



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y
AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL
BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA,
DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ**

GUILLERMO JOSE AGUEDA BARRIOS
ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2,010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y
AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL
BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA,
DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

GUILLERMO JOSE AGUEDA BARRIOS

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Agr. José Alfredo Ortíz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympos Paiz Recinos
EXAMINADOR	Inga. Mayra Rebeca García de Sierra
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala 13 de julio de 2010.
Ref.EPS.DOC.725.07.10.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

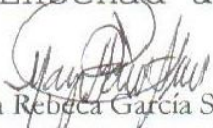
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Guillermo José Agueda Barrios** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200511891**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE 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"


Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
MRGSds/ra





FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 13 de julio de 2010.
REF.EPS.D.508.07.2010

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 PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Guillermo José Agueda Barrios**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

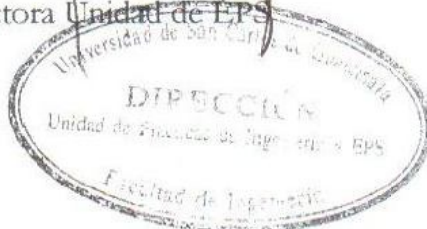
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora -Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





Guatemala,
22 de julio de 2010

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Guillermo José Agueda Barrios, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala,
2 de agosto 2010

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Guillermo José Agueda Barrios, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

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



PROGRAMA DE INGENIERIA
CIVIL ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de
Acreditación de Programas de
Arquitectura e Ingeniería
PERIODO 2009 - 2012



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Guillermo José Agueda Barrios, titulado DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre de 2010

/bbdeb.

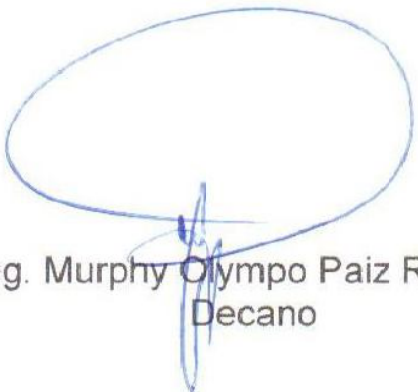


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.312-2010

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 PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Guillermo José Agueda Barrios**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, octubre de 2010



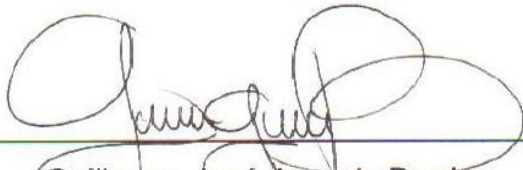
/cc

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo 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 DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN LA ZONA 4 Y
AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL
BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6, MUNICIPIO DE CIUDAD VIEJA,
DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ,**

tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
el 21 de octubre de 2009



Guillermo José Agüeda Barrios

ACTO QUE DECICO A:

- Dios Creador** Por la vida y permitirme alcanzar tan anhelado triunfo.
- Mi mamá** Alma Ileana Barrios Barrios, por tu amor, esfuerzo, entrega y dedicación incondicional en mi vida y por la persona que forjaste en mí.
- Mi papá** Luis Humberto Agueda Velásquez, por la confianza depositada en mí.
- Mis hermanos** Luis Humberto y Alma Elisa por su comprensión y apoyo, que esto les sirva de motivación para alcanzar sus metas.
- Mi novia** Lilian Virginia Girón Rodas, gracias por motivarme a terminar este camino y por el apoyo y el amor incondicional. Te amo chata.
- Mi tío** Ing. Mario Rolando Barrios Barrios (q.e.p.d.), por ser un ejemplo tanto de persona como de profesional.
- Mis amigos** David Natividad, Josué Cos, Martho Luna, Mynor Tax, Selvin Tax, Josué Velásquez, Fernando Chinchilla por su amistad a lo largo de estos años y espero tenerlos como amigos hasta siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

Fam. Girón Rodas	Don Luis, Señora Susana, Luis, Ricardo, Alex, Diego, Ximena, Doña Julia, por abrirme las puertas de su hogar y brindarme el apoyo incondicional.
Mis padrinos	Ing. Ernesto Girón y Ing. Raúl Paz, por su apoyo moral y técnico aportado en esta etapa de formación profesional.
Ing. Roberto Pérez	Por la confianza, consejos y amistad durante la culminación de mi carrera.
Municipalidad de Ciudad Vieja, Sacatepéquez	Por abrirme las puertas y darme la oportunidad de realizar mi EPS y en especial a la Oficina Municipal de Planificación, por su amistad y apoyo.
Inga. Mayra Rebeca García	Por su guía y colaboración como asesora y supervisor de EPS.
Mi Abuelita	Por su apoyo y confianza brindada a lo largo de mi carrera.
Mi familia en general	Por confiar y apoyarme siempre.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	
1.1 Monografía de la cabecera municipal de Ciudad Vieja	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Descripción geográfica	1
1.1.3. Vías de acceso	3
1.1.4. Aspectos climáticos	3
1.1.5. Festividades	3
1.1.6. Población	4
1.1.7. Educación	4
1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del lugar	6
1.2.1 Descripción de las necesidades	6
1.2.2 Priorización de las necesidades	6

2. FASE DEL SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1 Diseño de alcantarillado pluvial en la cabecera municipal de Ciudad Vieja	7
2.1.1. Descripción del proyecto	7
2.1.2 Levantamiento topográfico	8
2.2.1 Planimetría	8
2.1.3 Diseño del sistema	8
2.1.3.1 Descripción del sistema a utilizar	8
2.1.3.2 Probabilidad de ocurrencia	9
2.1.3.3 Características del subsuelo	9
2.1.3.4 Determinación del coeficiente de escorrentía	9
2.1.3.5 Determinación de lugares de descarga	11
2.1.3.6 Determinación de áreas tributarias	12
2.1.3.7 Intensidad de lluvia	12
2.1.3.8 Pendiente de tubería	14
2.1.3.9 Diámetro de tubería	14
2.1.3.10 Velocidades y caudales a sección llena	15
2.1.3.11 Revisión de relaciones	16
2.1.3.12 Cotas invert	16
2.1.3.13 Ejemplo de diseño de un tramo	17
2.1.3.14 Profundidad de pozos de visita	23
2.1.4 Planos	24
2.1.5 Presupuesto	25
2.1.6 Estudio de impacto ambiental	27
2.1.6.1 Definición	27
2.1.6.2 Fines y aspectos cubiertos por estudios de impacto ambiental	27
2.1.6.3 Consideraciones técnicas	28

2.1.6.4 Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto	28
2.1.6.4.1 Etapa de operación	29
2.1.6.4.2 Etapa de construcción	29
2.2 Diseño de edificio escolar de dos niveles en San Miguel Escobar	
2.2.1 Descripción del proyecto	30
2.2.2 Descripción del terreno disponible	31
2.2.2.1 Localización del terreno	31
2.2.2.2 Topografía del terreno	31
2.2.3 Suelo	31
2.2.3.1 Definición de suelo y roca	31
2.2.3.2 Análisis de la capacidad del suelo	32
2.2.4 Normas de diseño	34
2.2.4.1 Criterios de conjunto	34
2.2.4.2 Criterios de iluminación	35
2.2.4.3 Otros criterios	36
2.2.4.4 Instalaciones	37
2.2.4.5 Aula teórica	38
2.2.5 Diseño arquitectónico	38
2.2.6. Análisis estructural	40
2.2.6.1. Pre-dimensionamiento estructural	40
2.2.6.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles	43
2.2.6.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	46
2.2.6.4. Cargas verticales en marcos dúctiles	46
2.2.6.5. Cargas horizontales en marcos dúctiles	54
2.2.6.6. Análisis de marcos dúctiles aplicando software y comparación de resultados con el método kani	67
2.2.6.6.1. Momento último por envolvente de momentos	74

2.2.6.6.2. Diagramas de corte	77
2.2.7. Diseño estructural	80
2.2.7.1. Losas	87
2.2.7.2. Vigas	89
2.2.7.3. Columnas	95
2.2.7.4. Cimientos	105
2.2.7.5. Diseño del módulo de gradas	112
2.2.8. Diseño de instalaciones	115
2.2.8.1. Instalaciones eléctricas	115
2.2.9. Elaboración de planos	116
2.2.10. Presupuesto de edificio escolar	116
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXOS	129

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Ubicación del municipio de Ciudad Vieja	2
2	Área tributaria de columna crítica	41
3	Marco dúctil, sección transversal	44
4	Marco dúctil, sección longitudinal	44
5	Planta arquitectónica, primer nivel	45
6	Planta primer nivel, marco analizado	50
7	Carga viva y carga muerta, marco 2	53
8	Carga viva y carga muerta, marco C	53
9	Centro de masa y centro de rigidez	65
10	Carga por sismo, marco 2	66
11	Carga por sismo, marco C	66
12	Momentos por carga muerta vigas, marco C	68
13	Momentos por carga muerta columnas, marco C	68
14	Momentos por carga viva vigas, marco C	69
15	Momentos por carga viva columnas, marco C	69
16	Momentos por carga sismo vigas, marco C	70
17	Momentos por carga sismo columnas, marco C	70
18	Momentos por carga muerta vigas, marco 2	71
19	Momentos por carga muerta columnas, marco 2	71
20	Momentos por carga viva vigas, marco 2	72
21	Momentos por carga viva columnas, marco 2	72
22	Momentos por carga sismo vigas, marco 2	73
23	Momentos por carga sismo columnas, marco 2	73
24	Envolvente de momentos en vigas, marco C	75
25	Envolvente de momentos en columnas, marco C	75
26	Envolvente de momentos en vigas, marco 2	76

27	Envolvente de momentos en columnas, marco C	76
28	Diagrama de corte en vigas, marco C	78
29	Diagrama de corte en columnas, marco C	78
30	Diagrama de corte en vigas, marco 2	79
31	Diagrama de corte en columnas, marco 2	79
32	Planta de losas del primer nivel	80
33	Diagrama de momentos balanceados de losas, primer nivel	86
34	Secciones de vigas	92
35	Resumen de armado de vigas	93
36	Sección longitudinal de viga	95
37	Detalle de columna	104
38	Corte simple de zapata	107
39	Corte punzonante en zapata	108
40	Detalle de zapata	111
41	Planta módulo de gradas	113

TABLAS

I	Población estudiantil por establecimiento	5
II	Valores para coeficiente de escorrentía	10
III	Intensidad de lluvia	13
IV	Ancho libre de zanja dependiendo de la profundidad y diámetro de la tubería	15
V	Profundidades mínimas de cotas invert	17
VI	Calculo de cotas invert	23
VII	Profundidad de pozos de visita	23
VIII	Planos elaborados	24
IX	Presupuesto de materiales para el alcantarillado pluvial	25
X	Resumen general del presupuesto	26
XI	Alturas o espesores mínimos de vigas no pre-esforzadas	40
XII	Valores de carga viva	46
XIII	Centro de rigidez primer nivel	61
XIV	Centro de masa	61
XV	Calculo de módulo de inercia primer nivel	62
XVI	Calculo de fuerza por marco	62
XVII	Centro de rigidez segundo nivel	63
XVIII	Calculo de módulo de inercia segundo nivel	64
XIX	Calculo de fuerza por marco	64
XX	Calculo de momentos en losa	83
XXI	As y espaciamiento para momentos > 980.09 kg-m	88
XXII	Costos unitarios	117
XXIII	Resumen general de presupuesto	118

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área
At	Área tributaria
Av	Área de la varilla
CM	Centro de masa
CU	Carga última
e	Excentricidad
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
Es	Módulo elasticidad del acero
f'c	Resistencia última del concreto
Fcu	Factor de carga última
Fy	Esfuerzo del fluencia para el acero
h	Altura
I	Inercia
long.	Longitud
m	Relación entre lado corto y lado largo en losas
M	Momento
M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
MB	Momento balanceado
Mcm	Momento de carga muerta
Mcv	Momento por carga viva
Mu	Momento último
P	Carga puntual
P't	Carga de trabajo
psi	Libras por pulgada cuadrada
q	Presión sobre el suelo por debajo de la zapata

Rec	Recubrimiento
S	Fuerza de sismo
Ton	Tonelada
W	Peso
Wc	Peso específico del concreto
Wm	Carga muerta distribuida

GLOSARIO

Área de acero mínima	Cantidad de acero, determinado por la sección y límite de fluencia.
Carga muerta	Peso muerto soportado por un elemento estructural, incluyendo el propio.
Carga viva	Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, etc., soportado por un elemento.
Cimiento corrido	Es el que se construye debajo de un muro.
Columna	Miembro que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión y que tiene una altura de, por lo menos, tres veces su menor dimensión lateral.
Columna esbelta	Es aquella en que la carga última también está influida por la esbeltez, lo que produce flexión adicional debido a las deformaciones transversales.
Concreto reforzado	Concreto que contiene el refuerzo adecuado.
Confinamiento	El concreto queda confinado cuando a esfuerzos que se aproximan a la resistencia uniaxial, las deformaciones transversales se hacen muy elevadas debido al agrietamiento interno progresivo y el concreto se apoya contra el refuerzo del mismo.

Esfuerzo	Intensidad de fuerza por unidad de área.
Estribo	Elemento de una estructura que resiste el esfuerzo cortante.
Excentricidad	Cuando el centro de rigidez no coincide con el centro de masa, se produce excentricidad, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura.
Fluencia	Sobrepasando el límite de elasticidad, todo aumento de carga produce deformaciones plásticas o permanentes que ya no son proporcionales al aumento de carga sino que adoptan valores crecientes para incrementos de cargas iguales.
Marco de concreto	Sistema estructural formado por columnas y vigas de concreto armado para soportar cargas verticales y horizontales.
Momento	Esfuerzo al que se somete un cuerpo, debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia de su centro de masa.
Momento negativo	Es el momento al que están siendo sometidos los extremos de las vigas. Si el acero corrido no cubre dicho momento, se pone acero extra llamado bastón.

Momento resistente	Es el momento que puede resistir una estructura con cierta cantidad de acero.
Solera	Elemento estructural horizontal de un muro, que resiste esfuerzos y confina los muros.
Zapata	Tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.
Zapata aislada	Es la que soporta una sola columna.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado, realizado en el municipio Ciudad Vieja, Sacatepéquez.

El municipio de Ciudad Vieja presenta una serie de necesidades, dentro de las cuales figuran, la carencia de edificios escolares con la capacidad adecuada al desarrollo educativo.

Para dar solución, en parte a dicho problema, se diseñó, calculó y cuantificó un edificio escolar de dos niveles, el cual está conformado por: seis aulas, una sala de maestros, un módulo de gradas, una oficina donde se encuentra la Dirección.

Como parte del proceso de diseño del edificio, se realizó un estudio de suelo, que constituye un ensayo triaxial de corte directo, no drenado y no consolidado, con este ensayo se determinó que el suelo es una arena limosa color café; así mismo, para el análisis estructural se utilizó el paquete de computación ETABS 8 Nonlinear, que trabaja por un método finito. En lo que se refiere al dimensionamiento de la estructura, se emplearon los requerimientos que establece el *American Concrete Institute (ACI)*.

Otra de las necesidades del municipio son las aguas pluviales, las cuales corren a flor de tierra y producen contaminación e inundaciones en las partes bajas de la población. Para mejorar las condiciones de ornato en el municipio, se diseñó, calculó y cuantificó una red de alcantarillado pluvial.

OBJETIVOS

General

Diseñar el alcantarillado pluvial en la zona 4 y ampliación del edificio escolar de dos niveles para el barrio de San Miguel Escobar en la zona 6, municipio de Ciudad Vieja, Sacatepéquez.

Específicos

Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico de las necesidades en cuanto a servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Ciudad Vieja.

Capacitar a los integrantes del consejo de desarrollo comunitario (CODECO), sobre aspectos de mantenimiento y operación del sistema de alcantarillado pluvial.

INTRODUCCIÓN

Al realizar un recorrido por el municipio de Ciudad Vieja, Sacatepéquez se pudo detectar que uno de los problemas que presenta la comunidad es el hacinamiento que sufren los estudiantes en el actual edificio escolar en el barrio de San Miguel Escobar, creando situaciones de incomodidad e incapacidad para impartir los cursos; asimismo, no se cuenta con un sistema de drenaje separativo, por lo que en épocas de lluvia se ocasionan problemas de rebalse de pozos y contaminación al ornato de la comunidad.

El presente trabajo de graduación contiene el procedimiento de diseño del sistema de alcantarillado pluvial de la zona 4 y de la ampliación del edificio escolar en el barrio San Miguel Escobar, utilizando los conocimientos correspondientes de la rama de la ingeniería civil, se tomó en cuenta el diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.

Este cuenta con dos capítulos, en el primero se presenta una breve monografía del municipio de Ciudad Vieja Sacatepéquez. El segundo capítulo contiene el diseño del sistema de alcantarillado pluvial de la zona 4 y de la ampliación del edificio escolar en el barrio San Miguel Escobar en la zona 6 del municipio de Ciudad Vieja, Sacatepéquez. Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones y planos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía del municipio de Ciudad Vieja, Sacatepéquez

1.1.1 Reseña histórica

Al poco tiempo de haberse fundado la Ciudad de Santiago de Guatemala en el Valle Iximché (julio 27 de 1,524) por don Pedro de Alvarado y Contreras, quien dispuso dejar como lugarteniente a su hermano don Jorge Alvarado, en tanto regresaba a España; y, don Jorge, ante la insurrección general surgida entre los cakchiqueles, dispuso trasladar la ciudad a otro lugar más adecuado para defenderse de los mismos, seleccionando al efecto el valle de Quinicilapán (Almolonga), en las faldas del volcán de Agua, traslado que oficialmente tuvo lugar el 22 de noviembre de 1,527, día en que la iglesia conmemora la festividad de Santa Cecilia, virgen y mártir; procediéndose a señalar los solares destinados a la iglesia de Santiago Apóstol.

1.1.2 Descripción Geográfica

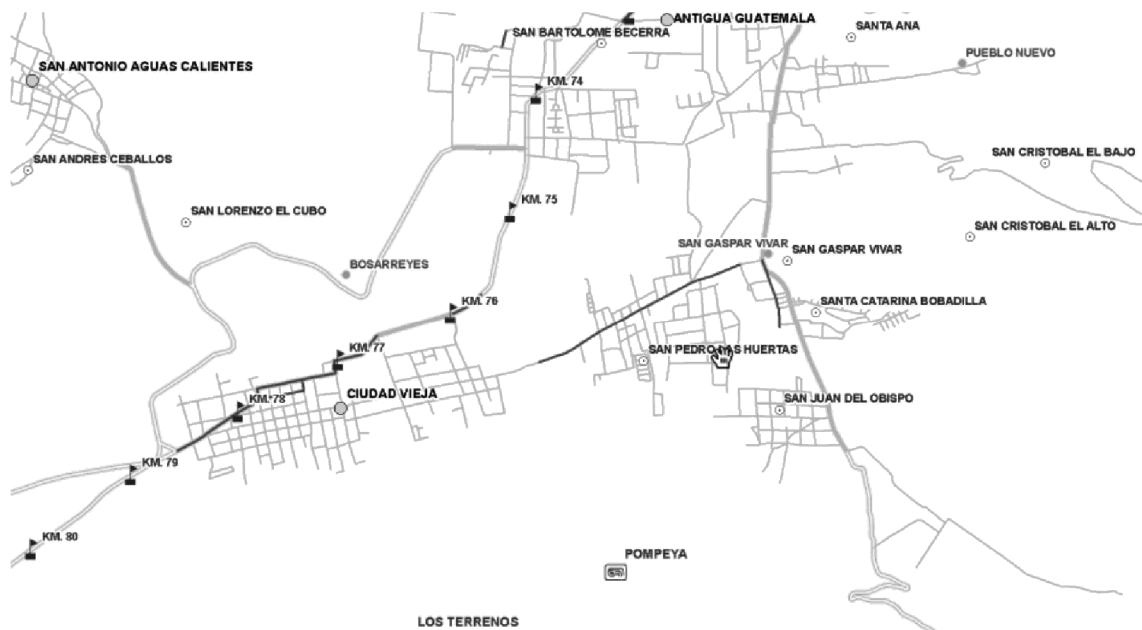
El municipio de Ciudad Vieja está situado a 1,550 metros de altitud y por encontrarse en las faldas del volcán de Agua presenta un relieve con acusadas pendientes. Su extensión es de 51 Km² y la latitud es de 14° 31' 24", y su longitud es de 90°46', se encuentra a 5 kilómetros de la cabecera departamental y a 48 kilómetros de la ciudad capital. La carretera que comunica hacia el municipio está asfaltada.

La división política administrativa indica que el casco urbano está categorizado como pueblo dividido en seis zonas, además cuenta con la aldea

San Lorenzo El Cubo y el caserío Bosarreyes. La distancia a la cabecera departamental es de 5 kilómetros y a la capital es de 48 kilómetros.

Las poblaciones con las que colinda son las siguientes: al norte con San Antonio Aguas Calientes, al sur con San Juan Alotenango, al oriente con La Antigua Guatemala y al poniente, San Miguel Dueñas, todos municipios de Sacatepéquez.

Figura 1 Ubicación del municipio



1.1.3 Vías de acceso

Entre sus vías de acceso se tiene la ruta Nacional 14, que inicia en Chimaltenango, atravesando el departamento de Sacatepéquez y termina en el entronque de la ruta Nacional en la ciudad de Antigua Guatemala con una distancia de 5 Km. Hacia el municipio de Ciudad Vieja asfaltada transitable todo el año, teniendo acceso por la ruta de Escuintla, atravesando San Juan Alotenango, se cuenta también con la nueva ruta nacional 14 comunicando al municipio de Ciudad Vieja, sus aldeas y caserío con San Juan Alotenango y el departamento de Escuintla, contando también con carreteras vecinales, de San Antonio Aguas Calientes, San Miguel Dueñas, San Pedro las Huertas, y Antigua Guatemala.

1.1.4 Aspectos climáticos

En esta región existen climas que varían de templado a frío, con temperaturas que oscilan entre los 13 y 25 grados Celsius, precipitación de 472.3 mm anuales y humedad de 48%, según los datos obtenidos de la estación meteorológica Suiza Contenta del INSIVUMEH.

1.1.5 Festividades

- La fiesta titular se conmemora el 8 de diciembre día de la Virgen de Concepción, con actos religiosos, culturales, sociales y deportivos. Una de las tradiciones más importantes de esta fiesta es el convite que se celebra cada 7 de diciembre en el que participan carrozas de flores y el baile del mico representado por bailarines del municipio.

- El día de la Cruz se celebra el 3 de mayo adornando las construcciones que se encuentren en proceso en la población y con actividades recreativas.
- El día de los Santos se celebra llevando coronas, flores y adornos a los difuntos así como la preparación de las diferentes cabeceras, el fiambre y vuelo de barriletes.
- En época navideña se realizan las posadas que consisten en llevar en un anda a las imágenes de San José y María a diferente casa por 9 días, acostumbrando en cada casa servir ponche y tamal a los participantes. También se realizan nacimientos en las iglesias y en casas particulares que son decorados con bastante creatividad para conmemorar el nacimiento del niño Jesús.
- En Semana Santa se lleva a cabo la representación de la Pasión y Muerte del Señor Jesucristo y se realizan diversas procesiones.

1.1.6 Población

El grupo étnico se conoce por la mayoría de clase de personas que habitan una región en el municipio de Ciudad Vieja la mayor parte de sus habitantes son ladinos; indígena 695 habitantes y no indígena 29,870 habitantes, con una distribución urbana y rural: urbana 24,261 - rural 6,304.

1.1.7 Educación

En el aspecto de educación cuenta con establecimientos educativos de nivel preprimario, primario, básico, básico por cooperativa y diversificado por cooperativa, siendo este el censo por establecimiento:

Tabla I. Población estudiantil por centro educativo

No.	ESCUELAS, COLEGIOS E INSTITUTOS	TOAL ALUMNOS	TOTAL MAESTROS
01	Escuela Fray Matías de Paz	639	25
02	Escuela Francisco Marroquín	539	19
03	Escuela Ciudad Vieja Jornada Vespertina	568	18
04	Escuela Nocturna Herrera Muñoz	200	9
05	Escuela Primaria Municipal	250	9
06	Escuela San Lorenzo el Cubo	500	15
07	Escuela Caserío Bosarreyes	40	2
08	Escuela El Potrero	35	2
09	Escuela San Miguel Escobar Jornada Matutina	550	19
10	Escuela San Miguel Escobar Jornada Vespertina	425	14
11	Colegio El Pilar	45	6
12	Colegio Nuestra Señora de Lourdes	400	18
13	Colegio Plaza Sésamo	80	4
14	Colegio Rafael Landívar	145	8
15	Colegio Camino del Saber	57	5

1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de tal lugar

1.2.1 Descripción de las necesidades

Sistema de alcantarillado pluvial: el municipio cuenta con un sistema de alcantarillado combinado y uno de los problemas prioritarios es la falta de un sistema de alcantarillado pluvial.

Edificios escolares: debido a la demanda estudiantil los establecimientos existentes se encuentran en malas condiciones y sobrepasan su capacidad.

Pasos Peatonales: en varios puntos muy transitados por vehículos a altas velocidades por lo que se necesitan pasos aéreos tanto para peatones como para ganado.

1.2.2 Priorización de las necesidades

1. Sistema de alcantarillado: una de las principales zonas del municipio se ve severamente afectada en la época de invierno debido a que las calles se vuelven intransitables por las crecidas, ocasionándole problemas a la población, además de dañar el ornato de la cabecera municipal.

2. Carencia de edificios escolares: la sobrepoblación y deterioro del edificio escolar que se encuentra en el barrio de San Miguel Escobar, se propone realizar mejoras al edificio escolar, ya que éste presenta deficiencias al no contar con la cantidad de aulas necesarias por la demanda de alumnos en el sector.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO-PROFESIONAL

2.1. Diseño del alcantarillado pluvial en la cabecera municipal de Ciudad Vieja

2.1.1 Descripción del proyecto

El municipio de Ciudad Vieja cuenta con calles debidamente adoquinadas a excepción de algunos callejones que aún están en proceso. Además, cuenta con un adecuado sistema de drenaje sanitario y con drenaje pluvial en una calle principal del municipio, la cual cubre una pequeña parte de la población. Debido al crecimiento poblacional y a la topografía del lugar, se ha incrementado la necesidad de contar con un sistema de drenaje pluvial en el municipio para evitar que el agua se almacene en las calles.

Una descripción general del proyecto se presenta en los siguientes incisos:

- El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado pluvial en las calles principales de la zona 4 de la cabecera municipal.
- La longitud del sistema es de 6,125.19 m.
- Será de tubería de concreto de diferentes diámetros. Los desfuegos se harán sobre el río Pensativo.
- Se colocarán tragantes de acera a lo largo de las calles y avenidas para captar las aguas pluviales en puntos estratégicos.

2.1.2. Levantamiento topográfico

2.1.2.1. Planimetría

El método utilizado fue el de deflexiones tomando como 0°00' la estación anterior y midiendo ángulos internos. El equipo utilizado fue un teodolito marca Wild T-2, dos plomadas y una cinta métrica con una longitud de 50 metros.

2.1.3 Diseño del sistema

2.1.3.1. Descripción del sistema a utilizar

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, se tomaron en cuenta varios aspectos como la intensidad de lluvia, el área tributaria que llegaría a cada una de las tuberías y se aprovecharon las pendientes del terreno con las que cuenta el municipio actualmente, entre otros.

Se considera tubería de concreto, la cual deberá poseer una estructura homogénea de igual espesor en toda su longitud, impermeable, con una superficie interior lisa, libre de grietas o fracturas parciales. Para las juntas de cada tubería será utilizada sabieta, siendo ésta de un espesor de 0.02 metros y un ancho de 0.10 metros en la unión de los tubos.

Dentro de los planos también se especifican el diámetro de tubería a utilizar en cada tramo, la profundidad de la misma así como la profundidad de los pozos de visita.

2.1.3.2. Probabilidad de ocurrencia

El sistema de alcantarillado fue proyectado para que tuviera un funcionamiento adecuado durante un período de 20 años. Debido a que la construcción empezará el próximo año, para los cálculos se utilizaron 21 años, es decir, para una probabilidad de ocurrencia de uno en 20 años.

2.1.3.3. Características del subsuelo

El subsuelo de la cabecera municipal es de un material común, constituido por arena limosa color café, ya que es de origen volcánico, no es roca y puede excavarse a mano o por medios mecanizados. Esto hace que no sea difícil la excavación del mismo para la construcción de los pozos y la colocación de la tubería, influenciando también en el renglón de excavación por el pago de la mano de obra.

2.1.3.4. Determinación del coeficiente de escorrentía

Debido a que cuando llueve, un porcentaje del agua se evapora, infiltra o es absorbido por áreas jardinizadas, el coeficiente de escorrentía que se toma en consideración para los cálculos hidráulicos es un porcentaje del agua total llovida. El valor de este coeficiente depende del tipo de superficie que se esté analizando. Mientras más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía. La siguiente tabla muestra algunos valores de escorrentía dependiendo de la superficie que sea analizada:

Tabla II. Valores para coeficiente de escorrentía

SUPERFICIE	C	ADOPTADA
Techos	0.70 a 0.95	0.70
Pavimentos de concreto y asfalto	0.85 a 0.90	
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0.75 a 0.85	0.75
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0.60 a 0.70	
Calles macadamizadas	0.25 a 0.60	
Calles y banquetas de arena	0.15 a 0.30	
Calles sin pavimento, lotes desocupados, etc.	0.10 a 0.30	
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0.05 a 0.25	0.05
Bosques y tierra cultivada	0.01 a 0.20	

Fuente: Departamento de Acueductos y Alcantarillados. Dirección General de Obras Públicas, tabla No.1

El cálculo del coeficiente de escorrentía promedio se realizará de la siguiente manera:

$$C = \frac{\sum a * c}{\sum a}$$

Siendo:

c = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

a = Áreas parciales (en hectáreas)

C = Coeficiente de escorrentía promedio

Cálculo de las áreas con adoquín	14.28 Hectáreas
Cálculo de las áreas techadas	15.81 Hectáreas
Cálculo de las áreas con patios, lotes y jardines	6.75 Hectáreas
Total áreas acumuladas	36.84 Hectáreas

Con estos datos se puede obtener el coeficiente de escorrentía promedio como se muestra a continuación:

$$C = \frac{\sum a * c}{\sum a}$$

$$C = \frac{\sum(14.28 * 0.75) * (15.81 * 0.70) * (6.75 * 0.05)}{\sum 36.84}$$

$$C = 0.6003$$

2.1.3.5. Determinación de lugares de descarga

Como lugares de descarga se buscaron puntos donde los desfuegos fueran en ríos. El río Guacalate bordea el municipio, por lo que se utilizaron dos puntos de desfogue que llegan directamente al río. Para disminuir la energía con la que el agua pluvial caerá en el río y los riachuelos, se diseñaron disipadores de energía, para evitar que ésta pueda socavar las bases de los puentes y así evitar cualquier otro tipo de daño. Estos están especificados en los planos de construcción.

2.1.3.6. Determinación de áreas tributarias

Cada tubería deberá transportar cierta cantidad de agua. Para determinar éste valor, del plano general se tomaron las cotas del terreno a manera de ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer. Posteriormente se hizo un cálculo de las áreas que cada tubería debía de recolectar, éstas son las áreas tributarias. Al inicio de un tramo, del primer pozo al segundo, no se toma en cuenta ningún área tributaria. A partir del segundo tramo, se toma en consideración su área tributaria más las áreas tributarias de los tramos anteriores.

2.1.3.7. Intensidad de lluvia

El espesor de la lámina de agua caída por unidad de tiempo es llamado intensidad de lluvia, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La intensidad de lluvia es medida en mm / hora.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia, es necesario conocer primero algunos términos:

- Tiempo de concentración

Es el tiempo que emplea el agua superficial para descender desde el punto más remoto de la cuenca hasta la sección de estudio. En tramos iniciales, el tiempo de concentración se estimará en 12 minutos.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará por la fórmula siguiente:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{(60)(v_{n-1})}$$

En donde:

t_n = Tiempo de concentración hasta el tramo considerado (min.)

t_{n-1} = Tiempo de concentración hasta el tramo anterior (min.)

L = Longitud del tramo anterior (mts.)

v_{n-1} = Velocidad a sección llena en el tramo anterior (mts./seg.)

Cuando en un punto sean concurrentes dos o más ramales, t_{n-1} se tomará igual al del ramal que tenga el mayor tiempo de concentración.

Una vez que ya se tuvo el tiempo de concentración de cada tramo, se procedió a calcular la intensidad de lluvia, con base en la siguiente tabla debido a que no había ninguna estación cercana:

Tabla III. Intensidad de lluvia

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	<u>2338</u> t+18	<u>3706</u> t+22	<u>4204</u> t+23	<u>4604</u> t+24
Bananera, Izabal	<u>5771.5</u> t+48.98	<u>7103.95</u> t+53.80	<u>7961.65</u> t+56.63	<u>8667.77</u> t+58.43
Labor Ovalle, Quetzaltenango	<u>977.7</u> t+3.80	<u>1128.5</u> t+13.24	<u>1323.5</u> t+3.48	
El Pito Chicolá, Suchitépéquez	<u>11033.6</u> t+101.10	<u>11618.7</u> t+92.19	<u>13455.2</u> t+104.14	
La Fragua, Zacapa	<u>3700.5</u> t+50.69	<u>3990.5</u> t+41.75	<u>4049.0</u> t+37.14	

Fuente: Departamento de acueductos y Alcantarillados, Dirección General de Obras Públicas, Tabla No.2

Por la cercanía a la Ciudad de Guatemala, se tomó como dato $\frac{4604}{t+24}$ que se utiliza para el cálculo de la cantidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 1 en 20 años.

2.1.3.8. Pendiente de tubería

Para el cálculo de la pendiente, no existen rangos de pendiente mínima o máxima. Se toma como pendiente de la tubería la pendiente del terreno; si con esta pendiente no se verifican las velocidades y el tirante, se debe incrementar o reducir la misma. En este caso, la mayoría de los casos fueron calculados con las pendientes del terreno, ya que la topografía y la ubicación de los desfuegos así lo permitían.

2.1.3.9. Diámetro de tubería

Para alcantarillado pluvial con tubería de concreto, el diámetro mínimo es de 10". Esto es en los tramos de inicio e inclusive en algunos tramos en donde el área tributaria acumulada no tiene gran valor. Los diámetros comerciales en tubería de concreto son de 10", 12", 16", 18", 20", 24", 30", 36" y 42", y a partir e tubería de 24", existen las tuberías reforzadas o de alta resistencia. Se utilizaron diámetros de 10", 12", 16", 18", 20", 24" y 30" en este diseño.

Para determinar el ancho de zanjas, depende de su profundidad y del diámetro de la tubería a instalar. Para esto, se utilizó la siguiente tabla:

Tabla IV. Ancho libre de zanja dependiendo de la profundidad y diámetro de la tubería

Diámetro Nominal Pulgadas	Hasta 1.30 m	De 1.31 a 1.85 m	De 1.86 a 2.35 m	De 2.36 a 2.85 m	De 2.86 a 3.35 m	De 3.36 a 3.85 m	De 3.86 a 4.35 m	De 4.36 a 4.85 m	De 4.86 a 5.35 m	De 5.36 a 5.85 m	De 5.86 a 6.35 m
6	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80
8	0.60	0.60	0.65	0.65	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80
10		0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80
12		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.80	0.80
16		0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
18		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
20		1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
24		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
30		1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55
36			1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
42				1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
48				2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
60				2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45
72					2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80
84					3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20

Fuente: Instituto de Fomento Municipal, Especificaciones Generales y Técnicas para Construcción, Tabla XVI-3

2.1.3.10. Velocidades y caudales a sección llena

Para el cálculo del caudal, velocidad, diámetro y pendiente se utilizó la fórmula de Manning transformada al sistema métrico para secciones circulares:

$$V = \frac{0.30429}{n} (D^{2/3})(S^{1/2})$$

En donde:

V = Velocidad del flujo a sección llena (m/seg.)

D = Diámetro de la sección circular (pulgadas)

S = Pendiente de la gradiente hidráulica (m/m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Para tuberías de diámetro igual o menores a 24", n = 0.015

Para tuberías de diámetro mayores a 24", n = 0.013

Cada tramo se calculará con el caudal que tenga en sus extremos más bajos, trabajándose, si es necesario, contra pendiente.

La velocidad mínima con la que puede circular el flujo es 0.60 m/seg. y la velocidad máxima es de 3.00 m/seg.

Para determinar el caudal pluvial se utilizó el Método Racional; cuya fórmula se muestra a continuación:

$$Q = \left(\frac{CIA}{360} \right) (1,000)$$

En donde:

Q = Caudal en lts/seg.

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de lluvia en mm/hora.

A = Área tributaria en hectáreas

2.1.3.11. Revisión de relaciones

El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena, la relación del tirante a sección parcial con el tirante a sección llena d/D debe ser menor o igual a 0.90 y mayor que 0.10.

2.1.3.12. Cotas Invert

La cota Invert es la altura a la que se encuentra la tubería, medida hasta la parte inferior de la misma. Se calculó tomando la cota del terreno inicial y

restándole la profundidad inicial de la tubería, de igual manera para la cota del terreno final con la profundidad final de la tubería.

Para evitar rupturas en la tubería se deben tener profundidades mínimas, dependiendo del tipo de tránsito que se tenga y del diámetro de la tubería que se está utilizando, para esto se utilizó la siguiente tabla:

Tabla V Profundidades mínimas de cotas invert

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	20"
Tránsito Normal	1.22	1.28	1.33	1.41	1.50	1.58
Tránsito Pesado	1.42	1.48	1.53	1.61	1.70	1.78
Diámetro	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Tránsito Normal	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
Tránsito Pesado	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

Fuente: Instituto de Fomento Municipal, Especificaciones Generales y Técnicas para Construcción, Tabla XVI-3

2.1.3.13. Ejemplo de diseño de un tramo

Para empezar el diseño de un tramo, es necesario identificar de qué pozo a qué pozo se empezará a calcular. De la topografía realizada se obtuvieron las cotas del terreno, cota inicial y final, así como la longitud entre pozos. Con estos datos, se obtuvo la pendiente de la siguiente manera:

$$\text{Pendiente} = \frac{\text{cota del terreno inicial} - \text{cota del terreno final}}{\text{longitud del tramo}}$$

Para determinar el caudal pluvial se calcula el área tributaria que llegará al tramo, de no ser el primer tramo, se calculará el área tributaria acumulada. Se toma un tiempo de concentración equivalente a 12 minutos si es el primer

tramo, en el resto de los tramos, se calculará de la manera mostrada anteriormente.

El cálculo del coeficiente de escorrentía se realiza de la manera explicada anteriormente, y con estos datos se puede calcular la intensidad de lluvia, para finalmente calcular el caudal total acumulado en lts/seg.

Para la pendiente de la tubería, se utiliza primero la misma pendiente del terreno. Se propone un diámetro en pulgadas y con este diámetro se toma una rugosidad, que depende del diámetro de la tubería. Con la fórmula de Manning se calcula la velocidad a sección parcialmente llena y para el caudal a sección llena se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q=V*A$$

Teniendo el caudal de diseño (q) y el caudal a sección llena (Q), se verifican las relaciones hidráulicas teniendo el valor de q/Q, se busca en la tabla de relaciones que se muestra a continuación, a manera de obtener d/D que debe ser menor o igual a 0.90, y v/V para poder despejar v y obtener la velocidad a sección parcial de la tubería.

Así mismo de la tabla que indica la profundidad mínima de la tubería, claro está, dependiendo del diámetro, se obtienen las profundidades de la tubería, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es el mismo que el diámetro que sale de él, la cota invert de salida del pozo estará colocada a 0.03 mt. debajo de la cota invert de entrada al pozo.

- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es diferente al diámetro de tubería que sale de él, la cota invert de salida del pozo será igual a la diferencia entre el diámetro que sale del pozo y el diámetro que entra al pozo, o 0.03mts. Se tomará el valor mayor de estas dos condiciones.

Las cotas invert son calculadas dependiendo del valor que tomó cada profundidad de tubería teniendo como valor la diferencia entre la cota del terreno y la profundidad de la tubería.

El cálculo de la excavación depende de la profundidad de la tubería, de la longitud del tramo y del ancho de la zanja, tal como se muestra en la siguiente fórmula.

$$\text{Excavación} = (\text{ancho zanja})(\text{profundidad tubería})(\text{longitud tramo})$$

Se aclara que la profundidad y ancho de los pozos de visita se explican más adelante.

Para especificar mejor el procedimiento se expone el siguiente ejemplo en donde se tomó el tramo del pozo de visita No. 12 al 13, ya que al mismo llegan dos tramos diferentes.

De la topografía realizada y calculando la pendiente se tiene:

Cota del terreno inicial	Cota del terreno final	Longitud	Pendiente %
45.21	42.00	49.14	6.53

El área tributaria es el área que se encuentra entre el pozo 31 y el pozo 12. El área tributaria acumulada es igual al área tributaria acumulada que se tiene del pozo 31 al 12, más el área tributaria que llega al pozo 12, teniendo los siguientes valores:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{(60)(v_{n-1})}$$

El tiempo de concentración de 31 a 12 es el siguiente:

$$t_{31-12} = 14.0355 + \frac{84.20}{(60)(2.91)}$$

$$t_{31-12} = 14.5178$$

El tiempo de concentración de 11 a 12 es el siguiente:

$$t_{11-12} = 13.2755 + \frac{36.40}{(60)(2.93)}$$

$$t_{11-12} = 13.4824$$

Para el cálculo de t_{12-13} , en los valores de t_{n-1} y v_{n-1} , se toman los del tramo 31 a 12 ya que éste es el que tiene el mayor tiempo de concentración.

$$t_{12-13} = 14.5178 + \frac{45.15}{(60)(2.96)}$$

$$t_{31-12} = 14.7717$$

El coeficiente de escorrentía es igual a 0.6003 según inciso 2.3.5, quedando por calcular la intensidad de lluvia:

$$I = \frac{4604}{t+24} \quad I = \frac{4604}{14.7717+24}$$

$$I = 118.75 \text{ mm/h}$$

Calculando el caudal acumulativo con todos los valores anteriores, tenemos:

$$Q = \left(\frac{CIA}{360} \right) (1,000)$$

$$Q = \left(\frac{(0.6003)(3.11)(118.75)}{360} \right) (1,000)$$

$$Q = 615.52 \text{ lts/seg}$$

La pendiente de la tubería con la que se empezará a calcular es la del terreno y dado que por las pendientes pronunciadas del mismo se aumenta la profundidad del pozo inicial, dando una pendiente del 1.49 %.

