



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

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA PIEDRAS
NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS
MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL**

Erik Donaldo Castañeda Estevez

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA PIEDRAS
NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS
MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ERIK DONALDO CASTAÑEDA ESTEVEZ

ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

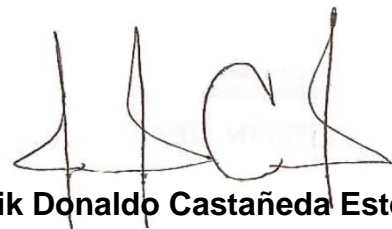
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 18 de febrero de 2015.



Erik Donaldo Castañeda Estevez



Guatemala, 20 de agosto de 2015
Ref.EPS.DOC.545.08.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Erik Donald Castañeda Estévez** con carné No. **201122751**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL.**

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"



c.c. Archivo
SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
31 de agosto de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Erik Donaldo Castañeda Estevez, con Carnet No. 201122751, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

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

Moreb. 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
21 de septiembre de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Erik Donaldo Castañeda Estevez, con Carnet No. 201122751, quien contó con la asesoría del Ingeniero Silvio José Rodríguez Serrano.

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.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 30 de septiembre de 2015
Ref.EPS.D.512.09.15

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

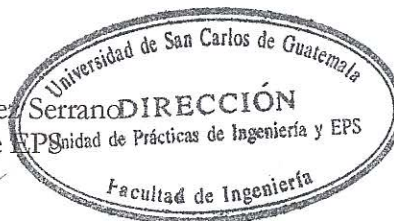
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Erik Donaldo Castañeda Estevez**, carné No. **201122751**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, el trabajo de graduación del estudiante Erik Donaldo Castañeda Estevez, titulado **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LA COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, TZABAL**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2015.

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN COLONIA PIEDRAS NEGRAS, PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA Y SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES EN PUERTO BARRIOS, IZABAL**, presentado por el estudiante universitario: **Erik Donaldo Castañeda Estevez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2015

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Ser supremo creador del universo, dador de la vida y de la inteligencia.
- Mis padres** Erik Donaldo Castañeda Monroy y Birna Glorisel Estevez Lam, por haberme dado la vida, amor y apoyo incondicional en cualquier circunstancia.
- Mi hermana** Anyin Castañeda, única hermana, por demostrarme su apoyo y el cariño incondicional de hermana.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios, dadora de los conocimientos a través de los brillantes catedráticos en la gloriosa Facultad de Ingeniería.
Mis amigos	Por su apoyo incondicional en actividades académicas y personales, por mostrar una amistad verdadera y sincera.
Municipalidad de Puerto Barrios	Por brindarme la oportunidad de hacer el Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de Puerto Barrios.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Límites geográficos.....	2
1.1.3. Clima	2
1.1.4. Demografía.....	3
1.1.5. Topografía y suelo	3
1.1.6. Vías de acceso	4
1.1.7. Servicios públicos	4
1.2. Investigación diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura.....	5
1.3. Descripción de las necesidades	5
1.4. Análisis y priorización de las necesidades.....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Piedras Negras en el Puerto Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios	7

2.1.1.	Descripción del proyecto	7
2.1.2.	Levantamiento topográfico	8
2.1.3.	Diseño hidráulico del sistema.....	9
2.1.3.1.	Período de diseño	9
2.1.3.2.	Cálculo de población futura	10
2.1.3.3.	Dotación	11
2.1.3.4.	Factor de retorno.....	11
2.1.3.5.	Caudal sanitario	12
	2.1.3.5.1. Caudal domiciliar.....	12
	2.1.3.5.2. Caudal comercial	12
	2.1.3.5.3. Caudal de conexiones ilícitas	13
	2.1.3.5.4. Caudal de infiltración.....	14
2.1.3.6.	Factor de caudal medio	15
2.1.3.7.	Factor de flujo.....	16
2.1.3.8.	Caudal de diseño	17
2.1.3.9.	Pendientes y velocidades.....	17
2.1.3.10.	Diámetros de tubería	18
2.1.3.11.	Relaciones hidráulicas	19
2.1.3.12.	Principios hidráulicos.....	20
2.1.3.13.	Cotas invert	20
2.1.4.	Pozos de visita	21
2.1.5.	Conexiones domiciliarias.....	23
2.1.6.	Profundidad de tubería.....	24
2.1.7.	Volumen de excavación	24
2.1.8.	Ejemplo de cálculo hidráulico	26
2.1.9.	Propuestas de tratamiento	31
2.1.9.1.	Diseño de fosas sépticas.....	32

