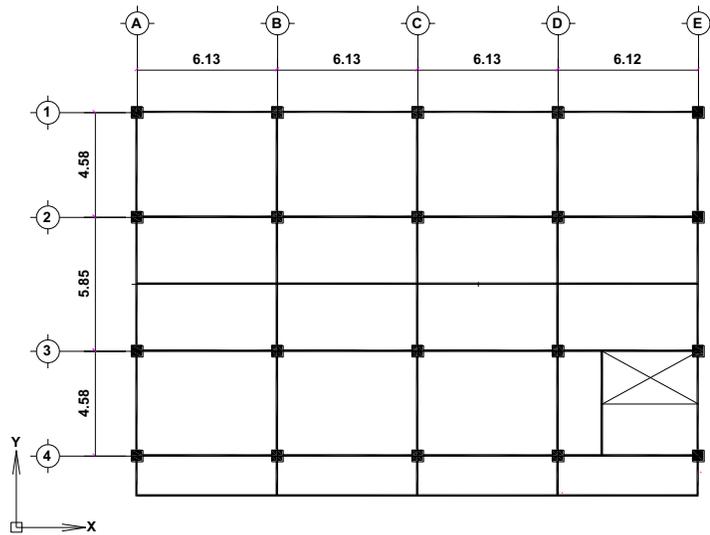
Las funciones de la municipalidad han crecido y con ello, la necesidad de espacio para establecer más dependencias destinadas a la prestación de servicios. Como respuesta se han efectuado pequeñas ampliaciones de forma desordenada y sin supervisión, representando un peligro para los ocupantes.

Se propone la construcción de un edificio de dos niveles, de marcos rígidos estructurales y cerramientos de mampostería, diseñada bajo lineamientos estructurales, de habitabilidad y seguridad ocupacional.

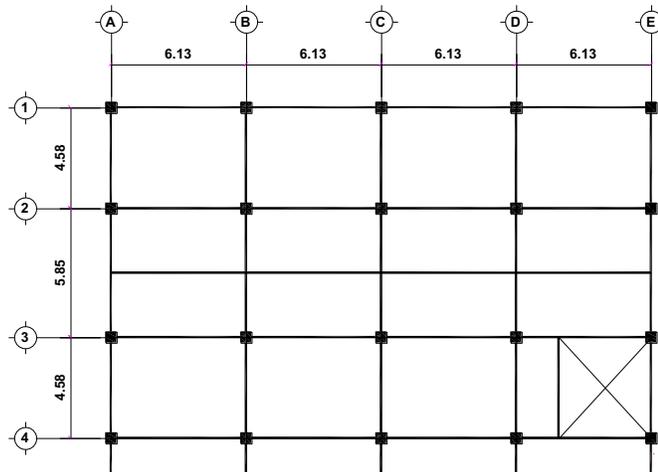
### 2.2.1.1. Descripción del proyecto

A continuación se muestra la configuración espacial en planta, además de las elevaciones longitudinal y transversal del edificio:

Figura 11. Planta de techo y entrepiso



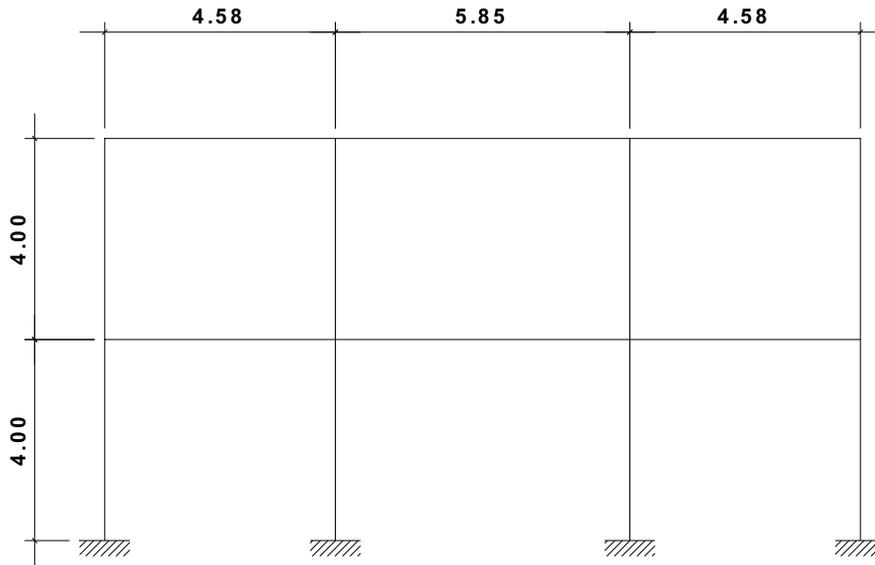
(a) Planta de techo



(b) Planta de entrepiso

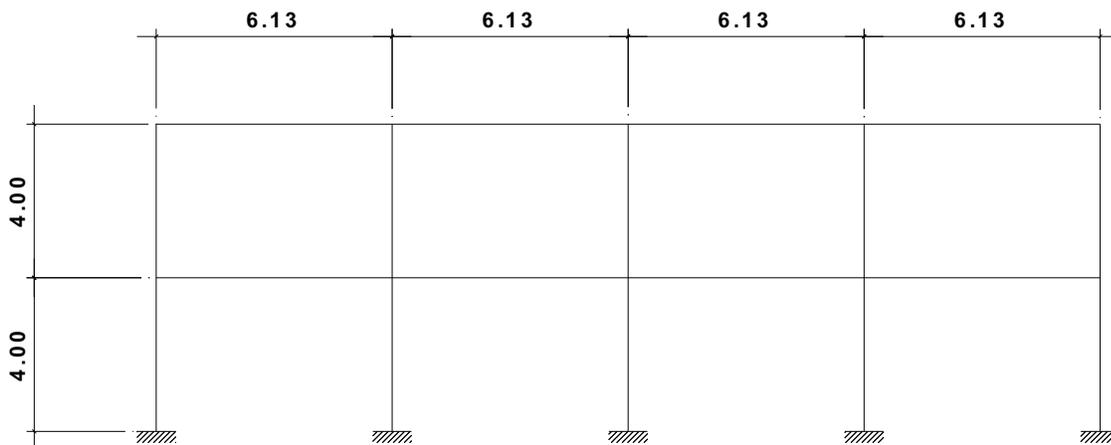
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

Figura 12. Elevación en sentido Y



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

Figura 13. Elevación en sentido X



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

### **2.2.1.2. Descripción del solar**

De forma rectangular, cuyas dimensiones son las siguientes: 25 metros de frente por 15 metros de fondo, 375 m<sup>2</sup> de área, de los cuales cerca del 60 % es área constructiva. No presenta desniveles.

#### **2.2.1.2.1. Ubicación**

El actual edificio municipal se ubica en el cuarto cantón del casco municipal y sus colindancias son las siguientes: en los lados este y norte, calles; al lado sur, estación de policía y al poniente con el salón municipal.

#### **2.2.1.2.2. Topografía**

En su actual ubicación y estado, el terreno se presenta llano, sin ningún tipo de desniveles.

### **2.2.2. Estudio de suelos**

Este proyecto surgió ante la necesidad de reponer el realizado por el estudiante Luis Arnoldo Estrada González como proyecto de Ejercicio Profesional Supervisado en esta localidad en 2005, los cuales sufrieron daños irreparables.

Se concluyó que no tenía sentido realizar un nuevo estudio de suelos puesto que el lote no ha sufrido cambios, por lo que se tomará como referencia el resultado del estudio de suelos realizado en aquella ocasión (ver anexos).

### 2.2.2.1. Determinación del valor soporte del suelo

La muestra inalterada corresponde a una profundidad de 1,30 metros. El ensayo de compresión triaxial arrojó los siguientes resultados:

Tabla III. **Resultados de ensayo de compresión triaxial**

Desplante	D = 1,30 m
Base	B = 1,00 m
Peso específico del suelo	$\gamma_s = 1,34 \text{ ton/m}^3$
Angulo de fricción interna	$\phi = 16,7^\circ$
Cohesión del suelo	$c = 1,0 \text{ ton/m}^2$
Factor de seguridad	$f_c = 1,2$ depende del tipo de suelo
Tipo de suelo	Arena limosa color negro con grava

Fuente: ESTRADA GONZÁLEZ, Luis Arnoldo. Diseño de edificio para oficinas municipales y alcantarillado sanitario de los cantones tercero y cuarto de la cabecera municipal de San Juan Alotenango, Sacatepéquez. p. 10.

Se procede con los factores de capacidad de carga:

$$\phi(\text{rad}) = \frac{\phi(^{\circ})\pi}{180} = \frac{16,70 * \pi}{180} = 0,292$$

- Factor de carga por sobrecarga (Nq)

$$N_q = \frac{e^{(3/2\pi - \theta_{\text{rad}}) \tan \theta}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\theta}{2}\right)} = \frac{e^{(3/2\pi - 0,292) \tan 16,70}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{16,70^\circ}{2}\right)} = 5,29 \text{ ton/m}^2$$

- Factor de carga por cohesión (Nc)

$$N_c = \cot \theta * (N_q - 1) = \cot 16,70^\circ * (5,29 - 1) = 14,29 \text{ ton/m}^2$$

- Factor de carga por peso del suelo ( $N\gamma$ )

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) * \tan \theta = 2 * (5,29 + 1) * \tan 16,70^\circ = 3,77$$

Se hace uso de la fórmula fundamental para capacidad de carga del Dr. Karl Terzagui, modificada para zapatas cuadradas:

- Valor soporte último  $q_o$

$$q_o = 0,4 * \gamma_s * B * N\gamma + 1,3 * c * Nc + \gamma_s * D * Nq$$

$$q_o = 0,4 * 1,34 * 1,00 * 3,77 + 1,3 * 1,00 * 14,29 + 1,34 * 1,3 * 5,29$$

$$q_o = 29,80 \text{ ton/m}^2$$

- Valor soporte neto último  $q_{on}$

$$q_{on} = q_o - \gamma_s * D = 29,80 - 1,34 * 1,30 = 28,05 \text{ ton/m}^2$$

- Valor soporte de diseño:

$$q_o = \frac{q_{on}}{f_c} = \frac{28,05}{1,2} = 23,38 \text{ ton/m}^2$$

### 2.2.3. Consideraciones previas de diseño

Uso y ocupación: en función del uso de la instalación, se define la altura total, altura de piso, ubicación y cantidad de accesos y salidas, carga ocupacional, distribución espacial de ambientes, entre otros.

Seguridad: es primordial definir la ubicación de salidas de emergencia, cuidando que posean las dimensiones correctas que faciliten la evacuación de los ocupantes hacia un lugar seguro. Además, la elección de una altura de piso correcta evita la acumulación de gases tóxicos durante un incendio, sin olvidar la elección de materiales no combustibles o de lenta respuesta al fuego.

Clima y ubicación geográfica: el clima local condiciona la altura de piso, la ventilación y la iluminación del edificio. La dirección de los vientos y el desplazamiento solar definen la ubicación de la ventanearía, logrando con esto reducciones en el consumo energético.

#### **2.2.3.1. Ubicación del edificio en el terreno**

Se hace necesario utilizar todo el espacio del lote, abandonando la posibilidad de contar con áreas verdes; sin embargo, se ha tenido presente incluir los espacios correspondientes a pasos peatonales y parqueos.

#### **2.2.3.2. Distribución de ambientes**

La distribución de los ambientes toma en cuenta principalmente el uso destinado, diferenciando entre áreas de servicios y oficinas administrativas. Las oficinas de servicios, asuntos municipales, caja y servicio de agua potable, deberán ubicarse en la planta baja, considerando que generan mayor movimiento de personas.

En el segundo nivel, se colocarán las oficinas administrativas para minimizar las cargas dinámicas y de impacto.

### **2.2.3.3. Alturas del edificio**

Se ha escogido una altura de piso de 4,00 metros y siendo un edificio de 2 niveles, la altura total será de 8,00 metros. Estas alturas aportan adecuada ventilación y en el caso de incendio, evitan una rápida acumulación de gases que provocarían la asfixia de los ocupantes.

### **2.2.3.4. Criterios de iluminación**

Los ventanales serán ubicados en los costados oeste y este con el propósito de aprovechar la luz solar y proveer iluminación natural durante el día, minimizando costos de energía eléctrica.

### **2.2.3.5. Otros criterios**

Es importante considerar todos los escenarios de riesgo que puedan afectar la estructura. La aplicación de normas constructivas específicas asegura su buen funcionamiento y el resguardo de los ocupantes.

Como se muestra en la figura 1, el volcán de Fuego, genera riesgos por erupciones, lluvias de arena y sismos moderados; y el volcán de Agua genera alertas frecuentes por aludes en época lluviosa.

## **2.2.4. Selección del sistema estructural a usar**

Será un sistema estructural de marcos con capacidad sismorresistente con losas rígidas en dos direcciones actuando como diafragmas para la transferencia de esfuerzos a los miembros a flexión.

## **2.2.5. Análisis estructural**

El análisis previo de predimensionamiento, fue seguido de un análisis a través de un modelo matemático en software estructural obteniendo las cargas y momentos necesarios para el diseño de elementos estructurales, no sin antes compararlos con los valores obtenidos por el método análogo de Gaspar Kani.

### **2.2.5.1. Predimensionamiento de elementos estructurales**

El predimensionamiento es una etapa importante que brinda un punto de partida en el diseño, si es correctamente efectuado brindará secciones óptimas en corto tiempo reduciendo la necesidad de iteraciones y correcciones en los cálculos.

Este proceso supone la consideración de criterios establecidos en el código ACI 318 además de otros adoptados por experiencia en obra, válidos sobre todo porque toman en cuenta la facilidad en la elaboración de formaleta, el vaciado del concreto y la reducción en costos por mano de obra.

#### **2.2.5.1.1. Vigas**

Para obtener el valor del peralte, se usa el criterio que asigna un 8 % de la luz entre ejes al valor de  $h$ . Considerando las longitudes de vanos en la configuración del edificio en la tabla V se exponen los resultados de aplicar dicho criterio.

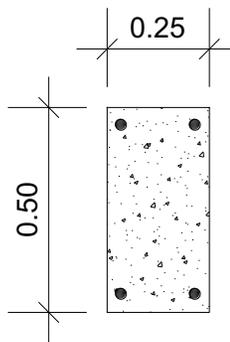
Tabla IV. **Longitud de vanos y peraltes**

L (m)	h = 8%L (cm)
6,13	49
4,58	37
5,35	43

Fuente: elaboración propia.

Se asume un valor de 50 centímetros como promedio de las tres condiciones. Para fijar el valor de la base, se asume que  $h = 2b$ , quedando de la siguiente forma:

Figura 14. **Sección de viga principal**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El código ACI impone restricciones geométricas para todos los elementos estructurales existentes, para vigas, las dimensiones asumidas deben cumplir con lo siguiente:

- 21.3.1.2 La luz libre del elemento,  $l_n$ , no debe ser menor que cuatro veces la altura útil.

- 21.3.1.3 El ancho del elemento,  $b_w$ , no debe ser menor que el más pequeño de  $0.3h$  y 250 milímetros.
- Tabla 9.5 (a), espesor mínimo  $h$  para vigas y losas en una dirección:

Figura 15. **Tabla 9.5 (a) ACI, espesor mínimo  $h$**

	Espesor mínimo, $h$			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: Reglamento ACI 318-05S, 9.5.2. p. 118.

Tabla V. **Espesores recomendados según la longitud del vano**

Longitud $\ell$ (cm)	Condición en apoyos		Altura $h$ (cm)
613	Un extremo continuo	$\ell / 18,5$	33
613	Ambos extremos continuos	$\ell / 21$	29
458	Con un extremo continuo	$\ell / 18,5$	25
535	Ambos extremos continuos	$\ell / 21$	25

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VI se ha indicado la altura  $h$  de las vigas según la longitud y condición en los apoyos, corroborando además que estas no transgreden las condiciones impuestas por el código ACI 318.

### 2.2.5.1.2. Vigas secundarias

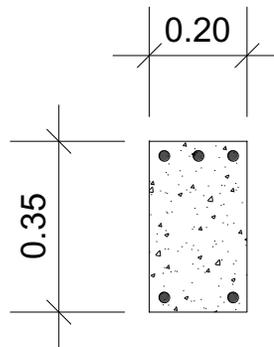
Para calcular el peralte se recurre al criterio que asigna a este un 6 % de la luz a cubrir, siendo en este caso  $\ell = 6,13$  metros con lo cual:

$$d = 0,06 * 613 = 36 \text{ cm} \sim 35 \text{ cm}$$

Para la dimensión de la base, se asume que  $h = 2b$ :

$$b = \frac{h}{2} = \frac{36}{2} = 18 \cong 20 \text{ cm}$$

Figura 16. **Sección de viga secundaria**

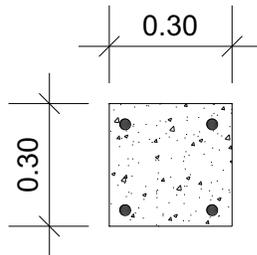


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 2.2.5.1.3. Columnas

El código ACI 318-05 en la sección 21.4.1.1 requiere que la dimensión mínima para una columna es de 30 centímetros, en la sección 21.4.1.2 se requiere que la relación base altura no debe de ser menor de 0,4; con base en lo anterior se proponen columnas cuadradas con las siguientes dimensiones:

Figura 17. **Sección de columna**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

#### 2.2.5.1.4. **Espesor de losa**

Primero: se verifica el tipo de losa aplicando la relación

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

a = dimensión en sentido corto [m]

b = dimensión en sentido largo [m]

Donde:

Si  $a/b < 0,5$  se trata de una losa en una dirección

Si  $a/b \geq 0,5$  se trata de una losa en dos direcciones

Tomando de referencia las figuras 10(a) y 10(b) y llevando a cabo una clasificación de todos los tamaños de losas se obtiene la siguiente tabla:

Tabla VI. **Clasificación por relación de lados a/b**

a	b	m = a/b	tipo
4,57	6,13	0,746	2 sentidos
2,93	6,13	0,478	1 sentidos
2,28	4,45	0,512	2 sentidos
1,93	4,57	0,422	1 sentido
1,75	6,13	0,285	1 sentido

Fuente: elaboración propia.

La losa más grande de 4,57 x 6,13 m<sup>2</sup> será la escogida para obtener el espesor de losa, para ello se procede con la siguiente fórmula conociendo que se trata de una losa que trabaja en dos sentidos:

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

Donde:

P = perímetro de la losa

$$t = \frac{2 * 6,13 + 2 * 4,57}{180} = 0,119 \text{ m}$$

Se puede proponer un espesor de 10 centímetros, pero es necesario chequear el corte bajo esta condición. Para ello se necesita la carga distribuida según el uso del edificio, asumiendo una condición crítica de cargas y combinaciones en la cubierta:

- Peso específico del concreto armado = 2 400 kg/m<sup>3</sup>

- Carga viva para edificios administrativos (AGIES) = 250 kg/m<sup>3</sup>
- Sobrecarga por piso = 50 kg/m<sup>2</sup>
- Peso específico arena volcánica ( $A_r$ ) = 1 800 kg/m<sup>3</sup>, considerando una altura promedio de 20 centímetros por precipitación, entonces:

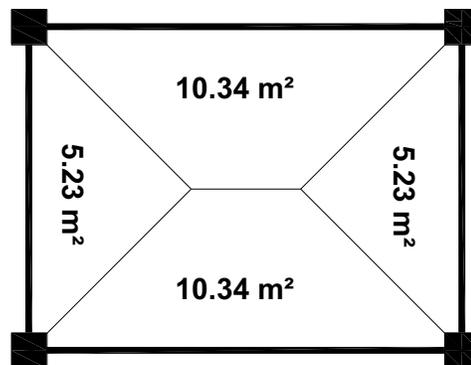
$$A_r = 1\,800 \times 0,20 = 360 \text{ kg/m}^2$$

Para la combinación de cargas  $1,3M + V + 1,6A_r$  (AGIES) se tiene:

$$U = 1,3 (2\,400 \times 0,10 + 50) + 250 + 1,6 (360)$$

$$U = 1\,203 \text{ kg/m}^2$$

Figura 18. **Áreas tributarias en losa bajo análisis**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Con las áreas tributarias definidas en la figura 17 se procede a calcular el corte en el sentido corto.

- Calculando el corte en el sentido corto:

$$V = \frac{5,23 \times 1\,203}{4,57} = 1\,376,74 \text{ kg/m}$$

- Calculando el corte en el sentido largo

$$V = \frac{10,342 \times 1\,203}{6,13} = 2\,029,60 \text{ kg/m}$$

- El concreto resiste el siguiente esfuerzo cortante:

$$V_c = 0,53 \phi \sqrt{f'_c} b d = 0,53 \times 0,85 \times \sqrt{280} \times 7,5 \times 100 = 5\,653,73 \text{ kg/m}$$

El corte que resiste el concreto supera sin problemas al mayor corte actuante con un peralte efectivo de 7,5 centímetros, confirmando la elección de 10 centímetros como espesor de losa.

### 2.2.5.2. Cargas de diseño

Diversas son las cargas que afectan a una estructura, que varían según el nivel de complejidad, la aplicación y origen, como las cargas gravitacionales por carga muerta y viva; cargas horizontales por sismo o viento y otras como las generadas por el suelo o líquidos.

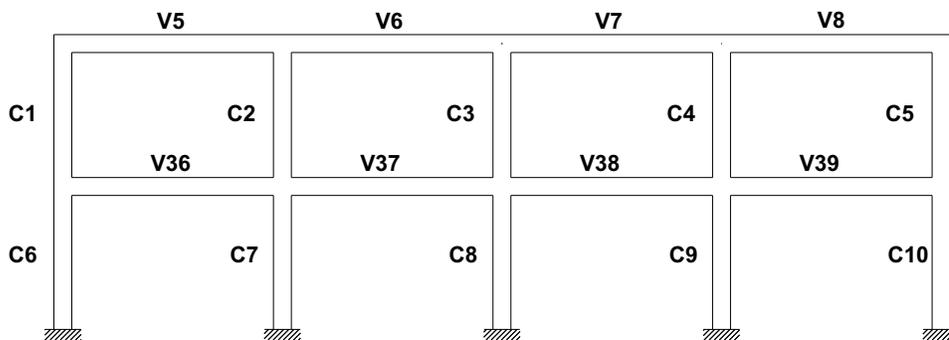
Al tomar en cuenta las características de los materiales, una correcta integración de pesos y volúmenes es clave para obtener resultados precisos en el diseño final de los elementos estructurales.

### 2.2.5.2.1. Cargas verticales

Por simplificación se identifica el marco crítico, al que esté asociado más área tributaria; por la asimetría en planta de la estructura, deberá elegirse un marco por cada dirección, así se elige al marco 2 en el eje X y al C en el eje Y.

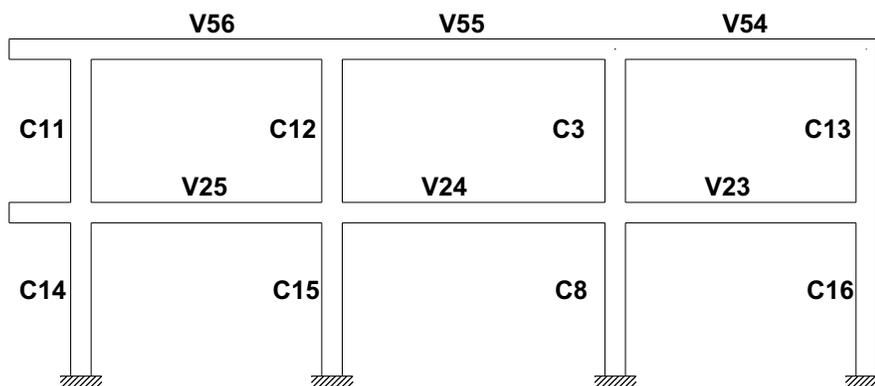
El análisis y diseño de estos marcos será el mismo para el resto de marcos del edificio.

Figura 19. Marco 2 y elementos



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

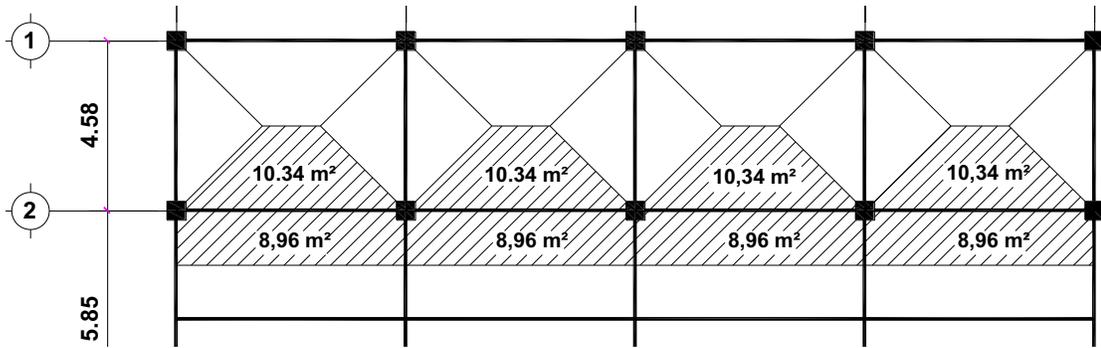
Figura 20. Marco C y elementos



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

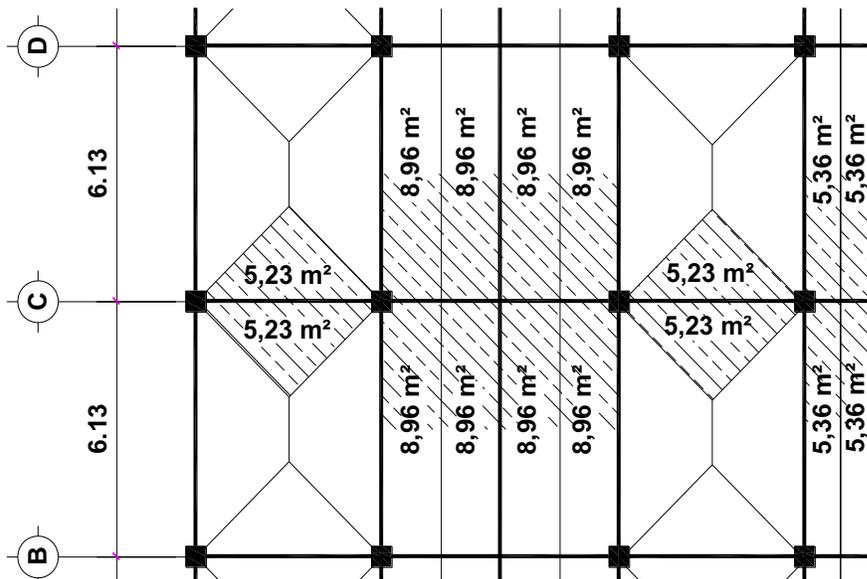
Las áreas tributarias para los marcos de referencia se muestran en las figuras 20 y 21.

Figura 21. Área tributaria para eje 2



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 22. Área tributaria para eje C



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Integración de cargas verticales o gravitacionales para azotea:

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = 0,10 \times 2\,400 = 240 \text{ kg/m}^2$$

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

$$W (\text{losa+sobrecarga}) = 240 + 40 = 280 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{vigas}} = 0,40 \times 0,25 \times 2\,400 = 240 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$W_{\text{VIVA}} = 200 \text{ kg/m}^2 \text{ (Con acceso)}$$

- Integración de cargas verticales o gravitacionales para entrepiso:

$$W_{\text{losa}} = 0,10 \times 2\,400 = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{sobrecarga} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$W (\text{losa+sobrecarga}) = 240 + 50 = 290 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{vigas}} = 0,40 \times 0,25 \times 2\,400 = 240 \text{ kg/m}$$

Peso por mampostería:

$$W_{\text{muros}} = 3,50 \times 181,38 = 634,83 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sillar}} = 1,50 \times 181,38 = 272,07 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{acabados}} = 3,50 \times 75 = 260 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{repellos}} = 65 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{ventanales}} = 1,50 \times 13 = 19,5 \text{ kg/m}$$

Carga viva

$$W_{\text{VIVA}} = 250 \text{ kg/m}^2$$

Se procede a tabular los datos anteriores obteniendo así las cargas gravitacionales en cada viga:

**Tabla VII. Cargas sobre vigas de marco 2**

Eje 2											
viga	área (m <sup>2</sup> )	W <sub>viga</sub> (kg/m)	W <sub>mamp</sub> (kg/m)	W <sub>acab</sub> (kg/m)	W <sub>vidrio</sub> (kg/m)	W <sub>CM</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	W <sub>cv</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	L (m)	W <sub>CM</sub> (kg/m)	W <sub>CM total</sub> (kg/m)	W <sub>cv</sub> (kg/m)
v5	19.31	240.00	0.00	0.00	0.00	280.00	200.00	6.13	881.89	1121.89	629.92
v6	19.31	240.00	0.00	0.00	0.00	280.00	200.00	6.13	881.89	1121.89	629.92
v7	19.31	240.00	0.00	0.00	0.00	280.00	200.00	6.13	881.89	1121.89	629.92
v8	19.31	240.00	0.00	0.00	0.00	280.00	200.00	6.13	881.89	1121.89	629.92
v36	19.31	240.00	634.83	65.00	0.00	290.00	250.00	6.13	913.38	1853.21	787.40
v37	19.31	240.00	634.83	65.00	0.00	290.00	250.00	6.13	913.38	1853.21	787.40
v38	19.31	240.00	634.83	65.00	0.00	290.00	250.00	6.13	913.38	1853.21	787.40
v39	19.31	240.00	634.83	65.00	0.00	290.00	250.00	6.13	913.38	1853.21	787.40

Fuente: elaboración propia.

**Tabla VIII. Cargas sobre vigas de marco C**

Eje C													
viga	área (m <sup>2</sup> )	W <sub>viga</sub> (kg/m)	W <sub>viga sec</sub> (kg/m)	W <sub>mamp</sub> (kg/m)	W <sub>acab</sub> (kg/m)	W <sub>cm</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	W <sub>cv</sub> (kg/m <sup>2</sup> )	L (m)	W <sub>cm</sub> (kg/m)	W <sub>cm total</sub> (kg/m)	W <sub>cv</sub> (kg/m)	P <sub>cm</sub>	P <sub>cv</sub>
v23	10.46	240	120	0	0	280.00	200	4.57	640.88	1000.88	457.77	0.00	0.00
v24	0.00	240	120	0	0	280.00	200	5.85	0.00	240.00	0.00	5388.20	3586.00
v25	10.46	240	120	0	0	280.00	200	4.57	640.88	1000.88	457.77	0.00	0.00
v54	10.46	240	120	634.83	65	290.00	250	4.57	663.76	1723.59	572.21	0.00	0.00
v55	0.00	240	120	634.83	65	290.00	250	5.85	0.00	939.83	0.00	5567.50	4482.50
v56	10.46	240	120	634.83	65	290.00	250	4.57	663.76	1723.59	572.21	0.00	0.00

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.5.2.2. Cargas sísmicas

Es importante incluir las cargas sísmicas debido a la recurrencia de estos eventos en el país y por los daños que infligen en la obra civil en general, siendo incluso de mayor relevancia que aquellas provocadas por el viento.

Tabla IX. Integración de cargas

2º nivel		W (kg)
losa	0,10 m x 15 m x 25 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup>	90 000,00
vigas	0,40 m x 0,25 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup> x (16 x 6,13 + 5 x 4,57 + 5 x 5,85 + 5 * 6,33)	43 639,20
columnas	0,25 m x 0,25 m x 1,75 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup> x 20 col	5 250,00
muros	1,5 m x 2 x (25 m + 15 m) x 181,38 kg/m <sup>2</sup>	21 765,60
acabados	50 kg/m <sup>2</sup> x 1,50 m x 2 x (25 m + 15 m)	6 000,00
ventanería	2,00 m x 2 x 25 m x 13 kg/m <sup>2</sup>	1 040,00
sobrecarga	40 kg/m <sup>2</sup> x 25 m x 15 m	15 000,00
depósito de agua	1 kg/l * 6 000 l	6 000,00
gradas	(9 gradas x 2,30 m x 0,28 m + 1,63 m x 4,60 m) x 0,15 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup>	4 785,84
total		193 480,64
1º nivel		W (kg)
losa	0,10 m x 15 m x 25 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup>	90 000,00
vigas	0,40 m x 0,25 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup> x (16 x 6,13 + 5 x 4,57 + 5 x 5,85 + 5 * 6,33)	43 639,20
columnas	0,25 m x 0,25 m x 3,50 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup> x 20 col	10 500,00
sillar	1,50 m x 2 x 25 m x 181,38 kg/m <sup>2</sup>	13 603,50
acabados	50 kg/m <sup>2</sup> x 2 x (1,50 m x 25 m + 3,90 m x 15 m)	9 600,00
ventanería	2,00 m x 2 x 25 m x 13 kg/m <sup>2</sup>	1 300,00
sobrecarga	50 kg/m <sup>2</sup> x 25m x 15m	18 750,00
muros	3,9 m x (11 x 6,13 m + 6 x 4,57 + 5 x 5,85) x 181,38 kg/m <sup>2</sup>	87 786,11
gradas	(18 gradas x 2,30 m x 0,28 m + 1,63 m x 4,60 m) x 0,15 m x 2 400 kg/m <sup>3</sup>	6 872,40
total		282 051,21

**Peso total del edificio 475 531,85**

Fuente: elaboración propia.

El análisis de cargas sísmicas se efectuó bajo las normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala de la AGIES.

Se inicia estableciendo los siguientes parámetros:

- Según lo establecido en NSE 1 sección 3.1, la edificación se clasifica como importante.
- Según lo establecido en NSE 2 sección 4.2.1, los parámetros ligados a la caracterización de macrozonas sísmicas para la región de Alotenango son:  $I_o = 4$  ;  $S_{cr} = 1,65$  ;  $S_{1r} = 0,60$ .
- Según lo establecido en NSE 2 sección 4.3, para una estructura de tipo importante, el sismo de diseño respectivo es un sismo severo.

Calculando el período fundamental de vibración:

$$T = K_T (h_n)^x$$

Donde:

$h_n$  = la altura total en metros del edificio

$K_T = 0,049$

$x = 0,75$  (NSE 3, tabla 1-1, marcos estructurales)

$$T = 0,049 (8)^{0,75}$$

$$T = 0,23 \text{ s}$$

En NSE 3 sección 2.1.3 se establece que si  $T < 0,5$  segundos, se debe cambiar el valor de  $S_{cr}$  a 1,5 en los casos en que  $S_{cr}$  exceda a 1,5.

Entonces,  $S_{cr} = 1,5g$

$$S_{cs} = S_{cr} \times F_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} \times F_v$$

$F_a$  y  $F_v$  se obtienen al asumir una clasificación de suelo tipo D, así:

$$F_a = 1$$

$$F_v = 1,5$$

$$S_{cs} = 1,5 * 1 = 1,5$$

$$S_{1s} = 0,6 * 1,5 = 0,9$$

Según NSE 2, 4.3.3.3 el tipo de fuente sísmica es tipo B a una distancia  $\geq 15$  kilómetros, criterio asumido según el mapa de fallas del INSIVUMEH mostrado en el anexo. De esta forma  $N_a$  y  $N_v$  toman el valor de 1 y se obtiene:

$$S_{cs} = 1,5 * 1 = 1,5$$

$$S_{1s} = 0,9 * 1 = 0,9$$

Espectro calibrado al nivel de diseño requerido:

$$S_{cd} = K_d S_{cs}$$

$$S_{1d} = K_d S_{1s}$$

Donde:

$K_d = 0,8$  (para un sismo de diseño severo)

$$S_{cd} = 0,8 * 1,5 = 1,2$$

$$S_{1d} = 0,8 * 0,9 = 0,72$$

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{0,9}{1,5} = 0,6 \text{ s}$$

$T < T_s$ ; como lo establece NSE 2 sección 4.3.4.2,

$$S_a(T) = S_{cd}$$

$$S_a(T) = 1,2$$

Por el tipo de método constructivo  $R = 8$ , sustituyendo para el corte basal:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R} = \frac{1,2}{8} = 0,15$$

$$V_B = C_s W_s = 0,15 * 475\,531,85$$

$$V_B = 71\,329,78 \text{ kg}$$

Es necesario que las siguientes condiciones se satisfagan:

$$C_s \geq 0,044 S_{cd}$$

$$C_s \geq 0,044 * 1,2$$

$$0,15 \geq 0,0528 \text{ cumple}$$

$$C_s \geq \frac{0,5 * S_{1r}}{R}$$

$$C_s \geq \frac{0,5 * 0,6}{8}$$

$$0,15 \geq 0,0375 \text{ Cumple}$$

- Distribución vertical de fuerzas sísmicas (NSE 3 sección 2.2):

$$F_x = C_{vx} V_B$$

$$C_{vx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=0}^n (W_i h_i^k)}$$

Donde:

$F_x$  = cortante de cedencia en el nivel x de la edificación

$h_x$  = altura del nivel x sobre la base

$W_x$  = peso por nivel

$k = 1$ , para  $T \leq 0,5$  s

Tabla X. **Distribución por nivel del cortante basal**

$V_b$	Nivel	$W_{\text{nivel}}$	$h_x$	$W_x * h_x^k$	$C_{vx}$	$F_x$
71 329,78	2	193 480,64	8,00	1 547 845,12	0,58	41 257,62
	1	282 051,21	4,00	1 128 204,82	0,42	30 072,16
	<b>Total</b>	475 531,85		2 676 049,94		71 329,78

Fuente: elaboración propia.

- Determinación del centro de masa

El centro de masa es aquel punto donde hipotéticamente debería estar concentrada la masa de la estructura y en el cual actuaría la carga sísmica. Para la determinación por nivel se usarán las siguientes fórmulas:

$$Cm_x = \frac{\sum W_i * x_i}{\sum W_i}; \quad Cm_y = \frac{\sum W_i * y_i}{\sum W_i}$$

Tabla XI. **Cálculo de centro de masa en 2° nivel**

Cmx en 2° nivel						
losa	área	$W_{cm}$ (losa + sob) kg	$W_{cv}$ (kg)	W total (kg)	L (m)	$W_i * L$
losa 1	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	3,06	41 141,09
losa 2	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	9,19	123 557,71
losa 3	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	15,31	205 839,89
losa 4	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	21,44	288 256,51
losa 5	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	3,06	52 671,17
losa 6	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	9,19	158 185,63
losa 7	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	15,31	263 527,97
losa 8	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	21,44	369 042,43
losa 9	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	3,06	41 141,09
losa 10	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	9,19	123 557,71
losa 11	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	15,31	205 839,89
losa 12	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	21,44	288 256,51
losa 13	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	3,06	15 745,54
losa 14	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	9,19	47 288,06
losa 15	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	15,31	78 779,14
losa 16	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	21,44	110 321,66
deposito	-	-	-	6 000,00	19,20	115 200,00
<b>total</b>				202 992,00	<b>total</b>	2 528 352,00

Continuación de la tabla XII.

Cmy en 2º nivel						
losa	área	Wcm (losa + sob) kg	Wcv (kg)	W total (kg)	L (m)	Wi * L
losa 1	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	12,71	170 883,41
losa 2	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	12,71	170 883,41
losa 3	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	12,71	170 883,41
losa 4	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	12,71	170 883,41
losa 5	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	7,50	129 096,00
losa 6	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	7,50	129 096,00
losa 7	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	7,50	129 096,00
losa 8	35,86	10 040,80	7 172,00	17 212,80	7,50	129 096,00
losa 9	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	2,29	30 788,59
losa 10	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	2,29	30 788,59
losa 11	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	2,29	30 788,59
losa 12	28,01	7 842,80	5 602,00	13 444,80	2,29	30 788,59
losa 13	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	-0,87	-4 476,67
losa 14	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	-0,87	-4 476,67
losa 15	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	-0,87	-4 476,67
losa 16	10,72	3 001,60	2 144,00	5 145,60	-0,87	-4 476,67
deposito	-	-	-	6 000,00	12,71	76 260,00
<b>total</b>				202 992,00	<b>total</b>	1 381 425,31

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_x = \frac{2\,528\,352,00}{202\,992,00} = 12,46 \text{ m}$$

$$Cm_y = \frac{1\,381\,425,31}{202\,992,00} = 6,81 \text{ m}$$

Tabla XII. Cálculo de centro de masa en 1° nivel

Cmx en 1° nivel						
losa	área	Wcm (losa+sobrecarga) kg	Wcv (kg)	W total (kg)	L (m)	Wi * L
losa 1	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	3,06	46 283,72
losa 2	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	9,19	139 002,43
losa 3	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	15,31	231 569,87
losa 4	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	21,44	324 288,58
losa 5	35,86	10 399,40	8 965,00	19 364,40	3,06	59 255,06
losa 6	35,86	10 399,40	8 965,00	19 364,40	9,19	177 958,84
losa 7	35,86	10 399,40	8 965,00	19 364,40	15,31	296 468,96
losa 8	35,86	10 399,40	8 965,00	19 364,40	21,44	415 172,74
losa 9	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	3,06	46 283,72
losa 10	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	9,19	139 002,43
losa 11	28,01	8 122,90	7 002,50	15 125,40	15,31	231 569,87
losa 12	28,01	8 122,90	8 403,00	16 525,90	21,44	354 315,30
losa 13	10,72	3 108,80	2 680,00	5 788,80	3,06	17 713,73
losa 14	10,72	3 108,80	2 680,00	5 788,80	9,19	53 199,07
losa 15	10,72	3 108,80	2 680,00	5 788,80	15,31	88 626,53
losa 16	10,72	3 108,80	2 680,00	5 788,80	21,44	124 111,87
<b>total</b>				223 016,50	<b>total</b>	2 744 822,72

Cmy en 1° nivel						
losa	área	Wcm losa+sobrecarga kg	Wcv (kg)	W total (kg)	L (m)	Wi * L
losa 1	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	12,71	188 683,76
losa 2	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	12,71	188 683,76
losa 3	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	12,71	188 683,76
losa 4	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	12,71	188 683,76
losa 5	35,86	10 040,80	8 965,00	19 005,80	7,50	142 543,50
losa 6	35,86	10 040,80	8 965,00	19 005,80	7,50	142 543,50
losa 7	35,86	10 040,80	8 965,00	19 005,80	7,50	142 543,50
losa 8	35,86	10 040,80	8 965,00	19 005,80	7,50	142 543,50

Continuación de la tabla XIII.

Cmy en 1º nivel						
losa	área	Wcm losa+sobrecarga kg	Wcv (kg)	W total (kg)	L (m)	Wi * L
losa 9	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	2,29	33 995,74
losa 10	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	2,29	33 995,74
losa 11	28,01	7 842,80	7 002,50	14 845,30	2,29	33 995,74
losa 12	28,01	7 842,80	8 403,00	16 245,80	2,29	37 202,88
losa 13	10,72	3 001,60	2 680,00	5 681,60	-0,87	-4 942,99
losa 14	10,72	3 001,60	2 680,00	5 681,60	-0,87	-4 942,99
losa 15	10,72	3 001,60	2 680,00	5 681,60	-0,87	-4 942,99
losa 16	10,72	3 001,60	2 680,00	5 681,60	-0,87	-4 942,99
<b>total</b>				218 912,50	<b>total</b>	1 444 327,18

Fuente: elaboración propia.

$$Cm_x = \frac{2\,744\,822,72}{223\,016,50} = 12,31 \text{ m}$$

$$Cm_y = \frac{1\,444\,327,18}{218\,912,50} = 6,60 \text{ m}$$

- Rigidez de columnas

Se asume que las columnas del segundo nivel trabajan en voladizo, o sea, empotradas en un solo lado; para el caso de columnas cuadradas se usa la siguiente expresión:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_c I} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

Donde:

$K_c$  = rigidez

F = fuerza actuante en nivel analizado

H = altura de la columna

I = inercia de la sección

G = módulo de cortante donde  $G = 0,4E_c$

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto donde  $E_c = 15\ 100\sqrt{f'_c}$

A = área de la sección

$$K_c = \frac{1}{\left[ \left( \frac{41\ 257,62 \times 350^3}{3 \times 15\ 100 \times \sqrt{280} \times \frac{1}{12} \times 50 \times 50^3} \right) + \left( \frac{1,2 \times 41\ 257,62 \times 350}{50 \times 50 \times 0,4 \times 15\ 100 \times \sqrt{280}} \right) \right]}$$

$$K_c = 0,2198 \text{ cm}^{-1}$$

Y para las columnas de entrepiso, se las consideras biempotradas, por tal condición la anterior fórmula cambia a:

$$K_c = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12E_cI} + \frac{1,2Fh}{AG}}$$

$$K_c = \frac{1}{\left[ \left( \frac{30\ 072,16 \times 350^3}{12 \times 15\ 100 \times \sqrt{280} \times \frac{1}{12} \times 50 \times 50^3} \right) + \left( \frac{1,2 \times 30\ 072,16 \times 350}{50 \times 50 \times 0,4 \times 15\ 100 \times \sqrt{280}} \right) \right]}$$

$$K_c = 1,1541 \text{ cm}^{-1}$$

Rigidez de marco:

$$K_m = K_c * \# \text{ columnas}$$

Cálculo del centro de rigidez en el segundo nivel:

$$CR_x = \frac{\sum K_{iy} * x_i}{\sum K_{iy}}; \quad CR_y = \frac{\sum K_{ix} * y_i}{\sum K_{ix}}$$

Tabla XIII. Centro de rigidez en segundo nivel

Crx para 2º nivel					
Marco	# columnas	$K_c$ (cm <sup>-1</sup> )	$K_m$ (cm <sup>-1</sup> )	L (m)	$K_m * L$
A	4	0,22	0,88	0	0
B	4	0,22	0,88	6,13	5,39
C	4	0,22	0,88	12,26	10,78
D	4	0,22	0,88	18,39	16,17
E	4	0,22	0,88	24,52	21,56
<b>total</b>			4,40	<b>total</b>	53,90
Cry para 2º nivel					
Marco	# columnas	$K_c$ (cm <sup>-1</sup> )	$K_m$ (cm <sup>-1</sup> )	L (m)	$K_m * L$
1	5	0,22	1,10	15	16,49
2	5	0,22	1,10	10,42	11,45
3	5	0,22	1,10	4,58	5,03
4	5	0,22	1,10	0	0
<b>total</b>			4,40	<b>total</b>	32,97

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{53,90}{4,40} = 12,26 \text{ m}$$

$$CR_y = \frac{32,97}{4,40} = 7,50 \text{ m}$$

Para el primer nivel:

Tabla XIV. **Centro de rigidez en primer nivel**

C <sub>rx</sub> para 1º nivel					
Marco	# columnas	K <sub>c</sub> (cm <sup>-1</sup> )	K <sub>m</sub> (cm <sup>-1</sup> )	L (m)	Km * L
A	4	1,15	4,62	0	0
B	4	1,15	4,62	6,13	28,30
C	4	1,15	4,62	12,26	56,60
D	4	1,15	4,62	18,39	84,90
E	4	1,15	4,62	24,52	113,20
<b>total</b>			23,08	<b>total</b>	283,00
C <sub>ry</sub> para 1º nivel					
Marco	# columnas	K <sub>c</sub> (cm <sup>-1</sup> )	K <sub>m</sub> (cm <sup>-1</sup> )	L (m)	Km * L
1	5	1,15	5,77	15	86,56
2	5	1,15	5,77	10,42	60,13
3	5	1,15	5,77	4,58	26,43
4	5	1,15	5,77	0	0
<b>total</b>			23,08	<b>total</b>	173,12

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{283,00}{23,08} = 12,26 \text{ m}$$

$$CR_y = \frac{173,12}{23,08} = 7,50 \text{ m}$$

Tabla XV. **Centros de rigidez por nivel**

Centros de rigidez por nivel		
Nivel	Y(m)	X(m)
2	7,50	12,26
1	7,50	12,26

Fuente: elaboración propia.

Excentricidad directa para 2° nivel:

$$e_x = |CM_x - CR_x|$$

$$e_x = |12,46 - 12,26| = 0,20 \text{ m}$$

$$e_y = |CM_y - CR_y|$$

$$e_y = |6,81 - 7,50| = 0,69 \text{ m}$$

Excentricidad directa para 1° nivel:

$$e_x = |CM_x - CR_x|$$

$$e_x = |12,31 - 12,26| = 0,05 \text{ m}$$

$$e_y = |CM_y - CR_y|$$

$$e_y = |6,60 - 7,50| = 0,90 \text{ m}$$

Como lo indica la Norma AGIES NSE 3 sección 2.3.2 (a), debe considerarse una excentricidad accidental del 5 % de la dimensión perpendicular al sentido del sismo. La excentricidad de diseño queda establecida por las siguientes fórmulas:

$$e1_{x,y} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}| + 0,05 * b$$

$$e2_{x,y} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}| - 0,05 * b$$

Al contar con dos excentricidades por marco, se generan dos momentos torsionales y se toma el que cause la peor condición.

A continuación los cálculos finales para la obtención de los cortantes en cada marco, a través de las siguientes fórmulas:

$$V_s = \frac{K_m * F_x}{\sum K_m}; \quad V_t = \frac{e_{x,y} * F_x * (K_m * d_i)}{\sum (K_m * d_i^2)}; \quad V_T = V_s + V_t$$

Donde:

$V_s$  = corte por sismo en marco [kg]

$V_t$  = corte por torsión en marco [kg]

$V_T$  = corte total en el marco [kg]

$e_{x,y}$  = excentricidad de diseño en la dirección x o y

Tabla XVI. Cortantes en marcos de referencia

2° nivel											
Eje	e		$F_x$	$K_m$	$d_i$	$K_m * F_x$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	$V_s$	$V_t$	$V_s + V_t$
A	$e_{1x}$	1,45	41 257,62	0,08	-12,26	3 328,61	-0,99	12,13	8 251,52	-1 945,67	6 305,85
	$e_{2x}$	-1,05								1 419,55	9 671,07
B	$e_{1x}$	1,45	41 257,62	0,08	-6,13	3 328,61	-0,49	3,03	8 251,52	-972,84	7 278,69
	$e_{2x}$	-1,05								709,77	8 961,30
C	$e_{1x}$	1,45	41 257,62	0,08	0,00	3 328,61	0,00	0,00	8 251,52	0,00	8 251,52
	$e_{2x}$	-1,05								0,00	8 251,52
D	$e_{1x}$	1,45	41 257,62	0,08	6,13	3 328,61	0,49	3,03	8 251,52	972,84	9 224,36
	$e_{2x}$	-1,05								-709,77	7 541,75
E	$e_{1x}$	1,45	41 257,62	0,08	12,26	3 328,61	0,99	12,13	8 251,52	1 945,67	10 197,20
	$e_{2x}$	-1,05								-1 419,55	6 831,97
total				0,40	total			30,32			
2° nivel											
Eje	e		$F_x$	$K_m$	$d_i$	$K_m * F_x$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	$V_s$	$V_t$	$V_s + V_t$
1	$e_{1y}$	1,44	41 257,62	0,10	-7,50	4 160,76	-0,76	5,67	10 314,40	-3 450,57	6 863,84
	$e_{2y}$	-0,06								132,13	10 446,53
2	$e_{1y}$	1,44	41 257,62	0,10	-2,92	4 160,76	-0,29	0,86	10 314,40	-1 343,42	8 970,98
	$e_{2y}$	-0,06								51,44	10 365,85
3	$e_{1y}$	1,44	41 257,62	0,10	2,92	4 160,76	0,29	0,86	10 314,40	1 343,42	11 657,83
	$e_{2y}$	-0,06								-51,44	10 262,96
4	$e_{1y}$	1,44	41 257,62	0,10	7,50	4 160,76	0,76	5,67	10 314,40	3 450,57	13 764,97
	$e_{2y}$	-0,06								-132,13	10 182,28
total				0,40	total			13,07			

Continuación de la tabla XVII.

1° nivel											
Eje	e		$F_x$	$K_m$	$d_i$	$K_m * F_x$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	$V_s$	$V_t$	$V_s + V_t$
A	$e_{1x}$	1,30	30 072,16	0,44	-12,26	13 162,72	-5,37	65,79	6 014,43	-6 907,71	-893,28
	$e_{2x}$	-1,20								6 399,78	12 414,21
B	$e_{1x}$	1,30	30 072,16	0,44	-6,13	13 162,72	-2,68	16,45	6 014,43	-3 453,86	2 560,57
	$e_{2x}$	-1,20								3 199,89	9 214,32
C	$e_{1x}$	1,30	30 072,16	0,44	0,00	13 162,72	0,00	0,00	6 014,43	0,00	6 014,43
	$e_{2x}$	-1,20								0,00	6 014,43
D	$e_{1x}$	1,30	30 072,16	0,44	6,13	13 162,72	2,68	16,45	6 014,43	3 453,86	9 468,29
	$e_{2x}$	-1,20								-3 199,89	2 814,54
E	$e_{1x}$	1,30	30 072,16	0,44	12,26	13 162,72	5,37	65,79	6 014,43	6 907,71	12 922,15
	$e_{2x}$	-1,20								-6 399,78	-385,35
total				2,19	total			164,48			
1° nivel											
Eje	e		$F_x$	$K_m$	$d_i$	$K_m * F_x$	$K_m * d_i$	$K_m * d_i^2$	$V_s$	$V_t$	$V_s + V_t$
1	$e_{1y}$	1,65	30 072,16	0,55	-7,50	16 453,39	-4,10	30,78	7 518,04	-2 876,46	4 641,58
	$e_{2y}$	0,15								-265,08	7 252,96
2	$e_{1y}$	1,65	30 072,16	0,55	-2,92	16 453,39	-1,60	4,67	7 518,04	-1 119,90	6 398,14
	$e_{2y}$	0,15								-103,20	7 414,84
3	$e_{1y}$	1,65	30 072,16	0,55	2,92	16 453,39	1,60	4,67	7 518,04	1 119,90	8 637,94
	$e_{2y}$	0,15								103,20	7 621,24
4	$e_{1y}$	1,65	30 072,16	0,55	7,50	16 453,39	4,10	30,78	7 518,04	2 876,46	10 394,50
	$e_{2y}$	0,15								265,08	7 783,12
total				2,19	total			70,88			

Fuente: elaboración propia.

Si el valor de  $V_T < V_s$ , se debe de tomar  $V_s$  como la fuerza del marco. Si el valor de  $V_T > V_s$ ,  $V_T$  será el valor del marco analizado. Esto es si existe una excentricidad directa distinta de 0.

Tabla XVII. **Cargas sísmicas por nivel y marco**

Marco	nivel	F (kg)
A	2º	9 671,07
	1º	12 207,87
B	2º	8 961,30
	1º	9 111,15
C	2º	8 251,52
	1º	6 014,43
D	2º	9 224,36
	1º	9 356,93
E	2º	10 197,20
	1º	12 699,43
1	2º	10 446,53
	1º	7 518,04
2	2º	10 365,85
	1º	7 518,04
3	2º	11 657,83
	1º	8 637,94
4	2º	13 764,97
	1º	10 394,50

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.5.3. **Cálculo estructural**

El análisis estructural se llevará a cabo por medio del software estructural ETABS versión 9.7.3 acompañado de un análisis mediante el método de Kani, cuyo propósito será identificar la correcta aplicabilidad de los fundamentos analíticos en el software.

### 2.2.5.3.1. Análisis de marcos por ETABS

Con las propiedades de los materiales, las secciones establecidas en el predimensionamiento sección 2.2.5.1.1 y las cargas determinadas en la sección 2.2.5.2.1 se obtienen los siguientes resultados:

Tabla XVIII. Cargas de corte y momentos en vigas de marco 2

Viga	Carga (kg)	Loc (m)	V2 (kg)	M3 (kg-m)	Viga	Carga (kg)	Loc (m)	V2 (kg)	M3 (kg-m)
V5	PP	0,15	-2,77	-0,88	V36	PP	0,15	-4,60	-2,14
V5	PP	2,63	0,44	3,23	V36	PP	2,63	0,25	4,40
V5	PP	5,98	3,74	-4,09	V36	PP	5,98	5,87	-6,11
V5	CV	0,15	-1,38	-0,42	V36	CV	0,15	-1,81	-0,86
V5	CV	2,63	-0,38	1,81	V36	CV	2,63	0,33	2,09
V5	CV	5,98	1,94	-2,16	V36	CV	5,98	2,37	-2,69
V5	SISMO	0,15	1,13	3,39	V36	SISMO	0,15	2,77	8,20
V5	SISMO	5,98	1,03	-2,48	V36	SISMO	5,98	2,45	-6,01
V6	PP	0,15	-3,32	-3,86	V37	PP	0,15	-5,28	-5,68
V6	PP	3,50	-0,01	2,01	V37	PP	3,07	-0,13	2,93
V6	PP	5,98	3,21	-3,23	V37	PP	5,98	5,02	-4,89
V6	CV	0,15	-1,67	-2,03	V37	CV	0,15	-2,07	-2,46
V6	CV	3,50	-0,05	1,07	V37	CV	3,50	-0,05	1,34
V6	CV	5,98	1,56	-1,71	V37	CV	5,98	1,96	-2,16
V6	SISMO	0,15	0,86	2,12	V37	SISMO	0,15	2,10	5,09
V6	SISMO	5,98	0,75	-2,16	V37	SISMO	5,98	1,76	-5,15
V7	PP	0,15	-3,20	-3,22	V38	PP	0,15	-5,01	-4,86
V7	PP	2,63	0,02	2,02	V38	PP	3,07	0,14	2,93
V7	PP	5,98	3,32	-3,87	V38	PP	5,98	5,29	-5,71
V7	CV	0,15	-1,56	-1,69	V38	CV	0,15	-1,96	-2,13
V7	CV	2,63	0,06	1,08	V38	CV	2,63	0,06	1,36
V7	CV	5,98	1,68	-2,04	V38	CV	5,98	2,08	-2,49
V7	SISMO	0,15	0,86	2,26	V38	SISMO	0,15	2,09	5,46
V7	SISMO	5,98	0,75	-2,02	V38	SISMO	5,98	1,76	-4,75
V8	PP	0,15	-3,73	-4,06	V39	PP	0,15	-5,85	-6,07
V8	PP	3,50	-0,43	3,21	V39	PP	3,50	-0,24	4,38
V8	PP	5,98	2,77	-0,92	V39	PP	5,98	4,61	-2,18
V8	CV	0,15	-1,92	-2,14	V39	CV	0,15	-2,35	-2,66
V8	CV	3,50	0,38	1,80	V39	CV	3,50	-0,31	2,08

Continuación de la tabla XIX.

Viga	Carga (kg)	Loc (m)	V2 (kg)	M3 (kg-m)	Viga	Carga (kg)	Loc (m)	V2 (kg)	M3 (kg-m)
V8	CV	5,98	1,39	-0,45	V39	CV	5,98	1,82	-0,91
V8	SISMO	0,15	1,14	2,59	V39	SISMO	0,15	2,81	6,36
V8	SISMO	5,98	1,04	-3,33	V39	SISMO	5,98	2,49	-8,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Corte y momento en vigas de marco C**

Viga	Carga	Loc	V2	M3	Viga	Carga	Loc	V2	M3
V25	PP	0,15	-2,14	-3,77	V56	PP	0,15	-3,98	-4,86
V25	PP	2,29	-0,03	-1,03	V56	PP	2,75	-0,05	0,50
V25	PP	4,43	2,13	-3,70	V56	PP	4,43	3,09	-2,77
V25	CV	0,15	-0,93	-0,61	V56	CV	0,15	-1,19	-0,83
V25	CV	2,75	0,19	0,39	V56	CV	1,83	0,20	0,70
V25	CV	4,43	1,26	-1,37	V56	CV	4,43	1,54	-1,65
V25	SISMO	0,15	1,48	3,56	V56	SISMO	0,15	4,12	9,78
V25	SISMO	4,43	1,51	-2,67	V56	SISMO	4,43	4,20	-7,57
V24	PP	0,15	-5,86	-5,23	V55	PP	0,15	-5,47	-4,73
V24	PP	2,93	-3,79	8,25	V55	PP	2,93	-1,30	4,67
V24	PP	5,70	5,98	-5,60	V55	PP	5,70	5,55	-5,05
V24	CV	0,15	-1,76	-1,72	V55	CV	0,15	-2,21	-2,22
V24	CV	2,93	-0,82	1,88	V55	CV	2,93	-1,04	2,30
V24	CV	5,70	1,76	-1,76	V55	CV	5,70	2,21	-2,25
V24	SISMO	0,15	0,79	2,00	V55	SISMO	0,15	1,97	4,96
V24	SISMO	5,70	0,79	-2,00	V55	SISMO	5,70	1,96	-4,95
V23	PP	0,15	-3,49	-4,99	V54	PP	0,15	-4,72	-4,55
V23	PP	3,20	-0,04	1,18	V54	PP	2,75	0,32	2,44
V23	PP	4,43	1,04	0,46	V54	PP	4,43	2,67	-0,05
V23	CV	0,15	-1,50	-1,58	V54	CV	0,15	-1,83	-1,96
V23	CV	2,75	0,27	0,99	V54	CV	2,75	0,38	1,14
V23	CV	4,43	0,74	0,17	V54	CV	4,43	0,97	0,04
V23	SISMO	0,15	1,51	2,67	V54	SISMO	0,15	4,20	7,58
V23	SISMO	4,43	1,51	-3,60	V54	SISMO	4,43	4,22	-9,89

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Cargas y momentos en columnas marco 2**

Columna	Carga (kg)	Distancia (m)	P (kg)	M2 (kg-m)	M3 (kg-m)
C1	PP	0,00	-10 169,54	-63,45	-2 104,89
C1	PP	3,50	-9 413,54	64,85	1 489,58
C1	CV	0,00	-3 046,64	12,74	-1 067,50
C1	CV	3,50	-3 046,64	-6,51	810,43
C1	SISMO	0,00	1 955,01	4 656,59	3 290,88
C1	SISMO	3,50	1 955,01	-3 831,04	-3 159,33
C2	PP	0,00	-15 823,65	188,45	333,38
C2	PP	3,50	-15 067,65	-144,82	-229,12
C2	CV	0,00	-7 440,86	179,22	184,77
C2	CV	3,50	-7 440,86	-131,04	-141,82
C2	SISMO	0,00	487,51	4 970,75	5 080,01
C2	SISMO	3,50	487,51	-4 057,84	-4 129,00
C3	PP	0,00	-17 841,10	436,20	19,92
C3	PP	3,50	-17 085,10	-636,26	-15,00
C3	CV	0,00	-6 802,23	154,26	14,79
C3	CV	3,50	-6 802,23	-111,72	-11,85
C3	SISMO	0,00	869,17	5 169,54	4 722,63
C3	SISMO	3,50	869,17	-4 223,86	-3 947,09
C4	PP	0,00	-15 772,53	190,49	-289,51
C4	PP	3,50	-15 016,53	-144,18	193,16
C4	CV	0,00	-7 440,87	191,35	-139,34
C4	CV	3,50	-7 440,87	-135,31	106,52
C4	SISMO	0,00	1 251,71	5 365,09	5 088,21
C4	SISMO	3,50	1 251,71	-4 389,51	-4 131,86
C5	PP	0,00	-10 192,06	-17,53	2 128,03
C5	PP	3,50	-9 436,06	39,98	-1 506,47
C5	CV	0,00	-3 096,76	47,76	1 084,30
C5	CV	3,50	-3 096,76	-23,83	-824,35
C5	SISMO	0,00	-266,81	5 532,86	3 219,19
C5	SISMO	3,50	-266,81	-4 537,83	-3 126,82

Continuación de la tabla XXI.