De acuerdo con la cantidad de caudal que se lleva y la pendiente que se tiene, se procede a realizar la prueba con una tubería de diámetro de 30", utilizando una rugosidad de 0.0135. Se tiene una velocidad a sección parcialmente llena de 2.99 m/seg. y un caudal a sección llena de 1363.09 lts/seg., se calculó de la siguiente manera:

Velocidad a sección parcialmente llena:

$$V = \frac{0.30429}{n} (D^{2/3})(S^{1/2})$$

$$V = \frac{0.30429}{0.0135} (30^{2/3}) (0.0149^{1/2})$$

$$V = 2.99 \text{ m/seg}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = V * A$$

$$Q = (2.99 \text{ m/seg}) \left(\pi \left(\frac{(30)(0.0254)}{2} \right)^2 \right)$$

$$Q = 1.36309 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q = 1,363.09 \text{ lts/seg}$$

Para la verificación de las relaciones hidráulicas, se calcula q/Q :

$$\frac{615.52}{1,363.09} = 0.4515$$

Se busca este valor en las tablas, obteniendo los siguientes resultados:

$$v/V = 0.985 \quad d/D = 0.474$$

Para obtener la velocidad del caudal pluvial, se despeja de $v/V = 0.985$ la velocidad como se muestra a continuación:

$$v/V = 0.985 \quad v = 0.985 * 2.99 \quad v = 2.9451 \text{ m/seg}$$

La velocidad a sección parcial está en el rango entre 0.60 m/seg. Y 3.00 m/seg., y el d/D es menor que 0.90, por lo tanto se verifica con esa pendiente y ese diámetro.

Si a la cota del terreno se le resta la profundidad de la tubería se tienen las cotas invert, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla VI. Cálculo de cotas invert

Cota del terreno inicial	Cota del terreno final	Profundidad tubería inicial	Profundidad tubería final	Cota invert inicial	Cota invert final
45.21	42.00	4.30	1.85	40.88	40.15

2.3.14. Profundidad de pozos de visita

La cota del fondo del pozo se obtiene restándole a la cota invert de salida del pozo 0.15 mt., que se utilizan como colchón. Y el ancho del pozo depende del diámetro de la tubería, tomándolo de la siguiente tabla:

Tabla VII Profundidad de pozos de visita

Diámetro de Tubería	Diámetro Mínimo del Pozo (mts.)
10"	1,50
12"	1,50
16"	1,50
18"	1,50
20"	1,50
24"	1,75
30"	1,75
36"	2,00
42"	2,25
60"	2,80

Fuente: Municipalidad de Guatemala, Dirección de Obras Municipales Normas, Reglamento y Manual de Drenajes, Norma 205-b

Los pozos de visita se deben colocar en los extremos superiores de ramales iniciales, en intersecciones de ramales, en el cambio de diámetros de tubería, en cambios de pendiente y en cambios de dirección horizontal. No se puede permitir una distancia mayor entre pozos de 100 mt. para diámetros hasta de 24” y una distancia mayor de 300 mt. en diámetros superiores a 24”.

Los pozos de visita estarán contruidos de ladrillo de barro cocido, deberán unirse con un mortero de cemento y arena y revestidos en su interior con un enlucido del mismo mortero, de un espesor mínimo de 0.02 mt. El fondo de los pozos de visita será de concreto.

Los tragantes son dispositivos de captación y recolección de las aguas pluviales. El tipo de tragante a utilizar en este proyecto es de rejilla. Deberán ubicarse en los puntos más bajos de la sección típica de la calle, cuentan con una rejilla metálica para la captación y un desarenador de 0.15 m.

2.1.4 Planos

El juego de planos que se elaboró es el siguiente:

Tabla VIII. Planos elaborados

Descripción	No. Hoja
Planta de conjunto	1/5
Planta y perfiles ramal I,II y III	2/5
Planta y perfiles ramal IV,V y VI	3/5
Detalles de pozos	4/5
Detalle de rejilla y desfogue	5/5

2.1.5 Presupuesto

El presupuesto se elaboró tomando como base los precios que se cotizan en el área de Sacatepéquez, los salarios de la mano de obra calificada y no calificada fueron obtenidos de los datos que maneja la municipalidad para trabajos de este tipo. Se consideró un factor de indirectos del 30%, donde se deben tomar en cuenta imprevistos, utilidad y gastos administrativos.

Tabla IX. Presupuesto de materiales para el alcantarillado pluvial de la zona 4

REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	MATERIALES		
			LOCALES	NO LOCALES	TOTAL
Tubería de concreto de 8"	100	unidad		Q 2,900.00	Q 2,900.00
Tubería de concreto de 12"	633	unidad		Q 32,916.00	Q 32,916.00
Tubería de concreto de 16"	265	unidad		Q 21,995.00	Q 21,995.00
Tubería de concreto de 18"	327	unidad		Q 40,875.00	Q 40,875.00
Tubería de concreto de 24"	616	unidad		Q 101,640.00	Q 101,640.00
Tubería de concreto de 30"	635	unidad		Q 157,162.50	Q 157,162.50
Tubería de concreto de 36"	321	unidad		Q 189,390.00	Q 189,390.00
Tubería de concreto de 42"	128	unidad		Q 116,480.00	Q 116,480.00
Tubería de concreto de 48"	287	unidad		Q 330,050.00	Q 330,050.00
Cemento UGC	715	unidad	Q 44,330.00		Q 44,330.00
Arena de río	132	unidad	Q 15,180.00		Q 15,180.00
Piedrin	42	unidad	Q 9,030.00		Q 9,030.00
Ladrillo tayuyo	106.56	millar		Q 133,200.00	Q 133,200.00
Hierro No.3	458	varillas	Q 10,076.00		Q 10,076.00
Alambre de amarre	204	lb	Q 1,326.00		Q 1,326.00
TOTAL DE MATERIALES					Q 1,278,968.73

Tabla X. Resumen general presupuesto

Presupuesto de Materiales para el alcantarillado pluvial de la zona 4

PRYECTO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL
ZONA 4 DE CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ
RESUMEN GENERAL

No	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	MANO DE OBRA			MATERIALES			TOTAL
				NO CALIFICADA	CALIFICADA	TOTAL	LOCALES	NO LOCALES	TOTAL	
1	ALCANTARILLADO PLUVIAL DE CONCRETO			414,414.70	1,392,603.59	1,807,018.30	79,809.71	1,199,159.03	1,278,968.73	3,085,987.03
	MAQUINARIA				85,000.00	85,000.00				85,000.00
	TOTAL COSTO DIRECTO			414,414.70	1,392,603.59	1,807,018.30	79,809.71	1,199,159.03	1,278,968.73	3,170,987.03
	ADMINISTRACION	15.00%								475,648.05
	SUPERVICION	10.00%								317,098.70
	UTILIDADES	10.00%								317,098.70
	IMPREVISTOS	5.00%								158,549.35
	TOTAL DE INDIRECTOS									
	TOTAL DEL PROYECTO									Q 4,439,381.84

2.1.6. Estudio de impacto ambiental

2.1.6.1 Definición

Un estudio de impacto ambiental es un documento que describe pormenorizadamente las características de un proyecto o actividad que se pretenda llevar a cabo o su modificación. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de su impacto ambiental y describir la o las acciones que ejecutará para impedir o minimizar sus efectos significativamente adversos.

2.1.6.2 Fines y aspectos cubiertos por estudios de impacto ambiental

1. Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos.
2. Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
3. Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.
4. Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona.
5. Alteración de monumentos, sitios con valor antropológicos, arqueológicos, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

2.1.6.3 Consideraciones técnicas

Desde un punto de vista global, las componentes unitarias de cualquier sistema de construcción de alcantarillado pluvial que potencialmente pudieran provocar en mayor medida la generación de algún tipo de impacto sobre el medio ambiente, corresponden a una de las siguientes:

- Disposición del suelo extraído
- Desfogue de las aguas pluviales

El dimensionamiento de las alternativas deberá considerar las medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que generen dichas componentes unitarias en el medio ambiente. Adicionalmente, se deberán contemplar todas aquellas consideraciones de tipo técnico que permitan prevenir riesgos y sus consecuentes impactos negativos en el entorno.

2.1.6.4 Definición de actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto

Las actividades relevantes a considerar para la determinación de los impactos ambientales, deben ser establecidas tanto para la etapa de habilitación y construcción como de operación del sistema de alcantarillado pluvial. En forma global, se deberán considerar al menos las siguientes variables:

2.1.6.4.1 Etapa de operación

En la etapa de operación, el impacto ambiental producido es únicamente el aumento de caudal en el río Guacalate. La cantidad de agua que llega al mismo, no representa un gran aumento, pero siempre se debe tener un control sobre el cauce de los mismos.

2.1.6.4.2 Etapa de construcción

Se refiere al impacto ambiental generado por la construcción del sistema de tratamiento como por ejemplo generación de polvo, aumento de la congestión vehicular, ruidos, etc., es en algún sentido inevitable. Mayormente, se tendrán la generación de polvo al momento de la excavación y congestionamiento vehicular cuando se construyan las fases que atraviesan las calles principales.

Algo que debe considerarse en el momento de la construcción, es el lugar donde se depositará el suelo removido, ya que esto también genera impacto ambiental en las afueras de la cabecera municipal.

2.2 Ampliación del edificio escolar de dos niveles para el barrio San Miguel Escobar zona 6, Municipio de Ciudad Vieja, Sacatepéquez

2.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto a diseñar consiste en un módulo escolar de dos niveles en área rural, la distribución de ambientes será:

- El segundo nivel tendrá tres aulas y sala de maestros
- El primer nivel está compuesto de tres aulas y bodega para mantenimiento

Debido a que el actual edificio escolar no posee la capacidad de albergar a los estudiantes, se tiene la necesidad de ampliar la escuela, por lo tanto, es necesario el módulo descrito anteriormente. El servicio sanitario e instalaciones de agua potable ya existe, por lo tanto, no se incluyeron dentro del diseño.

La estructura del módulo escolar será a base de marcos dúctiles y losas de concreto armado, los muros serán tabiques de mampostería reforzada de block pómez, ventanas, puertas de metal y piso cerámico.

2.2.2 Descripción del terreno disponible

2.2.2.1 Localización del terreno

El terreno se localiza en el centro del barrio y frente a la iglesia de San Miguel Escobar.

2.2.2.2 Topografía del terreno

Por la forma del terreno no hubo necesidad de realizar un levantamiento planimétrico ni altimétrico, ya que el terreno es de una superficie plana. La medición se realizó con cinta y tiene un área de 261.14 m².

2.2.2.3 Suelo

2.2.2.3.1 Definición de suelo y roca

Suelo: se define como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos.

El suelo en general contiene una amplia variedad de materiales tales como: grava, arena, mezclas arcillosas y limos. Roca: en ingeniería se define como material endurecido que para excavarlo se necesitan usar taladros, explosivos y otros procedimientos de fuerza bruta.

2.2.2.3.2 Análisis de la capacidad del suelo

Valor soporte del suelo: también llamado capacidad de carga o apoyo de los cimientos, es una característica de cada sistema de suelo-cimentación, y no sólo una cualidad intrínseca del suelo. Los distintos tipos de suelo difieren en capacidad de carga, pero también ocurre que en un suelo específico dicha capacidad varía con el tipo, forma, tamaño y profundidad del elemento de cimentación que aplica la presión.

La resistencia de los suelos a la deformación depende, sobre todo, de su resistencia a la fuerza cortante. Esta resistencia a la fuerza cortante equivale a su vez, a la suma de dos componentes fricción y cohesión. El cálculo del valor soporte se realizó aplicando el método de Terzaghi, para el ensayo fue triarria, se realizó con una muestra inalterada.

Cálculo de valor soporte

Coeficiente de cohesión = 2.10 t/m^2

Ángulo de fricción interna $\Phi = 17.36^\circ$

Base = 1.75 m

$\gamma_{\text{suelo}} = 1.56 \text{ t/m}^3$

Desplante = 1.80 m

Factor de seguridad = 3.5

$$\phi_{rad} = \frac{\phi * \pi}{180} = \frac{17.36^\circ * \pi}{180} = 0.3029$$

Factor de flujo de carga

$$Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - \phi_{rad}\right) * \tan\phi}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)} = Nq = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 0.3029\right) * \tan 0.3029}}{2 \cos^2\left(45 + \frac{0.3029}{2}\right)} = 12.97$$

Factor de flujo de carga última

$$Nc = \cot\phi * (Nq - 1) = Nc = \cot 0.3029 * (12.97 - 1) = 38.30$$

Factor de flujo de γ

$$N\gamma = 2 * (Nq + 1) * \tan\phi = 2 * (12.97 + 1) * \tan(0.3029) = 8.73$$

Capacidad de portante última

$$q_o = 0.4 * \gamma_{suelo} * B * N\gamma + 1.3 C N_c + \gamma_{suelo} * D * N_q$$

$$q_o = 0.4 * 1.56 * 1.75 * 8.73 + 1.3 * (1.55 * 38.30) + (1.56 * 1.5 * 12.97) = 117.05$$

Capacidad portante neta última

$$q_{on} = q_o + \gamma_{suelo} * D_q = 117.05 - (1.5 * 1.56) = 119.39 \text{ Ton/m}^2$$

Capacidad soporte del suelo

$$V_s = \frac{q_{on}}{F.S.} = V_s = \frac{119.39}{3.5} = 34.11 \text{ Ton/m}^2$$

Se tomará como capacidad soporte del suelo $V_s = 30 \text{ Ton/m}^2$

2.2.4 Normas para el diseño

Para la distribución y disposición de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplican las normas contenidas en el “reglamento de construcciones de edificios escolares”, conjugándolas con criterios personales. Las normas aplicadas en este trabajo se describen a continuación.

2.2.4.1 Criterios de conjunto

- a) Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir y se debe diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.
- b) Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en planta baja no excede el 40% del área total del terreno.
- c) Orientación del edificio: una correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio.

La orientación ideal es de norte a sur, de preferencia abriendo las ventanas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir ventanas bajas.

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

Para el edificio escolar, se tomó en cuenta lo descrito anteriormente, debido a que es una ampliación, el área de construcción ocupará el 100% del terreno; el establecimiento está orientado de norte a sur, lo cual garantiza una correcta iluminación y ventilación; el módulo escolar de 2 niveles, con altura de aulas de 2.90 m, con lo que se cumple el inciso (d).

2.2.4.2 Criterios de iluminación

- a) Generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe de ser abundante y uniforme, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:
- Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
 - Un local pequeño recibe mejor la iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
 - Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como mejor resultado una mejor iluminación.
- b) Tipos de iluminación: por su procedencia, la iluminación se divide en natural y artificial. La iluminación natural, por la ubicación de las ventanas, se divide en unilateral, bilateral y cenital. Estos cuatro tipos

de iluminación, aceptados para los centros educativos, se describen a continuación:

- Iluminación natural unilateral: este caso se da cuando sólo un lado del aula tiene ventanas; las ventanas deben tener un área de 25% a 30% del área total de piso; el techo y el muro opuesto a la ventana deben ser claros; y el muro opuesto a la ventana estará a una distancia no mayor de 2.5 veces la altura del muro de ventana.
- Iluminación natural bilateral: este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula; las ventanas deben tener un área de iluminación entre 25% a 30%.
- Iluminación natural cenital: en este caso, la iluminación es por medio de ventanas colocadas en el techo del aula, para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15% a 20% del área total de piso.
- Iluminación artificial: este caso se acepta únicamente cuando sea muy justificado; debe ser difuso, para evitar molestias en la vista; también debe ser lo más parecido a la iluminación natural.

Para la iluminación del edificio escolar, se tomó el concepto de iluminación natural bilateral, ya que el edificio está orientado de norte a sur, teniendo un área de iluminación del 25%. Para la iluminación artificial, se colocaron lámparas de 2x40 tipo industrial, en losas y lámparas de pared en los pasillos.

2.2.4.3 Otros criterios

- a) Ventilación: la cantidad disponible de aire en el ambiente tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.

- b) Criterios de color: desde el punto de vista físico, el color de los ambientes, optimiza la iluminación de los mismos; desde el punto de vista psicológico, los colores influyen en el estado de ánimo del usuario del aula.
- c) Confort acústico: es importante que en un centro educativo exista confort acústico, ya que éste influye grandemente en el estado anímico y el grado de concentración del alumno. Para el confort acústico es necesario que no exista ninguna interferencia sonora entre los ambientes, ni ruidos que sobrepasen los límites aceptables de tolerancia.

Para la edificación escolar, la ubicación de la escuela facilitó la ventilación debido a que el viento va de norte a sur. El lugar donde se localiza la escuela, el tránsito es escaso, por lo cual el ruido vehicular no afecta.

2.2.4.4 Instalaciones

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas. En su diseño y colocación se debe de garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación.
- Capacidad adecuada para prestar el servicio.
- Duración razonable y economía de mantenimiento.
- Servicio constante.
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales.

Las instalaciones a diseñar en el edificio escolar son instalaciones eléctricas.

2.2.4.5 Aula teórica

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

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

- La capacidad óptima en el nivel básico es de 30 alumnos, pero se permite un máximo de 40 alumnos.
- El área óptima por alumno es de 1.50 m², pero si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de 1.30 m².

2.2.5 Diseño arquitectónico

Las aulas se diseñaron con capacidad de 35 alumnos, necesitando un área mínima de 1.30 m², y un área interna de salón de 46.49 m². Tiene forma rectangular de 5.67x8.20 m.

El diseño arquitectónico se hace para obtener una buena distribución de ambientes y la forma de las mismas, para lograr una buena comodidad y que el edificio sea funcional.

El proyecto consistirá en la construcción de seis aulas, la cual serán utilizadas para primaria y básico, además tendrá un ambiente para reuniones de docentes y la dirección.

Ubicación del edificio en el terreno

El módulo está orientado de Norte a Sur, el edificio de aulas abarca todo el área descrita, con espacio disponible para una evacuación segura.

Altura del edificio

Se escoge hacer el edificio de dos niveles por razón de espacio disponible; esto cumple con la norma de tres niveles como máximo.

La altura de todos los ambientes es la misma y se deja con estas medidas para dar confort, tanto en los ambientes como en los espacios de circulación. La altura de piso a cielo es de 2.90 m.

Selección del sistema estructural a utilizar

Elegir un sistema estructural no requiere de operaciones matemáticas, sino que conlleva a muchas consideraciones, las determinan objetivos importantes:

- Se debe cumplir los requisitos de funcionalidad de la edificación.
- La estructura debe soportar las cargas.
- Una estructura segura y económica.

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

2.2.6 Análisis estructural

2.2.6.1 Pre-dimensionamiento estructural

El pre-dimensionamiento de la viga se puede realizar con base en el criterio. Por cada metro lineal libre de luz, aumentar ocho centímetros de peralte y la base equivale a ½ del peralte.

El método ACI 318 en el capítulo 9 tabla 9.5(a). (Ver tabla XIX), da diferentes situaciones para pre-dimensionamiento. Para este caso se considera una viga continua en un extremo.

**Tabla XI. Alturas o espesores mínimos de vigas no pre-esforzadas
código ACI – 318**

	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 a 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	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Longitud de viga longitudinal= 5.67 m

Peralte

$$h_{\text{viga}} = 8\% * \text{Longitud de viga}$$

$$h_{\text{viga}} = 0.08 * 5.67 \text{ m} = 0.45 \text{ m}$$

$$h_{\text{viga}} = \frac{\ell}{18.5} = \frac{5.67}{18.5} = 0.31 \text{ m} \quad h_{\text{promedio}} = \frac{0.31+0.45}{2} = 0.38 \text{ m} \approx 0.40 \text{ m}$$

Base (b)

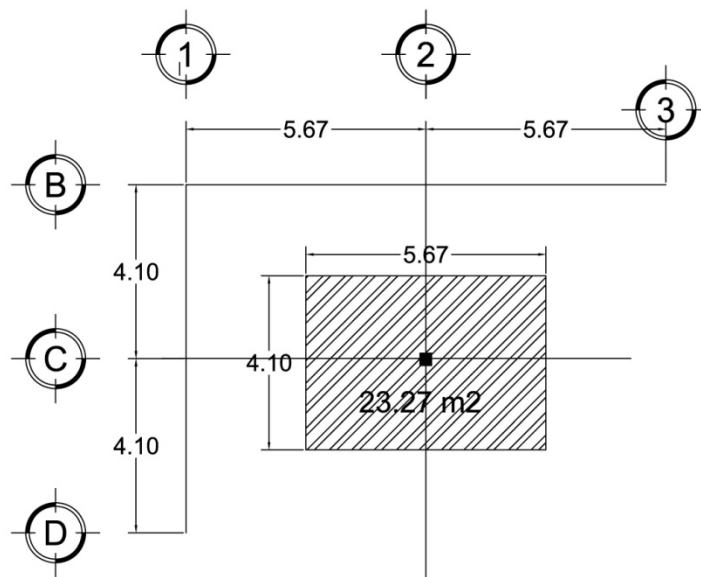
$$b = \frac{h_{\text{promedio}}}{2} = \frac{0.40 \text{ m}}{2} = 0.20 \text{ m}$$

Se propone una sección de vigas longitudinales de 20cm x 40 cm

Pre-dimensionamiento de columna:

Como lo considera el código ACI-318 99, en su capítulo 10. Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntual se obtiene el área gruesa de la columna.

Figura 2 Área tributaria columna crítica



Datos

Área tributaria = 23.27 m²

Peso específico del concreto = 2400 kg/m³

Conociendo estos datos se obtiene la carga puntal (P):

$P = \text{Peso Específico} * A_t$; Donde $A_t = \text{Área tributaria}$.

$$P = 2400 \text{Kg} / \text{m}^2 * 23.27 \text{m}^2 = 55,848.00 \text{Kg}$$

Este se multiplica por dos niveles

$$P = 55,848.00 \text{Kg} * 2 = 111.696.00 \text{Kg}$$

Sustituyendo valores en la ecuación de la carga puntal, se obtiene el área gruesa de la columna, utilizando $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ y $f_y=2810 \text{ Kg/cm}^2$.

$$P = 0.80[0.85 * f'c(A_g - A_s) + f_y * A_s]; \quad \text{Donde: } A_s = \rho * A_g$$

$$A_g = \left[\frac{P}{0.80[0.85 * f'c(1 - \rho) + f_y * \rho]} \right]; \quad \text{Donde } \rho = \text{cuantía de acero} = 1\%$$

$$A_g = \left[\frac{111,696.00}{0.80[0.85 * 210(1 - 0.01) + 2810 * 0.01]} \right]$$

$$A_g = 681.69 \text{ cm}^2$$

Se propone una sección de 30cm x 30cm = 900 cm² ≥ 681.69 cm²

Pre-dimensionamiento de losa

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

Relación

$m = a / b < 0.5$ losa trabaja en un sentido

$m = a / b > 0.5$ losa trabaja en dos sentidos

donde a = sentido corto de losa y b = sentido largo de losa

Calculando m para losa de mayor dimensión, con a = 4.10m y b = 5.67m

$$m = \frac{4.10}{5.67} = 0.723 > 0.5 ; \text{ por lo que la losa trabaja en dos sentidos}$$

$$t = \frac{\textit{perimetro}}{180} ; \text{ Donde t = espesor de losa}$$

$$t = \frac{\textit{largo*2+ancho*2}}{180} = \frac{5.67*2+4.10*2}{180} = 0.1085 \approx 0.11 \text{ m}$$

Se propone una losa con un espesor de 11 cm

Pre-dimensionamiento de zapatas

Los cimientos se diseñarán con zapatas aisladas. Ver pre-dimensionamiento de zapatas en la sección 2.2.7.4 Cimientos.

2.2.6.2 Modelos matemáticos de marcos dúctiles

El modelo matemático es un gráfico y representa la forma del marco dúctil y la carga que soporta. Estos sirven para realizar el análisis estructural.

Por la simetría estructural del edificio, se analizan y diseñan únicamente los marcos críticos.

Figura 3 Marco dúctil, sección transversal

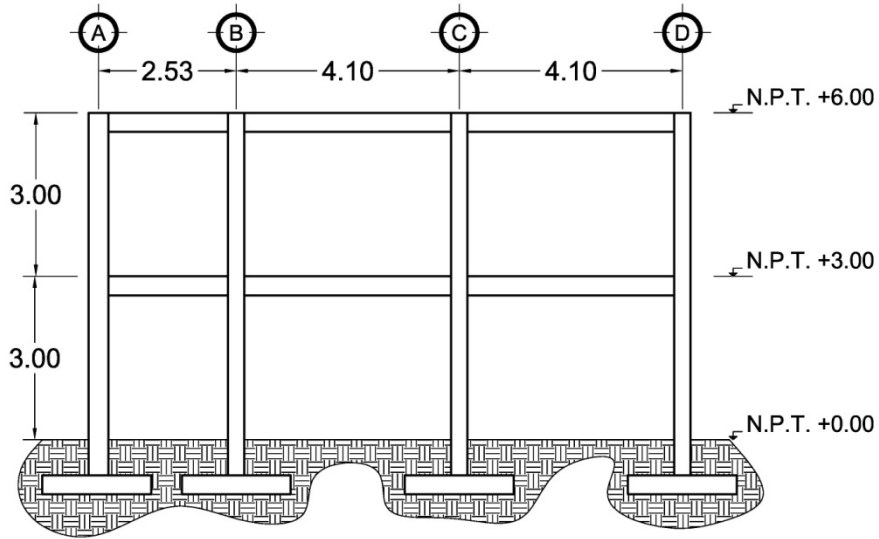


Figura 4 Marco dúctil, sección longitudinal

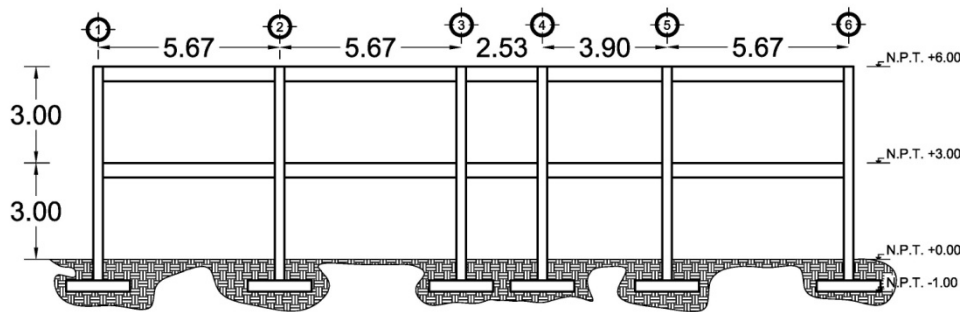
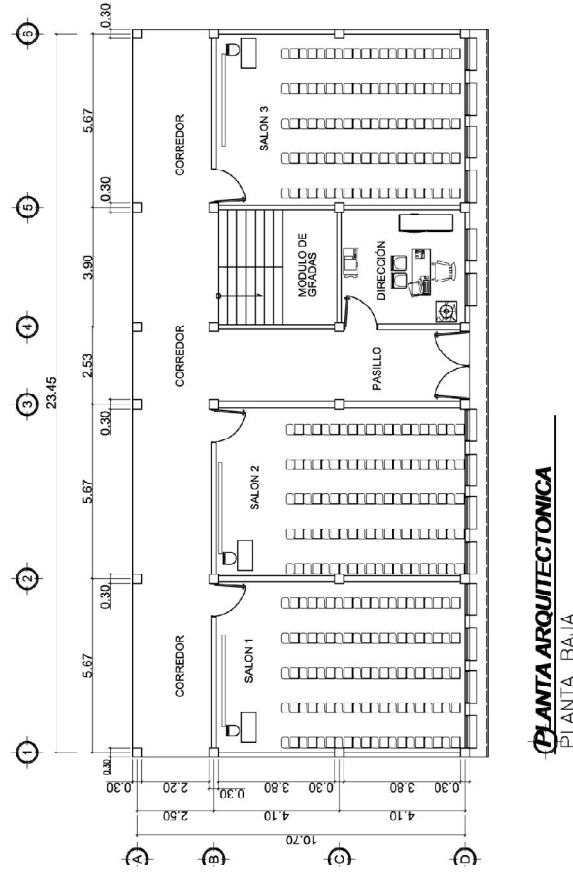


Figura 5 Planta arquitectónica, primer nivel



PLANTA ARQUITECTONICA
PLANTA BAJA

2.2.6.3 Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

Las estructuras están sometidas a cargas de diferente índole, para clasificarlas existen varios criterios, aquí se hace una distinción de acuerdo con la dirección de su aplicación, cargas verticales y horizontales.

2.2.6.4 Cargas verticales en marcos dúctiles

Cargas Vivas:

Son todas las cargas predestinadas a un servicio de utilidad, el cual puede ser de ocupación o mantenimiento. Estas pueden estar total o parcialmente en su sitio y pueden cambiar de ubicación. Su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado, y sus máximas intensidades a lo largo de la vida de la estructura, no se conocen con precisión.

La tabla XX muestra los valores de carga viva para diferentes clasificaciones de ocupación, según la norma AGIES y otros códigos. Estas cargas se deben a seres humanos, equipo y al almacenamiento en general.

Tabla XII. Valores de carga viva

Tipos de ocupación o uso	(kg/m ²)
Vivienda	200
Oficina	250
Hospitales – encamamiento y habitaciones	200
Hospitales – servicios médicos y laboratorio	350
Hoteles – alas de habitaciones	200
Hoteles – servicios y aéreas publicas	500

Escaleras privadas	300
Escaleras públicas o de escape	500
Balcones, cornisas y marquesinas	300
Área de salida y/o escape	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas y aéreas públicas a nivel de calle	500
Salones de reunión	
Con asientos fijos	300
Sin asientos fijos	500
Escenarios y circulaciones	500
Instalaciones deportivas publicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Canchas deportivas	Carga depende del tipo de cancha
Aulas y escuelas	200
Bibliotecas	
Áreas de lectura	200
Depósito de libros	600
Almacenes	
Minoristas	350
Mayoristas	500

Fuente: Normas AGIES NR – 2:200, Pág. 28

Cargas muertas:

Son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición, durante la vida de la estructura.

Para un edificio, las cargas muertas las componen los pesos de las losas, vigas, columnas, muros, techos, ventanas, puertas, instalaciones (drenajes, hidráulicas, eléctricas, otras.), acabados y otros.

Estas cargas se determinan con bastante exactitud, dependiendo de los materiales que se utilicen, los pesos se determinan a partir de las densidades y tamaños.

- Cargas muertas y vivas aplicadas al diseño de la ampliación del edificio escolar:

Carga muerta (CM)

Concreto = 2,400 kg/m³

Mampostería = 1,600 kg/m³

Acabados = 80 kg/m³

Carga viva (CV)

Techos = 100 kg/m²

Aulas = 200 kg/m²

Escaleras = 500 kg/m²

Peso de la estructura

Para realizar el cálculo, se define la distribución de los elementos estructurales dentro del edificio. En la figura 5 se muestra la planta del edificio escolar.

a. Segundo nivel

Carga muerta

$$W_{\text{losa}} = 261.14\text{m}^2 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot 0.11\text{m} = 68940.96 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = 152.68\text{m} \cdot 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2,400\text{kg/m}^3 = 29314.56 \text{ kg}$$

$$W_{\text{columnas}} = (0.30\text{m} \cdot 0.30\text{m} \cdot 3.00\text{m} \cdot 2,400 \text{ kg/m}^3 \cdot 24) = 15552.00 \text{ kg}$$

$$W_{\text{acabados}} = 261.14\text{m}^2 \cdot 80\text{kg/m}^2 = 20891.12 \text{ kg}$$

$$\text{Total de la carga muerta} = \quad \mathbf{134698.64 \text{ kg}}$$

Carga viva

$$W_{cv} = 261.14\text{m}^2 \cdot 100 \text{ kg/m}^2 = 26114.00 \text{ kg}$$

Peso del segundo nivel

$$W = W_{CM} + 0.25 W_{cv}$$

$$W = 134698.64 \text{ kg} + 0.25 \cdot (26114.00 \text{ kg}) = 141227.14 \text{ kg}$$

b. Primer nivel

Carga muerta

$$W_{losa} = 261.14\text{m}^2 \cdot 2400 \text{ Kg/m}^2 \cdot 0.11 \text{ m} = 68940.96 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = 152.68\text{m} \cdot 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 = 29314.56 \text{ kg}$$

$$W_{columnas} = 0.30\text{m} \cdot 0.30\text{m} \cdot 4.00\text{m} \cdot 2,400 \text{ Kg/m}^3 \cdot 24 = 20736.00 \text{ kg}$$

$$W_{acabados} = 261.14\text{m}^2 \cdot 80\text{mkg/m}^2 = 20891.20 \text{ kg}$$

$$W_{muros} = 97.93\text{m} \cdot 2.6\text{m} \cdot 150\text{kg/m}^2 = 38192.70 \text{ kg}$$

Total de la carga muerta = 178075.42 kg

Carga viva

$$W_{cv} = \text{Área de Aulas} \cdot CV + (\text{Área de gradas} + \text{Área de pasillos}) \cdot CV$$

$$W_{cv} = 167.16\text{m}^2 \cdot 200 \text{ Kg/m}^2 + 94.09 \cdot 500 \text{ Kg/m}^2 = 80477.00 \text{ kg}$$

Peso del primer nivel

$$W = W_{CM} + 0.25 W_{cv}$$

$$W = 178075.42 \text{ kg} + 0.25 \cdot (80477.00 \text{ kg}) = 198194.67 \text{ kg}$$

Peso total de la estructura = W total

$W_{total} = W_{1nivel} + W_{2nivel}$

$W_{total} = 198194.67 \text{ kg} + 141227.14 \text{ kg}$

$W_{total} = 339421.81 \text{ kg}$

Integración de cargas para el marco C (marco crítico)

Cargas vivas (CV)

Aulas = 200 kg/m^2

Escaleras y pasillos = 500 kg/m^2

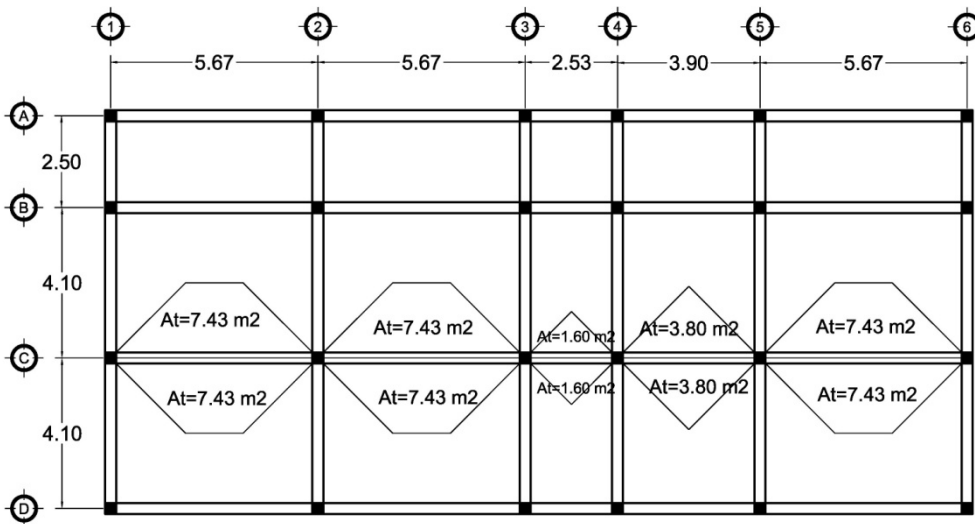
Cargas muertas (CM)

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

Muros = 150 kg/m^2

Acabados = 80 kg/m^2

Figura 6 Planta primer nivel, marco analizado



PRIMER NIVEL

VIGA 1

$$CM = 344\text{kg/m}^2 \cdot (14.86\text{m}^2) / 5.67\text{m} + 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 + 150\text{kg/m}^2 \cdot 3.00\text{m}$$

$$CM = 1541.13 \text{ kg/m}$$

$$CV = 200\text{kg/m}^2 \cdot (14.86\text{m}^2) / 5.67\text{m}$$

$$CV = 524.16 \text{ kg/m}$$

VIGA 2

$$CM = 344\text{kg/m}^2 \cdot (7.60\text{m}^2) / 3.90\text{m} + 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 + 150\text{kg/m}^2 \cdot 3.00\text{m}$$

$$CM = 1312.36 \text{ kg/m}$$

$$CV = 200\text{kg/m}^2 \cdot (3.80\text{m}^2) / 3.90\text{m} + 500\text{kg/m}^2 \cdot (3.80\text{m}^2) / 3.90\text{m}$$

$$CV = 682.05 \text{ kg/m}$$

VIGA 4

$$CM = 344\text{kg/m}^2 \cdot (1.6\text{m}^2) / 2.53\text{m} + 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 + 150\text{kg/m}^2 \cdot 3.00\text{m}$$

$$CM = 859.55 \text{ kg/m}$$

$$CV = 200\text{kg/m}^2 \cdot (1.60\text{m}^2) / 2.53\text{m} + 500\text{kg/m}^2 \cdot (1.60\text{m}^2) / 2.53\text{m}$$

$$CV = 442.68 \text{ kg/m}$$

SEGUNDO NIVEL

VIGA 1

$$CM = 344\text{kg/m}^2 \cdot (14.86\text{m}^2) / 5.67\text{m} + 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3$$

$$CM = 1091.13 \text{ kg/m}$$

$$CV = 100\text{kg/m}^2 \cdot (14.86\text{m}^2) / 5.67\text{m}$$

$$CV = 262.08 \text{ kg/m}$$

VIGA 2

$$CM = 344\text{kg/m}^2 \cdot (7.60\text{m}^2) / 3.90\text{m} + 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3$$

$$CM = 862.36 \text{ kg/m}$$

$$CV = 100\text{kg/m}^2 \cdot (3.80\text{m}^2) / 3.90\text{m}$$

$$CV = 97.44 \text{ kg/m}$$

VIGA 4

$$CM = 344\text{kg/m}^2 \cdot (1.6\text{m}^2) / 2.53\text{m} + 0.20\text{m} \cdot 0.40\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3$$

$$CM = 409.55 \text{ kg/m}$$

$$CV = 100\text{kg/m}^2 \cdot (1.60\text{m}^2) / 2.53\text{m}$$

$$CV = 63.24 \text{ kg/m}$$

Este procedimiento se aplicó a todos los marcos de la estructura, para integrar las cargas. Las figuras 7 y 8 muestran los modelos de carga muerta y viva en marcos críticos.

Figura 7 Carga muerta y carga viva, marco 4

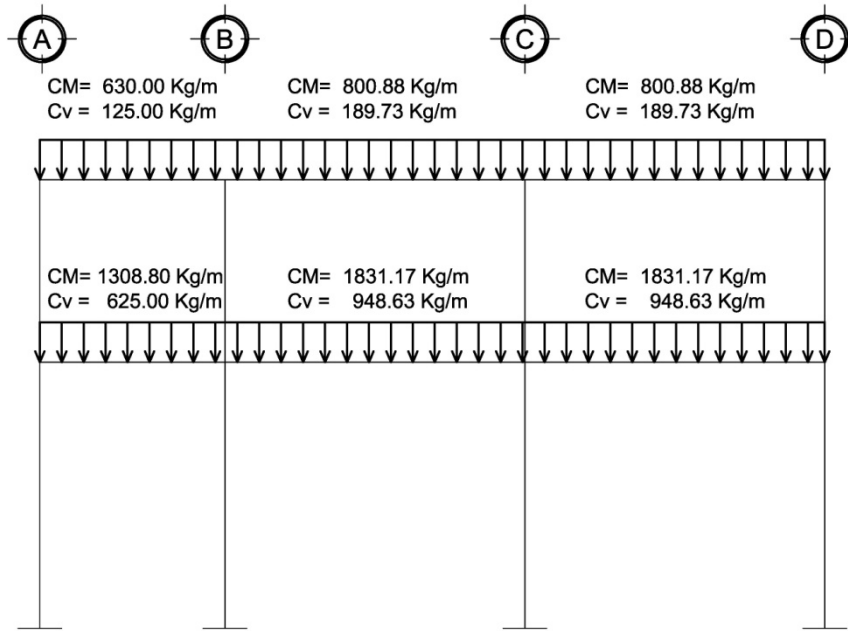
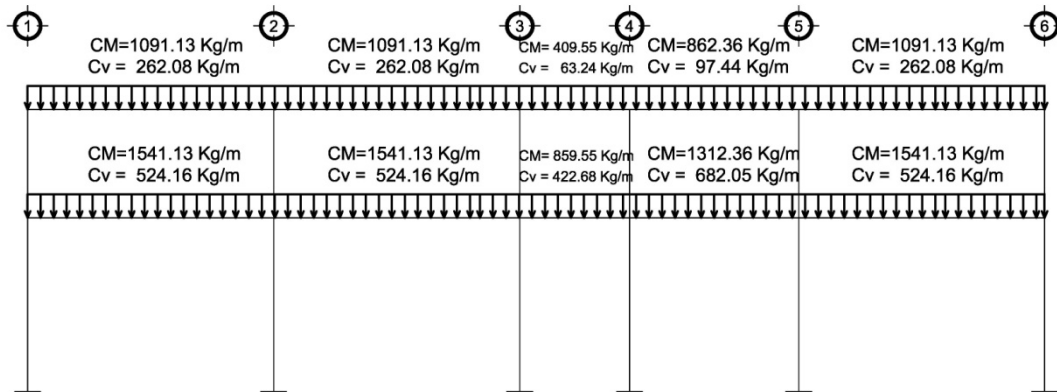


Figura 8 Carga muerta y carga viva, marco C



2.2.6.5 Cargas horizontales en marcos dúctiles

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

Fuerzas sísmicas

La carga sísmica depende del peso de la estructura, se considera que la estructura se mantiene fija en su base, siendo este el punto de aplicación de la fuerza, que se denomina Corte Basal (V) y se transmite a los elementos estructurales, proporcional a las rigideces y posición con respecto al centro de rigidez.

Guatemala es un país con riesgo sísmico, por tal razón se diseñan los edificios tomando en cuenta este fenómeno. En este caso, se aplicó el método SEAOC, el cual se describe a continuación.

$$V = ZIKCSW$$

Dónde: $ZIKCS$, son coeficientes que dependen del tipo de estructura, suelo, importancia, intensidad del sismo y zona sísmica y W es el peso muerto total de la estructura más el 25% de las cargas vivas de diseño.

V = Corte basal o corte en la base.

Z = Coeficiente que depende de zona sísmica donde se encuentra el edificio. En este caso es 1, considerando que el municipio de Ciudad Vieja se localiza

dentro de la zona 3, que representa zona de riesgos de daños mayores (Ver anexo 1 mapa y tabla de zonificación sísmica en Guatemala).