2.1.9.2.	Dimensionamiento de los pozos de absorción	33
2.1.10.	Localización de descarga	35
2.1.11.	Elaboración de planos	35
2.1.12.	Elaboración de presupuesto	36
2.1.13.	Evaluación socioeconómica.....	37
2.1.13.1.	Valor presente neto (VPN).....	37
2.1.13.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	39
2.1.14.	Evaluación de impacto ambiental	40
2.2.	Diseño del salón de usos múltiples de dos niveles en Puerto Barrios.....	42
2.2.1.	Descripción del proyecto	42
2.2.1.1.	Área disponible	43
2.2.1.2.	Localización del terreno.....	43
2.2.1.3.	Topografía del terreno	44
2.2.2.	Estudios de suelos.....	45
2.2.2.1.	Ensayo triaxial	45
2.2.3.	Diseño arquitectónico	47
2.2.3.1.	Requerimiento de áreas	47
2.2.3.2.	Distribución de espacios.....	48
2.2.4.	Análisis estructural.....	48
2.2.4.1.	Selección de tipo de estructura.....	49
2.2.4.2.	Cargas aplicadas	49
2.2.4.2.1.	Cargas verticales.....	49
2.2.4.2.2.	Cargas horizontales.....	58
2.2.4.3.	Áreas tributarias.....	58
2.2.4.4.	Predimensionamiento de elementos estructurales	59

2.2.4.4.1.	Predimensionamiento de losas.....	59
2.2.4.4.2.	Predimensionamiento de vigas.....	60
2.2.4.4.3.	Predimensionamiento de columnas.....	61
2.2.4.5.	Determinación del corte basal	62
2.2.4.6.	Cálculo de fuerzas por nivel	69
2.2.4.7.	Determinación del centro de rigidez	73
2.2.4.8.	Determinación del centro de masa	77
2.2.4.9.	Análisis de la estructura por el programa ETABS 2013	78
2.2.4.10.	Comprobación de los marcos dúctiles por métodos numéricos.....	88
2.2.4.11.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	104
2.2.4.12.	Diagrama de corte.....	104
2.2.4.13.	Diagrama de momento.....	106
2.2.5.	Diseño estructural	111
2.2.5.1.	Diseño de losa.....	111
2.2.5.2.	Diseño de vigas.....	126
2.2.5.3.	Diseño de columnas.....	132
2.2.5.4.	Diseño de cimentaciones	141
2.2.6.	Diseño de instalaciones.....	150
2.2.6.1.	Instalaciones eléctricas	150
2.2.6.2.	Instalaciones hidráulicas	153
2.2.6.3.	Instalaciones sanitarias	154
2.2.7.	Planos del proyecto.....	156
2.2.8.	Presupuesto	157

2.2.9.	Cronograma de ejecución.....	160
2.2.10.	Evaluación de impacto ambiental inicial	161
CONCLUSIONES		163
RECOMENDACIONES		165
BIBLIOGRAFÍA.....		167
APÉNDICES		169
ANEXOS.....		173