Columna	Carga (kg)	Distancia (m)	P (kg)	M2 (kg-m)	M3 (kg-m)
C6	PP	0,00	-25 241,48	- 118,75	-719,96
C6	PP	3,50	-24 485,48	-57,04	1 200,74
C6	CV	0,00	-6 892,06	-16,52	-341,34
C6	CV	3,50	-6 892,06	-25,67	576,01
C6	SISMO	0,00	7 206,30	9 550,26	7 951,41
C6	SISMO	3,50	7 206,30	-6 616,35	-4 759,96
C7	PP	0,00	-40 257,70	-42,15	126,78
C7	PP	3,50	-39 501,70	-180,13	-193,36
C7	CV	0,00	-16 602,47	39,05	67,89
C7	CV	3,50	-16 602,47	-116,22	-97,75
C7	SISMO	0,00	2 206,47	10 007,03	8 680,23
C7	SISMO	3,50	2 206,47	-6 973,91	-5 959,91
C8	PP	0,00	-40 736,29	-71,99	15,41
C8	PP	3,50	-39 980,29	-127,96	-9,99
C8	CV	0,00	-15 282,66	31,42	12,60
C8	CV	3,50	-15 282,66	-102,71	-6,74
C8	SISMO	0,00	3 554,51	10 416,16	8 530,30
C8	SISMO	3,50	3 554,51	-7 253,03	-5 713,06
C9	PP	0,00	-40 166,98	-38,74	-95,71
C9	PP	3,50	-39 410,98	-179,66	172,97
C9	CV	0,00	-16 645,69	45,64	-37,34
C9	CV	3,50	-16 645,69	-125,19	75,49
C9	SISMO	0,00	4 972,92	10 823,45	8 684,15
C9	SISMO	3,50	4 972,92	-7 529,14	-5 966,36
C10	PP	0,00	-25 374,56	-96,17	745,47
C10	PP	3,50	-24 618,56	-82,06	-1 211,99
C10	CV	0,00	-7 078,51	-0,03	362,40
C10	CV	3,50	-7 078,51	-49,04	-582,64
C10	SISMO	0,00	366,71	11 220,27	7 919,87
C10	SISMO	3,50	-366,71	-7 788,00	-4 708,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Cargas y momentos en columnas marco C**

Columna	Carga (kg)	Distancia (m)	P (kg)	M2 (kg-m)	M3 (kg-m)
C11	PP	0,00	-13 373,99	986,47	36,03
C11	PP	3,50	-12 617,99	-851,25	-33,69
C11	CV	0,00	-4 299,93	-195,94	-17,81
C11	CV	3,50	-4 299,93	155,55	-0,99
C11	SISMO	0,00	1 656,94	3 580,26	5 082,60
C11	SISMO	3,50	1 656,94	-3 381,97	-4 243,12
C12	PP	0,00	-16 048,51	-1 689,25	22,45
C12	PP	3,50	-15 292,51	1 589,31	-11,80
C12	CV	0,00	-6 541,74	-394,52	-19,47
C12	CV	3,50	-6 541,74	294,01	8,56
C12	SISMO	0,00	861,35	5 171,07	4 907,99
C12	SISMO	3,50	- 861,35	-4 224,05	-4 103,37
C13	PP	0,00	-17 841,10	436,20	19,92
C13	PP	3,50	-17 085,10	-636,26	-15,00
C13	CV	0,00	-6 802,23	154,26	14,79
C13	CV	3,50	-6 802,23	-111,72	-11,85
C13	SISMO	0,00	869,17	5 169,54	4 722,63
C13	SISMO	3,50	869,17	-4 223,86	-3 947,09
C14	PP	0,00	-7 987,01	568,10	14,91
C14	PP	3,50	-7 231,01	-264,80	-11,71
C14	CV	0,00	-2 177,30	485,66	16,62
C14	CV	3,50	-2 177,30	-370,98	-13,03
C14	SISMO	0,00	-1 659,36	3 556,83	4 466,58
C14	SISMO	3,50	-1 659,36	-3 369,07	-3 763,62
C15	PP	0,00	-31 115,85	182,87	19,94
C15	PP	3,50	-30 359,85	-547,57	-12,29
C15	CV	0,00	-9 858,32	-82,67	-2,50
C15	CV	3,50	-9 858,32	85,12	19,75
C15	SISMO	0,00	6 272,95	9 761,57	9 234,33
C15	SISMO	3,50	6 272,95	-6 175,30	-6 201,33

Continuación de la tabla XXII.

Columna	Carga (kg)	Distancia (m)	P (kg)	M2 (kg-m)	M3 (kg-m)
C16	PP	0,00	-36 805,70	-541,82	19,05
C16	PP	3,50	-36 049,70	645,60	-13,08
C16	CV	0,00	-14 754,53	-152,18	-0,29
C16	CV	3,50	-14 754,53	199,58	15,39
C16	SISMO	0,00	-3 530,20	10 417,02	8 918,89
C16	SISMO	3,50	-3 530,20	-7 254,45	-5 976,39
C17	PP	0,00	-40 736,29	-71,99	15,41
C17	PP	3,50	-39 980,29	-127,96	-9,99
C17	CV	0,00	-15 282,66	31,42	12,60
C17	CV	3,50	-15 282,66	-102,71	-6,74
C17	SISMO	0,00	3 554,51	10 416,16	8 530,30
C17	SISMO	3,50	3 554,51	-7 253,03	-5 713,06
C18	PP	0,00	-18 927,63	145,11	12,86
C18	PP	3,50	-18 171,63	-485,40	-8,06
C18	CV	0,00	-4 981,39	137,04	12,98
C18	CV	3,50	-4 981,39	-276,61	-8,06
C18	SISMO	0,00	-6 288,53	9 752,10	8 181,53
C18	SISMO	3,50	-6 288,53	-6 159,71	-5 433,25

Fuente: elaboración propia.

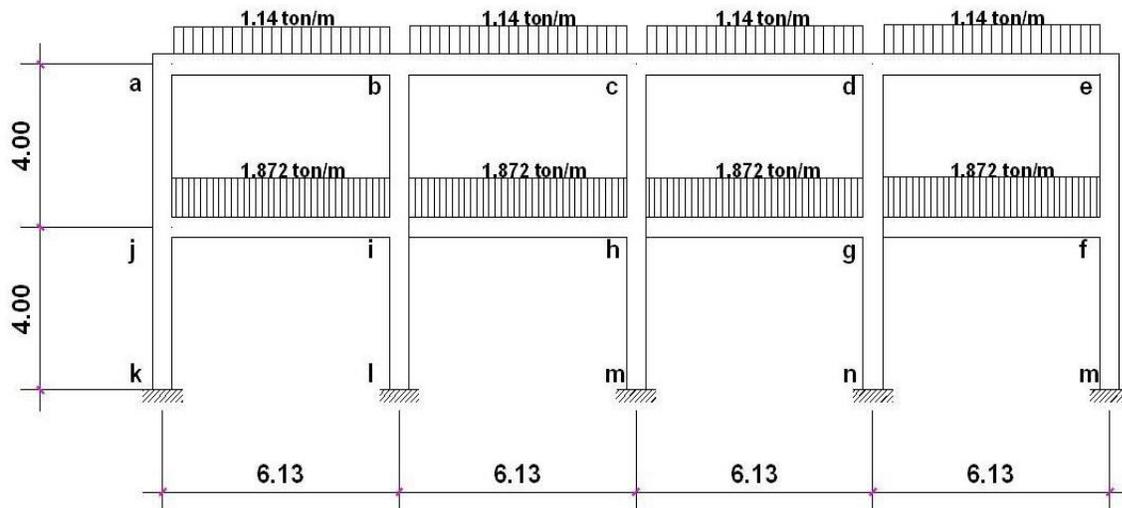
#### 2.2.5.4. Análisis por el método de Kani y comparación de resultados

Los resultados con el modelo de ETABS se comparan con los obtenidos del análisis realizado por el método de Kani, pues la correspondencia en los resultados de ambos demostrará el correcto manejo del software.

A continuación se describe el procedimiento para la primera iteración hecha al marco 2 bajo carga muerta. Para ampliar en detalles sobre el método de Kani se recomienda al lector abocarse a las fuentes consultadas.

Se identifican los nudos y se indican las cargas muertas actuantes:

Figura 23. **Identificación de nudos y cargas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Cálculo de momentos de empotramiento:

Para determinar los momentos de empotramiento o momentos fijos en los extremos se sigue lo expuesto en el código ACI 318-05 8.3.3, pues se debe tomar en cuenta que los momentos no son los mismos en todos los nudos, ya que dependiendo de la ubicación y de la cantidad de elementos ligados al él, así será su capacidad de giro y transmisión de esfuerzos.

De esta forma los momentos de empotramiento son:

- momentos negativos, para nudos exteriores  $1/16 WL^2$
- momentos negativos, primer apoyo interior  $1/10 WL^2$

- momentos negativos, en el resto de apoyos  $1/11 WL^2$
- momentos positivos, para nudos exteriores  $1/14 WL^2$
- momentos positivos, vanos interiores  $1/16 WL^2$

$$-ME_{ab} = ME_{ed} = \pm \frac{1,14 * 6,13^2}{16} = \pm 2,673 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{de} = ME_{ba} = \pm \frac{1,14 * 6,13^2}{10} = \pm 4,277 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{bc} = ME_{cb} = \pm \frac{1,14 * 6,13^2}{11} = \pm 3,888 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{cd} = ME_{dc} = \pm \frac{1,14 * 6,13^2}{11} = \pm 3,888 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{ji} = ME_{fg} = \pm \frac{1,872 * 6,13^2}{16} = \pm 4,389 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{gf} = ME_{ij} = \pm \frac{1,872 * 6,13^2}{10} = \pm 7,023 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{ih} = ME_{hi} = \pm \frac{1,872 * 6,13^2}{11} = \pm 6,384 \text{ ton - m}$$

$$-ME_{hg} = ME_{gh} = \pm \frac{1,872 * 6,13^2}{11} = \pm 6,384 \text{ ton - m}$$

- Cálculo de momentos de sujeción

$$M_s = \sum_i ME_{ik}$$

$$\text{Nudo a: } M_s = \sum_a ME_{ab} = -2,673 \text{ ton - m}$$

$$\text{Nudo b: } M_s = \sum_b ME_{ba} + ME_{bc} = 4,277 - 3,888 = 0,389 \text{ ton - m}$$

$$\text{Nudo c: } M_s = \sum_c ME_{cb} + ME_{cd} = 3,888 - 3,888 = 0,000 \text{ ton - m}$$

Nudo d:  $M_s = \sum_d ME_{dc} + ME_{de} = 3,888 - 4,277 = -0,389 \text{ ton} - \text{m}$

Nudo e:  $M_s = \sum_e ME_{ed} = 2,673 \text{ ton} - \text{m}$

Nudo j:  $M_s = \sum_j ME_{ji} = -4,389 \text{ ton} - \text{m}$

Nudo i:  $M_s = \sum_i ME_{ij} + ME_{ih} = 7,023 - 6,384 = 0,638 \text{ ton} - \text{m}$

Nudo h:  $M_s = \sum_h ME_{hi} + ME_{hg} = 6,384 - 6,384 = 0,000 \text{ ton} - \text{m}$

Nudo g:  $M_s = \sum_g ME_{gh} + ME_{gf} = 6,384 - 7,023 = -0,638 \text{ ton} - \text{m}$

Nudo f:  $M_s = \sum_e ME_{fg} = 4,389 \text{ ton} - \text{m}$

- Cálculo de rigideces

$$K = \frac{I}{L}$$

- Vigas

$$K_v = \frac{\frac{0,25 * 0,5^3}{12}}{6,13} = 0,0026$$

- Columnas

$$K_v = \frac{\frac{0,25 * 0,25^3}{12}}{4,00} = 0,0052$$

- Factores de giro o coeficientes de reparto

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \frac{K_{ik}}{\sum_i K_{ik}}$$

Nudo a:

$$\mu_{ab} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(0,0026 + 0,0052)} = -0,123$$

$$\mu_{aj} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(0,0026 + 0,0052)} = -0,377$$

Nudo b:

$$\mu_{ba} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,099$$

$$\mu_{bc} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,099$$

$$\mu_{bi} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,302$$

Nudo c:

$$\mu_{cb} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,099$$

$$\mu_{cd} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,099$$

$$\mu_{ch} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,302$$

Nudo d:

$$\mu_{dc} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,099$$

$$\mu_{de} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,099$$

$$\mu_{dg} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 0,0052)} = -0,302$$

Nudo e:

$$\mu_{ed} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(0,0026 + 0,0052)} = -0,123$$

$$\mu_{ef} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(0,0026 + 0,0052)} = -0,377$$

Nudo f:

$$\mu_{fg} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,070$$

$$\mu_{fe} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,215$$

$$\mu_{fo} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,215$$

Nudo g:

$$\mu_{gf} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,062$$

$$\mu_{gh} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,062$$

$$\mu_{gd} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,188$$

$$\mu_{gn} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,188$$

Nudo h:

$$\mu_{hf} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,062$$

$$\mu_{hi} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,062$$

$$\mu_{hc} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,188$$

$$\mu_{hm} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,188$$

Nudo i:

$$\mu_{ih} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,062$$

$$\mu_{ij} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,062$$

$$\mu_{ib} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,188$$

$$\mu_{il} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(2 * 0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,188$$

Nudo j:

$$\mu_{ji} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,070$$

$$\mu_{ja} = -\frac{1}{2} \frac{0,0026}{\sum(0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,215$$

$$\mu_{jk} = -\frac{1}{2} \frac{0,0052}{\sum(0,0026 + 2 * 0,0052)} = -0,215$$

$\mu_k, \mu_l, \mu_m, \mu_n, \mu_o = 0$  (Rigidez infinita en los apoyos).

- Influencias de giro

$$M'_{ik} = \mu_{ik} \left( ME_i + \sum_i M'_{ki} \right)$$

Se utilizó la siguiente convención de signos:



El recorrido seleccionado para cada iteración es el siguiente:

$$a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f$$

$$l \leftarrow k \leftarrow j \leftarrow i \leftarrow h \leftarrow g$$

Nudo a:

$$M'_{ab} = -0,123 * (-2,673 + 0,00) = 0,329$$

$$M'_{aj} = -0,377 * (-2,673 + 0,00) = 1,007$$

Nudo b:

$$M'_{ba} = -0,099 * (0,389 + 0,329) = -0,071$$

$$M'_{bc} = -0,099 * (0,389 + 0,329) = -0,071$$

$$M'_{bi} = -0,302 * (0,389 + 0,329) = -0,217$$

Nudo c:

$$M'_{cb} = -0,099 * (0,000 - 0,071) = 0,007$$

$$M'_{cd} = -0,099 * (0,000 - 0,071) = 0,007$$

$$M'_{ch} = -0,302 * (0,000 - 0,071) = 0,021$$

Nudo d:

$$M'_{dc} = -0,099 * (-0,389 + 0,007) = 0,038$$

$$M'_{de} = -0,099 * (-0,389 + 0,007) = 0,038$$

$$M'_{dg} = -0,302 * (-0,389 + 0,007) = 0,115$$

Nudo e:

$$M'_{ed} = -0,123 * (2,673 + 0,038) = -0,333$$

$$M'_{ef} = -0,377 * (2,673 + 0,038) = -1,022$$

Nudo f:

$$M'_{fg} = -0,07 * (4,389 - 1,022) = -0,236$$

$$M'_{fe} = -0,215 * (4,389 - 1,022) = -0,724$$

$$M'_{fo} = -0,215 * (4,389 - 1,022) = -0,724$$

Nudo g:

$$M'_{gf} = -0,062 * (-0,638 - 0,236 + 0,115) = 0,047$$

$$M'_{gh} = -0,062 * (-0,638 - 0,236 + 0,115) = 0,047$$

$$M'_{fd} = -0,188 * (-0,638 - 0,236 + 0,115) = 0,143$$

$$M'_{fn} = -0,188 * (-0,638 - 0,236 + 0,115) = 0,143$$

Nudo h:

$$M'_{hg} = -0,062 * (0,000 + 0,021 + 0,047) = -0,004$$

$$M'_{hi} = -0,062 * (0,000 + 0,021 + 0,047) = -0,004$$

$$M'_{hc} = -0,188 * (0,000 + 0,021 + 0,047) = -0,013$$

$$M'_{hm} = -0,188 * (0,000 + 0,021 + 0,047) = -0,013$$

Nudo i:

$$M'_{ih} = -0,062 * (0,638 - 0,004 - 0,217) = -0,026$$

$$M'_{ij} = -0,062 * (0,638 - 0,004 - 0,217) = -0,026$$

$$M'_{ib} = -0,188 * (0,638 - 0,004 - 0,217) = -0,078$$

$$M'_{il} = -0,188 * (0,638 - 0,004 - 0,217) = -0,078$$

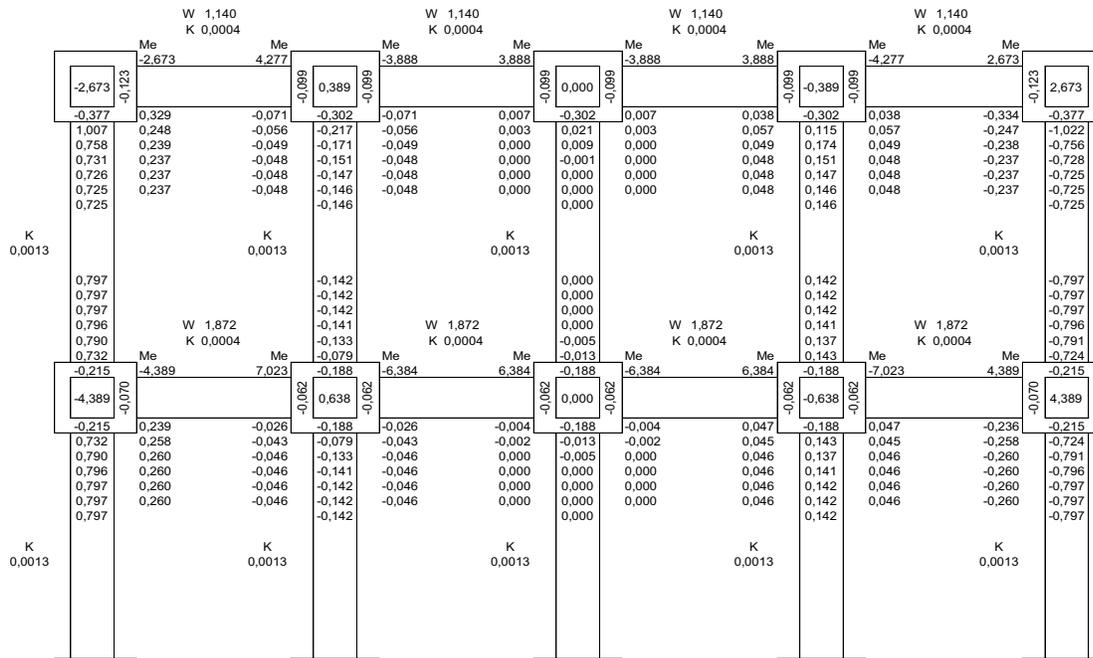
Nudo j:

$$M'_{ji} = -0,07 * (-4,389 - 0,026 + 1,007) = 0,239$$

$$M'_{ja} = -0,215 * (-4,389 - 0,026 + 1,007) = -0,732$$

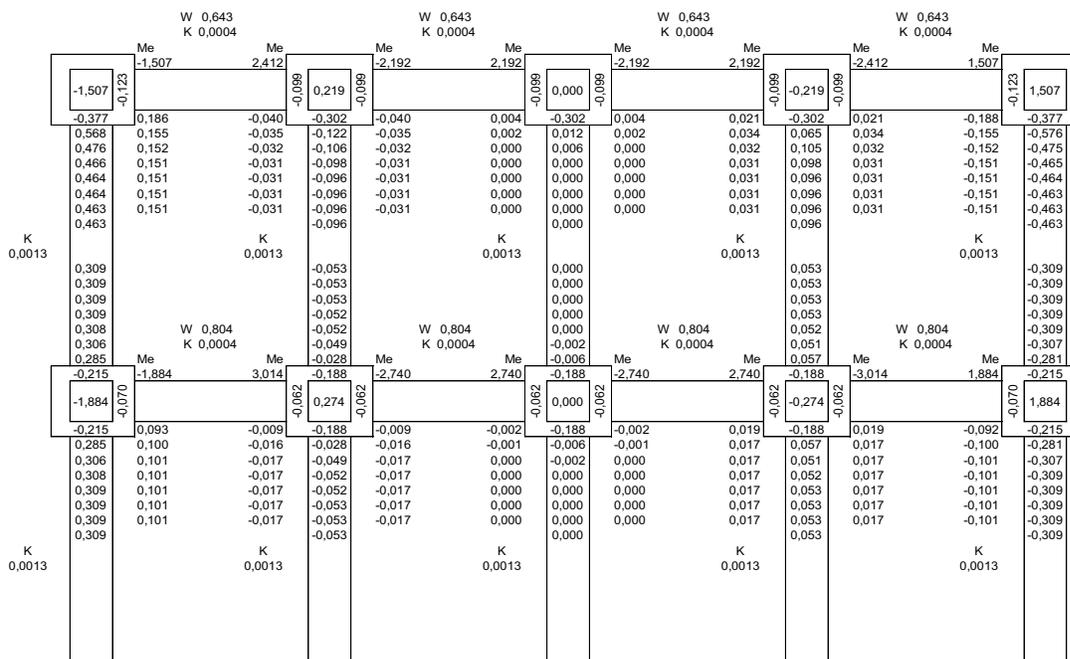
$$M'_{jk} = -0,215 * (-4,389 - 0,026 + 1,007) = -0,732$$

Figura 24. Diagrama de iteraciones para carga muerta



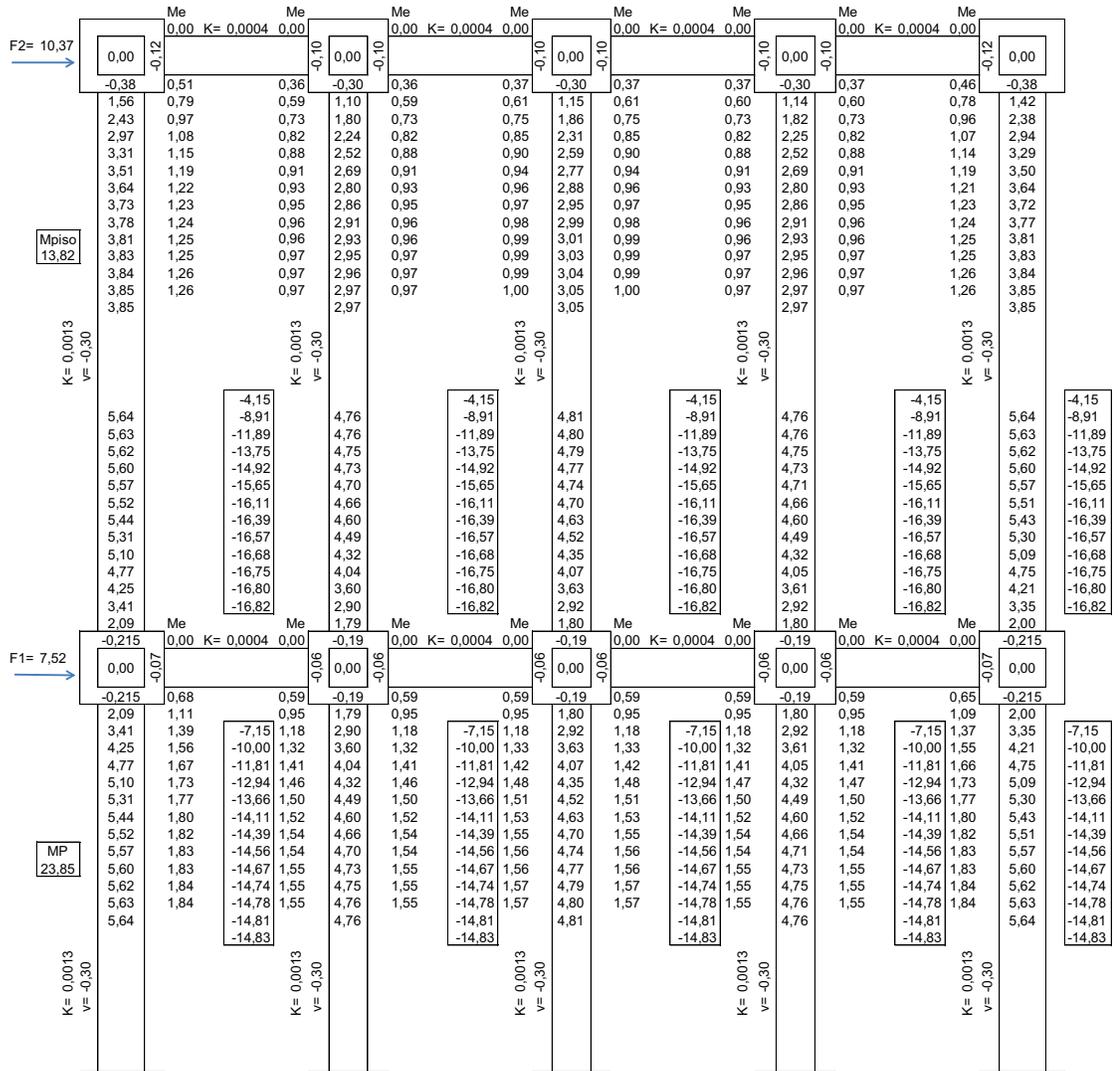
Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de iteraciones para carga viva



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. Diagrama de iteraciones para carga por sismo



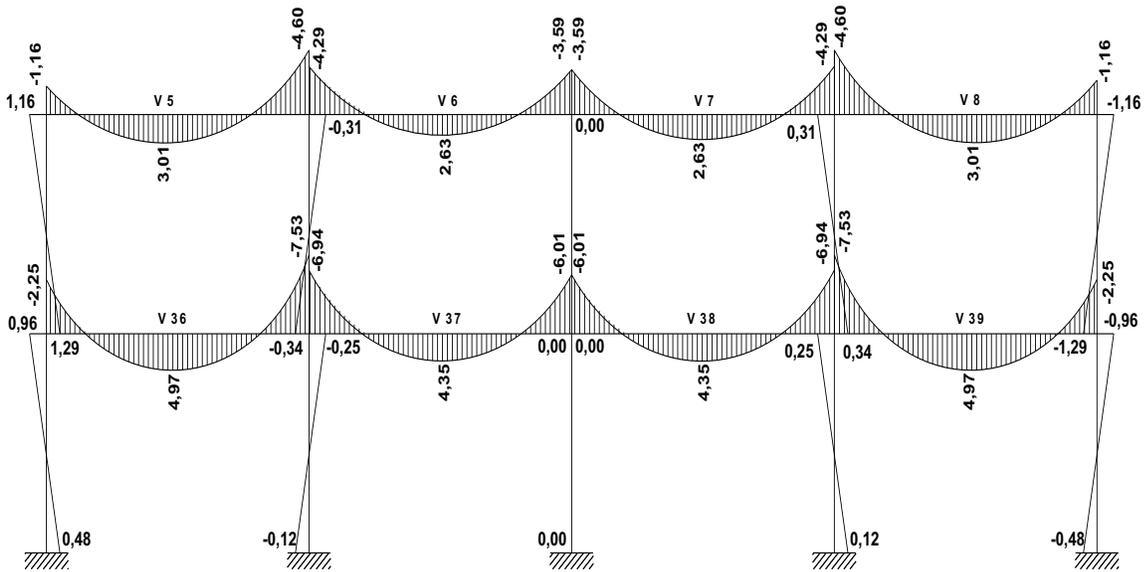
Fuente: elaboración propia.

- Momentos finales

$$M_{ik} = ME_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

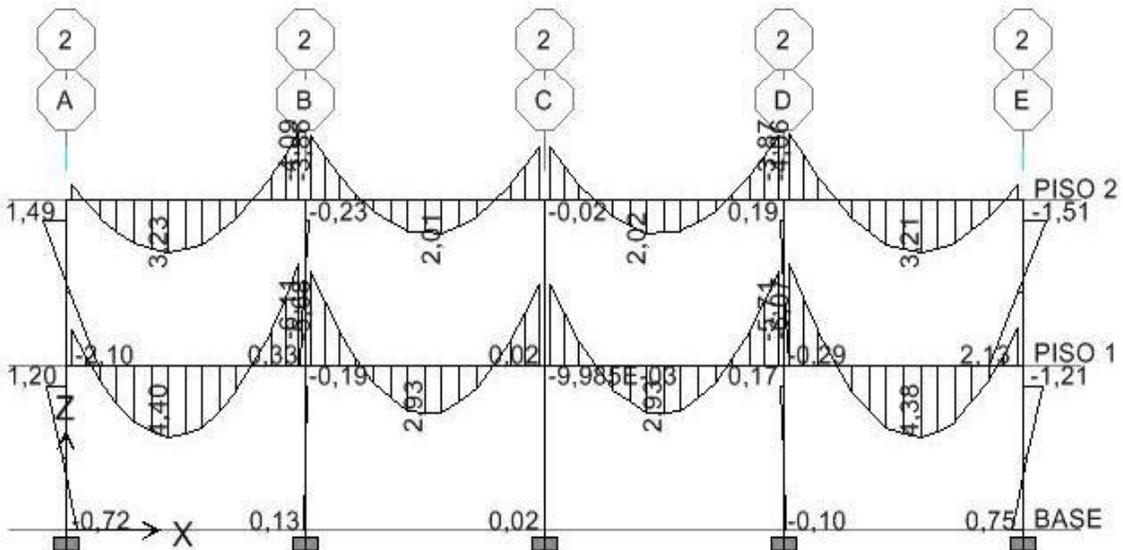
A continuación se muestran los diagramas finales para cada tipo de carga, además de la contraparte obtenida por el modelado en ETABS.

Figura 27. **Momentos finales por Kani para carga muerta (ton-m)**



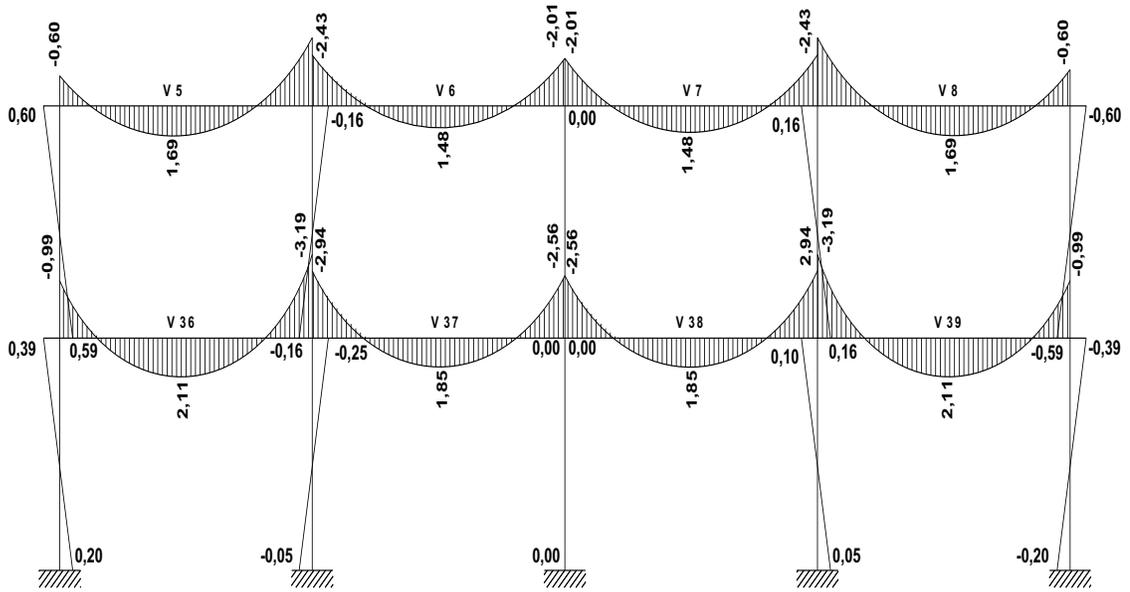
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 28. **Momentos por ETABS para carga muerta (ton-m)**



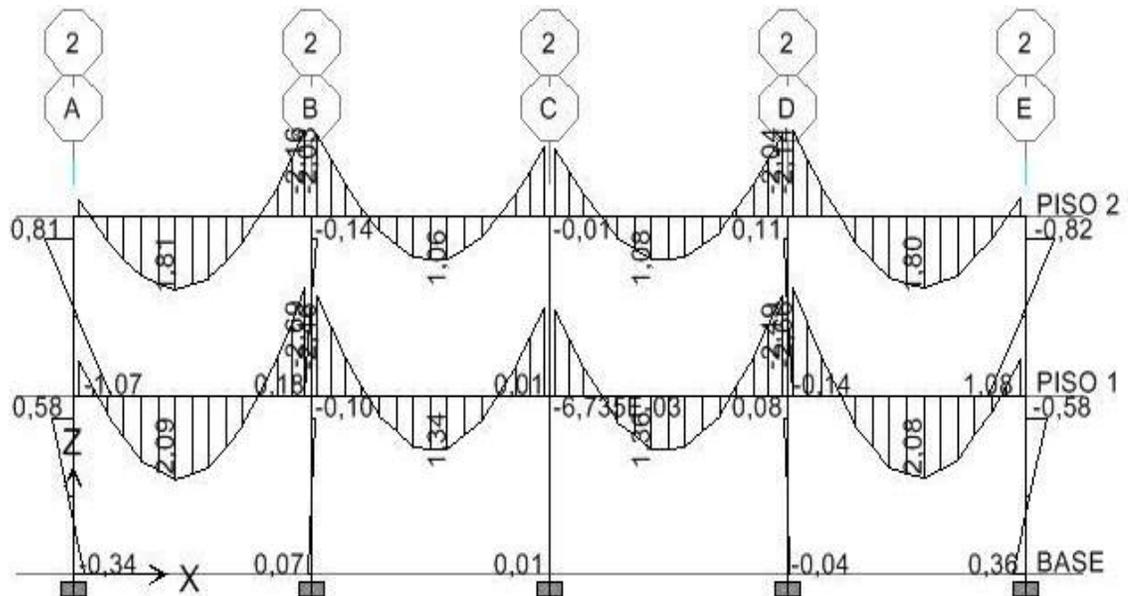
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

Figura 29. **Momentos finales por Kani para carga viva (ton-m)**



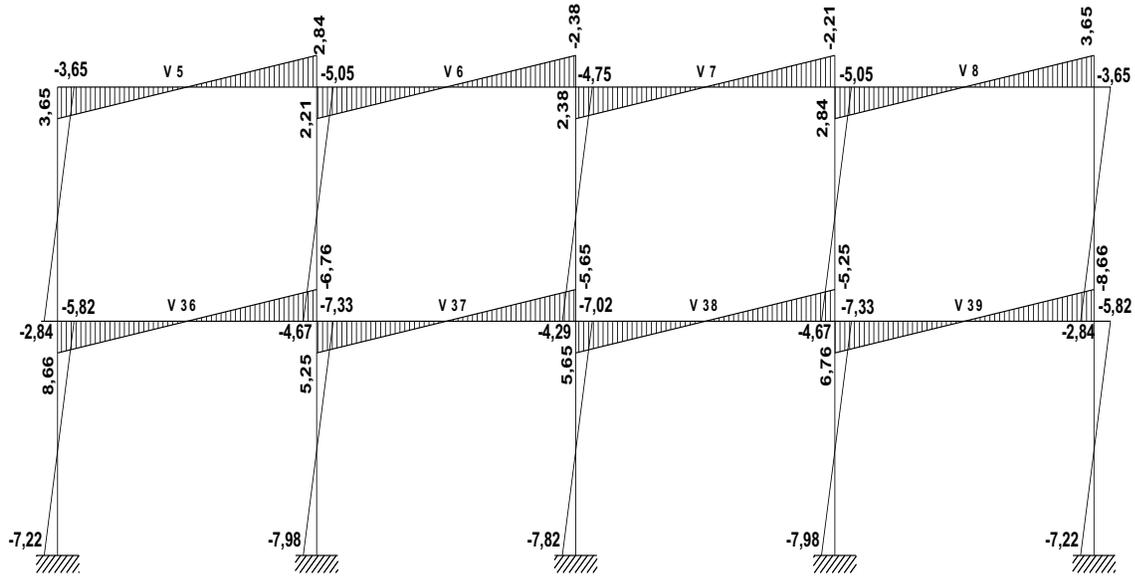
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 30. **Momentos por ETABS para carga viva (ton-m)**



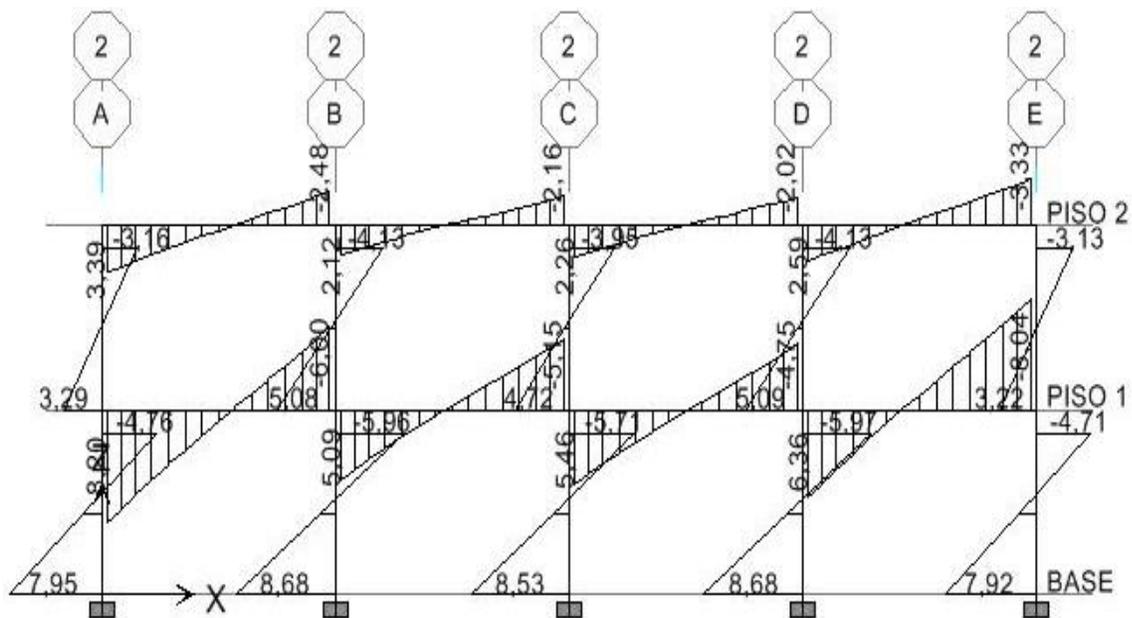
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

Figura 31. **Momentos finales por Kani para carga sísmica (ton-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

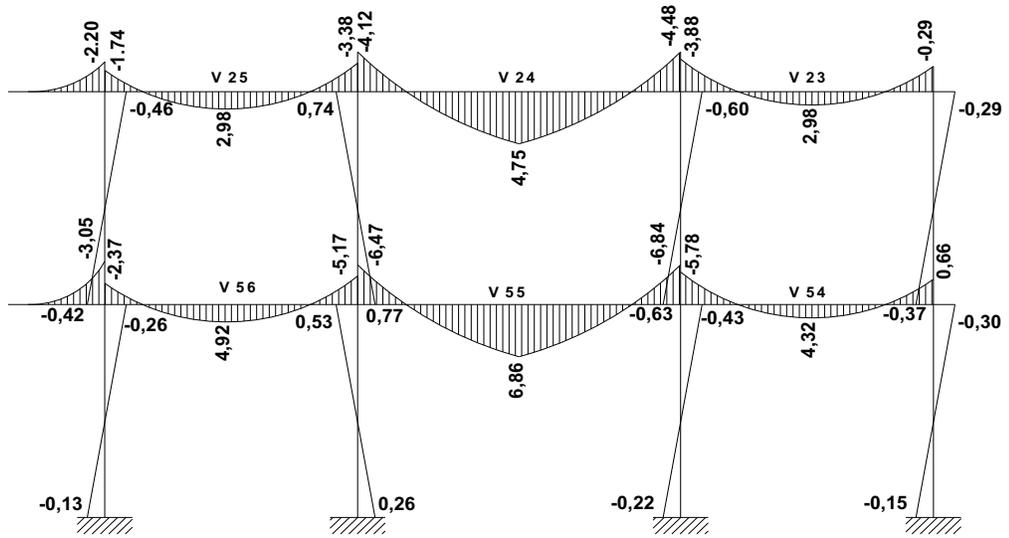
Figura 32. **Momentos por ETABS para carga por sismo (ton-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

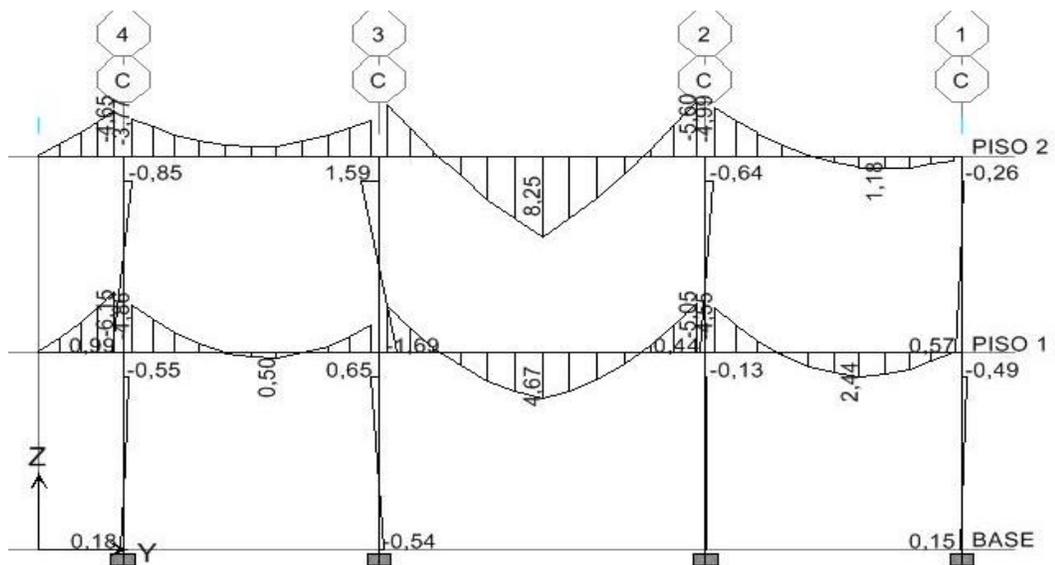
A continuación los resultados obtenidos para el marco C:

Figura 33. **Momentos finales por Kani para carga muerta (ton-m)**



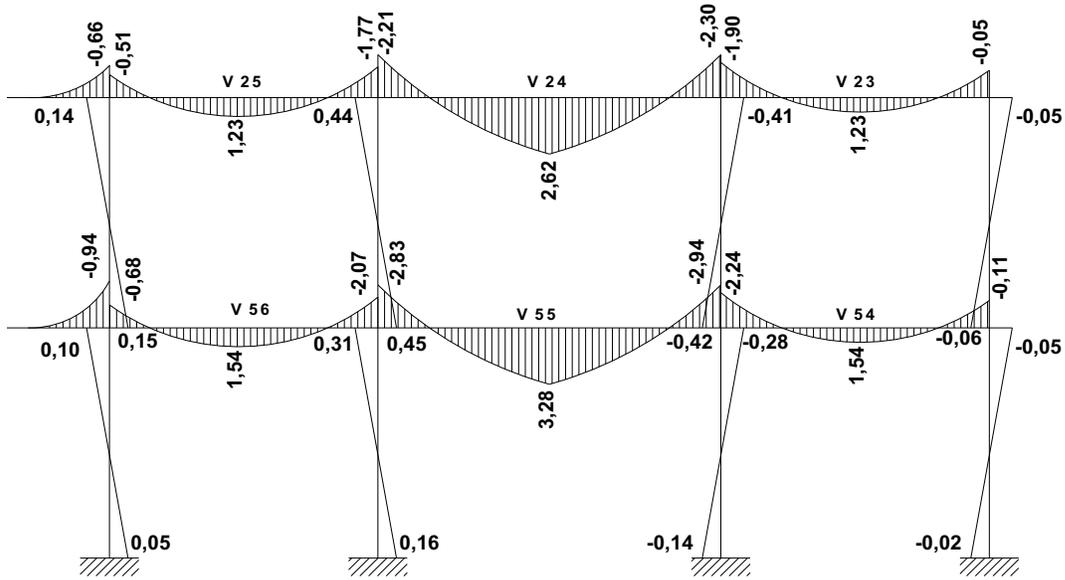
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 34. **Momentos por ETABS para carga muerta (ton-m)**



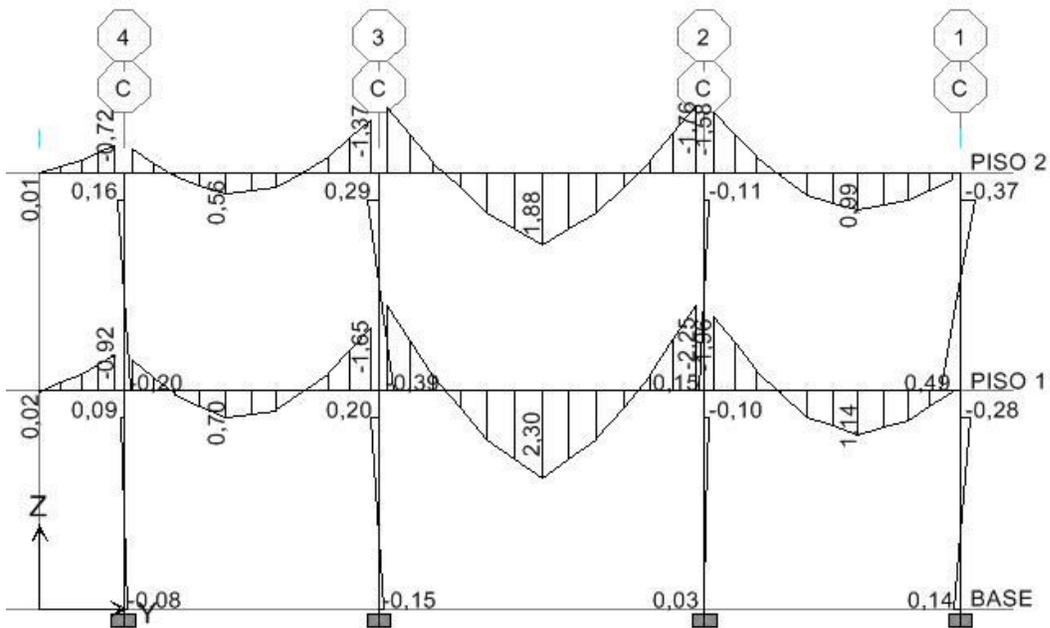
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

Figura 35. **Momentos finales por Kani para carga viva (ton-m)**



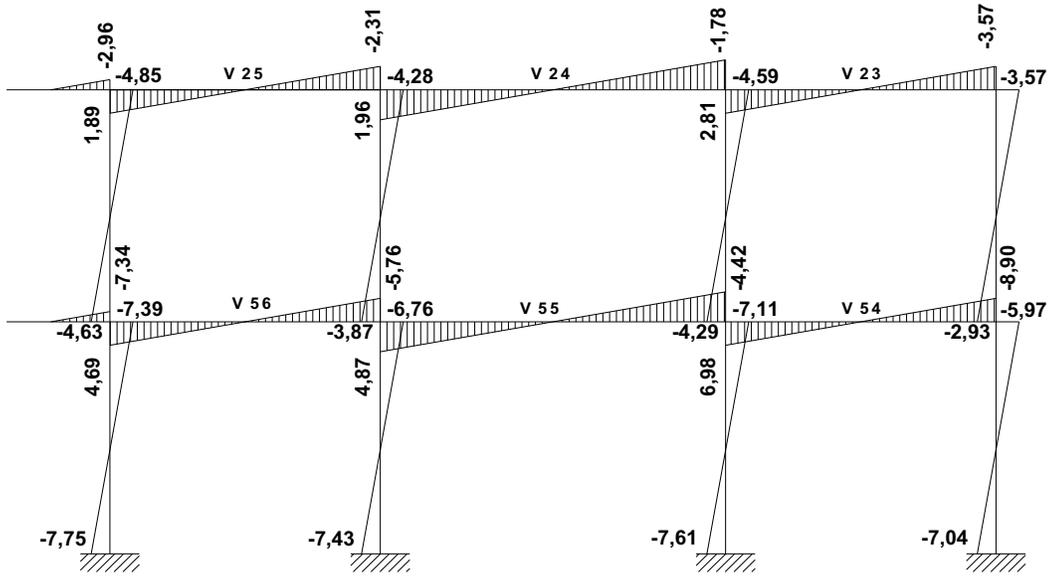
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 36. **Momentos por ETABS para carga viva (ton-m)**



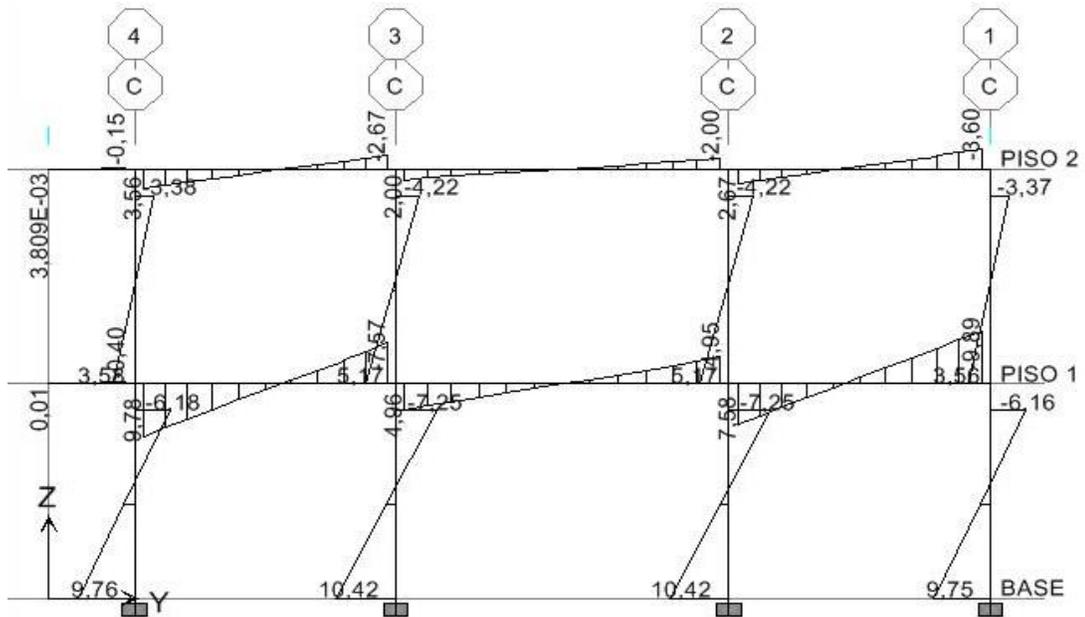
Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

Figura 37. **Momentos finales por Kani para carga sísmica (ton-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 38. **Momentos por ETABS para carga sísmica (ton-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de ETABS versión 9.7.2.

### 2.2.5.5. Envoltente de momentos

La envoltente de momentos se obtiene aplicando las combinaciones de carga señaladas en la sección 9.2.1 del código ACI 318-05 a los momentos obtenidos del análisis por ETABS, ordenados en las tablas XIX y XX. Esto genera un conjunto de curvas como lo muestra la figura 38 de donde se consideran los mayores valores negativos y positivos que serán tomados para el diseño de las secciones críticas y la respectiva área requerida de acero.

Las combinaciones de carga a utilizar serán las siguientes:

$$U = 1.2D + 1.6L$$

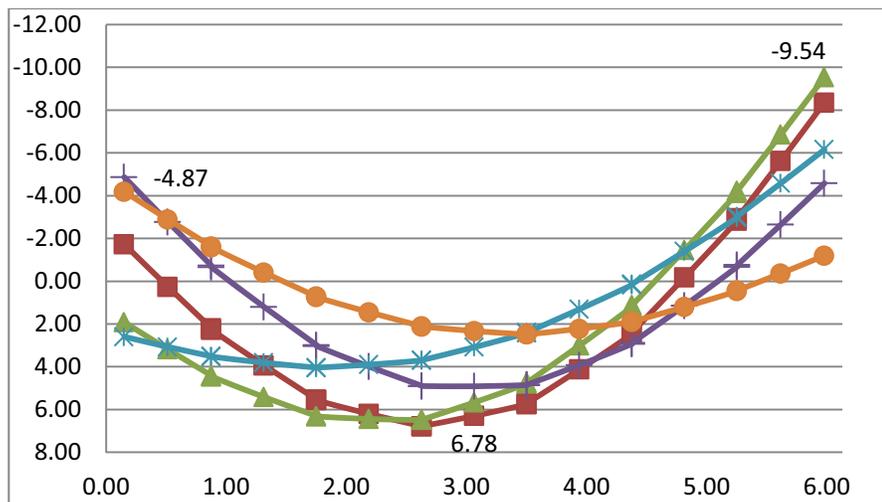
$$U = 1.2D + 1L + 1E$$

$$U = 1.2D + 1L - 1E$$

$$U = 0.9D + 1E$$

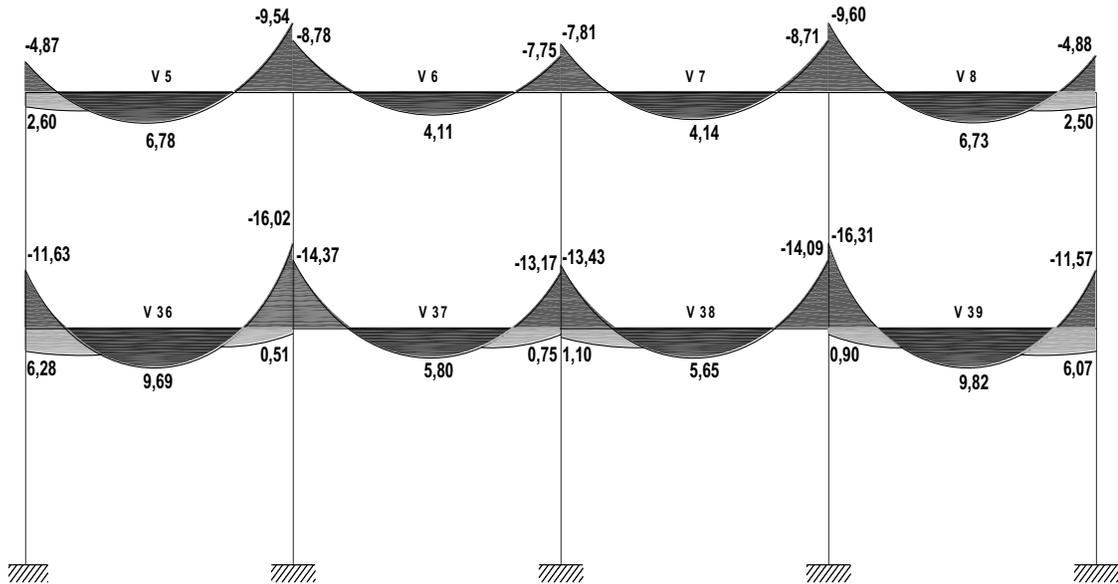
$$U = 0.9D - 1E$$

Figura 39. Envoltente de momentos para viga 5 (ton-m)



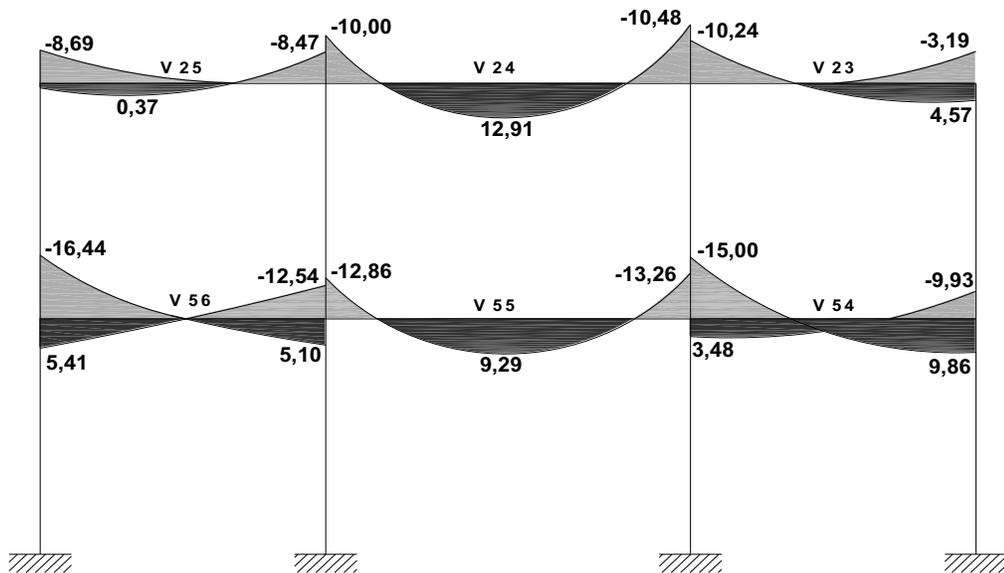
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Envolvente de momentos para marco 2 (ton-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 41. **Envolvente de momentos para marco C (ton-m)**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

## 2.2.6. Diseño estructural

El diseño de elementos estructurales se fundamenta en las hipótesis de diseño del código ACI 318, sección 10.2, así como lo contenido en el capítulo 21 para elementos estructurales resistentes a fuerzas inducidas por sismo.

### 2.2.6.1. Diseño de losas

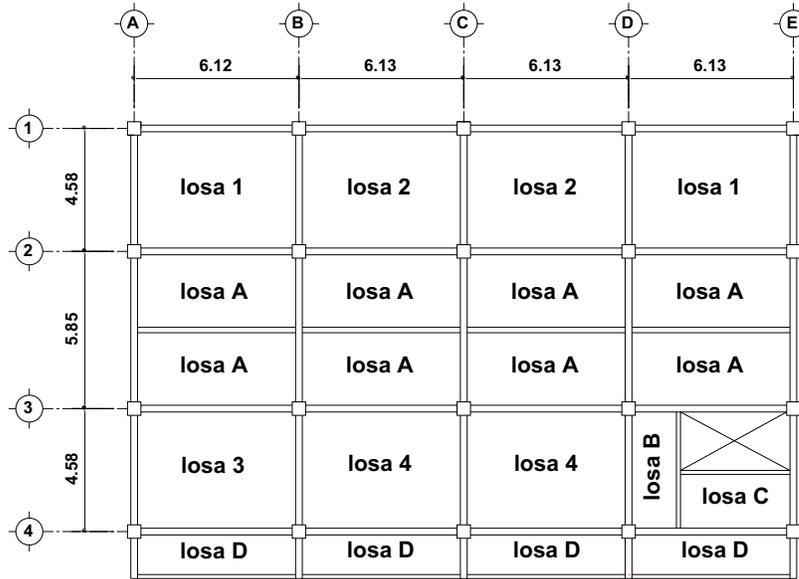
En la sección 2.2.5.1.4 se determinó el tipo de losa según la relación  $a/b$  que establece el modo de trabajo. Con estos datos, considerando las condiciones de empotramiento y continuidad en los bordes y con la ayuda de las tablas de diseño por coeficientes de momento en losas adjuntas en el anexo, se clasifica cada panel y así proceder al diseño por el método 3 del código ACI de 1963.

Tabla XXII. Tipología de losas

Nombre	a	b	$m = a/b$	Tipo	Caso	Cantidad
losa 1	4,33	5,88	0,736	2 sentidos	4	4
losa 2	4,33	5,88	0,736	2 sentidos	8	4
losa 3	4,33	5,88	0,736	2 sentidos	9	2
losa 4	4,33	5,88	0,736	2 sentidos	2	4
losa A	2,70	5,88	0,459	1 sentido	-	16
losa B	1,66	4,33	0,383	1 sentido	-	2
losa C	2,00	4,07	0,491	1 sentido	-	1
losa D	1,37	5,88	0,233	1 sentido	-	8

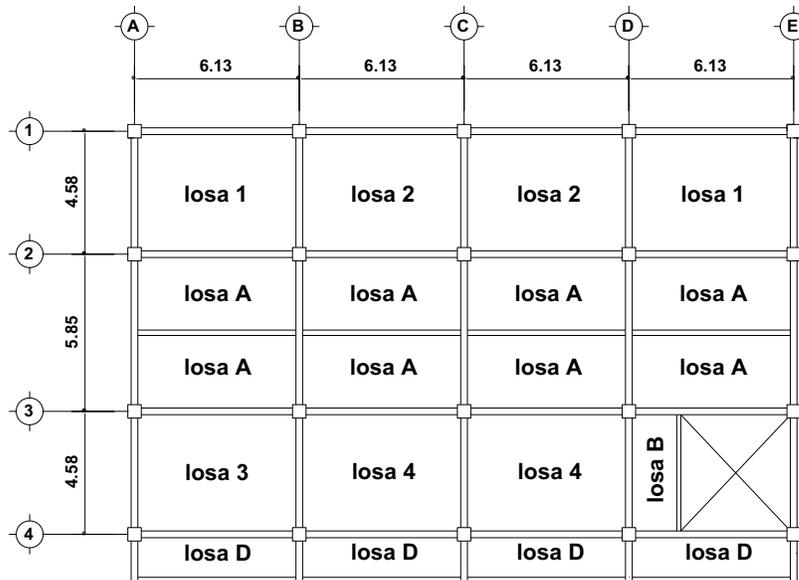
Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Planta de cubierta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 43. **Planta de entrepiso**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Momentos en losas bidireccionales del segundo nivel

En la sección 2.2.5.1.4 se concluyó que un espesor de 10 centímetros ofrece adecuada resistencia tanto a flexión como a corte en la losa crítica con dimensiones de 4,58 X 6,13 m<sup>2</sup> que corresponde a la losa 1. Para este caso se determinó que las cargas uniformemente distribuidas serían:

Carga muerta (CM) = 280 kg/m<sup>2</sup> (para cubierta);

Carga viva (CV) = 200 kg/m<sup>2</sup> (para cubierta);

Cargas mayoradas:

$$CU = 1,2CM + 1,6CV = 336,00 \text{ kg/m}^2 + 320,00 \text{ kg/m}^2 = 656,00 \text{ kg/m}^2$$

Los momentos negativos en losas bidireccionales se analizan considerando las condiciones de apoyo en los bordes, que pueden ser continuos o no continuos. El cálculo de momentos positivos y negativos en bordes continuos se lleva a cabo por coeficientes de reparto y aplicando las siguientes ecuaciones:

En la dimensión corta a

$$M_a^- = C_a^- * W_u * a^2$$

$$M_a^+ = C_{aCM} * CM * a^2 + C_{aLL} * CV * a^2$$

En la dimensión larga b

$$M_b^- = C_b^- * W_u * b^2$$

$$M_b^+ = C_{bCM} * CM * b^2 + C_{bLL} * CV * b^2$$

Donde:

$M_a^-, M_b^-$  = momento negativo

$M_a^+, M_b^+$  = momento positivo

$C_a^-, C_b^-$  = coeficiente de M (-) obtenido de tabla I del anexo

$C_{a\text{ CM}}$  = coeficiente de M (+) por carga muerta ver tabla II del anexo

$C_{b\text{ LL}}$  = coeficiente de M (+) por carga viva ver tabla III del anexo

a = dimensión corta

b = dimensión larga

$W_u$  = carga ultima mayorada

CM = carga muerta mayorada

CV = carga viva mayorada

○ Momentos en losa 1

Momentos en sentido a

$$M_a^- = 0,081 * 656,00 * 4,33^2 = 996,96 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,046 * 336,00 * 4,33^2 + 0,057 * 320,00 * 4,33^2 = 631,76 \text{ kg-m}$$

Momentos en sentido b

$$M_b^- = 0,019 * 656,00 * 5,88^2 = 430,94 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,011 * 336,00 * 5,88^2 + 0,014 * 320,00 * 5,88^2 = 282,68 \text{ kg-m}$$

○ Momentos en losa 2:

$$M_a^- = 0,068 * 656,00 * 4,33^2 = 835,73 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,040 * 336,00 * 4,33^2 + 0,054 * 320,00 * 4,33^2 = 575,97 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,029 * 656,00 * 5,88^2 = 657,74 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,011 * 336,00 * 5,88^2 + 0,014 * 320,00 * 5,88^2 = 282,68 \text{ kg-m}$$

- Momentos en losa 3

$$M_a^- = 0,081 * 656,00 * 4,33^2 = 996,24 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,033 * 336,00 * 4,33^2 + 0,050 * 320,00 * 4,33^2 = 507,87 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,011 * 656,00 * 5,88^2 = 249,49 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,006 * 336,00 * 5,88^2 + 0,011 * 320,00 * 5,88^2 = 191,40 \text{ kg-m}$$

- Momentos en losa 4

$$M_a^- = 0,074 * 656,00 * 4,33^2 = 910,15 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,030 * 336,00 * 4,33^2 + 0,049 * 320,00 * 4,33^2 = 482,97 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,017 * 656,00 * 5,88^2 = 385,57 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,007 * 336,00 * 5,88^2 + 0,012 * 320,00 * 5,88^2 = 214,08 \text{ kg-m}$$

En el caso de momentos negativos en bordes discontinuos, se tomó un tercio del momento positivo paralelo al borde analizado, como ejemplo se muestra los momentos obtenidos para los bordes a y b de la losa 1:

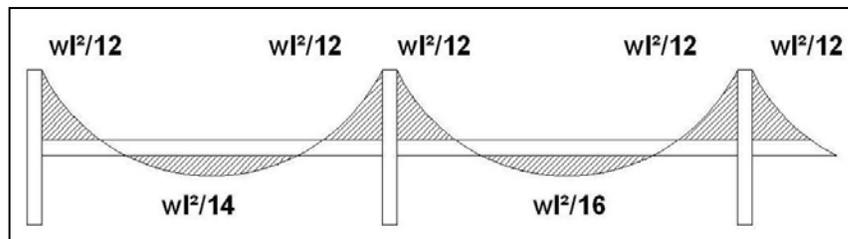
$$M_a = \frac{1}{3} * 631,76 = 210,59 \text{ kg - m}$$

$$M_b = \frac{1}{3} * 282,63 = 94,23 \text{ kg - m}$$

- Momentos en losas unidireccionales

Para la determinación de los momentos de losas en una dirección, se sigue lo establecido en la sección 8.3.3 del ACI, para luces menores a 3 metros.