W = Peso propio de la estructura más el 25% de las cargas vivas.

I = Coeficiente que depende del uso que se le va a dar a la estructura después de que ocurra el evento. Tiene un rango de $1.10 < I < 1.50$ según sea la importancia. Por ser un edificio escolar se adoptó un valor de 1.40. $C = \frac{1}{15 \cdot \sqrt{T}}$; se conoce también como el coeficiente sísmico. T es el período fundamental de vibración de la estructura, en segundos;

$T = \frac{0.09 \cdot H}{\sqrt{b}}$, donde H = altura del edificio y b = base del edificio en dirección paralela a las fuerzas aplicadas.

El valor C debe ser menor que 0.12, si resulta mayor se utilizará 0.12.

S = Coeficiente que depende del tipo de suelo. Si se desconoce las características del suelo, utilizar 1.5

El producto C*S no debe ser mayor a 0.14, de lo contrario se utilizará 0.14.

K = Coeficiente que depende del tipo de estructura, considera la propiedad de absorción de energía inelástica de los marcos resistentes a los momentos, también la redundancia de los marcos, o la segunda línea de defensa, presente en la mayor parte de los marcos completos, aunque no están diseñados para resistir cargas laterales. Los edificios que no poseen, por lo menos, un marco espacial de apoyo de cargas verticales se le asignan un valor alto, $K=0.67$, es el valor sugerido por la *Uniform Building Code*, para marcos dúctiles con nudos rígidos.

Cálculo del corte basal (V)

El sismo no actúa en una dirección determinada con respecto al edificio. Por tal razón se necesita evaluar el corte basal en las direcciones X y Y; con los

valores resultantes se puede diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Cálculo del coeficiente C

$$T_x = \frac{0.09 * 7.00}{\sqrt{23.45}} = 0.13$$

$$C_x = \frac{1}{15 * \sqrt{0.13}} = 0.185 > 0.12, \text{ usar } C_x = 0.12$$

$$T_y = \frac{0.09 * 7.00}{\sqrt{10.70}} = 0.19$$

$$C_y = \frac{1}{15 * \sqrt{0.19}} = 0.152 > 0.12, \text{ usar } C_y = 0.12$$

Chequeo $C * S \leq 0.14$

$$C_x * S = 0.12 * 1.15 = 0.18$$

$$C_y * S = 0.12 * 1.15 = 0.18$$

Como ambos productos no cumplen, tomar $C * S = 0.14$

Sustituyendo valores:

$$V_x = 1.00 * 1.50 * 0.67 * 0.14 * 339421.81 \text{ kg} = 47,756.65 \text{ kg} = 47.76 \text{ ton}$$

$$V_y = 1.00 * 1.50 * 0.67 * 0.14 * 339421.81 \text{ kg} = 47,756.65 \text{ kg} = 47.76 \text{ ton}$$

Fuerzas por nivel

La fuerza total lateral V, se distribuye en toda la altura de la estructura, de acuerdo a la fórmula:

$$F_i = \frac{(V - Ft) * WiHi}{\sum WiHi}$$

Donde

W_i = peso de cada nivel

H_i = altura de cada nivel

V = corte basal

F_t = fuerza en la cúspide

F_i = fuerza por nivel

Fuerza concentrada en la cúspide; según las condiciones siguientes:

Si $T < 0.25$ segundos, $F_t = 0$

Si $T > 0.25$ segundos; calcular $F_t = 0.07 * T * V$

Donde T = período fundamental de la estructura

En nuestro cálculo la fuerza en la cúspide F_t es igual a 0 en los dos sentidos, ya que T_x y T_y son menores a 0.25 segundos.

Como $V_x = V_y$ entonces $F_{ix} = F_{iy}$, por lo que solo analiza en un sentido.

Fuerza por nivel

$$F_{1x} = F_{1y} = \frac{(47,756.65-0)(198194.67*4.00)}{(198194.67*4.00)+(141227.14*7.00)} = 21,253.58 \text{ Kg}$$

$$F_{2x} = F_{2y} = \frac{(47,756.65-0)(141227.14*7.00)}{(198194.67*4.00)+(141227.14*7.00)} = 26,503.07 \text{ Kg}$$

Comprobación

$$V_x = V_y = F_t + F_1 + F_2 = 0 + 21,253.58 \text{ kg} + 26,503.07 \text{ kg} = 47,756.65 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco

La distribución de cargas sísmicas depende de la simetría estructural, si hay excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa, la capacidad

torsional del edificio se ve afectada, los marcos con mayor excentricidad, reciben una fuerza de marco (F_m) mayor, a los de menor excentricidad. Por ello deberán ser diseñados para soportar mayores cargas sísmicas.

Si no hay excentricidad, la fuerza de piso se divide dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos son asimétricos la fuerza de piso F_i , se divide proporcional a la rigidez de los mismos.

En este caso los marcos son asimétricos, por lo que hay torsión en la estructura.

Fuerzas por marco en sentido X-X'

Un método simplificado de analizar la torsión en las estructuras, consiste en considerar separadamente los desplazamientos relativos del edificio, ocasionados por la traslación y rotación en cada piso, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel, estas fuerzas tendrán un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortantes por torsión en proporción a su rigidez. Los momentos de entrepiso se distribuyen en los diversos marcos y muros del sistema resistente a fuerzas laterales, de manera congruente con la distribución de los cortantes de entrepiso.

Según el tipo de estructura que se esté analizando, así será el tipo de apoyo y por lo tanto, la ecuación de la rigidez a usar.

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

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{3EI} + \frac{1.2Ph}{AG}}$$

$$I = \frac{1}{12}bh^3$$

$$E = 15,100 \sqrt{f'c}$$

$$G = 0.40E$$

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

$$K = \frac{1}{\frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1.2Ph}{AG}}$$

Dónde:

P = carga asumida, generalmente 10,000 kg

h = altura del muro o columna analizada en centímetros

E = módulo de elasticidad del concreto

I = inercia del elemento, en cm⁴

A = sección transversal de la columna analizada

G = módulo de rigidez

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

Fuerza del marco por torsión

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

$$F_m = F_i' \pm F_i''$$

F_m = Fuerza por marco

Fórmulas a aplicar:

$$F_i' = \frac{K_m * F_n}{\sum K_m} \quad F_i'' = \frac{e * F_n}{E_i} \quad E_i = \frac{\sum (K_m * d_i)^2}{K_m * d_i}$$

Dónde:

K_m = rigidez del marco analizado

$\sum K_m$ = sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga.

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo de palanca de cada marco

d_i = distancia entre el CR y el eje de cada marco considerado

e = excentricidad

Para primer nivel en dirección X

La rigidez de la columna se trabaja como doblemente empotrada, por ser primer nivel de un edificio multinivel.

$$P = 10,000.00 \text{ Kg}$$

$$E = 15100 * (210 \text{ kg/cm}^2)^{1/2} = 218819.8$$

$$G = 0.4 * 218819.8 = 87527.92$$

$$I = 1/12 * (30) * (30)^4 = 67500.00 \text{ cm}^4$$

$$K = \frac{1}{\frac{10000.00 \cdot 300^3}{12 \cdot 218819.8 \cdot 67500.00} + \frac{1.2 \cdot 10000.00 \cdot 300}{30 \cdot 30 \cdot 87527.92}}$$

$$K = 0.637$$

$$K_m = 0.637 \cdot 6 = 3.82$$

Tabla XIII. Centro de rigidez primer nivel

Marco	Rigidez (Km)	Brazo (L)	K*L
A	3.82	0	0
B	3.82	2.5	9.55
C	3.82	6.6	25.212
D	3.82	10.7	40.874
Σ	15.28		75.636

Centro de rigidez

$$C.R. = \frac{\sum K \cdot L}{\sum K_m}$$

$$C.R. = \frac{75.636}{15.28} = 4.95 \text{ m}$$

Tabla XIV. Centro de masa

Sección	Área (m ²)	CM/m ²	W (Kg)	X (m)	Wx (Kg-m)	Y (m)	Wy (Kg-m)
A	261.14	758.96	198194.67	11.87	2352570.73	5.50	1090070.69
TOTALES			198194.67		2352570.73		1090070.69

$$X_{cm} = \frac{\sum Wx}{w}$$

$$X_{cm} = \frac{2352570.73}{198194.67} = 11.87 \text{ m}$$

$$Y_{cm} = \frac{\sum Wy}{w}$$

$$Y_{cm} = 1090070.69 / 19819.67 = 5.50 \text{ m}$$

Excentricidad en Y = e_y

$$e_x = |CM_x - CR_x| = |5.50 - 4.95| = 0.55 \text{ m}$$

$e_{mín} = 0.05 * b$; donde b = lado perpendicular donde actúa la carga.

$$e_{mín} = 0.05 * 10.70 \text{ m} = 0.535 \text{ m}, \text{ por lo tanto se toma } e_x = 0.55 \text{ m}$$

Tabla XV. Calculo de módulo de inercia EI

Marco	No. Col	Ri	Di	Ridi ²	EI
A	6	1	4.95	147.02	14.38
B	6	1	2.45	36.02	58.68
C	6	1	-1.65	16.34	129.38
D	6	1	-5.75	198.38	10.65
TOTAL				397.74	

Tabla XVI. Calculo de fuerzas por Marco

Marco	e_y	Fm'	FM''	FM (Kg)
D	0.55	16.61	0.64	17240.52
C	0.55	16.61	0.16	16760.86
B	0.55	16.61	0.07	16675.82
A	0.55	16.61	0.86	17462.46

La fuerza por marco, en primer nivel sentido X, se toma la mayor (crítica), para que cubra todas las cargas sísmicas

$$F_m = 17,462.46 \text{ kg}$$

Para segundo nivel en dirección X

La rigidez de la columna se trabaja como doblemente empotrada, por ser primer nivel de un edificio multinivel.

$$P = 10,000.00 \text{ kg}$$

$$E = 15100 \cdot (210 \text{ kg/cm}^2)^{1/2} = 218819.8$$

$$G = 0.4 \cdot 218819.8 = 87527.92$$

$$I = 1/12 \cdot (30) \cdot (30)^4 = 67500.00 \text{ cm}^4$$

$$K = \frac{1}{\frac{10000.00 \cdot 300^3}{3 \cdot 218819.8 \cdot 67500.00} + \frac{1.2 \cdot 10000.00 \cdot 300}{30 \cdot 30 \cdot 87527.92}}$$

$$K = 0.1629$$

$$K_m = 0.1629 \cdot 6 = 0.9774$$

Tabla XVII. Centro de rigidez segundo nivel

Marco	Rigidez (Km)	Brazo (L)	K*L
A	0.98	0.00	0.00
B	0.98	2.50	2.44
C	0.98	6.60	6.45
D	0.98	10.70	10.46
Σ	3.91		19.35

Centro de rigidez

$$C.R. = \Sigma K \cdot L / \Sigma K_m$$

$$C.R. = 19.35 / 3.91 = 4.95 \text{ m}$$

Centro de masa

Es la misma distribución estructural que la del primer nivel

$$C.M_x = 5.77 \text{ m}$$

Excentricidad en X = e_x

$e_x = e_{mín} = 0.58 \text{ m}$

Tabla XVIII. Cálculo de módulo de inercia EI

Marco	No. Col	Ri	Di	Ridi ²	EI
A	6	1	4.95	147.02	2.71
B	6	1	2.45	36.02	11.04
C	6	1	-1.65	16.34	24.35
D	6	1	-5.75	198.38	2.00
TOTAL				397.74	

Tabla XIX. Cálculo de fuerzas por marco

Marco	e_y	Fm'	FM''	FM
D	0.55	10.70	2.93	13631.98
C	0.55	10.70	0.24	10939.13
B	0.55	10.70	0.53	11230.25
A	0.55	10.70	2.17	12872.23

La fuerza por marco, en segundo nivel sentido X, se toma la mayor (crítica), para que cubra todas las cargas sísmicas

Fm = 13,631.98 Kg

Este procedimiento se aplicó para la dirección Y-Y'. Los modelos por carga sísmica de los marcos C y 4, se pueden observar en las figuras 9 y 10 respectivamente.

Figura 9 Centro de masa y centro de rigidez

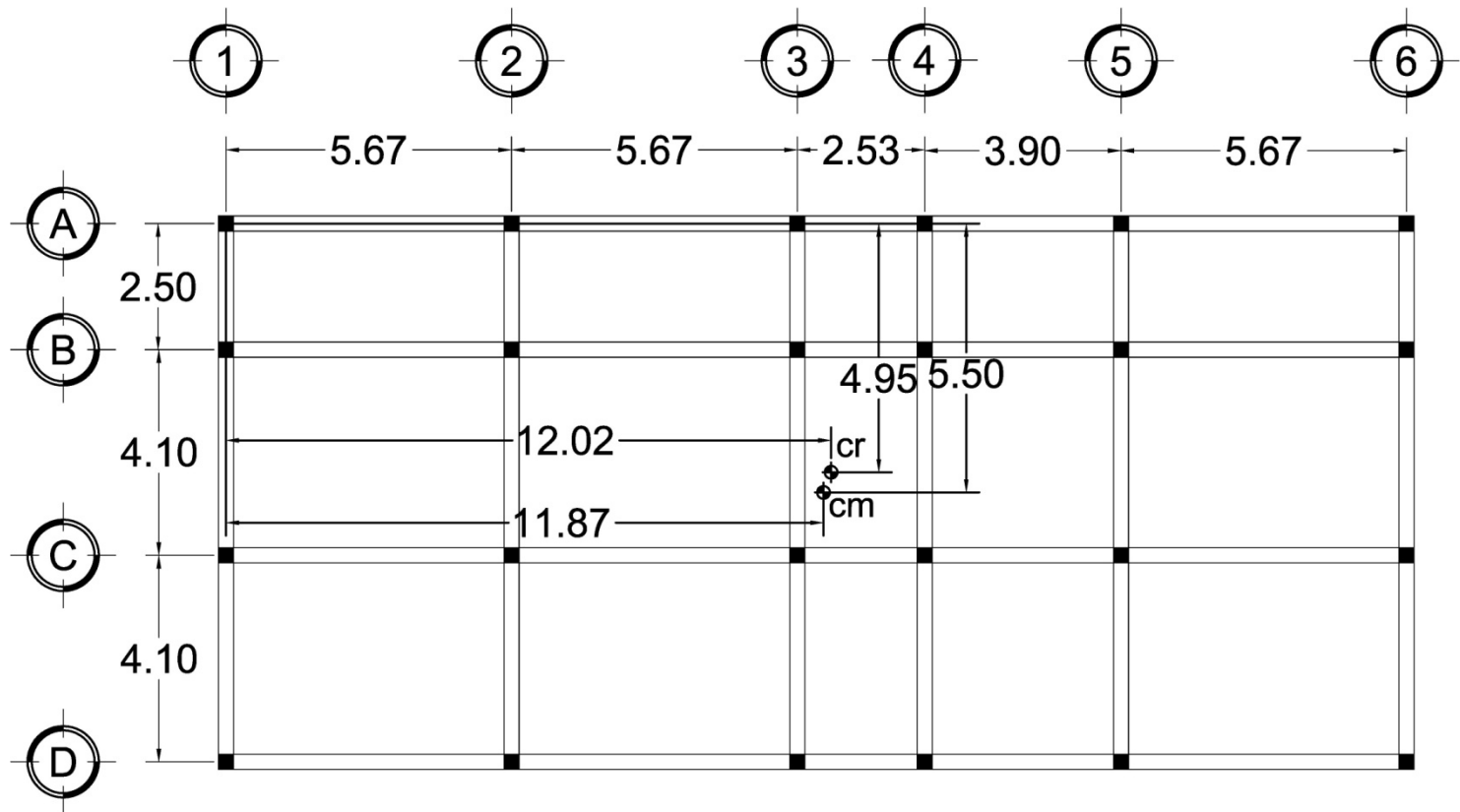


Figura 10 Carga por sismo, marco 4

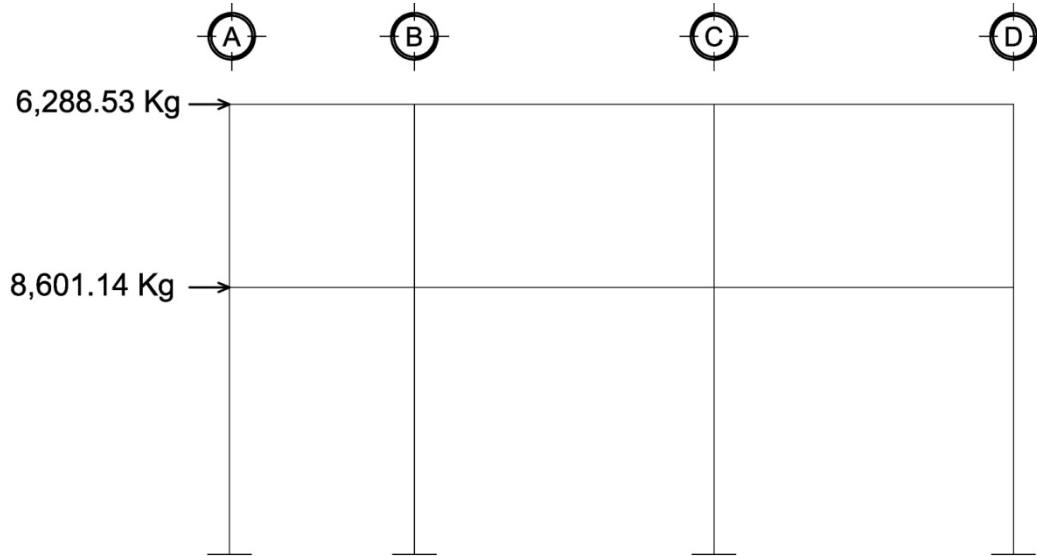
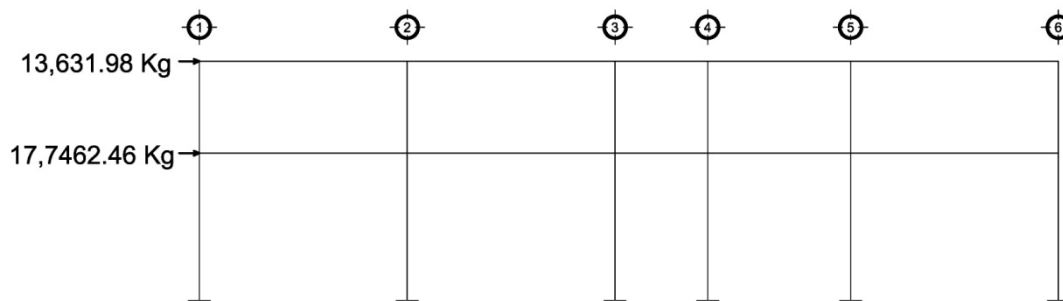


Figura 11 Carga por sismo, marco C



2.2.6.6 Análisis de marcos dúctiles aplicando software *Etabs* y comparación de resultados con el método de *Kani*

El análisis de marcos espaciales dúctiles con nudos rígidos, se realizó aplicando el software ETABS V9.0.0, programa de análisis tridimensional y diseño, ideal para este tipo de edificios. Para realizar el cálculo se tomó en cuenta las fuerzas verticales por cargas vivas y muertas, que se supone actúan uniformemente distribuidas sobre las vigas, y las fuerzas horizontales producidas por sismo.

A manera de comprobación se analizó la estructura con el método de análisis aproximado *Kani*, los resultados de ambos métodos variaron en un margen del 2%, por lo que para efectos de diseño, se tomaron los resultados del método de *Kani*, por ser resultados más conservadores.

Ver figuras de la 12 a 23, donde se presentan los diagramas de momentos resultantes en los marcos críticos, analizados para los diferentes tipos de carga actuante

Figura 12 Momentos por carga muerta vigas, marco C

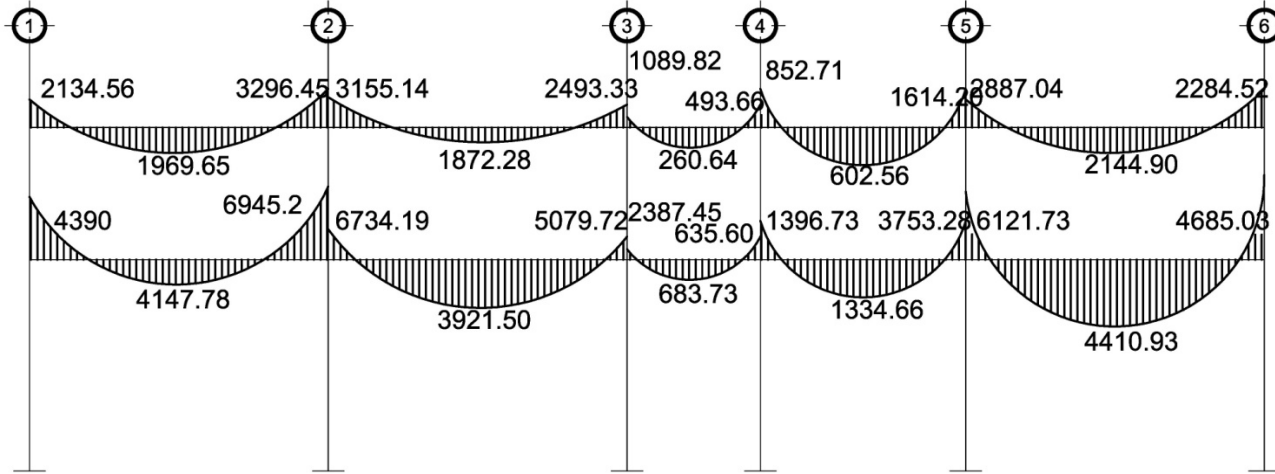


Figura 13 Momentos por carga muerta columnas, marco C

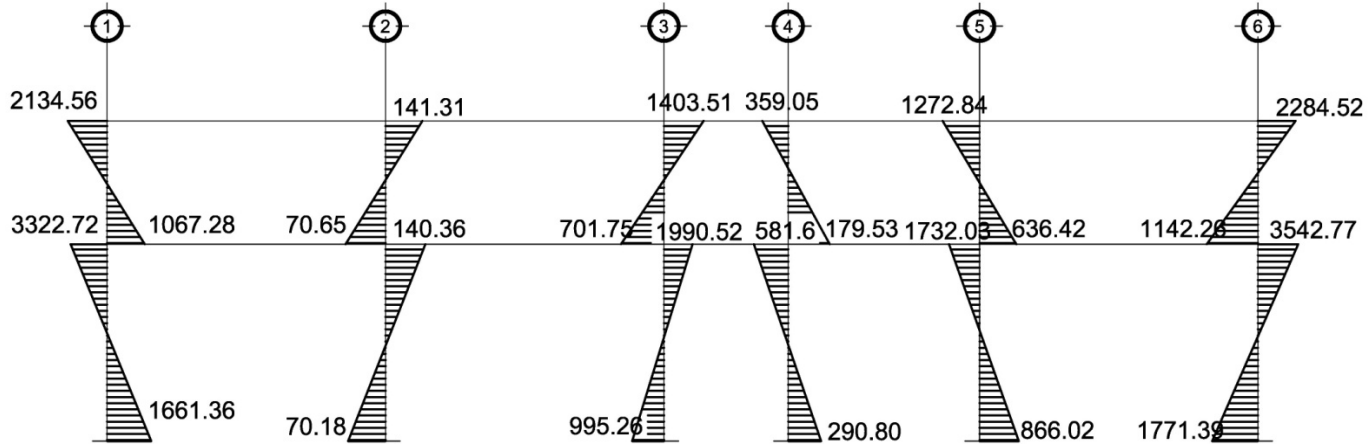


Figura 14 Momentos por carga viva vigas, marco C

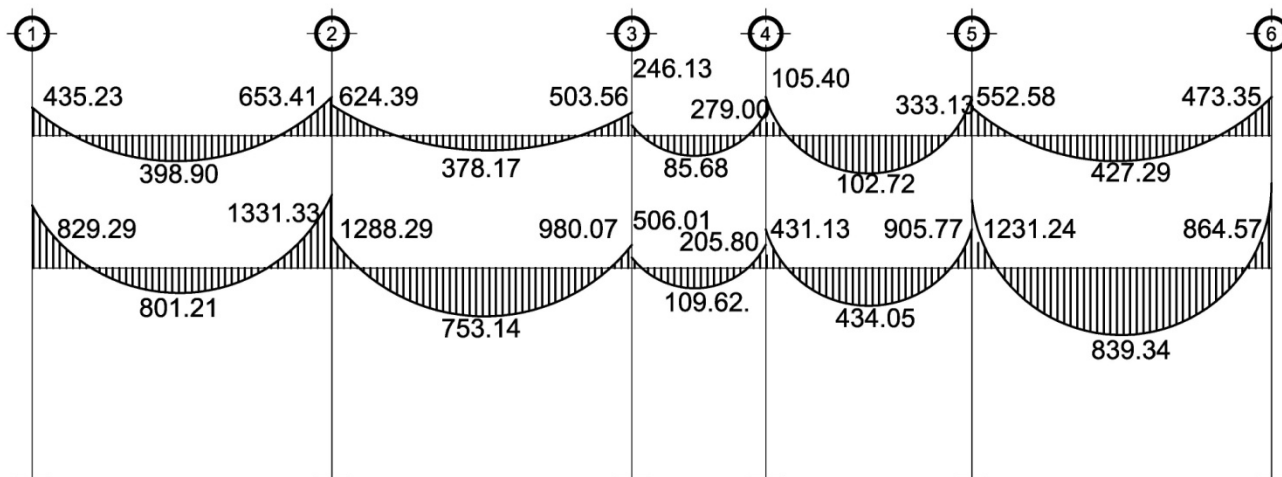


Figura 15 Momentos por carga viva columnas, marco C

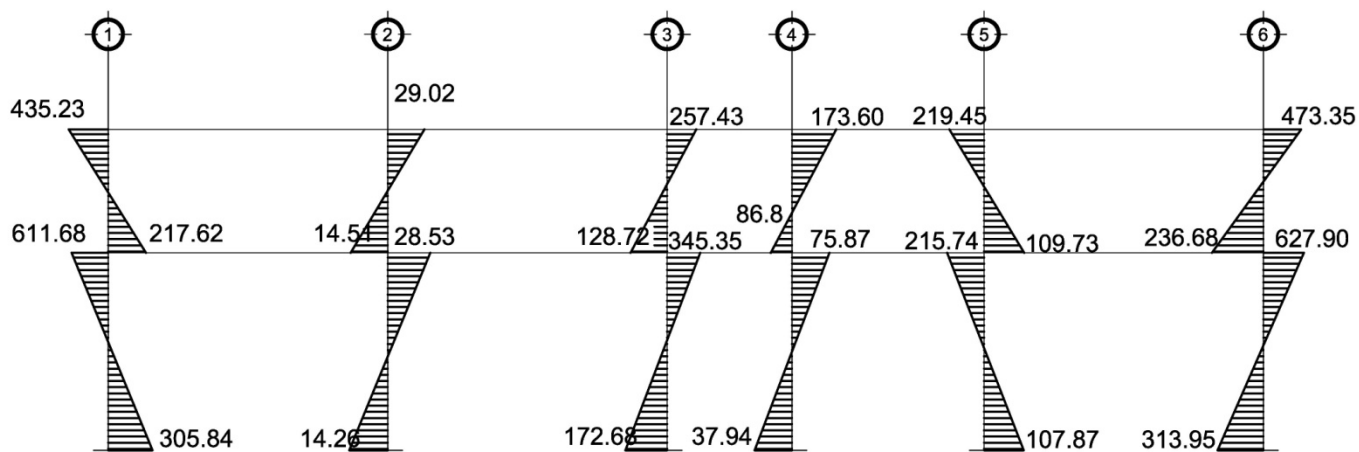


Figura 16 Momentos por carga sismo vigas, marco C

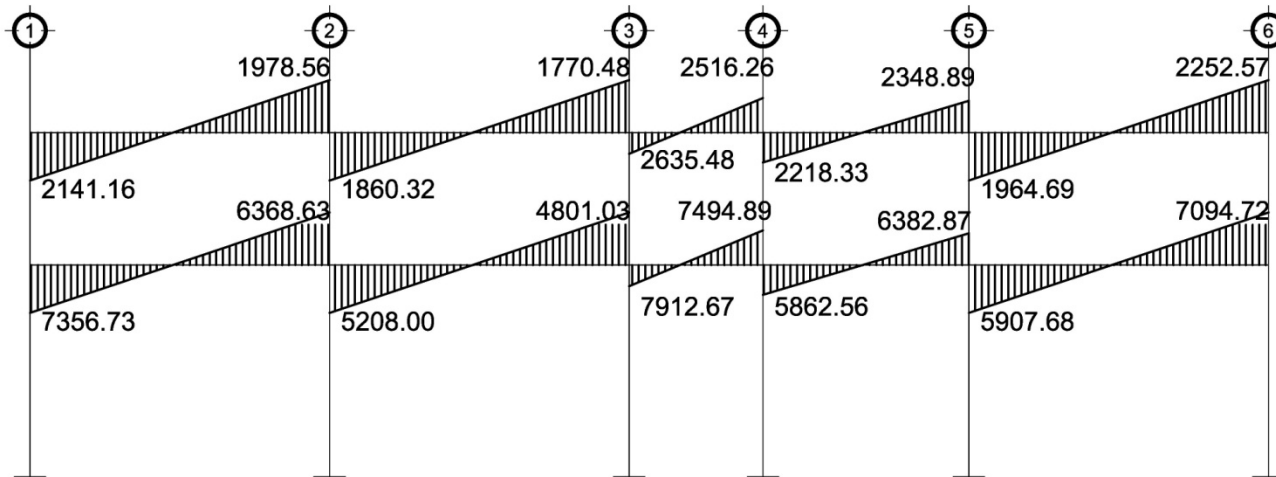


Figura 17 Momentos por carga sismo columnas, marco C

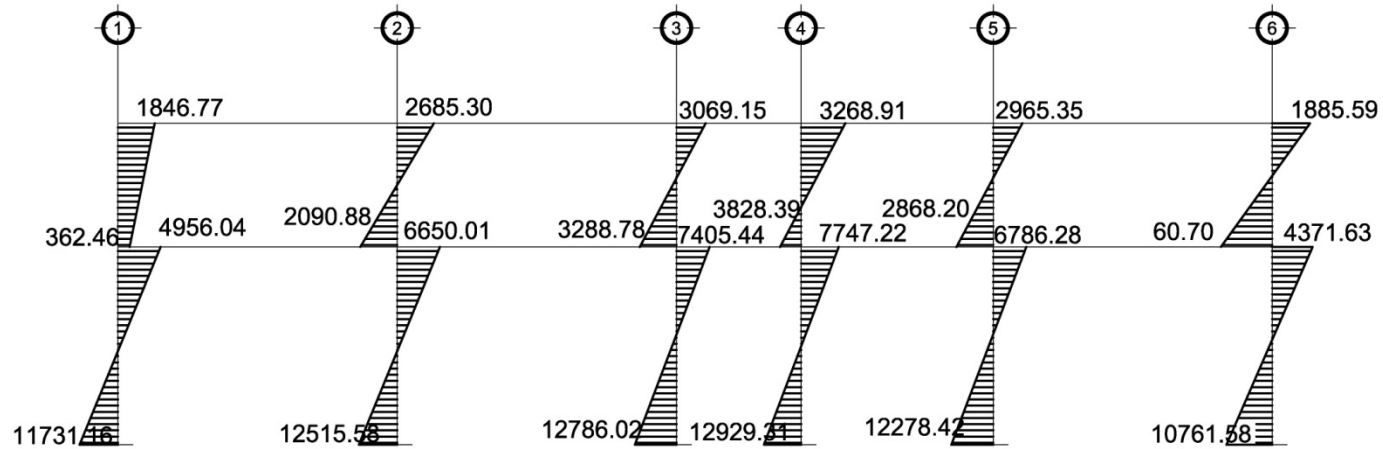


Figura 18 Momentos por carga muerta vigas, marco 2

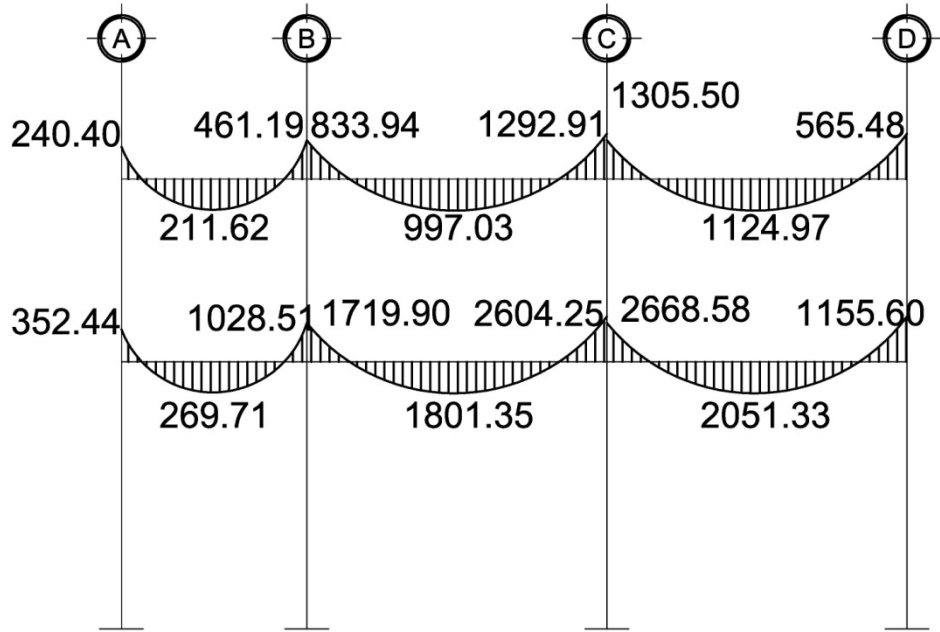


Figura 19 Momentos por carga muerta columnas, marco 2

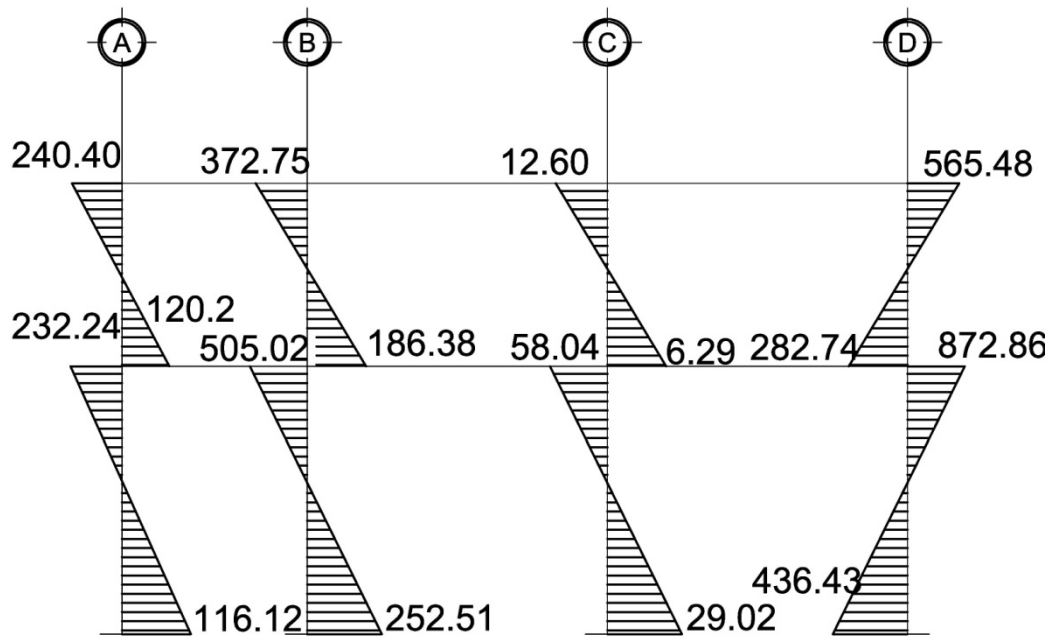


Figura 20 Momentos por carga viva vigas, marco 2

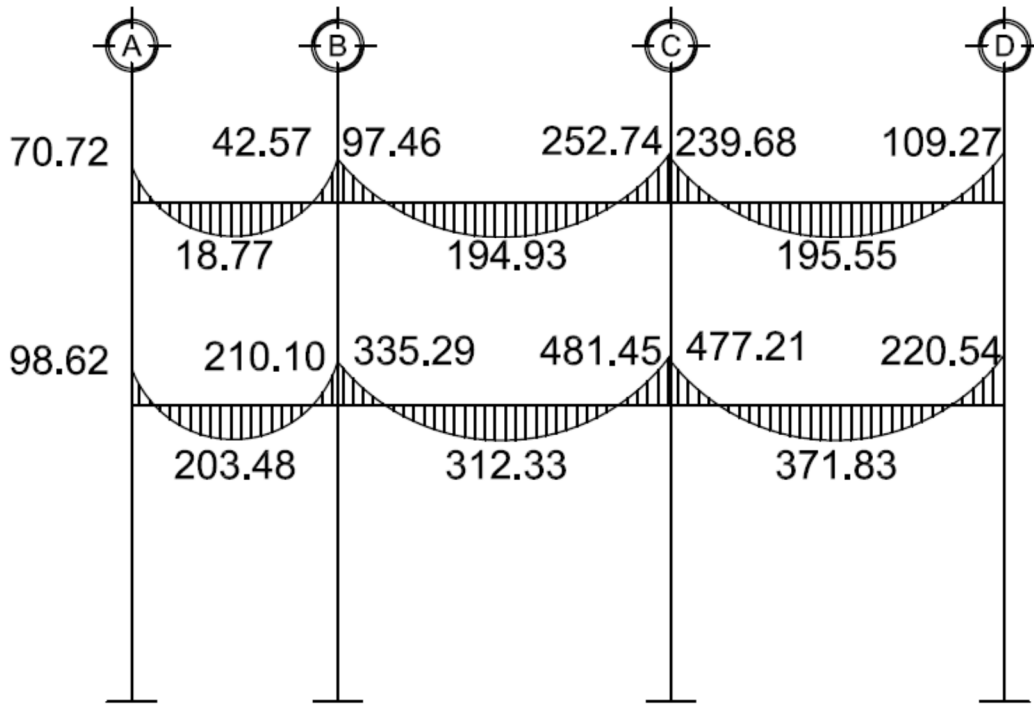


Figura 21 Momentos por carga viva columna, marco 2

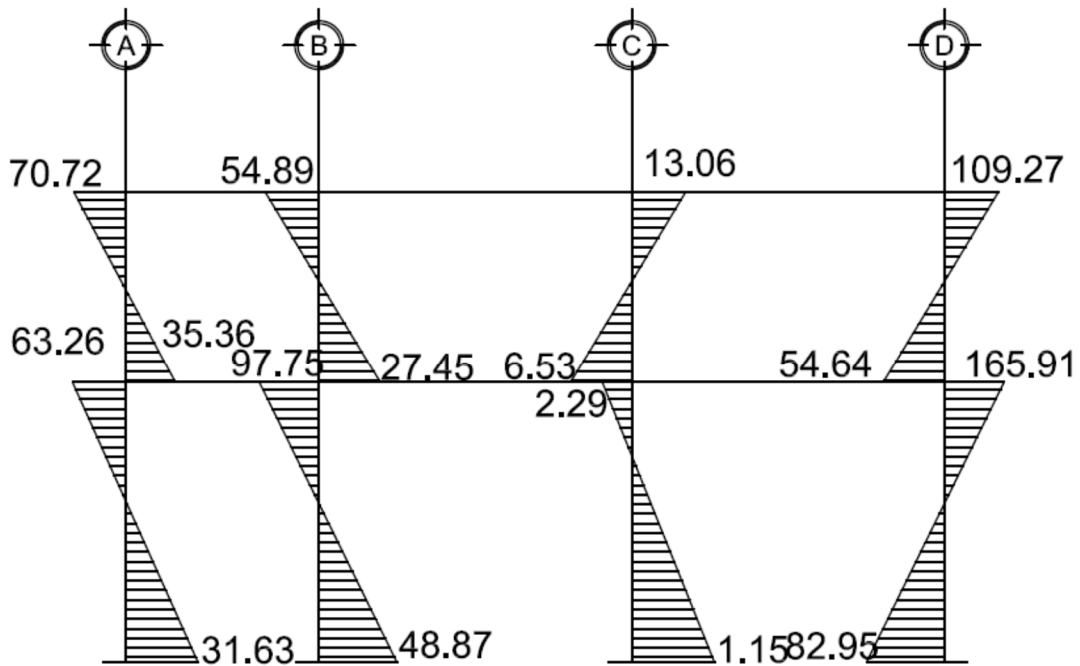


Figura 22 Momentos por carga sismo vigas, marco 2

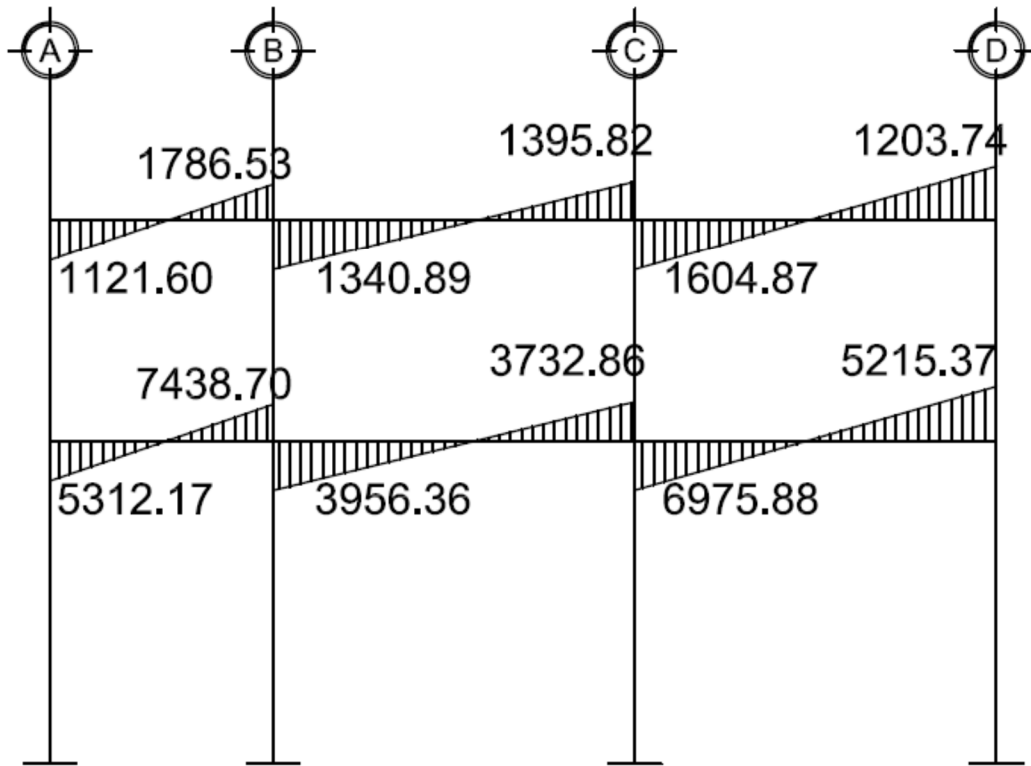
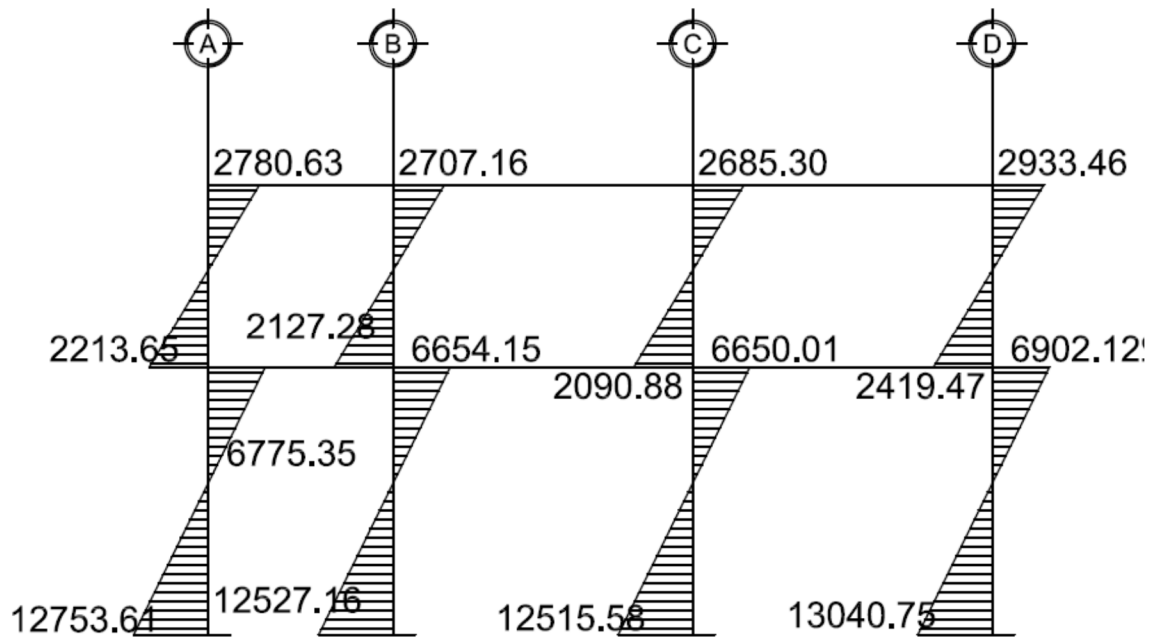


Figura 23 Momentos por carga sismo columnas, marco 2



2.2.6.6.1 Momento último por envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo, las combinaciones que se usan son del código ACI para concreto reforzado.