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Puerto Barrios.....	1
2.	Ubicación de Puerto Santo Tomás de Castilla	2
3.	Ubicación colonia Piedras Negras	8
4.	Ubicación del terreno destinado para el edificio.....	44
5.	Áreas tributarias de losas.....	53
6.	Área tributaria de losa tipo 1	54
7.	Área tributaria de losa tipo 2	56
8.	Área tributaria para columna crítica	61
9.	Mapa de zonificación sísmica para Guatemala.....	63
10.	Factores de sismo para Guatemala	64
11.	Diagrama de momentos carga muerta vigas marco crítico	83
12.	Diagrama de momentos carga muerta en columnas marco crítico	84
13.	Diagrama de momentos carga viva en vigas marco crítico	84
14.	Diagrama de momentos carga viva en columnas marco crítico	85
15.	Diagrama de momentos carga de sismo en vigas marco crítico	85
16.	Diagrama de momentos carga de sismo en columnas marco crítico	86
17.	Diagrama de envolvente de momentos en vigas marco crítico	86
18.	Diagrama de envolvente de momentos en columnas marco crítico	87
19.	Diagrama de envolvente de momentos en vigas marco crítico sentido X	87
20.	Diagrama de envolvente de momentos en columnas marco crítico sentido X	88
21.	Marco 2 y 6, distribución de carga muerta	89

22.	Esquema de iteración con Kani para carga muerta marco 2 y 6	98
23.	Marco 2 y 6, distribución de carga viva.....	99
24.	Esquema de iteración con Kani para carga viva, marco 2 y 6	100
25.	Marco 2 y 6, distribución de carga por sismo.....	101
26.	Esquema de iteración con Kani carga de sismo, marco 2 y 6	103
27.	Diagrama de corte en vigas, marco 2 y 6	105
28.	Diagrama de corte en columnas, marco 2 y 6	106
29.	Diagrama de momentos en vigas carga muerta, marco 2 y 6.....	107
30.	Diagrama de momentos en columnas carga muerta, marco 2 y 6.....	107
31.	Diagrama de momentos en vigas carga viva, marco 2 y 6	108
32.	Diagrama de momentos en columnas carga viva, marco 2 y 6	108
33.	Diagrama de momentos en vigas carga de sismo, marco 2 y 6	109
34.	Diagrama de momentos en columnas carga de sismo, marco 2 y 6	109
35.	Diagrama de envolvente de momentos en vigas, marco 2 y 6	110
36.	Diagrama de envolvente de momentos en columnas, marco 2 y 6	110
37.	Casos de carga para losa	112
38.	Cálculo de momentos en losas.....	114
39.	Momentos en losas de entrepiso sentido X	118
40.	Momentos en losas de entrepiso sentido Y	118
41.	Momentos en losas de segundo nivel sentido X.....	119
42.	Momentos en losas de segundo nivel sentido Y	119
43.	Momentos balanceados en losas de entrepiso sentido X.....	121
44.	Momentos balanceados en losas de entrepiso sentido Y	122
45.	Momentos balanceados en losas de segundo nivel sentido X.....	122
46.	Momentos balanceados en losas de segundo nivel sentido Y.....	123
47.	Diagrama de interacción de columnas.....	138
48.	Cargas aplicadas por columnas.....	144
49.	Condiciones de carga por columna sobre losa	146
50.	Distribución de cargas aplicadas en franja A.1-B-B.1-K.1-L-L.1	147

51.	Equilibrio de las fuerzas según diseño	147
52.	Diagrama de corte en la franja de la losa.....	148
53.	Diagrama de momento en la franja de la losa.....	148
54.	Armado de la losa de cimentación	150

TABLAS

I.	Valores permitidos para factor de caudal medio	16
II.	Velocidades mínimas y máximas de diseño según Infom.....	18
III.	Ancho de zanja para excavación según profundidad y diámetro	25
IV.	Presupuesto de alcantarillado sanitario.....	36
V.	Evaluación de impacto ambiental.....	41
VI.	Tipos de carga viva y cantidad.....	50
VII.	Clase de sitio para diferentes suelos	64
VIII.	Clasificación de la obra	65
IX.	Coeficiente de sitio Fa.....	65
X.	Coeficiente de sitio Fv	65
XI.	Parámetros del factor Kd.....	67
XII.	Peso de segundo nivel	70
XIII.	Peso de primer nivel	71
XIV.	Peso por altura de edificio.....	72
XV.	Rigidez en columnas de segundo nivel, sentido X	75
XVI.	Rigidez en columnas de segundo nivel, sentido Y	75
XVII.	Rigidez en columnas de primer nivel, sentido X.....	76
XVIII.	Rigidez en columnas de primer nivel, sentido Y.....	77
XIX.	Excentricidad segundo nivel.....	78
XX.	Resultados para viga crítica F-G del marco 2 y 6	79
XXI.	Resultados para columna crítica H-D del marco 2 y 6	81
XXII.	Rigidez en columnas y vigas.....	90