Figura 44. **Momentos para losas con claros  $\leq$  a 3 metros**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- (losa A):

$$M^- = \frac{656 * 2,70^2}{12} = 398,52 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M^+ = \frac{656 * 2,70^2}{16} = 298,89 \text{ kg} - \text{m}$$

- (losa B):

$$M^- = \frac{656 * 1,66^2}{12} = 150,64 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M^+ = \frac{656 * 1,66^2}{14} = 129,12 \text{ kg} - \text{m}$$

- (losa C):

$$M^- = \frac{656 * 2,00^2}{12} = 218,67 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M^+ = \frac{656 * 2,00}{14} = 187,43 \text{ kg} - \text{m}$$

- (losa D):

$$M^- = \frac{656 * 1,37}{12} = 102,60 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M^+ = \frac{656 * 1,37^2}{14} = 87,95 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos en losas bidireccionales del primer nivel

Cargas mayoradas

$$CU = 1,2 * 290,00 + 1,6 * 250,00 = 348,00 + 400,00 = 748,00 \text{ kg/m}^2$$

- Momentos en losa 1

$$M_a^- = 0,081 * 748,00 * 4,33^2 = 1135,96 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,046 * 348,00 * 4,33^2 + 0,057 * 400,00 * 4,33^2 = 727,61 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,019 * 748,00 * 5,88^2 = 491,37 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,011 * 348,00 * 5,88^2 + 0,014 * 400,00 * 5,88^2 = 325,97 \text{ kg-m}$$

- Momentos en losa 2:

$$M_a^- = 0,068 * 748,00 * 4,33^2 = 953,64 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,040 * 348,00 * 4,33^2 + 0,054 * 400,00 * 4,33^2 = 665,96 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,029 * 748,00 * 5,88^2 = 749,99 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,011 * 348,00 * 5,88^2 + 0,014 * 400,00 * 5,88^2 = 325,97 \text{ kg-m}$$

- Momentos en losa 3

$$M_a^- = 0,081 * 748,00 * 4,33^2 = 1135,96 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,033 * 348,00 * 4,33^2 + 0,050 * 400,00 * 4,33^2 = 590,29 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,011 * 748,00 * 5,88^2 = 284,48 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,006 * 348,00 * 5,88^2 + 0,011 * 400,00 * 5,88^2 = 224,32 \text{ kg-m}$$

- Momentos en losa 4

$$M_a^- = 0,074 * 748,00 * 4,33^2 = 1037,79 \text{ kg-m}$$

$$M_a^+ = 0,030 * 348,00 * 4,33^2 + 0,049 * 400,00 * 4,33^2 = 563,22 \text{ kg-m}$$

$$M_b^- = 0,017 * 748,00 * 5,88^2 = 439,65 \text{ kg-m}$$

$$M_b^+ = 0,007 * 348,00 * 5,88^2 + 0,012 * 400,00 * 5,88^2 = 250,18 \text{ kg-m}$$

- Momentos en losas unidireccionales

- (losa A):

$$M^- = \frac{748 * 2,70^2}{12} = 454,41 \text{ kg - m}$$

$$M^+ = \frac{748 * 2,70^2}{16} = 340,81 \text{ kg - m}$$

- (losa B):

$$M^- = \frac{748 * 1,66^2}{12} = 171,77 \text{ kg - m}$$

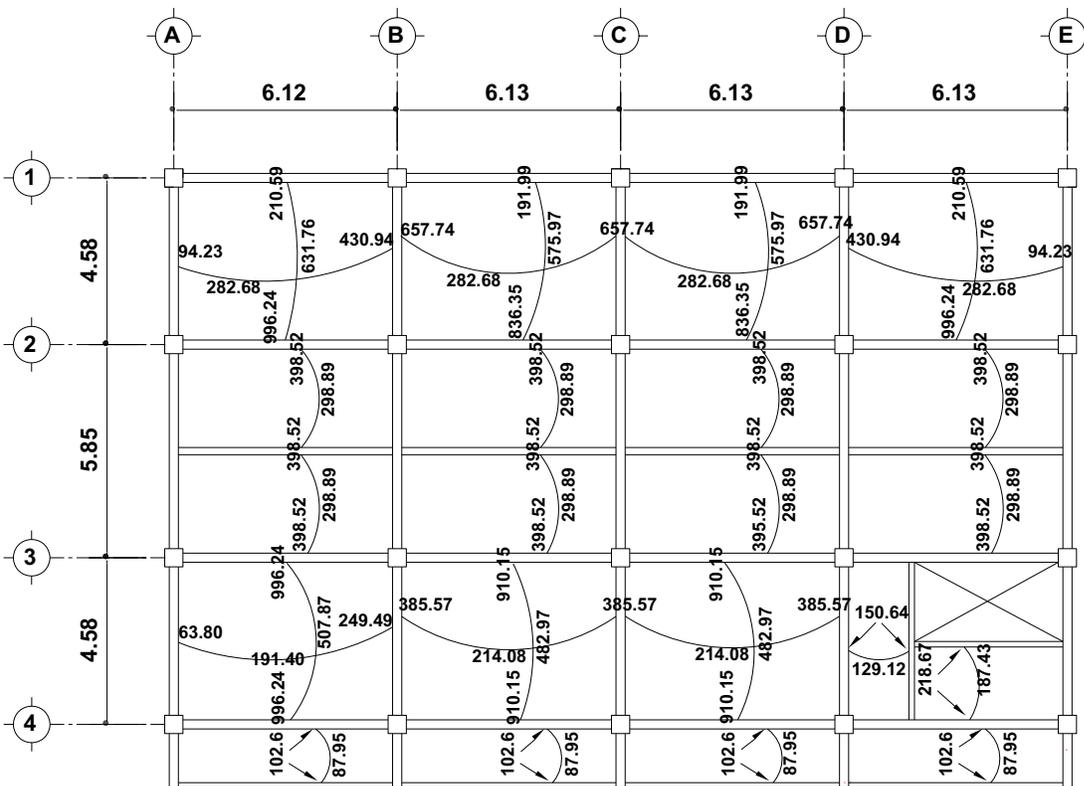
$$M^+ = \frac{748 * 1,66^2}{14} = 147,23 \text{ kg - m}$$

o (losa D):

$$M^- = \frac{748 * 1,37}{12} = 116,99 \text{ kg - m}$$

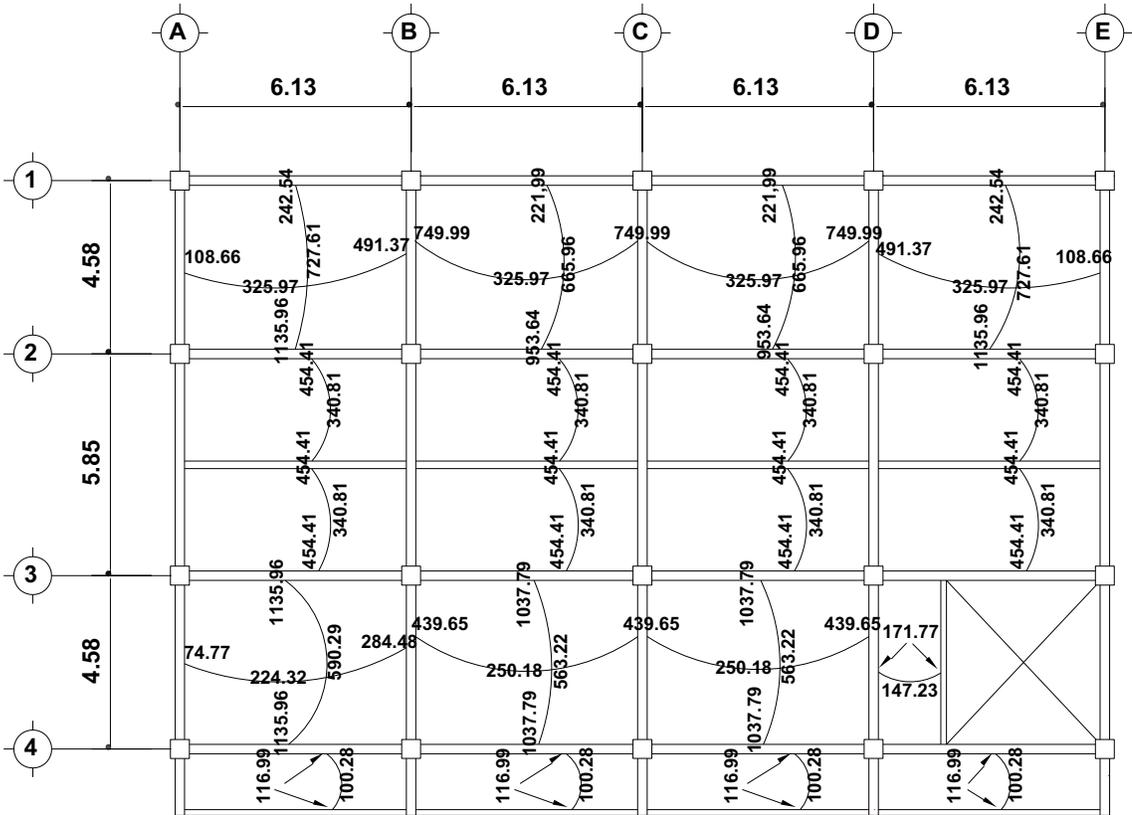
$$M^+ = \frac{748 * 1,37^2}{14} = 100,28 \text{ kg - m}$$

Figura 45. Momentos en cubierta



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 46. Momentos en entropiso



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

- Balanceo de momentos entre losas:

Se designa al menor de ellos  $M_1$  y al mayor  $M_2$ . Si la condición  $M_1 > 0,8 M_2$  se cumple, el balanceo es un simple promedio de ambos momentos y en caso contrario, se procede a balancear por rigideces como en el ejemplo a continuación hecho para los momentos de las losas 1 y 2:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} = \frac{1}{4,58} = 0,22$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2} = \frac{1}{5,85} = 0,17$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,22}{0,22 + 0,17} = 0,56$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} = \frac{0,17}{0,22 + 0,17} = 0,44$$

$$M_B = M_1 + (M_2 - M_1) * D_1$$

$$M_B = 1\,041,24 + (1\,751,10 - 1\,041,24) * 0,56 = 1\,438,76 \text{ kg}$$

Como comprobación, se realiza el mismo procedimiento con la siguiente fórmula:

$$M_B = M_2 + (M_1 - M_2) * D_2$$

$$M_B = 1\,751,10 + (1\,041,24 - 1\,751,10) * 0,44 = 1\,438,76 \text{ kg}$$

Tabla XXIII. **Momentos balanceados de cubierta**

Borde entre	M1	M2	0,8M2	balanceo	Mb
1 y 2	430,94	657,74	526,19	por rigideces	544,34
3 y 4	249,49	385,57	308,46	por rigideces	317,53
4 Y B	150,64	385,57	308,46	por rigideces	333,85
1 y A	398,52	996,24	796,99	por rigideces	766,67
3 y A	398,52	996,24	796,99	por rigideces	766,67
3 Y D	102,60	996,24	796,99	por rigideces	781,45
2 y A	398,52	836,35	669,08	por rigideces	668,19
4 y A	398,52	910,15	728,12	por rigideces	713,65
4 y D	102,60	910,15	728,12	por rigideces	716,05
C Y D	102,60	218,67	174,94	por rigideces	171,48

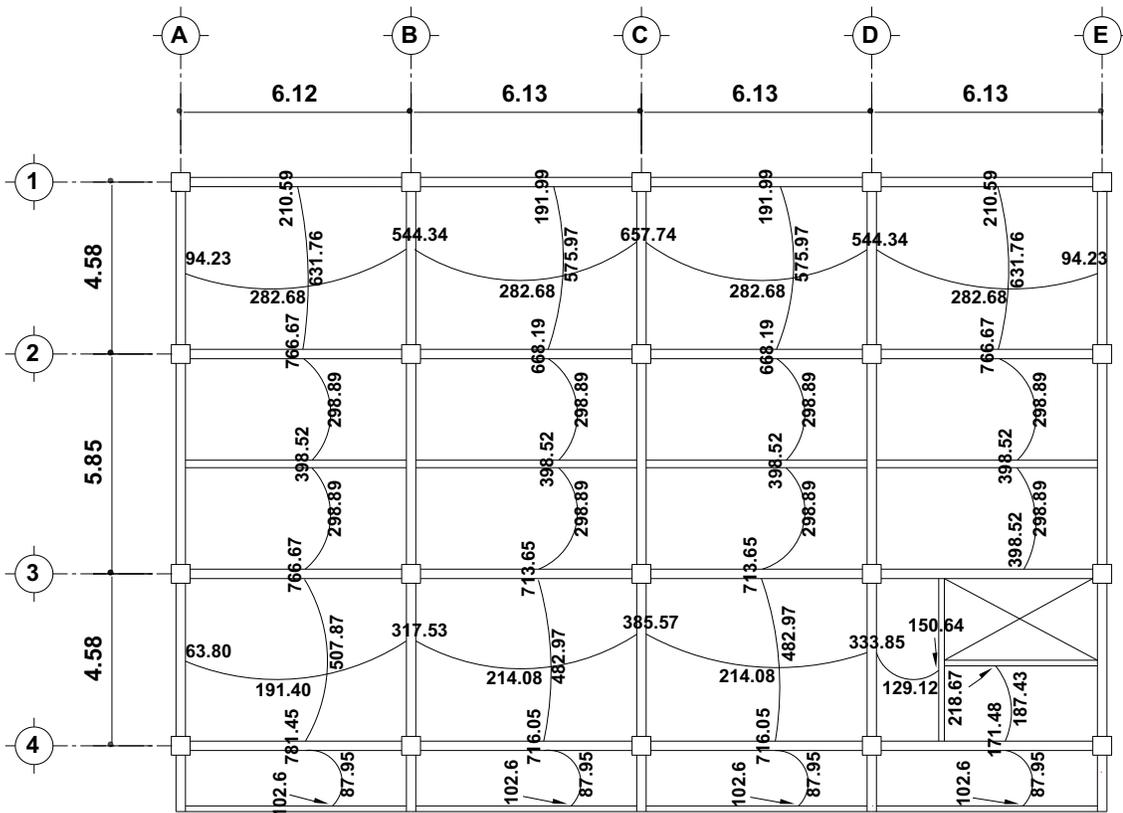
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Momentos balanceados de entrepiso**

Borde entre	M1	M2	0,8M2	balanceo	Mb
1 y 2	491,37	749,99	599,99	por rigideces	620,68
3 y 4	284,48	439,65	351,72	por rigideces	362,07
4 Y B	171,77	439,65	351,72	por rigideces	380,67
1 y A	454,41	1 135,96	908,77	por rigideces	874,20
3 y A	454,41	1 135,96	908,77	por rigideces	874,20
3 Y D	116,99	1 135,96	908,77	por rigideces	891,05
2 y A	454,41	953,64	762,91	por rigideces	761,90
4 y A	454,41	1 037,79	830,23	por rigideces	813,73
4 y D	116,99	1 037,79	830,23	por rigideces	816,47

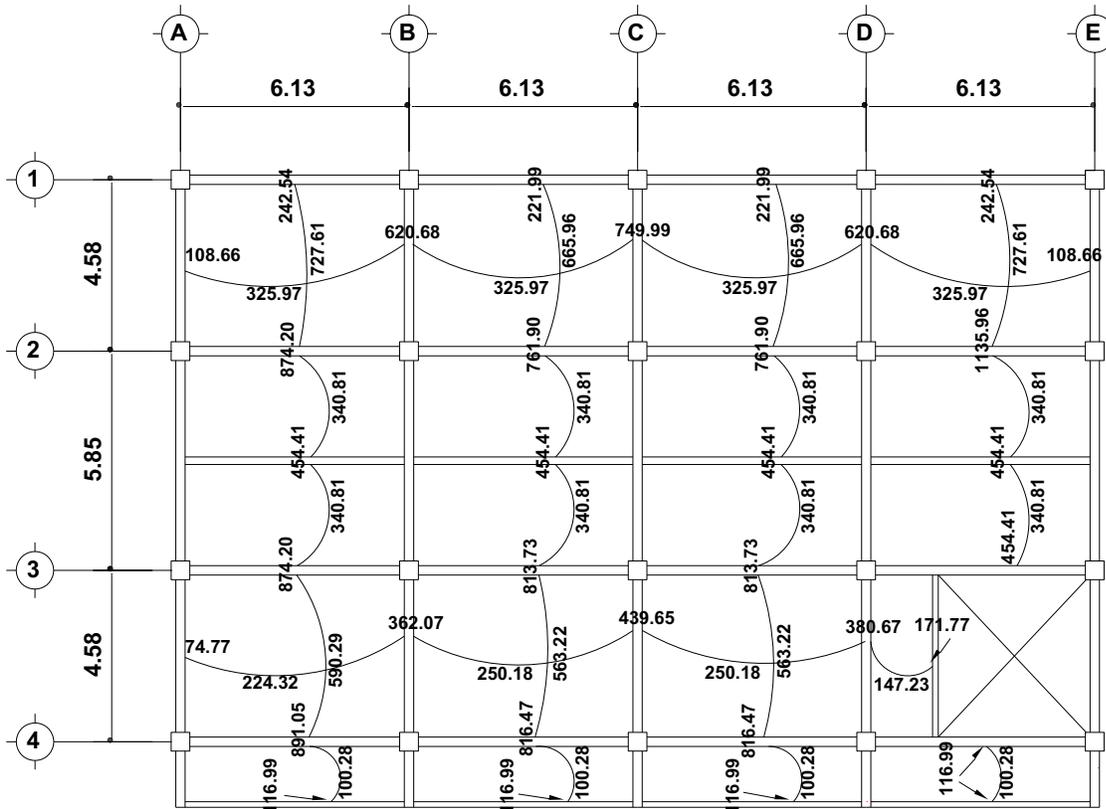
Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Momentos finales en cubierta**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 48. Momentos finales en entrepiso



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Para losas en una dirección, según lo expuesto en la sección 7.12.2.1 del código, el refuerzo por retracción y temperatura debe ser igual a los siguientes valores, pero no menor que 0.0014; además en ningún caso debe colocarse a más de 5 veces el espesor de la losa ni 45 centímetros.

- Donde se empleen barras corrugadas grado 300 o 350..... 0,0020
- Donde se empleen barras corrugadas o refuerzo electrosoldado de alambre grado 420 ..... 0,0018

- En losas donde se utilice refuerzo de una resistencia a la fluencia mayor que 420 MPa, medida a una deformación unitaria de 0,35 %

$$\frac{0,0018 \times 420}{f_y}$$

En este caso la cuantilla mínima debe de ser igual a 0,0020.

El peralte efectivo se obtuvo de la siguiente expresión:

$$d = \text{espesor de losa} - \text{recubrimiento} - 0,5 * \text{diámetro propuesto}$$

Considerando un recubrimiento de 2 centímetros y acero de refuerzo #3, el peralte efectivo d es:

$$d = 10 \text{ cm} - 2 \text{ cm} - 0,9525/2$$

Con b = 100 centímetros, el área de acero mínimo es:

$$A_{s \text{ temp}} = 0,002 * b * d$$

$$A_{s \text{ temp}} = 1,50 \text{ cm}^2$$

$$S_{\min} = \frac{0,9525 * 100}{1,50} = 63,50 \text{ cm}$$

El ACI en la sección 7.12.2.2 establece que el espaciamiento no debe exceder el menor de 5 veces el espesor de la losa o 450 milímetros, sin embargo, se adoptará el espaciamiento mínimo para losas en dos sentidos

igual a 2 veces el espesor de la losa, debido a que la mayor parte de las losas unidireccionales no sobrepasan los 3 metros de longitud en el lado corto, haciendo difícil la colocación del acero si se tomase como espaciamiento 45 centímetros; además, siendo pocas las unidades, se obtendría uniformidad en el emparrillado.

Para losas en dos sentidos el código ACI 318-05 en la sección 13.3.1 requiere que el área de refuerzo en cada dirección debe determinarse a partir de los momentos en las secciones críticas; de las figuras 46 y 47 se eligen los momentos mayores o críticos en cada sentido y con ellos se obtiene el área requerida de acero.

El área requerida de refuerzo se determinó mediante la siguiente ecuación, que ya incluye el correspondiente factor de resistencia  $\phi = 0.9$ :

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

La tabla XXVI contienen las áreas de acero obtenidas aplicando la ecuación anterior a los momentos críticos en las direcciones X y Y; además, el espaciamiento respectivo siguiendo las siguientes reglas:

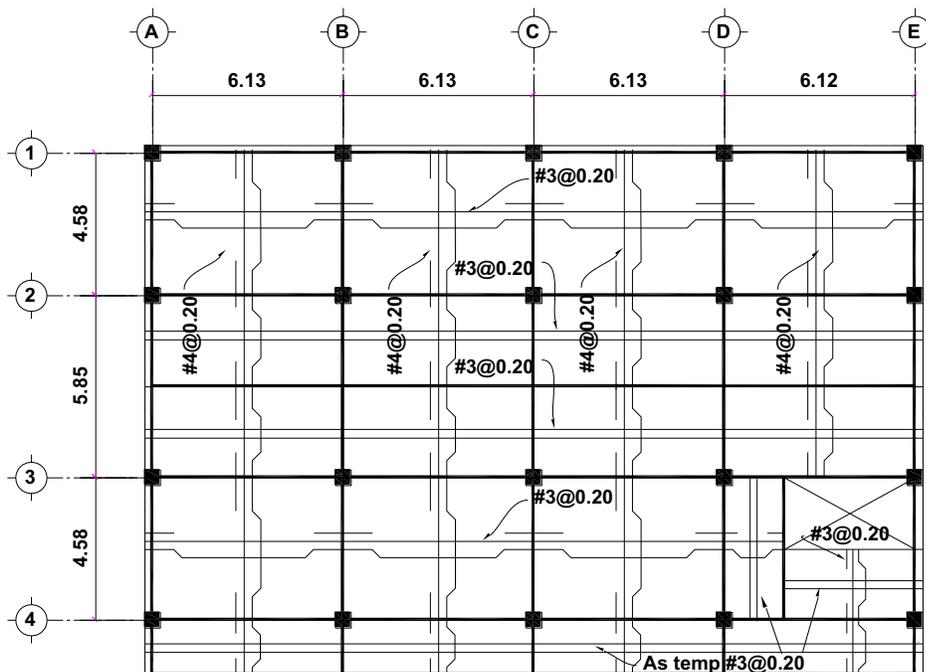
- No exceder el espaciamiento máximo igual a dos veces el espesor de la losa como lo establece la sección 13.3.2.
- Seleccionar espaciamientos  $> 15$  centímetros para evitar congestión en la armadura que a la postre dificulta el vaciado del concreto.
- Valores múltiplos de 5 o 10.

Tabla XXV. Áreas de acero y espaciamientos finales

	Mu (kg-m)	S req (cm)	S final (cm)	diámetro	As (cm <sup>2</sup> )	As final (cm <sup>2</sup> )
segundo nivel	657,74	20,04	20	3	3,56	3,56
	385,57	34,60	20	3	2,06	3,56
	781,45	29,18	20	4	4,34	6,33
	716,05	31,95	20	4	3,97	6,33
	716,05	31,95	20	4	3,97	6,33
	766,67	29,77	20	4	4,26	6,33
primer nivel	171,48	78,52	20	3	0,91	3,56
	749,99	30,45	20	4	4,16	6,33
	439,65	30,28	20	3	2,35	3,56
	891,05	14,64	20	4	4,98	6,33
	816,47	42,55	20	4	4,54	6,33
	816,47	27,89	20	4	4,54	6,33
	874,20	25,97	20	4	4,88	6,33

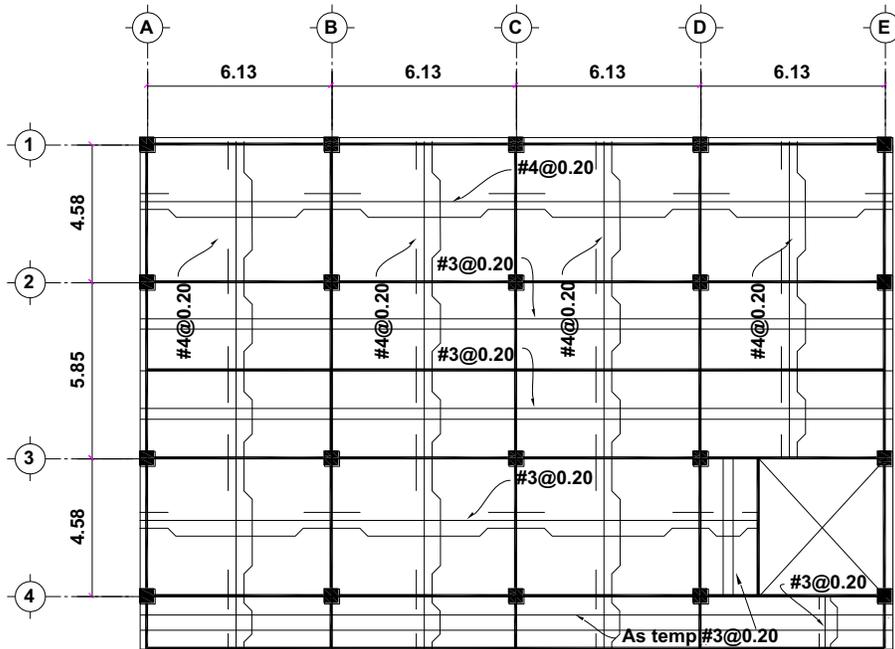
Fuente: elaboración propia.

Figura 49. Distribución de refuerzo en cubierta



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 50. **Distribución de refuerzo en entrepiso**

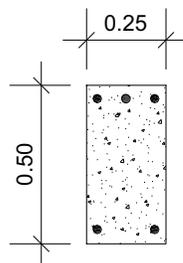


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

### 2.2.6.2. **Diseño de vigas**

$$\text{Datos: } \left\{ \begin{array}{l} f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \\ f_y = 2\,800 \text{ kg/cm}^2 \\ h = 50 \text{ cm} \\ b = 25 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Figura 51. **Sección de viga de diseño**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El peralte se obtuvo por medio de la expresión:

$$d = h - rec - d_{bt} - 1/2 * d_{bL}$$

El código ACI 318-05 en la sección 7.7.1 establece 4 centímetros de recubrimiento mínimo para vigas; se tomó un diámetro de 3/8 pulgada para el refuerzo por corte y de 1 pulgada para el refuerzo a flexión.

$$d = 50 - 4 - 0,9525 - 2,54/2 = 43,78 \text{ cm}$$

El código ACI 318-05 en la sección 10.5 establece que en toda sección a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo a tracción el área de acero no debe de ser menor a:

$$A_s = \frac{0,8 \sqrt{f'_c} bd}{f_y}$$

pero no menor a:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14 * bd}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,8 * \sqrt{280} * 25 * 43,78}{2800} = 5,21 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14 * 25 * 43,78}{2800} = 5,45 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínima será 5,45 cm<sup>2</sup>.

El área de acero máxima se obtiene por la ecuación:

$$A_s \text{max} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * B_1 * f'_c * 6\ 120}{f_y(6\ 120 + f_y)}$$

donde  $B_1 = 0,85$  ya que  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6\ 120}{2800 * (6\ 120 + 2\ 800)} = 0,0493$$

$$A_s \text{max} = 0,5 * 0,0493 * 25 * 43,78 = 26,97 \text{ cm}^2$$

Para determinar el área de acero, se utilizó la siguiente ecuación, esta ya incluye el factor de reducción  $\Phi$  exigido por el código ACI 318-05 apéndice C.3.2.1 igual a 0,90 para secciones controladas por tracción:

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

Donde:

$A_s$  = área de acero en  $[\text{cm}^2]$

$M_u$  = momento último en  $[\text{kg-m}]$

$b$  = base de la viga  $[\text{cm}]$

$d$  = peralte efectivo  $[\text{cm}]$

$f'_c$  = resistencia específica a la compresión  $[\text{kg/cm}^2]$

$f_y$  = resistencia específica a la fluencia de refuerzo  $[\text{kg/cm}^2]$

Iniciando por el sentido X, donde el pórtico 2 es el más crítico. En la tabla XXVII se ordenan los momentos últimos de la sección 2.2.5.5 obtenidos de la envolvente de momentos.

Tabla XXVI. **Área de acero requerida en vigas de marco 2**

Viga	Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Viga	Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )
5	4 867,80	4,50	36	11 625,40	11,17
5	6 777,20	6,33	36	9 694,00	9,21
5	9 539,00	9,05	36	16 022,40	15,81
6	8 783,20	8,30	37	14 370,80	14,03
6	4 113,60	3,79	37	5 798,60	5,39
6	7 745,80	7,28	37	13 173,00	12,77
7	7 810,20	7,34	38	13 426,40	13,04
7	4 138,00	3,81	38	5 643,40	5,24
7	8 705,40	8,22	38	14 086,80	13,73
8	9 604,80	9,12	39	16 312,40	16,13
8	6 725,60	6,28	39	9 822,80	9,34
8	4 879,80	4,51	39	11 567,80	11,11

Fuente: elaboración propia.

El área máxima de refuerzo  $A_s,max = 26,97\text{cm}^2$  y al observar los valores obtenidos se confirma que las secciones son simplemente reforzadas. En los casos en que  $A_s < A_s,min$  se tomará esta última.

Para la selección de diámetros es necesario tomar en cuenta lo recomendado por 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  $A_s,min$ . Al menos dos barras continuas deben disponerse tanto en la parte inferior y superior.

- En la sección 21.3.2.2 se 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 en esa misma cara del nudo. La resistencia a momento positivo o negativo, en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento, no debe ser menor a un cuarto de la resistencia máxima a momento proporcionada en cualquiera de las caras del nudo.

Estas recomendaciones se reducen a los siguientes criterios:

- Para la cama superior al centro de la viga se debe seleccionar el mayor de los siguientes valores:
  - $A_s \text{min}$
  - 33 %  $A_s(-)$
- Para la cama inferior en los apoyos se debe escoger el mayor de los siguientes valores:
  - $A_s \text{min}$
  - 50 %  $A_s(-)$
  - 50 %  $A_s(+)$

A continuación se describe el proceso que se realizó para determinar los diámetros a colocar en la viga 5 tanto en la cama superior como en la inferior:

- Cama superior:
  - $A_s \text{min} = 5,45 \text{ cm}^2$
  - $33 \% A_s(-) = 0,33 * 9,05 = 2,99$

Se elige  $A_s \text{min}$ , área que se puede cubrir con 2 varillas #6.

- Cama inferior:
  - $50 \% A_s(-) = 0,50 * 9,05 = 4,53$
  - $50 \% A_s(+) = 0,50 * 6,33 = 3,17$
  - $A_{s\min} = 5,45 \text{ cm}^2$

Se elige  $A_{s\min} = 5,45 \text{ cm}^2$  o 2 varillas #6.

En el caso de los bastones, la diferencia de diámetros con respecto a las varillas corridas será como máximo de dos números y el espaciamiento mínimo entre varillas sea de 1 pulgada como lo recomienda el código en la sección 7.6.2. En el caso de la viga 5, para el apoyo izquierdo no se necesitan bastones ya que las varillas de la cama superior son suficientes para cubrir el acero requerido; en cambio para el apoyo derecho, de  $9,05 \text{ cm}^2$  requeridos, restando  $5,70 \text{ cm}^2$  de la cama quedan  $3,35 \text{ cm}^2$  que se pueden cubrir con 1 varilla #7.

Para el resto de vigas del marco 2 los resultados se muestran a continuación:

Tabla XXVII. **Área de acero para camas en vigas de marco 2**

Viga	$A_s^- (\text{cm}^2)$	$A_s^+ (\text{cm}^2)$	al centro	en apoyos	
			33 % $A_s^-$	50 % $A_s^-$	50 % $A_s^+$
5	9,05	6,33	2,99	4,53	3,17
6	8,30	3,79	2,74	4,15	1,90
7	8,22	3,81	2,71	4,11	1,91
8	9,12	6,28	3,01	4,56	3,14
36	15,81	9,21	5,22	7,91	4,60
37	14,03	5,39	4,63	7,02	2,70
38	13,73	5,24	4,53	6,87	2,62
39	16,13	9,34	5,32	8,06	4,67

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Armado final en marco 2



viga 5	As(-) req	4,50	6,33	9,05
	As cama superior	5,70	5,70	5,70
	varillas p/cama	2#6	2#6	2#6
	varillaje total	2#6	2#6+1#4	2#6+1#7
viga 6	As(-) req	8,30	3,79	7,28
	As cama superior	5,70	5,70	5,70
	varillas p/cama	2#6	2#6	2#6
	varillaje total	3#6	2#6	2#6+1#5
viga 7	As(-) req	7,34	3,81	8,22
	As cama superior	5,70	5,70	5,70
	varillas p/cama	2#6	2#6	2#6
	varillaje total	2#6+1#5	2#6	3#6
viga 8	As(-) req	9,12	6,28	4,51
	As cama superior	5,70	5,70	5,70
	varillas p/cama	2#6	2#6	2#6
	varillaje total	2#6+1#7	2#6+1#4	2#6
viga 36	As(-) req	11,17	9,21	15,81
	As cama superior	7,91	5,70	7,91
	varillas p/cama	2#8	2#6	2#8
	varillaje total	2#8+1#6	2#6+1#7	2#8+1#9
viga 37	As(-) req	14,03	5,39	12,77
	As cama superior	7,02	5,70	7,02
	varillas p/cama	2#8	2#6	2#8
	varillaje total	2#8+1#7	2#6	2#8+1#6
viga 38	As(-) req	13,04	5,24	13,73
	As cama superior	6,87	5,70	6,87
	varillas p/cama	2#8	2#6	2#8
	varillaje total	2#8+1#6	2#6	2#8+1#7
viga 39	As(-) req	16,13	9,34	11,11
	As cama superior	8,06	5,70	8,06
	varillas p/cama	2#8	2#6	2#8
	varillaje total	2#8+1#9	2#6+1#7	2#8+1#6

Fuente: elaboración propia.

Se llevó a cabo el mismo análisis para el pórtico C. En la tabla XXX se ordenaron los momentos últimos mostrados en la sección 2.2.5.5 obtenidos de la envolvente de momentos para el respectivo pórtico.

Tabla XXIX. **Área de acero requerida en vigas de marco C**

Viga	Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Viga	Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )
25	8 691,83	8,21	56	16 438,07	16,26
25	374,62	0,34	56	5 408,46	5,02
25	8 474,15	7,99	56	12 537,70	12,11
24	10 003,40	9,52	55	12 856,63	12,44
24	12 909,60	12,49	55	9 292,77	8,81
24	10 476,25	10,00	55	13 258,55	12,86
23	10 236,75	9,75	54	14 999,24	14,71
23	4 313,89	3,98	54	9 864,73	9,38
23	3 187,26	2,92	54	9 931,37	9,45

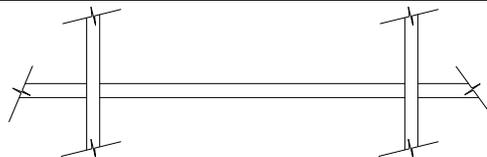
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Área de acero para camas en vigas de marco C**

Viga	As <sup>-</sup> mayor (cm <sup>2</sup> )	As <sup>+</sup> (cm <sup>2</sup> )	al centro	en apoyos	
			33 % As <sup>-</sup>	50 % As <sup>-</sup>	50 % As <sup>+</sup>
25	8,21	0,34	2,71	4,10	0,17
24	10,00	12,49	3,30	5,00	6,25
23	9,75	3,98	3,22	4,88	1,99
56	16,26	5,02	5,37	8,13	2,51
55	12,86	8,81	4,24	6,43	4,40
54	14,71	9,38	4,85	7,35	4,69

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Armado final en marco C



viga 25	As(-) req	8,21	0,34	7,99
	As cama superior	5,70	5,70	5,70
	varillas p/cama	2#6	2#6	2#6
	varillaje total	3#6	2#6	3#6
viga 24	As(-) req	9,52	12,49	10,00
	As cama superior	6,25	5,70	6,25
	varillas p/cama	2#7	2#7	2#7
	varillaje total	2#7+1#5	2#7+1#8	2#7+1#6
viga 23	As(-) req	9,75	3,98	2,92
	As cama superior	5,70	5,70	5,70
	varillas p/cama	2#6	2#6	2#6
	varillaje total	2#6+1#7	2#6	2#6
viga 56	As(-) req	16,26	5,02	12,11
	As cama superior	8,13	5,70	8,13
	varillas p/cama	2#8	2#6	2#8
	varillaje total	2#8+1#9	2#6	2#8+1#6
viga 55	As(-) req	12,44	8,81	12,86
	As cama superior	6,43	5,70	6,43
	varillas p/cama	2#7	2#6	2#7
	varillaje total	2#7+1#8	2#6+1#7	2#7+1#8
viga 54	As(-) req	14,71	9,38	9,45
	As cama superior	7,35	7,35	7,35
	varillas p/cama	2#8	2#8	2#8
	varillaje total	3#8	2#8	2#8

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de refuerzo por corte

El diseño se lleva a cabo según lo establecido en el ACI sección 21.3.4.1, mostrando como ejemplo el análisis para la viga 5:

Determinando  $M_{pr1}$  :

$$M_{pr} = 1,25A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = \frac{1,25 f_y A_s}{0,85 f'_c b}$$

Donde:

$$f_y = 2\,800 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 43,78 \text{ cm}$$

$$A_s^- = 9,58 \text{ cm}^2 \text{ (mayor \u00e1rea suministrada a flexi\u00f3n negativa)}$$

$$A_s^+ = 6,97 \text{ cm}^2 \text{ (mayor \u00e1rea suministrada a flexi\u00f3n positiva)}$$

$$a1 = \frac{1,25 * 2\,800 * 9,58}{0,85 * 280 * 25} = 5,66 \text{ cm}$$

$$M_{pr1} = 1,25 * 9,58 * 2\,800 * \left( 43,78 - \frac{5,66}{2} \right)$$

$$M_{pr1} = 13\,788,55 \text{ kg} - \text{m}$$

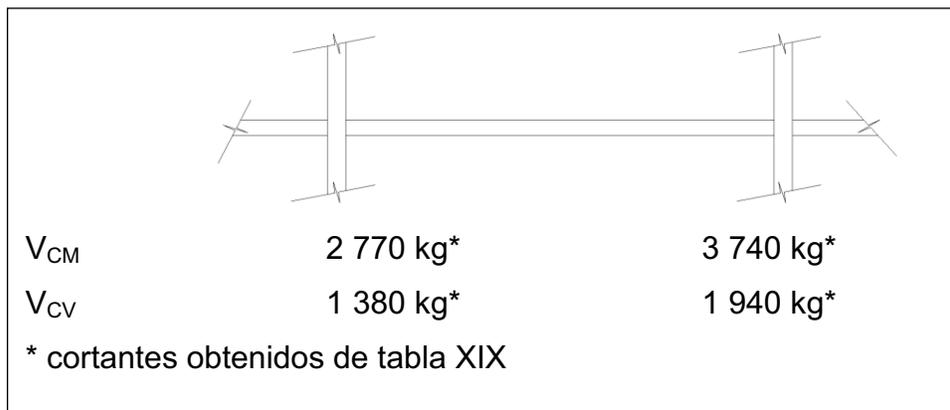
Determinando  $M_{pr2}$ :

$$a2 = \frac{1,25 * 2\,800 * 6,97}{0,85 * 280 * 25} = 4,12 \text{ cm}$$

$$M_{pr2} = 1,25 * 6,97 * 2\ 800 * \left(43,78 - \frac{4,12}{2}\right)$$

$$M_{pr2} = 10\ 217,03\ \text{kg} - \text{m}$$

Figura 52. **Fuerza cortante gravitacional mayorada**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

$$V_{CM} \text{ promedio} = 3\ 255\ \text{kg}$$

$$V_{CV} \text{ promedio} = 1\ 660\ \text{kg}$$

$$V_u = 1,2 * 3\ 255 + 1,4 * 1\ 660 = 5\ 566,00\ \text{kg}$$

Fuerza cortante de diseño  $V_e$ :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm V_u$$

$$V_e = \frac{13\ 788,55 + 10\ 217,03}{6,13} \pm 5\ 566,00$$

$$V_e = 3\ 916,08 \pm 5\ 566,00$$

$$V_{e1} = 9\,482,08 \text{ kg}$$

$$V_{e2} = -1\,649,92 \text{ kg}$$

La sección 21.3.4.2 del ACI exige que si la fuerza cortante inducida por sismo representa la mitad o más de la resistencia máxima a cortante requerida el diseño del refuerzo debe prescindir de la resistencia del concreto. Realizando una comparación se obtiene:

$$\left(\frac{3\,916,00}{9\,482,08}\right) * 100 = 41 \%$$

En este caso no se desprecia el aporte del concreto a la resistencia total a corte. Otra forma de interpretar lo anterior es que los esfuerzos inducidos por sismo no representan peligro de falla al núcleo de concreto, por lo que no se hace necesario un confinamiento en los extremos, pero como lo indica la sección 21.3.3.4 si no se requiere confinamiento, los estribos deben colocarse de igual forma espaciados a no más de  $d/2$  en toda la longitud del elemento.

$$d/2 = 43,78/2 = 21,89 \sim 20 \text{ cm}$$

En la tabla XXXIII se muestran los resultados obtenidos en las vigas del marco 2 siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. Se observa que el porcentaje de corte sísmico se mantiene por debajo del 50 % en el resto de vigas, por lo que el espaciamiento también será de 20 centímetros.

Tabla XXXII. **Cortante de diseño en vigas de marco 2**

Viga	$M_{pr1}$	$M_{pr2}$	$V_{sismo}$	$V_u$	$V_e$	%
5	13 788,55	10 217,03	3 916,08	5 566,00	9 482,08	41
6	12 398,51	8 434,36	3 398,51	5 533,00	8 931,51	38
7	11 205,14	8 434,36	3 203,83	5 532,00	8 735,83	37
8	13 788,55	10 217,03	3 916,08	5 555,00	9 471,08	41
36	18 229,66	13 788,55	5 223,20	8 372,00	13 595,20	38
37	19 524,94	8 434,36	4 561,06	8 195,00	12 756,06	36
38	18 229,66	8 434,36	4 349,76	8 200,00	12 549,76	35
39	22 619,60	13 788,55	5 939,34	8 361,00	14 300,34	42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Cortante de diseño en vigas de marco C**

Viga	$M_{pr1}$	$M_{pr2}$	$V_{sismo}$	$V_u$	$V_e$	%
25	12 398,51	8 434,36	4 558,62	3 654,16	8 212,78	56
24	14 000,45	18 028,43	5 475,02	8 864,76	14 339,78	38
23	13 788,55	8 434,36	4 862,78	3 831,39	8 694,17	56
56	22 619,60	8 434,36	6 795,18	5 607,82	12 403,00	55
55	18 028,43	13 788,55	5 438,80	8 821,73	14 260,53	38
54	20 992,16	14 527,92	7 772,45	5 838,92	13 611,37	57

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXXIV se muestran los cortantes de diseño para el marco típico C, en donde se observó que el porcentaje de corte sísmico supera en algunos casos el 50 % del total requerido, por lo tanto se requiere confinamiento y este se diseña despreciando la contribución del concreto.

El código ACI 318-05 en la sección 21.3.3 requiere que deben disponerse estribos de confinamiento en una longitud igual a 2 veces la altura del elemento, medida desde la cara de apoyo del elemento, hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento a flexión.

Longitud de confinamiento =  $2 * h = 2 * 0,5 = 1,00$  metro

El espaciamiento en la zona de confinamiento se calculó según la siguiente expresión:

$$S = \frac{\phi * f_y * A_v * d}{V_e}$$

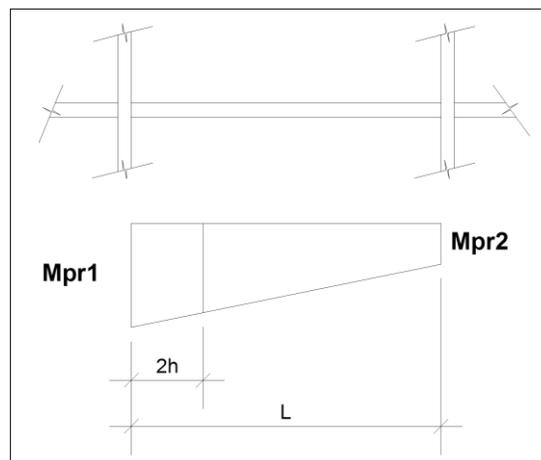
Donde:

$\phi = 0,85$  (factor de reducción de la resistencia a corte)

$A_v$  = área de acero del estribo

Para establecer el espaciamiento fuera de la zona de confinamiento es necesario conocer el valor del corte de diseño  $V_e$  en el límite  $2h$ , esto es posible a través del análisis gráfico de la figura 52.

Figura 53. **Método gráfico para determinar  $V_e$  cuando  $L > 2h$**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

A través de una relación de triángulos semejantes se puede conocer este valor para luego restarle el corte que resiste el concreto y con el resultado aplicar la ecuación anterior.

$$V_e = \frac{(M_{pr1} - M_{pr2})(L - 2h)}{L}$$

Además, donde  $V_e \leq V_c$  el espaciamiento deberá ser  $d/2$ .

Se establece en la sección 23.3.3.2 que el primer estribo no debe de estar a más de 5 centímetros de la cara del elemento de apoyo. El espaciamiento de los estribos de confinamiento no debe exceder el menor de a)  $d/4$ ; b) ocho veces el diámetro de la barras longitudinales más pequeñas; c) 24 veces el diámetro del estribo de confinamiento y d) 30 centímetros.

Aplicando los criterios se obtiene:

$$d/4 = 43,78/4 = 10,94 \text{ cm}$$

$$8d_{bL} = 8 * 1,27 = 10,16 \text{ cm}$$

$$24d_{bt} = 24 * 0,95 = 22,86 \text{ cm}$$

El espaciamiento máximo según lo anterior deberá ser de 10 centímetros.

El espaciamiento para la viga 25 es:

$$S = \frac{0,85 * 2800 * 2 * 0,7126 * 43,78}{8212,78} = 18,16 \text{ cm}$$

Este valor excede el mínimo permitido, por lo tanto se deja en 10 centímetros. El cortante fuera de 2h es:

$$V_e = \frac{(12\,398,51 - 8\,434,36)(4,57 - 2 * 0,50)}{4,57} = 5\,939,41 \text{ kg}$$

El corte que resiste el concreto es igual a:

$$V_c = 0,53 * 0,85 * f'_c * b * d$$

$$V_c = 0,53 * 0,85 * 2\,800 * 25 * 43,78 = 8\,250,21 \text{ kg}$$

Como  $V_c \geq V_e$ , el espaciamiento S fuera de la zona de confinamiento deberá ser de 20 centímetros.

Tabla XXXIV. **Espaciamientos para vigas de marco C**

Viga	S en $L \leq 2h$		S $\leq d/2$ ( $L > 2h$ )
	S	S final	
25	18,16	10	20
24	24,49	10	20
23	17,15	10	20
56	12,02	10	20
55	24,81	10	20
54	10,96	10	20

Fuente: elaboración propia.

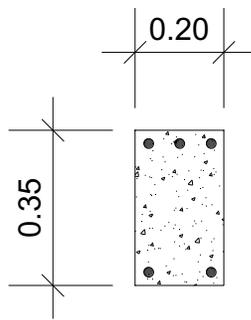
### 2.2.6.2.1. Vigas secundarias

La incorporación de vigas secundarias permite reducir las losas centrales en el sentido Y a la mitad, para una mejor distribución de los momentos, menor

demanda de refuerzo a flexión y baja ductilidad restringiendo las deflexiones potencialmente dañinas al recubrimiento.

$$\text{Datos: } \left\{ \begin{array}{l} f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2 \\ f_y = 2\,800 \text{ kg/cm}^2 \\ h = 35 \text{ cm} \\ b = 20 \text{ cm} \end{array} \right.$$

Figura 54. **Sección de viga de diseño**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El peralte efectivo se obtiene mediante la expresión:

$$d = h - \text{rec} - d_{bt} - 1/2 * d_{bL}$$

El código ACI 318-05 en la sección 7.7.1 establece 4 centímetros de recubrimiento mínimo para vigas; se tomó un diámetro de 3/8 pulgada para el refuerzo por corte y de 1 pulgada para el refuerzo a flexión.

$$d = 35 - 4 - 0,9525 - 2,54/2 = 28,78 \text{ cm}$$

El código ACI 318-05 en la sección 10.5 establece que en toda sección a flexión cuando por análisis se requiera refuerzo a tracción el área de acero no debe de ser menor a:

$$A_s = \frac{0,8 \sqrt{f'_c} bd}{f_y}$$

pero no menor a:

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14 * bd}{f_y}$$

$$A_s = \frac{0,8 * \sqrt{280} * 20 * 28,78}{2800} = 2,74 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{mín}} = \frac{14 * 20 * 28,78}{2800} = 2,87 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínima será 2,87 cm<sup>2</sup>.

El área de acero máxima se obtiene a través de la expresión:

$$A_{s\text{max}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * B_1 * f'_c * 6120}{f_y(6120 + f_y)}$$

donde  $B_1 = 0,85$  ya que  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 280 * 6120}{2800 * (6120 + 2800)} = 0,0493$$

$$A_s \text{max} = 0,5 * 0,0493 * 20 * 28,78 = 14,19 \text{ cm}^2$$

Para determinar el área de acero, se utilizó la siguiente ecuación, esta ya incluye el factor de reducción  $\Phi$  exigido por el código ACI 318-05 apéndice C.3.2.1 igual a 0,90 para secciones controladas por tracción:

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

Donde:

$A_s$  = área de acero [ $\text{cm}^2$ ]

$M_u$  = momento ultimo [ $\text{kg}\cdot\text{m}$ ]

$b$  = base de la viga [ $\text{cm}$ ]

$d$  = peralte efectivo [ $\text{cm}$ ]

$f'_c$  = resistencia específica a la compresión [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

$f_y$  = resistencia específica a la fluencia de refuerzo [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ]

En la tabla XXXVI se ordenaron los momentos últimos mostrados en la sección 2.2.5.5 producto de la envolvente de momentos y su correspondiente área de acero.

Tabla XXXV. **Área de acero requerida en vigas secundarias**

Viga	Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Viga	Mu (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )
B5	898,76	1,25	B36	614,55	0,85
B5	2 180,49	3,01	B36	2 284,66	3,15
B5	3 246,40	4,68	B36	3 171,09	4,57
B6	3 256,25	4,70	B37	3 499,57	5,07
B6	1 378,01	1,90	B37	1 622,31	2,23
B6	2 178,72	3,09	B37	3 125,72	4,50
B7	2 176,31	3,09	B38	3 123,27	4,50
B7	1 401,18	1,93	B38	1 642,91	2,26
B7	3 231,27	4,66	B38	3 477,97	5,04
B8	3 244,24	4,68	B39	3 592,05	5,21
B8	2 124,51	2,93	B39	2 437,88	3,36
B8	942,83	1,31	B39	1 370,06	1,92

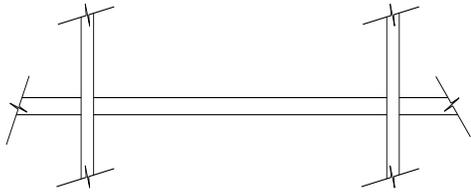
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVI. **Área de acero para camas en vigas secundarias**

Viga	As(-) mayor	As(+)	al centro	en apoyos	
			33% As(-)	50% As(-)	50% As(+)
B5	4,68	3,01	1,55	2,34	1,50
B6	4,70	1,90	1,55	2,35	0,95
B7	4,66	1,93	1,54	2,33	0,96
B8	4,68	2,93	1,54	2,34	1,46
B36	4,57	3,15	1,51	2,28	1,58
B37	5,07	2,23	1,67	2,53	1,12
B38	5,04	2,26	1,66	2,52	1,13
B39	5,21	3,36	1,72	2,61	1,68

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Armado final en vigas secundarias



viga B5	As(-) req	1,25	3,01	4,68
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5	2#5	2#5+1#4
viga B6	As(-) req	4,70	1,90	3,09
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5+1#4	2#5	2#5
viga B7	As(-) req	3,09	1,93	4,66
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5	2#5	2#5+1#4
viga B8	As(-) req	4,68	2,93	1,31
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5+1#4	2#5	2#5
viga B36	As(-) req	0,85	3,15	4,57
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5	2#5	2#5+1#4
viga B37	As(-) req	5,07	2,23	4,50
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5+1#4	2#5	2#5+1#4
viga B38	As(-) req	4,50	2,26	5,04
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5+1#4	2#5	2#5+1#4
viga B39	As(-) req	5,21	3,36	1,92
	As cama superior	3,96	3,96	3,96
	varillas p/cama	2#5	2#5	2#5
	varillaje total	2#5+1#4	2#5	2#5

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de refuerzo por corte

En vigas secundarias no es necesario el confinamiento por lo que solo debe cumplirse con lo indicado en la sección 21.3.3.4.

Si  $d = 28,78$ ;  $d/2 = 14,39$ . El espaciamiento se dejará en 15 centímetros pues la diferencia no es significativa.

### 2.2.6.3. Diseño de columnas

Se procede a chequear la deriva máxima por nivel en los pórticos críticos, mediante la siguiente expresión:

$$\delta_c = \left[ \Delta_s = \frac{\left(\frac{H}{d}\right)^3 + 3N \left(\frac{H}{d}\right)}{t * E_c} \right] F_m$$

Donde:

$\delta_c$  = deriva por flexión y corte

H = altura del piso o columna medida a ejes (400 cm)

d = peralte efectivo (23,78 cm)

t = ancho efectivo de columna (sin recubrimiento = 17,87 cm)

$E_c$  = módulo de elasticidad de concreto (252 671,33 kg/cm<sup>2</sup>)

N = número de columnas en el nivel

$F_m$  = fuerza en el nivel

La expresión a utilizar será la establecida en NSE 3 sección 4.3.2:

$$\delta_U = C_d \delta_C$$

$C_d$  depende del sistema estructural utilizado y tendrá un valor igual a 5,5 (tabla 1.1 NSE 3). La deriva máxima permitida  $\delta_U$  fue de  $0,020h_p$ , ya que la obra se clasifica como importante.

Tabla XXXVIII. **Deriva para marcos base**

Marco	Nivel	F (kg)	N	$\delta_c$ (cm)	$\delta_u$	$0,020h_p$ (cm)
C	2	8 251,52	4	0,37	2,03	8
	1	6 014,43	4	0,27	1,48	8
2	2	10 365,85	5	0,58	3,19	8
	1	7 518,04	5	0,42	2,32	8

Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican que los desplazamientos por deriva están dentro del límite tolerable, de este modo se verificó el buen comportamiento de las columnas con la sección asumida.

Por último, se verificó el índice de estabilidad de piso conforme el código ACI 318-05 en la sección 10.11.4.2:

$$Q = \frac{\sum P_u * \Delta_o}{V_u * L} \leq 0,05$$

Donde:

$Q$  = índice de estabilidad

$\sum P_u$  = carga vertical total mayorada en el piso correspondiente

$V_u$  = corte total mayorado en el piso correspondiente

$\Delta_o$  = desplazamiento relativo de primer orden entre la parte superior e inferior del piso debido a  $V_u$

$L$  = longitud de columna medida entre los ejes de los nudos del pórtico

Si se cumple lo establecido por la ecuación anterior se clasifica al marco o pórtico analizado como arriostrado o sin desplazamiento, en caso contrario será no arriostrado o con desplazamiento lateral.

Tabla XXXIX. **Estabilidad de piso**

marco	Nivel	carga muerta	carga viva	$P_u$ (kg)	$V_u$ (kg)	$\Delta_o$ (cm)	$L$ (cm)	$Q$	clasificación
C	2	55 250,61	19 821,20	111 046,89	6 188,64	2,03	400,00	0,091	no arriostrado
	1	127 585,47	44 876,90	254 910,39	10 699,47	1,48	400,00	0,088	no arriostrado
2	2	69 798,88	27 827,36	145 024,94	7 774,38	3,19	400,00	0,149	no arriostrado
	1	171 777,01	62 501,39	346 740,18	13 412,91	2,32	400,00	0,150	no arriostrado

Fuente: elaboración propia.

En el diseño se consideraron los efectos más críticos de carga axial y momento, siendo estos mucho más evidentes en los elementos externos, generalmente aquellos ubicados en las esquinas. En el presente caso, el elemento con las condiciones más desfavorables es el C18.

De la tabla XXII se extraen las cargas y momentos del elemento C18 y aplicando las combinaciones de carga descritas en el apéndice C.2 se obtiene:

Tabla XL. **Cargas y momentos de columna C10**

	PP	CV	SISMO
P	18 171,63	4 981,39	6 288,53
M2	-485,40	-276,61	-6 159,71
M3	-8,06	-8,06	-5 433,25

P	18 927,63	4 981,39	6 288,53
M2	145,11	137,04	9 752,10
M3	12,86	12,98	8 181,53

Fuente: elaboración propia.

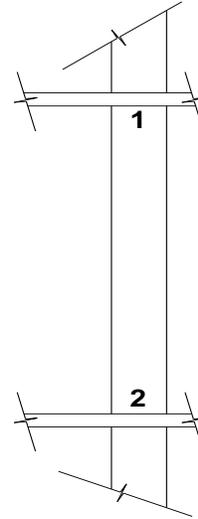


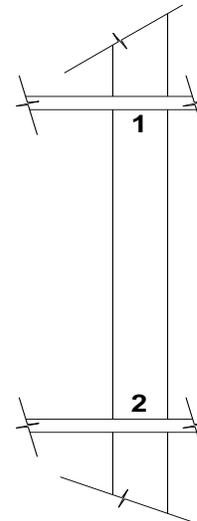
Tabla XLI. **Cargas y momentos mayorados para C10**

comb1	1,4D+1,7L
comb2	0,75(1,4D+1,7L)+E
comb3	0,9D+E

	comb1	comb2	comb3
P	33 908,65	31 720,01	22 643,00
M2	-1 149,79	-7 022,05	-6 596,56
M3	-24,98	-5 451,98	-5 440,50

P	34 967,05	32 513,81	23 323,40
M2	436,12	10 079,19	9 882,70
M3	40,07	8 211,58	8 193,11

Fuente: elaboración propia.



De acuerdo con lo descrito en la sección 10.12 del ACI, para encontrar la longitud efectiva  $k$  fue necesario establecer los valores  $\phi_A$  y  $\phi_B$ ,

correspondientes a las relaciones de rigidez de los elementos a compresión con respecto a los de flexión en el mismo nudo.

De la sección 10.11.1 los momentos de son:

Para vigas:

$$I = 0,35I_g = 0,35 * \frac{1}{12}bh^3 = 0,35 * \frac{1}{12} * 25 * 50^3 = 97\ 145,83\ \text{cm}^4$$

Para columnas:

$$I = 0,70I_g = 0,70 * \frac{1}{12}bh^3 = 0,70 * \frac{1}{12} * 30 * 30^3 = 47\ 250,00\ \text{cm}^4$$

Para la dirección X siendo la columna C8 el elemento a considerar se obtiene:

$$\varphi_A = \frac{\sum \left( \frac{47\ 250}{400} + \frac{47\ 250}{400} \right)}{\sum \left( \frac{97\ 145,83}{613} + \frac{97\ 14,83}{613} \right)} = 0,79$$

$$\varphi_B = 1,00 \text{ (empotramiento casi perfecto)}$$

Para la dirección Y siendo la columna C11 el elemento a considerar se obtiene:

$$\varphi_A = \frac{\sum \left( \frac{47\ 250}{400} + \frac{47\ 250}{400} \right)}{\sum \left( \frac{97\ 145,83}{613} \right)} = 1,24$$

$$\varphi_B = 1,00 \text{ (empotramiento casi perfecto)}$$

Con la ayuda de los nomogramas de Jackson y Moreland mostrados en la sección 10.12 del ACI el factor  $k = 1,29$  en la dirección X y  $k = 1,34$  en Y.

Como se expone en la sección 10.13.2 es necesario conocer si los efectos de la esbeltez pueden ser ignorados en el análisis aplicando la ecuación:

$$\frac{kl_u}{r} < 22$$

Donde:

$k$  = factor de longitud efectiva

$l_u$  = longitud libre del elemento (a rostros de vigas o losas = 350 cm)

$r$  = radio de giro ( $0,3h$ )

Seleccionando el mayor valor de  $k$  la ecuación anterior queda:

$$\frac{1,34 * 350}{0,3 * 30} = 50,17 > 22$$

Por lo tanto se deben considerar los efectos de esbeltez en el diseño.

Siguiendo lo establecido en la sección 10.13.5 se verificó la presencia de momentos máximos entre los extremos del elemento con la condición:

$$\frac{l_u}{r} > \frac{35}{\sqrt{\frac{P_u}{f_c A_g}}}$$

Operando con  $P_u = 34\,967,05 \text{ kg}$

$$\frac{350}{0,30 * 30} > \frac{35}{\sqrt{\frac{34\,967,05}{280 * 30 * 30}}}$$

$$38,89 < 93,96$$

El resultado muestra que no hay presencia de momentos máximos a lo largo del elemento entre los extremos.