La fuerza de corte y momentos flectores se toman a rostro para el diseño estructural. Para diseño se toman los valores máximos.

1.- $M = 1.4MCM + 1.7MCV$

2.- $M = 0.75 (1.4 MCM + 1.7 MCV + 1.87 MS)$

3.- $M = 0.75 (1.4 MCM + 1.7 MCV - 1.87 MS)$

4.- $M = 0.9MCM + 1.43MS$

5.- $M = 0.9MCM - 1.43MS$

En el caso del edificio escolar, se comprobó que los valores críticos los presentaran las combinaciones 2 y 4, para vigas y columnas.

Ver diagramas de momentos últimos por envolvente en las figuras presentadas de la 24 a 27.

Figura 24 Envolvente de momentos en vigas, marco C

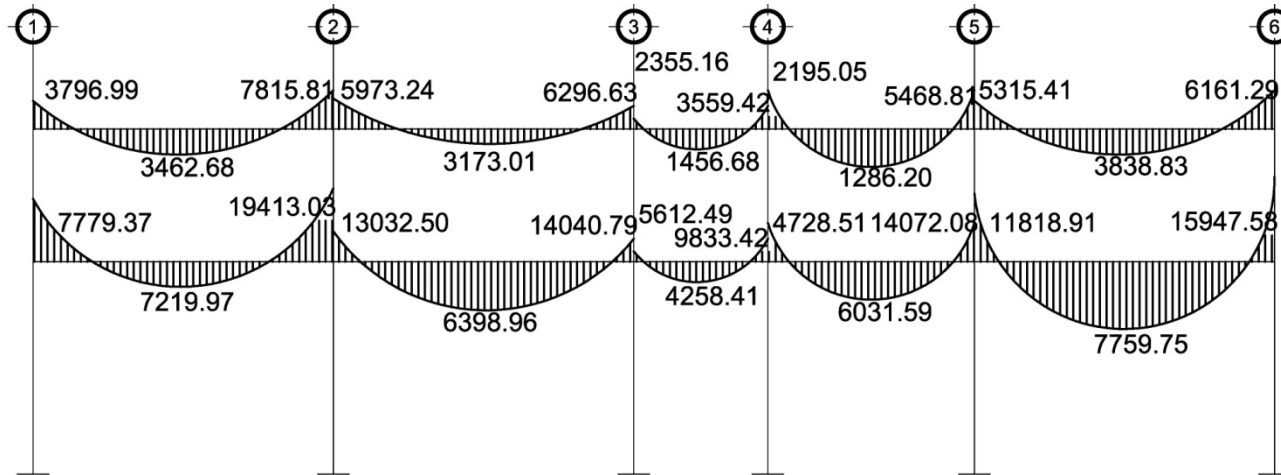


Figura 25 Envolvente de momentos en columnas, marco C

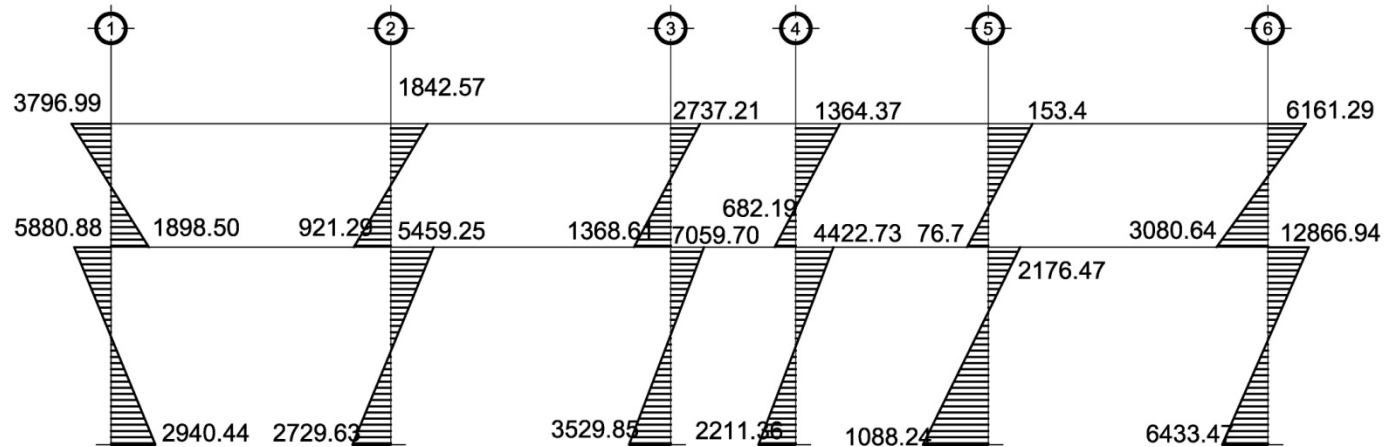


Figura 26 Envolvente de momentos en vigas, marco 2

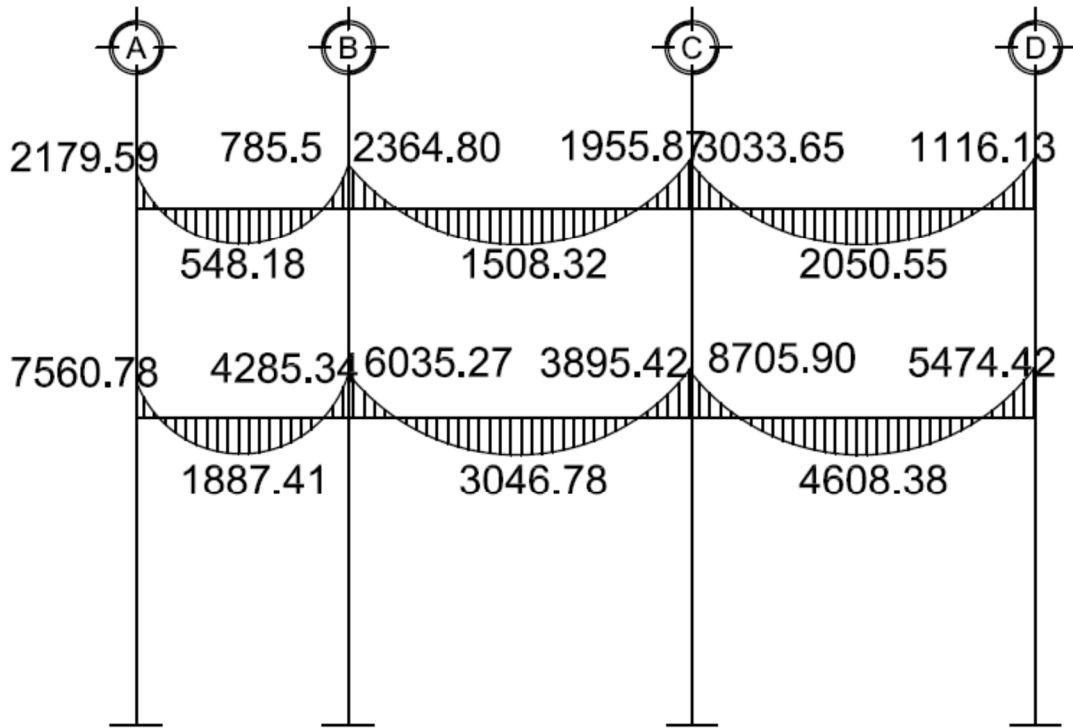
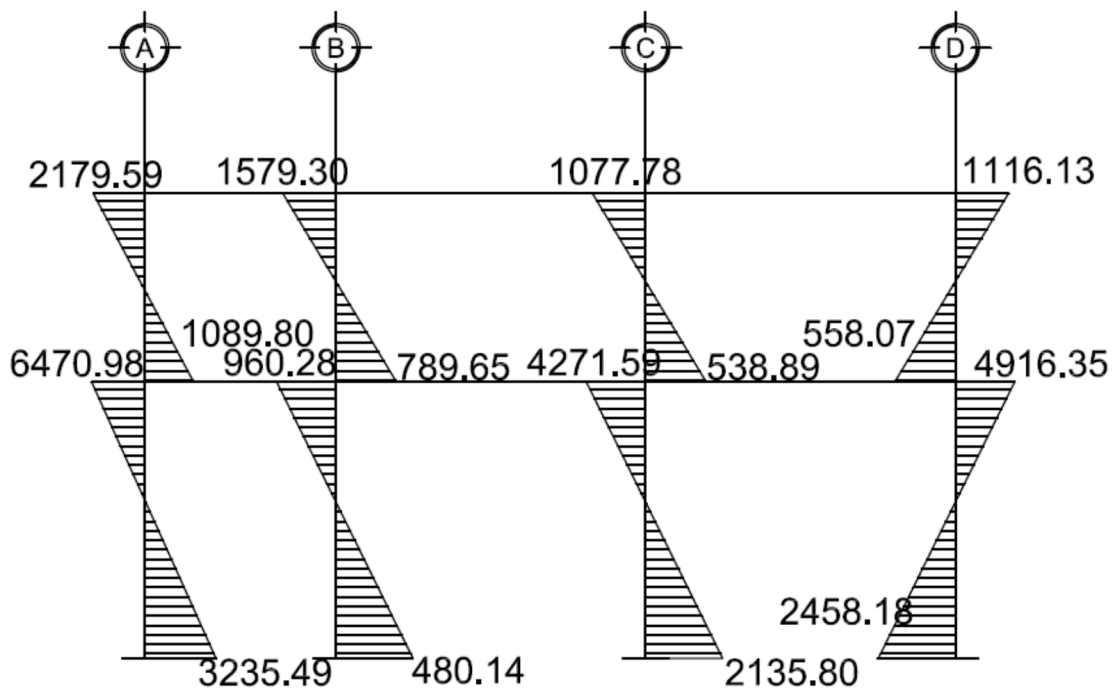


Figura 27 Envolvente de momentos en columnas, marco 2



2.2.6.6.2 Diagramas de corte

Los cortes en los marcos se operan con las fórmulas siguientes:

Corte en vigas:

$$Vv = 0.75 \left[\frac{1.4(W_{cm} * L)}{2} + \frac{1.7(W_{cv} * L)}{2} + \frac{1.87(\sum Ms)}{L} \right]$$

Corte en columnas:

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

Corte en marcos típicos

Para viga 1-2 (2ndo nivel)

$$Vv = 0.75 \left[\frac{1.4(1091.13 * 5.67)}{2} + \frac{1.7(262.08 * 5.67)}{2} + \frac{1.87(2141.16 + 1978.56)}{5.67} \right]$$

$$Vv = 5,214.37 \text{ Kg}$$

Para columna A (2o nivel)

$$Vc = \frac{(3796.99 + 1998.50)}{3.00}$$

$$Vc = 1,898.50 \text{ Kg}$$

Figura 28 Diagrama de corte en vigas, marco C

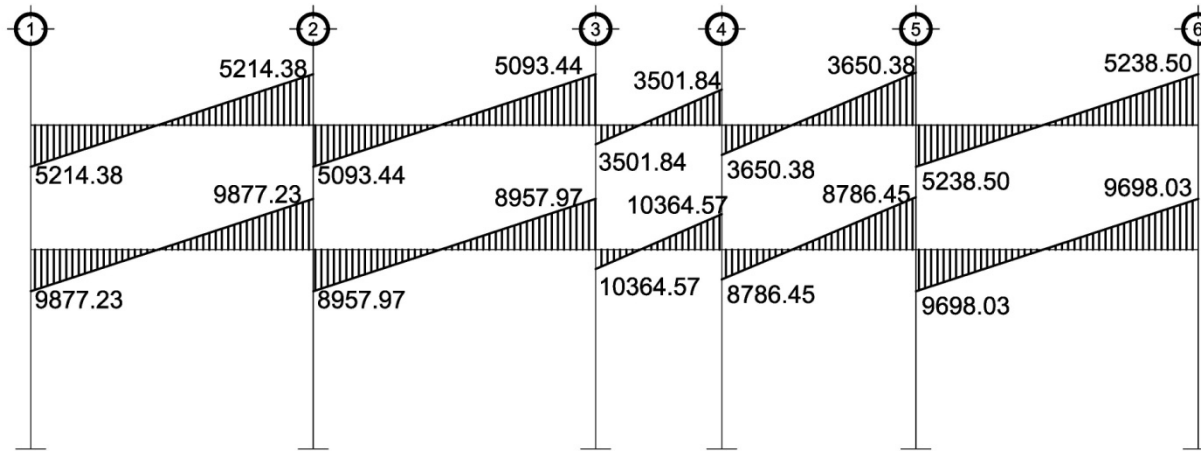


Figura 29 Diagrama de corte en columnas, marco C

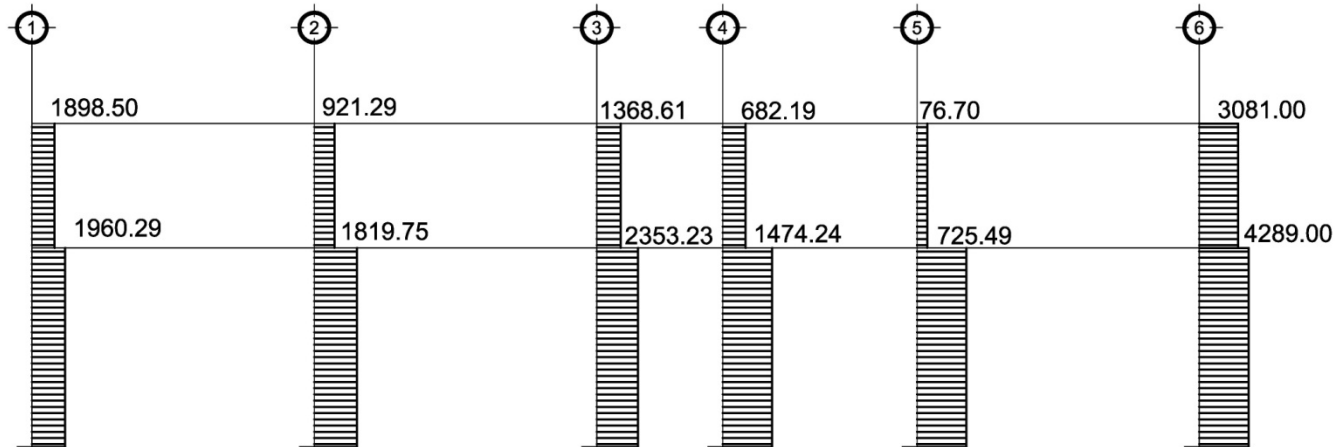


Figura 30 Diagrama de corte en vigas, marco 2

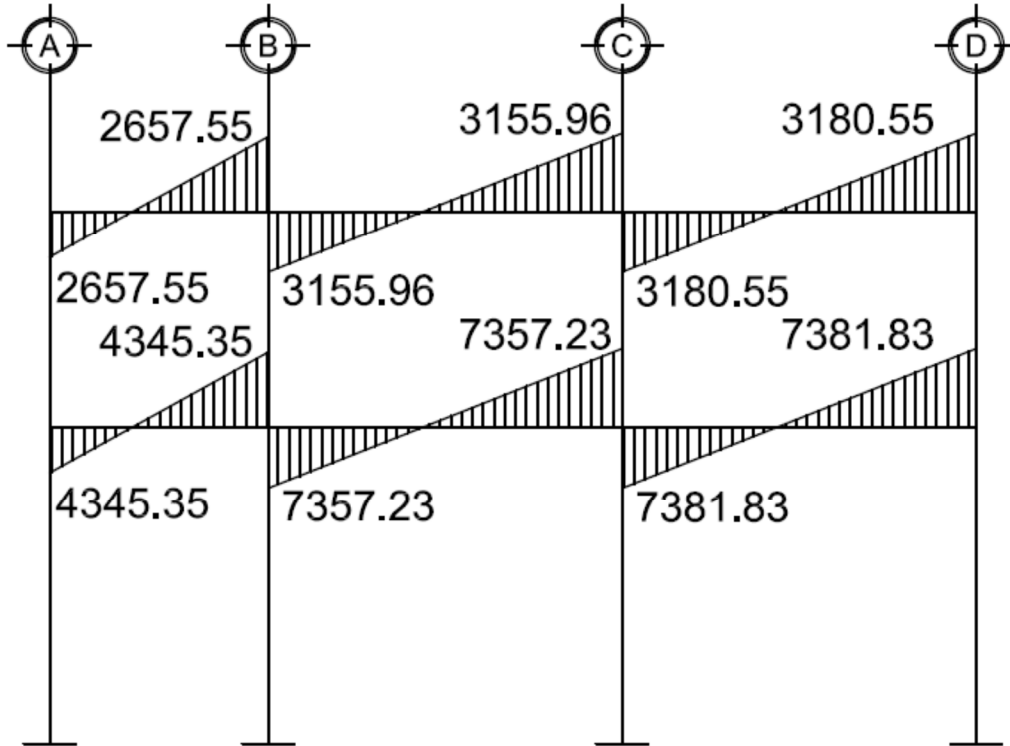
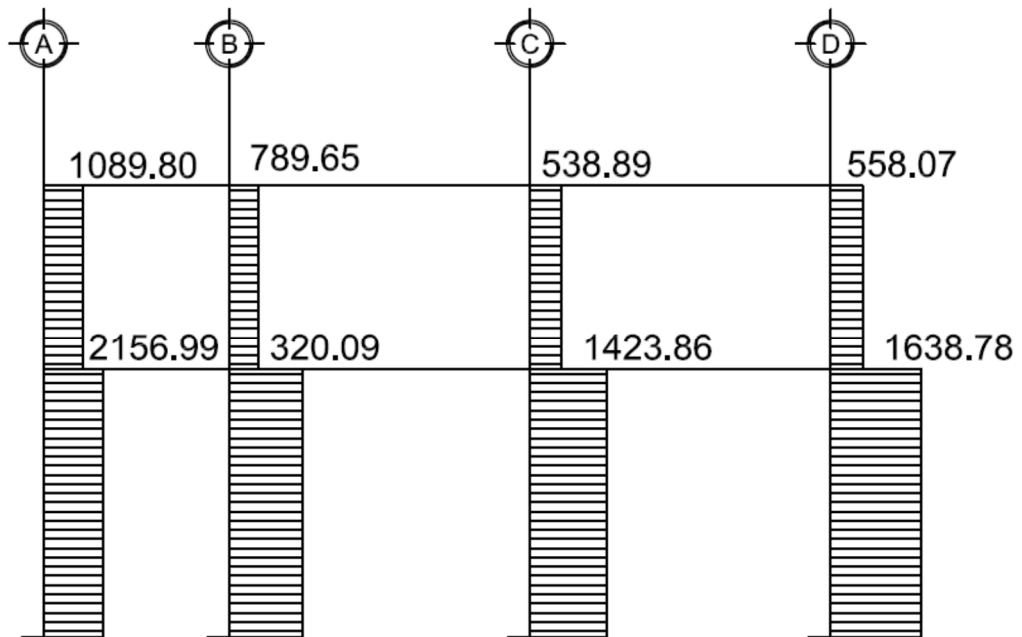


Figura 31 Diagrama de corte en columnas, marco 2

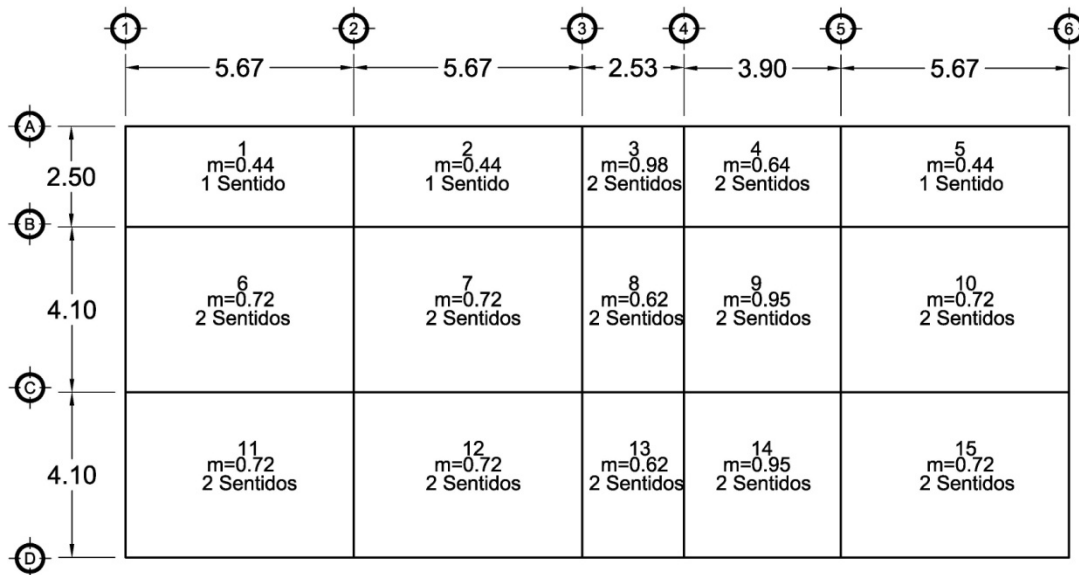


2.2.7 Diseño estructural

2.2.7.1 Losas

En el diseño de las losas, se aplicó el método 3 ACI, tratándose de losas planas en dos direcciones. Figura 34, planta de losas del primer nivel.

Figura 32 Planta de losas del primer nivel



Datos

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

$$fy = 2810 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Peso específico del concreto} = 2400 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Sobrecarga y acabados} = 100 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Espesor de losa} = 0.11 \text{ m}$$

Cargas vivas:

$$\text{Corredor y gradas} = 500 \text{ kg/m}^2$$

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

Integración de cargas

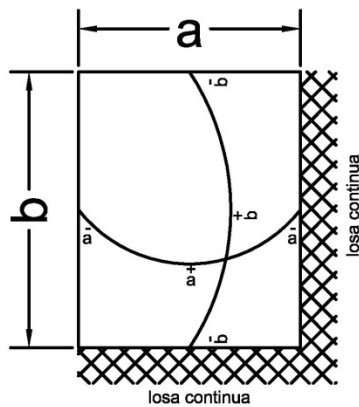
Losa 1-2-3-4-5-8-13

$$\begin{aligned} \text{CVU} &= 1.7 \cdot (500 \text{ kg/m}^2) && = 850.00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{CMU} &= 1.4 \cdot (0.11 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 + 100 \text{ kg/m}^2) && = 509.60 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga última total (CUT)} &&& = \underline{1,359.60 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Losas 6-7-9-10-11-12-14-15

$$\begin{aligned} \text{CVU} &= 1.7 \cdot (200 \text{ kg/m}^2) && = 340.00 \text{ kg/m}^2 \\ \text{CMU} &= 1.4 \cdot (0.11 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3 + 100 \text{ kg/m}^2) && = 509.60 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Carga última total (CUT)} &&& = \underline{849.60 \text{ kg/m}^2} \end{aligned}$$

Cálculo de momentos:



$$Ma^- = Ca \cdot (\text{CUT})(a)^2$$

$$Mb^- = Cb \cdot (\text{CUT})(b)^2$$

$$Ma^+ = Ca_+ (\text{CMU})(a)^2 + Ca_+ (\text{CVU})(a)^2$$

$$Mb^+ = Cb_+ (\text{CMU})(b)^2 + Cb_+ (\text{CVU})(b)^2$$

Dónde:

a = lado corto de losa

b = lado largo de losa

$Ca^{+/-}$ $Cb^{+/-}$ = factores dados por relación a/b

Ma^- y Mb^- = momentos negativos en losa

Ma^+ y Mb^+ = momentos positivos en losa

En losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$Ma^- = 1/3 \cdot Ma^+ ; Mb^- = 1/3 \cdot Mb^+$$

Losa 6

$$m = a / b = 0.72 \text{ Caso 9}$$

Momentos negativos

$$Ma - = Ca -(CUT)(a)^2$$

$$Ma - = (0.079)*849.60*(4.10)^2 = 1,128.26 \text{ kg-m}$$

$$Mb - = Cb -(CUT)(b)^2$$

$$Mb - = (0.0125)*849.60*(5.67)^2 = 341.42 \text{ kg-m}$$

Momentos positivos

$$Ma+ = Ca+(CMU)(a)^2 + Ca+(CVU)(a)^2$$

$$Ma+ = (0.032)*509*(4.10)^2 + (0.048)*340*(4.10)^2 = 548.46 \text{ kg-m}$$

$$Mb+ = Cb+(CMU)(b)^2 + Cb+(CVU)(b)^2$$

$$Mb+ = (0.0065)*850*(5.60)^2 + (0.0125)*543.20*(5.60)^2 = 391.55 \text{ kg-m}$$

Momentos negativos en lado de losa sin continuidad:

$$Ma - = 1/3*Ma+ = 1/3*1128.26 = 376.09 \text{ kg - m}$$

$$Mb - = 1/3*Mb+ = 1/3*341.42 = 113.81 \text{ kg - m}$$

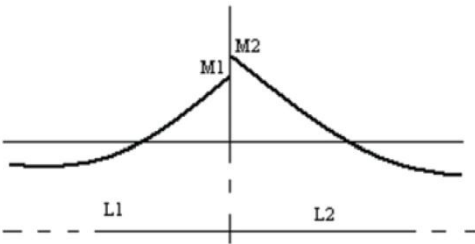
Este procedimiento se aplicó al resto de losas. Ver tabla XXVIII total de resultados.

Tabla XX. Cálculo de momentos en losas

losa	Lado			Caso	Coef. M (-)		Coef. M (+) por CV		Coef. M (+) por CM		Cvu	Cmu	CUT	Ma (-)	Ma (+)	Mb (-)	Mb (+)
	(a)	(b)	m=a/b		Ca (-)	Cb (-)	Ca (+)	Cb (+)	Ca (+)	Cb (+)							
3	2.50	2.53	0.99	9.00	0.061	0.033	0.030	0.028	0.020	0.023	850.00	509.60	1359.60	518.35	223.08	287.19	223.77
4	2.50	3.90	0.64	8.00	0.075	0.023	0.060	0.010	0.030	0.016	850.00	509.60	1359.60	637.31	414.30	475.63	177.14
5	2.50	3.90	0.64	4.00	0.086	0.014	0.063	0.010	0.051	0.008	850.00	509.60	1359.60	730.79	497.12	289.51	115.13
6	4.10	5.67	0.72	9.00	0.080	0.012	0.048	0.012	0.032	0.012	340.00	509.60	849.60	1142.54	548.46	327.76	265.18
7	4.10	5.67	0.72	2.00	0.073	0.018	0.048	0.013	0.029	0.008	340.00	509.60	849.60	1042.57	522.76	491.65	205.36
8	2.53	4.10	0.62	2.00	0.080	0.012	0.056	0.008	0.033	0.005	850.00	509.60	1359.60	696.21	412.33	274.26	86.36
9	3.90	4.10	0.95	2.00	0.050	0.041	0.030	0.025	0.020	0.016	340.00	509.60	849.60	646.12	310.16	585.55	266.35
10	4.10	5.67	0.72	9.00	0.080	0.012	0.048	0.012	0.032	0.012	340.00	509.60	849.60	1142.54	548.46	327.76	265.18
11	4.10	5.67	0.72	4.00	0.079	0.021	0.055	0.015	0.045	0.012	340.00	509.60	849.60	1128.26	699.83	573.59	282.33
12	4.10	5.67	0.72	8.00	0.079	0.013	0.052	0.015	0.039	0.012	340.00	509.60	849.60	1128.26	631.29	341.42	282.33
13	2.53	4.10	0.62	9.00	0.084	0.007	0.057	0.008	0.047	0.008	850.00	509.60	1359.60	731.02	463.43	159.98	112.06
14	3.90	4.10	0.95	9.00	0.038	0.056	0.031	0.027	0.022	0.021	340.00	509.60	849.60	491.05	330.84	799.78	319.52
15	4.10	5.67	0.72	4.00	0.079	0.021	0.055	0.015	0.045	0.012	340.00	509.60	849.60	1128.26	699.83	573.59	282.33

Balance de momentos

Sí el momento negativo en un lado de un apoyo es menor que el del otro lado, la diferencia se distribuye en proporción a la rigidez; esto se hace para determinar el valor del momento balanceado (MB), para el cual el código ACI recomienda el procedimiento siguiente:



$M_2 > M_1$

1. Sí $M_1 > 0.8 * M_2$; entonces, $MB = (M_1 + M_2) / 2$
2. Sí $M_1 < 0.8 * M_2$; se distribuye proporcional a la rigidez de las losas:

$$K_1 = \frac{1}{l_1} \quad K_2 = \frac{1}{l_2}$$

K_1, K_2 = rigideces de losas a y b

L_1, L_2 = longitudes de losas

D_1, D_2 = factores de distribución de losas 1 y 2

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} \quad D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2}$$

Para realizar la distribución se efectúa el cálculo siguiente:

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

$$MB = M_2 - (M_2 - M_1) * D_2$$

MB = Momento balanceado.

Balance de momentos en losa 6 y 7

$$M_2 = 1042.57 \text{ kg-m} \quad L_2 = 5.67 \text{ m}$$

$$M_1 = 274.26 \text{ kg-m} \quad L_1 = 2.53 \text{ m}$$

Sí $M_1 > 0.80 * M_2$

$$0.80 * 1042.57 \text{ Kg-m} = 834.06 \text{ kg -m}$$

$M_1 < 0.80 M_2$, se distribuye proporcional a la rigidez de las losas.

$$K_1 = \frac{1}{2.53} = 0.395 \quad K_2 = \frac{1}{5.67} = 0.176$$

$$D_1 = \frac{.0395}{0.395 + 0.176} = 0.691 \quad D_2 = \frac{0.176}{0.395 + 0.176} = 0.309$$

Realizando distribución

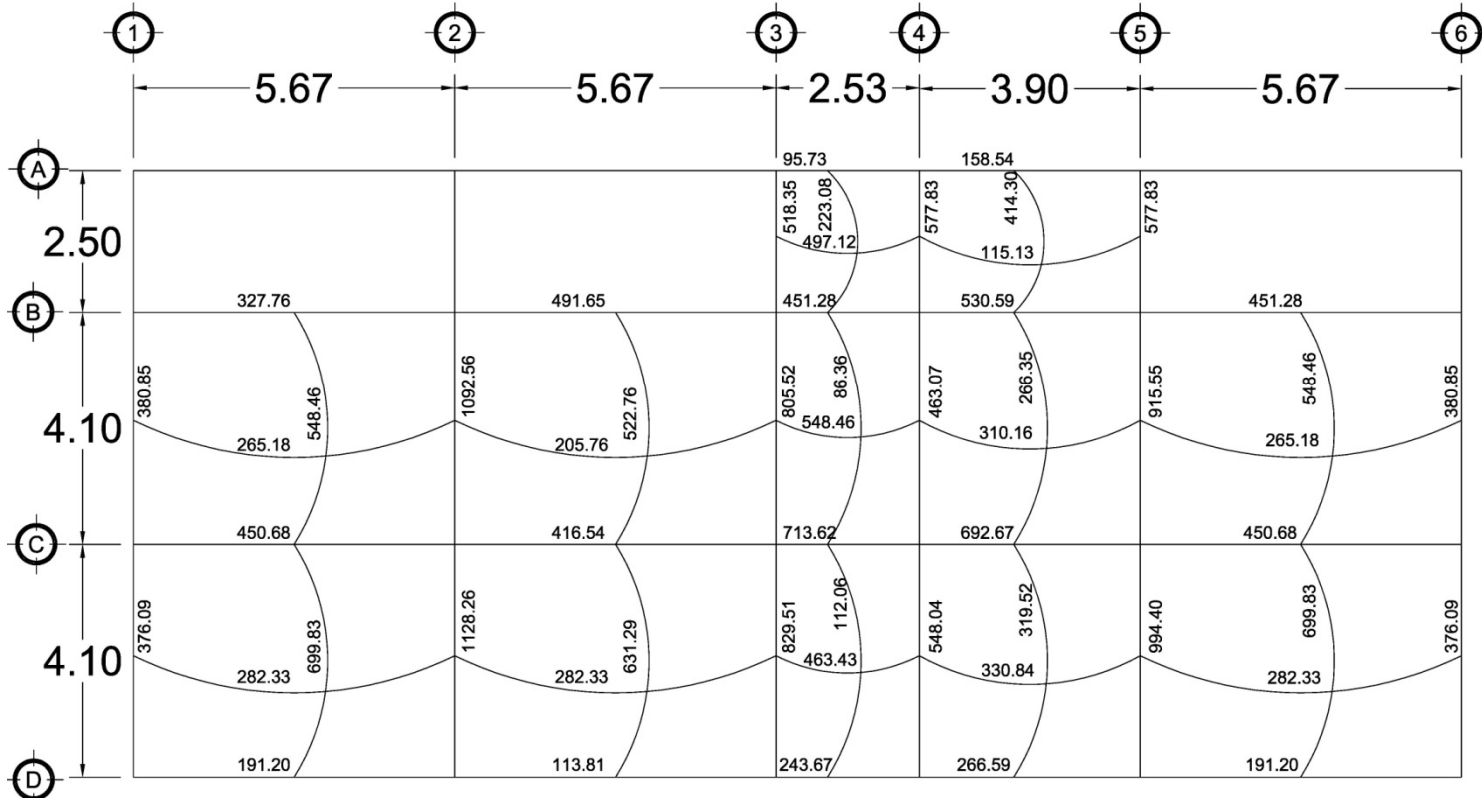
$$MB = 274.26 + (1042.57 - 274.26) * 0.691 = 805.52 \text{ kg-m}$$

$$MB = 1042.57 - (1042.57 - 274.26) * 0.309 = 805.52 \text{ kg-m}$$

El momento balanceado entre losa 6 y 7 es 805.52 kg-m

Este procedimiento se aplicó a todas las losas de la estructura. Figura 33, momentos balanceados losas primer nivel.

Figura 33 Diagrama de momentos balanceados de losas primer nivel



Diseño del armado de losa

Se define el área de acero mínimo y el momento que resiste, luego calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al que resiste el acero mínimo. Basado en el Código del ACI 318-99.

Datos:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 3000 \text{ psi}$$

$$fy = 2810 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 40,000 \text{ psi}$$

$$B = 100 \text{ cm (franja unitaria)}$$

$$t = 0.11 \text{ m}$$

Acero mínimo:

$$A_{smín} = \rho_{mín} * b * d$$

$$\rho_{mín} = 14.1 / Fy$$

b = franja unitaria.

t = espesor de la losa.

d = peralte efectivo.

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = \mathbf{8.5 \text{ cm}}$$

$$A_{smín} = (14.1 / 2810) * 100 * 8.5 = \mathbf{4.26 \text{ cm}^2}$$

Separación para $A_{smín}$ con varillas No. 3

$$4.26 \text{ cm}^2 \text{ _____ } 100 \text{ cm}$$

$$0.71 \text{ cm}^2 \text{ _____ } S$$

$$S = 16.66 \text{ cm}$$

$$\text{Separación máxima } S_{max} = 2t = 2(11\text{cm}) = 22 \text{ cm}$$

Por efectos de práctica en el armado y medición se usará $S = 15 \text{ cm}$

Momento que resiste el Asmín = 4.26 cm²

$$M_{AS\ min} = \phi * \left[As * fy * \left(d - \frac{As * fy}{1.7 * f'c * b} \right) \right]$$

$$M_{AS\ min} = 0.85 * \left[4.26\text{cm}^2 * 2810\text{Kg/cm}^3 * \left(8.5\text{cm} - \frac{4.26\text{cm}^2 * 2810\text{Kg/cm}^3}{1.7 * 210\text{Kg/cm}^2 * 100\text{cm}} \right) \right]$$

$$M_{AS\ min} = 830.75\ \text{kg} \cdot \text{m}$$

Para los momentos menores a $M_{AS\ min}$, se armaran con Asmin y S = 14cm, para momentos mayores se armaran según indique el cálculo.

El resumen de los cálculos de As y espaciamiento necesario, para los momentos mayores al que cubre el Asmin se presenta en la tabla XXIX.

Tabla XXI. As y espaciamiento para momentos >980.09 kg-m

Calculando As para momentos que no cubre el As min (Momentos > 980.09 kg - m)			
Moementos negativos	Mom (-) = 1092.56 kg - m	As = 5.66 cm ²	S = 12.54 cms
	Mom (-) = 1128.26 kg - m	As = 5.86 cm ²	S = 12.12 cms
	Mom (-) = 994.40 kg - m	As = 5.13 cm ²	S = 13.85 cms
	Mom (-) = 915.55 kg - m	As = 4.7 cm ²	S = 15.10 cms

Revisión por corte: el esfuerzo de corte lo resiste el concreto; por tal razón, se verifica si el espesor de losa es el adecuado.

Corte máximo actuante

$$V_{max} = \frac{Cu * L}{2} = \frac{1359.60 * 4.10}{2} = 1,741.68\ \text{Kg}$$

L = lado corto

Corte máximo resistente

$$Vr = \phi \sqrt{f'c} * b * d = 0.85 * \sqrt{210} * 100 * 8.5 = 10,470.02 \text{ Kg}$$

Comparar Vr con Vmáx

Si Vr > Vmáx, el espesor es adecuado, caso contrario aumentar t.

Como Vr > Vmáx, espesor t = 0.11 m es adecuado.

Losas del segundo nivel

El procedimiento es similar al anterior, como los momentos actuantes son menores al M_{Asmin} , se colocó A_{smin} con S = 14 cm El armado final se presenta en planos (ver apéndice 2).

2.2.7.2 Vigas

Elementos estructurales que trabajan a flexocompresión y fuerzas cortantes. Los datos necesarios para realizar el diseño se toman del análisis estructural.

A manera de ejemplo, se presenta el diseño de la viga entre ejes 2 y 3, primer nivel.

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

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

$$\text{Sección} = 20 * 40 \text{ cm}$$

$$\text{Rec.} = 4 \text{ cm}$$

$$Es = 2.1 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$M(-)1 = 13,032.50 \text{ kg - m}$$

$$M(-)2 = 14,040.79 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M(+) = 6,398.96 \text{ kg} - \text{m}$$

$$Vu = 6,867.10 \text{ kg} - \text{m}$$

Límites de acero

$$As \text{ min} = \frac{14.1}{2810} * 20 * 36 = 3.61 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{bal} = \frac{\beta * 0.85 * f'c}{fy} * \frac{6115}{6115 + fy} = \frac{0.85 * 0.85 * 210}{2810} * \frac{6090}{6090 + 2810} = 0.05398$$

$$As \text{ max} = 0.50 * 0.05398 * 20 * 40 = 21.59 \text{ cm}^2$$

Refuerzo longitudinal

Calculo para $M(-)2 = 14,040.79 \text{ kg} - \text{m}$

$$As = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0.003825 * f'c}} \right) \left(\frac{0.85 * f'c}{fy} \right)$$

$$As = \left(20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{14,040.79 * 20}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$As = 19.63 \text{ cm}^2$$

El resultado es menor al $As \text{ max}$, por lo que la sección y Fy son correctos.

Cálculo para $M(-)1 = 13,032.50 \text{ kg} - \text{m}$

$$As = \left(20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{13,032.50 * 20}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$As = 17.76 \text{ cm}^2$$

Cálculo para $M(+)$ = 6,398.96 kg-m

$$A_s = \left(20 * 36 - \sqrt{(20 * 36)^2 - \frac{6,398.96 * 20}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 7.67 \text{ cm}^2$$

Para el armado final de la viga, se deben cumplir con los siguientes requisitos sísmicos, según el código ACI-318 Cáp. 21:

a) Cama superior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones:

$$\begin{array}{l} \text{Asmín} = 3.61 \text{ cm}^2 \\ 33\% \text{ As}(-) \text{ mayor} = 6.47 \text{ cm}^2 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Asmín} \\ 33\% \text{ As}(-) \text{ mayor} \end{array}} \right\} \longrightarrow \text{colocar } 6.47 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto 2 varillas corridas No. 8 = 10.13 cm².