XXIII.	Comparación de resultados obtenidos en vigas	111
XXIV.	Coeficientes de ACI en losas de entrepiso	116
XXV.	Cálculo de momentos en losas de entrepiso	117
XXVI.	Coeficientes de ACI en losas de segundo nivel.....	117
XXVII.	Cálculo de momentos en losas de segundo nivel.....	117
XXVIII.	Cálculo del área de acero	128
XXIX.	Armado de vigas.....	131
XXX.	Presiones debajo de la losa de cimentación.....	145
XXXI.	Unidades de gasto.....	153
XXXII.	Unidades de descarga.....	154
XXXIII.	Unidades máximas de descarga.....	155
XXXIV.	Presupuesto salón de usos múltiples.....	158
XXXV.	Cronograma de ejecución de edificio.....	160
XXXVI.	Evaluación de impacto ambiental	161

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada distancia
H_i	Altura de cada nivel del edificio
h_n	Altura total
A	Área
As máx	Área de acero máximo
As mín	Área de acero mínimo
Ag	Área de concreto
qu	Capacidad de carga última
CM	Carga muerta
CU	Carga última
CV	Carga viva
Q	Caudal
Q dis	Caudal de diseño
Q domiciliar	Caudal domiciliar
Q industrial	Caudal industrial
Q med	Caudal medio
q	Caudal sección parcial
cm	Centímetro
C_m	Centro de masa
C_r	Centro de rigidez
C	Coefficiente de escorrentía
Ψ	Coefficiente de rotación
F_a	Coefficiente de sitio 1

F_v	Coeficiente de sitio 2
C_s	Coeficiente sísmico de diseño
K_T	Constante de Agies diseño sísmico
k	Constante de tiempo
a	Constante intensidad lluvia a
b	Constante intensidad lluvia b
V_b	Corte basal
CTf	Cota elevación final
CTi	Cota elevación inicial
CIS	Cota invert de salida
CII	Cota invert inicial
pmín	Cuantía mínima
$S_a(T)$	Demanda sísmica de diseño
D	Diámetro
Ø	Diametro de varilla o tubería
DH	Distancia horizontal
/	División
Dot	Dotación
@	Espaciamiento entre varillas de refuerzo
t	Espesor
e	Excentricidad
FCU	Factor de carga última
Fqm	Factor de caudal medio
F.H.	Factor de flujo
μ	Factor de giro
Fin	Factor de infiltración
R	Factor de reducción
n	Factor de rugosidad
F_t	Fuerza en cúspide

F_i	Fuerza por nivel
HG	Hierro galvanizado
=	Igual a
I	Inercia
i	Intensidad de lluvia
PSI	Libra por pulgada cuadrada
L	Longitud de tubería
>	Mayor que
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
m³/s	Metro cúbico por segundo
m	Metro lineal
m/s	Metro por segundo
mm	Milímetros
G	Módulo de cortante
M	Momento
MF	Momento fijo
*, X	Multiplicación
Núm. Habitantes	Número de habitantes
#, Núm.	Número de varilla
S_{cs}	Ordenada espectral del sismo cs
S_{1s}	Ordenada espectral del sismo 1s
S_{cr}	Parámetro listado de amenaza sísmica cr
S_{1r}	Parámetro listado de amenaza sísmica 1r
S	Pendiente
h	Peralte
n	Período de diseño
T	Período fundamental de la estructura
W_i	Peso de cada nivel