Según la sección 10.13.3 los momentos  $M_1$  y  $M_2$  en los extremos de un elemento individual a compresión deben tomarse como:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

El factor de amplificación sísmica  $\delta_s$  se obtiene según lo indicado en la sección 10.13.4.2 por la siguiente expresión:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - Q}$$

Donde  $Q$  es el índice de estabilidad igual a 0,088 para el sentido X y 0,15 para el sentido Y (tabla XL).

Sentido X:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - 0,15} = 1,18$$

$$M_1 = 24,98 + 1,18 * 5\ 451,98 = 6\ 436,82 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_2 = 40,07 + 1,18 * 8\ 211,58 = 9\ 697,34 \text{ kg} - \text{m}$$

Sentido Y:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - 0,088} = 1,10$$

$$M_1 = 1\ 149,79 + 1,10 * 7\ 022,05 = 8\ 852,97 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_2 = 436,12 + 1,10 * 10\ 079,19 = 11\ 492,98 \text{ kg} - \text{m}$$

Para obtener el valor de la resistencia a carga axial  $\phi P_n$ , se procede con el método de la carga recíproca inversa de Bresler:

$$\frac{1}{\phi P_n} = \frac{1}{\phi P_{nxo}} + \frac{1}{\phi P_{nyo}} - \frac{1}{\phi P_o}$$

Donde:

$P_n$  = resistencia a la carga axial para cualquier valor de  $e_x$  y  $e_y$

$P_o$  = resistencia a la carga axial sin momentos aplicados

$P_{nxo}$  = máxima resistencia uniaxial a lo largo del eje x con  $e_x$  y  $e_y = 0$

$P_{nyo}$  = máxima resistencia uniaxial a lo largo del eje y con  $e_y$  y  $e_x = 0$

$\phi = 0,65$  [ACI 318-05 9.3.2.2. (b)]

$$\phi P_o = \phi [0,85f'_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}]$$

$$\phi P_o = 0,65 [0,85 * 280 * (30^2 - 8 * 5,07) + 2\ 800 * 8 * 5,07] = 206\ 737,53 \text{ kg}$$

El mayor de los momentos magnificados en el sentido X:

$$M_{nxo} = 9\,697,34 \text{ kg} - \text{m},$$

$$\phi M_{nxo} = 0,65 * 9\,697,34 = 6\,303,27 \text{ kg}.$$

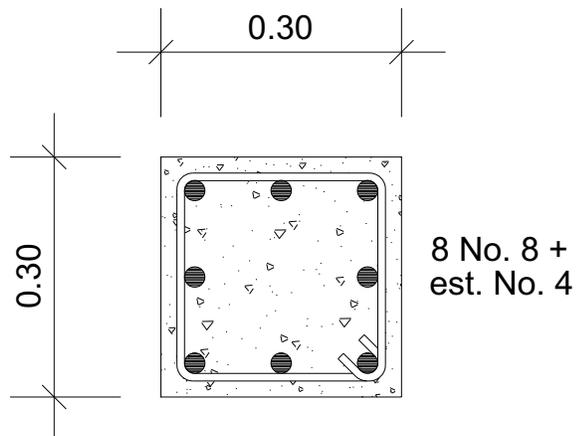
El mayor de los momentos magnificados en el sentido Y:

$$M_{nyo} = 11\,492,98 \text{ kg} - \text{m},$$

$$\phi M_{nyo} = 0,65 * 11\,492,98 = 7\,470,44 \text{ kg}.$$

El diagrama de interacción carga-momento ayudó a determinar los valores de  $\phi P_{nxo}$  y  $\phi P_{nyo}$ , este se obtiene graficando los datos ordenados en la tabla XLIII obtenidos del análisis en ETABS para un área de acero de 8 varillas No. 8 dispuestas como se muestra en la figura 54:

Figura 55. **Área de acero preliminar**



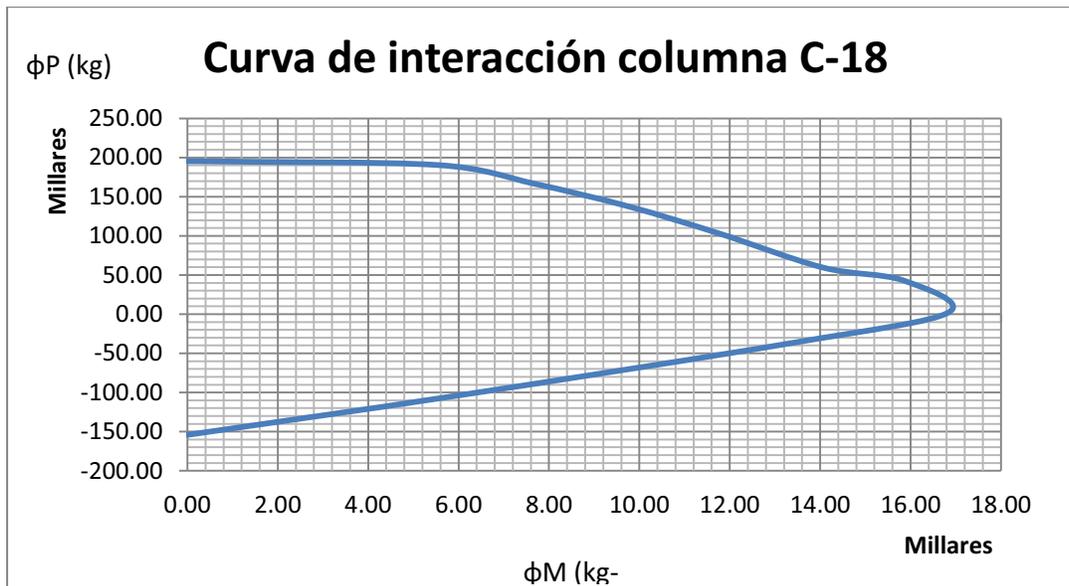
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Tabla XLII. **Carga y momento para C18**

$\phi P_n$	$\phi M_n$
195 388,46	0,00
190 421,35	5 543,66
166 941,98	7 648,24
137 639,50	9 757,69
102 752,52	11 780,77
59 537,01	14 060,77
42 944,72	15 847,23
2 326,76	16 844,31
-36 354,82	13 419,43
-104 523,73	5 909,21
-154 126,15	0,00

Fuente: elaboración propia.

Figura 56. **Diagrama de interacción Carga-Momento para C18**



Fuente: elaboración propia.

Por medio de la curva de interacción se encuentra que para un valor de  $\phi M_{nxx} = 6\,303,27$  corresponde  $\phi P_{nxx} \cong 157\,000,00$  y para un valor de  $\phi M_{nyo} = 7\,470,44$  corresponde  $\phi P_{nyo} \cong 160\,000,00$ .

Sustituyendo valores y aplicando la ecuación:

$$\frac{1}{\phi P_n} = \frac{1}{157\,000} + \frac{1}{160\,000} - \frac{1}{206\,737,53}$$

$$\phi P_n = 128\,495,47 \text{ kg}$$

Recordando que la carga última es igual a 34 967,05 kilogramos se concluye que la sección propuesta es idónea para las solicitaciones proyectadas.

Como se establece en la sección 21.4.4.4, la longitud de confinamiento no debe ser menor que la mayor de: a)  $h = 30$  centímetros; b)  $L_u / 6$ ; c) 45 centímetros. Si  $L_u / 6 = 350 / 6 = 58,33$  y se aproxima a 60 centímetros.

De la sección 21.4.4.2 la separación no debe exceder la menor de las siguientes condiciones: a)  $\frac{1}{4} (b \text{ o } h) = 0,25 * 30 = 7,50$  centímetros; b) 6 veces el diámetro longitudinal =  $6 * 2,54 = 15,24$  centímetros.

De la sección 21.4.4.1 (b) se usó la ecuación 21 - 4 para obtener el espaciamiento requerido

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s_b f'_c}{f_{yt}}$$

Donde:

$A_{sh}$  = área de refuerzo transversal, si el estribo es de varilla No.4

$f_{yt}$  = área de acero transversal

$b_c$  = ancho medido centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal

$$A_{sh} = 2 * 0,71 = 1,42 \text{ cm}^2$$

$$s = \frac{f_{yt}A_{sh}}{0,09b_c f'_c}$$

$$s = \frac{2800 * 1,42}{0,09 * 280 * 21,05} = 7,50 \sim 7 \text{ cm}$$

Donde no se requiere confinamiento el espaciamiento no debe exceder el menor de: a) 6 veces el diámetro longitudinal =  $6 * 2,54 = 15,24$  centímetros; b) 15 centímetros. Se escoge esta última.

#### **2.2.6.4. Diseño de cimientos**

En el diseño de zapatas, como en el caso del diseño de columnas se usaron los valores de cargas y momentos máximos y que provoquen la peor condición al aplicar las combinaciones de carga establecidas en el código.

En el caso de zapatas prevalece la mayor condición de carga axial, contrario al diseño de columnas donde los momentos son los más críticos. Por dicho motivo y analizando los resultados de la tabla XXI se elige como columna típica la C8 cuyas cargas y momentos en la base se ordenan a continuación:

Tabla XLIII. **Carga axial y momentos en la base de C8**

Comb1	1,4D+1,7L	Comb2	0,75(1,4D+1,7L)+E	Comb3	0,9D+E	
Carga	CM	CV	Sismo	Comb1	Comb2	Comb3
P	40 736,29	15 282,66	3 554,51	83 011,33	65 813,01	40 217,17
M2	71,99	31,42	10 416,16	154,20	10 531,80	10 480,95
M3	15,41	12,60	8 530,30	42,99	8 562,55	8 544,17

Fuente: elaboración propia.

De lo anterior se elige:

$$\begin{aligned} P_u &= 83\,011,33 \\ M_{ux} &= 8\,562,55 \\ M_{uy} &= 10\,531,80 \end{aligned}$$

Calculando el factor de carga última:

$$F_U = \frac{1,4 * CM + 1,7 * CV}{CM + CV}$$

$$F_U = \frac{1,4 * 40\,736,29 + 1,7 * 15\,282,66}{40\,736,29 + 15\,282,66} = 1,48$$

Las cargas de servicio a utilizar en el diseño son:

$$P = \frac{83\,011,33}{1,48} = 56\,759,71 \text{ kg}$$

$$M_x = \frac{8\,562,55}{1,48} = 5\,854,72 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_y = \frac{10\,531,80}{1,48} = 7\,201,21 \text{ kg} - \text{m}$$

Cálculo del área de contacto con el suelo

$$A_z = 1,5 \frac{P}{V_s}$$

$$A_z = 1,5 \left( \frac{56\,759,71}{23\,800} \right) = 3,59 \text{ m}^2$$

De la sección 2.2.2.1. el valor soporte del suelo  $V_s = 23\,800,00 \text{ kg/m}^2$ .

Inicialmente se consideró una zapata cuadrada de  $3,64 \text{ m}^2$  y  $1,90$  metros por lado, aproximando a  $2,20$  metros se obtuvo un área final de  $4,86 \text{ m}^2$ .

- Chequeo de presión en el suelo

Suponiendo un espesor de  $50$  centímetros,

$$P_{\text{cimiento}} = 0,50 * (2,20)^2 * 2400 = 5\,753,43 \text{ kg}$$

$$P_{\text{suelo}} = 1,30 * (2,20)^2 * 1\,340,00 = 8\,352,06 \text{ kg}$$

$$P_n = 56\,018,95 \text{ kg}$$

$$P_{\text{total}} = 5\,753,43 + 8\,352,06 + 56\,018,95 = 71\,124,45 \text{ kg}$$

La presión sobre el suelo se obtiene por medio de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{P_{\text{total}}}{A_z} \pm \frac{M_x}{\frac{1}{6}bh^2} \pm \frac{M_y}{\frac{1}{6}bh^2}$$

$$q_{\max} = \frac{70\,124,45}{2,20^2} + \frac{5\,778,31}{\frac{1}{6} * 2,20 * 2,20^2} + \frac{7\,107,23}{\frac{1}{6} * 2,20 * 2,20^2} = 21\,990,30 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\max} = \frac{70\,124,45}{2,20^2} - \frac{5\,778,31}{\frac{1}{6} * 2,20 * 2,20^2} - \frac{7\,107,23}{\frac{1}{6} * 2,20 * 2,20^2} = 7\,261,57 \text{ kg/m}^2$$

De lo anterior se concluye que

$$q_{\max} < \text{capacidad soporte}$$

$$q_{\min} > 0$$

Se concluye que la dimensión asumida de 2,20 metros por lado es apropiada. Con la presión máxima se procede a definir la presión de diseño:

$$q_{\text{diseño}} = 1,48 * 21\,990,30 = 32\,586,19 \text{ kg/m}^2$$

Ahora es preciso chequear la capacidad a corte con la dimensión asumida de 50 centímetros, para ello se realizan los chequeos a corte simple y por punzonamiento. Para el corte simple, el corte actuante es:

$$V_{\text{act}} = q_{\text{diseño}} * \left[ \frac{(L - h)}{2} - d \right]$$

Donde:

$V_{\text{act}}$  = corte actuante [kg/m<sup>2</sup>]

L = b o h de la zapata según sea el sentido analizado [m]

h = dimensión de columna paralela a L de zapata [m]

d = peralte efectivo de la zapata [m]

Para zapatas el recubrimiento recomendado por el ACI 318-05 en la sección 7.7.1 es de 7,5 centímetros y asumiendo que se utiliza acero longitudinal No. 8 el peralte efectivo fue:

$$d = 50 - 7,5 - \frac{2,54}{2} = 40,28 \text{ cm}$$

$$V_{\text{act}} = 32\,586,19 * \left[ \frac{(2,20 - 0,30)}{2} - 40,28 \right] = 38\,676,04 \text{ kg}$$

Corte resistente del concreto:

$$V_{\text{rest}} = 0,53\phi\sqrt{f'_c}bd$$

$$V_{\text{rest}} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 220 * 0,4028 = 66\,920,90 \text{ kg}$$

El corte actuante está por debajo del corte resistente por lo que el espesor funciona correctamente.

El corte por punzonamiento se define con la siguiente expresión:

$$V_{\text{act}} = q_{\text{diseño}} * [A_z - (h_{\text{col}} + d)^2]$$

Donde:

$A_z$  = área de zapata [m<sup>2</sup>]

$h_{\text{col}}$  = dimensión de columna h [m]

$d$  = peralte efectivo de zapata [m]

$$V_{act} = 32\,676,04 * [(2,20)^2 - (0,30 + 0,4028)^2] = 140\,141,27 \text{ kg}$$

El corte resistente del concreto fue:

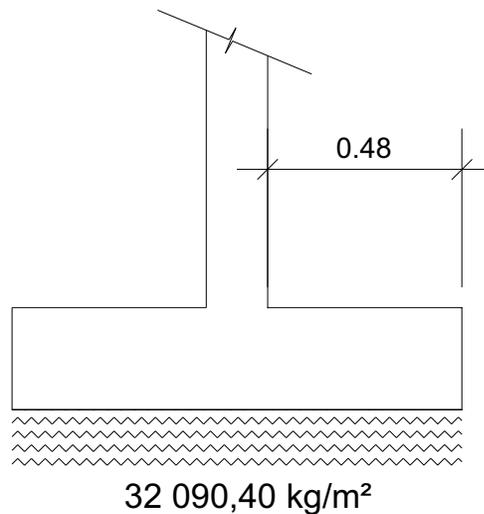
$$V_{rest} = 1,06 * \emptyset * \sqrt{f'_c} * [4 * (h_{col} + d)] * d$$

$$V_{rest} = 1,06 * 0,85 * \sqrt{280} * 4 * (0,30 + 0,4028) * 0,4028 = 170\,703,57 \text{ kg}$$

$V_{act} < V_{rest}$ ; de esta forma se satisface el cortante por punzonamiento.

- Refuerzo a flexión:

Figura 57. **Presión de diseño**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

$$M = \frac{WL^2}{2} = \frac{32\,586,19 * 0,95^2}{2} = 14\,544,61 \text{ kg} - \text{m}$$

Donde:

$$d = 40,28 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$A_s = 14,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 20,20 \text{ cm}^2 \text{ se toma el acero m\u00ednimo.}$$

- Espaciamiento S

$$\text{Area de varilla No. 8} = 5,07 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{5,07 * 100}{20,20} = 25,08 \text{ cm}$$

- Cantidad de varillas

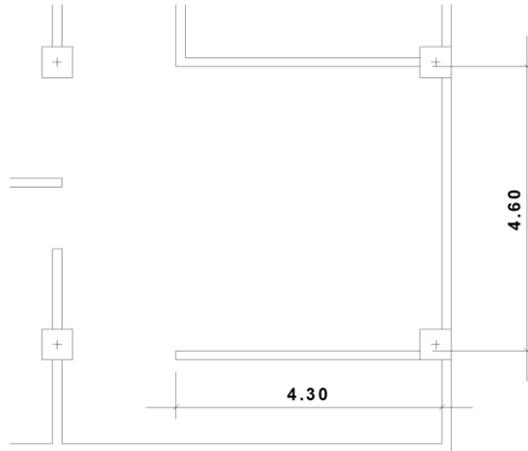
$$\# \text{ espaciamientos} = \frac{b - 2 * \text{rec}}{S} = \frac{2,05}{0,25} = 8,19 \cong 8$$

En ambas direcciones se colocarán 9 varillas No.8 @ 25 cent\u00edmetros.

#### **2.2.6.5. Dise\u00f1o de escaleras**

En la figura 57 se muestra el \u00e1rea destinada para acoger el m\u00f3dulo de gradas donde se aprecian las dimensiones a rostros y en general, la situaci\u00f3n respecto a pasillos y ambientes vecinos.

Figura 58. **Área para módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Las dimensiones de la huella y la contrahuella deben cumplir con las condiciones que satisfagan la funcionalidad, comodidad y la seguridad siendo la mejor proporción aquella que demande el menor esfuerzo posible de quien las usa. Algunos criterios como el de Rondelet proponen que:

$$2 \text{ contrahuellas} + 1 \text{ huella} = 62 \text{ o } 64 \text{ centímetros}$$

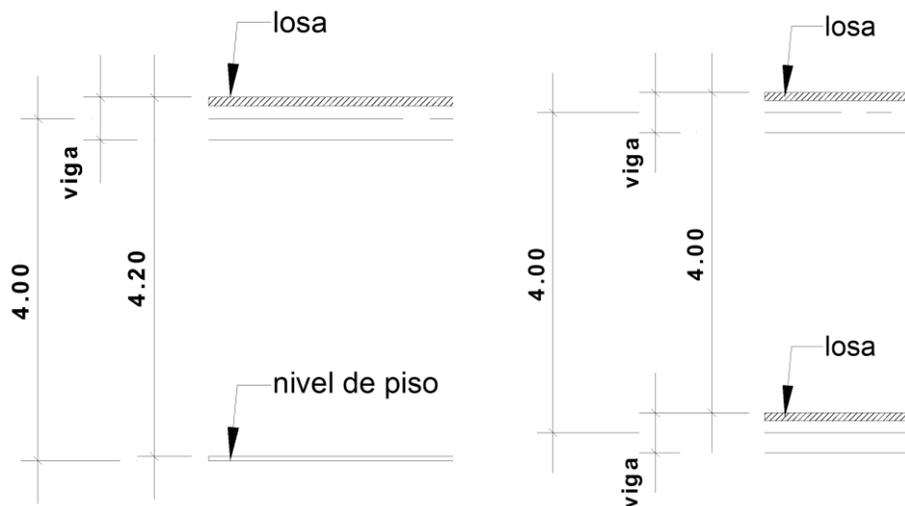
Los 62 o 64 centímetros representan la longitud normal de un paso humano en un plano inclinado, dado que el paso normal de un adulto en plano horizontal es de 76 centímetros, mientras que para los niños este valor se reduce a 55 centímetros.

La altura más favorable para la contrahuella es de 17 centímetros, correspondiéndole una huella de 29 centímetros. Como límites mínimos y máximos de contrahuella son 11 y 22 centímetros y para huella puede oscilar entre 25 y 30 centímetros.

En cuanto a criterios de seguridad, el IBC 2003 en la sección 1009,3 impone un valor mínimo de 28 centímetros para huellas y entre 10 a 18 centímetros para contrahuellas. El ancho mínimo en tramos, descansos, arranques y desembarcos es 1,20 metros en escaleras internas y una altura entre tramos no mayor a 3,66 metros (sección 1007.3).

Se han asignado 4,00 metros de altura entre ejes de piso, considerando que las losas van fundidas con la parte superior de las vigas y que se alinean con su centroide geométrico al eje longitudinal, además de restar 5 centímetros en el primer piso por nivelación con mezlón las alturas reales entre cada piso quedaron como se muestra a continuación:

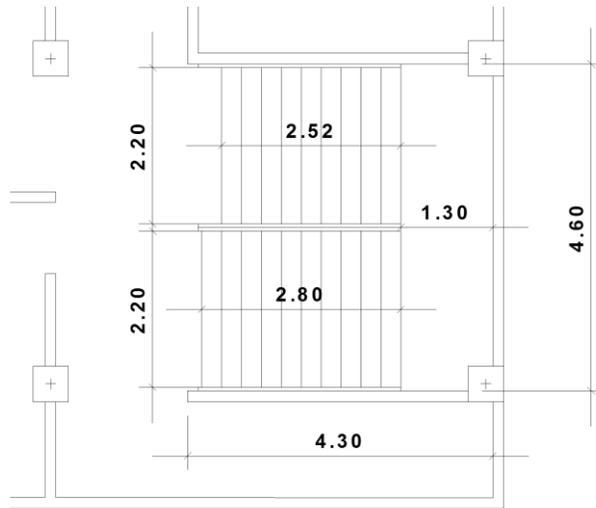
Figura 59. **Alturas útiles**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

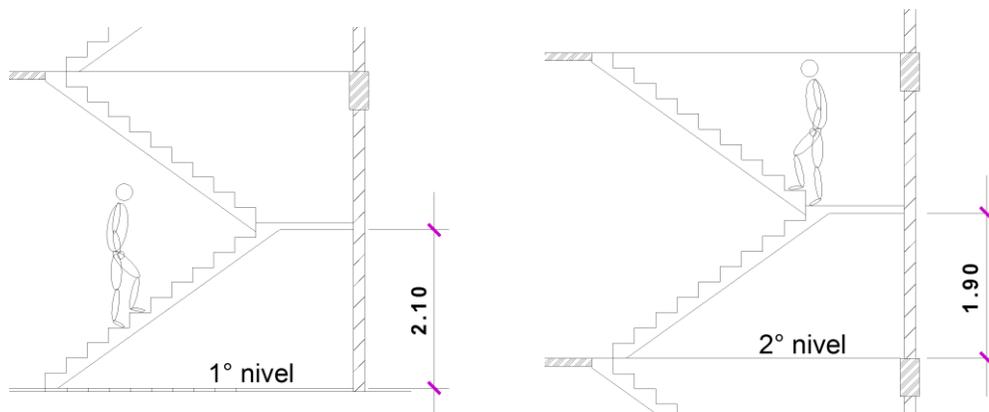
Con los espacios y alturas disponibles las longitudes de huella y contrahuella serán 28 y 20 centímetros respectivamente.

Figura 60. **Planta de gradas con dimensiones finales**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

Figura 61. **Elevación de gradas en primer y segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El conjunto de gradas no es más que una losa inclinada que trabaja en un sentido, en este caso para determinar el peralte se asume que la losa tiene un extremo continuo, por lo que con base en la figura 8 se toma  $t = L/24$  siendo L:

$$L = \sqrt{(2,10)^2 + (2,80)^2} = 3,5 \text{ m}$$

$$t = \frac{3,5}{24} = 0,15 \text{ m}$$

Cargas de diseño para escalera con 11 peldaños:

$$CM = PP_{\text{escalera}} + \text{acabados}$$

$$\text{Vol} = \left[ \sqrt{(2,10)^2 + (2,80)^2} \right] * 2,20 * 0,15 + \left[ \frac{1}{2} * 0,28 * 0,20 * 2,20 * 11 \right]$$

$$\text{Vol} = 1,16 + 0,68 = 1,84 \text{ m}^3$$

$$PP_{\text{escalera}} = 2\,400 * (1,84) = 4\,410,24 \text{ kg}$$

$$W_{PP} = \frac{4\,410,24}{\sqrt{(2,10)^2 + (2,80)^2}} = 1\,260,07 \text{ kg/m}$$

Carga de servicio por acabados =  $50 \text{ kg/m}^2$

$$PP_{\text{acabados}} = 50 * 2,20 = 110 \text{ kg/m}$$

$$CM = 1\,260,07 + 110 = 1\,370,07 \text{ kg/m}$$

La carga viva según lo recomendado por AGIES NSE 2 tabla 3-1

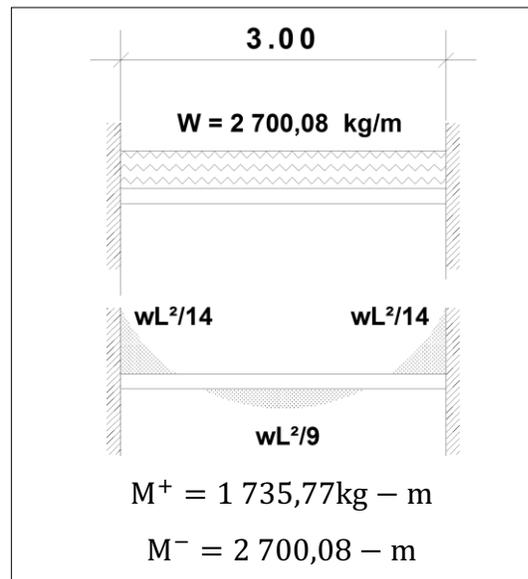
$$CV = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{CV} = 300 * 2,20 = 660 \text{ kg/m}$$

$$C_u = 1,2 * 1\,370,07 + 1,6 * 660 = 2\,700,08 \text{ kg/m}$$

Los coeficientes de momento han sido tomados de la sección 8.3.3 del ACI, asumiendo como base del análisis que la losa no está inclinada, es decir, se toma en cuenta solo su proyección horizontal.

Figura 62. **Criterio de proyección horizontal y momentos críticos**



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2012.

El cálculo de acero por flexión es con el proceso ya trabajado en anteriores secciones con las constantes  $f_y = 2\,800 \text{ kg/cm}^2$ ;  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  y  $b = 100$  centímetros.

Asumiendo varilla No. 4 y recubrimiento de 2 centímetros

$$d = 15 - 2 - \frac{1,27}{2} = 12,37 \text{ cm}$$

$$A_s^- = 5,70 \text{ cm}^2$$

$$A_s^+ = 9,01 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínimo es  $A_{\min} = 6,16 \text{ cm}^2$  con espaciamiento respectivo de 20,57 se aproximó a 20 centímetros siendo estos valores los que se suministraron para momento negativo, el espaciamiento para el  $A_s^+$  es de 14,06 se aproxima a 14 centímetros.

El acero por temperatura será  $A_{s_{\text{temp}}} = 0,002 * 100 * 15 = 3 \text{ cm}^2$ , se debe colocar acero No. 3 @ 20 centímetros.

### **2.2.7. Instalaciones**

Un correcto diseño de las instalaciones provee los servicios básicos a los usuarios de forma eficiente y segura sin provocar conflictos con la funcionalidad e integridad estructural del inmueble.

#### **2.2.7.1. Agua potable**

El abasto de agua potable será por medio del agua municipal se tendrá un cisterna y por medio de un equipo de bombeo se elevará el agua hasta un tanque elevado que estará en la terraza del edificio.

Como primer paso debe asignarse una dotación; las dotaciones incluidas en los anexos recomiendan que para un edificio de oficinas esta debe ser de 70 lt/hab/dia. Sin embargo, en la implementación del sistema de distribución se debe tomar en cuenta las condiciones existentes en el servicio de abastecimiento principal, el cual es irregular y sufre constantes cortes por fallas en el bombeo o daño en la tubería de conducción, por lo tanto, una dotación de 50 lt/hab/dia es un dato realista bajo estas condiciones.

Un sistema de distribución combinado, que incluye un depósito aéreo y cisterna es una excelente opción para el presente caso, pues aporta almacenamiento y un aumento de la presión para alimentar a los artefactos sanitarios del segundo nivel.

El personal administrativo se estima en 35 personas, con una permanencia en el inmueble de 8 horas diarias y 15 personas no permanentes suman una demanda diaria a suplir de 50 personas.

Utilizando el método de Hunter, con la tabla III de los Anexos se asigna un diámetro en pulgadas a cada aparato sanitario o subramal de la siguiente manera:

Lavamanos 1/2"

Inodoro con tanque 1/2"

Lavadero de ropa 1/2"

Chorros para patio 1/2"

Utilizando la tabla VIII de los anexos, se asigna un número (equivalencia) a cada subramal en función del diámetro obtenido anteriormente quedando de la siguiente manera:

$$\phi \frac{1}{2} = 1$$

Luego, empezando desde el accesorio más alejado en el circuito al alimentador principal se analiza ramal por ramal en función de los valores anteriores sumando acumulativamente los gastos equivalentes según se vayan presentando a lo largo de la instalación, esto da como resultado el diámetro para el ramal de alimentación de la siguiente manera:

La ruta que conecta la mayor cantidad de artefactos desde el más lejano hasta la unión con el alimentador principal incluye 10 aparatos, cada uno de 1 unidad Hunter (UH) sumando 10 UH. Consultando la tabla VIII de los anexos, la cantidad equivalente para un tubo de 1 ¼" es de 10,9; la diferencia no es importante y por este motivo se eligió este diámetro para formar los circuitos alimentadores buscando simplificar la instalación manejando la menor cantidad de diámetros posible.

$$V_C = \text{dot} * \# \text{ hab} * D$$

Donde:

Dot = dotación [lt/hab/día]

No. Hab = número de habitantes

D = días de reserva [2]

$$V_C = 50 * 50 * 2 = 5\,000 \text{ litros}$$

El volumen del depósito es el 50 % de la demanda diaria de líquido, debido a que se considera un tiempo de bombeo diario de 12 horas:

$$V_D = \frac{1}{2} V_C$$

$$V_D = \frac{1}{2} * 5\ 000 = 2\ 500 \text{ litros}$$

Previo a obtener la potencia de la bomba es necesario determinar la carga dinámica total a través de la fórmula de Hazen-Williams cuya fórmula se expone a continuación:

$$H_f = \frac{1743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

$H_f$  = pérdida de carga (m)

$Q$  = caudal (l/s)

$L$  = longitud de la tubería (m)

$C$  = coeficiente de fricción [150]

$D$  = diámetro de la tubería (pulgadas)

El diámetro de la tubería de impulsión es de 1". Como se indica en la tabla de velocidades máximas en tubos para agua potable contenida en los anexos, la velocidad en un tubo de 1" es de 2,25 m/s y el caudal que corresponde es:

Sustituyendo  $Q = VA$  en la ecuación de Hazen-Williams, la pérdida por fricción es:

$$H_f = \frac{1115,36 * L * V^{1,85}}{C^{1,85} * D^{1,17}}$$

$$H_f = \frac{1115,36 * 10 * 2,25^{1,85}}{150^{1,85} * 1^{1,17}} = 4,71 \text{ m}$$

La altura total del edificio es de 8 metros, más 2 metros hasta el fondo de la cisterna se obtienen 10 metros de altura. Además, se recomienda que el depósito aéreo debe elevarse 1,50 metros de la superficie para cumplir con la presión mínima en los artefactos ubicados en el nivel más elevado.

De esta forma la carga total es:

$$H = \text{altura edificio} + H_{\text{cisterna}} + H_{\text{tinaco}} + H_f = 10,00 + 2,00 + 1,50 + 4,71$$

$$H = 18,21 \text{ m}$$

La potencia necesaria esta dada por la siguiente ecuación:

$$P_b = \frac{Q_b * CD}{76 * \%ef}$$

Donde:

$Q_b$  = caudal de bombeo

CD = carga dinámica

$\%ef$  = porcentaje de efectividad [60-70 %]

$$P = \frac{0,56 * 18,21}{76 * 0,70} = 0,19 \text{ HP}$$

Una bomba de  $\frac{1}{4}$  HP es suficiente para cumplir con la demanda.

### **2.2.7.2. Sistema de drenaje sanitario y pluvial**

La determinación de los diámetros de derivadores, bajantes y colectores se llevó a cabo siguiendo el procedimiento expuesto en la referencia

bibliográfica Guía para las instalaciones sanitarias en edificios del Ing. Luis Carlos Rodríguez Soza mediante la asignación específica de unidades de descarga (UD) por tipo de aparato según la tabla XIII y caudales base (Q.B) en la tabla XV de los anexos.

Según el uso proyectado del inmueble este se clasifica como de 2a clase; se resumen los diámetros obtenidos a continuación:

Tabla XLIV. **Diámetros en red de drenaje**

Lavabo	Retrete	Urinal	Q.B. Lavabo	Q.B. Retrete	Q.B. Urinal	Total UD	Diámetro sugerido	Diámetro seleccionado
1x2	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	1,50	1 ¼"	2"
2x2	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	3,00	2"	3"
3x2	0,00	0,00	0,75	0,00	0,00	4,50	2"	3"
0,00	1x5	0,00	0,00	1,50	0,00	7,50	2 ½"	4"
0,00	2x5	0,00	0,00	1,50	0,00	15,00	2 ½"	4"
0,00	3x5	0,00	0,00	1,50	0,00	22,50	3"	4"
3x2	3x5	0,00	0,75	1,50	0,00	27,00	3"	4"
3x2	4x5	0,00	0,75	1,50	0,00	34,50	4"	4"
0,00	0,00	1x2	0,00	0,00	1,00	2,00	1 ½"	2"
0,00	0,00	2x2	0,00	0,00	1,00	4,00	2"	2"
0,00	0,00	3x2	0,00	0,00	1,00	6,00	2"	2"

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Excel 2010.

La descarga total por nivel siguiendo el criterio anterior de suma de caudales arroja el siguiente valor:

$$6 \text{ lavabos} \times 1,50 + 7 \text{ retretes} \times 7,50 + 3 \text{ urinales} \times 2,00 = 67,50 \text{ l/s}$$

Un diámetro de 4" es suficiente para drenar esta cantidad.

Para la obtención de los diámetros de las bajadas de agua pluvial, se implementó el método racional cuya fórmula se presenta a continuación:

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

Donde:

Q = caudal [m<sup>3</sup>/seg]

C = relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área

I = intensidad de lluvia [mm/hora]

A = área a drenar [hectáreas]

El valor de C para el presente caso se asumió como 1,00 que corresponde a una superficie de techo o azotea según la tabla XVI de los anexos. La intensidad de lluvia es la proporcionada por el INSIVUMEH para la estación meteorológica más cercana a la localidad para un período de retorno de 25 años y un tiempo de concentración de 5 minutos:

$$I = \frac{31\,330}{(40 + 5)^{1,271}} = 248,16 \text{ mm/hora}$$

El área total del techo ha sido dividida en 5 secciones de drenaje, se tomó la mayor de ellas que cuenta con un área de 127,87 m<sup>2</sup> o 0,013 ha.

$$Q = \frac{1,00 \times 248,16 \times 0,013}{360} = 0,009 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o } 9 \text{ l/s}$$

Con el anterior caudal y la ecuación de Manning con n = 0,009 para material PVC y pendiente S = 1% se obtuvo el diámetro necesario:

$$D = \left( \frac{691\,000 \times 0,009 \times 0,009}{0,01^{1/2}} \right)^{3/8} = 10,22 \text{ cm} \sim 4''$$

### 2.2.7.3. Instalación eléctrica

Uno de los criterios utilizados en el diseño de instalaciones eléctricas es la separación de circuitos en unidades de fuerza e iluminación, ya que los consumos son mayores en las unidades de fuerza y tal independencia permite prescindir de ellos durante una falla por sobretensión, manteniendo la iluminación íntegra para la seguridad de los ocupantes.

Para la distribución de las unidades de fuerza en circuitos se asignó una carga de 180 VA para cada tomacorriente y aplicando la Ley de Ohm cuya ecuación es:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = corriente [amperes]

P = potencia consumida [watts]

V = diferencia de potencial o voltaje [volts]

Obtenida la corriente se asignó un amperaje de protección con base en los dispositivos existentes en el mercado nacional. La elección de protecciones para la distribución de las unidades de iluminación y para la bomba hidroneumática se realizó bajo el mismo razonamiento.

Como ejemplo se describe el procedimiento hecho para el circuito de fuerza G que se compone de 10 unidades tomacorrientes, cada una de 180 VA hace un total de 1 800 VA; aplicando la Ley de Ohm:

$$I = \frac{1\,800\text{ VA}}{120\text{ V}} = 15\text{ A}$$

En el mercado es poco frecuente encontrar protecciones de 15 A, de cualquier manera es necesario considerar un margen de amplitud para anticipar una sobretensión por el uso simultaneo de cargas o por un aumento de temperatura en los conductores debido a los materiales, por lo cual se opta por elegir una protección de 20 A para cubrir cualquier imprevisto.

En la sección 2.2.71 se determinó que la potencia de impulsión requerida para elevar agua potable a la terraza era de ¼ HP (186,43 Watts); para obtener la corriente que circula por el motor aplicando la Ley de Ohm de la siguiente forma:

$$I = \frac{186,43\text{ watts}}{120\text{ V} * 0,90} = 1,73\text{ A}$$

$$I_{\text{arranque}} = 4 I = 4 * 1,73 = 6,90\text{ A}$$

El factor 0,90 que afecta al voltaje aplicado es un factor de seguridad que se relaciona con la operación y eficiencia de la bomba. En teoría solo circularían 1,73 Amperes por el motor trabajando normalmente, sin embargo la corriente de arranque es mucho más alta que la corriente nominal o de trabajo siendo en ocasiones 3, 4 o hasta 5 veces mayor.

Este es un criterio muy subjetivo y en todo caso depende mucho del grado de conocimiento que el diseñador posea de equipos de este tipo y de la carencia de datos no proporcionada por el fabricante, más no de la corriente de arranque.

En este caso una protección de 15 A es suficiente para la corriente de arranque obtenida, pero es prudente considerar incluso de 20 A dependiendo del tipo de bomba y especificaciones proporcionadas por el fabricante. En general y en la mayoría de casos se cumplen las siguientes reglas:

- 15 Amperes, conductor No. 14 AWG para bomba de 1/4 H.P.
- 20 Amperes, conductor No. 12 AWG para bomba de 1/2 H.P.
- 30 Amperes, conductor No. 10 AWG para bomba de 3/4 o hasta 1 H.P.

La elección del calibre de conductor depende de la carga asociada, sin embargo, para los parámetros antes establecidos normalmente se utiliza para retornos, puentes y conductores negativos calibre 14 y líneas positivas calibre 12.

Mediante la tabla proporcionada por el fabricante incluida en el apéndice, en el caso del circuito G la corriente total de 15 A puede ser conducida por un conductor calibre 14 cuya capacidad mínima a 60 °C es justamente de 15 A, sin embargo, como en cualquier diseño los elementos deben operar con un margen de seguridad por sobrecargas adicionales o sobretensiones por interrupciones súbitas en la alimentación principal, por lo tanto se escoge calibre 12 cuya capacidad mínima es de 20 A.

En la elección de la tubería de conducción existen dos parámetros a considerar, el primero es el factor de relleno que asegura la cantidad adecuada de aire dentro de la tubería para que se disipe el calor que se genera internamente debido al efecto Joule. Es la relación entre la suma total de las secciones transversales de los conductores (con aislamiento incluido y el área transversal del tubo.

Para un conductor el factor de relleno debe ser de 53 %, para dos conductores se limita a un máximo de 31 % y para 3 o más conductores a un 40 %. El segundo parámetro a tomar en cuenta es el factor de arreglo el cual es 0,80, debido a que el área del conductor de cobre no es igual al área del conductor forrado.

Con las consideraciones anteriores el diámetro de la tubería se puede expresar con la siguiente formula:

$$\phi = \sqrt{\frac{4 * \sum A_c}{\pi * FA * FR}}$$

Donde:

$\phi$  = diámetro de tubería

$A_c$  = área transversal de los conductores

FA= factor de arreglo

FR= factor de relleno

### **2.2.8. Evaluación de impacto ambiental inicial**

En todo proyecto constructivo es obligatoria la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) como requisito para la ejecución y tramite de licencias constructivas cuyo ente regulador es el Ministerio de Ambiente de Recursos Naturales, quien da seguimiento, sanciona y emite dictamen al respecto.

Por medio del listado taxativo del MARN se puede clasificar la obra proyectada como tipo B2 o de moderado a bajo impacto ambiental ya que el área constructiva no sobrepasa los 5 000 m<sup>2</sup>.

Tabla XLV. Evaluación Ambiental Inicial

1. INFORMACION LEGAL																	
<b>1.1. Nombre del proyecto obra, industria o actividad:</b> Edificio de dos niveles para la sede municipal de San Juan Alotenango, Sacatepéquez.																	
<b>1.1.1 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento</b> Edificio de dos niveles destinado a oficinas de atención al ciudadano y gestión administrativa de la corporación municipal de San Juan Alotenango, Sacatepéquez.																	
<b>1.2 Dirección de donde se ubicará el proyecto:</b> cuarto cantón, San Juan Alotenango																	
<b>Especificar Coordenadas UTM o Geográficas</b>																	
<b>Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84)</b>	<b>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</b>																
736683.70 m Este	Latitud 14°29'3.15"N																
1602413.24 m Norte	Longitud 90°48'14.77"O																
2. INFORMACION GENERAL																	
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:																	
<b>2.1 Área</b>																	
a) Área total de terreno en metros cuadrados: <u>375</u> b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: <u>375</u> c) Área total de construcción en metros cuadrados: <u>375</u>																	
<b>2.2 Actividades colindantes al proyecto:</b>																	
NORTE _____	Calle _____	SUR _____ Inmueble _____															
ESTE _____	Calle _____	OESTE _____ Inmueble _____															
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th>DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inmueble</td> <td>Sur</td> <td>&lt; 10 metros</td> </tr> <tr> <td>Inmueble</td> <td>Oeste</td> <td>&lt; 10 metros</td> </tr> <tr> <td>Calle</td> <td>Norte</td> <td>&lt; 10 metros</td> </tr> <tr> <td>Calle</td> <td>Este</td> <td>&lt; 10 metros</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO	Inmueble	Sur	< 10 metros	Inmueble	Oeste	< 10 metros	Calle	Norte	< 10 metros	Calle	Este	< 10 metros		
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO															
Inmueble	Sur	< 10 metros															
Inmueble	Oeste	< 10 metros															
Calle	Norte	< 10 metros															
Calle	Este	< 10 metros															
<b>2.3 Dirección del viento:</b> de Sur a Norte																	
<b>2.4 Datos laborales</b>																	
a) Jornada de trabajo: Diurna ( x ) Nocturna ( ) Mixta ( ) Horas Extras _____ b) Número de empleados por jornada <u>25</u> c) Total empleados <u>25</u> d) otros datos laborales, especifique _____																	

Continuación de la tabla XLV.

2.5 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	si	dia	Servicio Municipal	Aseo		Deposito aéreo y cisterna
	Pozo	-					
	Agua especial	-					
	Superficial	-					
Combustible	Otro	-					
	Gasolina	-					
	Diesel	-					
	Bunker	-					
	Glp	-					
	Otro	-					
Lubricantes	Solubles	-					
	No solubles	-					
Refrigerantes		-					
Otros		-					
<b>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</b>							
<b>3. TRANSPORTE</b>							
3.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: a) Número de vehículos <u>5</u> b) Tipo de vehículo <u>varios</u> c) sitio para estacionamiento y área que ocupa <u>Anexo a inmueble</u>							
<b>4. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDEN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD</b>							

#### **4.1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES**

En el siguiente cuadro, identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, no es suficiente, por lo que se requiere que se describa y detalle la información, indicando si corresponde o no a sus actividades (usar hojas adicionales si fuera necesario).

Continuación de la tabla XLV.

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	Afecciones respiratorias, contaminación, de aire, daño en equipos electrónicos.	Obra y calles circundantes	Riego con agua, cubrir la carga con lonas, circulación de zona de trabajo
		Ruido	Contaminación auditiva	Obra y calles circundantes	Instalar doble perímetro de circulación en el área de trabajo
		Vibraciones	Daños menores en acabados	Obra y calles circundantes	Instalar doble perímetro de circulación en el área de trabajo
		Olores	---	---	---
2	Agua	Abastecimiento de agua	---	---	---
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: ---	---	---
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: ---	Descarga: -- -	---
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: ---	Descarga: --	---
		Agua de lluvia	Captación	Descarga: --	---

Continuación de la tabla XLV.

3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: ---	---	---
		Desechos Peligrosos (con una o mas de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: ---	Disposición: --	---
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)	---	---	---
		Modificación del relieve o topografía del área	---	---	---
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	---	---	---
		Fauna (animales)	---	---	---
		Ecosistema	---	---	---
5	Visual	Modificación del paisaje	---	---	---
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	---	---	---
7	Otros		---	---	---

NOTA: Complementaria a la información proporcionada se solicitan otros datos importantes en los numerales siguientes.

## 5. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD

### 5.1 Efectos en la salud humana del vecindario:

- a)  la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio  
 b)  la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores  
 c)  la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores

**Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:** Es necesario demoler la estructura actual, esto genera vibraciones y polvo.

Continuación de la tabla XLV.

<b>5.2 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</b>		
a) inundación ( )	b) explosión ( )	c) deslizamientos ( )
d) derrame de combustible ( )	e) fuga de combustible ( )	d) Incendio ( )
e) Otro ( )		
Detalle la información explicando el por qué? _____		
<b>5.3 riesgos ocupacionales:</b>		
<input type="checkbox"/>	Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores	
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores	
<input checked="" type="checkbox"/>	No existen riesgos para los trabajadores	
Ampliar información:		
<b>5.4 Equipo de protección personal</b>		
5.4.1 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( X ) NO ( )		
5.4.2 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: <b>Gafas protectoras, tapones para los oídos, mascarilla, casco, línea de vida y arnés, guantes, botas con punta de acero</b>		
5.4.3 ¿Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? <b>Colocar doble perímetro de circulación para mitigar las ondas sonoras por ruido y las suspensiones de polvo, a una altura no menor de 2.50 metros, aplicar riego constante para asentar el polvo.</b>		

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.9. Presupuesto de obra

El presupuesto de obra a continuación se efectuó por medio de renglones de trabajo y precios unitarios, según las condiciones de oferta y demanda de mano de obra, maquinaria, fletes y proveedores de materiales de construcción en la localidad para obtener un mejor estimado del costo final de la obra.

### 2.2.10. Cronograma de ejecución

Cumple el propósito de planificar y fijar objetivos en un lapso determinado de tiempo y con esto cumplir con plazos contractuales y financieros acordados antes del inicio de la obra.

Tabla XLVI. Presupuesto para municipalidad

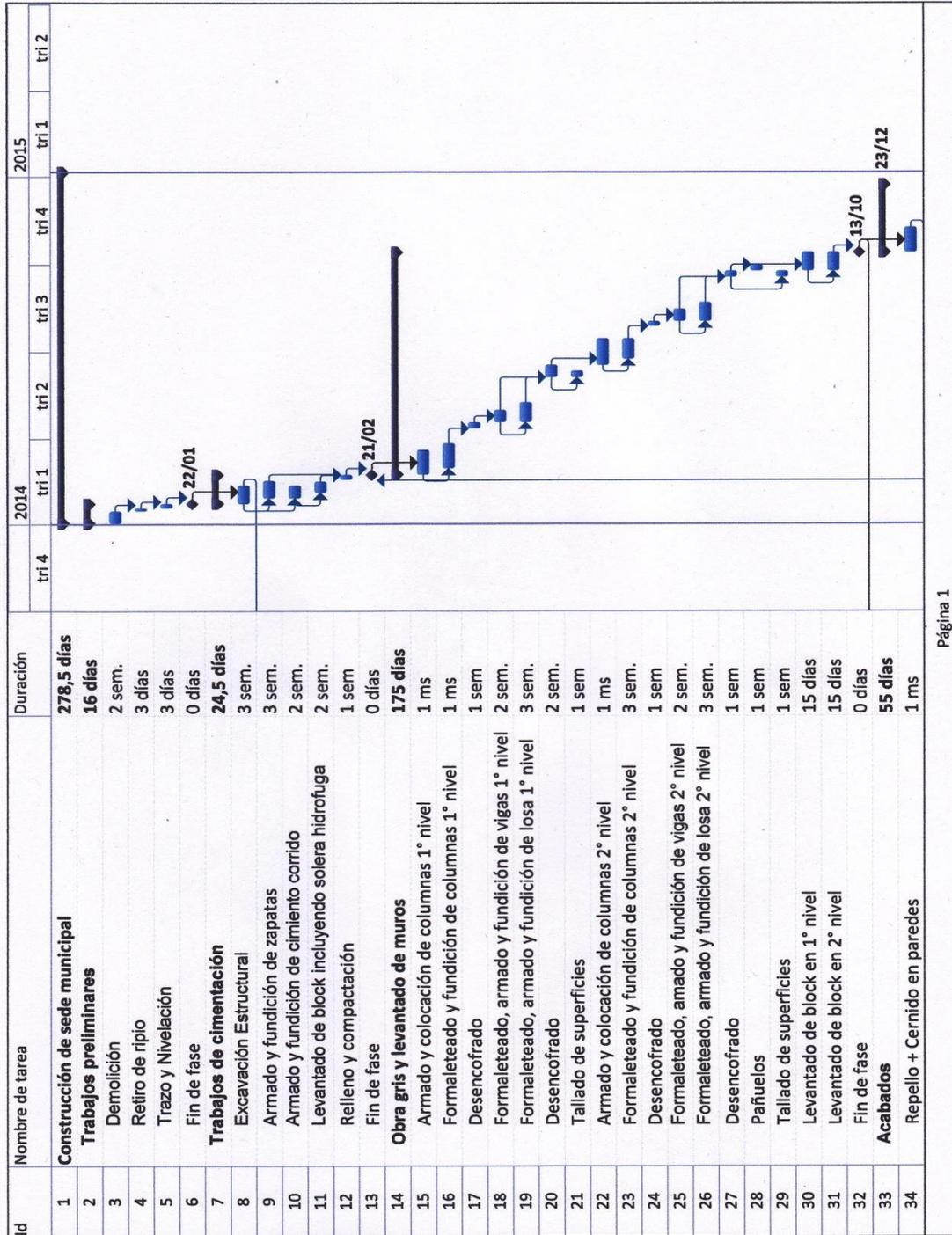
<b>CONSTRUCCIÓN DE MUNICIPALIDAD DE SAN JUAN ALOTENANGO</b>				
<b>Renglón de Trabajo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Subtotales</b>
<b>1. TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
Demolición	m <sup>2</sup>	375,00	Q 38,58	Q 14 467,50
Retiro de ripio	m <sup>3</sup>	125,00	Q 42,47	Q 5 308,75
Trazo y Nivelación	m <sup>2</sup>	375,00	Q 47,66	Q 17 872,50
<b>2. TRABAJOS DE CIMENTACIÓN</b>				
Excavación Estructural	m <sup>3</sup>	152,00	Q 49,17	Q 7 473,84
Armado y colocación de zapatas	Unidad	12,00	Q 8 976,63	Q 107 719,56
Armado y colocación de cimiento corrido	m	170,00	Q 473,99	Q 80 578,30
Levantado de block	m <sup>2</sup>	234,00	Q 213,42	Q 49 940,28
Solera Hidrófuga	m	170,00	Q 1 538,11	Q 261 478,70
Relleno Estructural	m <sup>3</sup>	152,00	Q 7,30	Q 1 109,60
<b>3. OBRA GRIS Y MUROS</b>				
Levantado de Block	m <sup>2</sup>	1400,00	Q 353,61	Q 495 054,00
Solera Intermedia	ml	360,00	Q 297,80	Q 107 208,00
Solera Dintel	ml	25,00	Q 259,55	Q 6 488,75
Columnas C-1	ml	96,00	Q 1 517,99	Q 145 727,04
Columnas C-2	ml	144,00	Q 226,28	Q 32 584,32
Columnas C-3	ml	72,00	Q 195,10	Q 14 047,20
Vigas principales	ml	350,00	Q 1 096,16	Q 383 656,00
Vigas secundarias	ml	55,00	Q 684,43	Q 37 643,65
Losa	m <sup>2</sup>	750,00	Q 400,25	Q 300 187,50
Pañuelos	m <sup>2</sup>	375,00	Q 83,69	Q 31 383,75
<b>4. ACABADOS</b>				
Base de piso	m <sup>2</sup>	375,00	Q 248,35	Q 93 131,25
Piso Cerámico	m <sup>2</sup>	712,00	Q 257,12	Q 183 069,44
Piso Cerámico Antideslizante	m <sup>2</sup>	28,00	Q 266,65	Q 7 466,20
Azulejo en Baños	m <sup>2</sup>	28,00	Q 209,35	Q 5 861,80
Repello + Cernido en paredes	m <sup>2</sup>	620,00	Q 211,53	Q 131 148,60
Pintura en cielos	m <sup>2</sup>	750,00	Q 119,04	Q 89 280,00
Pintura en paredes	m <sup>2</sup>	620,00	Q 129,01	Q 79 986,20
Fachateado	m <sup>2</sup>	520,00	Q 200,43	Q 104 223,60
<b>5. PUERTAS</b>				
Puertas 2	Unidad	2,00	Q 2 286,00	Q 4 572,00
Puertas 3	Unidad	14,00	Q 2 286,00	Q 32 004,00
Puertas 4	Unidad	4,00	Q 2 032,00	Q 8 128,00
Puertas 5	Unidad	1,00	Q 2 921,00	Q 2 921,00
<b>6. VENTANAS</b>				
Ventana V-1	Unidad	1,00	Q 5 588,00	Q 5 588,00
Ventana V-2	Unidad	1,00	Q 1 841,50	Q 1 841,50
Ventana V-3	Unidad	4,00	Q 2 349,50	Q 9 398,00

Continuación de la tabla XLVI.

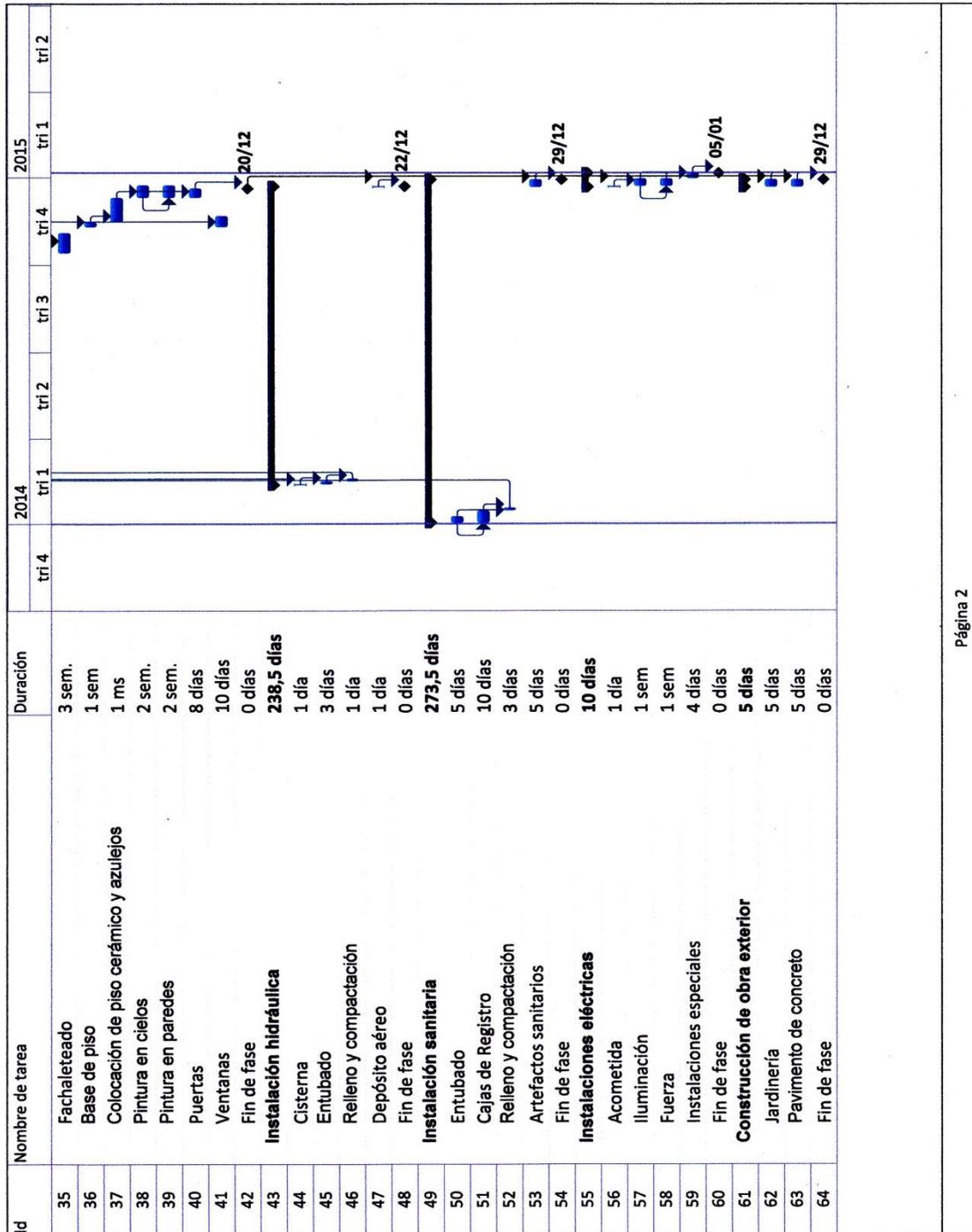
Renglón de Trabajo	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotales
<b>6. VENTANAS</b>				
Ventana V-4	Unidad	1,00	Q 1 143,00	Q 1 143,00
Ventana V-5	Unidad	1,00	Q 889,00	Q 889,00
Ventana V-6	Unidad	1,00	Q 1 016,00	Q 1 016,00
Ventana V-7	Unidad	4,00	Q 698,50	Q 2 794,00
Ventana V-8	Unidad	1,00	Q 635,00	Q 635,00
Ventana V-9	Unidad	2,00	Q 635,00	Q 1 270,00
Ventana V-10	Unidad	2,00	Q 635,00	Q 1 270,00
Ventana V-11	Unidad	2,00	Q 635,00	Q 1 270,00
<b>7. INSTALACIÓN HIDRÁULICA</b>				
Excavación	m <sup>3</sup>	12,00	Q 119,75	Q 1 437,00
Cisterna	Unidad	1,00	Q 10 379,70	Q 10 379,70
Bomba hidroneumatica	Unidad	1,00	Q 10 919,45	Q 10 919,45
Tubería PVC de 1/2"	Unidad	1,00	Q 1 254,42	Q 1 254,42
Tubería PVC de 3/4"	Unidad	1,00	Q 2 602,42	Q 2 602,42
Tubería PVC de 1"	Unidad	1,00	Q 1 190,00	Q 1 190,00
Acometida	Unidad	1,00	Q 507,75	Q 507,75
Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	9,00	Q 71,84	Q 646,56
<b>8. INSTALACIÓN SANITARIA</b>				
Excavación	m <sup>3</sup>	15,00	Q 102,63	Q 1 539,45
Tubería PVC de 2"	Unidad	1,00	Q 4 884,00	Q 4 884,00
Tubería PVC de 3"	Unidad	1,00	Q 9 100,76	Q 9 100,76
Tubería PVC de 4"	Unidad	1,00	Q 8 383,21	Q 8 383,21
Elaboración de cajas	Unidad	4,00	Q 530,58	Q 2 122,32
Relleno y compactación	m <sup>3</sup>	11,00	Q 71,84	Q 790,24
<b>9. ARTEFACTOS SANITARIOS</b>				
Inodoros	unidad	18,00	Q 898,39	Q 16 171,02
Lavamanos	unidad	12,00	Q 474,13	Q 5 689,56
Pila de un lavadero	unidad	1,00	Q 1 430,66	Q 1 430,66
Equipamiento sanitario	unidad	1,00	Q 7 661,12	Q 7 661,12
<b>10. INSTALACIONES ELÉCTRICAS</b>				
Acometida	Global	1,00	Q 2 967,89	Q 2 967,89
Tablero	Global	1,00	Q 2 332,89	Q 2 332,89
Red de iluminación	Global	1,00	Q 12 202,01	Q 12 202,01
Red de fuerza 110V	Global	1,00	Q 12 749,89	Q 12 749,89
Red de fuerza 220V	Global	1,00	Q 4 046,84	Q 4 046,84
Lámparas	unidad	42,00	Q 1 065,14	Q 44 735,88
plafoneras	unidad	11,00	Q 28,89	Q 317,79
Reflectores dobles 150 W	unidad	10,00	Q 208,42	Q 2 084,20
<b>11. CONSTRUCCIÓN DE OBRA EXTERIOR</b>				
Pavimento de concreto	m <sup>2</sup>	165,00	Q 300,28	Q 49 546,20
			<b>TOTAL</b>	<b>Q 2 286 048,35</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 63. Cronograma de ejecución para municipalidad



Continuación de la figura 62.



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2010.



## CONCLUSIONES

1. Las condiciones topográficas en la aldea El Porvenir favorecen la reducción de costos y tiempo de ejecución ya que permiten un zanjeo poco profundo siguiendo la línea natural del terreno, aunque la estrechez de muchos callejones supondrán atrasos por la excavación a mano.
2. El diseño final del edificio se ajusta a la demanda de público y de personal planteada desde la fase de predimensionamiento, los ambientes guardan las dimensiones justas de comodidad, seguridad y funcionalidad, todo ello en armonía con las dimensiones disponibles de área constructiva.



## RECOMENDACIONES

1. Utilizar materiales especificados para asegurar el adecuado funcionamiento de las obras, antes descritas.
2. El uso de cada obra debe limitarse al diseño establecido, por ejemplo, en el caso del alcantarillado, no deben incorporarse aguas por escorrentía o lluvia dentro del sistema y para el caso del edificio, este ha sido diseñado para albergar únicamente dos plantas quedando prohibida cualquier construcción en la azotea.
3. Se recomienda la contratación de mano de obra calificada para mejorar el control en obra, reducir los tiempos de ejecución y minimizar yerros.
4. En ciertas fases se requiere la utilización de maquinaria especializada como retroexcavadora o bailarina compactadora, prescindir de ellas no significa necesariamente reducción de costos, al contrario, repercute en un atraso generalizado del proyecto.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala*. Edición 2010. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
2. Comité ACI 318 American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) y Comentario (ACI 318SR-05)*. Estados Unidos: ACI, 2005. 490 p.
3. Consejo Municipal de Desarrollo del Municipio de San Juan Alotenango y Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Dirección de Planificación Territorial. *Plan de Desarrollo de San Juan Alotenango, Sacatepéquez*. Guatemala: SEGEPLAN/DPT, 2010. 80 p.
4. NILSON, Arthur H. *Diseño de Estructuras de Concreto*. Duodécima edición. Colombia: McGraw Hill, 2004. 722 p.
5. SICAL RAXCACO, Axel Roely. *Detallado de Diseño Sísmico de Hormigon Armado con Base al ACI 2005*. Trabajo de Graduación Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala, 2008. 183 p.