Para cubrir los momentos negativos en viga, se completa el A_s requerido colocando bastones.

$M(-)2$ = 14,040.79 kg – m 2 varillas corridas No. 8 + 2 bastones No.8
(ver sección D, figura 33)

$M(-)1$ = 13,032.50 kg – m 2 varillas corridas No. 8 + 2 bastones No.7
bastón No. 5 (ver sección F, figura 33)

b) Cama inferior:

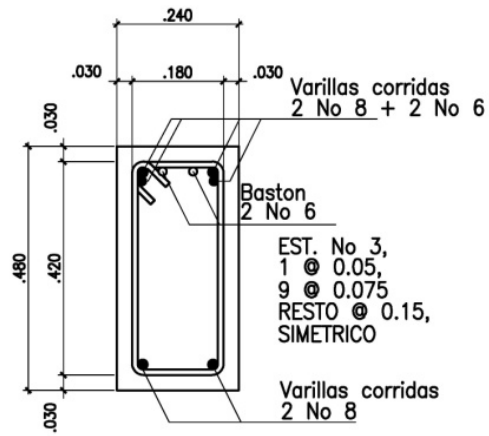
Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones:

$$\begin{array}{l} \text{Asmín} = 3.61 \text{ cm}^2 \\ 50\% \text{ As}(+) = 3.84 \text{ cm}^2 \\ 50\% \text{ As}(-) \text{ mayor} = 9.81 \text{ cm}^2 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Asmín} \\ 50\% \text{ As}(+) \\ 50\% \text{ As}(-) \text{ mayor} \end{array}} \right\} \longrightarrow \text{Colocar } 9.81 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto

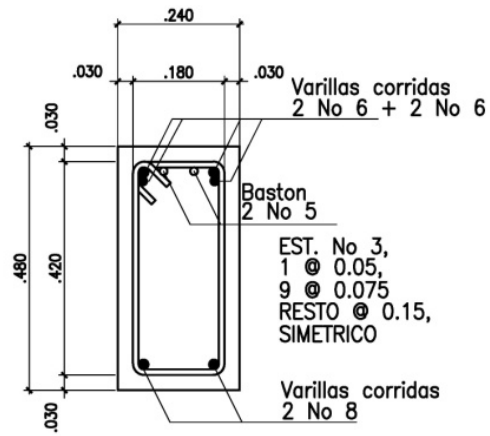
2 varillas corridas No. 8 = 10.13 cm².

Figura 34 Secciones de vigas



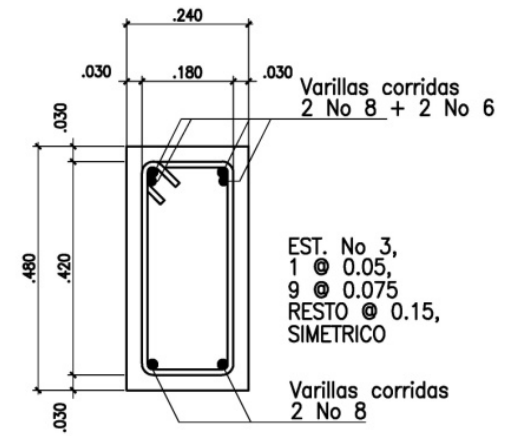
Secc.03

ESC. 1:12.5



Secc.04

ESC. 1:12.5



Secc.05

ESC. 1:12.5

Figura 35 Resumen de armado de vigas

EJE C SEGUNDO NIVEL	1		2			3			4			5			6	
	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	
Area de acero en cm2	4.38	3.97	9.59	7.11	3.63	7.54	2.66	1.63	4.09	2.48	1.43	40	6.27	4.43	7.35	
Armado propuesto	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	2 No. 6 + 1 No.5	
Baston	0	0	1 No.5	1 No.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

EJE C PRIMER NIVEL	1		2			3			4			5			6	
	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	
Area de acero en cm2	9.54	8.77	20.89	17.76	7.67	19.65	6.65	4.94	12.51	5.53	7.19	19.7	15.66	9.51	21.44	
Armado propuesto	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	2 No. 8 + 2 No. 6	
Baston	0	0	2 No.5	2 No.5	0	2 No.5	2 No.5	0	0	0	0	2 No.5	2 No.5	0	0	

EJE 2 SEGUNDO NIVEL	A		B			C			D	
	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	
Area de acero en cm2	2.46	0.61	0.87	2.68	1.69	2.2	3.46	2.31	1.24	
Armado propuesto	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	2 No. 5	
Baston	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

EJE 2 PRIMER NIVEL	A		B			C			D	
	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	M (-)	M(+)	M (-)	
Area de acero en cm2	9.24	2.12	4.98	7.19	3.48	4.5	10.85	5.38	6.47	
Armado propuesto	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	2 No. 5 + 2 No. 5	
Baston	0	0	0	0	0	2 No.4 + 1 No.3	2 No.4 + 1 No.3	2 No.3	0	

Corte resistente

$$V_r = \phi \sqrt{f'c} * b * d = 0.85 * \sqrt{210} * 20 * 36 = 8,868.72 \text{ Kg}$$

Comparar corte resistente con corte último:

Si $V_r > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado, a $S_{\text{máx.}} = d/2 < 18\text{cm}$

Si $V_r < V_u$, se diseñan estribos por corte, por medio de las expresiones

$$S = \frac{2aV * f_y * d}{V_u}$$

En este caso, $V_r = 8,868.72 \text{ Kg} < V_u = 8,957.98.10 \text{ kg}$

Calcular estribos con varilla No.3 grado 40:

$$S = \frac{2 * 0.71 * 2810 * 36}{8,957.98} = 16 \text{ cm}$$

$$S_{\text{max}} = d/2 = 36/2 = 18 \text{ cm}$$

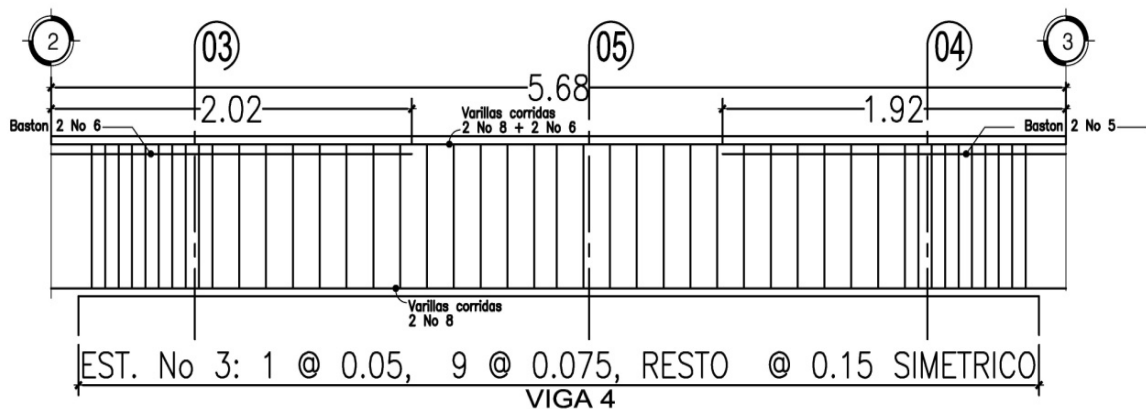
Según ACI Artículo 21.3.3, deben colocarse estribos en una longitud igual a $2d$, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.

- El primer estribo debe estar situado a no más de 5 cm, de la cara del elemento de apoyo.
- El espaciamiento máximo de los estribos no debe exceder de :
 1. $d/4 = 9.00 \text{ cm}$
 2. $8 \text{ } \emptyset_{\text{var}} \text{ longitudinal} = 20.32 \text{ cm}$
 3. $24 \text{ } \emptyset_{\text{var}} \text{ transversal} = 22.85 \text{ cm}$
 4. 30 cm

Separación de estribos en zona confinada: 9 cm y 18 cm en zona no confinada, con varilla No.3.

Distribución final de estribos en viga: primer estribo a 0.05m + 8 Estribos a 0.09m, en zona confinada en ambos extremos y resto a 0.18 en zona no confinada.

Figura 36 Sección longitudinal de viga



2.2.7.3 Columnas

Elementos estructurales sometidos a carga axial y momentos flexionantes. La carga axial es el resultado de todas las cargas últimas verticales aplicadas a la columna, la que se determina por el área tributaria. Los momentos flexionantes provienen del análisis estructural. En el diseño, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta.

El diseño es por nivel, seleccionando la columna crítica, es decir, la que está sometida a mayores esfuerzos. Los resultados se aplican a todas las

columnas del nivel respectivo. Como ejemplo se desarrolla el cálculo para la columna crítica del primer nivel.

Datos

Sección de columna	= 30cm*30cm	My = 6,470.98 kg – m
Sección de viga 1	= 20cm*40cm	Mx = 12,866.98 kg – m
Sección de viga 2	= 20cm*40cm	Vy = 2,156.99 kg
Longitud de columna	= 3.00 m	Vx = 4,289.00 kg
Longitud de vigas	= 9.77 m	Área tributaria = 23.27 m ²
Espesor de losa	= 0.11 m	

Debido a cálculo previo, se incrementó la sección de columnas a 35cm*35cm, para mejorar la resistencia a las cargas axiales que actúan en ellas.

Carga Axial: CU = 1.4 CM + 1.7 CV

$$CU2 = 1.4 (264) + 1.7 (100) = 539.60 \text{ kg/m}^2$$

$$CU1 = 1.4 (494) + 1.7 (200) = 1,031.60 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 593.60 + 1,031.60 = 1,625.20 \text{ kg/m}^2$$

Factor de carga última

$$F_{cu} = \frac{CU}{CM + CU} = \frac{1,625.20}{1,058} = 1.54$$

Carga axial

$$P_u = (A T * CU) + (PP \text{ vigas} * F_{cu})$$

$$P_u = (23.27 * 1,625.20) + (0.20 * 0.40 * 2,400 * 9.77) * 1.54$$

$$P_u = 40,707.18 \text{ kg}$$

Esbeltez (E):

Las columnas se clasifican según su esbeltez, con el objetivo de ubicarlas en un rango, para determinar su comportamiento bajo cargas sometidas y diseñarlas en base esto.

- Columnas cortas ($E < 22$): diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.
- Columnas intermedias ($22 > E > 100$): diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): no construirlas.

Esbeltez de columna, sentido X:

Coeficiente que mide el grado de empotramiento de las columnas (Ψ)

$$\Psi = \frac{(\sum K_{col})}{(\sum K_{viga})}$$

$$K_{(rigidez)} = \frac{I}{L} ; \quad Inercia = I = \frac{b \cdot h^3}{12} ; \quad L = \text{longitud del elemento}$$

$$I_{viga} = \frac{20 \cdot 40^3}{12} = 106,666.67 \text{ cm}^4$$

$$I_{col} = \frac{30 \cdot 30^3}{12} = 67,500.00 \text{ cm}^4$$

$$K_{viga} = \frac{106,666.67}{5.37} + \frac{106,666.67}{5.37} = 39,726.88$$

$$K_{col} = \frac{67,500.00}{2.60} + \frac{67,500.00}{2.60} = 51,923.08$$

$$\Psi = \frac{(51,923.08)}{(39,726.88)} = 1.31$$

Extremo inferior

$$\Psi_p = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2} = 0.65$$

Coefficiente K

$$K = \frac{20 + \Psi_p}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p} , \quad \text{para } \Psi_p \leq 2$$

$$K = 0.90 * \sqrt{1 + \Psi_p} , \quad \text{para } \Psi_p \geq 2$$

$$K = \frac{20 + 0.65}{20} * \sqrt{1 + 0.65} = 1.33$$

Esbeltez de columna

$$E = \frac{k * Lu}{\sigma} \quad \text{donde } \sigma = 0.3 * \text{lado}$$

$$E = \frac{1.33 * 2.60}{0.30 * 0.30} = 38.36 > 22 \text{ y } < 100; \quad \text{Se clasifica como columna intermedia}$$

Esbeltez de columna, sentido Y:

$$\Psi_p = 0.92$$

$$K = 1.45$$

$$E = 41.92 > 22 \text{ y } < 100; \quad \text{Se clasifica como columna intermedia}$$

Según los resultados de esbeltez, se deben magnificar los momentos actuantes.

Magnificación de momentos

Sentido X

Factor de flujo plástico del concreto:

$$\beta_d = \frac{CMu}{CU} = \frac{1.4 * 758}{1,625.20} = 0.47$$

El total del material

$$Ec = 15,100\sqrt{f'c} \quad Ig = \frac{1}{12}bh^3$$

$$EI = \frac{Ec * Ig}{2.5 * (1 + \beta d)}$$

$$EI = \frac{15,100\sqrt{210} * (30 * 30^3)}{2.5 * (1 + 0.47) * 12} = 4.02 * 10^9 \text{ kg} - \text{cm}^2 = 401.91 \text{ Ton} - \text{m}^2$$

Carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * Lu)^2} = \frac{\pi^2 * 401.91}{(1.33 * 2.60)^2} = 331.73 \text{ Ton}$$

Magnificador de momentos

$\delta > 1$ y $\phi = 0.70$ si se usan estribos

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi P_{cr}}} \frac{1}{1 - \frac{40.71}{0.70 * 331.73}} = 1.21$$

Momento de diseño sentido X:

$$M_{dx} = \delta * Mu = 1.2126 * 12,866.98 = \mathbf{15,602.34 \text{ kg} - \text{m}}$$

Momento en sentido Y:

$$\beta d = 0.47 \quad EI = 401.91 \text{ Ton} - \text{m}^2$$

$$P_{cr} = 279.09 \quad \delta = 1.26$$

$$M_{dy} = \delta * Mu = 1.2632 * 6,470.98 = \mathbf{8,174.35 \text{ kg} - \text{m}}$$

Acero longitudinal por el método BRESLER

Este método es una aproximación al perfil de la superficie de la falla, siendo un procedimiento sencillo y que produce resultados satisfactorios.

El método Bresler consiste en aproximar el valor $1/P'u$, a través de un punto del plano, determinado por tres valores: carga axial pura ($P'o$), carga de falla para una excentricidad e_x ($P'ox$) y carga de falla para una excentricidad e_y ($P'oy$).

- Límites de acero

Según ACI, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1\% A_g < A_s < 6\% A_g$, en zona sísmica.

$$A_{s\text{mín}} = 0.01 (30 \times 30) = 9.00 \text{ cm}^2 \quad A_{s\text{máx}} = 0.06 (30 \times 30) = 54.00 \text{ cm}^2$$

- Se propone un armado

Es recomendable iniciar con un valor cerca del $A_{s\text{mín}}$.

$$\text{Armado propuesto: } 4 \text{ No. } 8 + 4 \text{ No. } 7 = 4 \times (5.07) + 4 \times (3.88) = 35.80 \text{ cm}^2$$

- Valores a utilizar en diagramas

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas.

1.- Valor de la gráfica

$$Y = X = \frac{H_{\text{núcleo}}}{H_{\text{columna}}} = \frac{b - 2rec}{h} = \frac{0.30 - 2 \times 0.035}{0.30} = 0.77$$

2.- Valores de la curva:

$$\rho_{tu} = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * A_g} = \frac{35.80 * 4200}{0.85 * 210 * 900} = 0.94$$

3.- Excentricidades

$$e_y = \frac{8,174.35}{40,707.18} = 0.2008$$

$$e_x = \frac{15,602.34}{40,707.18} = 0.3833$$

4.- Valores de las diagonales

$$e_y/h_y = 0.2008/0.77 = 0.2608$$

$$e_x/h_x = 0.3833/0.77 = 0.4978$$

Con los valores obtenidos anteriormente, se obtienen los coeficientes K_y y K_x , en los diagramas de interacción. $K_y = 0.54$ y $K_x = 0.32$. Ver anexo .

Cargas

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_{uy} = K_y * f' * c * b * h = (0.54)(210)(30 * 30) = 102,060.00 \text{ Kg.}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x * f' * c * b * h = (0.32)(210)(30 * 30) = 60,480 \text{ Kg.}$$

Carga axial resistente de la columna

$$P'_{o} = \phi (0.85 * f' * c(A_g - A_s) + A_s * F_y) = 0.70 * (0.85 * 210 * (900 - 35.80) + 35.80 * 4,200)$$

$$P'_{o} = 213,233.79 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna:

$$P'_{u} = \frac{1}{\frac{1}{P'_{uy}} + \frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{o}}} = \frac{1}{\frac{1}{102,060.00} + \frac{1}{60,480.00} + \frac{1}{213,233.79}} = 46,204.61 \text{ Kg}$$

$$46,204.61 \text{ Kg} > 40,707.18 \text{ Kg}$$

Como $P'u > P_u$ el armado propuesto resiste las fuerzas aplicadas, caso contrario incrementar el área de acero hasta que cumpla.

Refuerzo transversal

Debe proveérseles suficiente ductilidad a las columnas, para que absorban parte de la energía del sismo, esto se logra mediante un mayor confinamiento en los extremos. Las columnas con confinamiento incrementan su capacidad de carga y mejora notablemente la ductilidad.

Chequear V_r con V_u :

Si $V_r > V_u$, colocar estribos a $S = d / 2$

Si $V_r < V_u$, diseñar estribos por corte

Corte resistente

$$V_r = 0.85 * 0.53 \sqrt{f_c} * b * d = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210} * 30 * 28.5 = 5,581.75 \text{ Kg}$$

$$V_u = 4,289.00 \text{ Kg}$$

$V_r > V_u$; colocar estribos en zona no confinada a $d/2 = 28.5/2 = 14 \text{ cm}$

El diámetro mínimo para columnas estructurales es No.3 y se colocarán a cada 15 cm.

Confinamiento

Para la longitud de confinamiento, se selecciona la mayor de las siguientes opciones:

- $L / 6 = 2.60 / 6 = 0.43 \text{ m}$
- Lado mayor de la columna = 0.30 m

- 48Ø varilla transversal. = 0.45 m
 - 16Ø varilla longitudinal. = 0.30 m
- Longitud de confinamiento 0.45 m, en ambos extremos.

Espaciamiento de estribos en zona confinada

Relación volumétrica

$$\rho_s = 0.45 * \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right) \left(\frac{0.85 * f'_c}{f_y} \right) \quad \text{chequear que } \rho_s \geq 0.12 * \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

$$\rho_s = 0.45 * \left(\left(\frac{30^2}{23^2} \right) - 1 \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right) = 0.0200$$

$$\rho_s \geq 0.12 * \left(\frac{f'_c}{f_y} \right) = 0.12 * \left(\frac{210}{2810} \right) = 0.0089$$

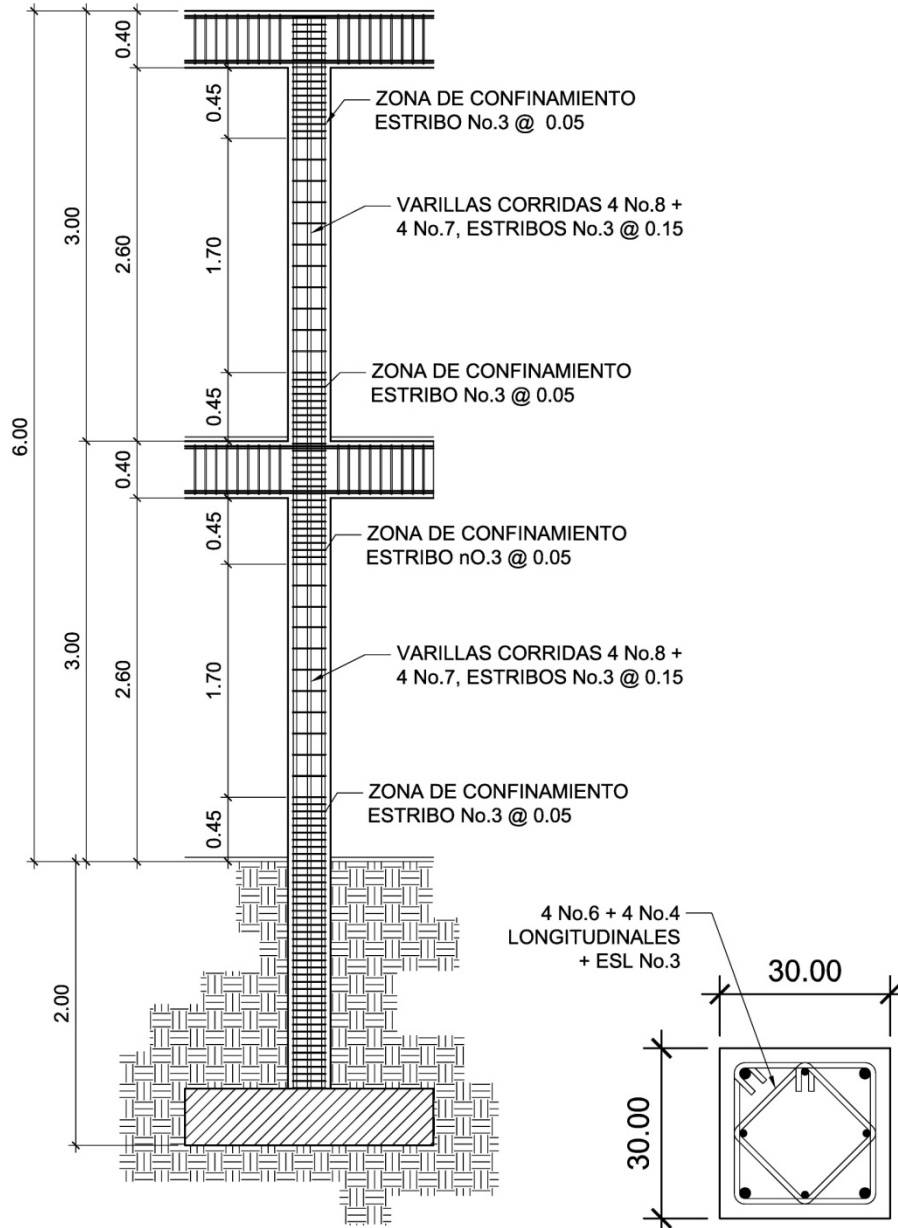
Espaciamiento en zona confinada:

$$S_1 = \frac{2Av}{\rho_s L_n} = \frac{2 * 0.71}{0.0200 * 23} = 3.09 \text{ cm} \approx 3 \text{ cm}$$

Por tener varillas en las caras de la columna, se colocará estribos rotados a 45%, según ACI 318, artículo 7.10.5.3. Por tener doble estribo en zona confinada, el espaciamento se adopta de 5 cm. Ver detalle columna primer nivel, figura 35.

Para las columnas del segundo nivel, se aplicó el procedimiento anterior.

Figura 37 Detalle de columna



2.2.7.4 Cimientos

Son elementos estructurales que reciben las cargas propias y las exteriores, transmitiéndolo al suelo. El tipo de cimentación depende, principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas, las condiciones del suelo y su costo.

En este caso se diseñan zapatas concéntricas de forma cuadrada. Los datos para diseño son el valor soporte del suelo y los momentos obtenidos en el análisis estructural.

$$M_y = 6.470 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 40.70 \text{ ton}$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1.16 \text{ ton/m}^3$$

$$F_{cu} = 1.50$$

$$\text{Desplante } D_f = 2.00 \text{ m}$$

$$M_x = 12.866 \text{ ton-m}$$

$$V_s = 30 \text{ ton/m}^2$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2.40 \text{ ton/m}^3$$

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

$$F_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$$

Cargas de trabajo:

$$P't = \frac{40.707}{1.5} = 27.13 \text{ ton}$$

$$M_{ty} = \frac{M_y}{F_{cu}} = \frac{6.470}{1.5} = 4.31 \text{ ton-m}$$

$$M_{tx} = \frac{M_x}{F_{cu}} = \frac{12.866}{1.5} = 8.57 \text{ ton-m}$$

Pre-dimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = 4 \text{ m}^2$$

Se propone usar dimensiones aproximadas de $2.00 \times 2.00 = 4 \text{ m}^2$

Comprobación de dimensión de zapatas:

$$q = \frac{P_{cg}}{Az} \pm \frac{M_{ty} * \bar{y}}{Ix} \pm \frac{M_{tx} * \bar{x}}{Iy}; \quad \text{donde } q_{max} < V_s \text{ y } q_{mín} > 0$$

$$P_{cg} = P't + P_{columna} + P_{suelo} + P_{cimiento}$$

$$P_{cg} = 27.13 + (0.30*0.30*8.0*2.4) + (1.16*1.60(2.00^2 - 0.30^2)) + (2.4*0.40*2.00^2)$$

$$P_{cg} = 39.95 \text{ ton}$$

$$I_x = I_y = 1/12 * b * h^3 = 1/12 * 2.00 * 2.00^3$$

$$I_x = I_y = 1.3333$$

$$q = \frac{39.95}{4.00} \pm \frac{4.31 * 1.00}{1.3333} \pm \frac{8.57 * 1.00}{1.3333} =$$

$q_{máx} = 19.6476 \text{ ton/m}^2$ cumple, no excede el V_s

$q_{mín} = 0.3274 \text{ ton/m}^2$ cumple, es mayor a cero

Por lo tanto las dimensiones de la zapata son correctas.

La presión del suelo en un punto cualquiera de la zapata, es distinta a la presión en otro punto de la misma. Para efectos de diseño se determina una presión constante; aplicando un criterio conservador, se realiza el diseño con la presión máxima, afectada por el factor de carga última.

Presión ultima:

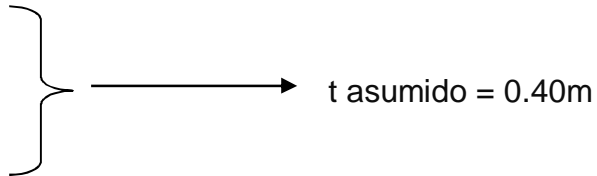
$$q_u = q_{m\acute{a}x} * F_{cu} = 19.6476 * 1.5 = 29.47 \text{ ton/m}^2$$

Peralte efectivo

$$d = t - \text{rec.} - \varnothing_{\text{var}}/2$$

$$d = 40 - 7.5 - 2.54/2$$

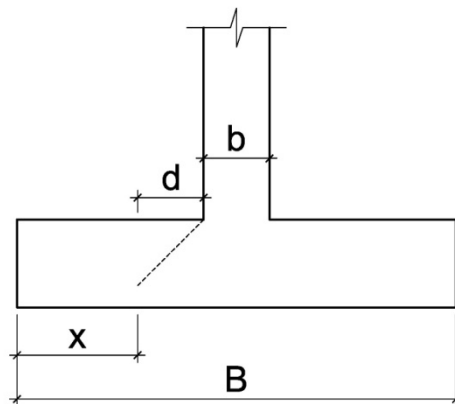
$$d = 31.23 \text{ cm}$$



Corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante, ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna, por tal razón se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante, ver figura 38.

Figura 38 Corte simple de zapata



$$x = B/2 - b/2 - d$$

$$x = 2.00/2 - 0.30/2 - 0.3123 = 0.5377\text{m}$$

Corte actuante

$$V_{act} = \text{Área} \cdot q_u = 2.00 \cdot .5377 \cdot 29.47 = 31.69 \text{ ton.}$$

Corte resistente

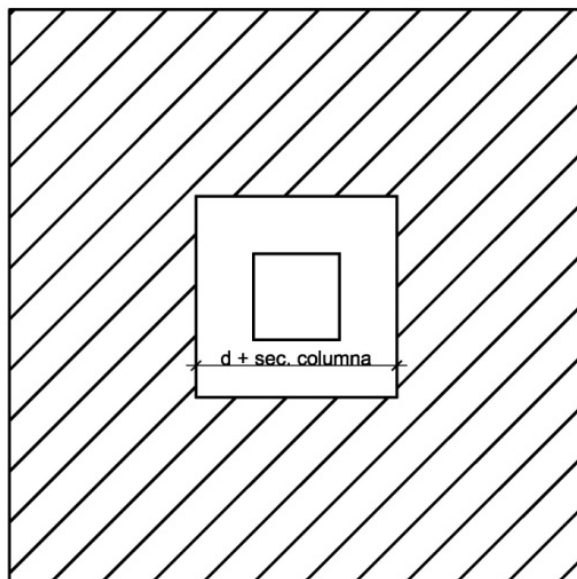
$$V_r = \phi \cdot 0.53 \cdot B \cdot \sqrt{f'c} \cdot d = 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{210} \cdot 200 \cdot 31.23 / 1000 = 40.78 \text{ ton}$$

$V_{act} < V_r$ si cumple; el peralte propuesto resiste al corte simple

Corte punzonante

La columna tiende a punzonar la zapata, debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d/2$, del perímetro de la columna. Ver figura 37.

Figura 39 Corte punzonante en zapata



Corte actuante por punzonamiento

$$d + \text{sección de columna} = 31.23 + 30.00 = 61.23 \text{ cm}$$

$$V_{act \text{ pun}} = \text{Área} * q_u = (2.00 * 2.00 - 0.6123 * 0.1623) * 29.47$$

$$V_{act \text{ pun}} = 106.83 \text{ ton.}$$

Corte resistente a punzonamiento

$$V_{r \text{ pun}} = \Phi * 1.06 * \sqrt{f'_c} * b_0 * d = 0.85 * 1.06 * \sqrt{210} * 304.92 * 31.23 / 1000$$

$$V_{r \text{ pun}} = 124.33 \text{ ton}$$

$$b_0 = 4(d + 45)$$

$$b_0 = 4(31.23 + 45) = 304.92 \text{ cm}$$

$V_{act \text{ pun}} < V_{r \text{ pun}}$ cumple; el peralte propuesto resiste el corte punzonante.

Diseño del refuerzo

La zapata se diseña a flexión. La zapata actúa como una losa en voladizo.

Momento último

$$M_u = \frac{W_u * L^2}{2} = \frac{2.00 * 29.47 * 0.85^2}{2} = 21.29 \text{ ton} - m$$

L: distancia del rostro de columna al final de la zapata

Área de acero

$$A_s = \left(b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right) \left(\frac{0.85 * f'c}{f_y} \right)$$

$$A_s = \left(200 * 31.23 - \sqrt{(200 * 31.23)^2 - \frac{21292 * 200}{0.003825 * 210}} \right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810} \right)$$

$$A_s = 26.61 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14.1}{2810} * 200 * 31.23$$

$$A_{s_{min}} = 31.34 \text{ cm}^2$$

Ya que A_s requerido es menor al $A_{s_{min}}$, colocar armado con $A_{s_{min}}$.

Espaciamiento entre varillas.

Usando var # 6

$$31.34 \text{ cm}^2 \longrightarrow 200 \text{ cm}$$

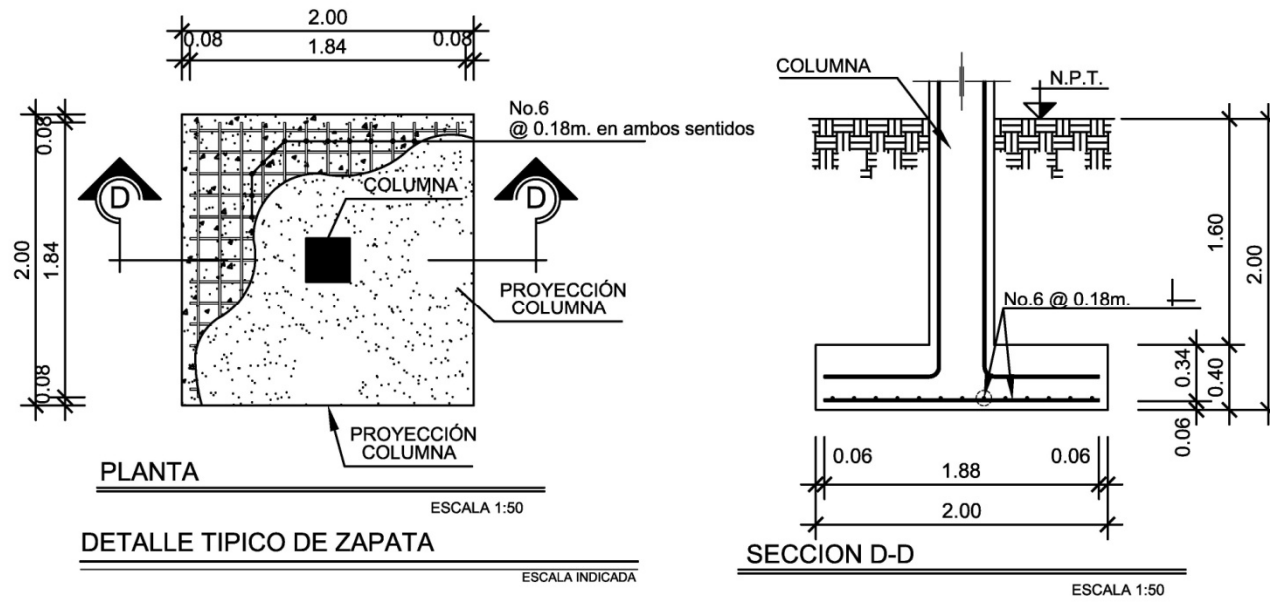
$$2.85 \text{ cm}^2 \longrightarrow S$$

$$S = 18.18 \text{ cm}$$

$$S = 18 \text{ cm}$$

Colocar varillas No. 6 @ 15 cm en ambos sentidos de la zapata. Ver en figura 38 el detalle de zapata.

Figura 40 Detalle de zapata



2.2.7.5 Diseño del módulo de gradas

La forma y disposición que se le da al módulo de gradas depende principalmente de las dimensiones e importancia de la edificación, del espacio que el proyecto les otorgue y finalmente del material y tipo de construcción que se escogerá. En este caso existe un área considerable para la ubicación de las gradas, por lo que el espacio no es un inconveniente para diseñar un módulo de gradas de concreto reforzado.

El que un módulo de gradas sea cómodo y seguro, depende de su relación huella y contrahuella. Las siguientes relaciones nos garantizan la comodidad y funcionalidad de un módulo de gradas:

- Contrahuella: $C \leq 20$ cm.
- Huella: $H > C$
- $2C + H \leq 64$ cm (valor cercano)
- $C + H = 45$ a 48 cm
- $C * H = 480$ a 500 cm²

Datos:

Carga viva = 500 kg./m²

$F'c = 210$ kg./m²

$Fy = 2810$ kg./m²

Altura (h) = 3.00 m

Área disponible: $4.1 * 3.90$ m

Procediendo al cálculo en sentido largo (4.175 m), dejando descanso de 1.78 m

Asumiendo huella = 30 cm y contrahuella = 16.5 cm

Numero de huellas = $2.7/0.30 = 9$, en un sentido; total de huellas = 16

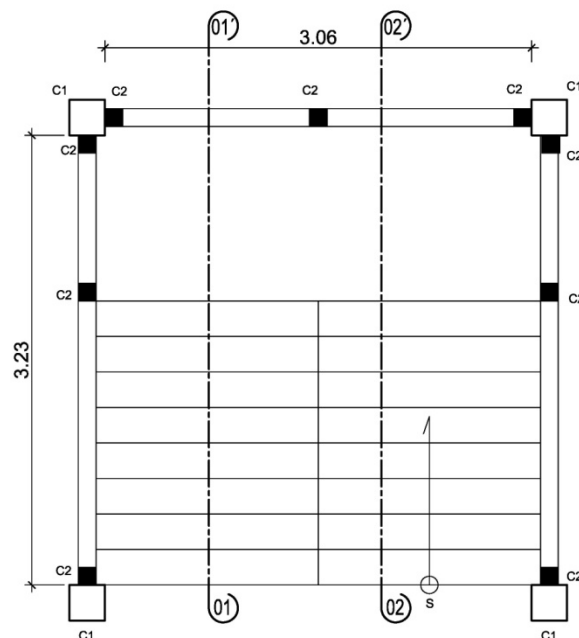
Numero de contrahuellas = $H + 1 = 18 + 1 = 17$

Chequeando relaciones de comodidad

- $C = 16.5 \text{ cm} < 20 \text{ cm}$
- $H = 30 \text{ cm} > C$
- $2 * 16.5 + 30 = 63 \text{ cm}$
- $16.5 + 30 = 46.5 \text{ cm}$
- $16.5 * 30 = 495 \text{ cm}^2$

Todas las relaciones analizadas chequean, por lo tanto las dimensiones consideradas son correctas. Ver figura 41, planta módulo de gradas.

Figura 41 Planta módulo de gradas



Chequeando altura total desarrollada

$$h = 18 * 0.165 = 2.97 \text{ cm,}$$

Si cubre la altura total solicitada.

Integración de cargas

$$Carga\ muerta = 1.4Wc * \left(t + \frac{C}{2}\right) = 1.4 * 2,400 * \left(0.11 + \frac{0.165}{2}\right) = 646.80 \text{ Kg/m}^2$$

$$Carga\ viva = 1.7 * 500 = 850 \text{ Kg/m}^2$$

$$Wu = 1,496.80 \text{ Kg/m}^2$$

Momentos actuantes

$$M(-) = \frac{Wu * l^2}{9} = \frac{1,496.80 * 4.1}{9} = 681.88 \text{ Kg} - m$$

$$M(+) = \frac{Wu * l^2}{14} = \frac{1,496.80 * 4.1}{14} = 438.35 \text{ Kg} - m$$

Cálculo de refuerzo

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$d = 8.5 \text{ cm}$$

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

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

$$As\ min = \frac{14.1}{2810} * 100 * 8.5 = 4.27 \text{ cm}^2$$

$$AsM(-) = \left(100 * 8.5 - \sqrt{(100 * 8.5)^2 - \frac{681.88 * 100}{0.003825 * 210}}\right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810}\right) = 3.27 \text{ cm}^2$$

$$AsM(+) = \left(100 * 8.5 - \sqrt{(100 * 8.5)^2 - \frac{438.35 * 100}{0.003825 * 210}}\right) \left(\frac{0.85 * 210}{2810}\right) = 2.07 \text{ cm}^2$$

Ambos momentos, requieren A_s menor al mínimo, por lo tanto se colocará

$A_{smin} = 4.27 \text{ cm}^2$, colocando varillas

Usando varilla No.4

$$\begin{array}{l} 4.27 \text{ cm}^2 \longrightarrow 100 \text{ cm} \\ 1.27 \text{ cm}^2 \longrightarrow S \end{array}$$

$$S = 29.74 \text{ cm} \approx 29.00 \text{ cm}$$

$$S_{max} = 2t = 2 * 11 \text{ cm} = 22 \text{ cm}$$

Se colocarán varillas No.4 @ 22cm

Acero por temperatura

$$A_s(t) = 0.002 * b * t = 0.002 * 100 * 11 = 2.2 \text{ cm}^2$$

Se colocarán varillas No.4 @ 22cm

Ver detalle módulo de gradas, en apéndice 2

2.2.8 Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica para iluminación cuenta con tres circuitos en el primer nivel y uno en el segundo, cada circuito tiene un máximo de doce unidades (lámparas 2x40 tipo industrial). La instalación eléctrica de fuerza, cuenta con tres circuitos en el primer nivel y dos en el segundo, con un máximo de diez unidades por circuito.

2.2.9 Elaboración de planos

Se elaboraron 10 planos, los cuales son:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de cimentación y columnas
- Planta de losas y detalles de vigas
- Corte de muros y detalles estructurales
- Módulo de gradas
- Planta de acabados
- Planta de inst. eléctrica iluminación
- Planta de inst. eléctrica fuerza
- Fachadas y secciones

2.2.10 Presupuesto de edificio escolar

El presupuesto se elaboró con base en precios unitarios, aplicando un 35% de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades. Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región. El salario de mano de obra calificada y no calificada se consignó, de acuerdo con los valores que maneja la municipalidad en casos similares al tipo de proyecto.

Tabla XXII. Costos unitarios

COSTOS UNITARIOS	
PROYECTO:	AMPLIACIÓN DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES
LOCALIZACION	BARRIO SAN MIGUEL ESCOBAR ZONA 6
MUNICIPIO	CIUDAD VIEJA
DEPARTAMENTO	SACATEPEQUEZ

No.	REGLON	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO / UNITARIO	TOTAL
1.0	LIMPIEZA, TRAZO Y NIVELACION	260	m2	Q 63.48	Q 16,506.00
2.0	EXCAVACIÓN	192.68	m3	Q 74.10	Q 14,277.48
3.0	ZAPATA T-1	24.00	unidad	Q 5,213.81	Q 125,131.44
4.0	CIMIENTO CORRIDO	98.38	ml	Q 206.95	Q 20,359.71
5.0	SOLERA DE HUMEDAD	102.28	ml	Q 169.63	Q 17,350.06
6.0	SOLERA TIPO U	471.6	ml	Q 123.07	Q 58,039.45
7.0	SOLERA TIPO U	37.8	ml	Q 144.71	Q 5,470.08
8.0	SOLERA FINAL	10.5	ml	Q 173.20	Q 1,818.60
9.0	COLUMNA TIPO 1	48	unidad	Q 3,661.67	Q 175,760.20
10.0	COLUMNA TIPO 2	276	ml	Q 158.36	Q 43,706.60
11.0	COLUMNA TIPO 3	144	ml	Q 122.74	Q 17,674.30
12.0	LEVANTADO DE MUROS	505.07	m2	Q 214.43	Q 108,301.55
13.0	VIGA TIPO 1	55.48	ml	Q 880.92	Q 48,873.42
14.0	VIGA TIPO 2	38.28	ml	Q 676.04	Q 25,878.62
15.0	VIGA TIPO 3	22.68	ml	Q 753.65	Q 17,092.74
16.0	VIGA TIPO 4	22.68	ml	Q 904.59	Q 20,516.03
17.0	VIGA TIPO 5	48.40	ml	Q 698.73	Q 33,818.73
18.0	VIGA TIPO 6	64.20	ml	Q 627.77	Q 40,303.13
19.0	VIGA TIPO 7	15.00	ml	Q 833.13	Q 12,496.96
20.0	VIGA TIPO 8	48.60	ml	Q 683.40	Q 33,213.33
21.0	LOSA	522.50	m2	Q 674.42	Q 352,386.30
22.0	MODULO DE GRADAS	1.00	global	Q 39,158.00	Q 39,158.00
23.0	PISO CERAMICO	522.50	m2	Q 268.86	Q 140,481.25
24.0	PUERTAS, VENTANAS Y BARANDA	1.00	global	Q 160,965.00	Q 160,965.00
25.0	INSTALACION ELECTRICA	1.00	global	Q 36,400.00	Q 36,400.00
26.0	REPELLO + CERNIDO	1668.50	m2	Q 80.95	Q 135,068.50
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					Q 1,701,047.47

CONCLUSIONES

1. Dada la situación en que se encuentran las comunidades del interior de la República, por diversos factores como la carencia de servicios básicos, infraestructura, educación y salud, retrasa el desarrollo productivo no solo de estas comunidades sino de todo el país. Por lo tanto, debe existir más inversión en proyectos por parte de la municipalidad, una buena gestión para priorizar proyectos por parte de los comités encargados y buena ejecución de obras por parte de los constructores.
2. En el municipio Ciudad Vieja se pudo detectar que en época de invierno, la población presenta grandes problemas por el agua pluvial que corre sobre las calles y avenidas del mismo. Por esta razón, se diseñó un sistema de alcantarillado pluvial, el cual permitirá evacuar el agua en puntos de desfogue estratégicos.
3. Es muy común, en estos tiempos, escuchar acerca de problemas legales entre comunidades, por la contaminación que una de estas le puede provocar a la otra. También es preocupante cómo el calentamiento global toma, cada vez más, incidencia en el diario vivir de las personas, lamentablemente de forma negativa, provocando desastres de gran magnitud y enfermedades a causa de la contaminación. Es por ello que se hace necesario que exista en todo proyecto, medidas de mitigación por posibles efectos negativo que pueda causar cualquier obra en ejecución y/o funcionamiento.