W_{cm}	Peso de carga muerta
W_{cv}	Peso de carga viva
W_s	Peso de edificación
P_o	Población actual
P_n	Poblacion futura
PVC	Policloruro de vinilo
H_{pozo}	Profundidad del pozo
$F'c$	Resistencia a la compresión del concreto
F_y	Resistencia a la tensión del acero
K_c	Rigidez de columnas
K	Rigidez de elemento estructural
K_m	Rigidez total
a	Sentido corto de losa
b	Sentido largo de losa
$\sqrt{\quad}$	Signo de raíz cuadrada
ΣK	Sumatoria de rigidez
r	Tasa de crecimiento
TIR	Tasa interna de retorno
d	Tirante
Ton	Tonelada
Ton/m²	Tonelada por metro cuadrado
Ton/m³	Tonelada por metro cúbico
VPN	Valor presente neto
Vexcavación	Volumen de excavación

GLOSARIO

Acero mínimo	Cantidad de acero como mínimo capaz de soportar esfuerzos aplicados por elementos estructurales.
Aguas residuales	Desechos líquidos generados por actividades humanas, transportados por agua.
Carga muerta	Peso soportado por un elemento estructural, generalmente se define así al peso propio, con aplicación constante durante la vida útil.
Carga viva	Peso proporcionado por uso hacia la estructura como mobiliario, maquinaria, humanos, soportado por la misma.
Caudal	Volumen de agua por unidad de tiempo que en un punto observado en un instante determinado fluye dentro de una tubería.
Compactación	Aplicación de energía al suelo para consolidar las partículas eliminando espacios vacíos, aumentando densidad y capacidad de carga.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita, accesorios utilizados para la disposición de las aguas pluviales o residuales.

Cota de terreno	Altura de un punto determinado en la superficie, referenciado a un banco de marca o nivel del mar.
Descarga	Espacio donde se colocarán las aguas residuales conducidas por el colector.
Dotación	Cantidad requerida por una persona en un día para consumo.
Esfuerzo	Fuerza por unidad de área.
Especificaciones	De carácter específico bajo estándares de calidad y seguridad, son normas técnicas de construcción con disposiciones especiales, de acuerdo a las características y tipo de proyecto.
Excentricidad	El diferencial del centro de masa con respecto al centro de gravedad en distancia, provocando esfuerzos adicionales por torsión.
Ine	Instituto Nacional de Estadística.
Infom	Instituto de Fomento Municipal.
Losa de cimentación	Tipo de cimentación superficial empleado en situaciones donde la capacidad de carga del suelo es muy baja.

Momento	Esfuerzo debido a la aplicación de una fuerza a cierta distancia del centro de masa.
Solera	Elemento horizontal que proporciona resistencia al muro.
Perfil	Representación en plano de la superficie del terreno, definido con latitud y altura referido a un banco de marca.
Presupuesto	Valor anticipado de obra o proyecto.
Topografía	Arte de describir y delinear detalladamente la superficie de un terreno.
Valor soporte	Capacidad del suelo para resistir cargas por unidad de área.

RESUMEN

Este trabajo contiene información para determinar las necesidades principales de infraestructura del municipio de Puerto Barrios. Con base en encuestas, entrevistas y visitas de campo se ha determinado que el mayor problema es el alcantarillado sanitario, siendo deficiente o inexistente, en gran parte del municipio y en especial en la colonia Piedras Negras, de la aldea Santo Tomás de Castilla.

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario cuenta con un largo de 3 200 metros de tubería, 56 pozos de visita, beneficiando a 241 viviendas.

El municipio cuenta con infraestructura limitada para la realización de eventos sociales y culturales. Por lo que se propone el diseño de un salón de usos múltiples de dos niveles, para satisfacer las necesidades de la población, con capacidad de albergar más de 250 personas.