## **APÉNDICES**

- Cálculo hidráulico de alcantarillado
- Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular
- Planos de alcantarillado sanitario para aldea El Porvenir
- Planos de edificio para la sede municipal de San Juan Alotenango



de PV	a PV	Cotas de terreno		D.H. (mts)	Viviendas		No. Habitantes		Q domiciliar		Q conexiones ilícitas		Q sanitario		F.H.		F.Q.M.		q Diseño		Φ (Plg)	S % terreno	S % tubería	Área (m²)	A Sección llena		relación q/Q		relación v/V		Relación d/D		v (m/s)		Cotas Invert		Profundidad de tubería		Altura de PV				
		Inicio	Final		En tramo	Acumuladas	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura					Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura	Actual	Futura		Actual	Futura	Actual	Futura
1	2	1101.955	1100.000	60.00	2	2	16	48	0.03	0.08	0.01	0.04	0.04	0.12	4.39	4.32	0.00260	0.00260	0.18	0.54	6.00	0.03	3.00	0.02	1.96	35.77	0.01	0.01	0.26	0.36	0.05	0.09	0.51	0.71	1100.56	1098.76	1.55	1.40	1.50				
2	3	1100.000	1094.238	20.00	12	14	112	334	0.19	0.58	0.10	0.29	0.29	0.87	4.23	4.06	0.00260	0.00260	1.23	3.53	6.00	0.29	29.00	0.02	6.10	111.22	0.01	0.03	0.33	0.45	0.07	0.12	2.02	2.77	1098.73	1092.93	1.43	1.46	1.50				
3	4	1094.238	1078.526	80.00	10	24	192	572	0.33	0.99	0.17	0.50	0.50	1.49	4.15	3.94	0.00260	0.00260	2.08	5.88	6.00	0.20	20.00	0.02	5.06	92.37	0.02	0.06	0.41	0.56	0.10	0.17	2.07	2.82	1092.90	1076.90	1.49	1.78	2.00				
4	5	1078.526	1074.924	17.70	5	29	232	692	0.40	1.20	0.20	0.60	0.60	1.80	4.12	3.90	0.00260	0.00260	2.49	7.02	6.00	0.20	20.00	0.02	5.06	92.37	0.03	0.08	0.43	0.59	0.11	0.19	2.18	2.99	1076.87	1073.33	1.81	1.75	2.00				
5	6	1074.924	1073.034	10.00	2	31	248	739	0.43	1.28	0.22	0.64	0.65	1.93	4.11	3.88	0.00260	0.00260	2.66	7.47	6.00	0.19	19.00	0.02	4.94	90.03	0.03	0.08	0.44	0.60	0.12	0.19	2.19	2.98	1073.30	1071.40	1.78	1.79	2.00				
6	7	1073.034	1072.585	10.00	3	34	272	811	0.47	1.41	0.24	0.70	0.71	2.11	4.10	3.86	0.00260	0.00260	2.90	8.14	6.00	0.04	4.00	0.02	2.26	41.31	0.07	0.20	0.58	0.78	0.18	0.30	1.30	1.76	1071.37	1070.97	1.82	1.77	2.00				
7	8	1072.585	1072.353	20.00	3	37	296	882	0.51	1.53	0.26	0.77	0.77	2.30	4.08	3.83	0.00260	0.00260	3.15	8.81	6.00	0.01	1.00	0.02	1.13	20.65	0.15	0.43	0.72	0.95	0.26	0.46	0.82	1.08	1070.94	1070.74	1.80	1.77	2.00				
8	9	1072.353	1067.921	40.00	6	43	344	1025	0.60	1.78	0.30	0.89	0.90	2.67	4.05	3.79	0.00260	0.00260	3.63	10.13	6.00	0.11	11.00	0.02	3.76	68.50	0.05	0.15	0.53	0.71	0.16	0.26	1.99	2.68	1070.71	1066.31	1.80	1.77	2.00				
9	10	1067.921	1067.061	26.56	4	47	376	1121	0.65	1.95	0.33	0.97	0.98	2.92	4.03	3.77	0.00260	0.00260	3.95	11.00	6.00	0.03	3.00	0.02	1.96	35.77	0.11	0.31	0.66	0.88	0.22	0.38	1.29	1.72	1066.28	1065.48	1.80	1.73	2.00				
10	11	1067.061	1064.801	20.00	3	50	400	1192	0.69	2.07	0.35	1.04	1.04	3.11	4.02	3.75	0.00260	0.00260	4.19	11.64	6.00	0.11	11.00	0.02	3.76	68.50	0.06	0.17	0.55	0.74	0.17	0.28	2.07	2.79	1065.45	1063.25	1.76	1.70	2.00				
11	12	1064.801	1054.722	40.00	4	54	432	1288	0.75	2.24	0.38	1.12	1.13	3.35	4.01	3.73	0.00260	0.00260	4.51	12.50	6.00	0.25	25.00	0.02	5.66	103.27	0.04	0.12	0.50	0.67	0.14	0.23	2.83	3.82	1063.22	1053.22	1.73	1.65	2.00				
12	13	1054.722	1053.700	22.00	2	56	448	1336	0.78	2.32	0.39	1.16	1.17	3.48	4.00	3.72	0.00260	0.00260	4.66	12.92	6.00	0.05	5.00	0.02	2.53	46.18	0.10	0.28	0.64	0.86	0.21	0.36	1.62	2.17	1053.19	1052.09	1.68	1.76	2.00				
16	17	1080.118	1077.623	17.81	5	5	40	119	0.07	0.21	0.03	0.10	0.10	0.31	4.33	4.22	0.00260	0.00260	0.45	1.31	6.00	0.14	11.00	0.02	3.76	68.50	0.01	0.02	0.28	0.39	0.06	0.10	1.05	1.46	1078.72	1076.76	1.55	1.01	1.25				
14	17	1076.546	1077.623	29.84	5	10	80	238	0.14	0.41	0.07	0.21	0.21	0.62	4.27	4.12	0.00260	0.00260	0.89	2.56	6.00	-0.04	1.00	0.02	1.13	20.65	0.04	0.12	0.50	0.68	0.14	0.24	0.56	0.77	1075.15	1074.85	1.55	2.92	3.00				
17	18	1077.623	1073.809	19.64	5	15	120	358	0.21	0.62	0.10	0.31	0.31	0.93	4.22	4.04	0.00260	0.00260	1.32	3.77	6.00	0.19	10.00	0.02	3.58	65.31	0.02	0.06	0.40	0.54	0.10	0.16	1.42	1.95	1074.82	1072.85	2.95	1.11	1.25				
18	19	1073.809	1071.859	18.97	5	20	160	477	0.28	0.83	0.14	0.41	0.42	1.24	4.18	3.98	0.00260	0.00260	1.74	4.95	6.00	0.10	10.00	0.02	3.58	65.31	0.03	0.08	0.43	0.59	0.11	0.19	1.54	2.12	1072.82	1070.93	1.14	1.08	1.25				
15	19	1070.458	1071.859	16.96	5	20	160	477	0.28	0.83	0.14	0.41	0.42	1.24	4.18	3.98	0.00260	0.00260	1.74	4.95	6.00	-0.08	0.25	0.02	0.57	10.33	0.17	0.48	0.74	0.99	0.28	0.49	0.42	0.56	1069.06	1069.02	1.55	2.99	3.00				
19	20	1071.859	1071.904	37.08	6	26	208	620	0.36	1.08	0.18	0.54	0.54	1.61	4.14	3.92	0.00260	0.00260	2.24	6.34	6.00	0.00	1.00	0.02	1.13	20.65	0.11	0.31	0.65	0.88	0.22	0.38	0.74	1.00	1068.99	1068.61	3.02	3.44	3.00				
17	21	1077.623	1077.352	50.36	4	4	32	95	0.06	0.17	0.03	0.08	0.08	0.25	4.35	4.25	0.00260	0.00260	0.36	1.06	6.00	0.01	1.00	0.02	1.13	20.65	0.02	0.05	0.38	0.52	0.09	0.15	0.43	0.59	1076.22	1075.72	1.55	1.78	2.00				
21	22	1077.352	1074.348	20.37	4	8	64	191	0.11	0.33	0.06	0.17	0.17	0.50	4.29	4.16	0.00260	0.00260	0.72	2.06	6.00	0.15	15.00	0.02	4.39	79.99	0.01	0.03	0.31	0.43	0.07	0.11	1.35	1.87	1075.69	1072.63	1.81	1.86	2.00				
18	22	1073.809	1074.348	52.90	4	4	32	95	0.06	0.17	0.03	0.08	0.08	0.25	4.35	4.25	0.00260	0.00260	0.36	1.06	6.00	-0.01	1.00	0.02	1.13	20.65	0.02	0.05	0.38	0.52	0.09	0.15	0.43	0.59	1072.41	1071.88	1.55	2.62	3.00				
22	23	1074.348	1073.354	13.45	3	15	120	358	0.21	0.62	0.10	0.31	0.31	0.93	4.22	4.04	0.00260	0.00260	1.32	3.77	6.00	0.07	7.00	0.02	3.00	54.64	0.02	0.07	0.42	0.57	0.11	0.18	1.25	1.71	1071.85	1070.91	2.65	2.60	3.00				
23	20	1073.354	1071.904	21.66	2	17	136	405	0.24	0.70	0.12	0.35	0.35	1.06	4.20	4.02	0.00260	0.00260	1.49	4.24	6.00	0.07	7.00	0.02	3.00	54.64	0.03	0.08	0.43	0.59	0.11	0.19	1.30	1.78	1070.88	1069.36	2.63	2.69	3.00				
20	24	1071.904	1065.135	52.70	4	47	376	1121	0.65	1.95	0.33	0.97	0.98	2.92	4.03	3.77	0.00260	0.00260	3.95	11.00	6.00	0.13	10.00	0.02	3.58	65.31	0.06	0.17	0.55	0.74	0.17	0.28	1.97	2.66	1068.58	1063.31	3.47	1.97	2.00				
24.1	24	1063.950	1065.135	24.55	4	4	32	95	0.06	0.17	0.03	0.08	0.08	0.25	4.35	4.25	0.00260	0.00260	0.36	1.06	6.00	-0.05	1.00	0.02	1.13	20.65	0.02	0.05	0.38	0.52	0.09	0.15	0.43	0.59	1062.55	1062.30	1.55	2.98	3.00				
24	13	1065.135	1053.700	34.34	2	53	424	1264	0.74	2.19	0.37	1.10	1.10	3.29	4.01	3.73	0.00260	0.00260	4.43	12.28	6.00	0.33	28.00	0.02	5.99	109.29	0.04	0.11	0.49	0.66	0.14	0.23	2.93	3.96	1062.27	1052.66	3.01	1.19	1.25				
13	25	1053.700	1052.999	12.03	2	111	888	2647	1.54	4.60	0.77	2.30	2.31	6.89	3.83	3.49	0.00260	0.00260	8.86	24.05	6.00	0.06	2.00	0.02	1.60	29.21	0.30	0.82	0.88	1.12	0.38	0.69	1.40	1.79	1052.06	1051.82	1.79	1.33	1.50				
25	26	1052.999	1052.719	18.51	3	114	912	2719	1.58	4.72	0.79	2.36	2.38	7.08	3.83	3.48	0.00260	0.00260	9.09	24.63	6.00	0.02	2.00	0.02	1.60	29.21	0.31	0.84	0.88	1.12	0.38	0.70	1.41	1.79	1051.79	1051.42	1.36	1.45	1.50				
26	27	1052.719	1051.618	28.00	5	119	952	2838	1.65	4.93	0.83	2.46	2.48	7.39	3.81	3.46	0.00260	0.00260	9.45	25.59	6.00	0.04	3.00	0.02	1.96	35.77	0.26	0.72	0.84	1.09	0.35	0.63	1.65	2.13	1051.39	1050.55	1.48	1.22	1.25				
28	27	1055.129	1051.618	31.48	5	5	40	119	0.07	0.21	0.03	0.10	0.10	0.31	4.33	4.22	0.00260	0.00260	0.45	1.31	6.00	0.11	11.00	0.02	3.76	68.50	0.01	0.02	0.28	0.39	0.06	0.10	1.05	1.46	1053.73	1050.27	1.55	1.50	2.00				
27	32	1051.618	1044.598	76.19	2	126	1008	3005	1.75	5.22	0.88	2.61	2.63	7.83	3.80	3.44	0.00260	0.00260	9.97	26.93	6.00	0.09	9.00	0.02	3.40	61.96	0.16	0.43	0.73	0.96	0.27	0.46	2.49	3.28	1050.52	1043.66	1.25	1.09	1.25				
27	29	1051.618	1052.060	13.97	4	4	32	95	0																																		

38	47	1029.446	1023.527	94.72	5	5	40	119	0.07	0.21	0.03	0.10	0.10	0.31	4.33	4.22	0.00260	0.00260	0.45	1.31	6.00	0.06	6.00	0.02	2.77	50.59	0.01	0.03	0.31	0.43	0.07	0.11	0.85	1.18	1028.05	1022.36	1.55	1.31	1.50
47	48	1023.527	1012.148	30.46	3	23	184	549	0.32	0.95	0.16	0.48	0.48	1.43	4.16	3.95	0.00260	0.00260	1.99	5.65	6.00	0.37	37.00	0.02	6.89	125.63	0.02	0.04	0.37	0.50	0.09	0.14	2.53	3.47	1022.33	1011.06	1.34	1.24	1.25
48	49	1012.148	1006.522	29.11	3	26	208	620	0.36	1.08	0.18	0.54	0.54	1.61	4.14	3.92	0.00260	0.00260	2.24	6.34	6.00	0.19	19.00	0.02	4.94	90.03	0.02	0.07	0.42	0.58	0.11	0.18	2.08	2.84	1011.03	1005.50	1.27	1.17	1.25
49	50	1006.522	999.634	41.67	3	29	232	692	0.40	1.20	0.20	0.60	0.60	1.80	4.12	3.90	0.00260	0.00260	2.49	7.02	6.00	0.17	17.00	0.02	4.67	85.16	0.03	0.08	0.44	0.60	0.12	0.19	2.07	2.82	1005.47	998.39	1.20	1.40	1.50
50	52	999.634	995.777	37.08	3	32	256	763	0.44	1.32	0.22	0.66	0.67	1.99	4.11	3.87	0.00260	0.00260	2.74	7.70	6.00	0.10	10.00	0.02	3.58	65.31	0.04	0.12	0.49	0.67	0.14	0.23	1.77	2.40	998.36	994.65	1.43	1.28	1.50
40	51	1016.048	1005.912	75.03	8	8	64	191	0.11	0.33	0.06	0.17	0.17	0.50	4.29	4.16	0.00260	0.00260	0.72	2.06	6.00	0.14	14.00	0.02	4.24	77.28	0.01	0.03	0.31	0.43	0.07	0.11	1.33	1.83	1014.65	1004.14	1.55	1.92	2.00
51	52	1005.912	995.777	75.03	8	16	128	382	0.22	0.66	0.11	0.33	0.33	0.99	4.21	4.03	0.00260	0.00260	1.40	4.01	6.00	0.14	14.00	0.02	4.24	77.28	0.02	0.05	0.38	0.53	0.09	0.15	1.62	2.22	1004.11	993.61	1.95	2.32	2.50
52	54	995.777	995.661	48.20	3	51	408	1216	0.71	2.11	0.35	1.06	1.06	3.17	4.02	3.74	0.00260	0.00260	4.27	11.86	6.00	0.0024	0.50	0.02	0.80	14.60	0.29	0.81	0.87	1.11	0.37	0.68	0.69	0.89	993.58	993.34	2.35	2.47	2.50
42	53	1010.623	1005.272	52.44	8	8	64	191	0.11	0.33	0.06	0.17	0.17	0.50	4.29	4.16	0.00260	0.00260	0.72	2.06	6.00	0.10	10.00	0.02	3.58	65.31	0.01	0.03	0.33	0.45	0.07	0.12	1.17	1.62	1005.22	1003.98	1.55	1.44	1.50
53	54	1005.272	995.661	87.17	8	16	128	382	0.22	0.66	0.11	0.33	0.33	0.99	4.21	4.03	0.00260	0.00260	1.40	4.01	6.00	0.11	11.00	0.02	3.76	68.50	0.02	0.06	0.40	0.55	0.10	0.16	1.50	2.05	1003.95	994.36	1.47	1.45	1.50
54	56	995.661	996.803	51.28	3	19	152	453	0.26	0.79	0.13	0.39	0.40	1.18	4.10	4.00	0.00260	0.00260	1.66	4.72	6.00	-0.02	1.00	0.02	1.13	20.65	0.08	0.23	0.60	0.81	0.19	0.32	0.68	0.92	993.31	992.80	2.50	4.16	3.00
43	55	1009.153	1002.978	66.39	3	22	176	525	0.31	0.91	0.15	0.46	0.46	1.37	4.17	3.96	0.00260	0.00260	1.91	5.42	6.00	0.09	9.00	0.02	3.40	61.96	0.03	0.09	0.45	0.61	0.12	0.20	1.53	2.08	1007.75	1001.78	1.55	1.35	1.50
55	56	1002.978	996.803	66.39	3	25	200	596	0.35	1.04	0.17	0.52	0.52	1.55	4.15	3.93	0.00260	0.00260	2.16	6.11	6.00	0.09	9.00	0.02	3.40	61.96	0.03	0.10	0.47	0.64	0.13	0.21	1.58	2.16	1001.75	995.77	1.38	1.18	1.25
56	57	996.803	994.472	49.67	3	28	224	668	0.39	1.16	0.19	0.58	0.58	1.74	4.13	3.91	0.00260	0.00260	2.41	6.79	6.00	0.05	1.00	0.02	1.13	20.65	0.12	0.33	0.67	0.90	0.23	0.39	0.76	1.01	992.77	992.27	4.19	2.35	2.50
57	58	994.472	990.534	29.70	2	30	240	715	0.42	1.24	0.21	0.62	0.63	1.86	4.12	3.89	0.00260	0.00260	2.57	7.25	6.00	0.13	10.00	0.02	3.58	65.31	0.04	0.11	0.48	0.66	0.14	0.22	1.73	2.35	992.24	989.27	2.38	1.41	1.50
58	59	990.534	989.646	17.72	1	31	248	739	0.43	1.28	0.22	0.64	0.65	1.93	4.11	3.88	0.00260	0.00260	2.66	7.47	6.00	0.05	5.00	0.02	2.53	46.18	0.06	0.16	0.54	0.74	0.16	0.27	1.37	1.86	989.24	988.35	1.44	1.44	1.50
46	59	997.915	989.646	59.00	3	158	1264	3768	2.19	6.54	1.10	3.27	3.29	9.81	3.73	3.36	0.00260	0.00260	12.28	32.94	8.00	0.14	14.00	0.03	5.13	166.43	0.07	0.20	0.58	0.78	0.18	0.30	2.99	3.99	994.88	986.62	3.18	3.17	3.00

## Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q
0,001	0,019224	0,000001	0,076	0,336751	0,011701	0,151	0,518904	0,049281
0,002	0,030507	0,000005	0,077	0,339587	0,012029	0,152	0,521011	0,049956
0,003	0,039963	0,000011	0,078	0,342408	0,012362	0,153	0,523112	0,050637
0,004	0,048396	0,000021	0,079	0,345215	0,012700	0,154	0,525206	0,051322
0,005	0,056141	0,000034	0,080	0,348007	0,013043	0,155	0,527293	0,052011
0,006	0,063370	0,000050	0,081	0,350786	0,013390	0,156	0,529374	0,052705
0,007	0,070215	0,000070	0,082	0,353551	0,013742	0,157	0,531449	0,053403
0,008	0,076728	0,000093	0,083	0,356302	0,014098	0,158	0,533517	0,054106
0,009	0,082970	0,001200	0,084	0,359039	0,014459	0,159	0,535578	0,054813
0,010	0,088980	0,001151	0,085	0,361764	0,014825	0,160	0,537633	0,055524
0,011	0,094787	0,001185	0,086	0,364475	0,015196	0,161	0,539682	0,056240
0,012	0,100417	0,001223	0,087	0,367173	0,015571	0,162	0,541725	0,056961
0,013	0,105887	0,001265	0,088	0,369859	0,015951	0,163	0,543761	0,057686
0,014	0,111215	0,001311	0,089	0,372532	0,016336	0,164	0,545792	0,058415
0,015	0,116413	0,001361	0,090	0,375193	0,016726	0,165	0,547816	0,059149
0,016	0,121493	0,001415	0,091	0,377842	0,017120	0,166	0,549834	0,059887
0,017	0,126464	0,001473	0,092	0,380479	0,017518	0,167	0,551845	0,060630
0,018	0,131335	0,001536	0,093	0,383103	0,017922	0,168	0,553851	0,061377
0,019	0,136112	0,001602	0,094	0,385717	0,018330	0,169	0,555851	0,062128
0,020	0,140803	0,001672	0,095	0,388318	0,018743	0,170	0,557845	0,062884
0,021	0,145412	0,001746	0,096	0,390908	0,019161	0,171	0,559833	0,063644
0,022	0,149945	0,001825	0,097	0,393487	0,019583	0,172	0,561815	0,064409
0,023	0,154406	0,001908	0,098	0,396055	0,020010	0,173	0,563791	0,065178
0,024	0,158800	0,001995	0,099	0,398611	0,020441	0,174	0,565762	0,065951
0,025	0,163129	0,001086	0,100	0,401157	0,020878	0,175	0,567726	0,066729
0,026	0,167398	0,001182	0,101	0,403692	0,021319	0,176	0,569685	0,067511
0,027	0,171609	0,001282	0,102	0,406216	0,021765	0,177	0,571638	0,068298
0,028	0,175765	0,001386	0,103	0,408730	0,022215	0,178	0,573586	0,069088
0,029	0,179868	0,001495	0,104	0,411234	0,022670	0,179	0,575528	0,069883
0,030	0,183921	0,001608	0,105	0,413727	0,023130	0,180	0,577464	0,070683
0,031	0,187926	0,001725	0,106	0,416210	0,023594	0,181	0,579395	0,071487
0,032	0,191885	0,001847	0,107	0,418683	0,024063	0,182	0,581320	0,072295
0,033	0,195800	0,001973	0,108	0,421146	0,024537	0,183	0,583240	0,073107
0,034	0,199672	0,002103	0,109	0,423599	0,025015	0,184	0,585154	0,073924
0,035	0,203503	0,002238	0,110	0,426042	0,025498	0,185	0,587063	0,074745
0,036	0,207295	0,002378	0,111	0,428476	0,025986	0,186	0,588966	0,075570
0,037	0,211049	0,002521	0,112	0,430901	0,026479	0,187	0,590864	0,075400
0,038	0,214766	0,002670	0,113	0,433316	0,026976	0,188	0,592756	0,077234
0,039	0,218448	0,002823	0,114	0,435721	0,027477	0,189	0,594644	0,078072
0,040	0,222095	0,002980	0,115	0,438117	0,027984	0,190	0,596526	0,078914
0,041	0,225709	0,003142	0,116	0,440505	0,028495	0,191	0,598402	0,079761
0,042	0,229291	0,003308	0,117	0,442883	0,029010	0,192	0,600274	0,080612
0,043	0,232842	0,003479	0,118	0,445252	0,029531	0,193	0,602140	0,081467
0,044	0,236362	0,003654	0,119	0,447612	0,030056	0,194	0,604001	0,082326
0,045	0,239853	0,003834	0,120	0,449964	0,030585	0,195	0,605857	0,083190
0,046	0,243315	0,004019	0,121	0,452307	0,031119	0,196	0,607708	0,084058
0,047	0,246749	0,004208	0,122	0,454641	0,031658	0,197	0,609553	0,084930
0,048	0,250157	0,004401	0,123	0,456967	0,032202	0,198	0,611394	0,085806
0,049	0,253537	0,004699	0,124	0,459284	0,032750	0,199	0,613230	0,086687
0,050	0,256893	0,004802	0,125	0,461593	0,033302	0,200	0,615060	0,087571
0,051	0,260223	0,005009	0,126	0,463893	0,033860	0,201	0,616886	0,088460
0,052	0,263528	0,005221	0,127	0,466185	0,034422	0,202	0,618706	0,089353
0,053	0,266810	0,005438	0,128	0,468470	0,034988	0,203	0,620522	0,090250
0,054	0,270068	0,005659	0,129	0,470746	0,035559	0,204	0,622332	0,091152
0,055	0,273304	0,005885	0,130	0,473014	0,036135	0,205	0,624138	0,092057
0,056	0,276517	0,006115	0,131	0,475274	0,036715	0,206	0,625939	0,092967
0,057	0,279709	0,006350	0,132	0,477526	0,037300	0,207	0,627735	0,093881
0,058	0,282879	0,006590	0,133	0,479770	0,037890	0,208	0,629526	0,094799
0,059	0,286029	0,006834	0,134	0,482007	0,038484	0,209	0,631312	0,095721
0,060	0,289158	0,007083	0,135	0,484236	0,039083	0,210	0,633094	0,096647
0,061	0,292267	0,007337	0,136	0,486457	0,039686	0,211	0,634871	0,097577
0,062	0,295356	0,007595	0,137	0,488671	0,040294	0,212	0,636643	0,098512
0,063	0,298427	0,007858	0,138	0,490877	0,040906	0,213	0,638410	0,099450
0,064	0,301478	0,008126	0,139	0,493076	0,041523	0,214	0,640173	0,100393
0,065	0,304512	0,008398	0,140	0,495268	0,042144	0,215	0,641931	0,101340
0,066	0,307527	0,008675	0,141	0,497452	0,042771	0,216	0,643684	0,102290
0,067	0,310524	0,008956	0,142	0,499629	0,043401	0,217	0,645433	0,103245
0,068	0,313504	0,009243	0,143	0,501799	0,044036	0,218	0,647177	0,104204
0,069	0,316466	0,009533	0,144	0,503961	0,044676	0,219	0,648917	0,105167
0,070	0,319412	0,009829	0,145	0,506117	0,045320	0,220	0,650652	0,106134
0,071	0,322342	0,010129	0,146	0,508265	0,045969	0,221	0,652382	0,107105
0,072	0,325255	0,010434	0,147	0,510407	0,046622	0,222	0,654108	0,108080
0,073	0,328152	0,010744	0,148	0,512541	0,047280	0,223	0,655830	0,109059
0,074	0,331034	0,011058	0,149	0,514669	0,047943	0,224	0,657546	0,110042
0,075	0,333900	0,011377	0,150	0,516790	0,048609	0,225	0,659259	0,111029

## Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

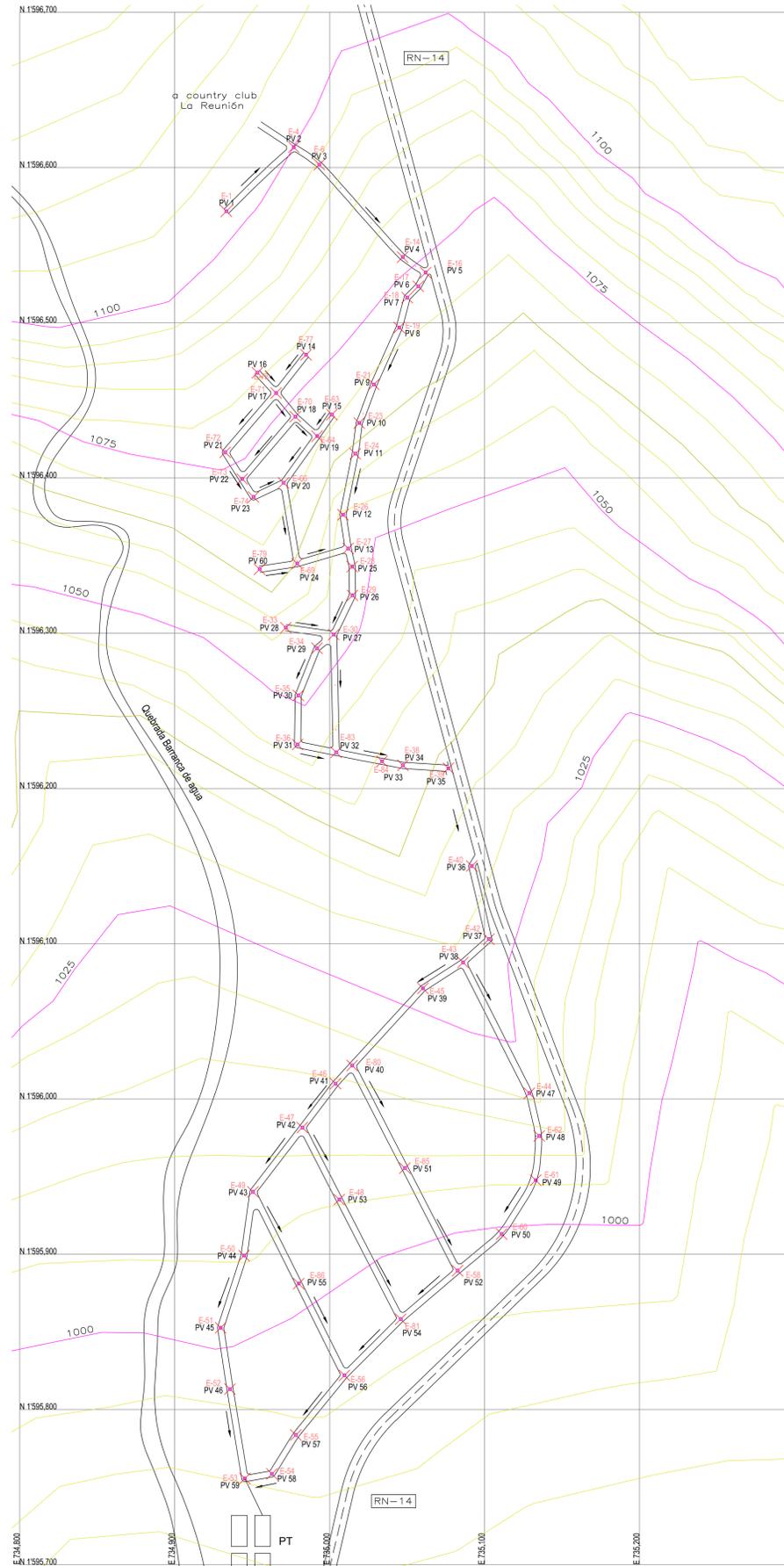
d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q
0,226	0,660967	0,112020	0,301	0,777553	0,197097	0,376	0,874664	0,300667
0,227	0,662670	0,113015	0,302	0,778967	0,198365	0,377	0,875843	0,302153
0,228	0,664370	0,114014	0,303	0,780377	0,199637	0,378	0,877019	0,303642
0,229	0,666064	0,115017	0,304	0,781784	0,200913	0,379	0,878192	0,305132
0,230	0,667755	0,116024	0,305	0,783188	0,202191	0,380	0,879362	0,306626
0,231	0,669441	0,117035	0,306	0,784588	0,203473	0,381	0,880530	0,308121
0,232	0,671122	0,118050	0,307	0,785985	0,204758	0,382	0,881694	0,309620
0,233	0,672800	0,119069	0,308	0,787379	0,206046	0,383	0,882856	0,311120
0,234	0,674473	0,120091	0,309	0,788769	0,207338	0,384	0,884015	0,312623
0,235	0,676142	0,121118	0,310	0,790156	0,208633	0,385	0,885171	0,314128
0,236	0,677806	0,122149	0,311	0,791539	0,209930	0,386	0,886324	0,315636
0,237	0,679466	0,123183	0,312	0,792920	0,211232	0,387	0,887474	0,317146
0,238	0,681122	0,124221	0,313	0,794297	0,212536	0,388	0,888622	0,318659
0,239	0,682774	0,125263	0,314	0,795670	0,213843	0,389	0,889766	0,320174
0,240	0,684422	0,126310	0,315	0,797040	0,215154	0,390	0,890908	0,311691
0,241	0,686065	0,127360	0,316	0,798407	0,216468	0,391	0,892047	0,323210
0,242	0,687704	0,128413	0,317	0,799771	0,217785	0,392	0,893183	0,324732
0,243	0,689349	0,129471	0,318	0,801131	0,219105	0,393	0,894316	0,326256
0,244	0,690987	0,130533	0,319	0,802488	0,220428	0,394	0,895447	0,327782
0,245	0,692619	0,131598	0,320	0,803842	0,221755	0,395	0,896574	0,329311
0,246	0,694246	0,132667	0,321	0,805193	0,223084	0,396	0,897699	0,330842
0,247	0,695869	0,133740	0,322	0,806540	0,224416	0,397	0,898821	0,332375
0,248	0,697488	0,134817	0,323	0,807884	0,225752	0,398	0,899940	0,333910
0,249	0,699104	0,135897	0,324	0,809225	0,227091	0,399	0,901057	0,335448
0,250	0,700720	0,136982	0,325	0,810563	0,228433	0,400	0,902170	0,336988
0,251	0,702337	0,138070	0,326	0,811897	0,229777	0,401	0,903281	0,338530
0,252	0,703954	0,139163	0,327	0,813228	0,231125	0,402	0,904389	0,340074
0,253	0,705571	0,140258	0,328	0,814556	0,232476	0,403	0,905495	0,341620
0,254	0,707188	0,141357	0,329	0,815881	0,233830	0,404	0,906597	0,343169
0,255	0,708804	0,142460	0,330	0,817203	0,235187	0,405	0,907697	0,344720
0,256	0,710421	0,143567	0,331	0,818521	0,236547	0,406	0,908794	0,346272
0,257	0,712037	0,144678	0,332	0,819836	0,237910	0,407	0,909888	0,347827
0,258	0,713653	0,145792	0,333	0,821148	0,239275	0,408	0,910979	0,349385
0,259	0,715269	0,146910	0,334	0,822457	0,240644	0,409	0,912068	0,350944
0,260	0,716885	0,148032	0,335	0,823763	0,242016	0,410	0,913154	0,352505
0,261	0,718501	0,149158	0,336	0,825065	0,243391	0,411	0,914237	0,354068
0,262	0,719638	0,150287	0,337	0,826365	0,244768	0,412	0,915317	0,355634
0,263	0,721193	0,151420	0,338	0,827661	0,246149	0,413	0,916395	0,357201
0,264	0,722745	0,152556	0,339	0,828954	0,247532	0,414	0,917470	0,358771
0,265	0,724292	0,153696	0,340	0,830244	0,248919	0,415	0,918542	0,360342
0,266	0,725836	0,154840	0,341	0,831531	0,250308	0,416	0,918611	0,361916
0,267	0,727376	0,155988	0,342	0,832815	0,251700	0,417	0,920578	0,363492
0,268	0,728912	0,157139	0,343	0,834096	0,253095	0,418	0,921742	0,365069
0,269	0,730444	0,158293	0,344	0,835374	0,254493	0,419	0,922803	0,366649
0,270	0,731973	0,159452	0,345	0,836648	0,255894	0,420	0,923862	0,368230
0,271	0,733498	0,160613	0,346	0,837920	0,257297	0,421	0,924918	0,369814
0,272	0,735019	0,161779	0,347	0,839188	0,258704	0,422	0,925971	0,371399
0,273	0,736536	0,162948	0,348	0,840454	0,260113	0,423	0,927021	0,372986
0,274	0,738050	0,164121	0,349	0,841716	0,261525	0,424	0,928069	0,374576
0,275	0,739560	0,165297	0,350	0,842975	0,262940	0,425	0,929114	0,376167
0,276	0,741066	0,166477	0,351	0,844231	0,264357	0,426	0,930156	0,377760
0,277	0,742568	0,167660	0,352	0,845485	0,265778	0,427	0,931196	0,379355
0,278	0,744067	0,168847	0,353	0,846735	0,267201	0,428	0,932233	0,380952
0,279	0,745563	0,170037	0,354	0,847982	0,268627	0,429	0,933267	0,382551
0,280	0,747054	0,171231	0,355	0,849226	0,270055	0,430	0,934299	0,384151
0,281	0,748542	0,172428	0,356	0,850467	0,271487	0,431	0,935327	0,385753
0,282	0,750026	0,173629	0,357	0,851705	0,272921	0,432	0,936354	0,387358
0,283	0,751507	0,174833	0,358	0,852940	0,274357	0,433	0,937377	0,388964
0,284	0,752984	0,176041	0,359	0,854172	0,275797	0,434	0,938398	0,390571
0,285	0,754458	0,177253	0,360	0,855401	0,277239	0,435	0,939416	0,392181
0,286	0,755927	0,178467	0,361	0,856627	0,278684	0,436	0,940432	0,393792
0,287	0,757394	0,179686	0,362	0,857850	0,280131	0,437	0,941445	0,395405
0,288	0,758856	0,180907	0,363	0,859070	0,281581	0,438	0,942455	0,397020
0,289	0,760316	0,182132	0,364	0,860288	0,283034	0,439	0,943462	0,398637
0,290	0,761771	0,183361	0,365	0,861502	0,284489	0,440	0,944467	0,400255
0,291	0,763223	0,184593	0,366	0,862713	0,285947	0,441	0,945469	0,401875
0,292	0,764672	0,185828	0,367	0,863921	0,287407	0,442	0,946469	0,403497
0,293	0,766117	0,187066	0,368	0,865127	0,288871	0,443	0,947466	0,405120
0,294	0,767559	0,188309	0,369	0,866329	0,290336	0,444	0,948460	0,406745
0,295	0,768997	0,189554	0,370	0,867528	0,291805	0,445	0,949452	0,408372
0,296	0,770431	0,190803	0,371	0,868725	0,293275	0,446	0,950441	0,410000
0,297	0,771863	0,192055	0,372	0,869918	0,294749	0,447	0,951427	0,411630
0,298	0,773290	0,193310	0,373	0,296225	0,296225	0,448	0,952411	0,413262
0,299	0,774715	0,194569	0,374	0,977030	0,297703	0,449	0,953392	0,414895
0,300	0,776135	0,195831	0,375	0,991840	0,299184	0,450	0,954371	0,416530

## Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q
0,226	0,660967	0,112020	0,301	0,777553	0,197097	0,376	0,874664	0,300667
0,227	0,662670	0,113015	0,302	0,778967	0,198365	0,377	0,875843	0,302153
0,228	0,664370	0,114014	0,303	0,780377	0,199637	0,378	0,877019	0,303642
0,229	0,666064	0,115017	0,304	0,781784	0,200913	0,379	0,878192	0,305132
0,230	0,667755	0,116024	0,305	0,783188	0,202191	0,380	0,879362	0,306626
0,231	0,669441	0,117035	0,306	0,784588	0,203473	0,381	0,880530	0,308121
0,232	0,671122	0,118050	0,307	0,785985	0,204758	0,382	0,881694	0,309620
0,233	0,672800	0,119069	0,308	0,787379	0,206046	0,383	0,882856	0,311120
0,234	0,674473	0,120091	0,309	0,788769	0,207338	0,384	0,884015	0,312623
0,235	0,676142	0,121118	0,310	0,790156	0,208633	0,385	0,885171	0,314128
0,236	0,677806	0,122149	0,311	0,791539	0,209930	0,386	0,886324	0,315636
0,237	0,679466	0,123183	0,312	0,792920	0,211232	0,387	0,887474	0,317146
0,238	0,681122	0,124221	0,313	0,794297	0,212536	0,388	0,888622	0,318659
0,239	0,682774	0,125263	0,314	0,795670	0,213843	0,389	0,889766	0,320174
0,240	0,684422	0,126310	0,315	0,797040	0,215154	0,390	0,890908	0,321691
0,241	0,686065	0,127360	0,316	0,798407	0,216468	0,391	0,892047	0,323210
0,242	0,687704	0,128413	0,317	0,799771	0,217785	0,392	0,893183	0,324732
0,243	0,689339	0,129471	0,318	0,801131	0,219105	0,393	0,894316	0,326256
0,244	0,690967	0,130533	0,319	0,802488	0,220428	0,394	0,895447	0,327782
0,245	0,692597	0,131598	0,320	0,803842	0,221755	0,395	0,896574	0,329311
0,246	0,694220	0,132667	0,321	0,805193	0,223084	0,396	0,897699	0,330842
0,247	0,695839	0,133740	0,322	0,806540	0,224416	0,397	0,898821	0,332375
0,248	0,697453	0,134817	0,323	0,807884	0,225752	0,398	0,899940	0,333910
0,249	0,699064	0,135897	0,324	0,809225	0,227091	0,399	0,901057	0,335448
0,250	0,700670	0,136982	0,325	0,810563	0,228433	0,400	0,902170	0,336988
0,251	0,702273	0,138070	0,326	0,811897	0,229777	0,401	0,903281	0,338530
0,252	0,703871	0,139163	0,327	0,813228	0,231125	0,402	0,904389	0,340074
0,253	0,705466	0,140258	0,328	0,814556	0,232476	0,403	0,905495	0,341620
0,254	0,707056	0,141357	0,329	0,815881	0,233830	0,404	0,906597	0,343169
0,255	0,708642	0,142460	0,330	0,817203	0,235187	0,405	0,907697	0,344720
0,256	0,710225	0,143567	0,331	0,818521	0,236547	0,406	0,908794	0,346272
0,257	0,711804	0,144678	0,332	0,819836	0,237910	0,407	0,909888	0,347827
0,258	0,713378	0,145792	0,333	0,821148	0,239275	0,408	0,910879	0,349385
0,259	0,714949	0,146910	0,334	0,822457	0,240644	0,409	0,912068	0,350944
0,260	0,716516	0,148032	0,335	0,823763	0,242016	0,410	0,913154	0,352505
0,261	0,718079	0,149158	0,336	0,825065	0,243391	0,411	0,914237	0,354068
0,262	0,719638	0,150287	0,337	0,826365	0,244768	0,412	0,915317	0,355634
0,263	0,721193	0,151420	0,338	0,827661	0,246149	0,413	0,916395	0,357201
0,264	0,722745	0,152556	0,339	0,828954	0,247532	0,414	0,917470	0,358771
0,265	0,724292	0,153696	0,340	0,830244	0,248919	0,415	0,918542	0,360342
0,266	0,725836	0,154840	0,341	0,831531	0,250308	0,416	0,918611	0,361916
0,267	0,727376	0,155988	0,342	0,832815	0,251700	0,417	0,920578	0,363492
0,268	0,728912	0,157139	0,343	0,834096	0,253095	0,418	0,921742	0,365069
0,269	0,730444	0,158293	0,344	0,835374	0,254493	0,419	0,922803	0,366649
0,270	0,731973	0,159452	0,345	0,836648	0,255894	0,420	0,923862	0,368230
0,271	0,733498	0,160613	0,346	0,837920	0,257297	0,421	0,924918	0,369814
0,272	0,735019	0,161779	0,347	0,839188	0,258704	0,422	0,925971	0,371399
0,273	0,736536	0,162948	0,348	0,840454	0,260113	0,423	0,927021	0,372986
0,274	0,738050	0,164121	0,349	0,841716	0,261525	0,424	0,928069	0,374576
0,275	0,739560	0,165297	0,350	0,842975	0,262940	0,425	0,929114	0,376167
0,276	0,741066	0,166477	0,351	0,844231	0,264357	0,426	0,930156	0,377760
0,277	0,742568	0,167660	0,352	0,845485	0,265778	0,427	0,931196	0,379355
0,278	0,744067	0,168847	0,353	0,846735	0,267201	0,428	0,932233	0,380952
0,279	0,745563	0,170037	0,354	0,847982	0,268627	0,429	0,933267	0,382551
0,280	0,747054	0,171231	0,355	0,849226	0,270055	0,430	0,934299	0,384151
0,281	0,748542	0,172428	0,356	0,850467	0,271487	0,431	0,935327	0,385753
0,282	0,750026	0,173629	0,357	0,851705	0,272921	0,432	0,936354	0,387358
0,283	0,751507	0,174833	0,358	0,852940	0,274357	0,433	0,937377	0,388964
0,284	0,752984	0,176041	0,359	0,854172	0,275797	0,434	0,938398	0,390571
0,285	0,754458	0,177253	0,360	0,855401	0,277239	0,435	0,939416	0,392181
0,286	0,755927	0,178467	0,361	0,856627	0,278684	0,436	0,940432	0,393792
0,287	0,757394	0,179686	0,362	0,857850	0,280131	0,437	0,941445	0,395405
0,288	0,758856	0,180907	0,363	0,859070	0,281581	0,438	0,942455	0,397020
0,289	0,760316	0,182132	0,364	0,860288	0,283034	0,439	0,943462	0,398637
0,290	0,761771	0,183361	0,365	0,861502	0,284489	0,440	0,944467	0,400255
0,291	0,763223	0,184593	0,366	0,862713	0,285947	0,441	0,945469	0,401875
0,292	0,764672	0,185828	0,367	0,863921	0,287407	0,442	0,946469	0,403497
0,293	0,766117	0,187066	0,368	0,865127	0,288871	0,443	0,947466	0,405120
0,294	0,767559	0,188309	0,369	0,866329	0,290336	0,444	0,948460	0,406745
0,295	0,768997	0,189554	0,370	0,867528	0,291805	0,445	0,949452	0,408372
0,296	0,770431	0,190803	0,371	0,868725	0,293275	0,446	0,950441	0,410000
0,297	0,771863	0,192055	0,372	0,869918	0,294749	0,447	0,951427	0,411630
0,298	0,773290	0,193310	0,373	0,296225	0,296225	0,448	0,952411	0,413262
0,299	0,774715	0,194569	0,374	0,977030	0,297703	0,449	0,953392	0,414895
0,300	0,776135	0,195831	0,375	0,991840	0,299184	0,450	0,954371	0,416530

## Elementos hidráulicos de una alcantarilla de sección transversal circular

d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q	d/D	v/V	q/Q
0,676	1,110765	0,799054	0,751	1,133674	0,913289	0,826	1,139713	1,006856
0,677	1,111171	0,800669	0,752	1,133872	0,914696	0,827	1,139663	1,00791
0,678	1,111574	0,802283	0,753	1,134067	0,9161	0,828	1,139609	1,008959
0,679	1,111974	0,803895	0,754	1,134259	0,9175	0,829	1,139551	1,010002
0,68	1,112372	0,805504	0,755	1,134448	0,918896	0,83	1,139489	1,011038
0,681	1,112768	0,807112	0,756	1,134634	0,920288	0,831	1,139424	1,012069
0,682	1,11316	0,808717	0,757	1,134817	0,921677	0,832	1,139355	1,013093
0,683	1,11355	0,810321	0,758	1,134998	0,923062	0,833	1,139282	1,014112
0,684	1,113938	0,811922	0,759	1,135175	0,924443	0,834	1,139204	1,015124
0,685	1,114323	0,813521	0,76	1,135349	0,925821	0,835	1,139124	1,01613
0,686	1,114705	0,815118	0,761	1,13552	0,927194	0,836	1,139039	1,017129
0,687	1,115084	0,816713	0,762	1,135688	0,928564	0,837	1,13895	1,018122
0,688	1,115461	0,818305	0,763	1,135853	0,92993	0,838	1,138857	1,019109
0,689	1,115835	0,819896	0,764	1,136015	0,931292	0,839	1,13876	1,02009
0,69	1,116207	0,821484	0,765	1,136174	0,93265	0,84	1,138659	1,021064
0,691	1,116575	0,82307	0,766	1,136329	0,934003	0,841	1,138555	1,022031
0,692	1,116942	0,824653	0,767	1,136482	0,935353	0,842	1,138446	1,022992
0,693	1,117305	0,826235	0,768	1,136632	0,936699	0,843	1,138333	1,023947
0,694	1,117666	0,827814	0,769	1,136778	0,938041	0,844	1,138216	1,024895
0,695	1,118024	0,82939	0,77	1,136922	0,939379	0,845	1,138095	1,025836
0,696	1,11838	0,830964	0,771	1,137062	0,940712	0,846	1,13797	1,026777
0,697	1,118732	0,832536	0,772	1,137199	0,942042	0,847	1,13784	1,027698
0,698	1,119082	0,834106	0,773	1,137334	0,943367	0,848	1,137707	1,028619
0,699	1,11943	0,835673	0,774	1,137465	0,944688	0,849	1,137569	1,029533
0,7	1,119774	0,837238	0,775	1,137592	0,946005	0,85	1,137427	1,03044
0,701	1,120116	0,8388	0,776	1,137717	0,947317	0,851	1,137281	1,031341
0,702	1,120456	0,84036	0,777	1,137839	0,948626	0,852	1,13713	1,032234
0,703	1,120792	0,841917	0,778	1,137957	0,94993	0,853	1,136976	1,03312
0,704	1,121126	0,843471	0,779	1,138072	0,951229	0,854	1,136817	1,033999
0,705	1,121457	0,845024	0,78	1,138184	0,952524	0,855	1,136653	1,034871
0,706	1,121786	0,846573	0,781	1,138293	0,953815	0,856	1,136486	1,035736
0,707	1,122111	0,84812	0,782	1,138399	0,955102	0,857	1,136313	1,036594
0,708	1,122434	0,849664	0,783	1,138501	0,956384	0,858	1,136137	1,037444
0,709	1,122755	0,851206	0,784	1,138601	0,957661	0,859	1,135956	1,038287
0,71	1,123072	0,852745	0,785	1,138697	0,958934	0,86	1,13577	1,039122
0,711	1,123387	0,854282	0,786	1,138789	0,960203	0,861	1,13558	1,039951
0,712	1,123699	0,855815	0,787	1,138879	0,961466	0,862	1,135386	1,040771
0,713	1,124008	0,857346	0,788	1,138965	0,962726	0,863	1,135187	1,041584
0,714	1,124315	0,858875	0,789	1,139048	0,96398	0,864	1,134983	1,04239
0,715	1,124618	0,8604	0,79	1,139128	0,96523	0,865	1,134775	1,043187
0,716	1,124919	0,861923	0,791	1,139204	0,966476	0,866	1,134562	1,043978
0,717	1,125218	0,863443	0,792	1,139277	0,967716	0,867	1,134345	1,04476
0,718	1,125513	0,86496	0,793	1,139347	0,968952	0,868	1,134123	1,045534
0,719	1,125806	0,866474	0,794	1,139413	0,970183	0,869	1,133896	1,046301
0,72	1,126096	0,867985	0,795	1,139476	0,971409	0,87	1,133664	1,04706
0,721	1,126383	0,869494	0,796	1,139536	0,972631	0,871	1,133427	1,04781
0,722	1,126667	0,870999	0,797	1,139593	0,973847	0,872	1,133186	1,048553
0,723	1,126948	0,872502	0,798	1,139646	0,975059	0,873	1,13294	1,049287
0,724	1,127227	0,874002	0,799	1,139695	0,976265	0,874	1,132689	1,050013
0,725	1,127503	0,875498	0,8	1,139742	0,977467	0,875	1,132433	1,050731
0,726	1,127776	0,876992	0,801	1,139784	0,978664	0,876	1,132172	1,051441
0,727	1,128046	0,878482	0,802	1,139824	0,979855	0,877	1,131906	1,052142
0,728	1,128314	0,87997	0,803	1,13986	0,981042	0,878	1,131635	1,052835
0,729	1,128579	0,881455	0,804	1,139893	0,982223	0,879	1,131359	1,05352
0,73	1,12884	0,882936	0,805	1,139922	0,983399	0,88	1,131077	1,054195
0,731	1,129099	0,884414	0,806	1,139947	0,984571	0,881	1,130791	1,054863
0,732	1,129355	0,885889	0,807	1,13997	0,985737	0,882	1,130499	1,055521
0,733	1,129609	0,887361	0,808	1,139988	0,986897	0,883	1,130203	1,056171
0,734	1,129859	0,88883	809	1,140004	0,988053	0,884	1,129901	1,056811
0,735	1,130107	0,890296	0,81	1,140015	0,989203	0,885	1,129593	1,057443
0,736	1,130351	0,891758	0,811	1,140023	0,990348	0,886	1,12928	1,058066
0,737	1,130593	0,893217	0,812	1,140028	0,991487	0,887	1,128962	1,05868
0,738	1,130832	0,894673	0,813	1,140029	0,992621	0,888	1,128638	1,059284
0,739	1,131068	0,896125	0,814	1,140027	0,99375	0,889	1,128309	1,05988
0,74	1,131301	0,897575	0,815	1,140021	0,994873	0,89	1,127975	1,060466
0,741	1,131532	0,89902	0,816	1,140011	0,995991	0,891	1,127634	1,061043
0,742	1,131759	0,900463	0,817	1,139998	0,997103	0,892	1,127288	1,06161
0,743	1,131983	0,901902	0,818	1,139981	0,998209	0,893	1,126937	1,062168
0,744	1,132205	0,903337	0,819	1,13996	0,99931	0,894	1,126579	1,062716
0,745	1,132424	0,90477	0,82	1,139936	1,000405	0,895	1,126216	1,063254
0,746	1,132639	0,906198	0,821	1,139908	1,001495	0,896	1,125847	1,063783
0,747	1,132852	0,907623	0,822	1,139877	1,002579	0,897	1,125472	1,064301
0,748	1,133062	0,909045	0,823	1,139841	1,003657	0,898	1,125091	1,06481
0,749	1,133269	0,910463	0,824	1,139802	1,004729	0,899	1,124704	1,065309
0,75	1,133473	0,911878	0,825	1,13976	1,005795	0,9	1,124311	1,065797



PLANTA GENERAL ALDEA EL PORVENIR

escala: 1/2000

LIBRETA TOPOGRÁFICA

EST	P.O.	RUMBO	DISTANCIA	COTA
E-1	E-2	N45° 00' 22"E	20.001m	1101.955
E-2	E-3	N46° 20' 20"E	20.002m	1102.185
E-3	E-4	N48° 11' 10"E	20.013m	1100
E-4	E-5	S58° 14' 22"E	10.001m	1097.375
E-5	E-6	S53° 06' 05"E	10.020m	1094.238
E-6	E-7	S43° 11' 36"E	10.160m	1092.27
E-7	E-8	S41° 13' 48"E	10.120m	1090.32
E-8	E-9	S41° 58' 05"E	10.000m	1088.4
E-9	E-10	S40° 44' 19"E	10.001m	1086.46
E-10	E-11	S41° 57' 51"E	10.001m	1084.55
E-11	E-12	S41° 45' 11"E	10.000m	1082.62
E-12	E-13	S41° 36' 11"E	10.001m	1080.419
E-13	E-14	S44° 00' 29"E	10.008m	1078.526
E-14	E-15	S54° 18' 55"E	10.200m	1076.169
E-15	E-16	S58° 24' 26"E	7.700m	1074.924
E-16	E-17	S28° 38' 46"W	10.000m	1073.034
E-17	E-18	S44° 35' 12"W	10.195m	1072.585
E-18	E-19	S14° 53' 22"W	20.000m	1072.353
E-19	E-21	S24° 01' 27"W	20.00m	1067.921
E-21	E-22	S20° 17' 28"W	20.024m	1067.211
E-22	E-23	S22° 22' 14"W	6.561m	1067.061
E-23	E-24	S7° 18' 19"W	19.999	1064.801
E-24	E-26	S11° 26' 42"W	40.035m	1054.722
E-26	E-27	S8° 46' 20"E	21.986m	1053.7
E-27	E-28	S12° 30' 52"E	12.008m	1052.999
E-28	E-29	S0° 34' 11"E	18.505m	1052.719
E-29	E-30	S25° 39' 44"W	27.987m	1051.618
E-30	E-31	S1° 08' 56"E	32.518m	1048.74
E-31	E-32	S1° 16' 54"E	28.791m	1046.198
E-32	E-83	S1° 12' 37"E	14.581m	1044.598
E-83	E-37	S78° 41' 05"E	16.462m	1042.261
E-37	E-84	S79° 11' 40"E	13.682m	1039.66
E-84	E-38	S79° 11' 37"E	13.681m	1037.06
E-38	E-39	S86° 15' 41"E	29.430m	1033.211
E-39	E-40	S13° 30' 13"E	64.743m	1029.821
E-40	E-41	S13° 28' 54"E	19.572m	1029.91
E-41	E-42	S13° 01' 44"E	28.832m	1030.05
E-42	E-43	S48° 10' 50"W	22.405m	1029.446
E-43	E-45	S57° 11' 35"W	30.824m	1028
E-45	E-80	S42° 33' 22"W	67.512m	1016.048
E-80	E-46	S42° 33' 20"W	15.883m	1013.236
E-46	E-47	S37° 10' 05"W	35.509m	1010.623
E-47	E-49	S37° 36' 15"W	52.240m	1009.153
E-49	E-50	S7° 56' 15"W	41.486m	1005.382
E-50	E-51	S18° 00' 47"W	48.879m	1001.645
E-51	E-52	S8° 42' 14"E	39.966m	997.915
E-52	E-43	S9° 25' 40"E	58.423m	1029.446
E-43	E-44	S26° 54' 15"E	94.535m	1023.527
E-44	E-62	S13° 04' 20"E	28.256m	1012.148
E-62	E-61	S4° 34' 28"W	28.562m	1006.522
E-61	E-60	S32° 17' 51"W	41.097m	999.634
E-58	E-58	S50° 20' 27"W	36.973m	995.777
E-58	E-81	S49° 37' 54"W	48.189m	995.661
E-81	E-56	S45° 02' 14"W	51.270m	996.803
E-56	E-55	S39° 19' 37"W	49.615m	994.472
E-55	E-54	S31° 39' 59"W	29.438m	990.534
E-54	E-53	S80° 11' 25"W	17.702m	989.646
E-80	E-85	S27° 13' 53"E	74.340m	1005.91
E-85	E-58	S27° 13' 52"E	74.341m	995.777
E-47	E-48	S27° 13' 52"E	52.166m	1005.272



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR,  
SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANTA GENERAL

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS

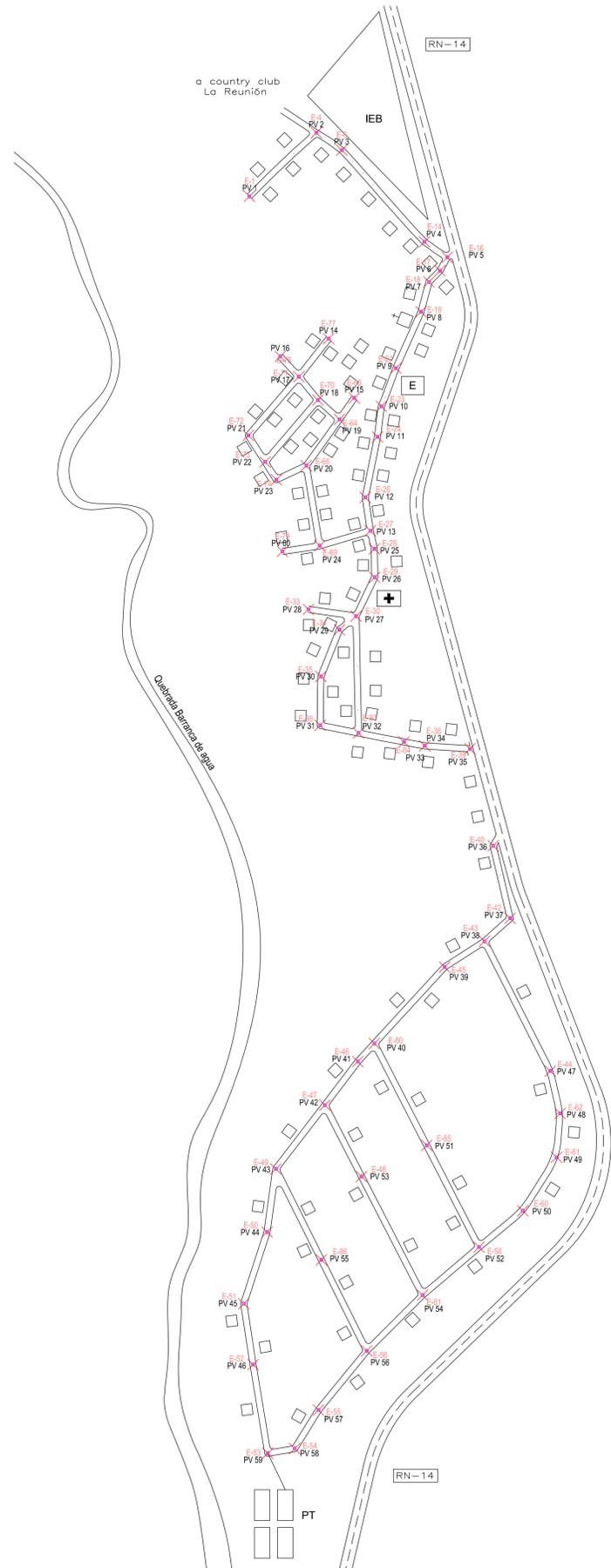
CARNET: 2003-13335  
FECHA: MAYO 2013  
ESCALA: 1:2000

Vo. Bo. PLANIFICADOR:

Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR

HOJA No.