RECOMENDACIONES

1. Contratar a un profesional de la Ingeniería Civil para que, a través de él, se garantice la supervisión técnica y el control de calidad de los materiales, durante la ejecución de los proyectos.
2. Actualizar los presupuestos de los proyectos antes de su cotización o contratación, ya que, tanto materiales como salarios, están sujetos a cambios ocasionados por variaciones en la economía.
3. Implementar un plan de mantenimiento para preservar en buenas condiciones los proyectos anteriormente mencionados, para garantizar el buen funcionamiento de los mismos.

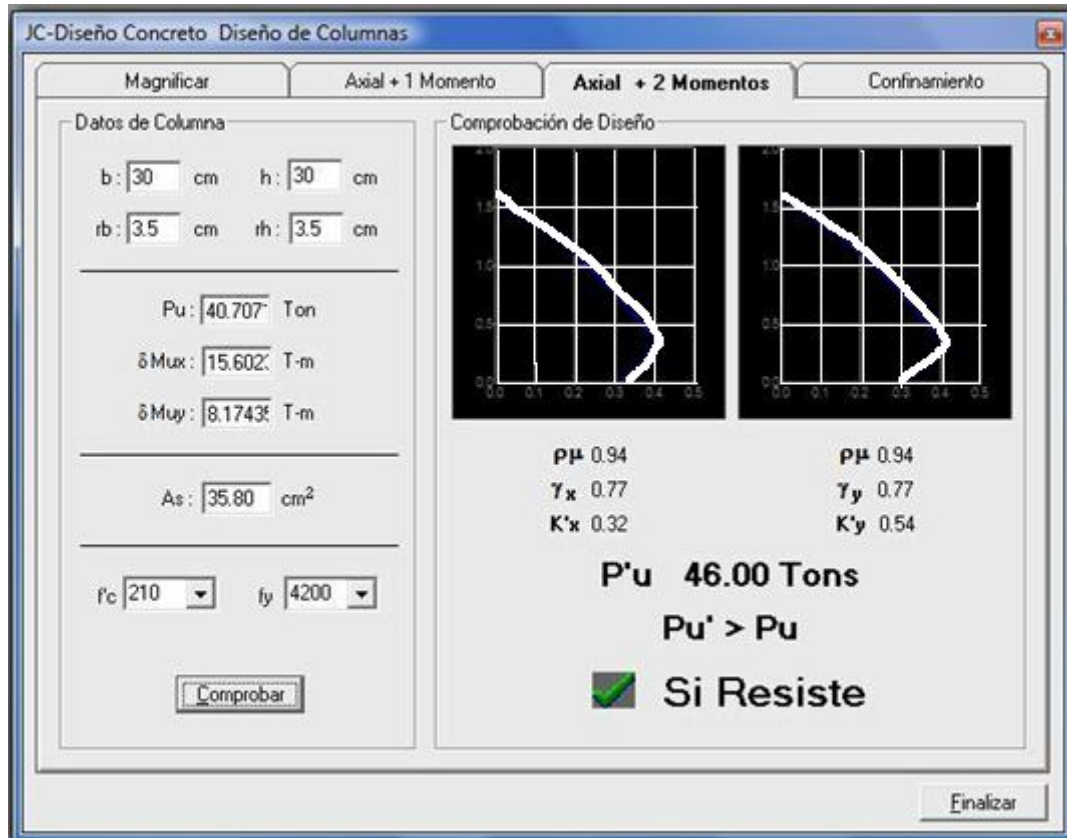
BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrera Ripiele, Ricardo A. Apuntes de Ingeniería Sanitaria 2. Tesis, Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 1989
2. Pacajoj Ixquiac, Sergio Iván. Aplicaciones para alcantarillados del programa Autocad desarrollo de urbanizaciones. Trabajo de graduación, Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2005
3. Pineda García, Astrid Gabriela. Diseño de alcantarillado pluvial en la cabecera municipal y propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea el Rosario, municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez. Trabajo de graduación, Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2006.
4. Paz Chacon, Sindy Anabella. Diseño del edificio escolar de dos niveles para la aldea El Manzanillo y sistema de alcantarillado sanitario para el sector sur del casco urbano de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez. Trabajo de graduación, Ing. Civil, Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala 2008.
5. Samayoa Peque, Carlos Oswaldo. Administración y control del costo en la construcción. Tesis, de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, 2008

ANEXOS

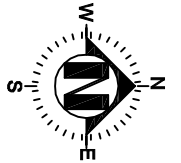
ANEXO 1

Valor de K'_x y K'_y

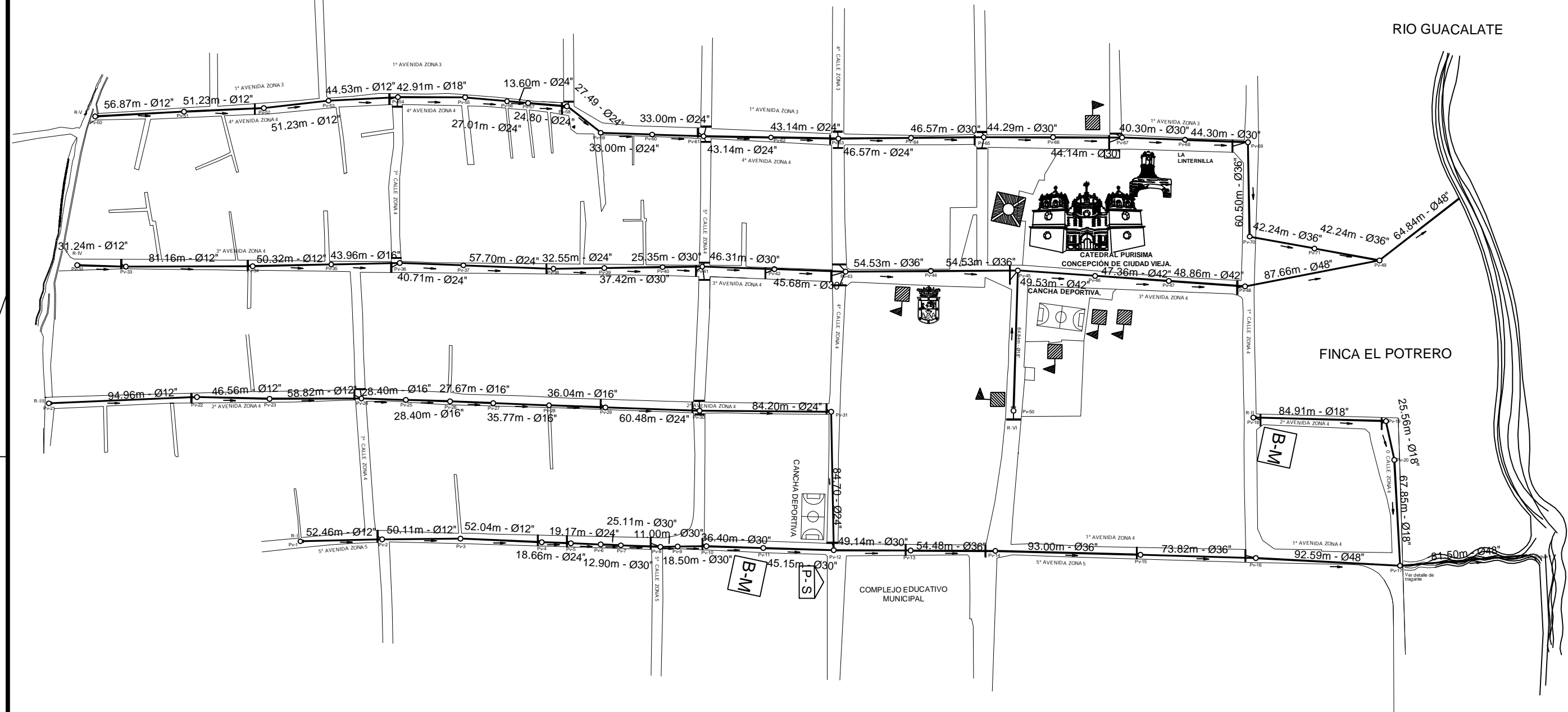


Fuente: Julio Corado Franco, **Programa para el diseño completo de marcos de concreto reforzado, Jc Diseño concreto**. Facultad de ingeniería USAC 1998

PLANOS CONSTRUCTIVOS



RIO GUACALATE

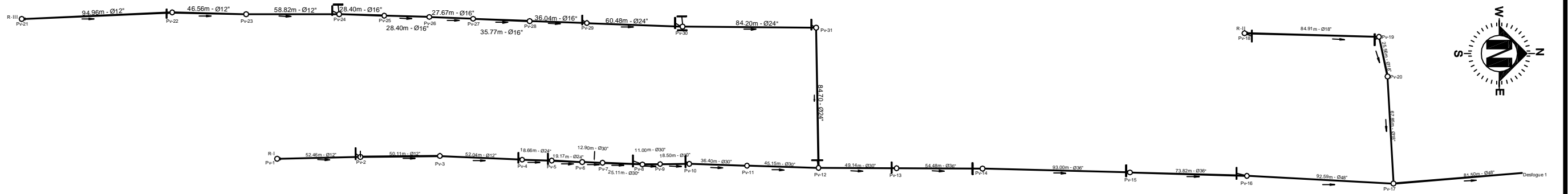


ZONA 4

PLANTA DE CONJUNTO

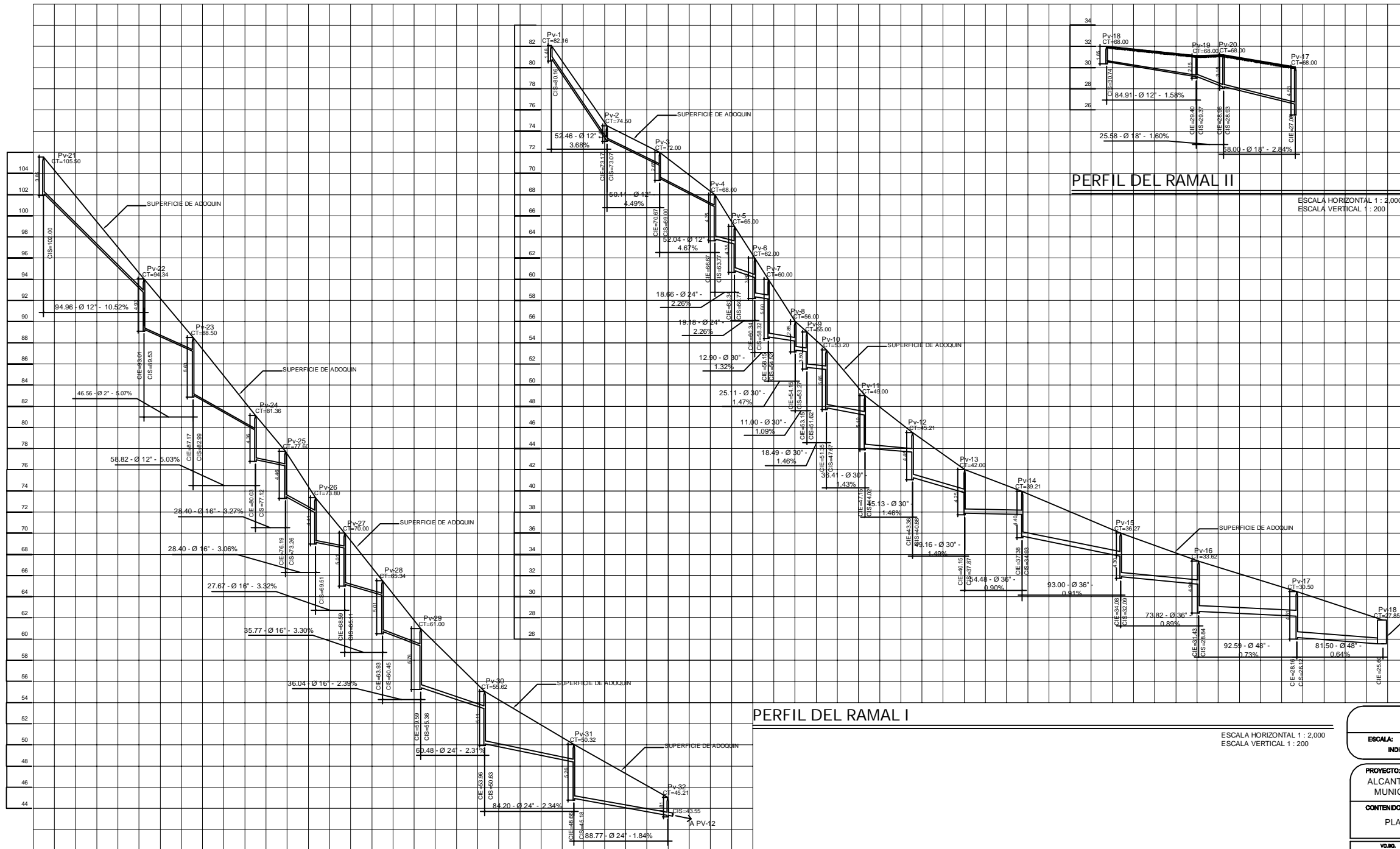
ESCALA 1 : 1,250

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: ALCANTARILLADO PLUVIAL ZONA 4 CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO			
VOL. No.			HOJA No. 1 / 5
<p style="text-align: center;">NORA MAYRA GARCIA DE SIERRA ABEGRA DE E.P.A.</p>			



PLANTA RAMAL I, II, III

ESCALA 1 : 1,250



PERFIL DEL RAMAL II

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2,000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

PERFIL DEL RAMAL I

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2,000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

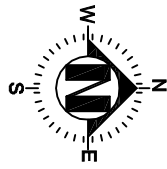
PERFIL DEL RAMAL III

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2,000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

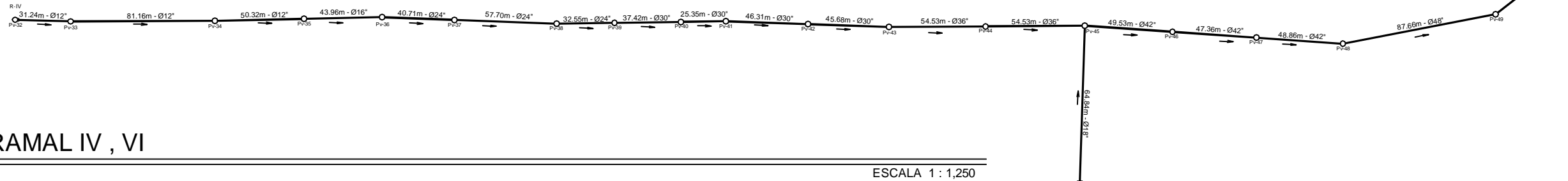
REFERENCIAS	
○	(PV - No.) POZO DE VISITA NUMERO
○—	RAMAL INICIAL
→	DIRECCION DE FLUJO

LONG.(m)-Ø(")-PEND. TUB.(%)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: ALCANTARILLADO PLUVIAL ZONA 4 CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES RAMALES 1, 2 Y 3			
VOL. No.			HOJA No. 2 / 5
INERA MAYRA GARCIA DE BERRA ARQUITECTA DE E.P.L.			

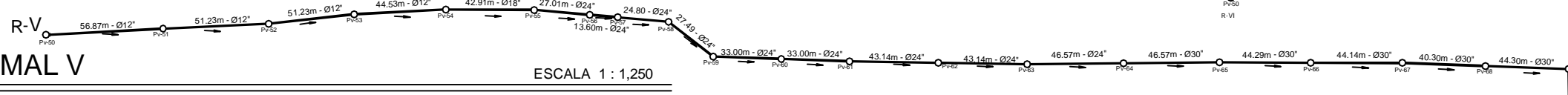


PLANTA RAMAL IV , VI

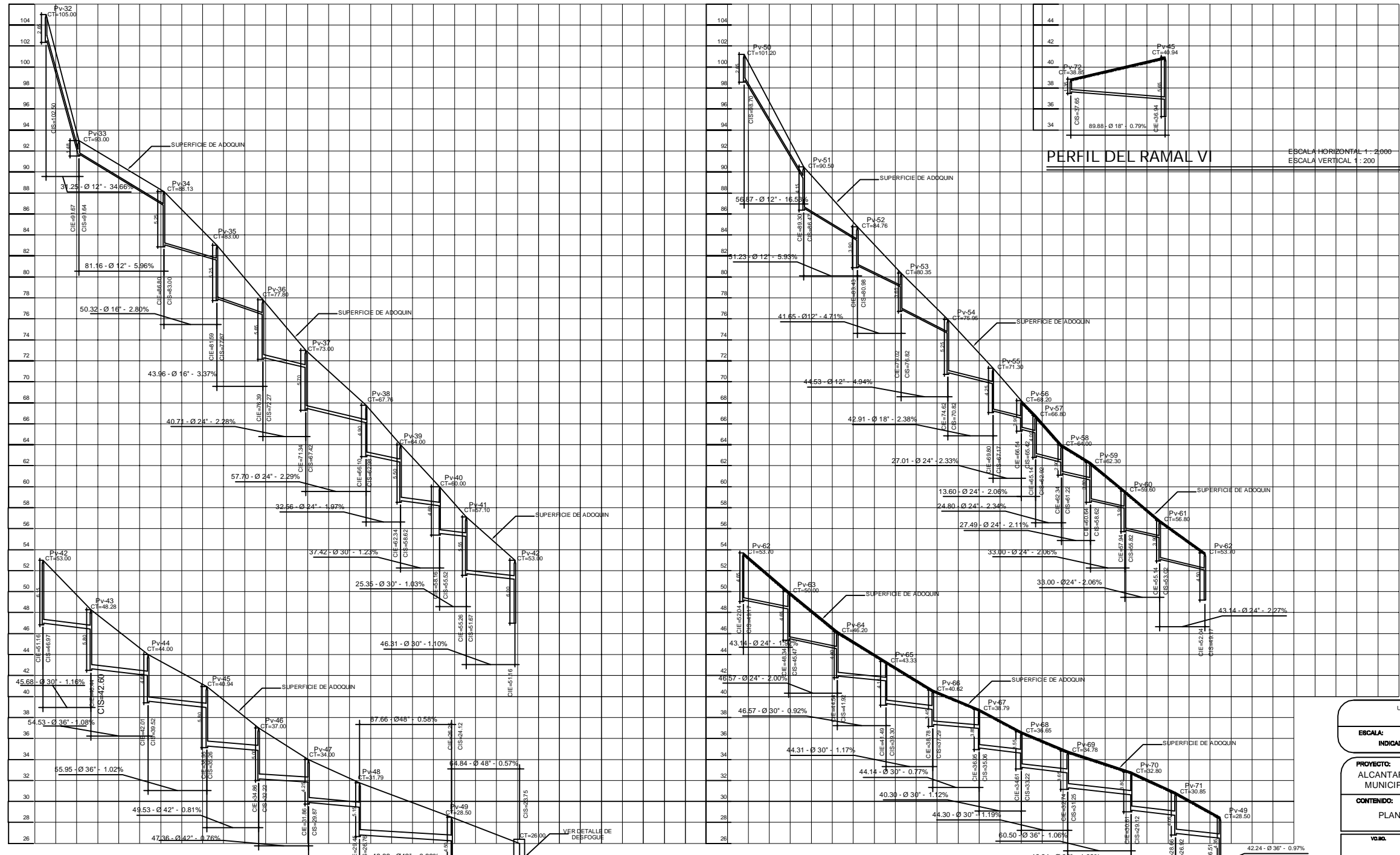


ESCALA 1 : 1,250

PLANTA RAMAL V



ESCALA 1 : 1,250



PERFIL DEL RAMAL VI

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2,000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

REFERENCIAS	
O	(PV - No.) POZO DE VISITA NUMERO
—	RAMAL INICIAL
→	DIRECCION DE FLUJO
LONG.(m)-Ø(")-PEND. TUB.(%)	

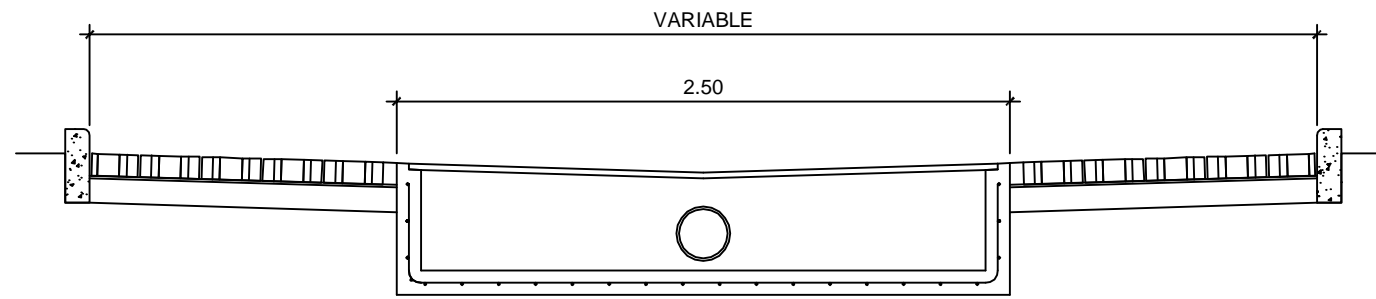
PERFIL DEL RAMAL IV

ESCALA HORIZONTAL 1 : 2,000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

PERFIL DEL RAMAL V

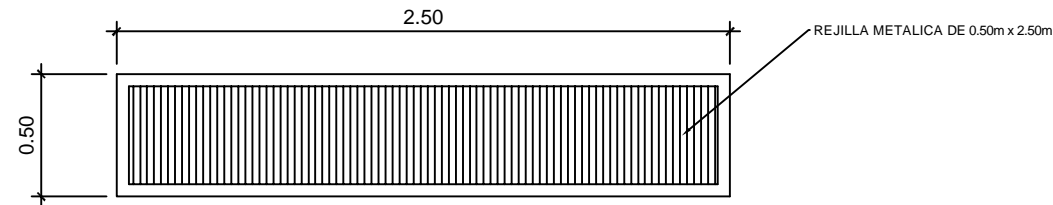
ESCALA HORIZONTAL 1 : 2,000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: ALCANTARILLADO PLUVIAL ZONA 4 CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA Y PERFILES RAMALES 4, 5, 6			
VOL. NO.			HOJA No. 3 / 5
<p style="text-align: center;">NORA MAYRA GARCIA DE BERRA ABOGLADA DE E.P.A.</p>			



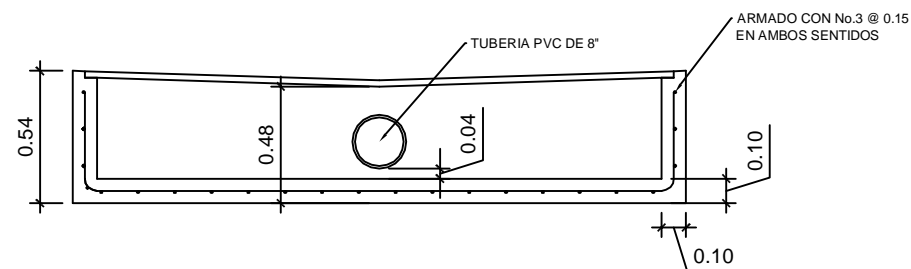
DETALLE DE GAVARITO CON TRAGANTE

ESCALA 1/75



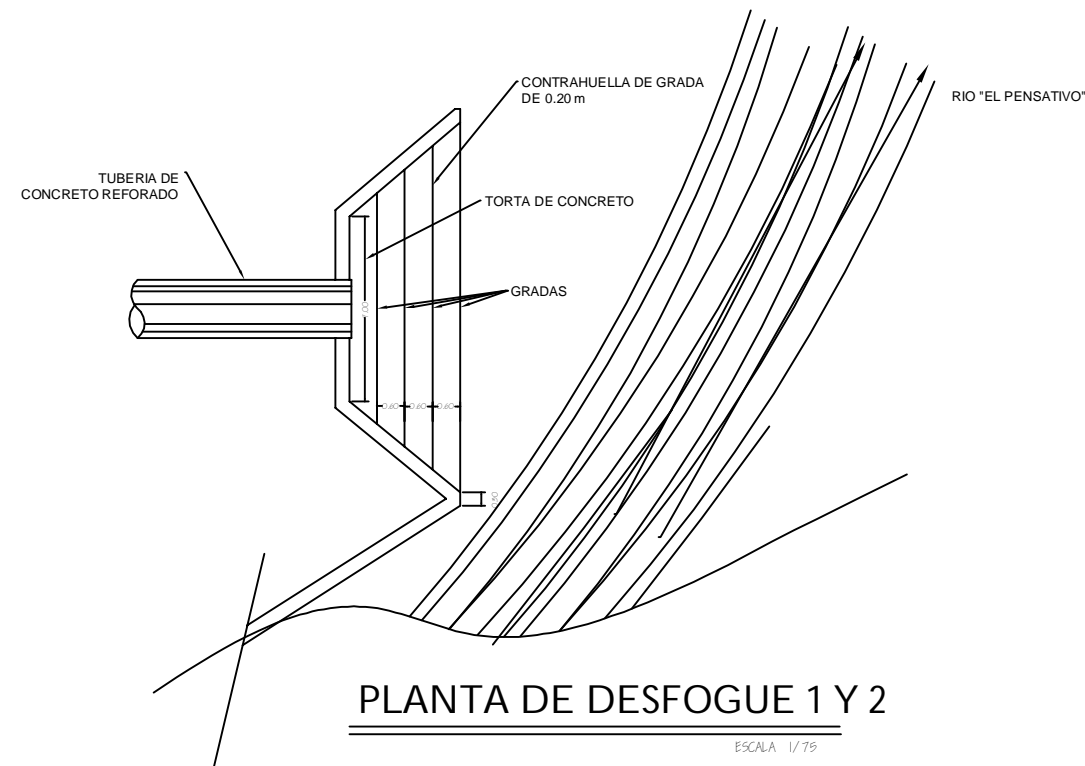
PLANTA DE REJILLA

ESCALA 1/75



ELEVACION DE REJILLA

ESCALA 1/75



PLANTA DE DESFOGUE 1 Y 2

ESCALA 1/75

ESPECIFICACIONES:

ACERO:

1.- EL ACERO DEBERA TENER UN FY = 2,800 KG/CM2

CONCRETO:

- 1.- EL CONCRETO DEBERA TENER UN F'C = 210 KG/CM2.
- 2.- RELACION DE AGUA / CEMENTO MAXIMA ERMISIBLE 29.3 LTS / SACO DE CEMENTO.
- 3.- EL AGREGADO GRUESO (PIEDRIN) DEBERA TENER UN MINIMO DE 1/2" Y UN MAXIMO DE 1 1/2".
- 4.- PROPORCIANAMIENTO POR M3 DE CONCRETO = (0.44 M. DE ARENA DE RIO, 0.89 M. DE PIEDRIN, 8 SACOS DE CEMENTO UGC Y 21.5 LTS. DE AGUA / SACO DE CEMENTO).
- 5.- RECUBRIMIENTO MINIMO PARA LA BASE SERA DE 7 CMS. EN TAPADERA Y BROCAL SERA DE 3 A 5 CMS.

CARGAS: (Resistencias)

CONCRETO	2,400 KG/M
MURO	200 KG/M

MAMPOSTERIA:

- 1.- LA MAMPOSTERIA SERA CONFORME LA NORMA C-62 DE LA A.S.T.M.
- 2.- SE USARA LADRILLO TAYUYO DE 0.065X0.11X0.23, O LADRILLO PERFORADO DE IGUAL DIMENSION.
- 3.- LA TOLERANCIA DE DIMENSIONES EN LOS LADRILLOS, NO DEBEN EXCEDERSE A=0.32 CMS. DE LAS DIMENSIONES ESPECIFICADAS.
- 4.- EL AREA DE VACIOS EN LADRILLOS PERFORADOS, NO DEBE SER MAYOR QUE EL 25% DEL AREA TOTAL.
- 5.- EL LADRILLO TENDRA UNA RESISTENCIA DE 84 KG/M.

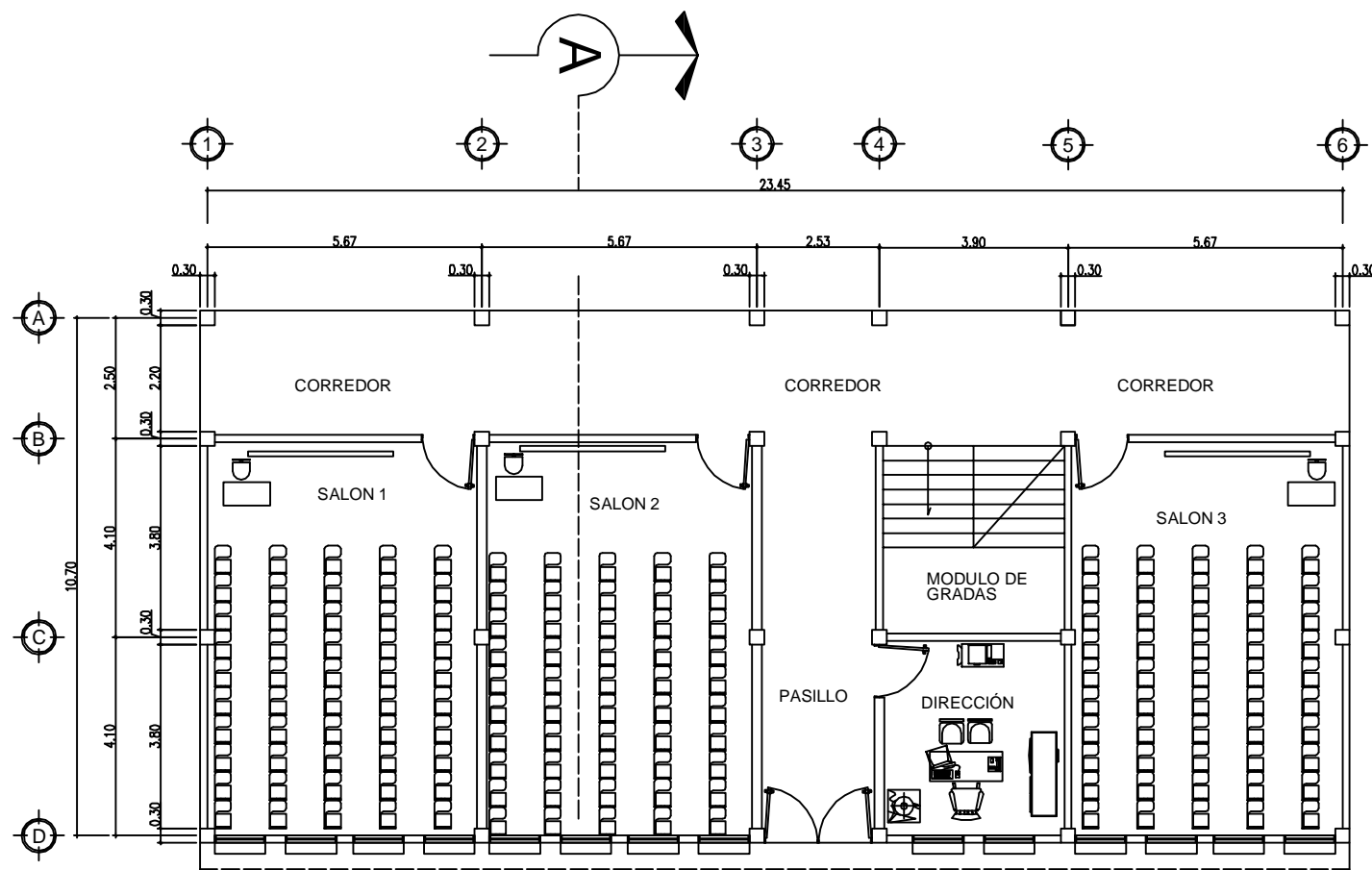
MORTERO:

- 1.- PROPORCION 1:3 = (1 SACOS DE CEMENTO + 3 DE AREANA DE RIO).
- 2.- EL AGUA A USARSE DEBERA SER LIMPIA Y LIBRE DE ACIDOS, ACEITES, SAL Y SUBSTANCIAS DAÑINAS.
- 3.- LA ARENA A USARSE SERA, ARENA DE RIO SECA, CONFORME LA NORMA C-144 DE LA ASTM.

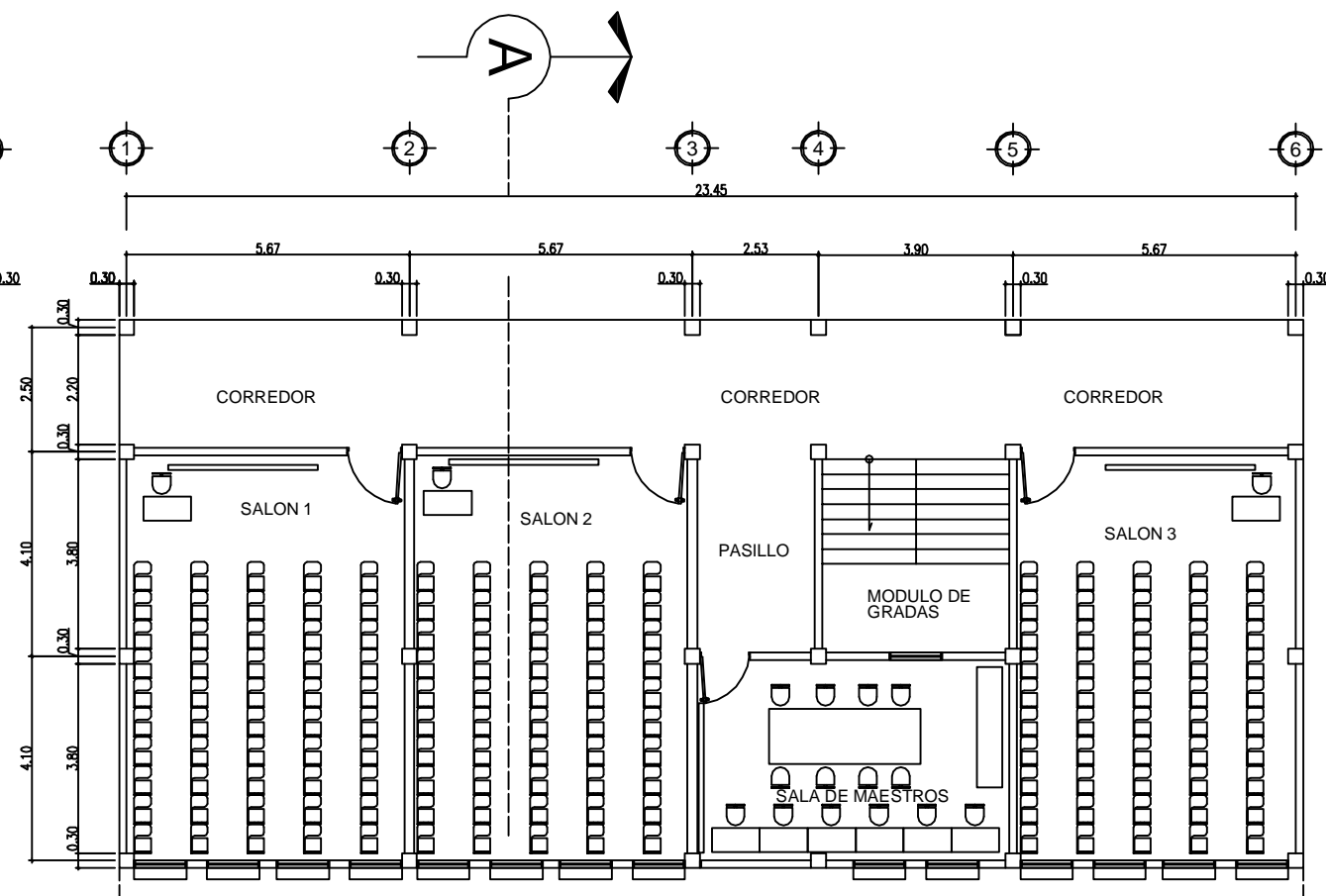
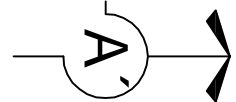
TUBERIA DE CEMENTO:

- 1.- LA TUBERIA SERA CONFORME LA NORMA C-14 DE LA AASHTO, NO DEBE USARSE TUBERIA DE DIAMETRO MENOR A 12".
- 2.- TODA LA TUBERIA SE COLOCARA ALINEADA Y CON EL DESNIVEL INDICADO EN LOS PLANOS, USANDO PARA ELLO UN EEMPLANTILLADO DE LADRILLO TAYUYO.
- 3.- LAS UNIONES ENTRE TUBOS, SE HARAN CON SABIANTA DE CEMENTO Y ARENA RESPECTIVAMENTE.

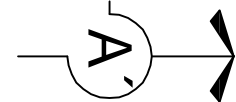
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: ALCANTARILLADO PLUVIAL ZONA 4 CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: DETALLES DE REJILLAS Y DESFOGUES			
VOL. No.			HOJA No. 5 / 5
 NORA MAYRA GARCIA DE SIERRA ARQUITECTA DE E.P.S.			