El diseño del alcantarillado se realizó en base en las normas generales para el diseño de alcantarillados establecidos por Instituto Nacional de Fomento Municipal (Infom), así como al *Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, emitido como Acuerdo Gubernativo. Para la realización del diseño del edificio se consideraron las Normas ACI 318-08 y Agies NSE 2010.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Piedras Negras, así como un salón de usos múltiples de dos niveles en Puerto Barrios.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de las necesidades básicas de la población en cuanto a infraestructura y servicios en Puerto Barrios, Izabal.
2. Determinar la descarga de aguas residuales que produce la colonia Piedras Negras, para realizar un diseño adecuado del sistema de alcantarillado.
3. Diseñar un edificio sismoresistente con las solicitaciones requeridas por el entorno físico, respondiendo a las necesidades de carga que se aplicarán en el mismo.
4. Elaborar los planos necesarios para poder ejecutar los proyectos.
5. Determinar el costo de los proyectos con la elaboración de los presupuestos, indicando la cantidad de materiales, mano de obra y de ser necesario la maquinaria.

INTRODUCCIÓN

Con la investigación realizada en el municipio de Puerto Barrios, se estableció que determinadas áreas carecen de un sistema de alcantarillado sanitario, en especial la colonia Piedras Negras, de la aldea Santo Tomás de Castilla. La Dirección Municipal de Planificación ha solicitado el diseño del alcantarillado para la colonia en mención, así como un salón de usos múltiples de dos niveles en el casco urbano del municipio.

En el capítulo uno se hace un estudio monográfico del municipio de Puerto Barrios, proporcionando datos relevantes del municipio y el entorno.

En el capítulo dos subdivisión uno se describe el diseño del sistema del alcantarillado sanitario para la colonia Piedras Negras, de la aldea Santo Tomás de Castilla en Puerto Barrios.

El capítulo dos subdivisión dos se detalla el diseño del salón de usos múltiples de dos niveles en Puerto Barrios.

Brindar una solución técnica a los problemas implica la realización de levantamientos topográficos, estudios de suelo y estudios socioeconómicos. Con los resultados obtenidos se procede a realizar el informe final. El informe contiene los cálculos realizados, planos, presupuestos, estudios socioeconómicos y la evaluación del impacto ambiental en ambos proyectos. Al final del documento se muestran las conclusiones, recomendaciones, bibliografía, anexos y apéndice.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

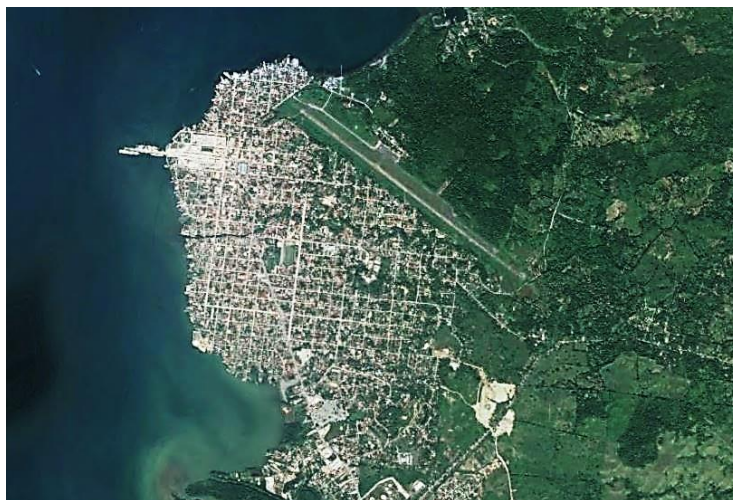
1.1. Monografía del municipio de Puerto Barrios

A continuación se encuentra la ubicación y localización del municipio de Puerto Barrios.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Puerto Barrios es la cabecera departamental del departamento de Izabal, se ubica a 308 kilómetros de la ciudad de Guatemala conectado con la carretera CA-09. Las coordenadas del municipio son: latitud $15^{\circ} 44' 6,69''$ N y longitud $88^{\circ} 35' 59,38''$ O.

Figura 1. **Ubicación de Puerto Barrios**



Fuente: Google Earth. Consulta: 10 de junio de 2015.