1



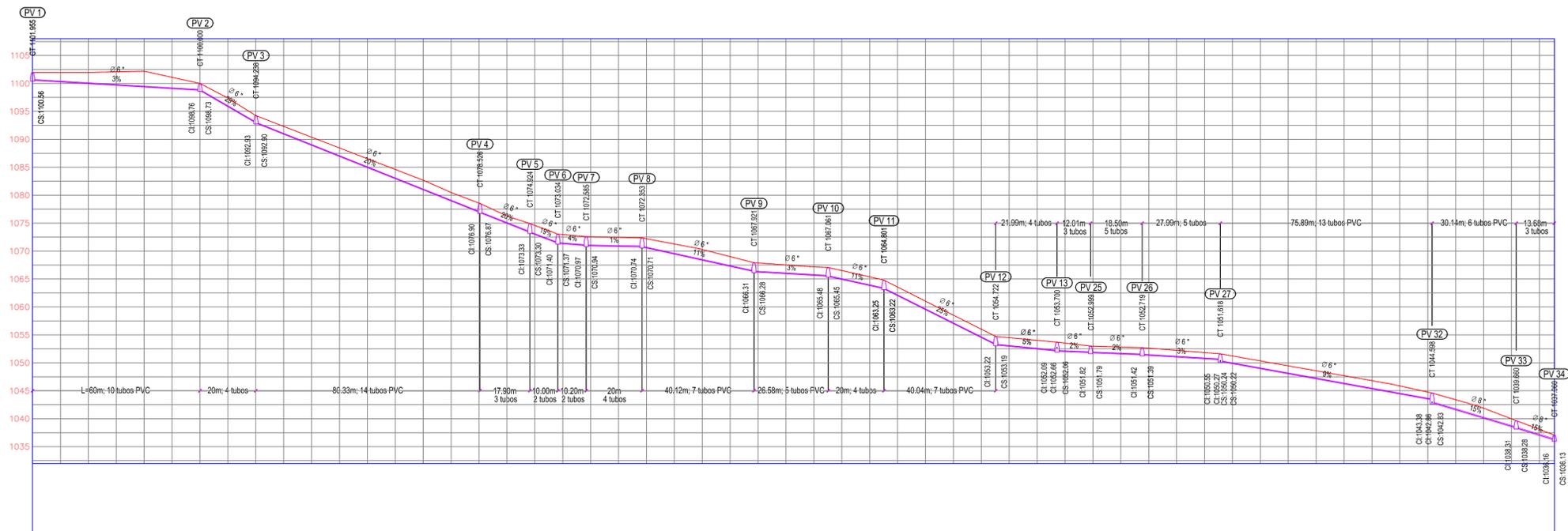
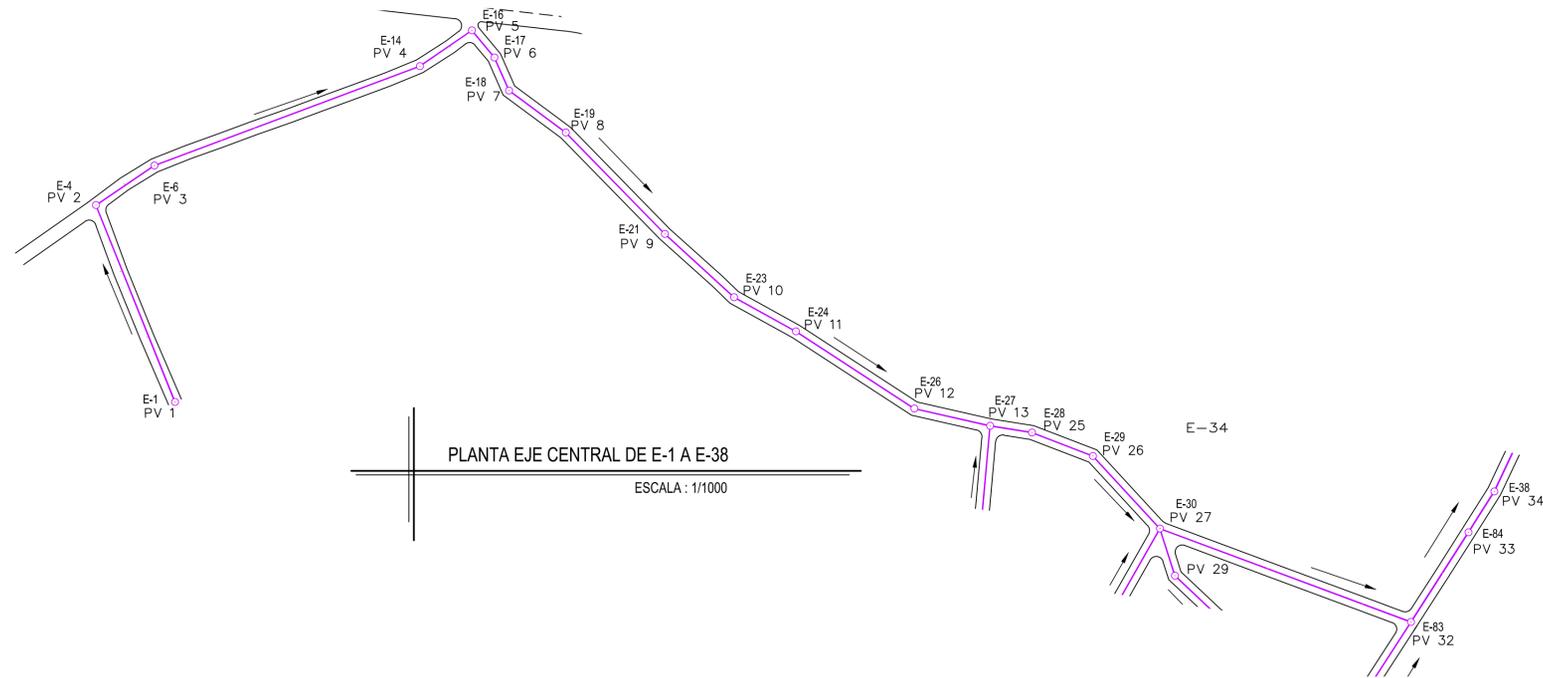
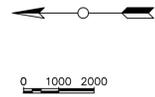
PLANTA GENERAL DE DENSIDAD DE VIVIENDA

escala: 1/2000

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGIA

	PV #	POZO DE VISITA
	E-#	ESTACION
		CENTRO DE SALUD
		IGLESIA
		ESCUELA
		DIRECCION DE FLUJO
		PLANTA DE TRATAMIENTO
		INSTITUTO DE EDUCACION BASICA

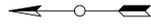
	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>	
	<b>PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ</b>	
<b>CONTENIDO: PLANTA DE DENSIDAD DE POBLACION</b>		
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335 FECHA: MAYO 2013	ESCALA: 1:2000
Vo. Bo. PLANIFICADOR:	Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR:	HOJA No. 2



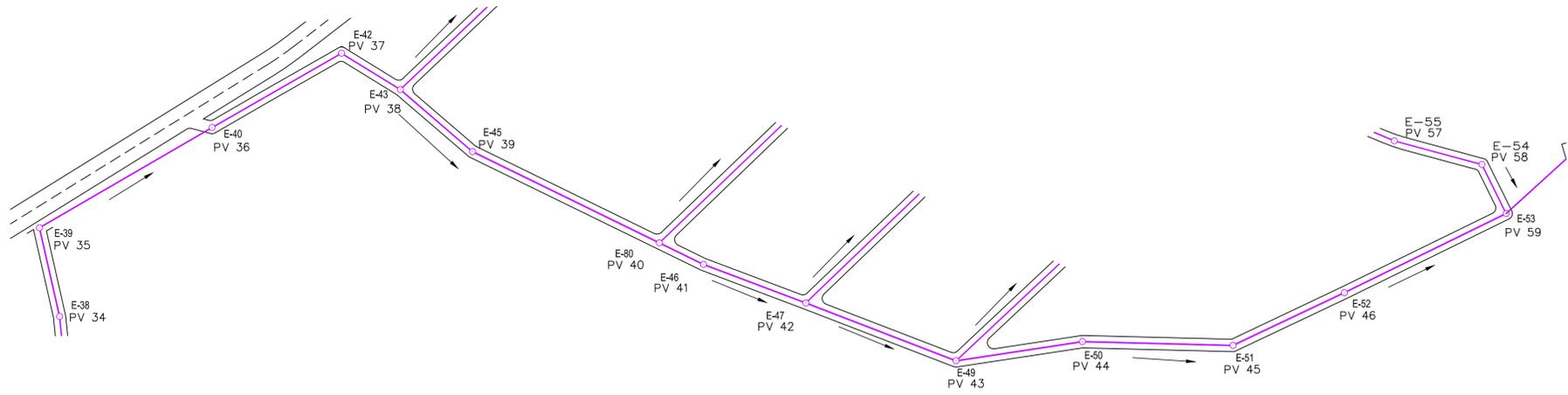
NOTA: Tubería PVC norma 3034



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ		
CONTENIDO : PLANTA Y PERFIL EJE E-34 A E-53		
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335	ESCALA: INDICADA
CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	FECHA: MAYO 2013	
Vo. Bo. PLANIFICADOR:	Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR	HOJA No. 3

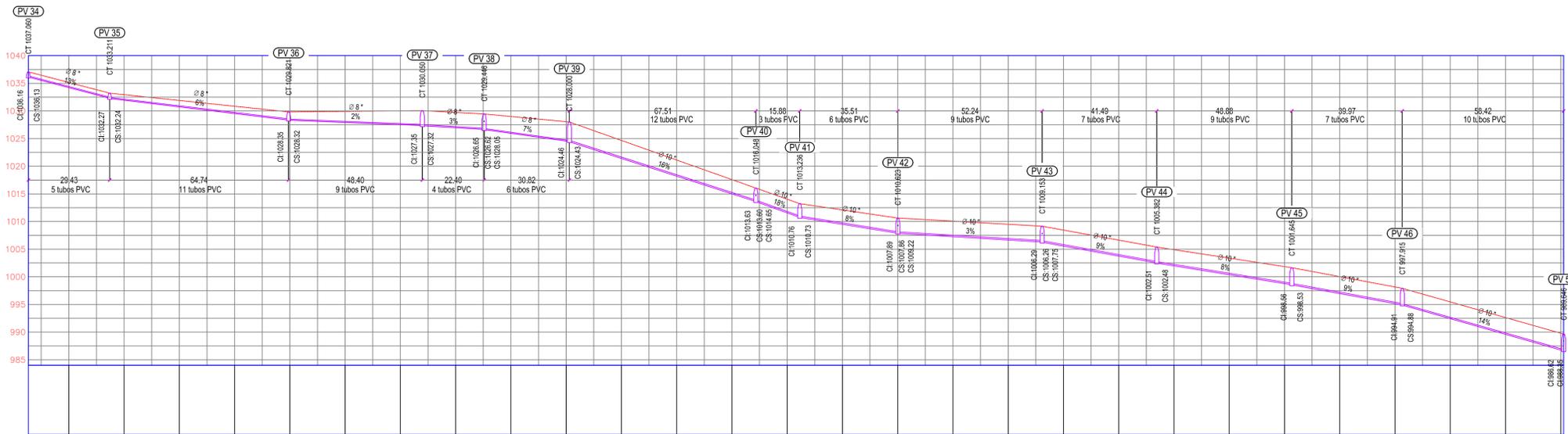


0 1000 2000



PLANTA EJE CENTRAL DE E-38 A E-53

ESCALA: 1/1000



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE CENTRAL E-38 A E-53

ESCALA HORIZONTAL: 1/1000  
ESCALA VERTICAL: 1/500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR,  
SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL EJE E-38 A E-53

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS

CARNET: 2003-13335  
FECHA: MAYO 2013  
ESCALA: INDICADA

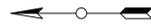
Vo. Bo. PLANIFICADOR:

Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR

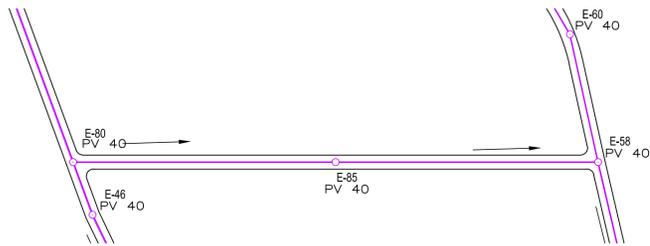
HOJA No.

4



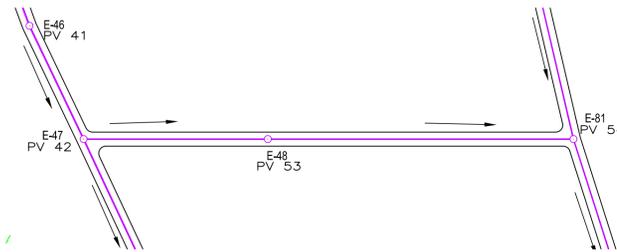


0 1000 2000



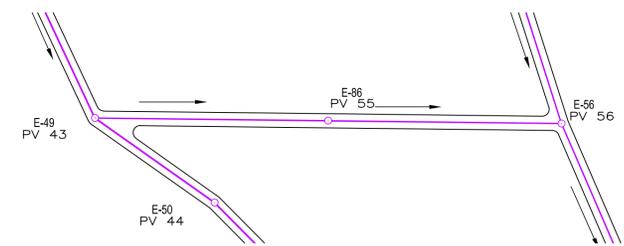
PLANTA EJE E-80 A E-58

ESCALA 1:1000



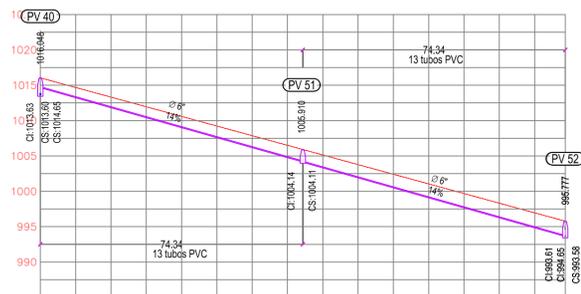
PLANTA EJE E-47 A E-81

ESCALA 1:1000



PLANTA EJE E-49 A E-56

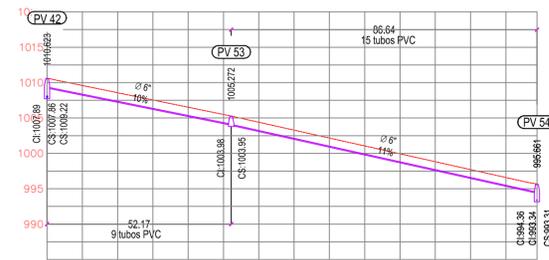
ESCALA 1:1000



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-80 A E-58

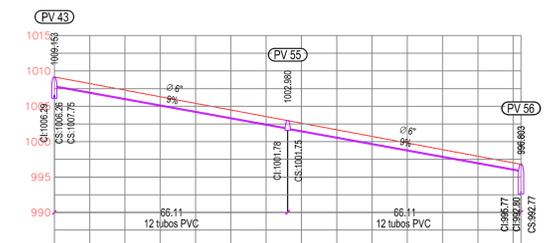
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-47 A E-81

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

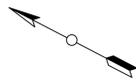


NOTA: Tubería PVC norma 3034

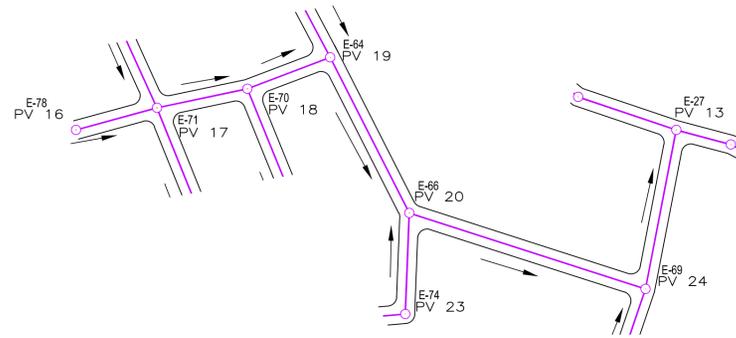
PERFIL EJE E-49 A E-56

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

 <p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</p>		
<p>PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ</p>		
<p>CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS CONTRIBUYENTES</p>		
<p>DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS</p>	<p>CARNET: 2003-13335</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>
<p>CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS</p>	<p>FECHA: MAYO 2013</p>	<p>ESCALA: INDICADA</p>
<p>Vo. Bo. PLANIFICADOR:</p>	<p>Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR</p>	<p>HOJA No. 6</p>

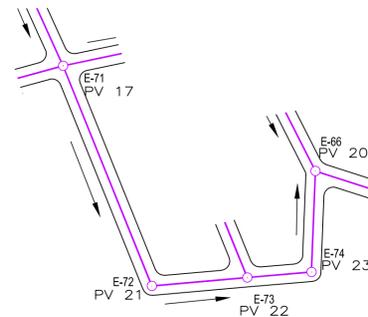


0 1000 2000



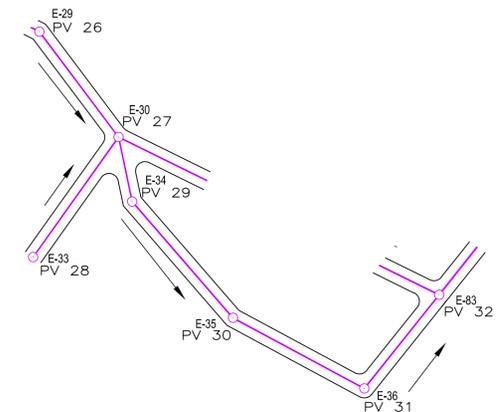
PLANTA EJE E-78 A E-27

ESCALA 1:750



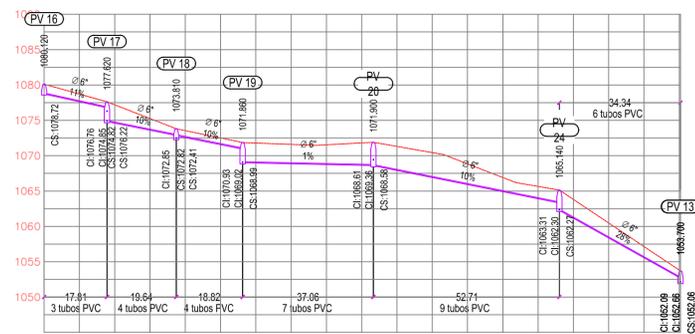
PLANTA EJE E-71 A E-66

ESCALA 1:750



PLANTA EJE E-30 A E-83

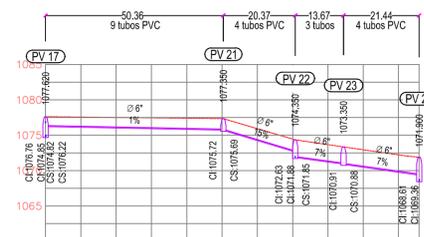
ESCALA 1:750



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-78 A E-27

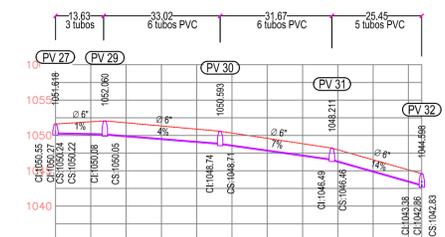
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-71 A E-66

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

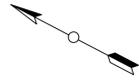


NOTA: Tubería PVC norma 3034

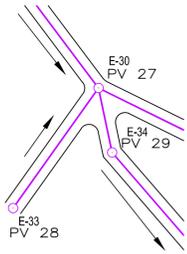
PERFIL EJE E-30 A E-83

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500

 <b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b>		
<b>PROYECTO:</b> DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ		
<b>CONTENIDO:</b> PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS CONTRIBUYENTES		
<b>DIBUJO:</b> FREDY ANIBAL CASTRO RODAS <b>CALCULO:</b> FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	<b>CARNET:</b> 2003-13335 <b>FECHA:</b> MAYO 2013	<b>ESCALA:</b> INDICADA
<b>Vs. Bo. PLANIFICADOR:</b> FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	<b>Vs. Bo. ASESOR-SUPERVISOR:</b> ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	<b>HOJA No.:</b> 7 / 9

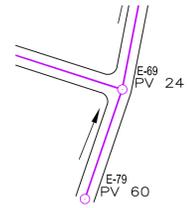


0 1000 2000



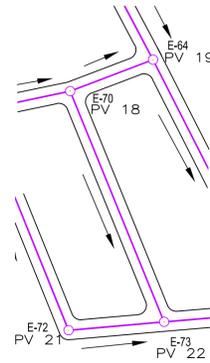
PLANTA EJE E-33 A E-30

ESCALA 1:750



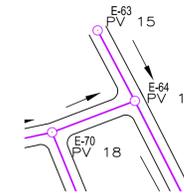
PLANTA EJE E-79 A E-69

ESCALA 1:750



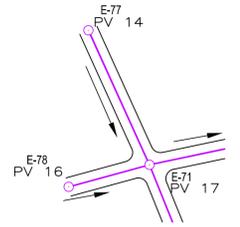
PLANTA EJE E-70 A E-73

ESCALA 1:750



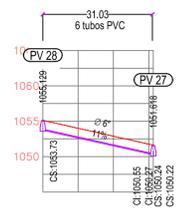
PLANTA EJE E-63 A E-64

ESCALA 1:750



PLANTA EJE E-77 A E-71

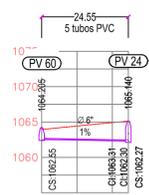
ESCALA 1:750



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-33 A E-30

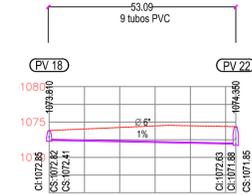
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-79 A E-69

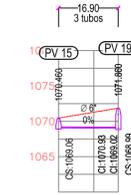
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-70 A E-73

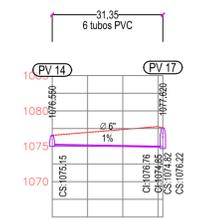
ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-63 A E-64

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



NOTA: Tubería PVC norma 3034

PERFIL EJE E-77 A E-71

ESCALA HORIZONTAL 1:1000  
ESCALA VERTICAL 1:500



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR,  
SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL DE TRAMOS CONTRIBUYENTES

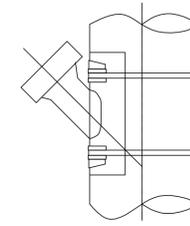
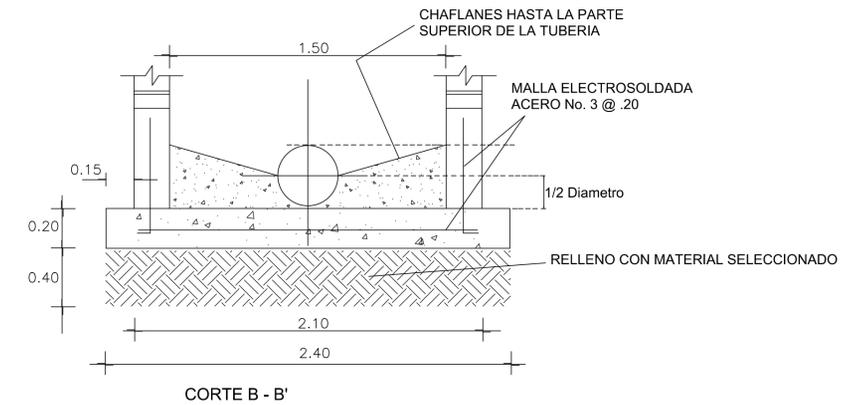
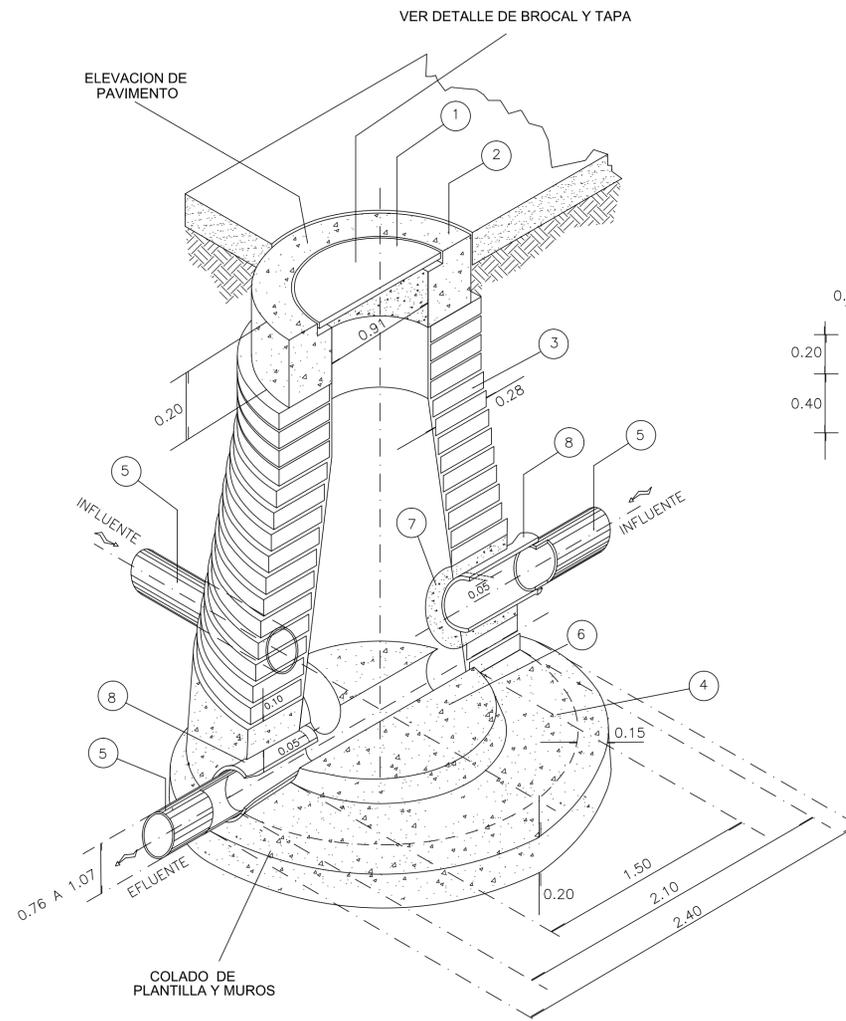
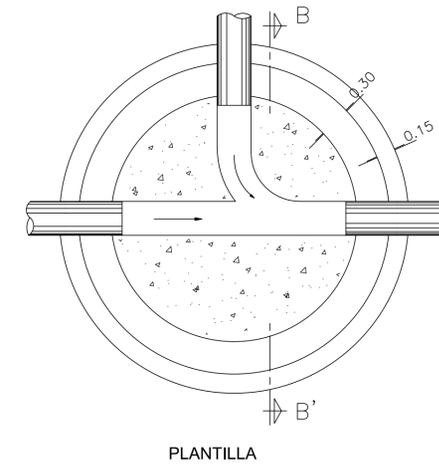
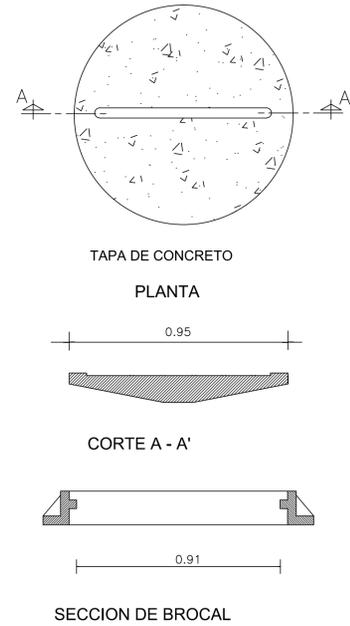
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS

CARNET: 2003-13335  
FECHA: MAYO 2013  
ESCALA: INDICADA

Vo. Bo. PLANIFICADOR:

Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR

HOJA No.



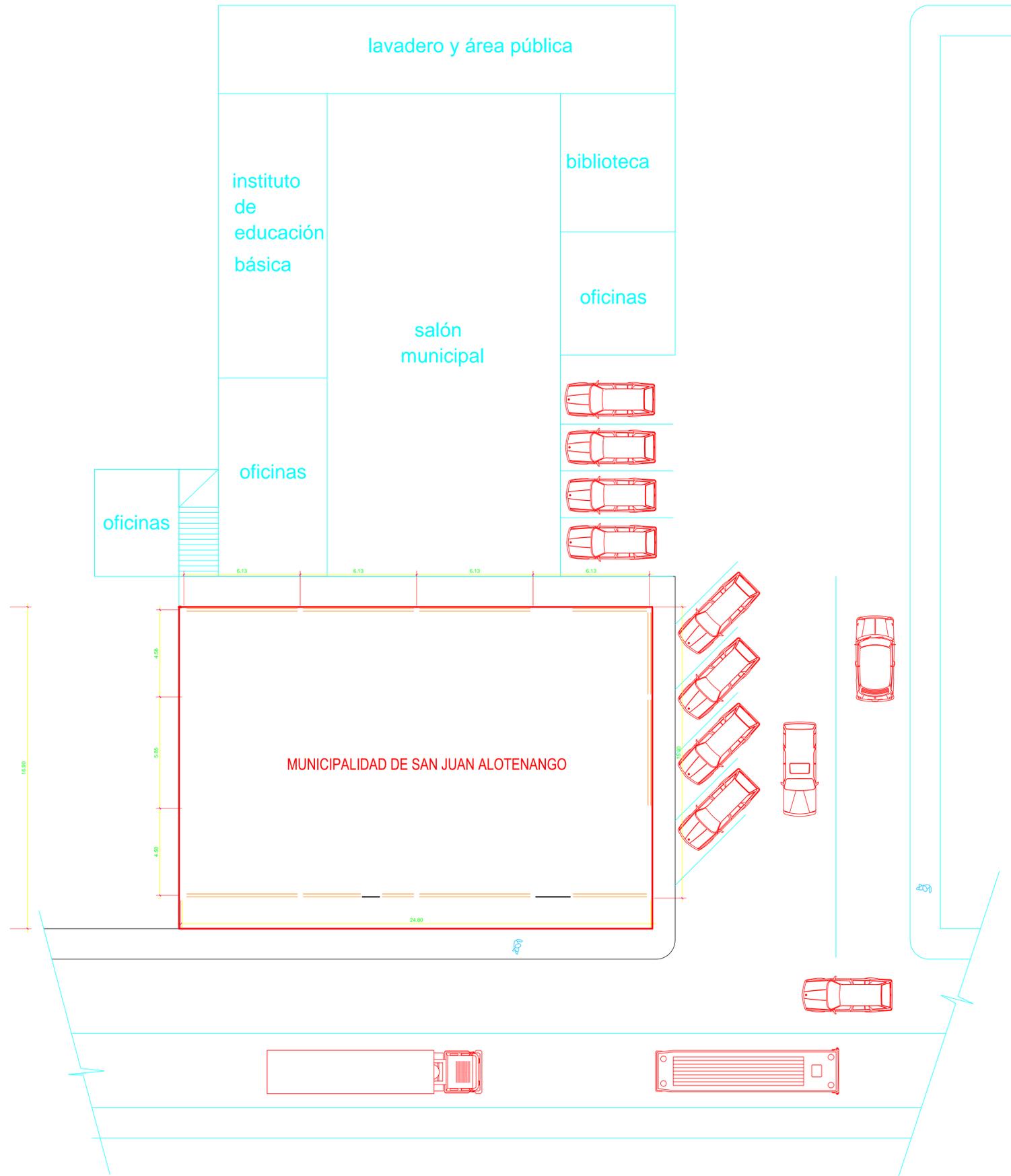
NOTA: LA SILETA DEBE SER INSTALADA USANDO PREPARADOR DE SUPERFICIES Y ADHESIVOS, MIENTRAS ESTE FRAGUA SE DEBE COLOCAR UNA ABRASADORA PARA FLUJIA.

ESPECIFICACIONES	
1.- BROCAL Y TAPA DE 36" DE CONCRETO Y EMPARRILLADO DE NO. 3 @ 0.20 M	
2.- ANILLO DE CONCRETO SIMPLE $f_c=210 \text{ Kg./cm}^2$ .	
3.- MURO DE LADRILLO APLANADO INTERIOR Y EXTERIOR MORTERO CEMENTO-ARENA PROPORCIÓN 1:2 CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL DE DOS CENTIMETROS DE ESPESOR, MORTERO EN PROPORCIÓN 1:3 COMO LIGANTE.	
4.- CIMENTACION DE CONCRETO SIMPLE CON IMPERMEABILIZANTE INTEGRAL $f_c=210 \text{ Kg./cm}^2$ . HASTA 0.10 m. SOBRE LOMO DE LA TUBERIA EFLUENTE.	
5.- COLECTORES	
6.- RELLENO A BASE DE CONCRETO SIMPLE $f_c=210 \text{ kg./cm}^2$ . HASTA EL EJE DE LA TUBERIA EFLUENTE.	
7.- ANILLO DE CONCRETO SIMPLE $f_c=210 \text{ kg./cm}^2$ . DE 0.10 m DE ANCHO PARA LAS TUBERIAS INFLUENTES.	
8.- SE DEBERAN UTILIZAR ADAPTADORES DE PVC PARA ENTRONCAR A LOS POZOS DE VISITA CON RECUBRIMIENTO EXTERIOR DE MORTERO O ALGUN OTRO SELLADOR ADECUADO ENTRE LA Y EL ANILLO DE MORTERO.	
9.- TODOS LOS CONCRETOS Y MORTEROS DEBERAN SER ELABORADOS CON CEMENTO PUZOLANICO.	
10.- EN ZONAS NO PAVIMENTADAS, EL NIVEL DEL BROCAL Y TAPADERA DEBERÁ SER DE 0.10 m. POR DEBAJO DEL TERRENO NATURAL.	

POZO DE VISITA  
TODAS LAS ACOTACIONES SON EN METROS

PLANILLA DE POZOS DE VISITA					
PROFUNDIDAD	DIAMETRO INTERNO	DIAMETRO DE EXCAVACIÓN	ESPESOR DE PAREDES	REFUERZO	ESPESOR DE FONDO
H < a 1.50 m.	1.50 m.	2.20 m.	Ladrillo de punta	sin refuerzo	0.15 m.
1.51 a 3.00 m.	1.50 m.	2.20 m.	Ladrillo de punta	Φ No. 2 @ 0.20 m.	0.20 m.
3.01 a 4.50 m.	1.50 m.	2.45 m.	Ladrillo de punta y sogá	Φ No. 2 @ 0.20 m.	0.20 m.

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: DRENAJE SANITARIO PARA LA ALDEA EL PORVENIR, SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ		
CONTENIDO: DETALLES DE POZOS DE VISITA			
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS CALCULO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335 FECHA: MAYO 2013	ESCALA: 1:2000	
Vo. Bo. PLANIFICADOR:	Vo. Bo. ASESOR-SUPERVISOR	HOJA No. 9	

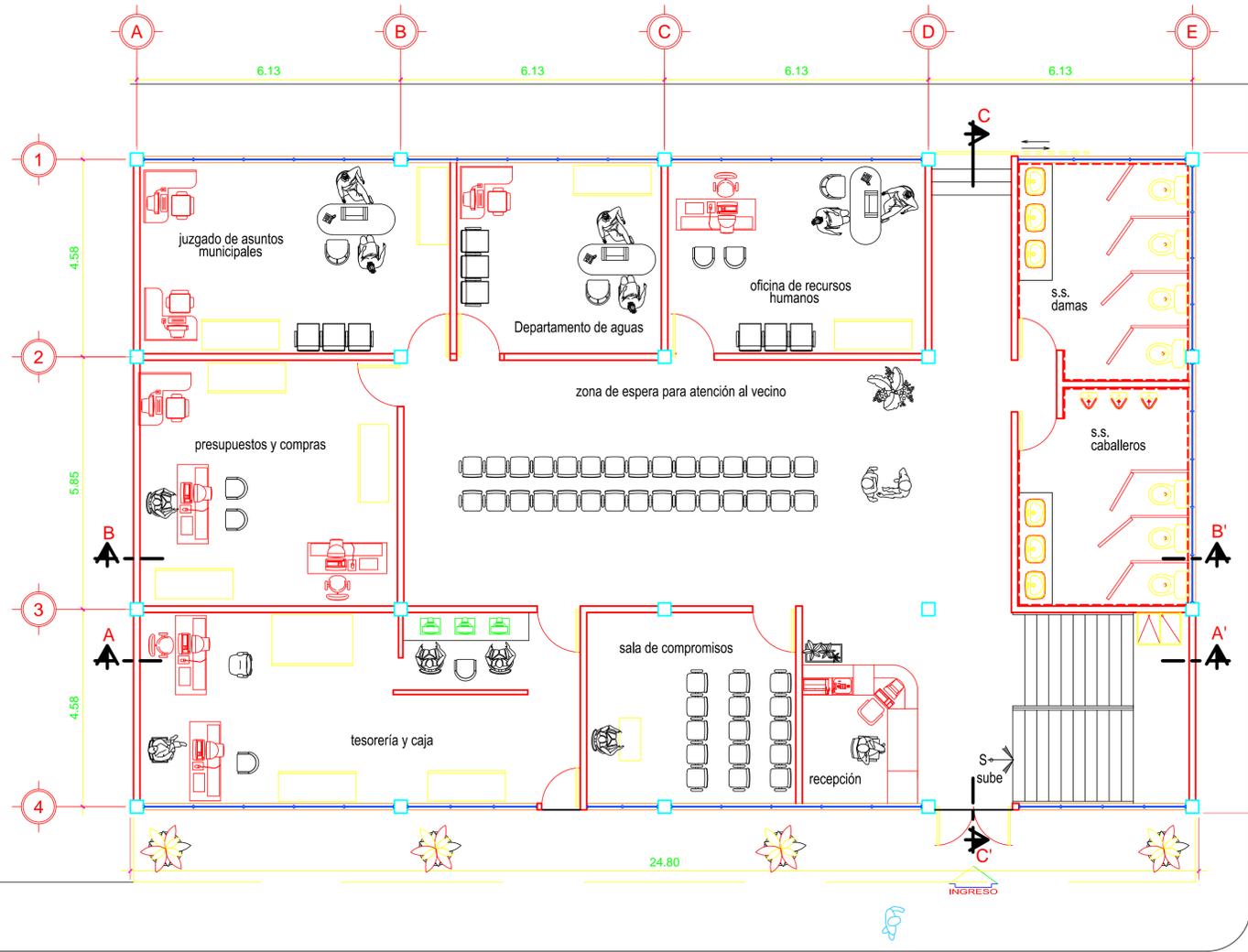


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ



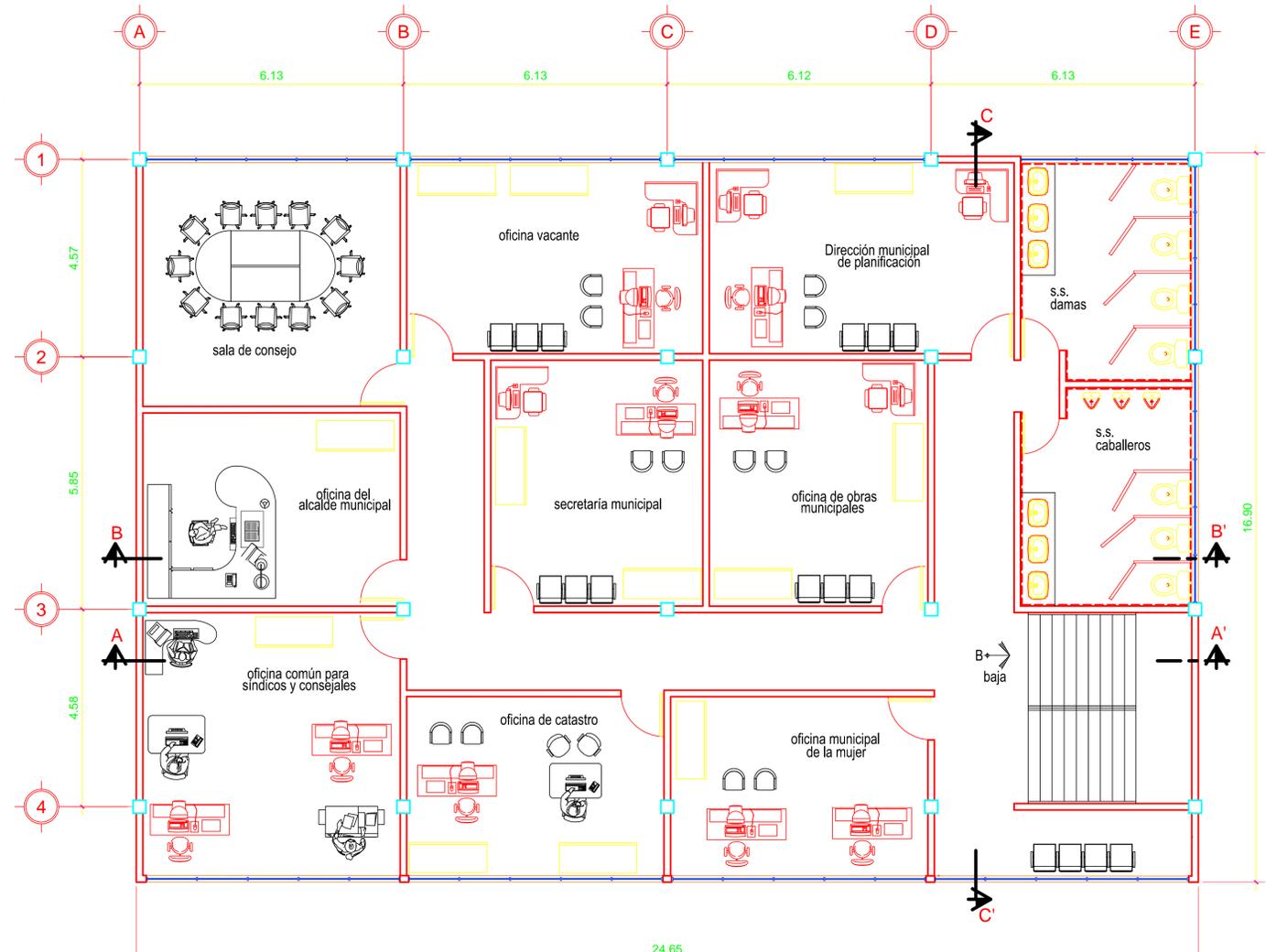
CONTENIDO: PLANO DE CONJUNTO Y UBICACIÓN  
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
REVISOR: ING. ANGEL ROBERTO SIG GARCIA  
ESCALA: INDICADA  
CARNET: 2003-13335  
FECHA: MAYO 2013

Va. Bo. HOJA No. 1



PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA ALTA

ESCALA 1:75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

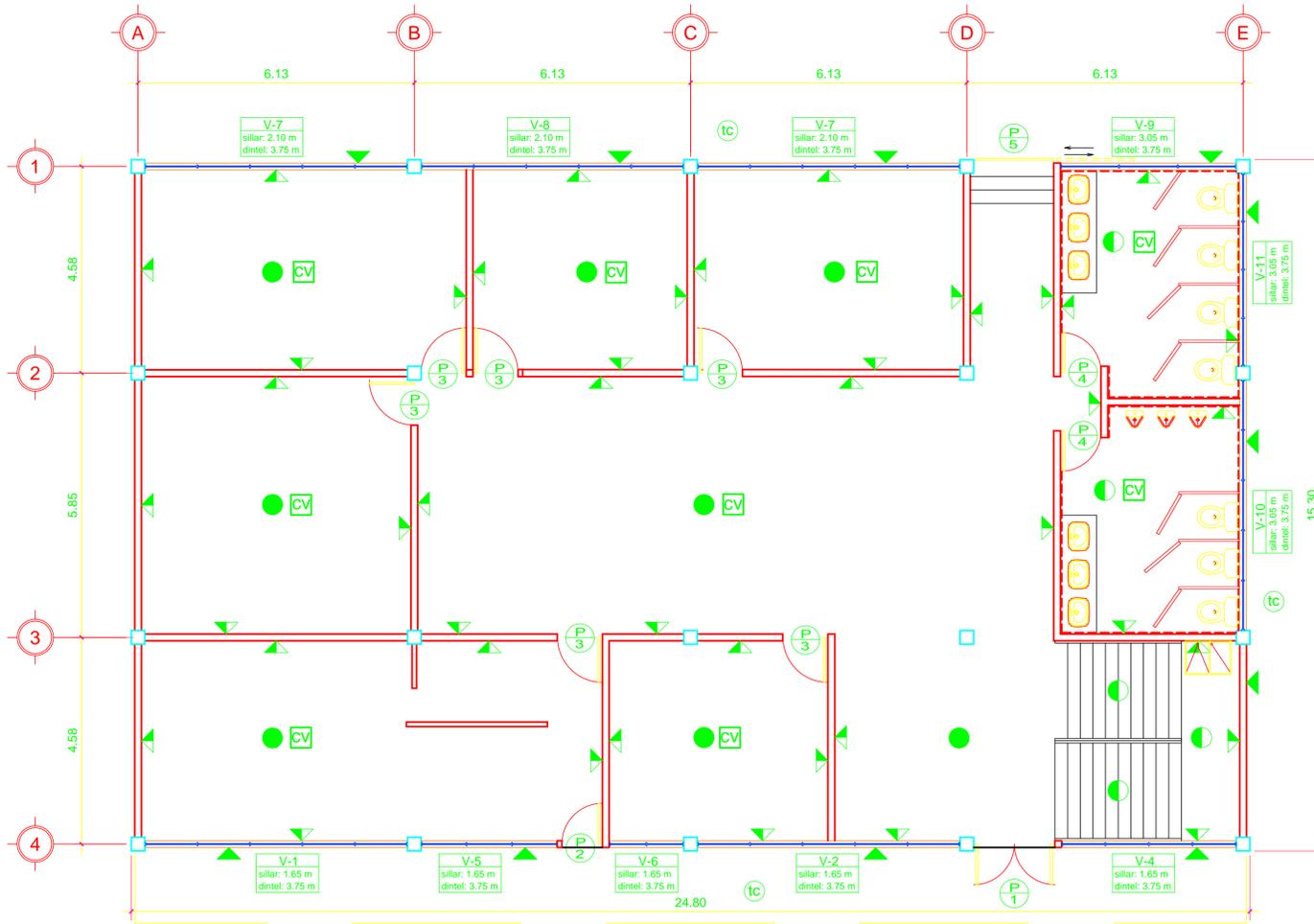
PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	ESCALA: INDICADA
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	FECHA: MAYO 2013

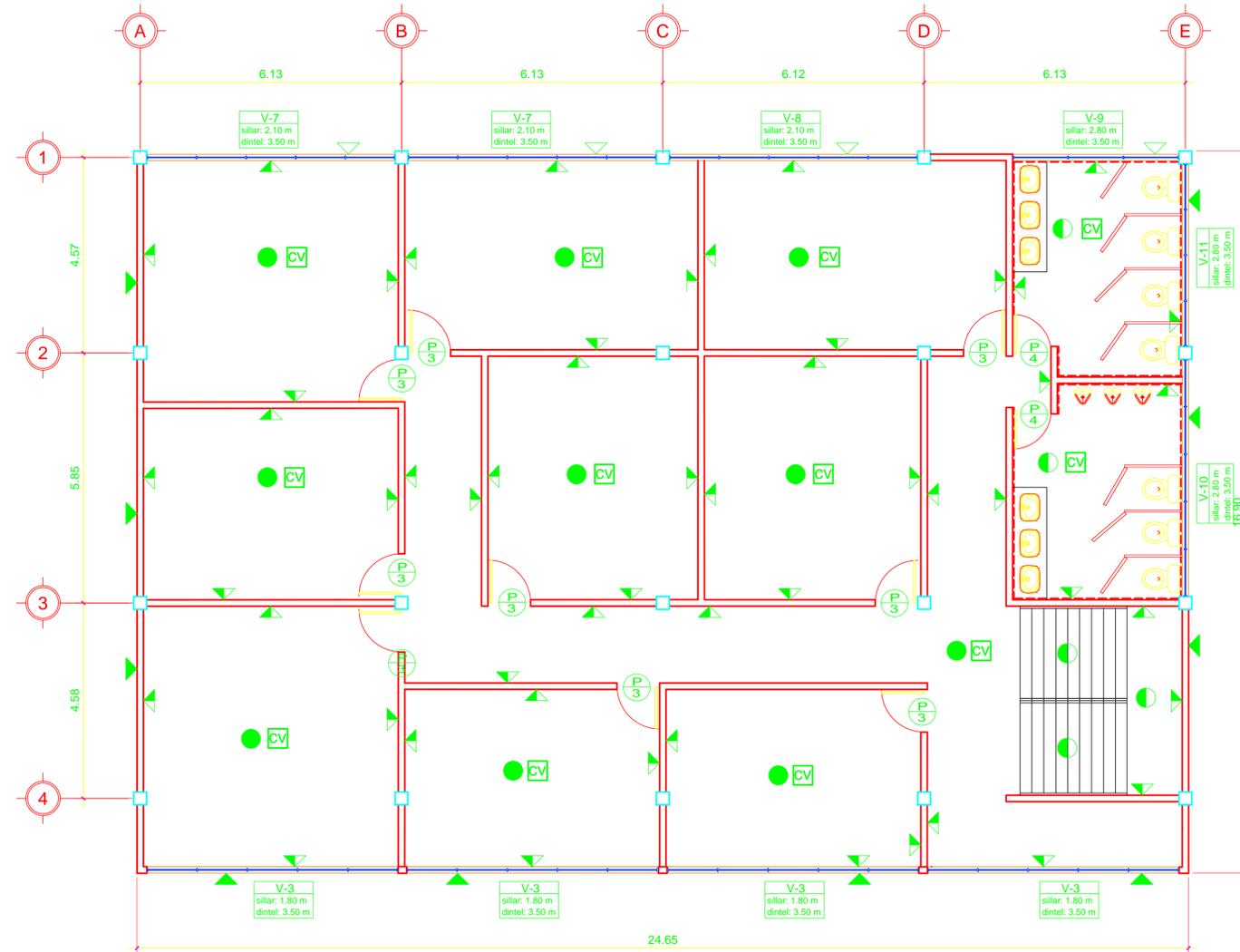
Va. Bo. HOJA No. 2





PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA ALTA

ESCALA 1:75

SIMBOLOGIA	
Puerta tipo	
Repello + cernido vertical	
Fachaletado sin cisa	
Piso cerámico	
Piso cerámico antideslizante	
Torta de concreto	
Cielo de concreto visto	

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

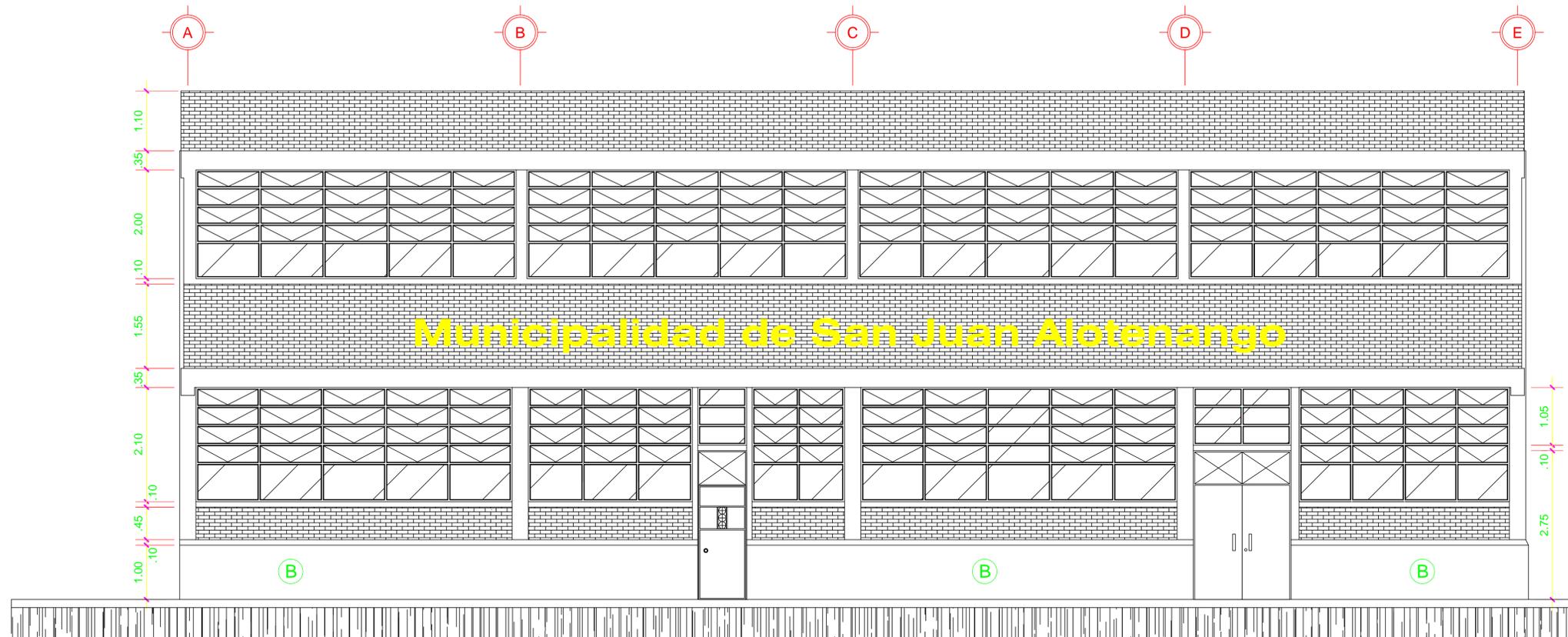
- En columnas y vigas se dejará el concreto expuesto este debe estar libre de imperfecciones y rebabas.
- La fachaleta deberá ser tipo tradicional color rojo, medidas 6.5x5x29 cm.
- Debe aplicarse un material sellador en la fachaleta para contrarrestar la acción del agua.
- En baños el azulejo indicado ira colocado a una altura de 1.20 mt.
- El piso cerámico deberá cumplir con requerimientos de cargas para un tránsito medio de personas y sus medidas serán de 50x50 cm.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ



CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS  
 DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA  
 ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013

Vo. Bo. HOJA No. 4



FACHADA FRONTAL

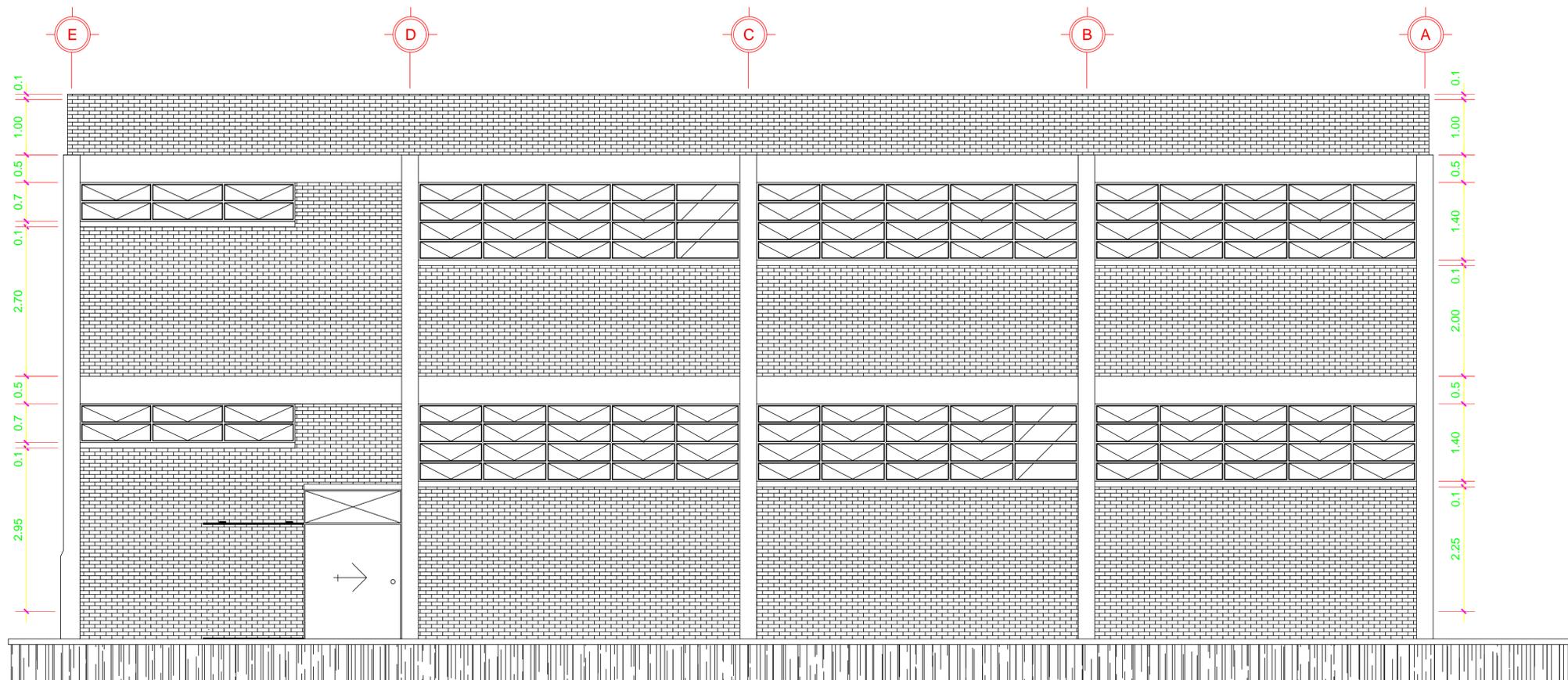
ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES GENERALES:

- Todo elemento de obra gris como columnas, vigas y dinteles llevará el concreto expuesto, este debe quedar libre de imperfecciones y rebabas.

SIMBOLOGIA:

Blanqueado (B)



FACHADA POSTERIOR

ESCALA 1:50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ



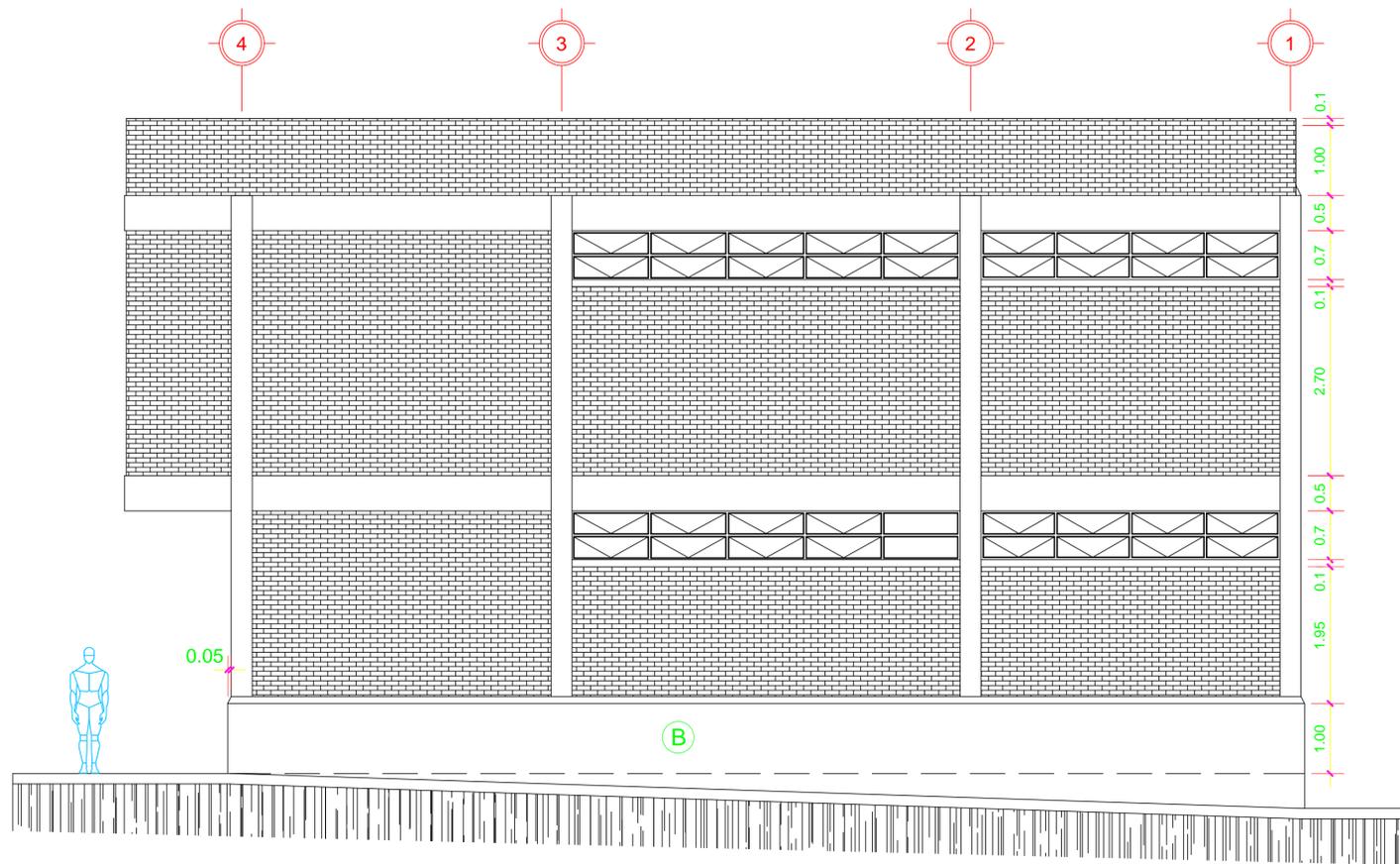
CONTENIDO: ELEVACIONES

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013

Vº. Bº.

HOJA No.



ELEVACION NORTE

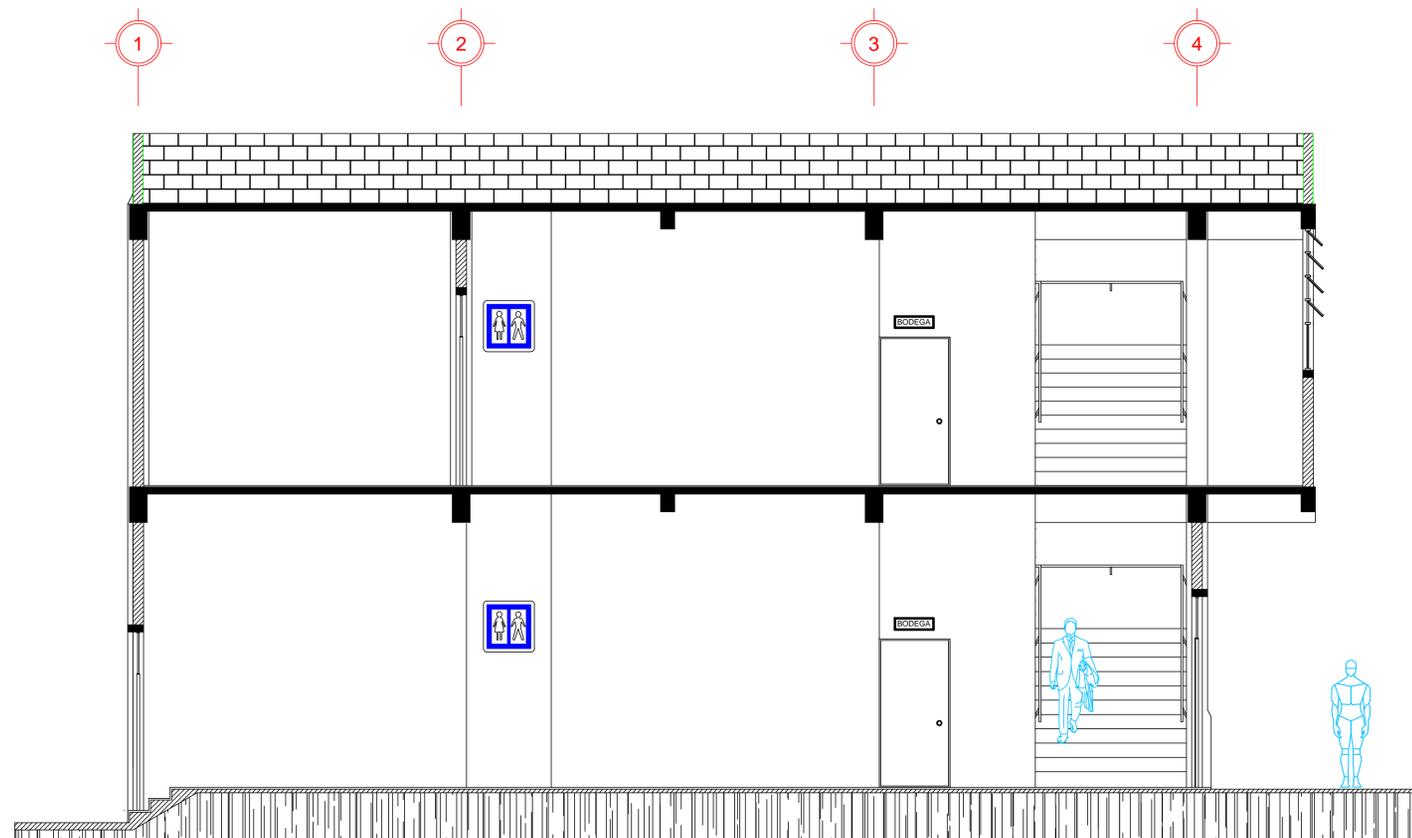
ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES GENERALES:

- Todo elemento de obra gris como columnas, vigas y dinteles llevará el concreto expuesto, este debe quedar libre de imperfecciones y rebabas.