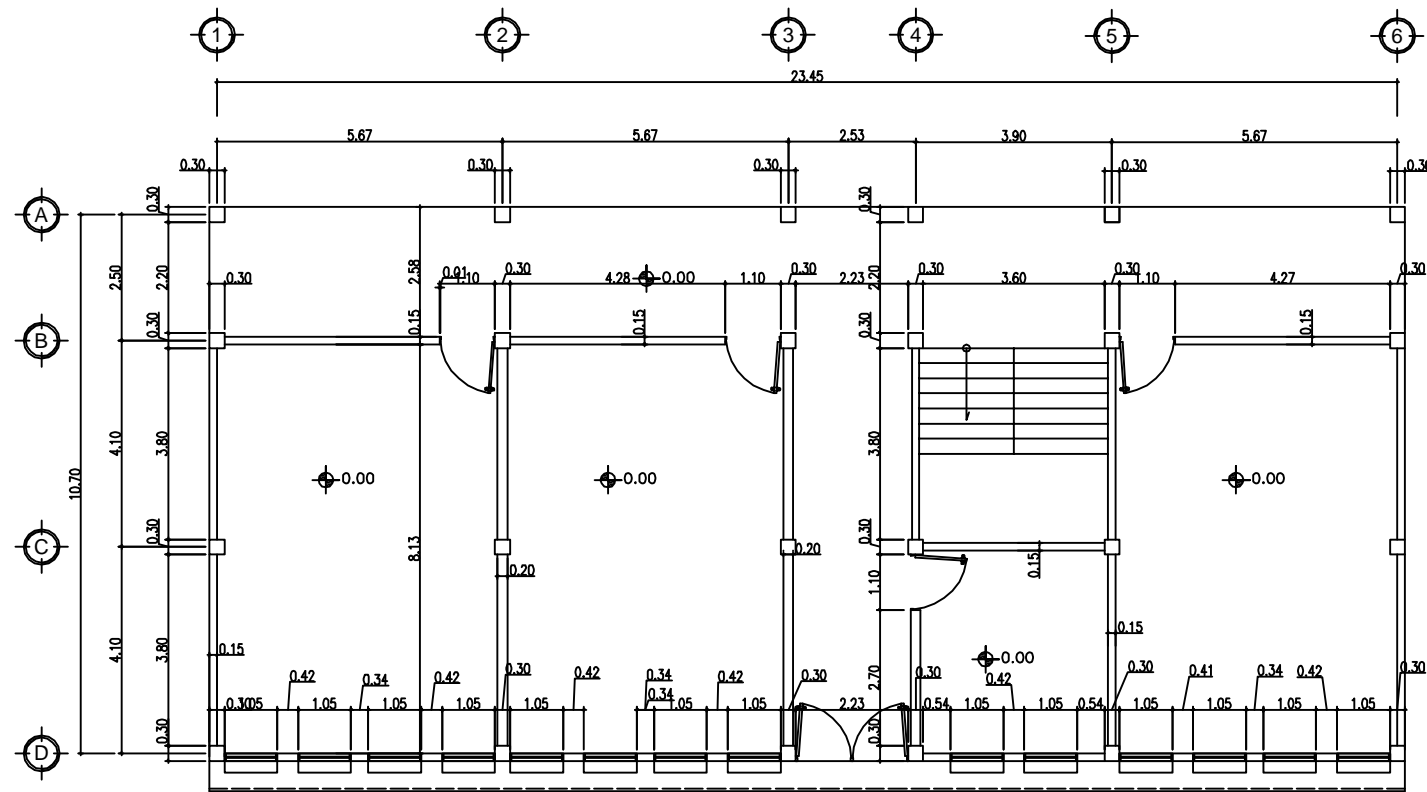
PLANTA ARQUITECTONICA
PLANTA BAJA



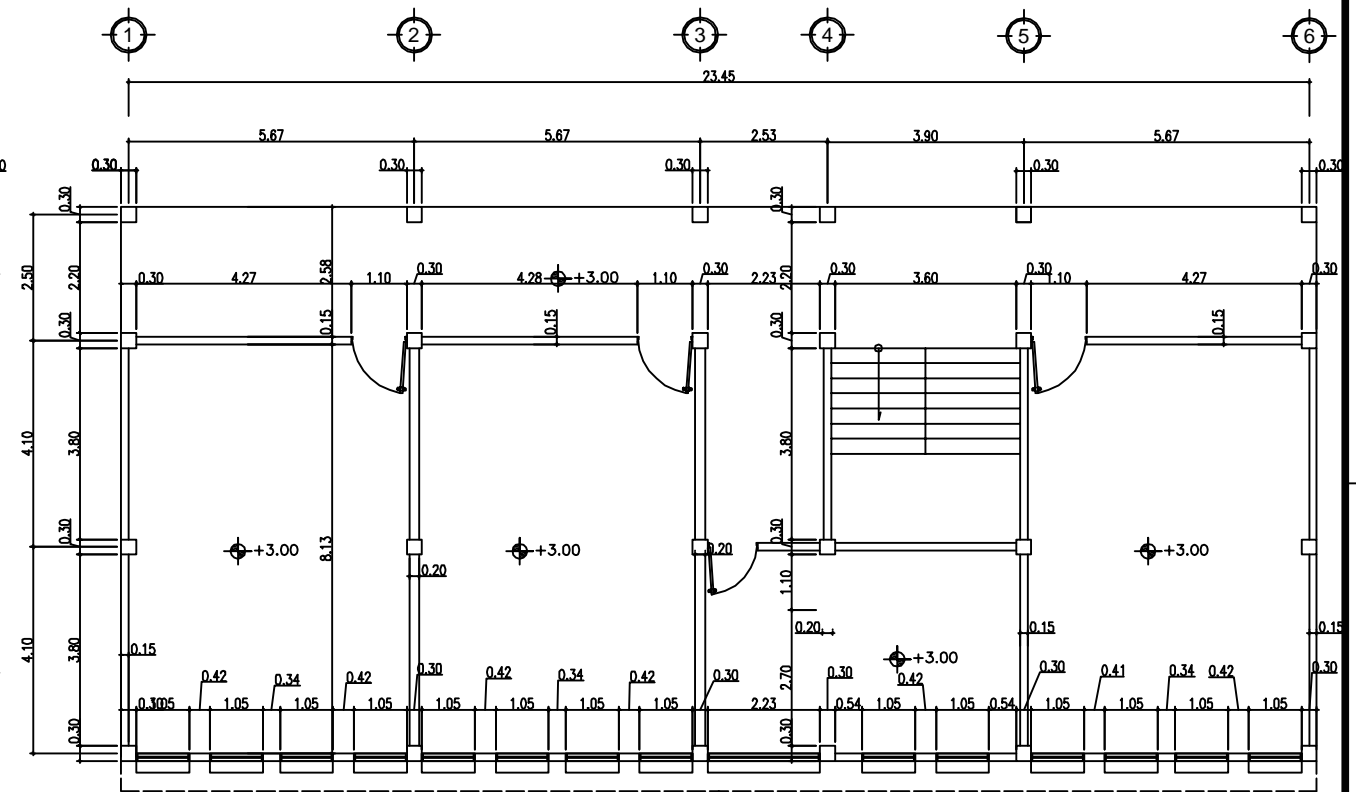
PLANTA ARQUITECTONICA
PLANTA ALTA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			 U S A C E P S
CONTENIDO: PLANTAS ARQUITECTONICAS			
VO. BO. IRMA MAYRA GARCIA DE SIERRA ARQUITECTA DE E.P.S.			HOJA No. 1 / 10

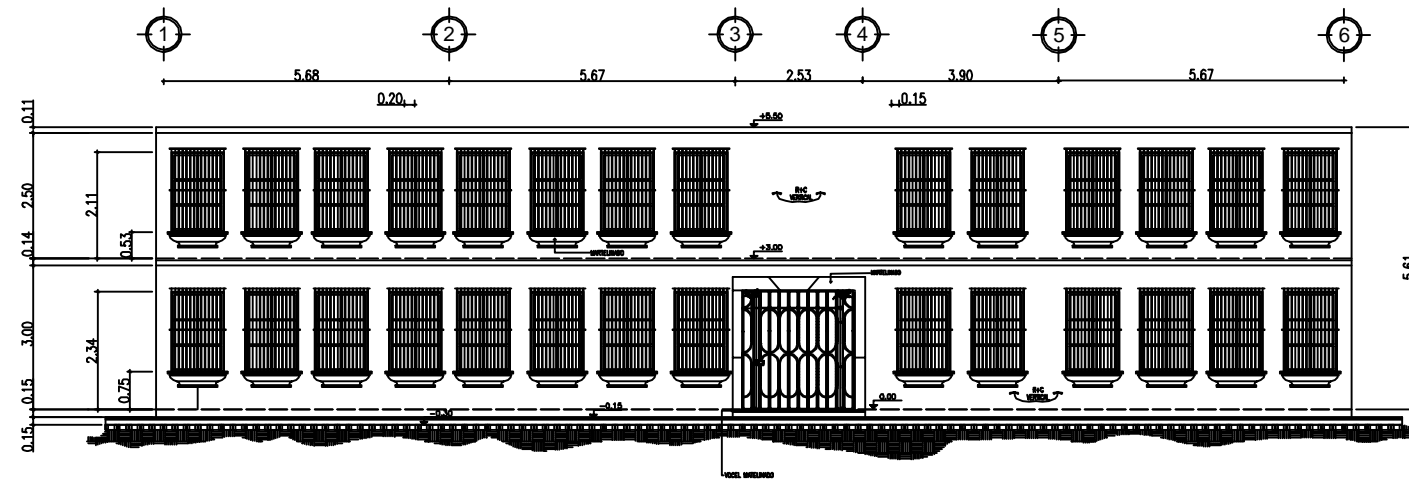


PLANTA ACOTADA
PLANTA BAJA

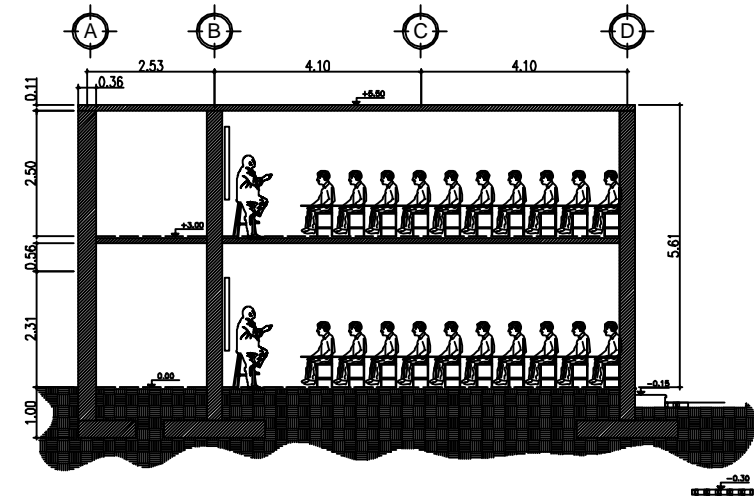


PLANTA ACOTADA
PLANTA ALTA

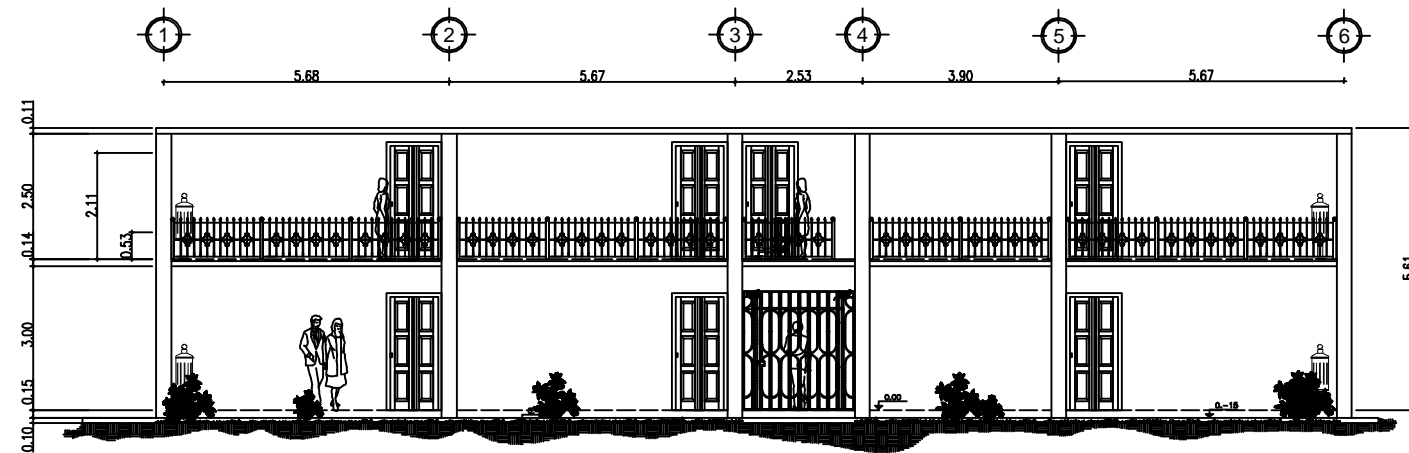
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			 U S A C E P S
CONTENIDO: PLANTAS ACOTADAS			
VOBO. NORA MAYRA GARCIA DE SIERRA ARQUITETA DE E.P.A.			HOJA No. 2 10



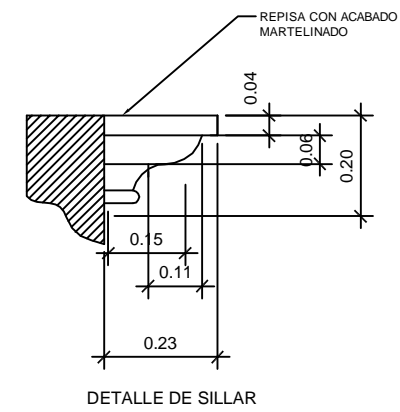
FACHADA PRINCIPAL ESCUELA
VISTA FRONTAL



SECCION A - A'
SECCION TRANSVERSAL

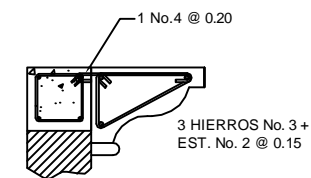


FACHADA POSTERIOR



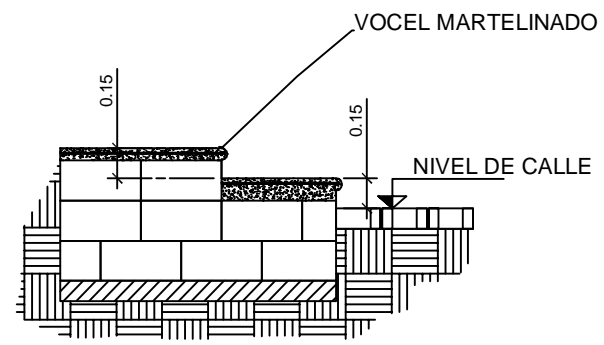
DETALLE DE SILLAR

ESCALA 1:10



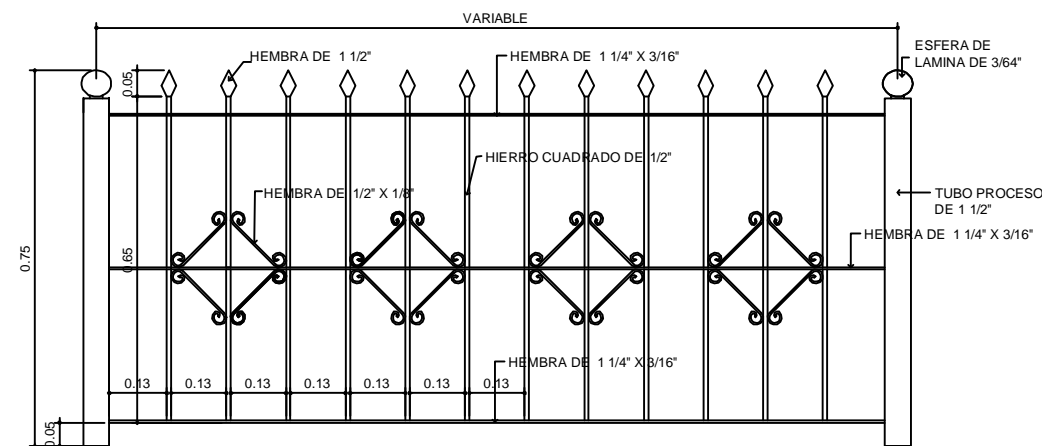
DETALLE DE ARMADO DE SILLAR

ESCALA 1:10



DETALLE DE GRADAS DE INGRESO

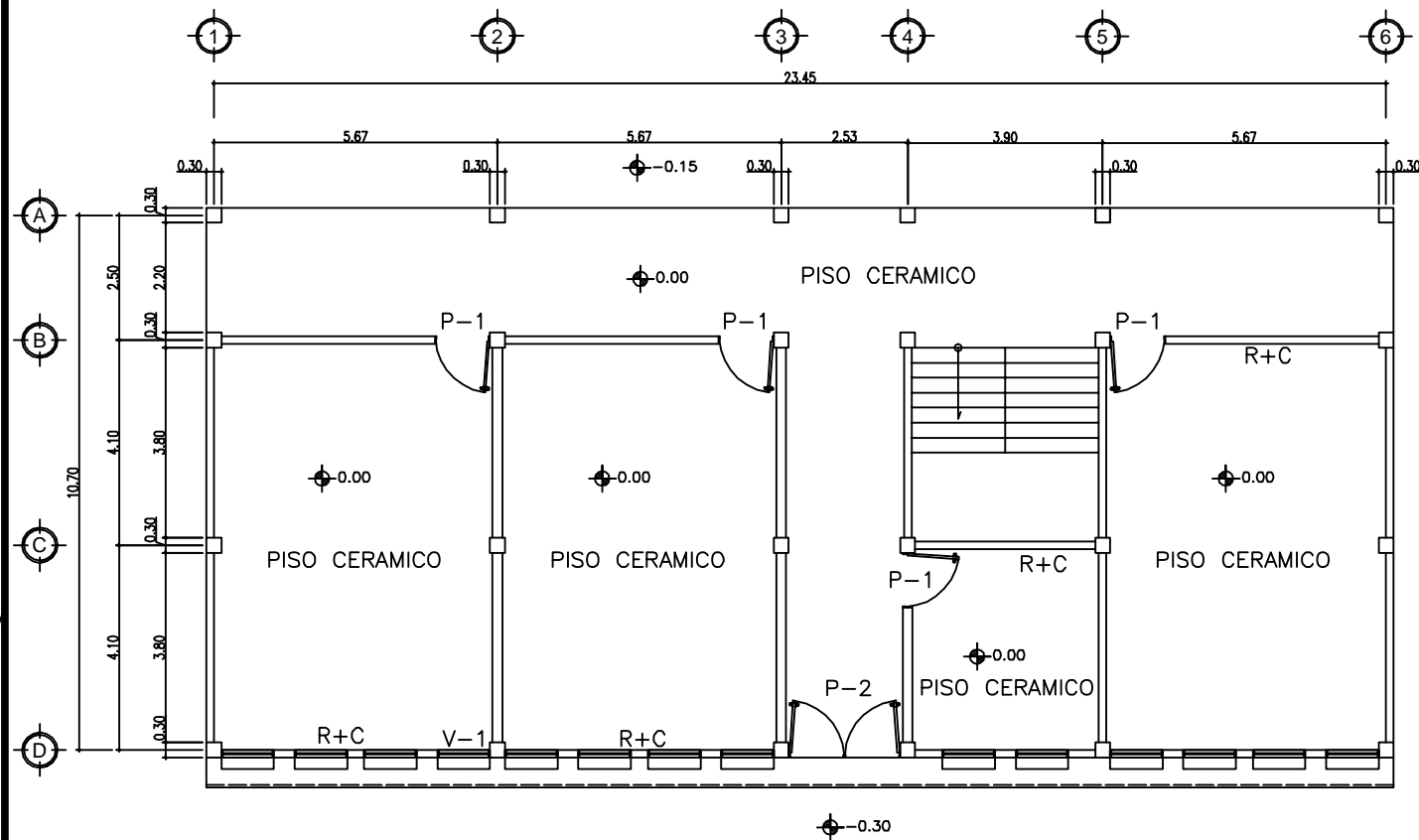
ESCALA 1:10



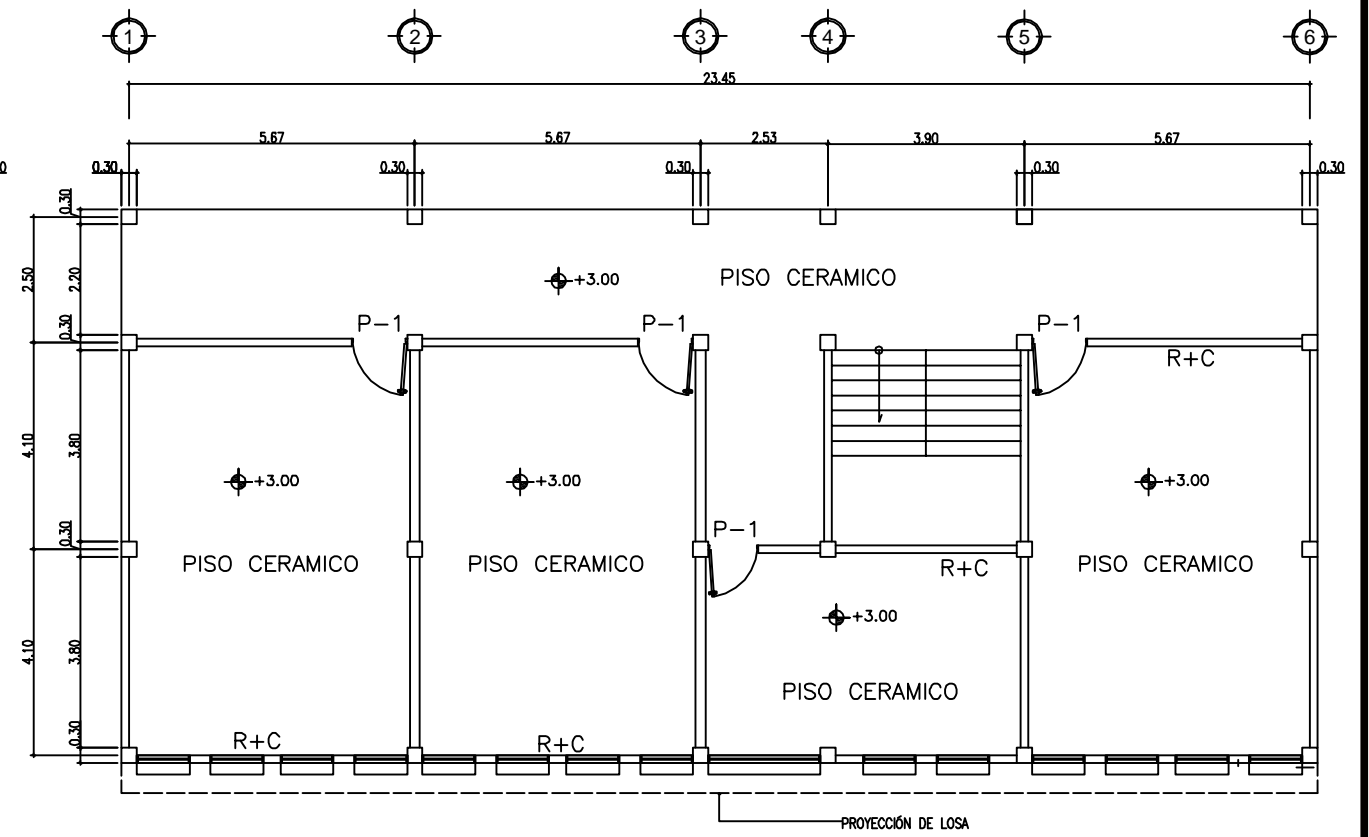
DETALLE DE GRADAS DE INGRESO

SIN ESCALA

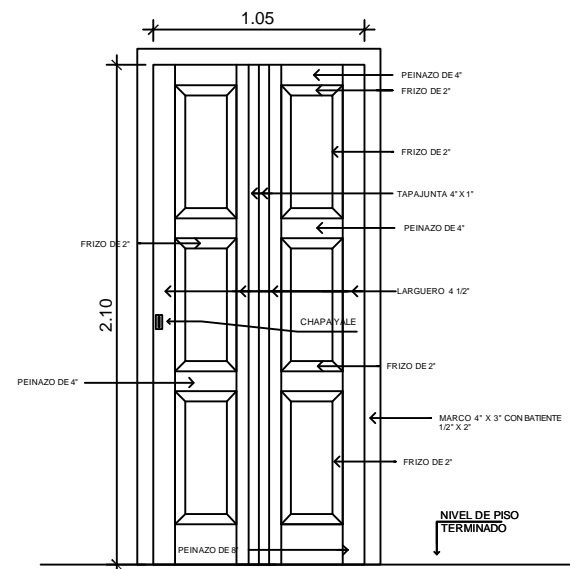
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: ELEVACIONES Y SECCIONES, DETALLES			
V.O.B. INRA MAYRA GARCIA DE SIERRA ARQUITECTA DE E.P.A.			HOJA No. 3 / 10



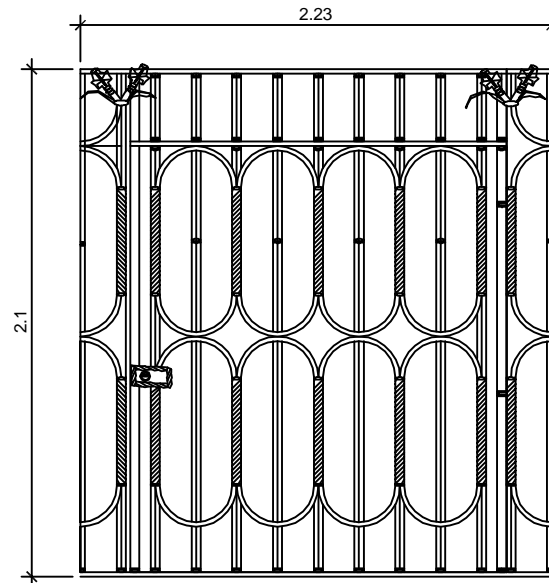
PLANTA DE ACABADOS
PLANTA BAJA



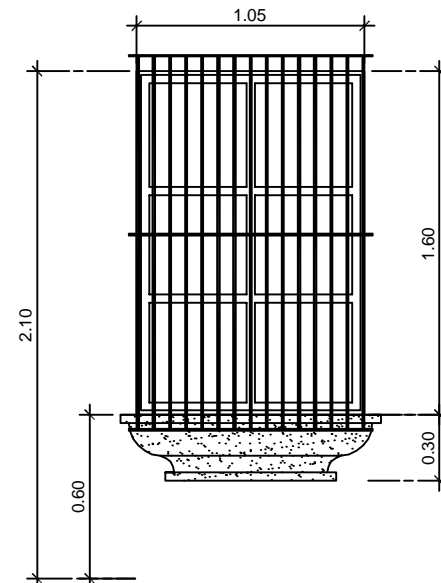
PLANTA DE ACABADOS
PLANTA ALTA



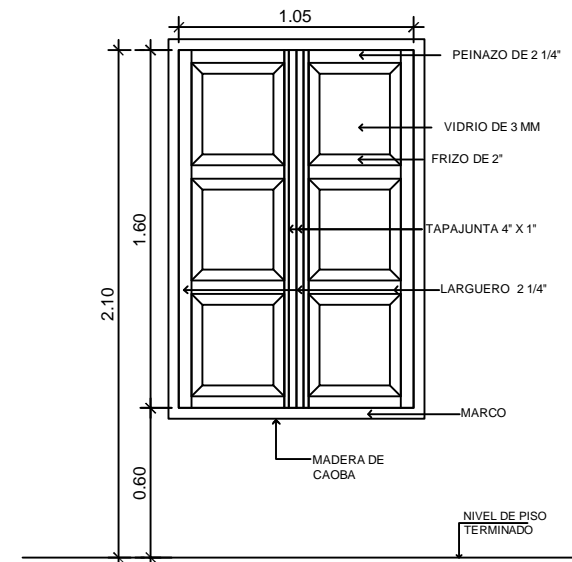
PUERTA (P-1)
DETALLE TÍPICO
ESCALA 1:25



PUERTA (P-2)
DETALLE TÍPICO
ESCALA 1:25



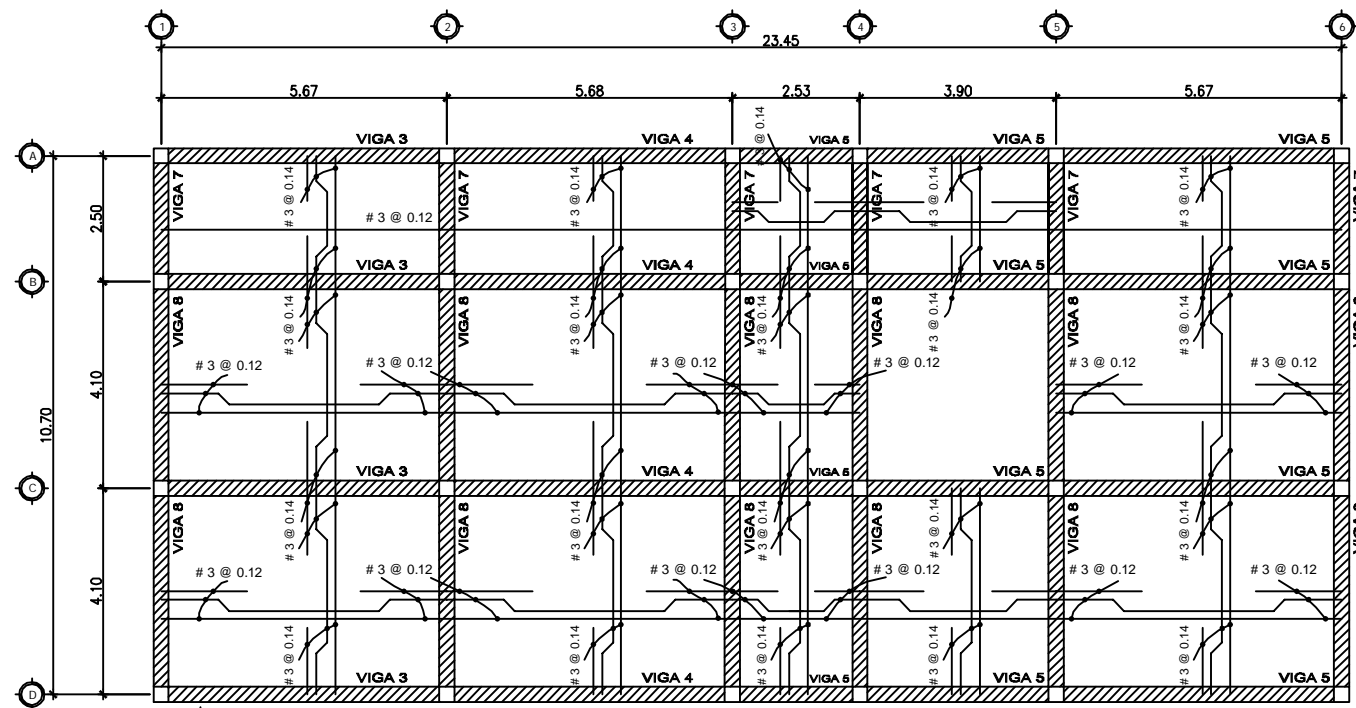
DETALLE DE BALCON
DETALLE TÍPICO
ESCALA 1:25



VENTANA (V-1)
DETALLE TÍPICO
ESCALA 1:25

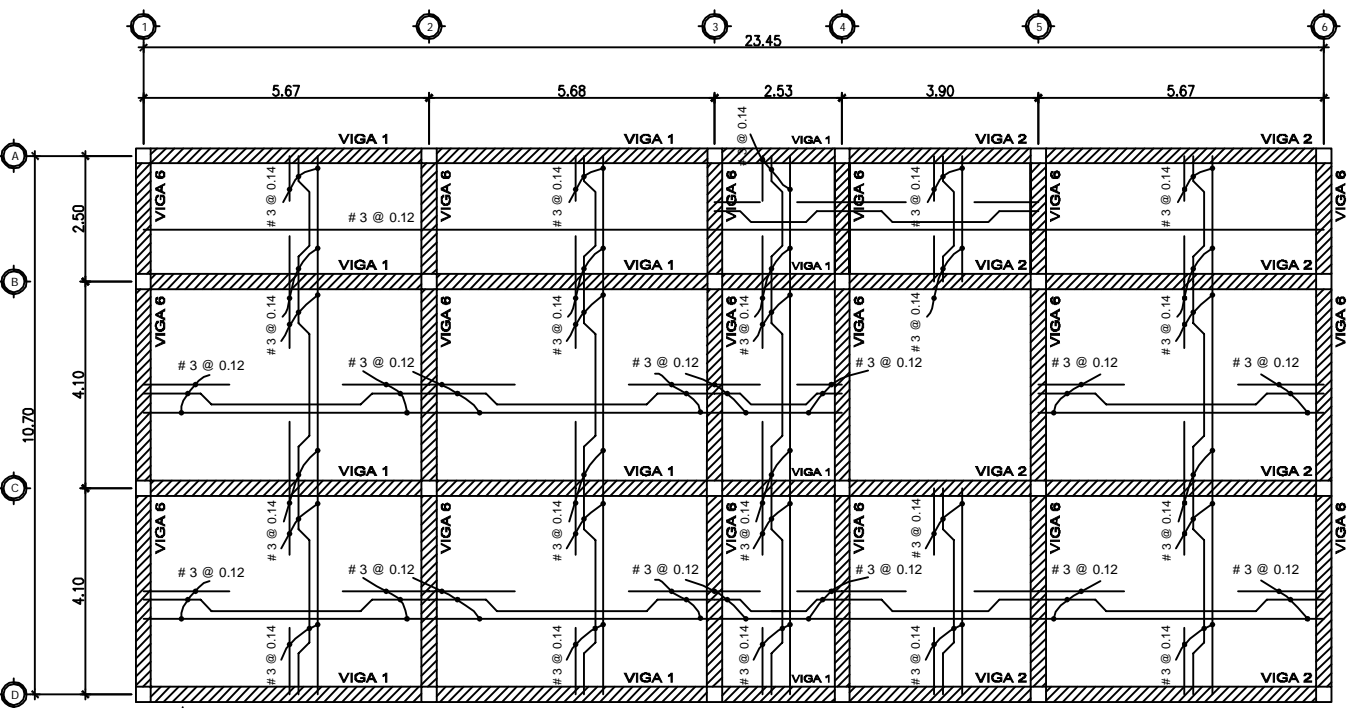
SÍMBOLO	NOMENCLATURA	SÍMBOLO	NOMENCLATURA
R+C	REPELLO + CERNIDO	P-1	PUERTA TIPO 1
◆	NIVEL	P-2	PUERTA TIPO 2
P-C	PISO CERAMICO	V-1	VENTANA TIPO 1

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTAS DE ACABADOS Y DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS			
			HOJA No. 4 / 10



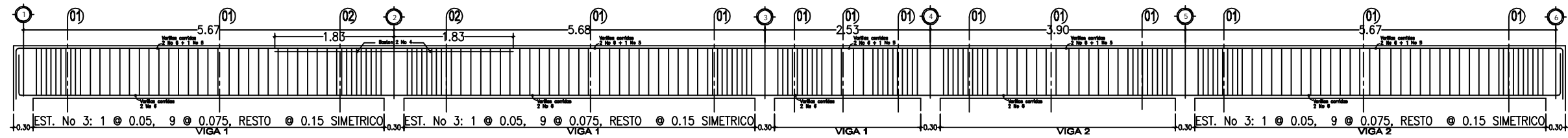
PLANTA DE LOSAS.
PLANTA BAJA

ESCALA 1:100

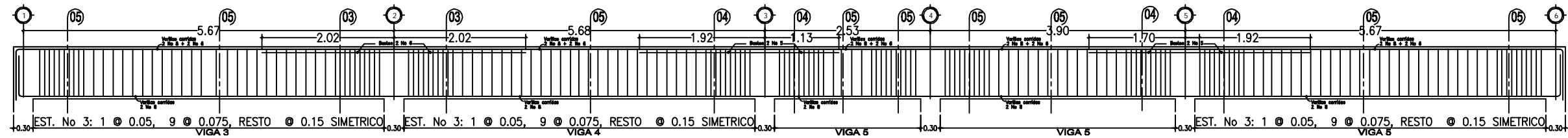


PLANTA DE LOSAS.
PLANTA ALTA

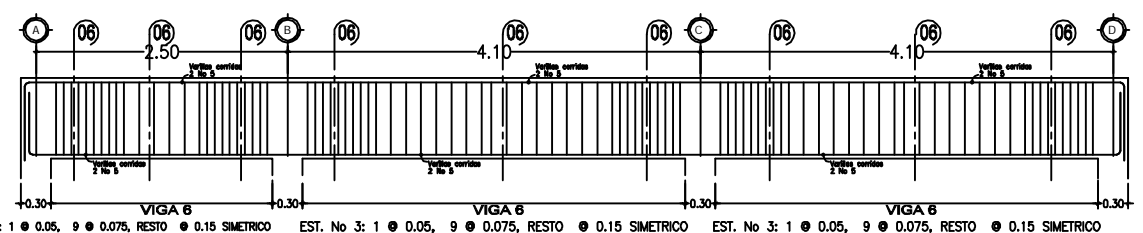
ESCALA 1:100



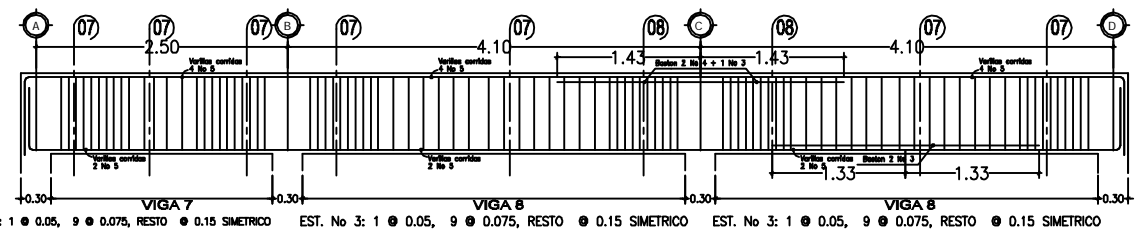
MARCO - VIGA SENTIDO X
SEGUNDO NIVEL



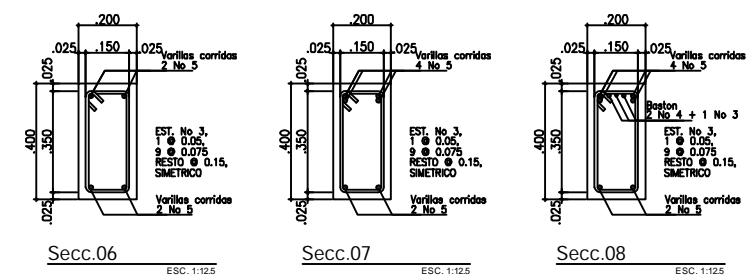
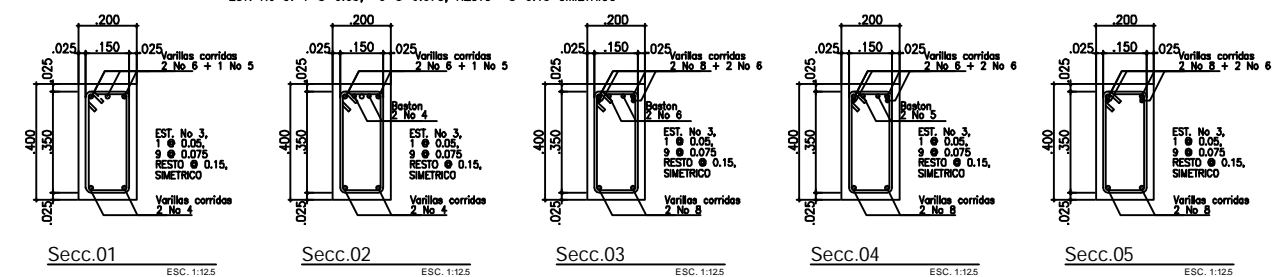
MARCO - VIGA SENTIDO X
PRIMER NIVEL



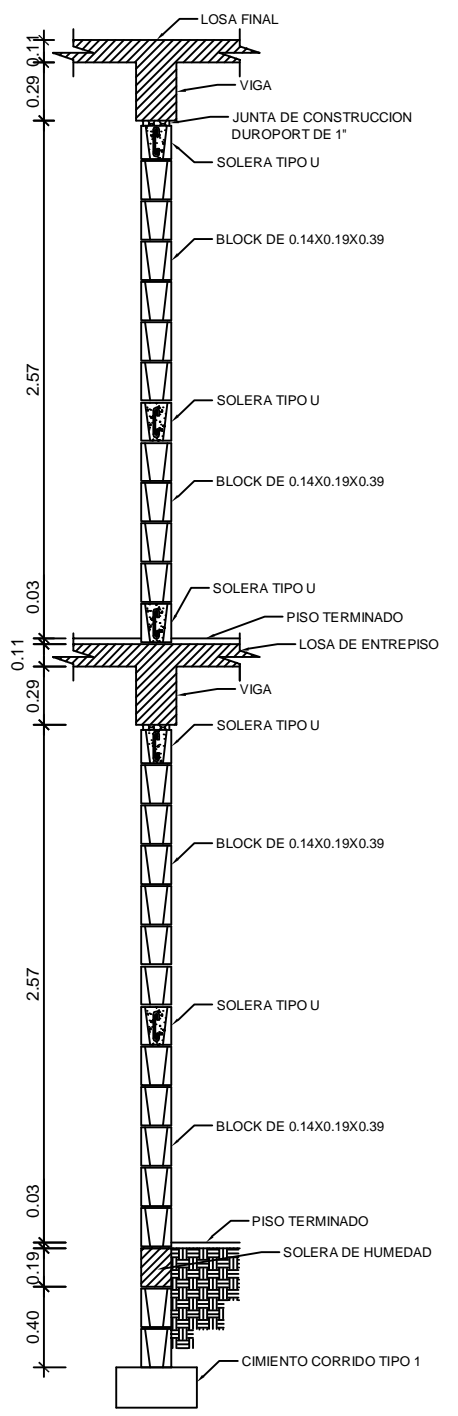
MARCO - VIGA SENTIDO Y
SEGUNDO NIVEL



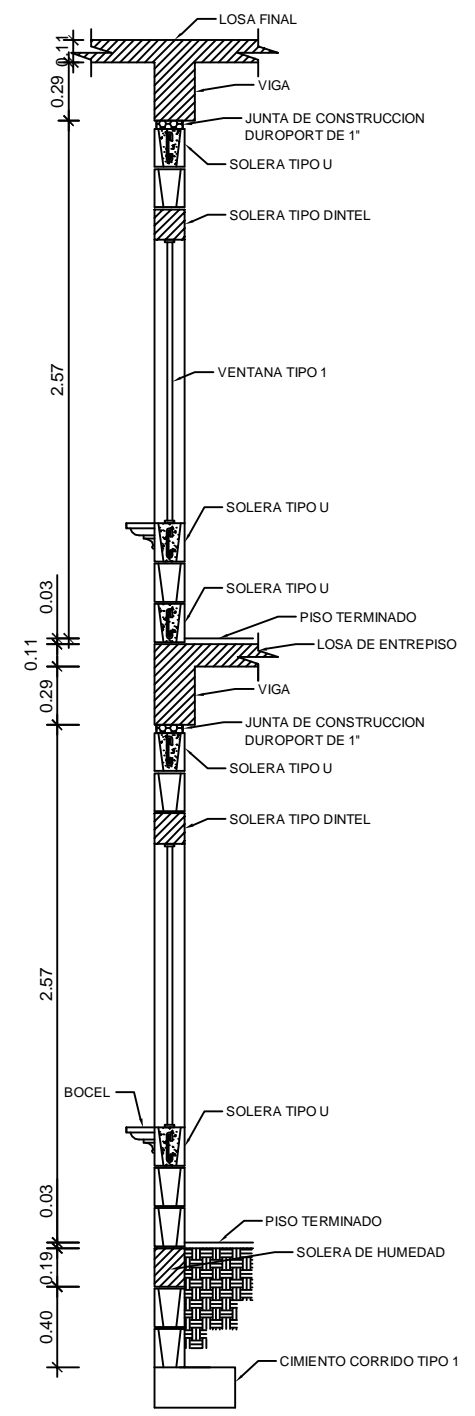
MARCO - VIGA SENTIDO Y
PRIMER NIVEL



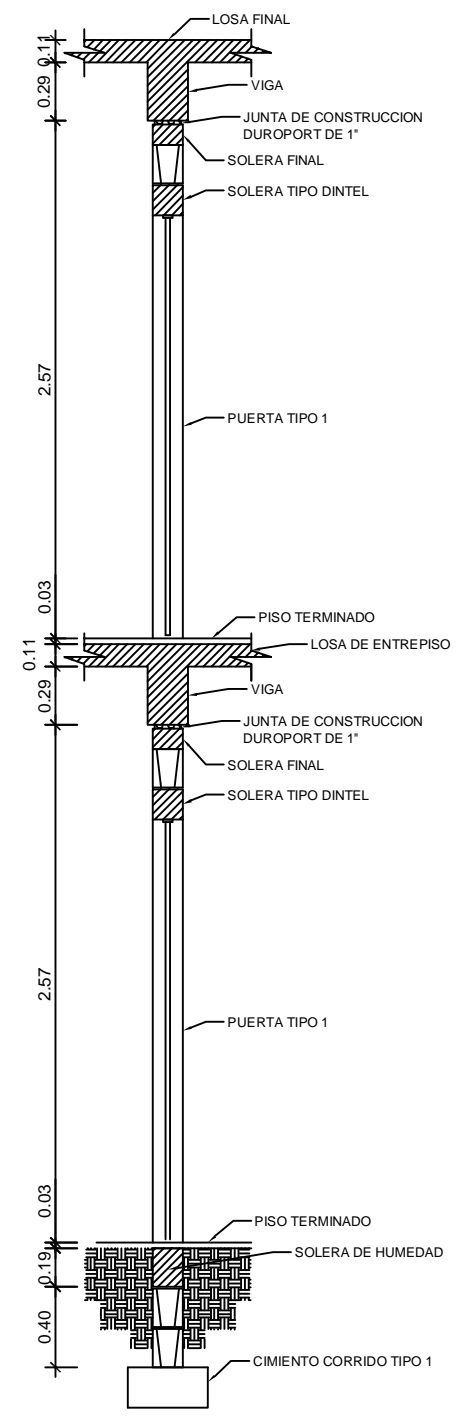
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA DE LOSAS Y DETALLE DE VIGAS			
INGRA MAYRA GARCIA DE SIERRA ABSORBA DE E.P.S.			HOJA No. 5 10



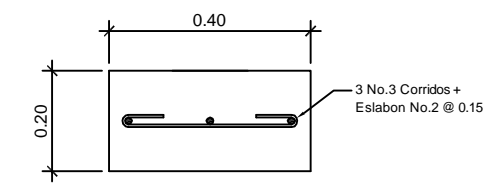
CORTE DE MURO 1-1'
ESCALA 1:25



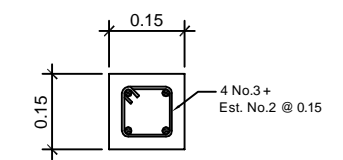
CORTE DE MURO 2-2'
ESCALA 1:25



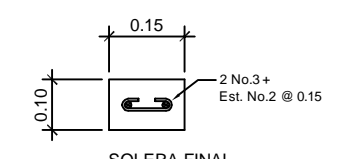
CORTE DE MURO 3-3'
ESCALA 1:25



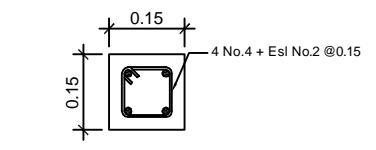
DETALLE DE CIMENTO CORRIDO
ESCALA 1:10



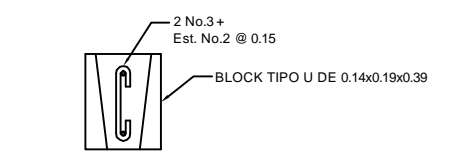
SOLERA TIPO DINTEL
ESCALA 1:10



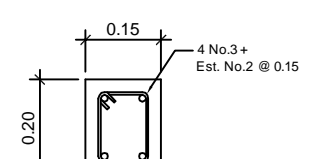
SOLERA FINAL
ESCALA 1:10



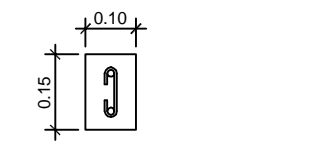
COLUMNA C2
ESCALA 1:10



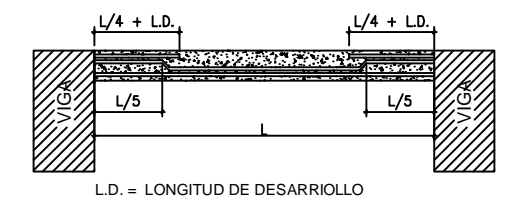
SOLERA TIPO U
ESCALA 1:10



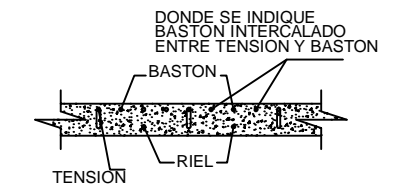
SOLERA HUMEDAD
ESCALA 1:10



COLUMNA C3
ESCALA 1:10

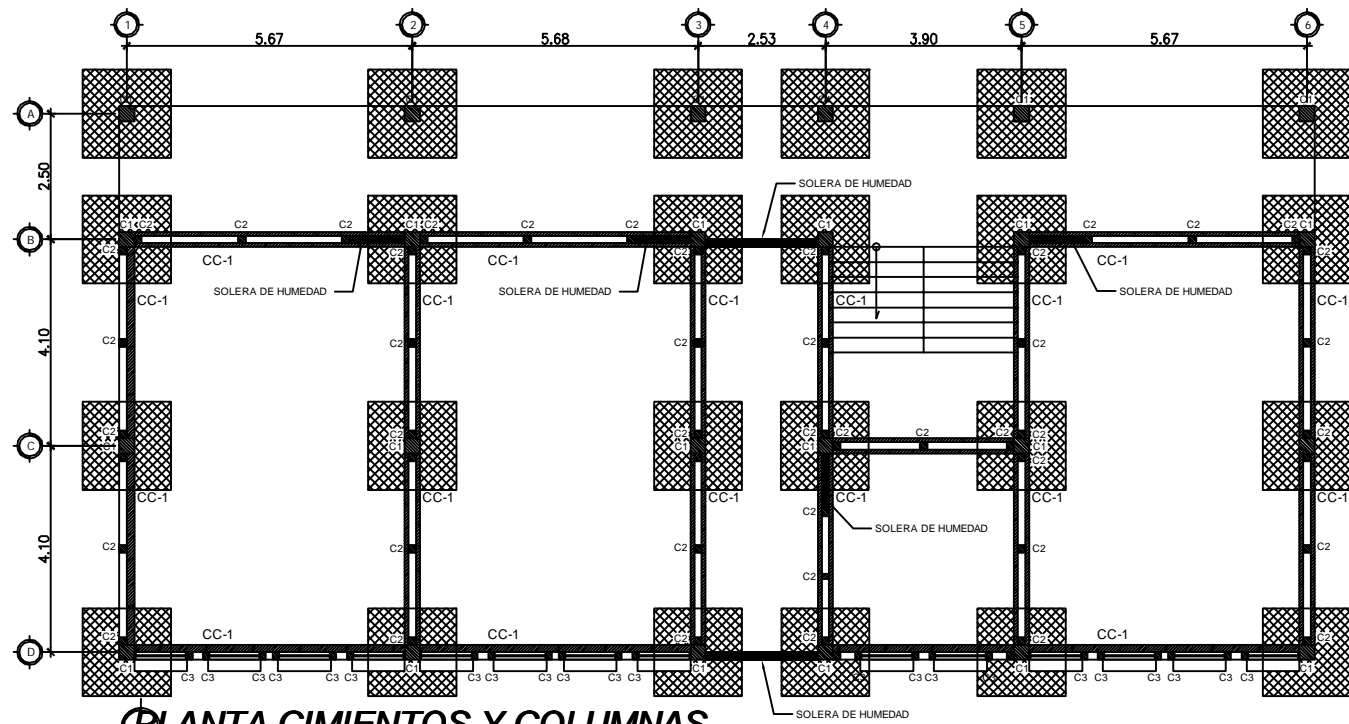


L.D. = LONGITUD DE DESARRIOLLO



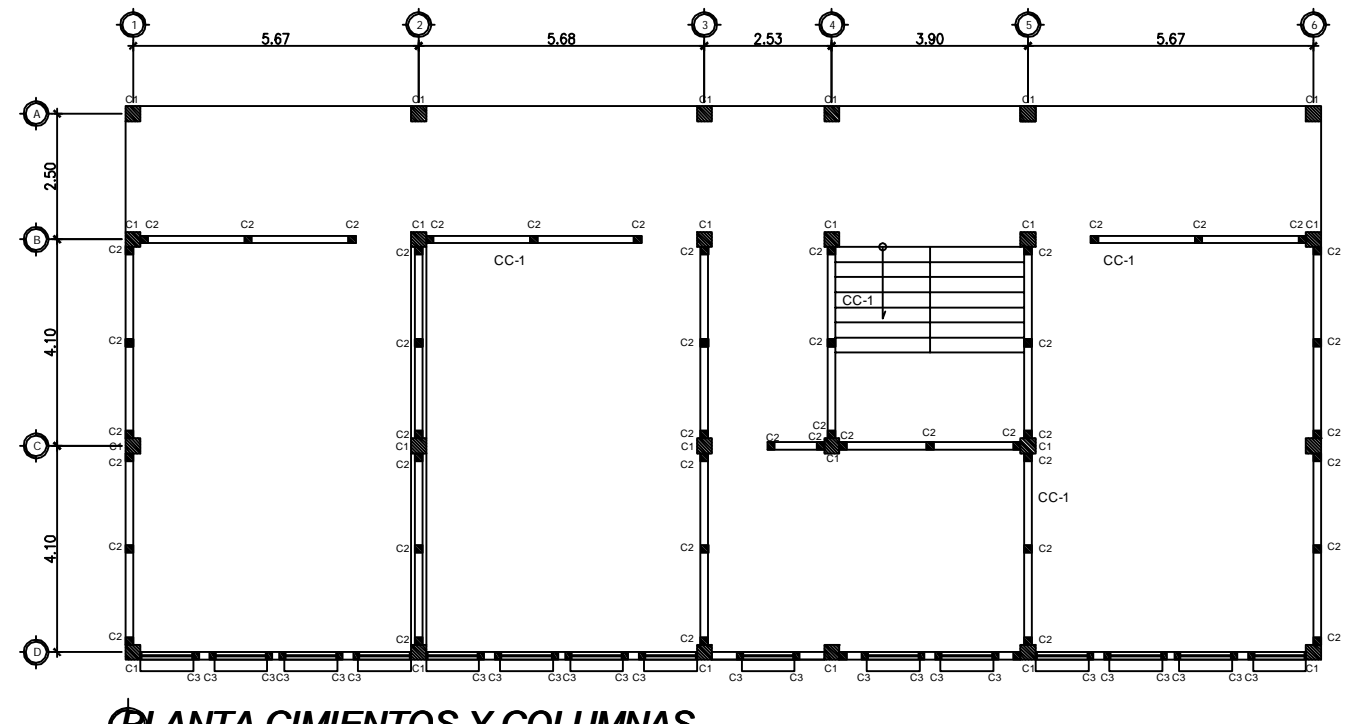
DONDE SE INDIQUE BASTON INTERCALADO ENTRE TENSION Y BASTON

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: CORTE DE MUROS, DETALLES DE COLUMNAS Y CIMENTOS			
INGRA. MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S.			HOJA No. 8 10



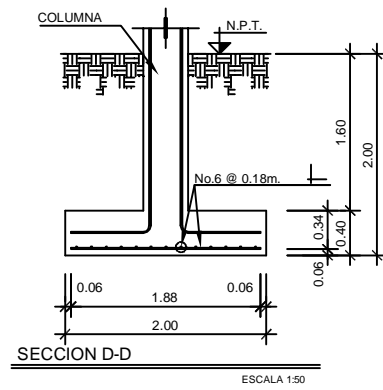
PLANTA CIMENTOS Y COLUMNAS.
PLANTA BAJA

ESCALA 1:100

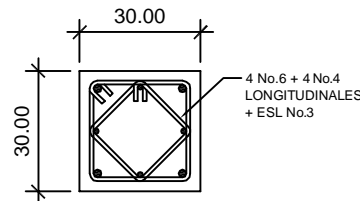


PLANTA CIMENTOS Y COLUMNAS.
PLANTA ALTA

ESCALA 1:100

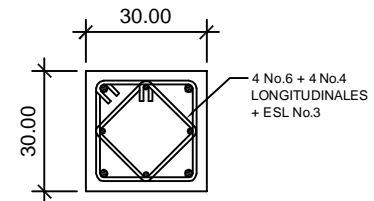


SECCION D-D
ESCALA 1:50



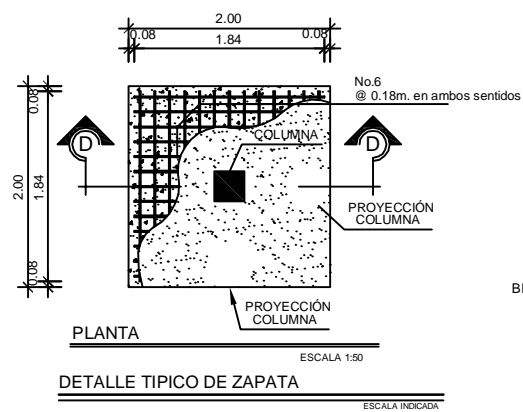
COLUMNNA TIPICA C-1 EN PRIMER NIVEL

ESCALA 1:12.5



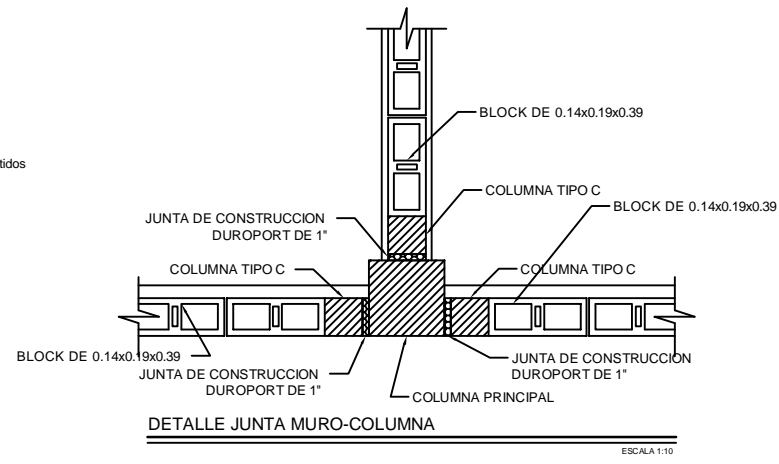
COLUMNNA TIPICA C-1 EN SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:12.5



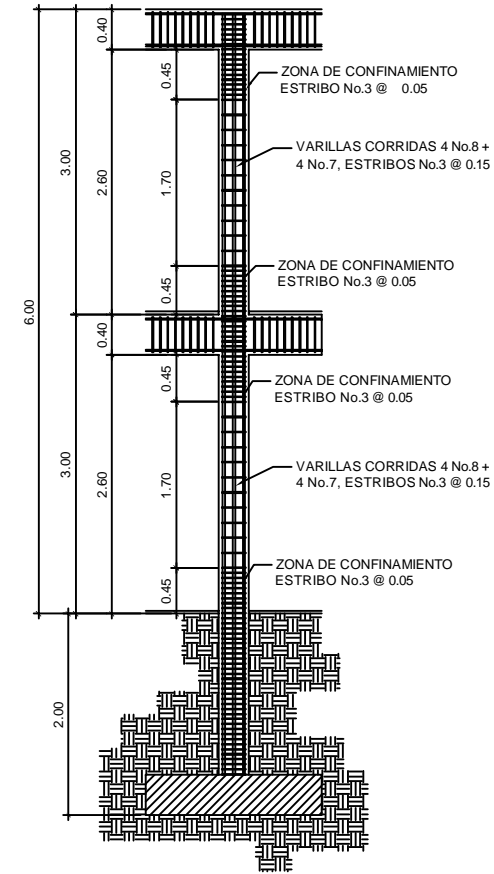
PLANTA
ESCALA 1:50

DETALLE TIPICO DE ZAPATA
ESCALA INDICADA



DETALLE JUNTA MURO-COLUMNNA

ESCALA 1:10



DETALLE DE COLUMNNA TIPICA

ESCALA 1:50

NOTA:

LA ESTRUCTURA DE DOS NIVELES ESTA DISEÑADA CON EL SISTEMA ESTRUCTURAL DE MARCOS DUCTILES. LOS MUROS SON TAMADOS SOLO COMO DIVISION. NO TIENEN NINGUNA FUNCION ESTRUCTURAL. LOS MUROS NO VAN UNIDOS CON LA ESTRUCTURA, VAN SEPARADOS POR JUNTA DE CONSTRUCCION DE DUROPORT DE 1"

LA ESTRUCTURA DE UN SOLO NIVEL, ESTA DISEÑADA BAJO LAS ESPECIFICACIONES DEL FHA. LOS MUROS ADEMAS DE SER DIVISIONES, SOPORTAN CARGAS QUE SON SOMETIDAS EN LA ESTRUCTURA.

ESPECIFICACIONES:

$f'_c = 3,000$ psi
 $f_y = 60,000$ psi (Grado 60) en refuerzo longitudinal de las columnas del primer nivel
 $f_y = 40,000$ psi (Grado 40) en toda la estructura, excepto las columnas del primer nivel
 Block pomez $f'_m = 35$ kg/cm²
 Agregado Grueso = 1/2"
 Valor Soporte del Suelo Considerado = xx ton/m² (ensayo triaxial)

CARGAS VIVAS UTILIZADAS
 AULAS = 200 kg/m²
 MODULO DE GRADAS = 500 kg/m²
 TECHOS = 100 kg/m²
 SOBRE CARGA = 100 kg/m²

GANCHOS ESTANDAR A 135°
 Varilla No.3 de 8 cm
 Varilla No.4 de 8 cm

TRASLAPES MINIMOS
 No.3 = 0.35 m
 No.4 = 0.50 m
 No.5 = 0.60 m
 No.6 = 0.75 m

NOTA:
 Verificar capacidad soporte a traves de un ensayo de suelos dinamico, previo a la construccion

No. Varilla	para barras con gancho estandar de 90°	Barras rectas si el espesor del concreto colocado es > 0.30 m	Barras rectas si el espesor del concreto colocado es < 0.30 m	LA LONGITUD DE DESARROLLO MINIMA EN CMS.			
				Ldh	2.5*Ldh	3.5*Ldh	
3	11	30	38				
4	14	40	50				
5	18	50	63				
6	22	60	75				
7	25	70	85				
8	30	80	90				
	CIMENTOS, VIGAS, LOSAS, COLUMNAS	CIMENTOS, VIGAS, LOSAS, COLUMNAS	COLUMNAS				

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

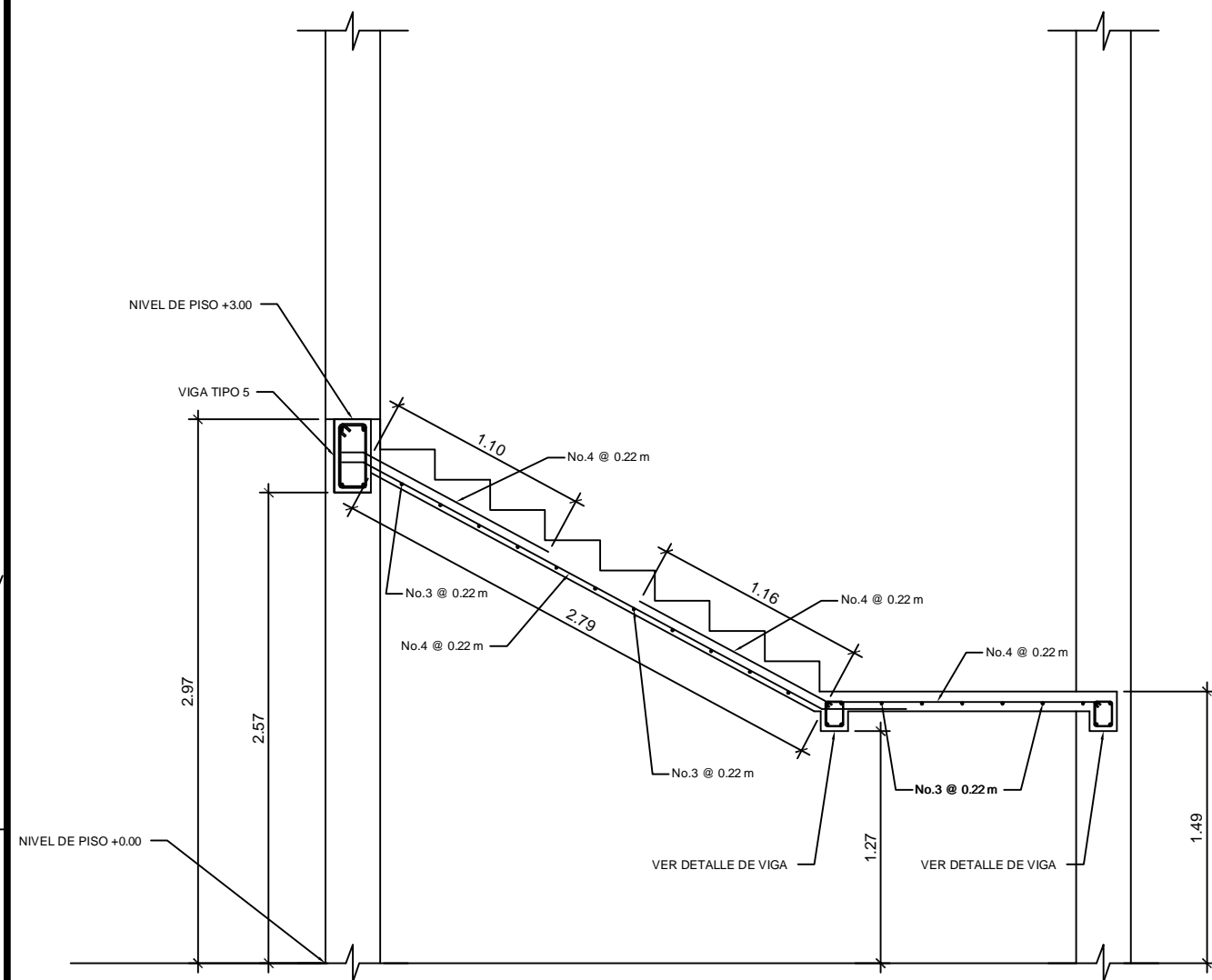
ESCALA: INDICADA	DISEÑO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
---------------------	--------------------------------	----------------------	----------------------

PROYECTO:
AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ

CONTENIDO:
PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS

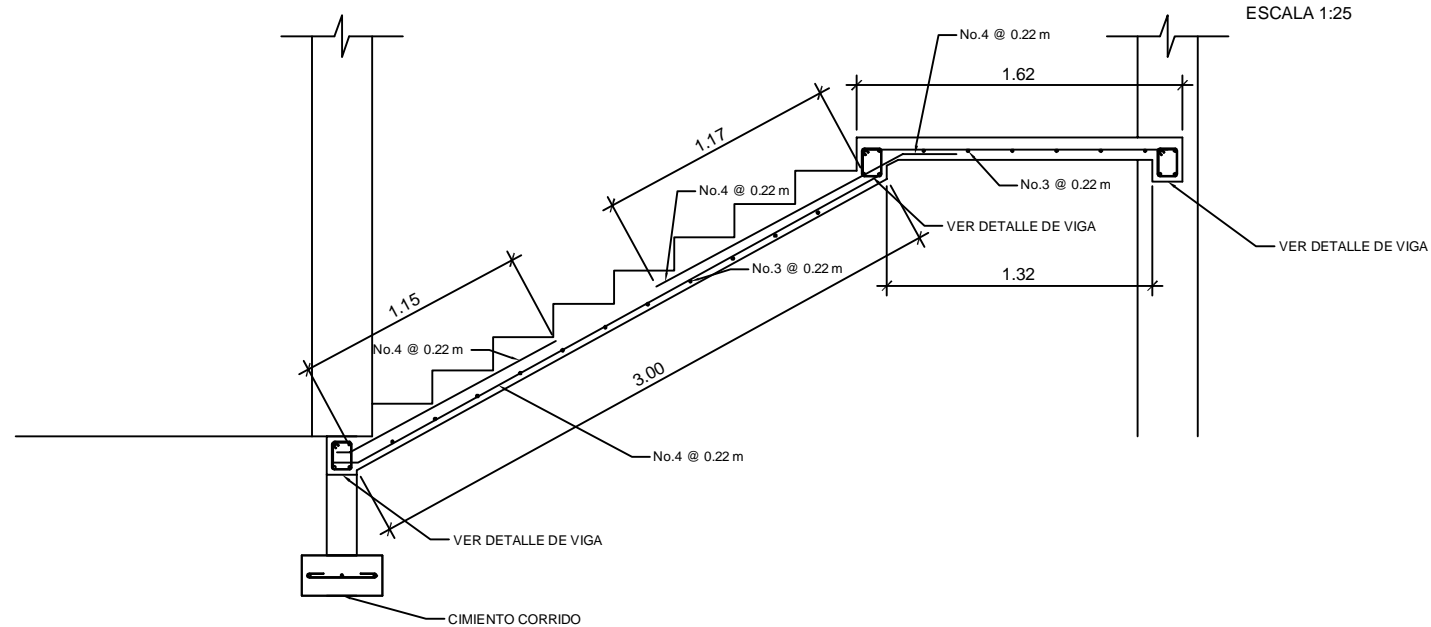
INGRA. MAYRA GARCIA DE SIERRA
 ASESORA DE E.P.S.

HUJA No. 7 / 10



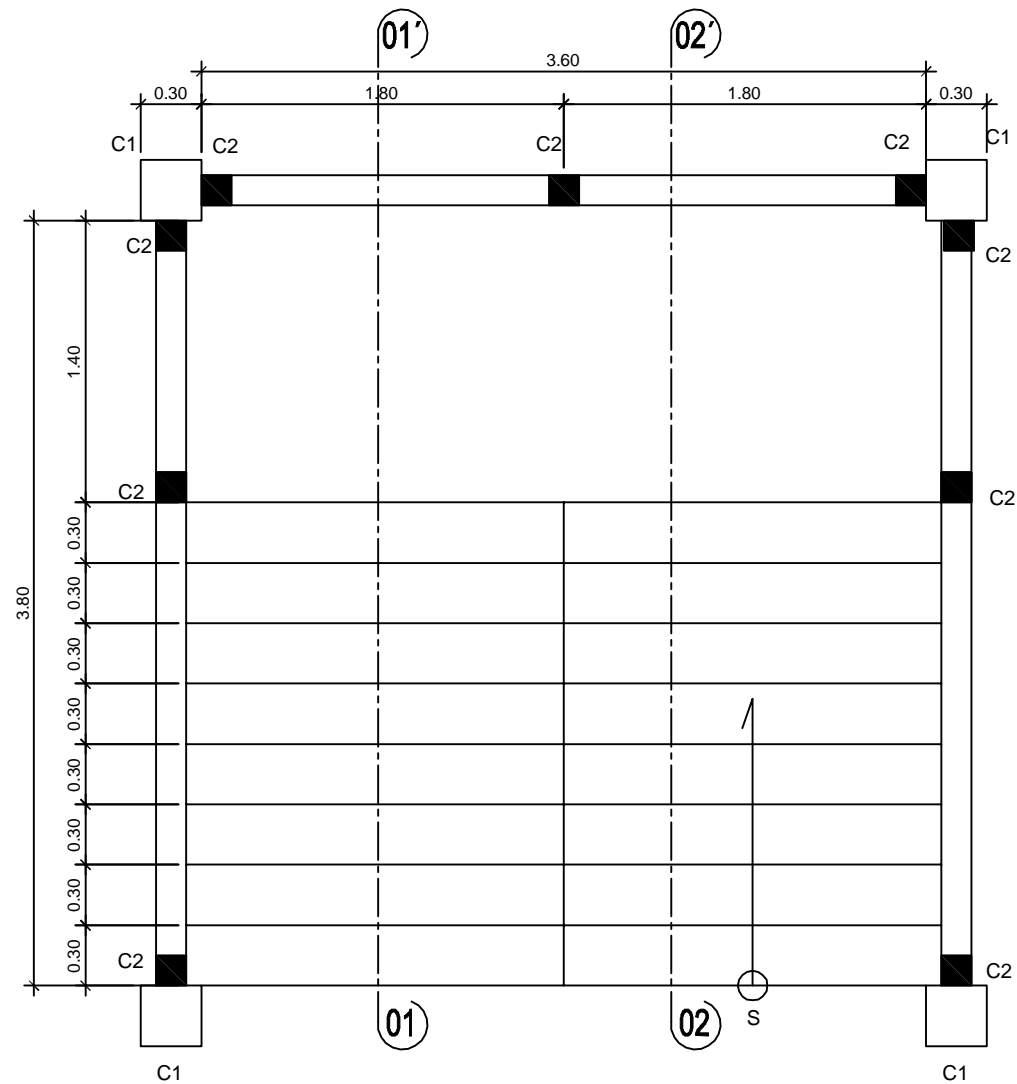
DETALLE DE GRADAS - SECCION 1-1'

ESCALA 1:25



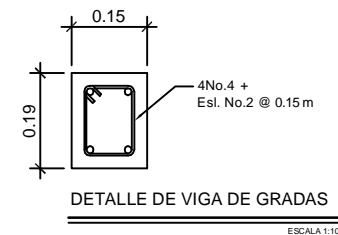
DETALLE DE GRADAS - SECCION 2-2'

ESCALA 1:25




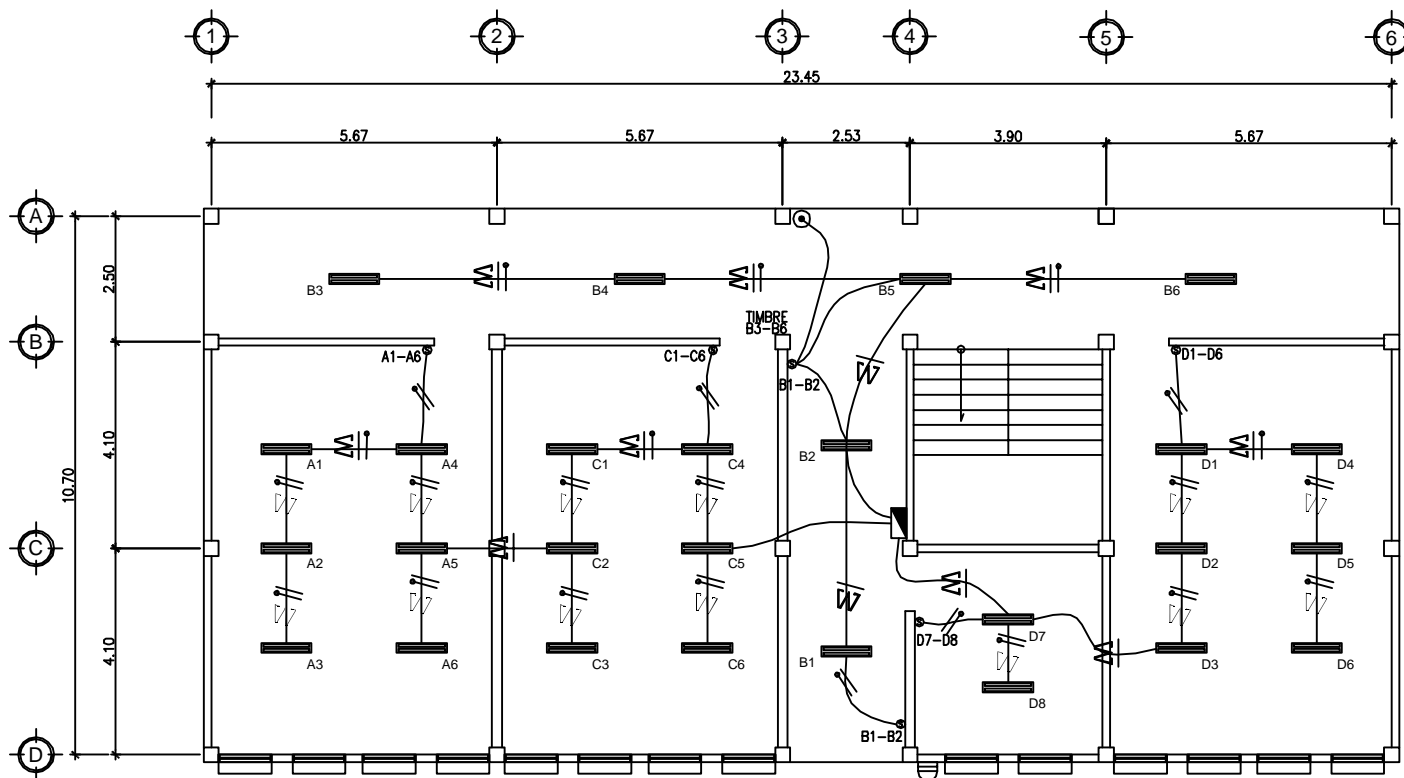
PLANTA DE GRADAS

ESCALA 1:25

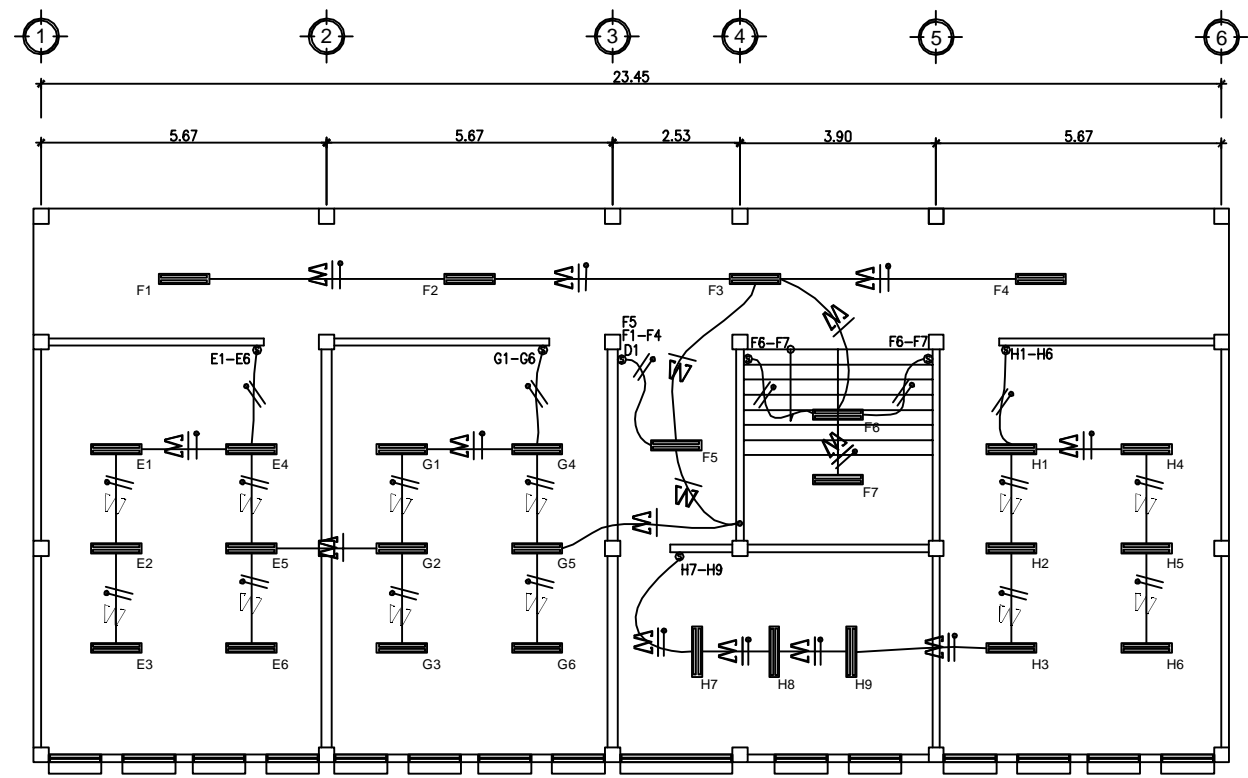


ESCALA 1:10

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISENO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			 U S A C E P S
CONTENIDO: MODULO DE GRADAS			
V.O.B. INGRA MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S.			HOJA No. 8 / 10



PLANTA DE ILUMINACION
PLANTA BAJA

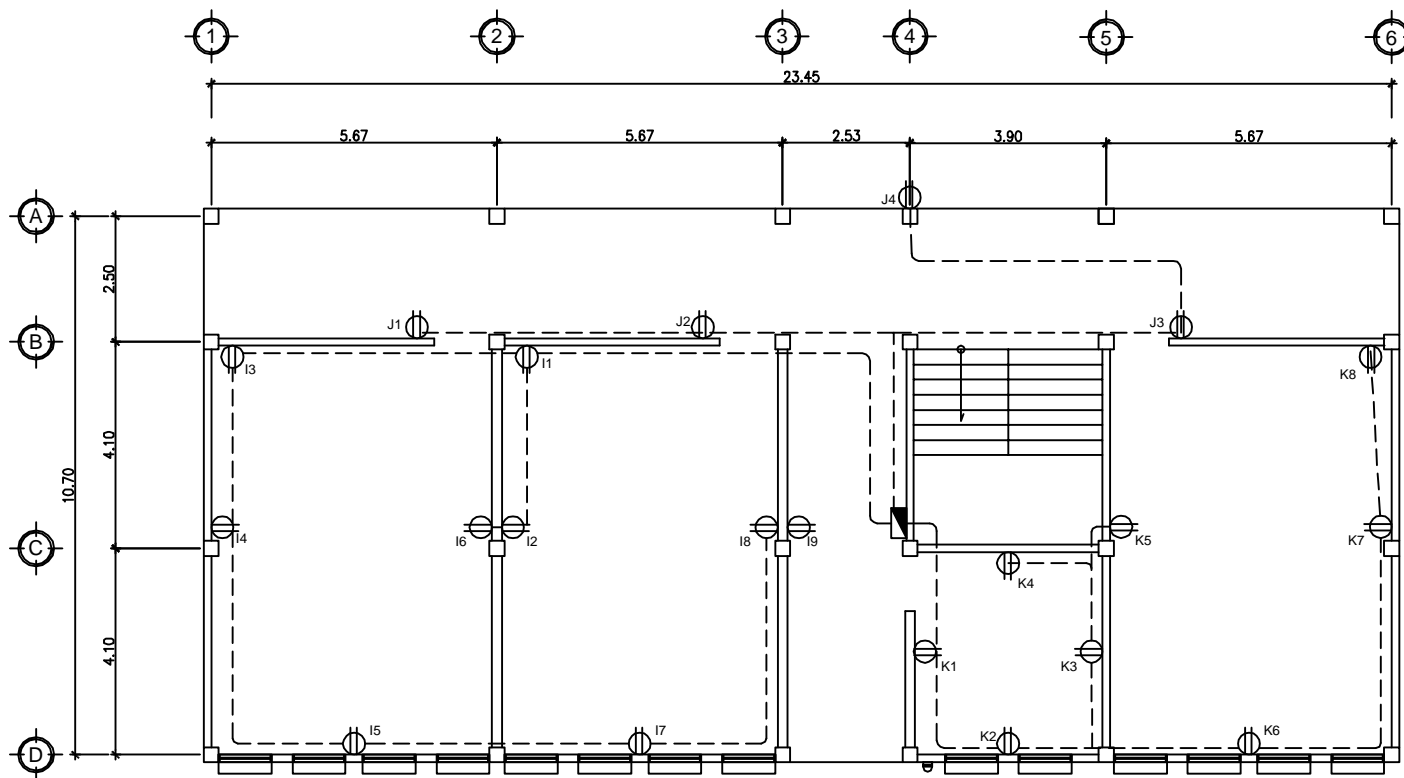


PLANTA DE ILUMINACION
PLANTA ALTA

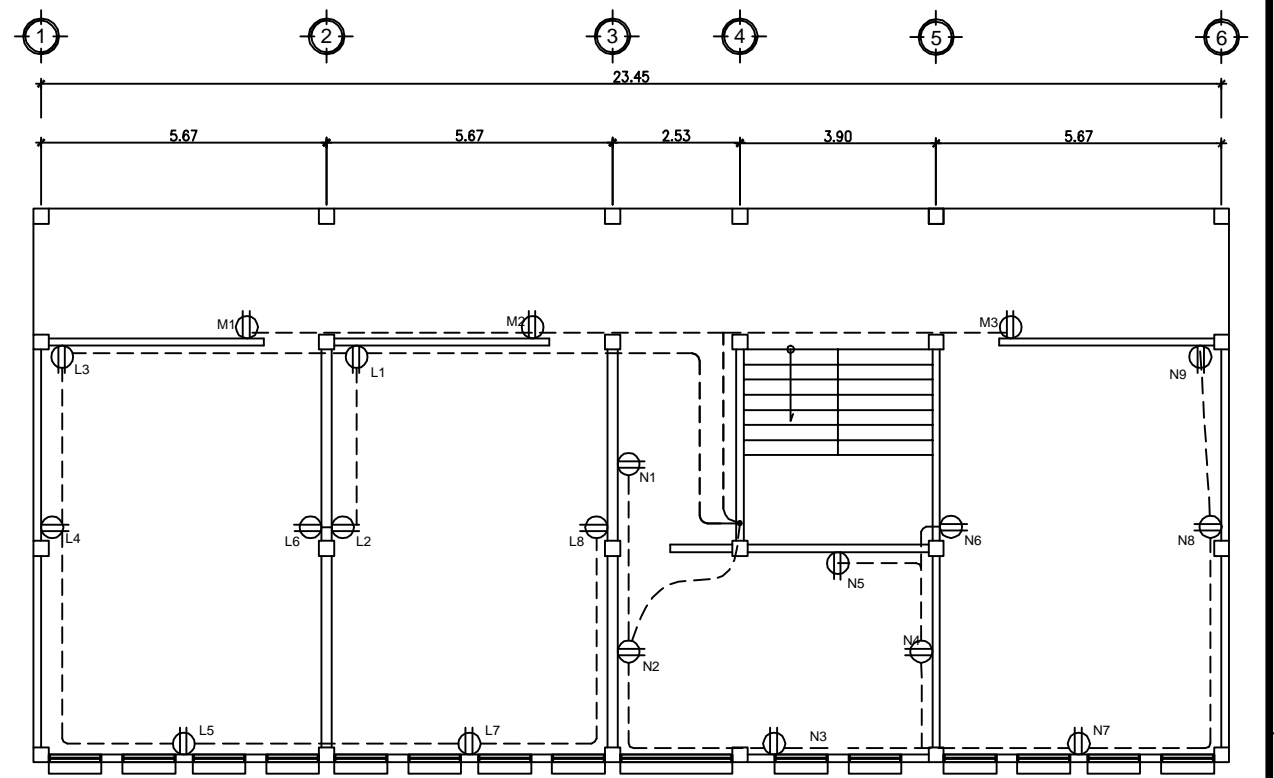
SIMBOLOGIA			
	LAMPARA DE 2X4 TIPO INDUSTRIAL		INTERRUPTOR THREE WAY
	TABLERO DE DISTRIBUCION		NEUTRO CAL. # 12
	CONTADOR		LINEA VIVA CAL. # 12
	INTERRUPTOR SENCILLO		RETORNO CAL. # 12
	INTERRUPTOR DOBLE		PUENTE PARA TREE WAY
	INTERRUPTOR TRIPLE		DUCTO POR LOSA
	TIMBRE INTERCOMUNICADOR		

NOTA :
LA TUBERIA SERA DUCTOVINIL
Ø 3/4". SALVO OTRA INDICACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISENO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA DE ILUMINACION			
INGRA. MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S.			HOJA No. 9 / 10



PLANTA ACOTADA
PLANTA BAJA



PLANTA ACOTADA
PLANTA ALTA

SIMBOLOGIA			
	CONTADOR		DUCTO PARA CABLE POLIDUCTO ϕ 1/2"
	TABLERO DE DISTRIBUCION		TOMACORRIENTE 110 V. DOBLE © 0.30 S.N.P.T.
	NEUTRO CAL. # 12		DUCTO SUBTERRANEO
	LINEA VIVA CAL. # 12		DUCTO POR LOSA
	RETORNO CAL. # 12		

NOTA :
LA TUBERIA SERA DUCTOVINIL
 ϕ 3/4". SALVO OTRA INDICACION

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
ESCALA: INDICADA	DISERNO Y CALCULO: G. AGUEDA	DIBUJO: G. AGUEDA	FECHA: ENERO 2010
PROYECTO: AMPLIACION DE EDIFICIO ESCOLAR EN ZONA 6, CABECERA MUNICIPAL CIUDAD VIEJA, SACATEPEQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA			
INGRA. MAYRA GARCIA DE SIERRA ASESORA DE E.P.S.			HOJA No. 10 / 10