SIMBOLOGIA:

Blanqueado (B)



SECCION C-C'

ESCALA 1:50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

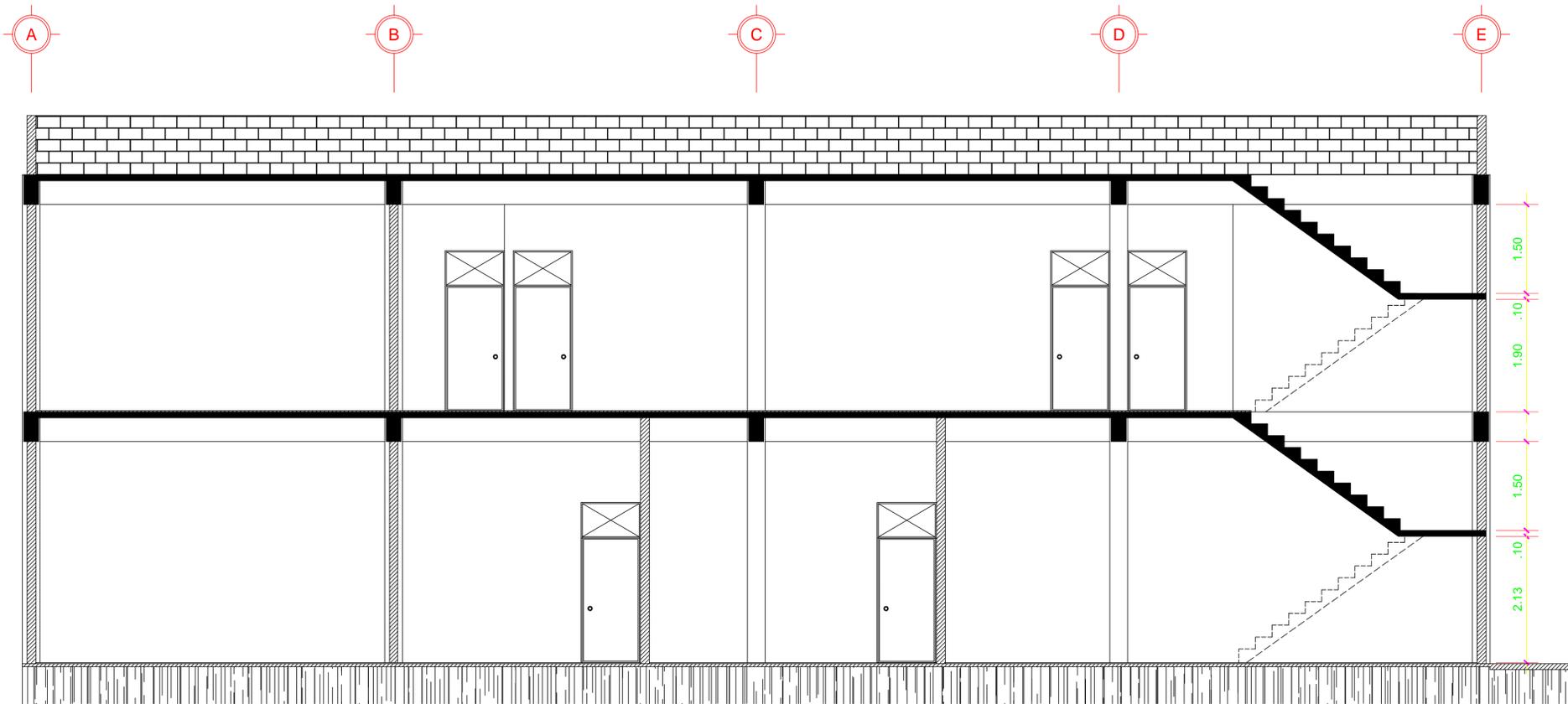
CONTENIDO: ELEVACIONES Y SECCIONES

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013

Vs. Bo.

HOJA No.



SECCION A-A'

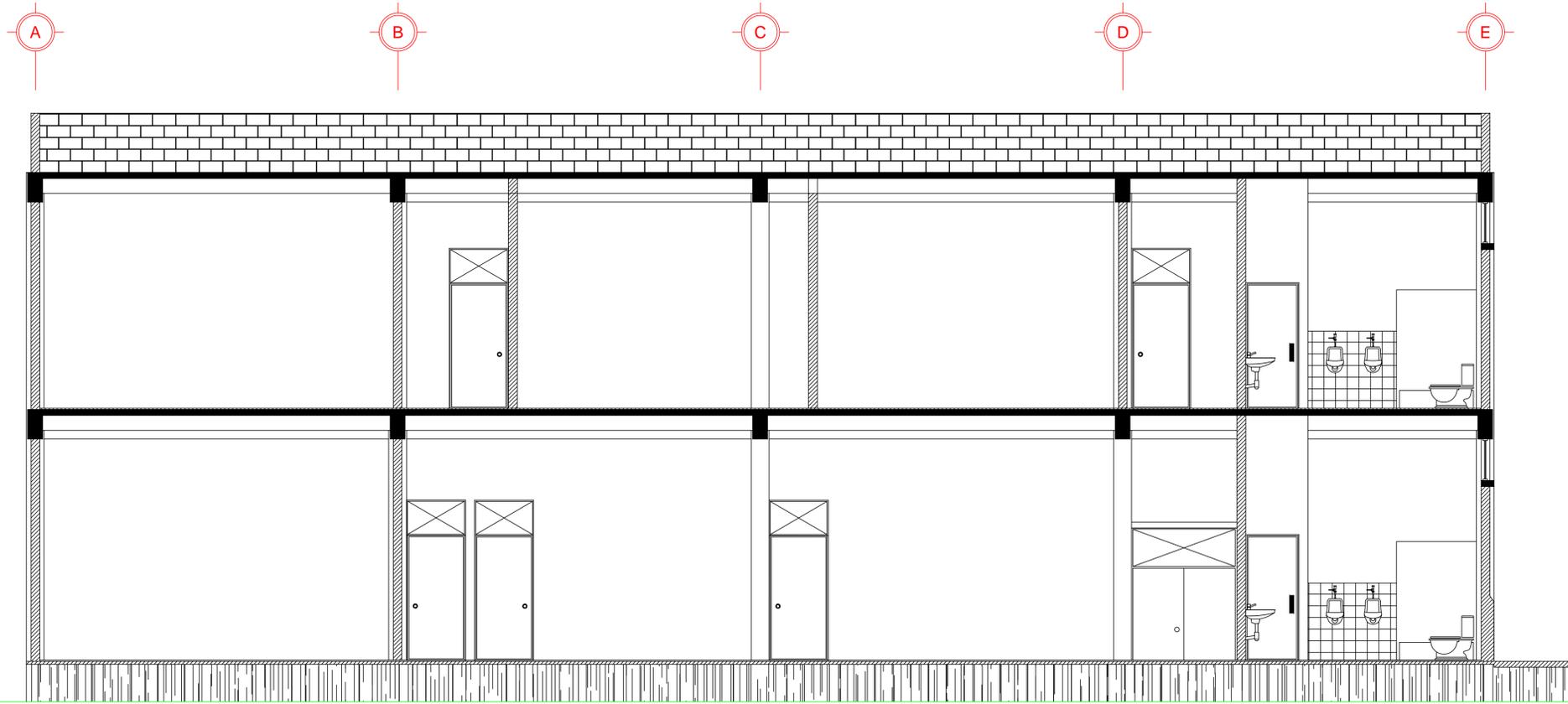
ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES GENERALES:

- Todo elemento de obra gris como columnas, vigas y dinteles llevará el concreto expuesto, este debe quedar libre de imperfecciones y rebabas.

SIMBOLOGIA:

Blanqueado	(B)
------------	-----



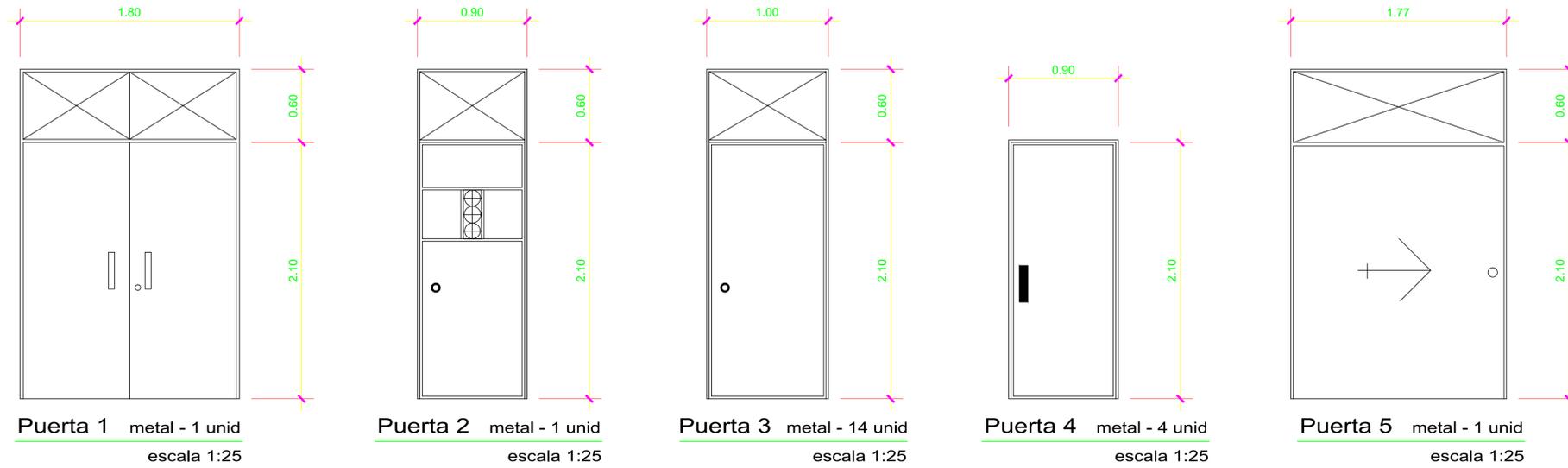
SECCION B-B'

ESCALA 1:50

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

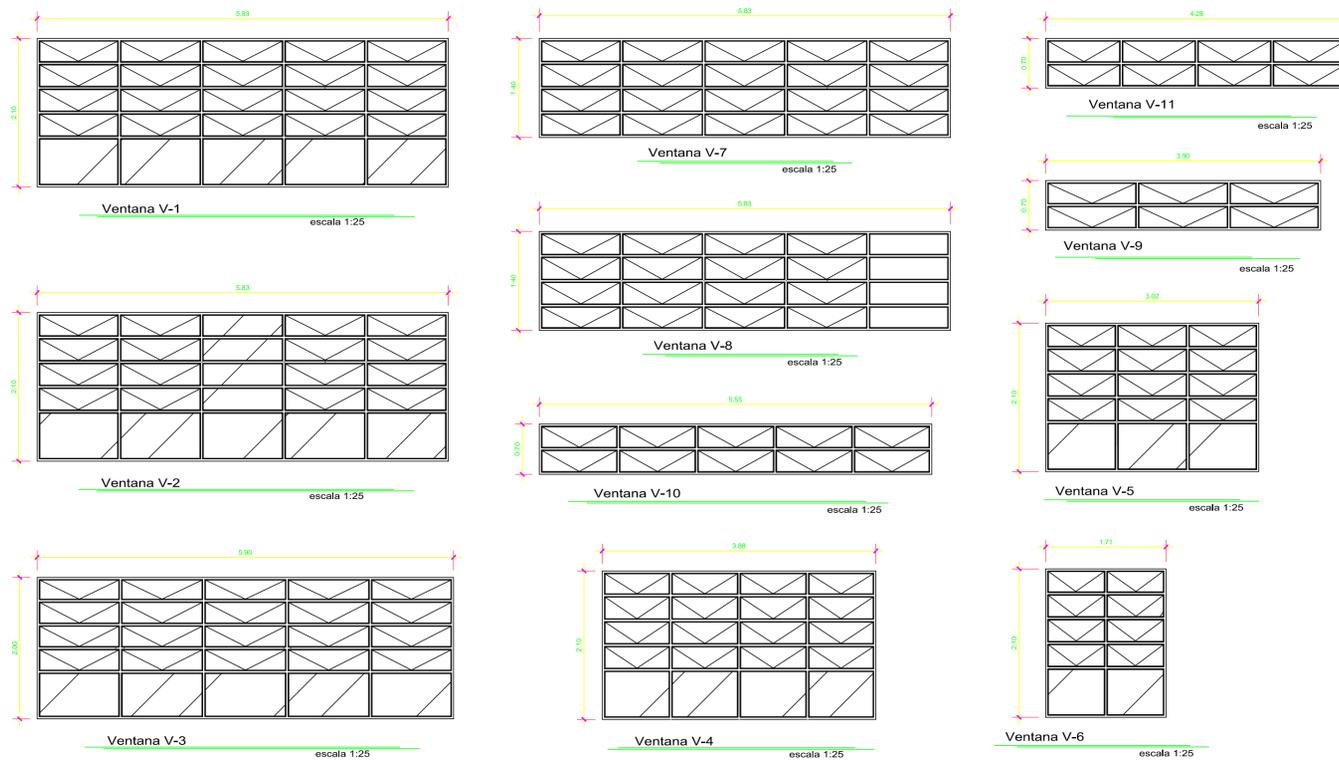


CONTENIDO: SECCIONES	ESCALA: INDICADA
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	FECHA: MAYO 2013
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	



**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PUERTAS:**

- El espesor de perfiles en marcos de puertas serán de 1/8" y para rejas de 3/16".
- Lamina fría de 1 mm de espesor.
- Revestimiento de anticorrosivo color negro



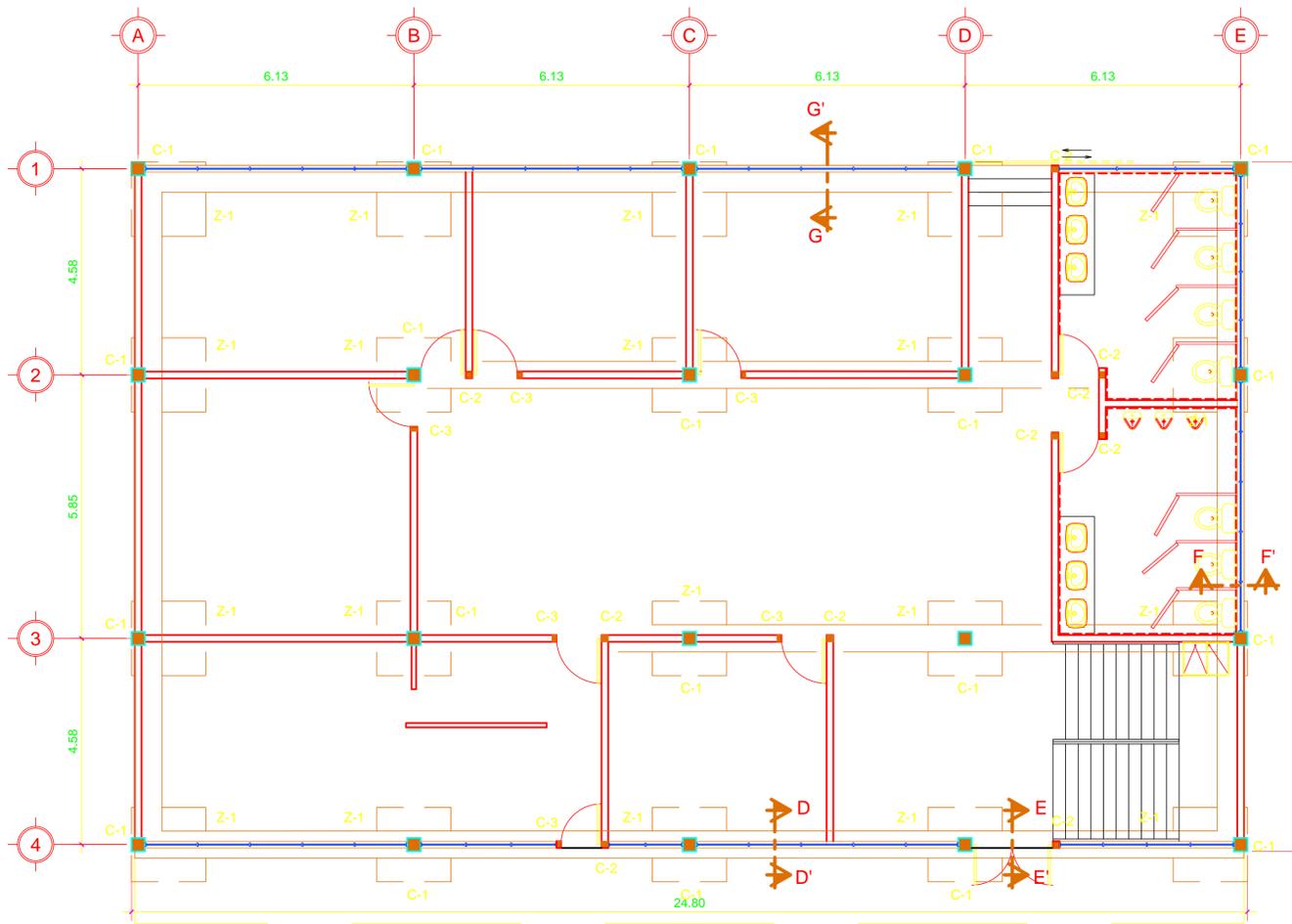
**ESPECIFICACIONES GENERALES PARA VENTANAS:**

- El espesor de perfiles los en marcos será de 1/8".
- Vidrio claro de 5 mm de espesor.
- Revestimiento de anticorrosivo color negro.

PLANILLA DE PUERTAS <sup>(P/#)</sup>									
#	ANCHO	ALTURA	ALTURA DE SOBREMARCO	CHAPA	BISAGRAS	MATERIAL	ACABADO	MARCO	CANT.
1	1.80	2.10	0.60	YALE	3" x 3"	METAL	PINTURA MATE ANTICORROSIVA	METALICO	2
2	1.15	2.20	0.60	YALE	3" x 3"	METAL	PINTURA MATE ANTICORROSIVA	METALICO	12
3	0.90	2.20	0.60	YALE	3" x 3"	METAL	PINTURA MATE ANTICORROSIVA	METALICO	5
4	0.75	2.20	0.60	YALE	3" x 3"	METAL	PINTURA MATE ANTICORROSIVA	METALICO	13
5	0.82	2.20	0.60	YALE	3" x 3"	METAL	PINTURA MATE ANTICORROSIVA	METALICO	1

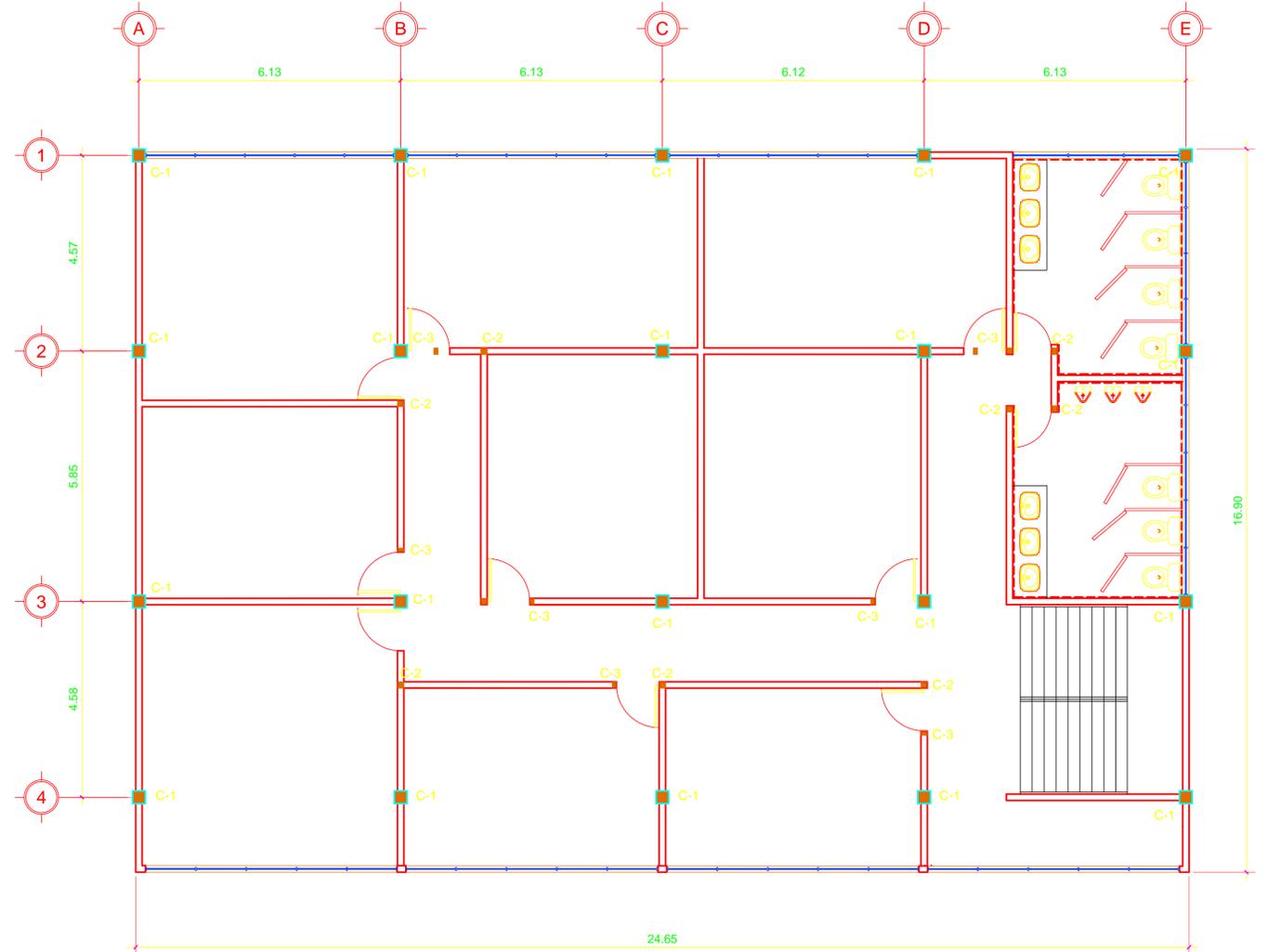
PLANILLA DE VENTANAS <sup>(V-#)</sup>						
TIPO	DIMENSIONES		APERTURA	VIDRIO	MARCO	CANTIDAD
	LARGO	ANCHO				
1	5.83	2.10	ABATIBLE	CLARO	METALICO	1
2	5.83	2.10	ABATIBLE	CLARO	METALICO	1
3	5.95	2.00	ABATIBLE	CLARO	METALICO	4
4	3.90	2.10	ABATIBLE	CLARO	METALICO	1
5	3.00	2.10	ABATIBLE	CLARO	METALICO	1
6	1.70	2.10	ABATIBLE	CLARO	METALICO	1
7	5.80	1.40	ABATIBLE	CLARO	METALICO	4
8	5.80	1.40	ABATIBLE	CLARO	METALICO	1
9	3.90	0.70	ABATIBLE	CLARO	METALICO	2
10	5.55	0.70	ABATIBLE	CLARO	METALICO	2
11	4.25	0.70	ABATIBLE	CLARO	METALICO	2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ  
 CONTENIDO: DETALLADO DE PUERTAS Y VENTANAS  
 DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISÓ: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA  
 ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013  
 Vo. Bo. HOJA No. 8



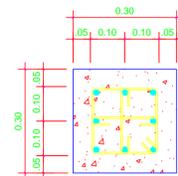
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA ALTA

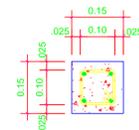
ESCALA 1:75



Columna Tipo C-1

Escala: 1/10

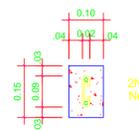
8 No. 8 + Estribo  
No.3 @ 0.15 mt  
confinamiento a 0.60 mt  
en ambos extremos  
espaciamento @ 0.7 mt



Columna Tipo C-2

Escala: 1/10

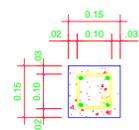
4 No. 3 + Estribo  
No.2 @ 0.20 mt



Columna Tipo C-3

Escala: 1/10

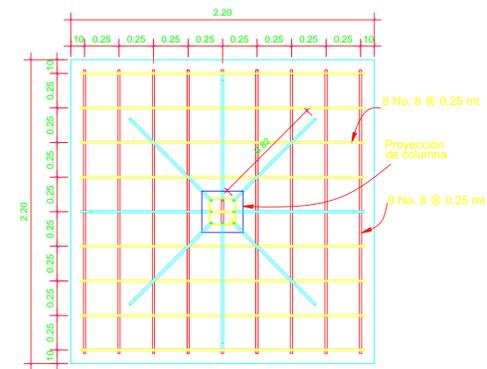
2 No. 3 + Estribo  
No.2 @ 0.20 mt



Columna Tipo C-4

Escala: 1/10

4 No. 4 + Estribo  
No.2 @ 0.20 mt



Detalle de Zapata Z-1

Planta Escala: 1/25

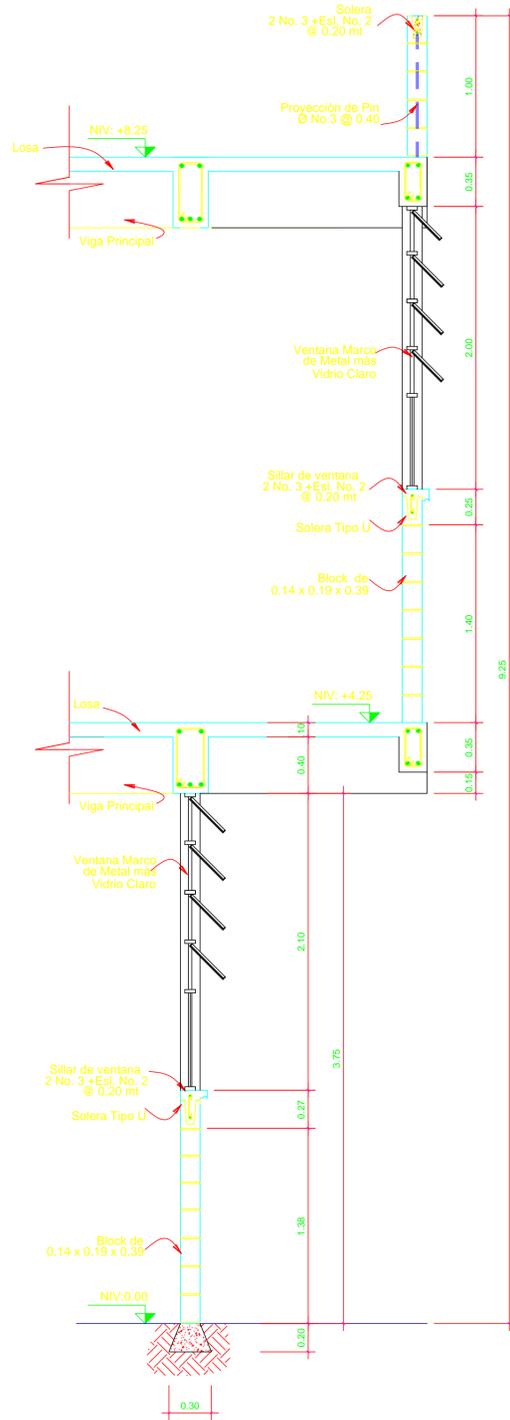
ESPECIFICACIONES GENERALES:

- Resistencia a la compresión  $f_c = 4\ 000\ \text{kg/cm}^2$
- Acero G40 ( $f_y = 2812\ \text{kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso 1/2".
- Longitud de empalme por traslapo  $L_d = 35\ \text{cm}$ .

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

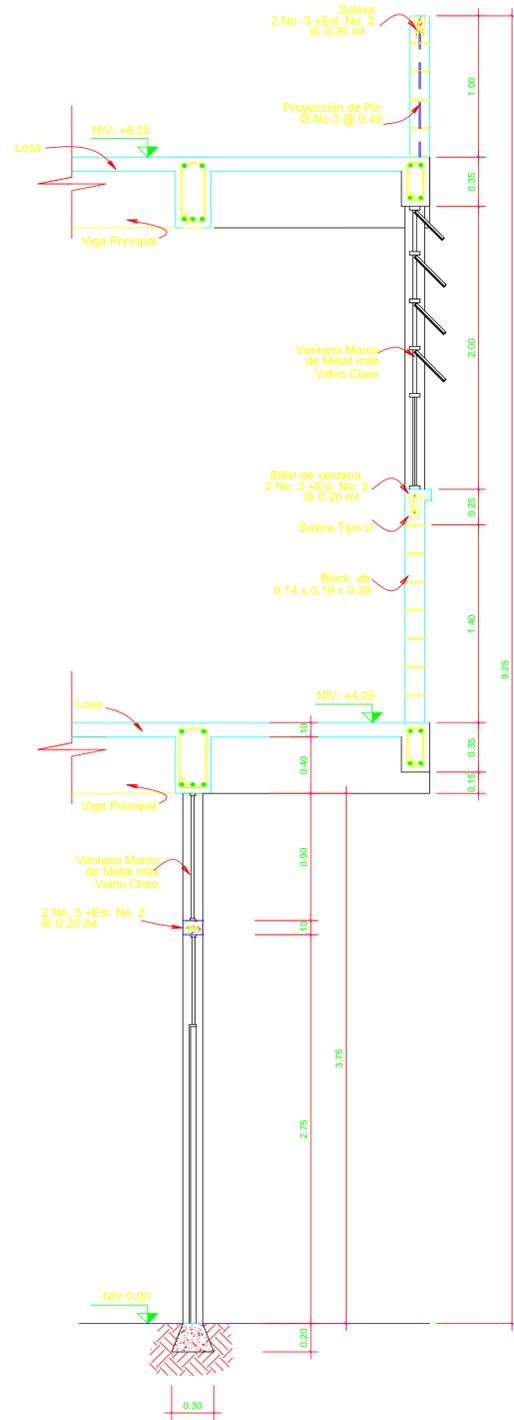


CONTENIDO: PLANO DE CIMENTACIONES	
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	ESCALA: INDICADA
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	FECHA: MAYO 2013
Va. Bo.	HOJA No.
FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	9
ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	17



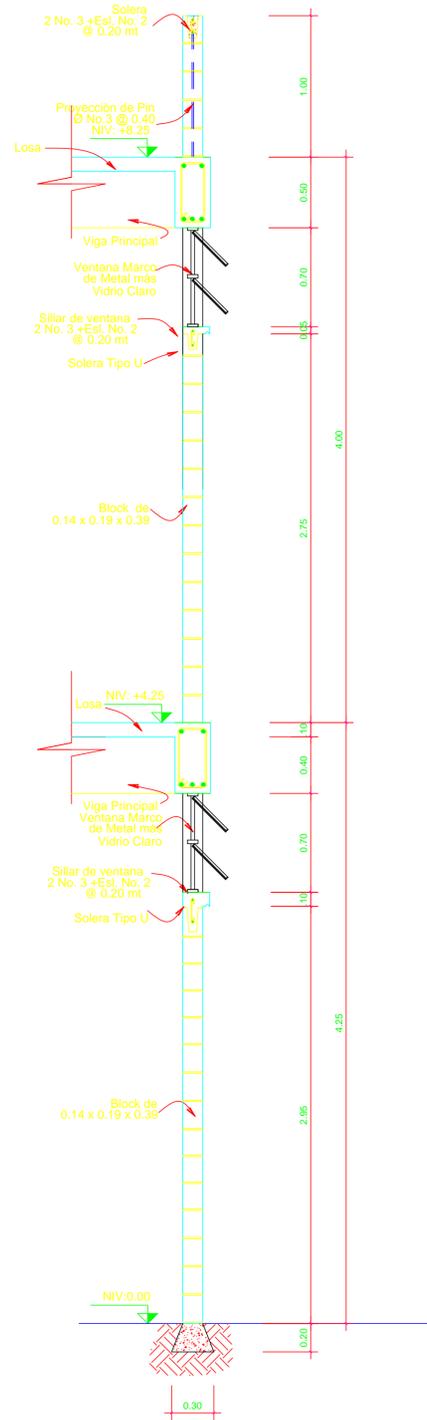
Corte de Muro D-D'

Escala: 1/25



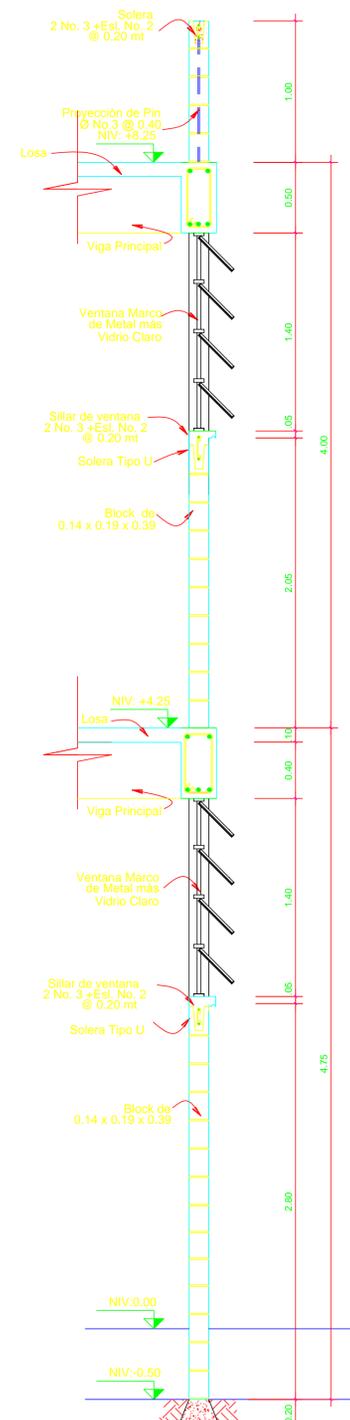
Corte de Muro E-E'

Escala: 1/25



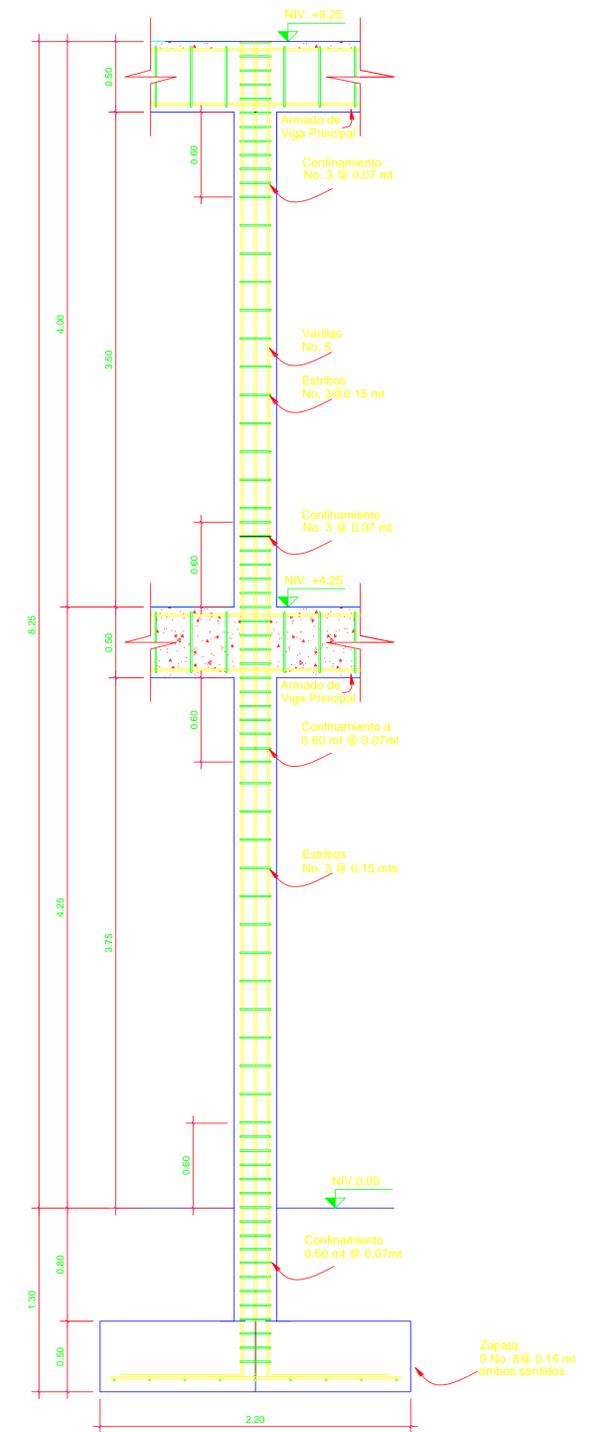
Corte de Muro F-F'

Escala: 1/25



Corte de Muro G-G'

Escala: 1/25



Detalle de Columna

Elevación

Escala: 1/25

ESPECIFICACIONES GENERALES:

- Resistencia a la compresión  $f_c = 4\ 000\ \text{kg/cm}^2$
- Acero G40 ( $f_y = 2812\ \text{kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso 1/2".
- Longitud de empalme por traslapo  $L_d = 35\ \text{cm}$ .

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ



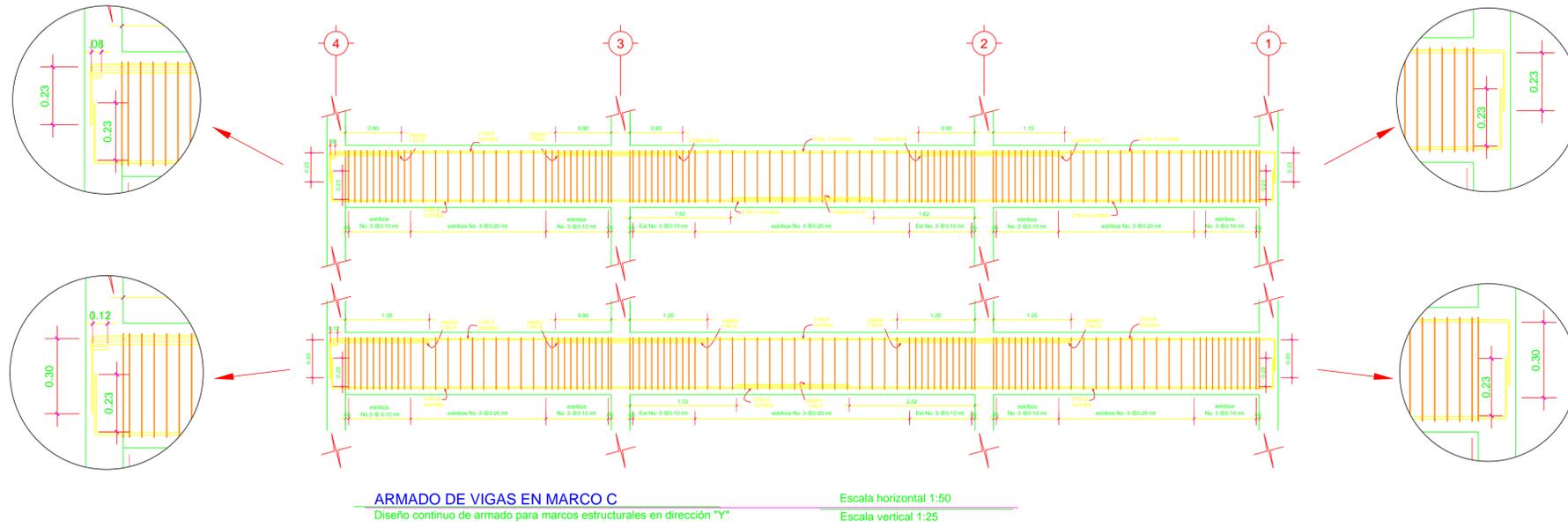
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013

Vo. Bo.

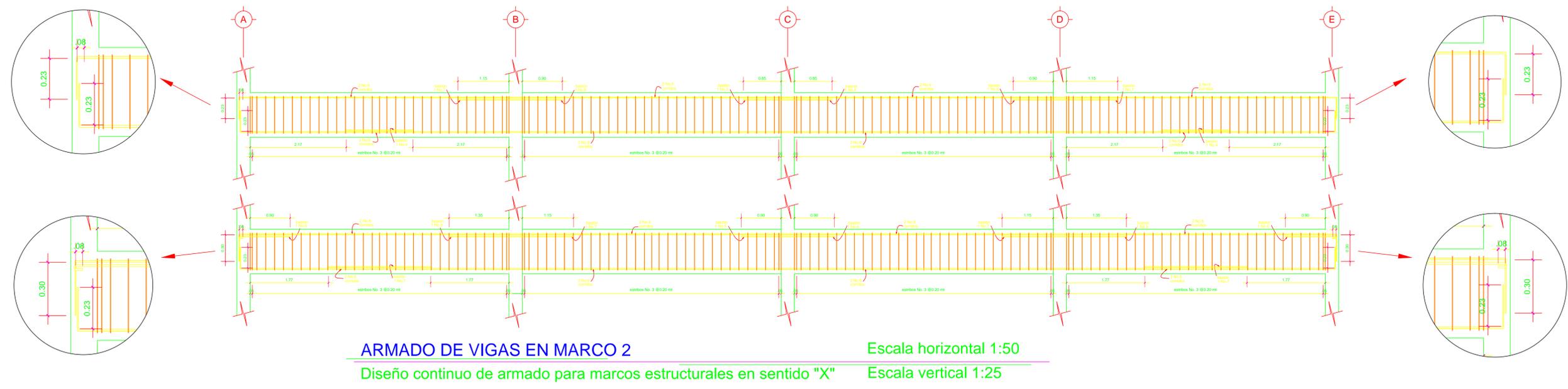
HOJA No.



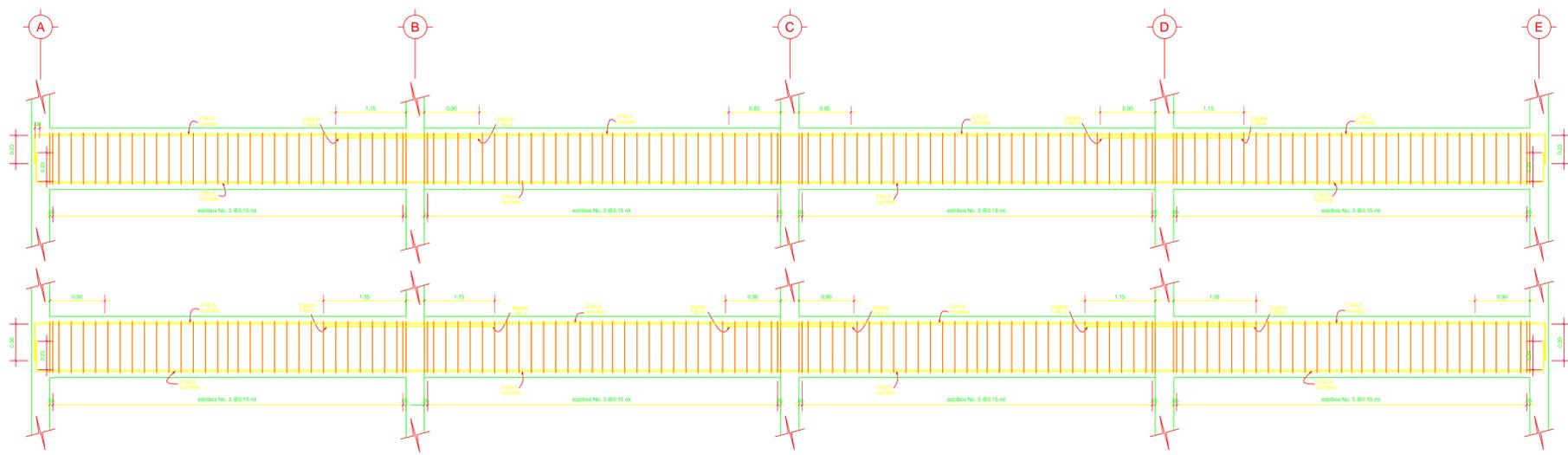
**ARMADO DE VIGAS EN MARCO C**  
 Diseño continuo de armado para marcos estructurales en dirección "Y"  
 Escala horizontal 1:50  
 Escala vertical 1:25

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

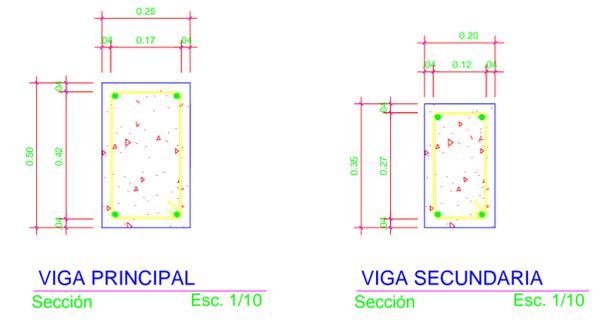
- Resistencia a la compresión  $f_c = 4\ 000\ \text{kg/cm}^2$
- Acero G40 ( $f_y = 2812\ \text{kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso 1/2"
- Longitud de empalme por traslapeo  $L_d = 35\ \text{cm}$ .



**ARMADO DE VIGAS EN MARCO 2**  
 Diseño continuo de armado para marcos estructurales en sentido "X"  
 Escala horizontal 1:50  
 Escala vertical 1:25



**ARMADO DE VIGAS SECUNDARIAS**  
 Diseño continuo de armado para marcos estructurales en sentido "X"  
 Escala horizontal 1:50  
 Escala vertical 1:25

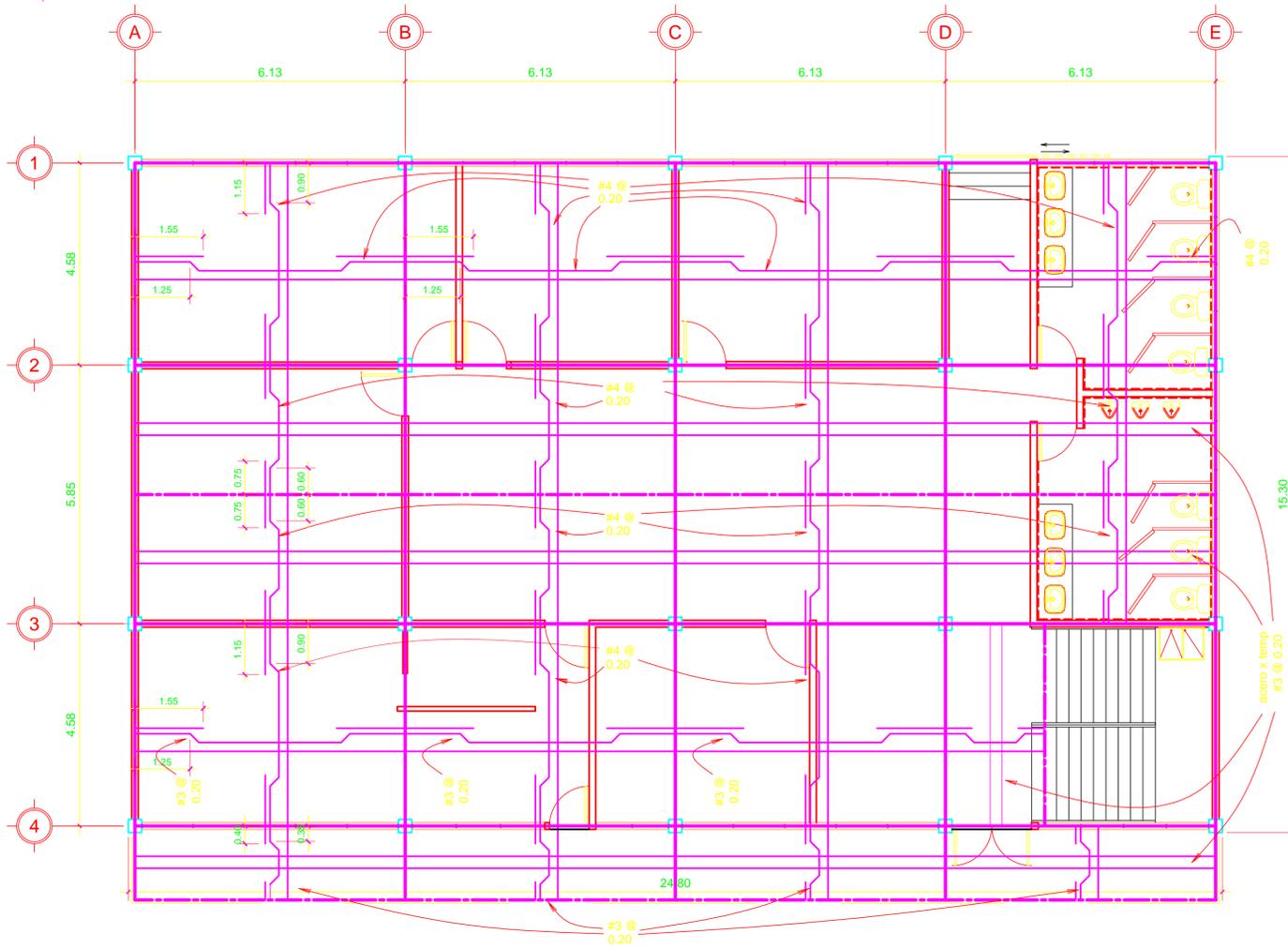


**VIGA PRINCIPAL**  
 Sección Esc. 1/10

**VIGA SECUNDARIA**  
 Sección Esc. 1/10

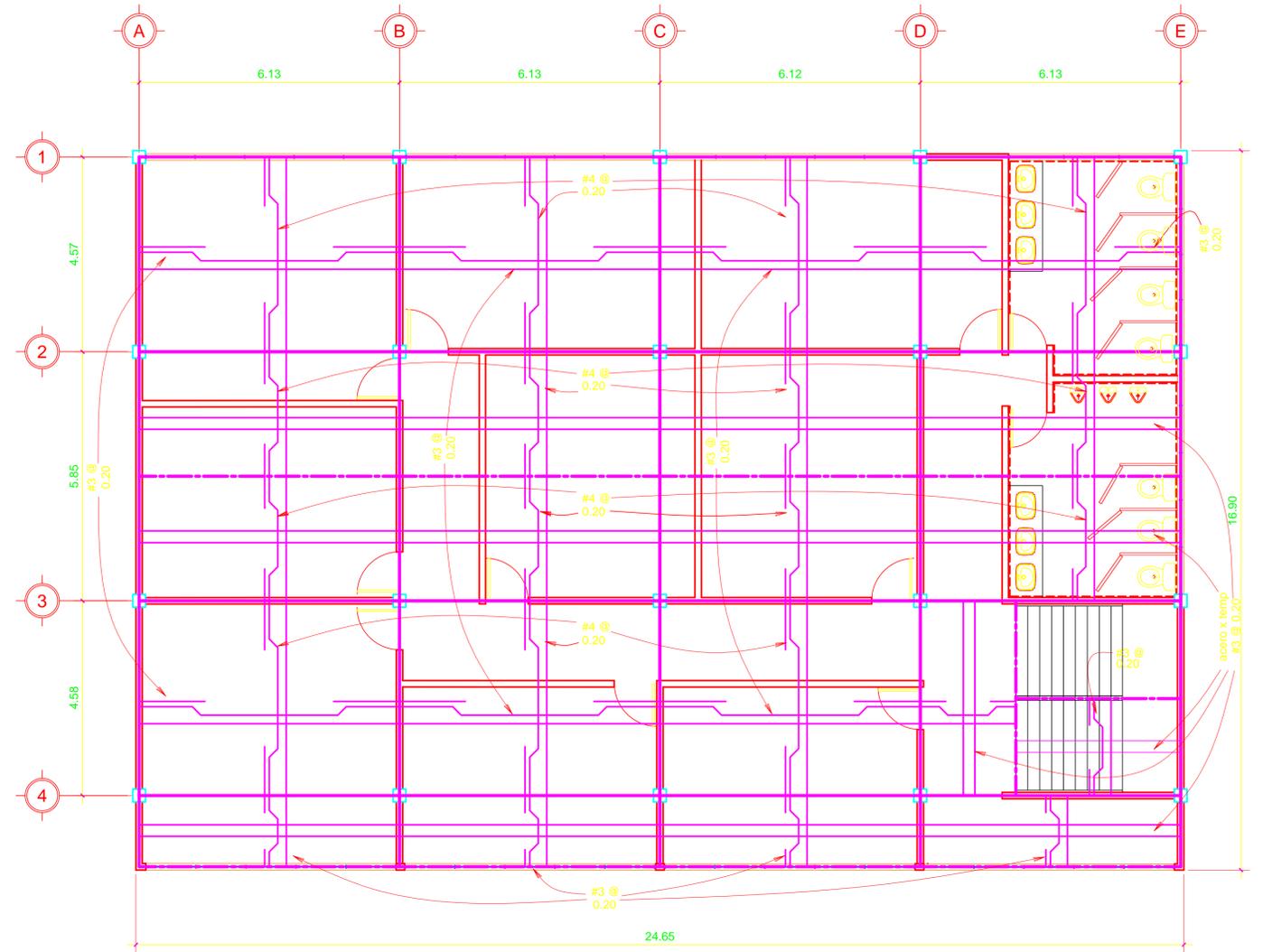
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES  
 DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA  
 ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013



PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



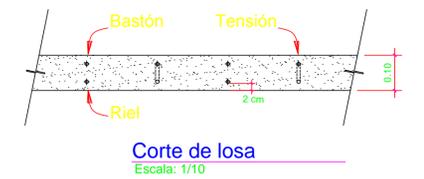
PLANTA ALTA

ESCALA 1:75

**Simbología:**  
 Viga principal ———  
 Viga secundaria - - - - -

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

- Resistencia a la compresión  $f'c = 4\ 000\ \text{kg/cm}^2$
- Acero G40 ( $f_y = 2812\ \text{kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso 1/2"
- Longitud de empalme por traslapo  $L_d = 35\ \text{cm}$ .

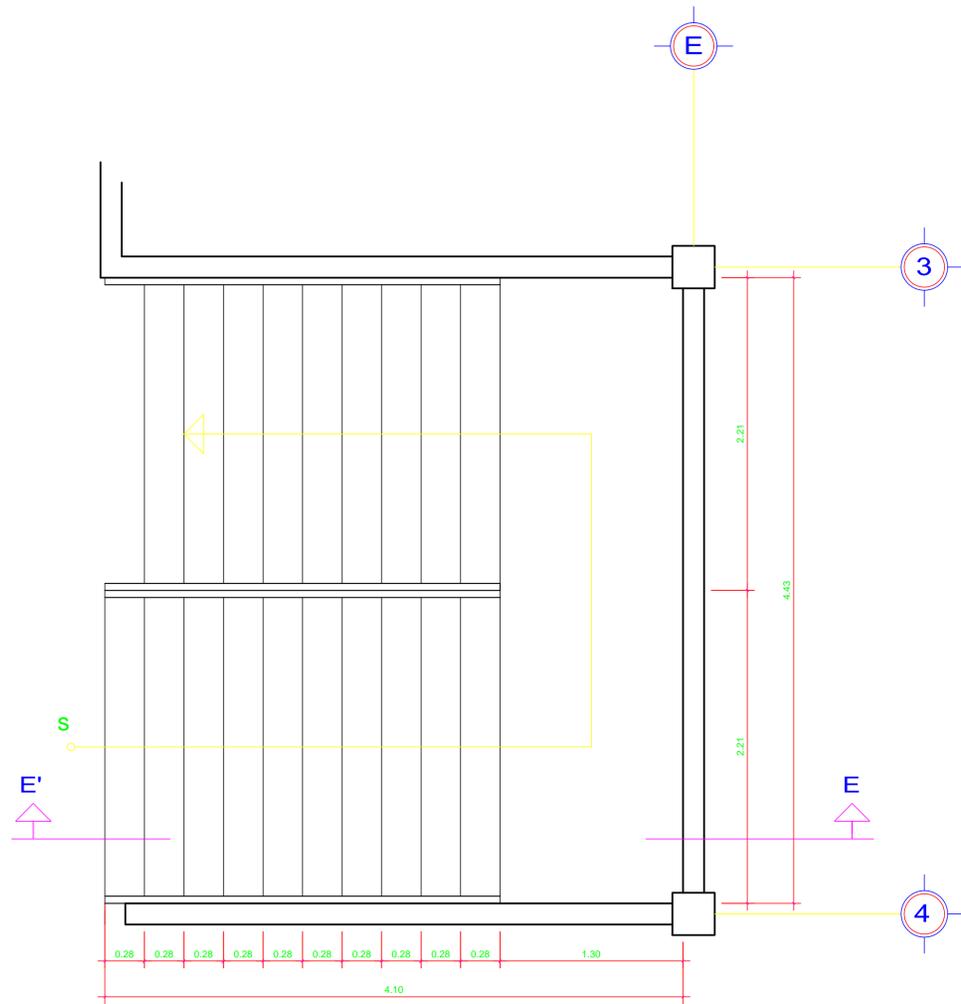


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANO ESTRUCTURAL DE LOSAS

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	ESCALA: INDICADA
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	FECHA: MAYO 2013

Vc. Bo. HOJA No. 12

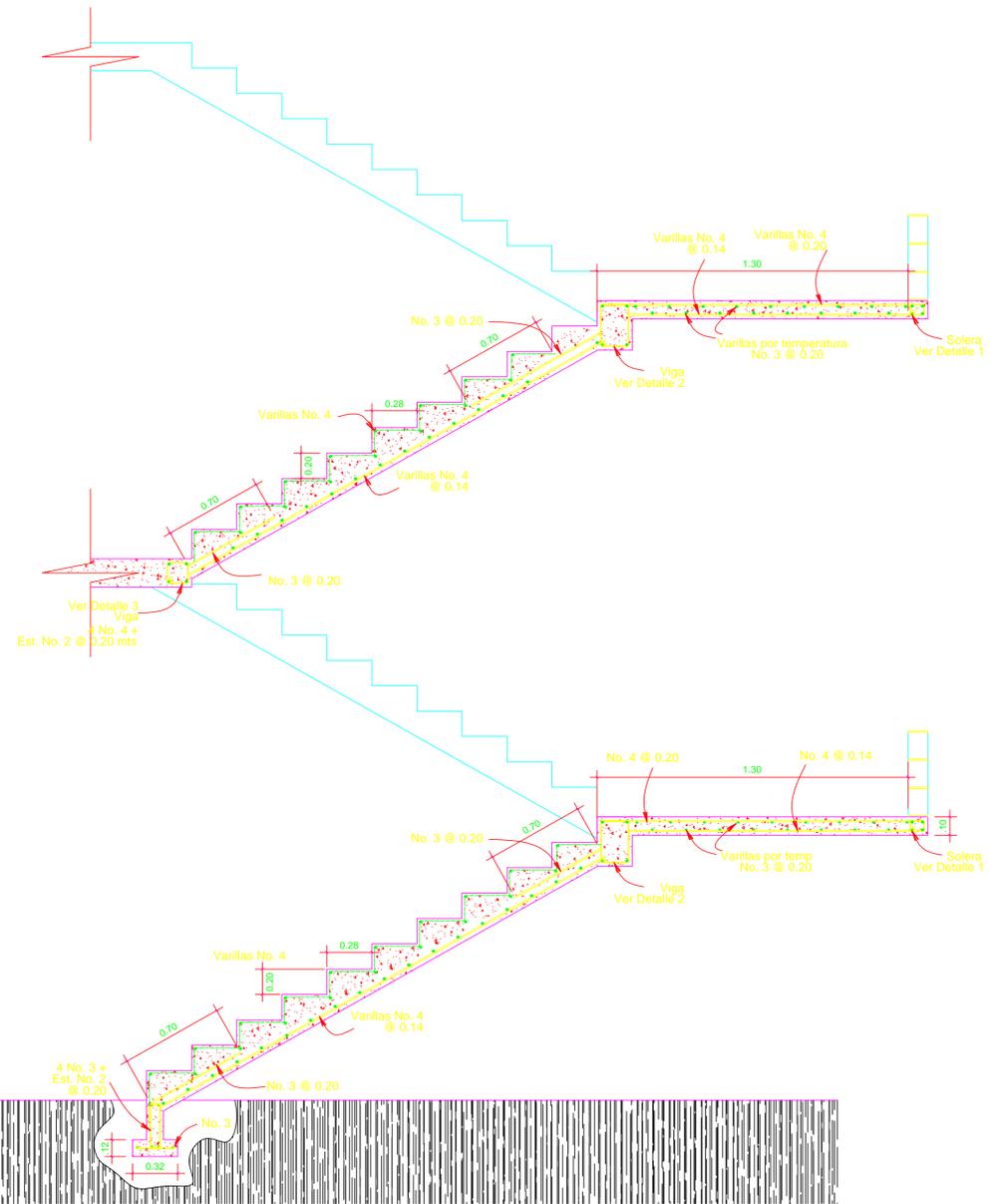


PLANTA MODULACION DE GRADAS

Escala: 1/25

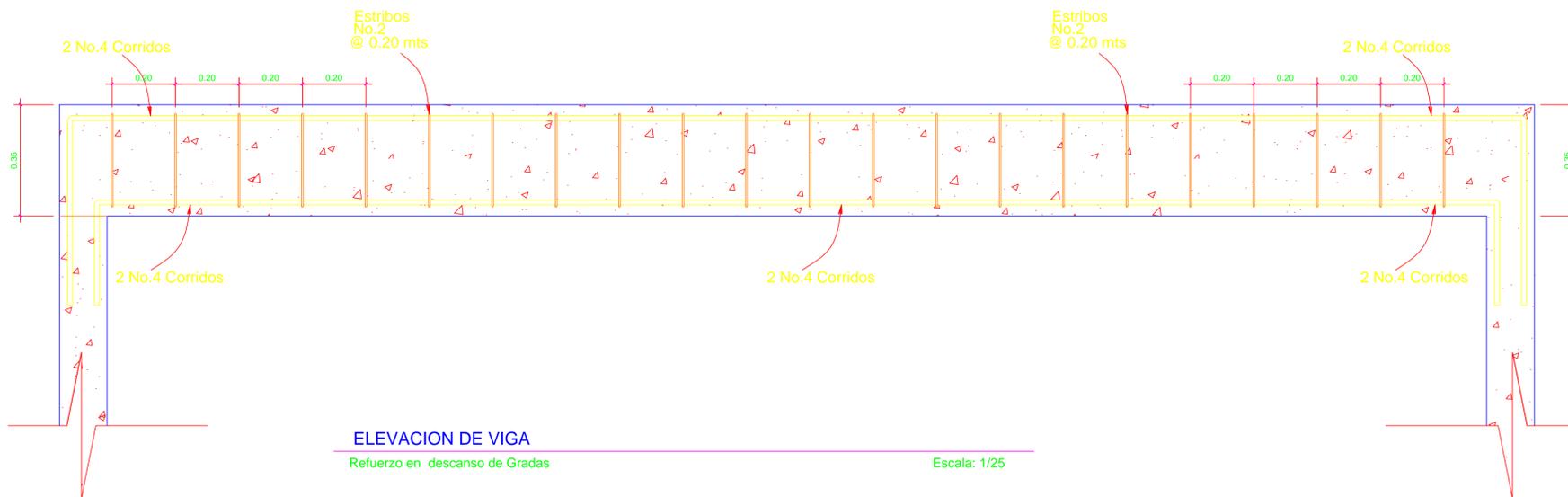
ESPECIFICACIONES GENERALES:

- Resistencia a la compresión  $f_c = 4\ 000\ \text{kg/cm}^2$
- Acero G40 ( $f_y = 2812\ \text{kg/cm}^2$ )
- Agregado grueso 1/2"
- Longitud de empalme por traslape  $L_d = 35\ \text{cm}$ .



SECCION E-E'

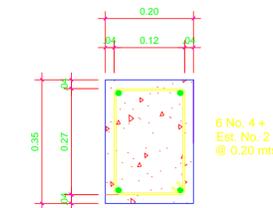
Escala: 1/25



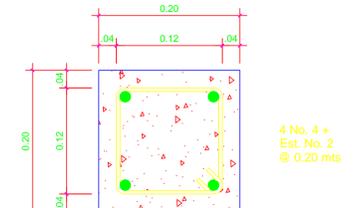
ELEVACION DE VIGA

Refuerzo en descanso de Gradadas

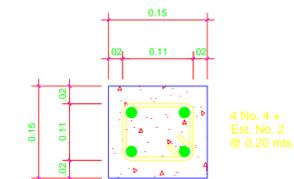
Escala: 1/25



Detalle 2  
Refuerzo en gradadas Esc. 1/10



Detalle 3  
Refuerzo en gradadas Esc. 1/5



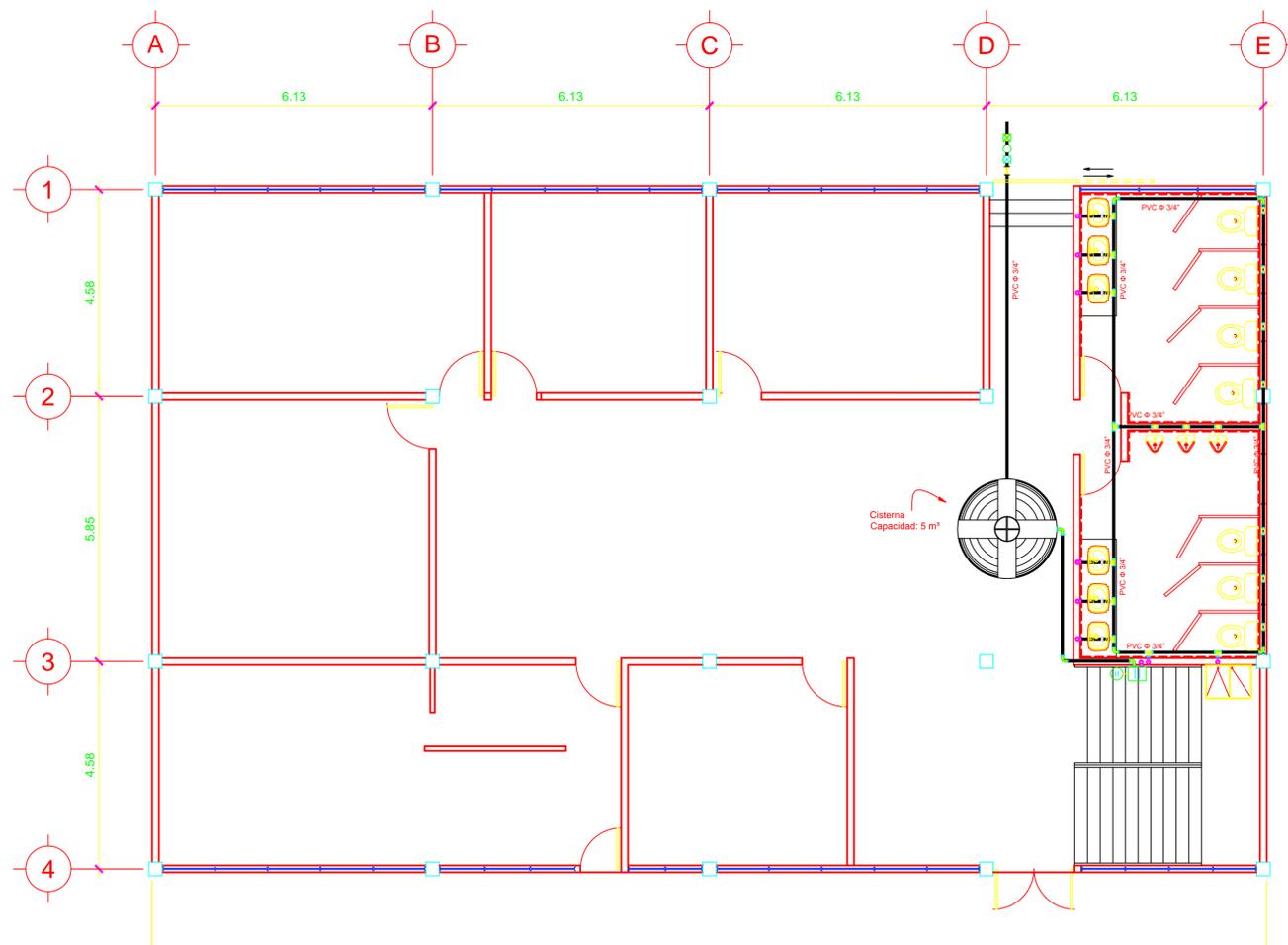
Detalle 1  
Solera Esc. 1/5

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO:  
DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

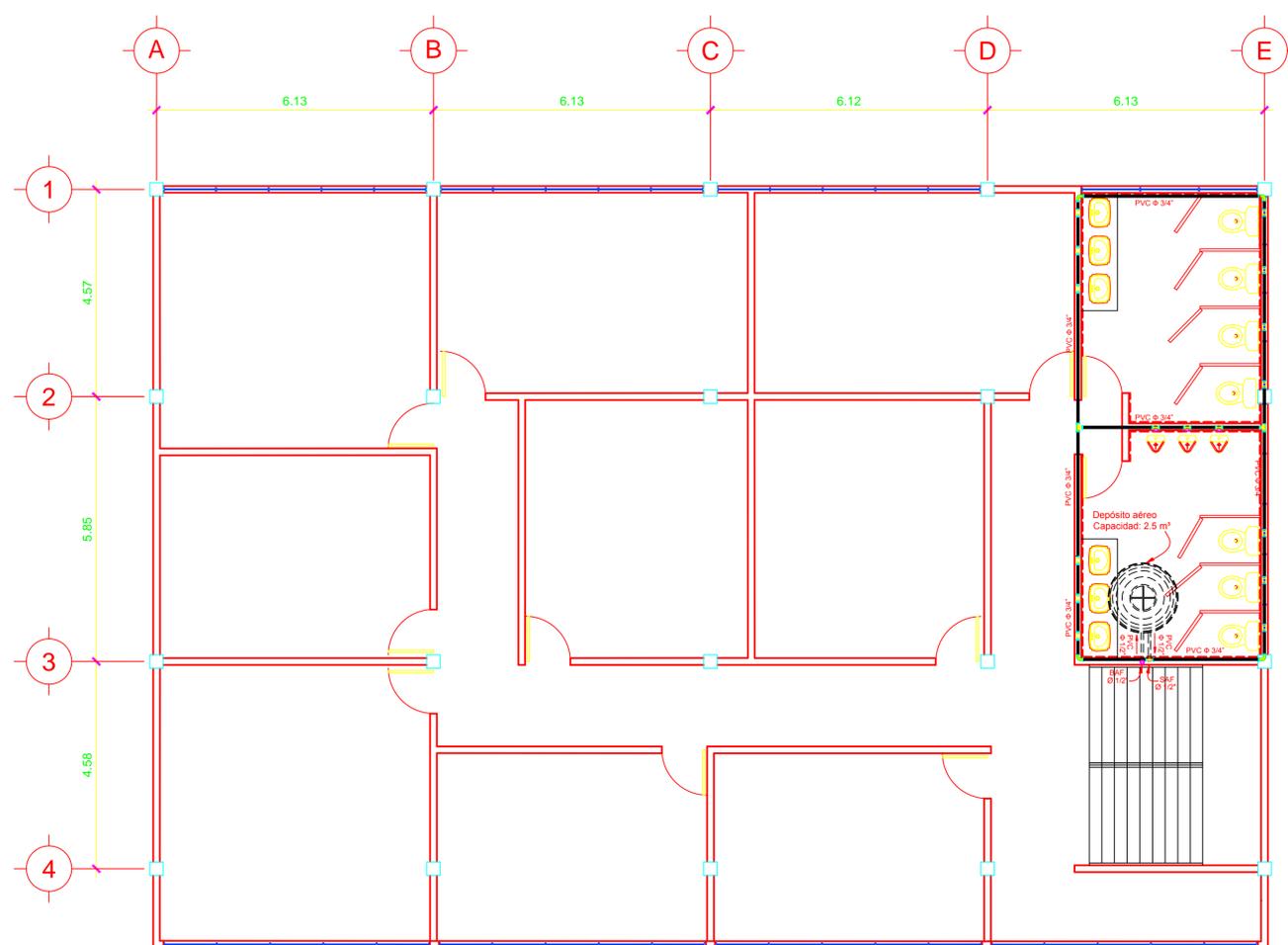
ESCALA: INDICADA  
CARNET: 2003-13335  
FECHA: MAYO 2013

Vo. Bo. HOJA No.



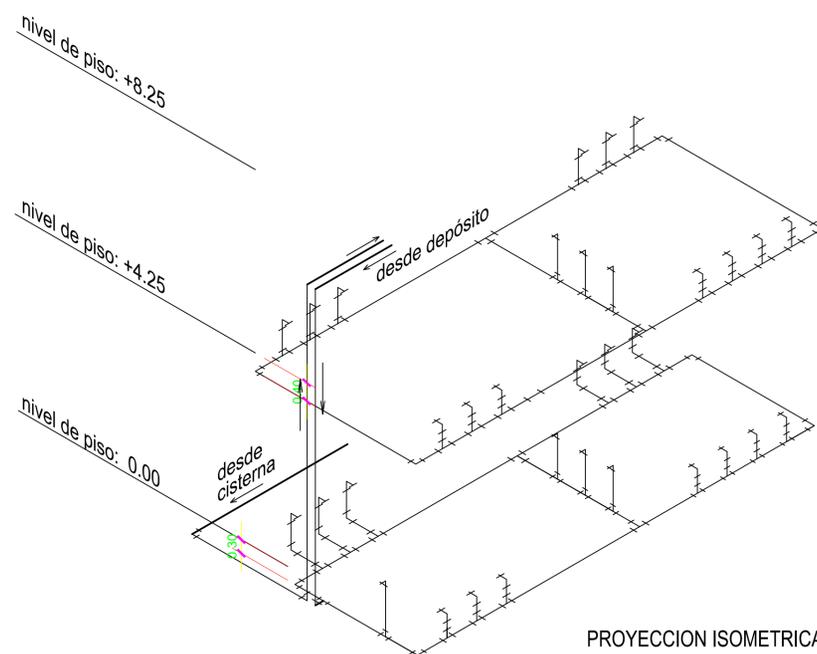
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA ALTA

ESCALA 1:75



PROYECCION ISOMETRICA ESCALA 1:75

**ESPECIFICACIONES GENERALES:**

\* El diámetro en las salidas de tubería hacia los artefactos sanitarios debe cambiar de 3/4" en el circuito a 1/2".

Las alturas hacia los artefactos desde el nivel de piso son las siguientes:

- Inodoro: 0.25 m
- Lavamanos: 0.52 m
- orinal: 0.70 m
- pila: 1.22 m

**SIMBOLOGÍA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS**

	Llave de paso
	Contador
	Llave de compuerta
	Cheque
	Codo a 90° vertical
	Codo a 90° horizontal
	Tee a 90° horizontal
	Tee a 90° vertical
	Tee a 90° vertical hacia abajo
	Reductor
	Tubería de agua fría vertical
	Tubería de agua fría horizontal
	Bajada de agua fría
	Subida de agua fría

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANO DE HIDRAULICA

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS

ESCALA: INDICADA

CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS

CARNET: 2003-13335

REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

FECHA: MAYO 2013

Vs. Bo.

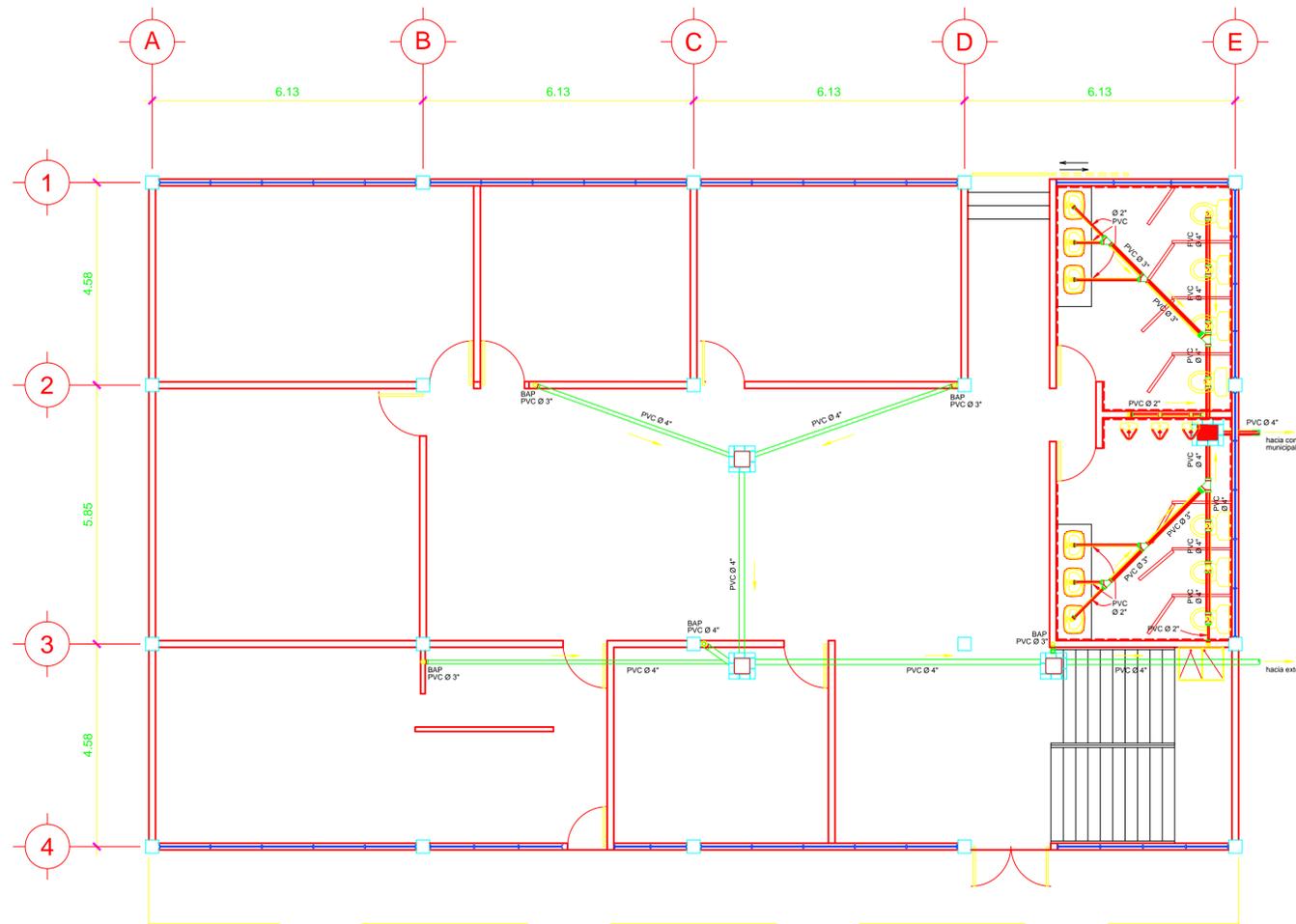
FREDY ANIBAL CASTRO RODAS

ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

HOJA No.

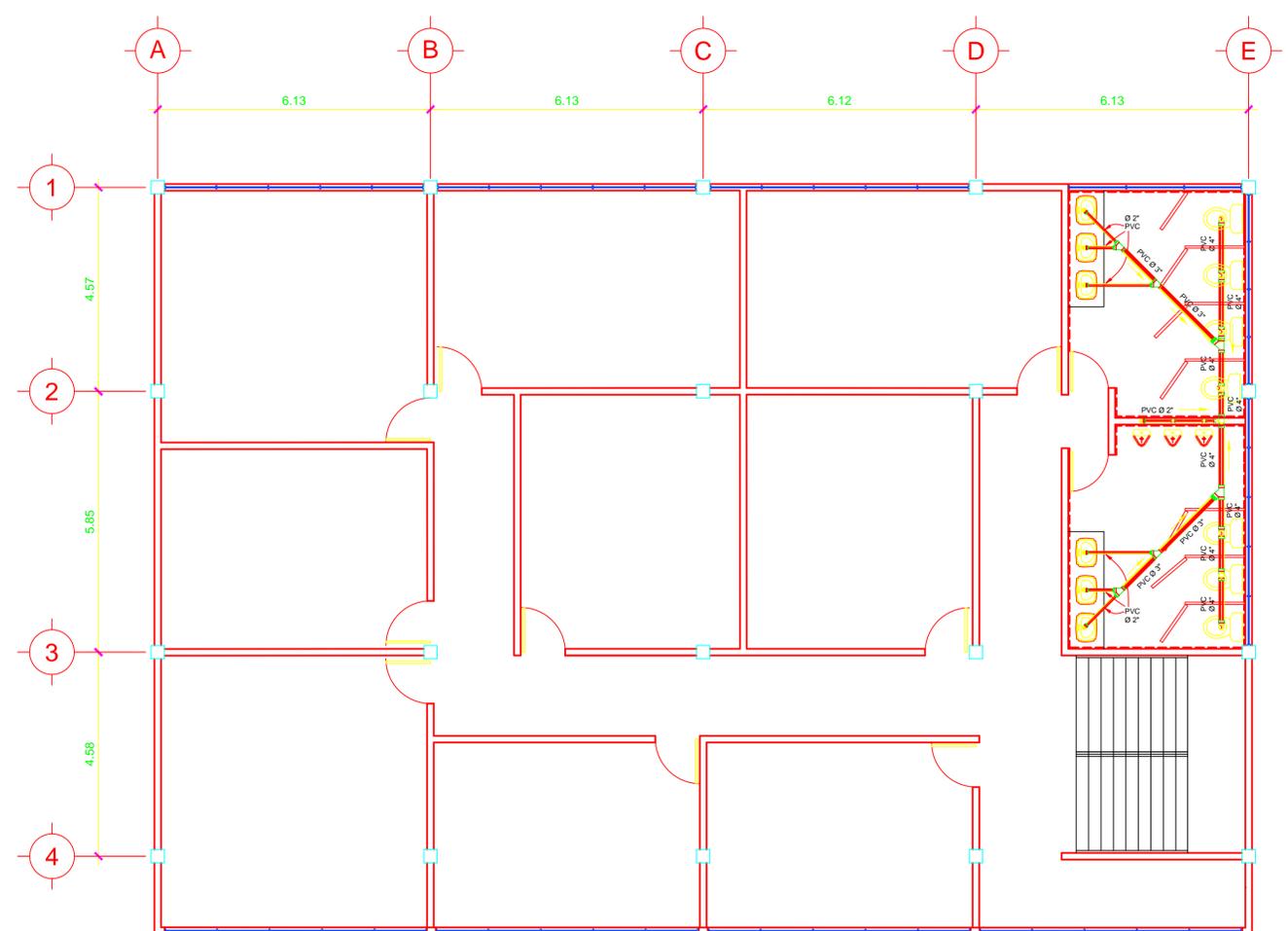
14

17



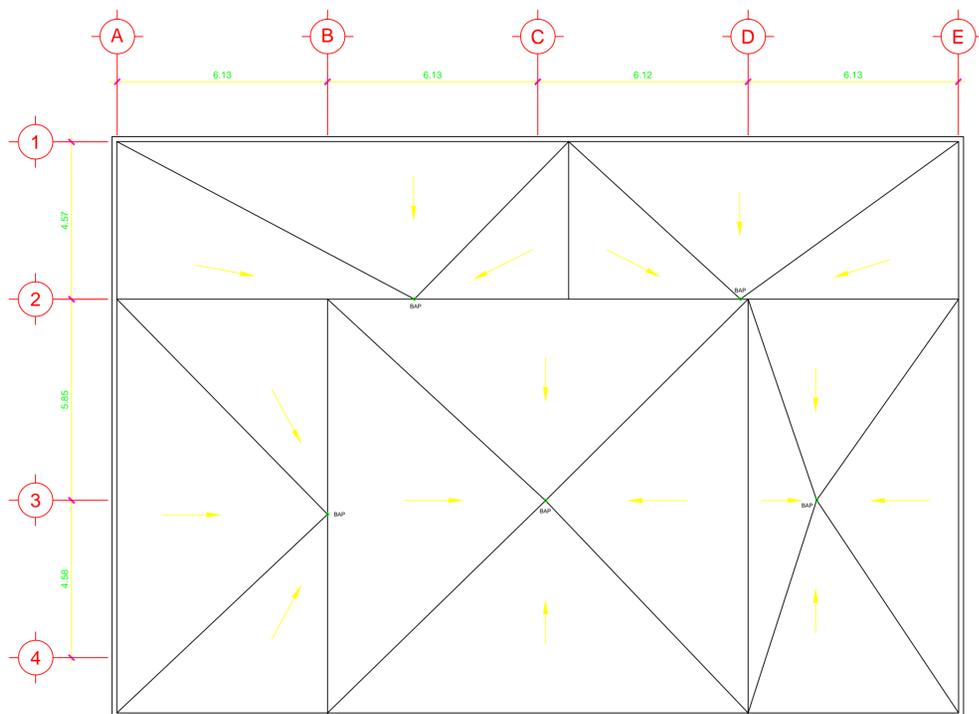
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



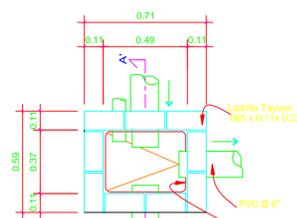
PLANTA ALTA

ESCALA 1:75

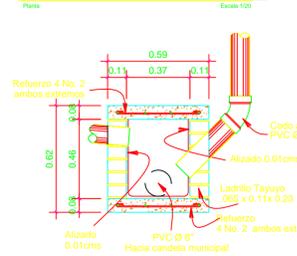


PLANTA ALTA

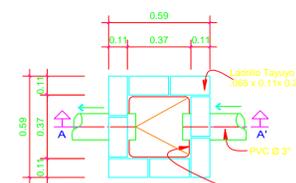
ESCALA 1:100



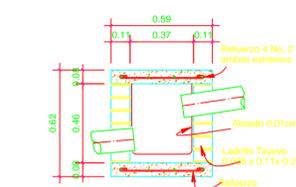
Detalle Caja Tipo C-1  
Caja unión de aguas negras



Sección A-A'



Detalle Caja Tipo C-2  
Caja unión agua pluvial



Sección A-A'

SIMBOLOGIA DE DRENAJES			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	CAJA DE REGISTRO DE DRENAJE		TE PERFIL
	CAJA DE REGISTRO DE AGUA PLUVIAL		TE PLANTA
	PENDIENTE DE TECHOS SENTIDO DE FLUJO		TE ELEVACIÓN
	TUBO DE DRENAJE AGUA PLUVIAL		VE DOBLE
	TUBO DE DRENAJE AGUAS NEGRAS		CODO 90° PERFIL
	INDICACION DE CONTINUIDAD DE LA TUBERIA		CODO 90° ELEVACION
	REDUCTOR DE 4" A 3"		CODO 45° PERFIL
			CODO 90° BAJA
			BAPO BAJADA DE AGUA PLUVIAL

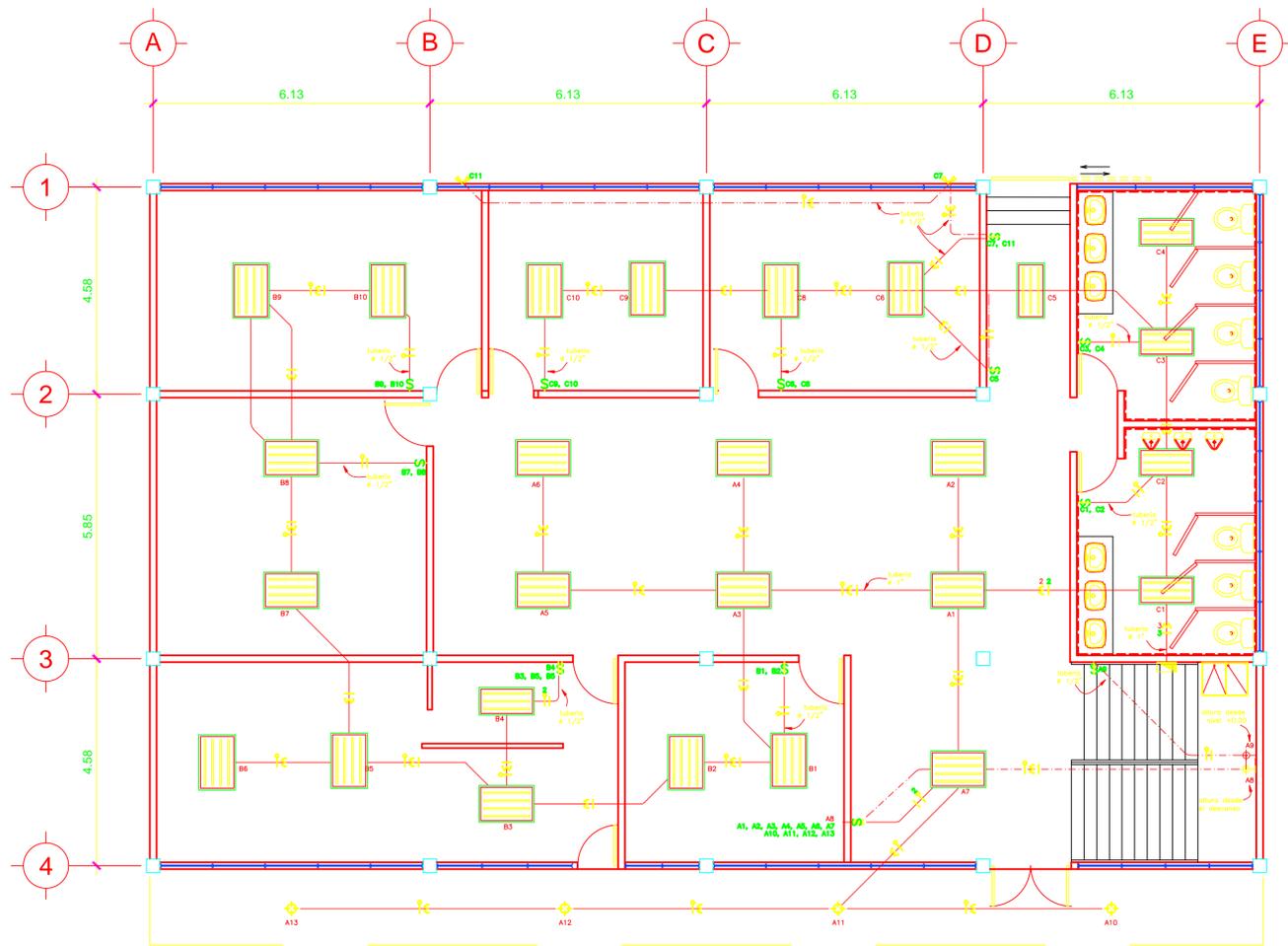
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANO DE DRENAJE  
 DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

ESCALA: INDICADA  
 CARNET: 2003-13335  
 FECHA: MAYO 2013

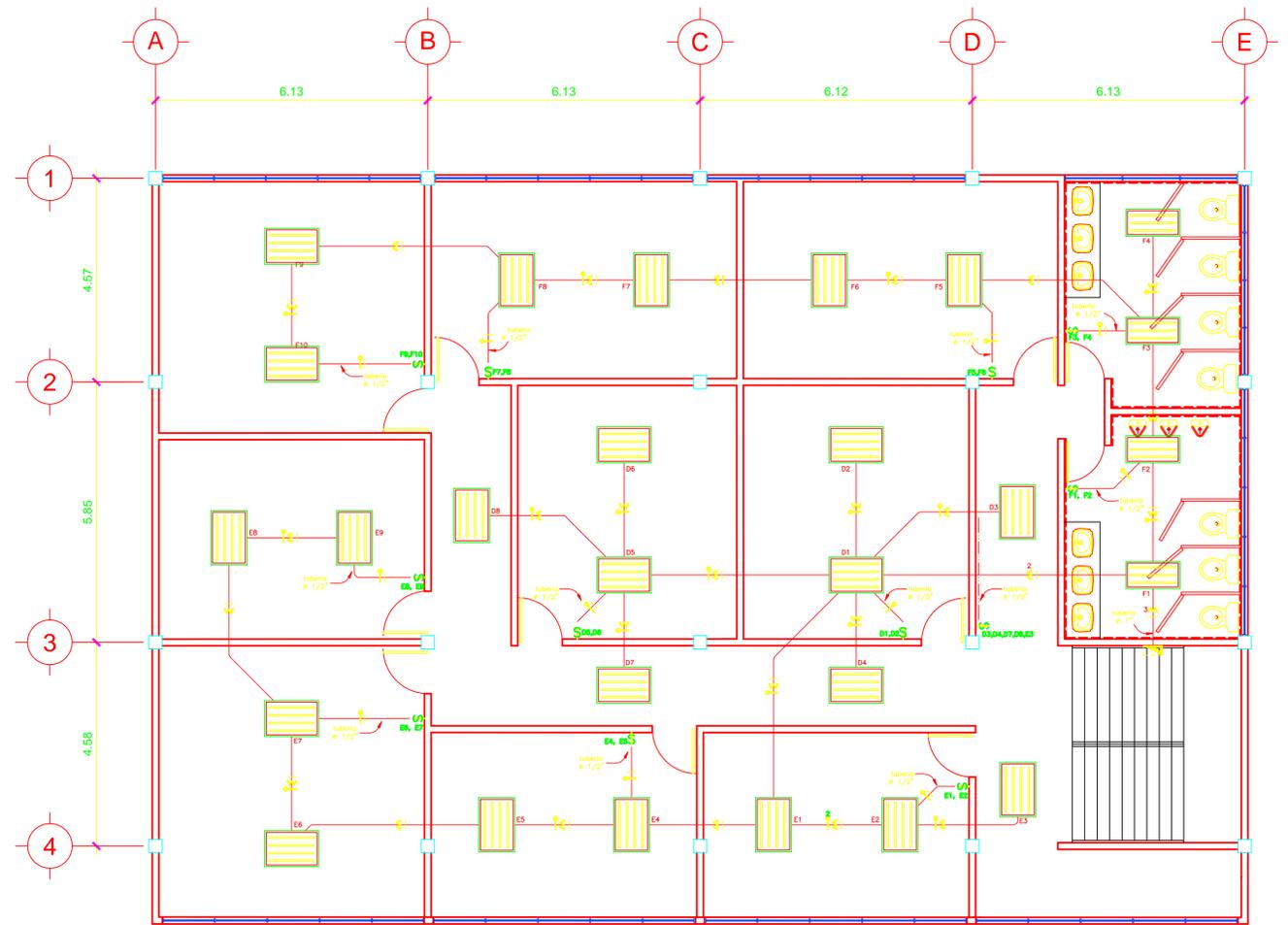
Vg. Bo.  
 FREDY ANIBAL CASTRO RODAS  
 ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA





PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA ALTA

ESCALA 1:75

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN			
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	ILUMINACIÓN EN CIELO.		INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LAMPARA 2'x4' 4x40w		INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
	LAMPARA 2'x4' 3x40w		INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	ILUMINACIÓN CON REFLECTORES H=4.40M S.N.P.T.		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO.		CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO.		TUBO PVC ELÉCTRICO INDICADO EMBEBIDO EN SUELO
	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 TW O INDICADO.		TUBO PVC ELÉCTRICO INDICADO EMBEBIDO EN MURO
	TUBO PVC ELÉCTRICO INDICADO EMBEBIDO EN LOSA.		

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

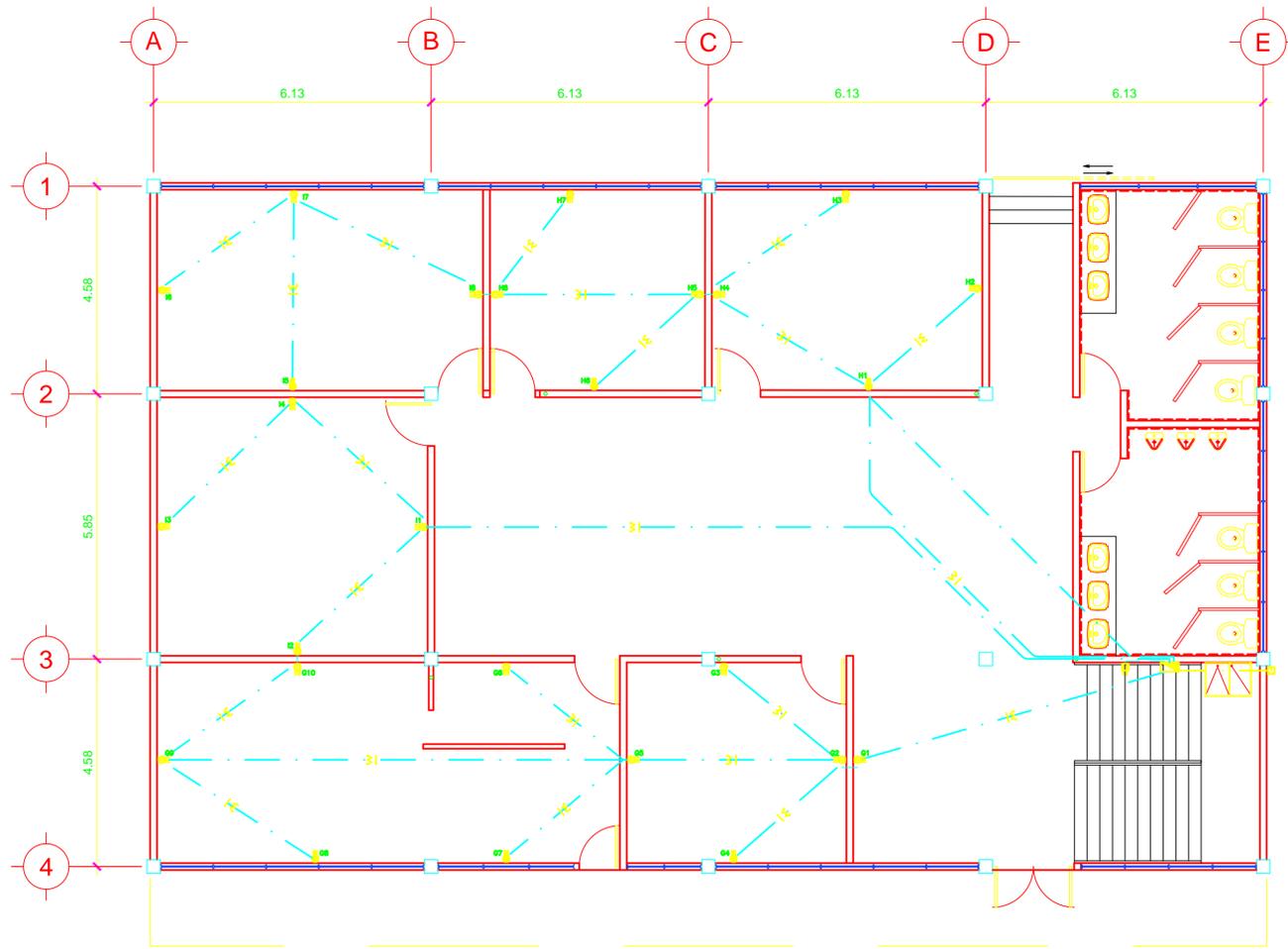
CONTENIDO: PLANO DE ILUMINACIÓN

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	ESCALA: INDICADA
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	FECHA: MAYO 2013

Vo. Bo. \_\_\_\_\_

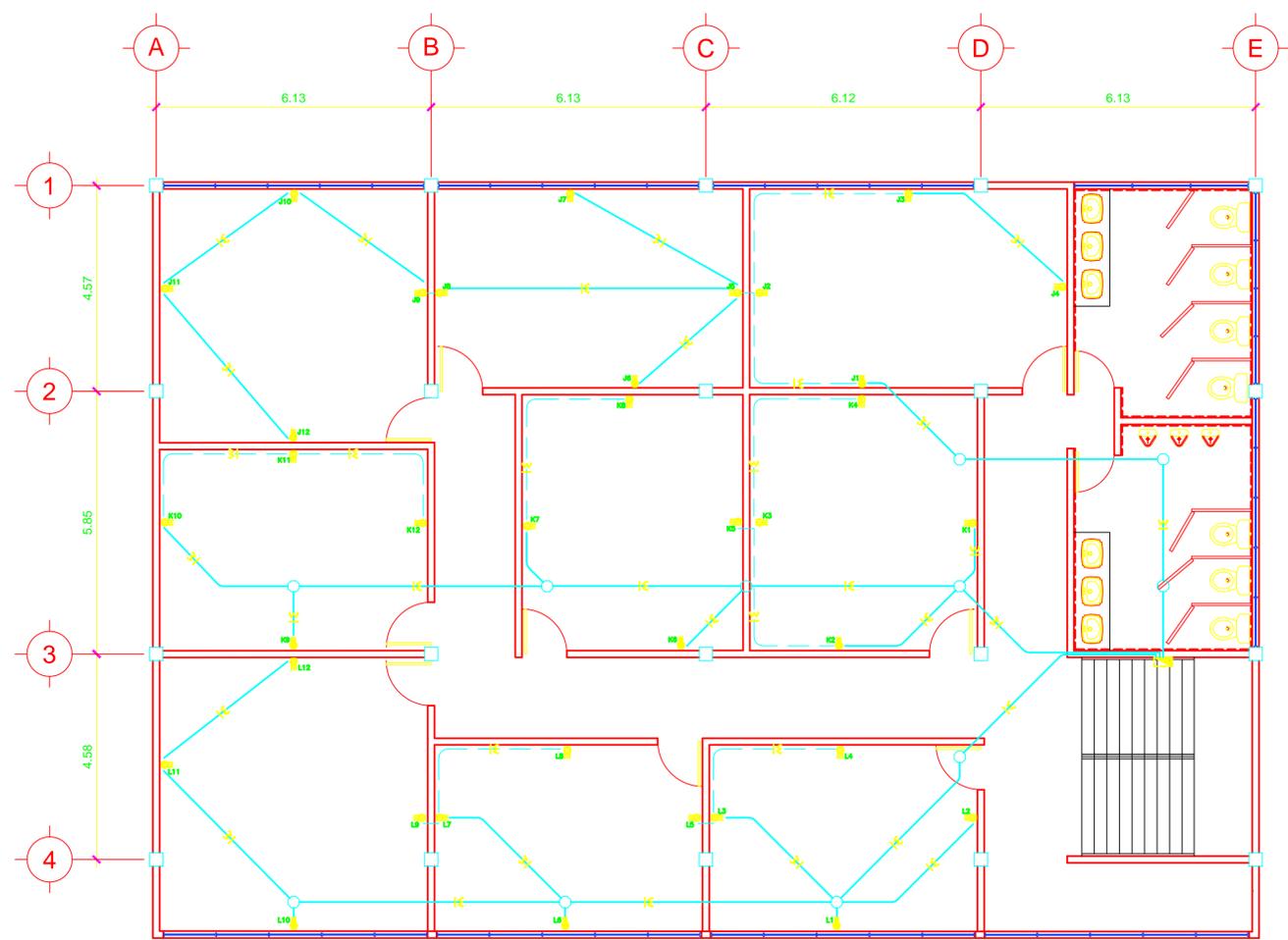
FREDY ANIBAL CASTRO RODAS      ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

HOJA No. 16 / 17



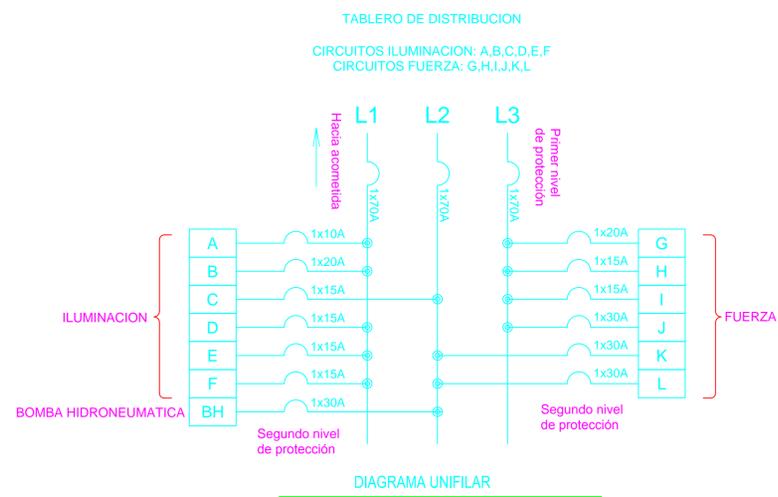
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA ALTA

ESCALA 1:75



SIMBOLOGÍA DE FUERZA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMBEBIDO EN LOSA
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMBEBIDO EN SUELO
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø3/4" O INDICADO EMBEBIDO EN MURO
	TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TOMACORRIENTE TRIPLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
	POLARIZACIÓN A TIERRA
	CAJA OCTOGONAL

NOTA:  
Los calibres a utilizar en la instalación eléctrica será la siguiente:  
Para alimentadores de acometida a caja de distribución calibre AWG #8.  
Para alimentadores principales de circuitos calibre AWG #10.  
Para conductores de circuitos calibre AWG #12.  
Donde se requieran puentes calibre AWG #14.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: SEDE MUNICIPAL DE SAN JUAN ALOTENANGO, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO: PLANO DE FUERZA

DIBUJO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	ESCALA: INDICADA
CALCULO Y DISEÑO: FREDY ANIBAL CASTRO RODAS	CARNET: 2003-13335
REVISO: ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA	FECHA: MAYO 2013

Vo. Bo. \_\_\_\_\_

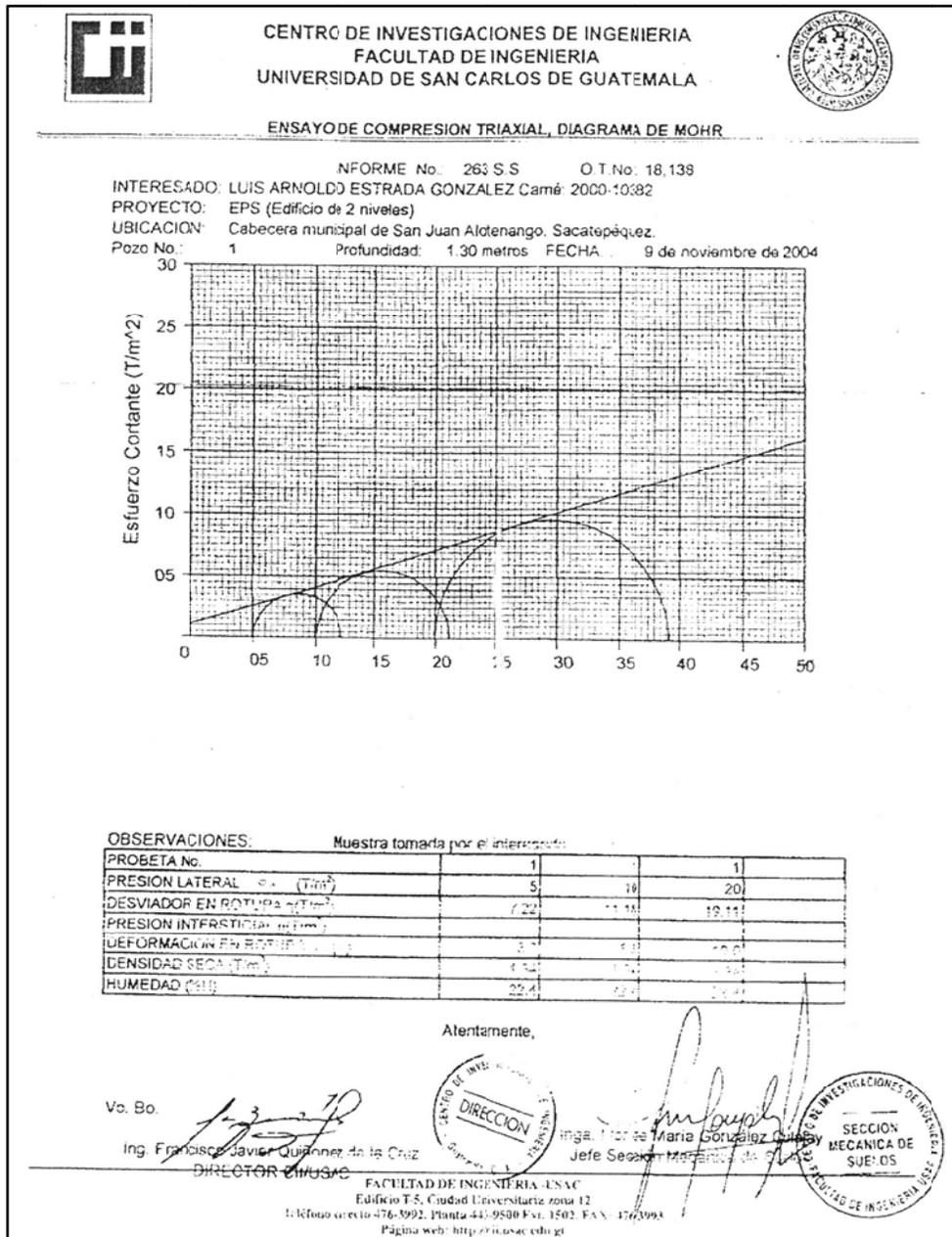
HOJA No. 17

FREDY ANIBAL CASTRO RODAS      ING. ANGEL ROBERTO SIC GARCIA

## **ANEXOS**

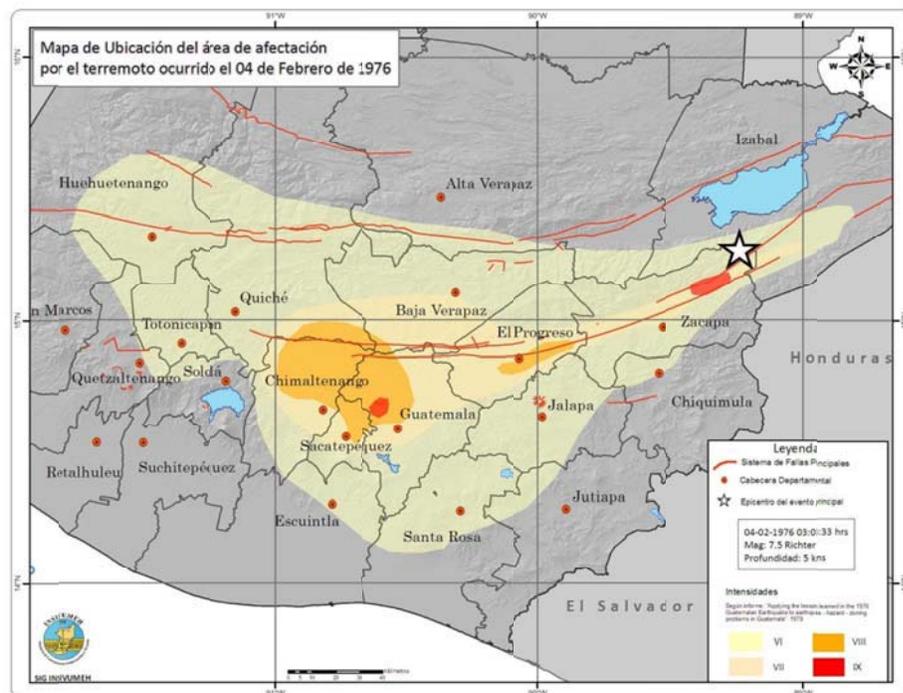
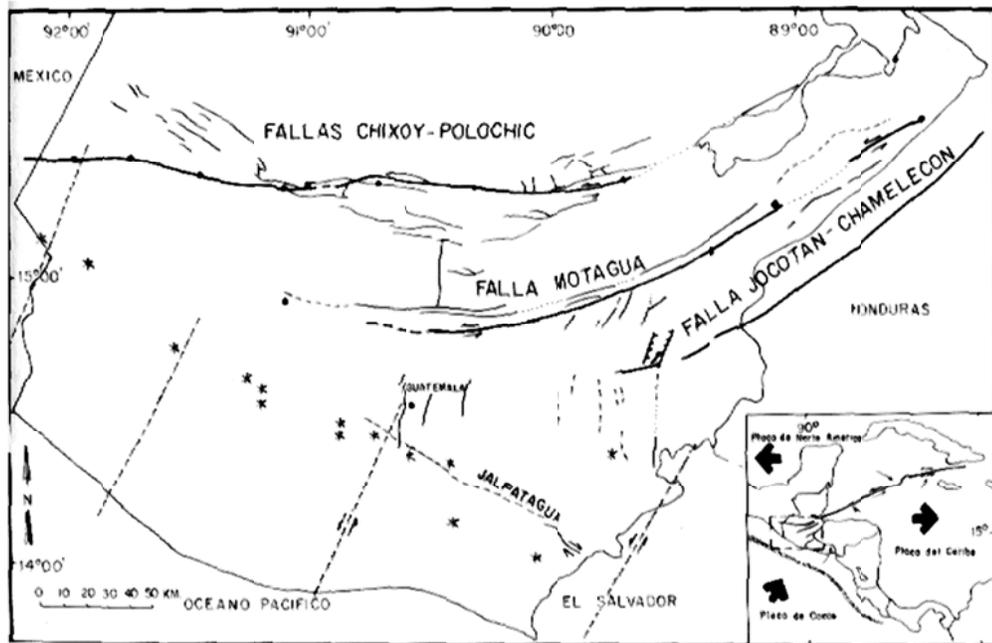
- Ensayo de compresión triaxial
- Mapa de fallas y fuentes sísmicas en la República de Guatemala
- Tablas de coeficientes para el diseño de losas
- Tablas para el diseño de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas

## Ensayo de compresión triaxial



Fuente: ESTRADA GONZALEZ, Luis Arnoldo. Diseño de edificio para oficinas municipales y alcantarillado sanitario de los cantones tercero y cuarto de la cabecera municipal de San Juan Alotenango, Sacatepéquez. p 155.

## Ubicación de fallas y fuentes sísmicas en la República de Guatemala



Fuente: INSIVUMEH. Folleto de sismología. p. 5.

## Coeficientes para momentos negativos en losas

$$\left. \begin{aligned} M_{ACM} &= C_{ACM} \times w \times A^2 \\ M_{BCM} &= C_{BCM} \times w \times B^2 \end{aligned} \right\} \text{ en donde } w = \text{carga uniforme total, muerta m\u00e1s viva}$$

Relaci\u00f3n $m = \frac{A}{B}$	Caso 1 	Caso 2 	Caso 3 	Caso 4 	Caso 5 	Caso 6 	Caso 7 	Caso 8 	Caso 9 
1,00 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,045	0,076	0,050	0,075	0,071	0,071	0,033	0,061
0,95 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,050	0,072	0,055	0,079	0,075	0,067	0,038	0,065
0,90 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,055	0,070	0,060	0,080	0,079	0,062	0,043	0,068
0,85 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,060	0,065	0,066	0,082	0,083	0,057	0,049	0,072
0,80 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,065	0,061	0,071	0,083	0,086	0,051	0,055	0,075
0,75 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,069	0,056	0,076	0,085	0,088	0,044	0,061	0,078
0,70 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,074	0,050	0,081	0,086	0,091	0,038	0,068	0,081
0,55 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,077	0,043	0,085	0,087	0,093	0,031	0,074	0,083
0,60 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,081	0,035	0,089	0,088	0,095	0,024	0,080	0,085
0,55 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,084	0,028	0,092	0,089	0,096	0,019	0,085	0,086
0,50 $C_{A \text{ neg}}$ $C_{B \text{ neg}}$		0,086	0,022	0,094	0,090	0,097	0,014	0,089	0,088

-Un borde achurado indica que la losa es continua o est\u00e1 fija en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo con resistencia torsional despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. Dise\u00f1o de estructuras de concreto. p. 378.

## Coeficientes para momentos positivos en losas por carga muerta

$$\left. \begin{aligned} M_{A \text{ pos CM}} &= C_{ACM} \times w \times A^2 \\ M_{B \text{ pos CM}} &= C_{BCM} \times w \times B^2 \end{aligned} \right\} \text{ en donde } w = \text{carga uniforme total muerta}$$

Relación $m = \frac{A}{B}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1,00	$C_{ACM}$	0,036	0,018	0,018	0,027	0,027	0,033	0,027	0,020	0,023
	$C_{BCM}$	0,036	0,018	0,027	0,027	0,018	0,027	0,033	0,023	0,020
0,95	$C_{ACM}$	0,040	0,020	0,021	0,030	0,028	0,035	0,031	0,022	0,024
	$C_{BCM}$	0,033	0,016	0,025	0,024	0,015	0,024	0,031	0,021	0,017
0,90	$C_{ACM}$	0,045	0,022	0,025	0,033	0,029	0,039	0,035	0,025	0,026
	$C_{BCM}$	0,029	0,014	0,024	0,022	0,013	0,021	0,028	0,019	0,015
0,85	$C_{ACM}$	0,050	0,024	0,029	0,036	0,031	0,042	0,040	0,029	0,028
	$C_{BCM}$	0,026	0,012	0,022	0,019	0,011	0,017	0,025	0,017	0,013
0,80	$C_{ACM}$	0,056	0,026	0,034	0,039	0,032	0,045	0,045	0,032	0,029
	$C_{BCM}$	0,023	0,011	0,020	0,016	0,009	0,015	0,022	0,015	0,010
0,75	$C_{ACM}$	0,061	0,028	0,040	0,043	0,033	0,043	0,051	0,036	0,031
	$C_{BCM}$	0,019	0,009	0,018	0,013	0,007	0,012	0,020	0,013	0,007
0,70	$C_{ACM}$	0,068	0,030	0,046	0,046	0,035	-0,051	0,058	0,040	0,033
	$C_{BCM}$	0,016	0,007	0,016	0,011	0,005	0,009	0,017	0,011	0,006
0,65	$C_{ACM}$	0,074	0,032	0,052	0,050	0,027	0,052	0,065	0,044	0,034
	$C_{BCM}$	0,013	0,006	0,014	0,009	0,004	0,007	0,014	0,009	0,005
0,60	$C_{ACM}$	0,081	0,034	0,062	0,053	0,037	0,056	0,073	0,048	0,036
	$C_{BCM}$	0,010	0,004	0,011	0,007	0,003	0,003	0,012	0,007	0,004
0,55	$C_{ACM}$	0,088	0,035	0,071	0,056	0,038	0,058	0,081	0,052	0,037
	$C_{BCM}$	0,008	0,003	0,009	0,005	0,002	0,004	0,009	0,005	0,003
0,50	$C_{ACM}$	0,095	0,037	0,080	0,059	0,039	0,061	0,089	0,056	0,038
	$C_{BCM}$	0,006	0,002	0,007	0,004	0,001	0,003	0,007	0,004	0,002

\*Un borde achurado indica que la losa es continua o está fija en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo con resistencia torsional despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. p. 378.

## Coeficientes para momentos positivos en losas por carga viva

$$\left. \begin{aligned} M_{A \text{ pos LL}} &= C_{ALL} \times w \times A^2 \\ M_{B \text{ pos LL}} &= C_{BLL} \times w \times B^2 \end{aligned} \right\} \text{ en donde } w = \text{carga uniforme total viva}$$

Relación $m = \frac{A}{B}$	Caso 1 	Caso 2 	Caso 3 	Caso 4 	Caso 5 	Caso 6 	Caso 7 	Caso 8 	Caso 9 	
1,00	$C_{ALL}$	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,030
	$C_{BLL}$	0,036	0,027	0,032	0,032	0,027	0,032	0,035	0,030	0,028
0,95	$C_{ALL}$	0,040	0,030	0,031	0,035	0,034	0,038	0,036	0,031	0,032
	$C_{BLL}$	0,033	0,025	0,029	0,029	0,024	0,029	0,032	0,027	0,025
0,90	$C_{ALL}$	0,045	0,024	0,035	0,039	0,037	0,042	0,040	0,035	0,036
	$C_{BLL}$	0,029	0,022	0,027	0,026	0,021	0,025	0,029	0,024	0,022
0,85	$C_{ALL}$	0,050	0,037	0,040	0,043	0,041	0,046	0,045	0,040	0,039
	$C_{BLL}$	0,026	0,019	0,024	0,023	0,019	0,022	0,026	0,022	0,020
0,80	$C_{ALL}$	0,056	0,041	0,045	0,048	0,044	0,051	0,051	0,044	0,042
	$C_{BLL}$	0,023	0,017	0,022	0,020	0,016	0,019	0,023	0,019	0,017
0,75	$C_{ALL}$	0,061	0,045	0,051	0,052	0,047	0,055	0,056	0,049	0,046
	$C_{BLL}$	0,019	0,014	0,019	0,016	0,013	0,016	0,020	0,016	0,013
0,70	$C_{ALL}$	0,068	0,049	0,057	0,057	0,051	0,060	0,063	0,054	0,050
	$C_{BLL}$	0,010	0,012	0,016	0,014	0,011	0,013	0,017	0,014	0,011
0,65	$C_{ALL}$	0,074	0,053	0,064	0,062	0,055	0,064	0,070	0,059	0,054
	$C_{BLL}$	0,013	0,010	0,014	0,011	0,009	0,010	0,014	0,011	0,009
0,60	$C_{ALL}$	0,081	0,058	0,071	0,067	0,059	0,068	0,077	0,065	0,059
	$C_{BLL}$	0,010	0,007	0,011	0,009	0,007	0,008	0,011	0,009	0,007
0,55	$C_{ALL}$	0,088	0,062	0,080	0,072	0,063	0,073	0,085	0,070	0,063
	$C_{BLL}$	0,008	0,006	0,009	0,007	0,005	0,006	0,009	0,007	0,006
0,50	$C_{ALL}$	0,095	0,066	0,088	0,077	0,067	0,078	0,092	0,076	0,067
	$C_{BLL}$	0,006	0,004	0,007	0,005	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004

• Un borde achurado indica que la losa es continua o está fija en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo con resistencia torsional despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. Diseño de estructuras de concreto. p. 380.

Relación de la carga  $W$  que se transmite en las direcciones  $l_a$  y  $l_b$  para calcular el cortante en la losa y las cargas en los apoyos<sup>a</sup>

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	$W_a$ 0.50 $W_b$ 0.50	0.50 0.50	0.17 0.83	0.50 0.50	0.83 0.17	0.71 0.29	0.29 0.71	0.33 0.67	0.67 0.33
0.95	$W_a$ 0.55 $W_b$ 0.45	0.55 0.45	0.20 0.80	0.55 0.45	0.86 0.14	0.75 0.25	0.33 0.67	0.38 0.62	0.71 0.29
0.90	$W_a$ 0.60 $W_b$ 0.40	0.60 0.40	0.23 0.77	0.60 0.40	0.88 0.12	0.79 0.21	0.38 0.62	0.43 0.57	0.75 0.25
0.85	$W_a$ 0.66 $W_b$ 0.34	0.66 0.34	0.28 0.72	0.66 0.34	0.90 0.10	0.83 0.17	0.43 0.57	0.49 0.51	0.79 0.21
0.80	$W_a$ 0.71 $W_b$ 0.29	0.71 0.29	0.33 0.67	0.71 0.29	0.92 0.08	0.86 0.14	0.49 0.51	0.55 0.45	0.83 0.17
0.75	$W_a$ 0.76 $W_b$ 0.24	0.76 0.24	0.39 0.61	0.76 0.24	0.94 0.06	0.88 0.12	0.56 0.44	0.61 0.39	0.86 0.14
0.70	$W_a$ 0.81 $W_b$ 0.19	0.81 0.19	0.45 0.55	0.81 0.19	0.95 0.05	0.91 0.09	0.62 0.38	0.68 0.32	0.89 0.11
0.65	$W_a$ 0.85 $W_b$ 0.15	0.85 0.15	0.53 0.47	0.85 0.15	0.96 0.04	0.93 0.07	0.69 0.31	0.74 0.26	0.92 0.08
0.60	$W_a$ 0.89 $W_b$ 0.11	0.89 0.11	0.61 0.39	0.89 0.11	0.97 0.03	0.95 0.05	0.76 0.24	0.80 0.20	0.94 0.06
0.55	$W_a$ 0.92 $W_b$ 0.08	0.92 0.08	0.69 0.31	0.92 0.08	0.98 0.02	0.96 0.04	0.81 0.19	0.85 0.15	0.95 0.05
0.50	$W_a$ 0.94 $W_b$ 0.06	0.94 0.06	0.76 0.24	0.94 0.06	0.99 0.01	0.97 0.03	0.86 0.14	0.89 0.11	0.97 0.03

<sup>a</sup> 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. 381.

**Tabla II. Dotación de agua en un edificio**

Dotación de agua en un edificio	
Habitación en zonas rurales	85 litros/hab/día
Habitación tipo popular	150 litros/hab/día
Habitación interés social	200 litros/hab/día
Departamentos de lujo	250 litros/hab/día
Residencias con piscina	500 litros/hab/día
Edificios de oficina	70 litros/hab/día
Hoteles	500 litros/hab/día
Cines	2 litros/espectador/función
Fábricas	60 litros/obrero/día

Fuente: RODRIGUEZ, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p. 44.

**Tabla III. Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de Ropa		8	4.50	4.50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	---
Inodoro	Conválvula semiautomática	8	8	---
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	---
Bebedero	Múltiple	1*	1*	---
Lavatorio	Corriente	2	1.50	1.50
Lavatorio	Múltiple	2*	1.50	1.50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Conválvula semiautomática	5	5	---

Fuente: RODRIGUEZ, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p. 48.

**Tabla VII. Diámetro de los sub-ramales**

Tipo de aparato sanitario	Diámetro del sub-ramal en pulgadas		
	Presiones hasta 10m	Presiones mayores de 10m	Diámetro mínimo
Lavatorio	1/2	1/2	1/2
Bidet	1/2	1/2	1/2
Tina	3/4 - 1/2	3/4	1/2
Ducha	3/4	1/2	1/2
Grifo de cocina	3/4	1/2	1/2
Inodoro con Tanque	1/2	1/2	1/2
Inodoro con Válvula	1 1/2 - 2	1	1 1/4
Urinario con Tanque	1/2	1/2	1/2
Urinario con Válvula	1 - 1/2 - 2	1	1

Fuente: RODRIGUEZ, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p. 54.

**Tabla VIII. Equivalencias de gastos en tuberías de agua, tomando como unidad la tubería de 1/2" de diámetro, para las mismas condiciones de pérdida de presión y para una presión dada**

Diámetro del tubo en pulgadas	Número de tubos de 1/2" con la misma capacidad
1/2	1
3/4	2.9
1	6.2
1 1/4	10.9
1 1/2	17.4
2	37.8
2 1/2	65.5
3	110.5
4	189
6	527
8	1250
10	2090

Fuente: RODRIGUEZ, Luis Carlos. Guía para las instalaciones sanitarias en edificios. p. 58.

## Velocidades máximas para tuberías de agua potable

DIAMETRO (Pulg)	VELOCIDAD MÁXIMA (m/seg)
½"	1.60
¾"	1.95
1"	2.25
1¼"	2.50
1½"	2.75
2"	3.15
2½"	3.55
3"	3.85
4" en adelante	4.00

Fuente: GALLEGOS, Ramiro D. Manual de diseño hidrosanitario para agua potable para edificios aplicado al hospital universitario. p. 3.

## Tabla de propiedades para conductores THW Y THHW

CABLE VIAKON® THW-2-LS / THHW-LS RAD® 600V									
Núm de artículo	Designación	Área nominal de la sección transversal	Número de hilos	Espesor nominal del aislamiento	Diámetro exterior aproximado	Peso total aproximado	Capacidad de conducción de corriente* Ampere		
							80°C	75°C	90°C
	AWG/kcmil	mm²		mm	mm	kg/100 m			
SLX569	14	2.08	19	0.76	3.4	2.9	15	20	25
SLX579	12	3.31	19	0.76	3.9	4.2	20	25	30
SLX589	10	5.26	19	0.76	4.5	6.2	30	35	40
SLX596	8	8.37	19	1.14	5.9	10.4	40	50	55
SLX600	6	13.3	19	1.52	7.6	16.8	55	65	75
SLC327	4	21.2	19	1.52	8.8	24.8	70	85	95
SLC328	2	33.6	19	1.52	10.3	37.2	95	115	130
SLN133	1	42.4	19	2.03	12.2	49.0	110	130	145
SLC325	1/0	53.5	19	2.03	13.2	59.9	125	150	170
SLC334	2/0	67.4	19	2.03	14.3	73.7	145	175	195
SLC324	3/0	85.0	19	2.03	15.6	90.9	165	200	225
SLC323	4/0	107	19	2.03	17.0	112.6	195	230	260
SLC322	250	127	37	2.41	19.0	134.2	215	255	290
SLC321	300	152	37	2.41	20.3	158.4	240	285	320
SLC333	350	177	37	2.41	21.6	182.4	260	310	350
SLC332	400	203	37	2.41	22.7	207.4	280	335	380
SLC331	500	253	37	2.41	24.8	254.9	320	380	430
SLG436	600	304	61	2.79	27.6	306.4	350	420	475
SLF763	750	380	61	2.79	30.2	383.5	400	475	535
SLG437	1 000	507	61	2.79	34.0	504.3	455	545	615

Estos números de artículo corresponden a conductores con aislamiento de color negro y en empaque de carrete. Si se requiere en otros colores o empaques, favor de solicitarlo.\* Basada en la tabla 310-15 (b)(16) de la NOM-001-SEDE para una temperatura ambiente de 30°C.

Fuente: Alambres y Cables para Baja Tensión.

[http://www.viakon.com.mx/catalogo/pdf/merge\\_pdf.php](http://www.viakon.com.mx/catalogo/pdf/merge_pdf.php). Consulta: 18 de abril de 2014.