Figura 2. **Ubicación de Puerto Santo Tomás de Castilla**



Fuente: Google Earth. Consulta: 10 de junio de 2015.

1.1.2. Límites geográficos

Se encuentra limitado al norte por el océano Atlántico, al sur por el municipio de Morales y parte de Honduras, al este por Honduras y al oeste por el municipio de Livingstone y la bahía de Amatique.

1.1.3. Clima

La estación meteorológica según datos del Instituto Nacional de Sismología Vulcanología e Hidrología se ubica en la base militar del municipio de Puerto Barrios. Con base en datos obtenidos desde 1991 hasta el 2011, se han obtenido los siguientes datos:

La temperatura media oscila entre 25,9 y 27,4 °C. La temperatura máxima en promedio se encuentra en 30,7 °C. La temperatura mínima promedio es de 22,5 °C. La temperatura máxima absoluta es de 40,5 °C. La temperatura mínima absoluta se encuentra en 13 °C. La humedad relativa media se encuentra en los valores del 75 y 91,1 %. El patrón de lluvia oscila entre los 2 758 y 4 342 milímetros anuales. La nubosidad del municipio varía entre 4 y 8 octas. La velocidad del viento se encuentra entre 8 y 14,3 kilómetros por hora.

1.1.4. Demografía

La población según el último censo realizado por parte del Instituto Nacional de Estadística en el período 2008-2011 con apoyo de la Municipalidad, la proyección de habitantes es de 104 583 habitantes para el 2012. Existe diversidad de culturas, idiomas y razas. Predominan los ladinos, pero también existen garífunas, mayas, chinos y de otras descendencias.

1.1.5. Topografía y suelo

Las cotas de nivel en gran parte del municipio se encuentran a escasos metros sobre el nivel del mar. La topografía se presenta de tipo plana en el casco urbano, en áreas rurales se presentan partes montañosas y onduladas. El suelo en su mayoría presenta capacidades de carga muy bajas, lo que genera complicaciones en las cimentaciones.

La licuefacción en el suelo es muy común y se ve reflejada en el asentamiento que presentan algunas edificaciones en el casco urbano. El manto freático se encuentra a escasos metros sobre el nivel del suelo.

1.1.6. Vías de acceso

La principal vía de acceso es la carretera del Atlántico CA-09, actualmente denominada Jacobo Árbenz Guzmán. Cuenta con el tercer aeropuerto más grande del país, que se encuentra bajo el mando de la Dirección General de Aeronáutica Civil. Puerto Santo Tomás de Castilla y Puerto Barrios son las principales entradas marítimas hacia el municipio, generando movimiento de transporte y turismo para el fortalecimiento del entorno económico de la región.

1.1.7. Servicios públicos

Puerto Barrios cuenta con los siguientes servicios públicos básicos:

Salud: Hospital Nacional Japón-Guatemala y Hospital Infantil Elisa Martínez.

Educación: existe diversidad de escuelas públicas, colegios privados y universidades privadas. Además, se cuenta con una extensión de la Universidad de San Carlos, Cunizab (Centro Universitario de Izabal), así como un Intecap (Instituto Técnico de Capacitación y Productividad).

Comercio: se cuenta con dos mercados municipales y un centro comercial La Pradera Puerto Barrios donde se ofrece diversidad de productos y entretenimiento. Cada miércoles de la semana se realizan ventas a través de comercios pequeños enfrente del mercado ubicado sobre la 14 calle llamado Día de Baratillo.

1.2. Investigación diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura

A través de visitas de campo y peticiones recibidas por parte de la población se analizaron y priorizaron las necesidades de servicios básicos.

1.3. Descripción de las necesidades

Las principales necesidades observadas son:

- Sistema de alcantarillado sanitario, el cual es escaso en el municipio. Existen partes donde la tubería es deficiente por mal uso, debido a las descargas mixtas de aguas residuales y pluviales. Las consecuencias se reflejan en invierno, donde las calles se inundan. Se complica aún más por los niveles del suelo, que no varían mucho con el nivel del mar.
- Salón de usos múltiples, el cual no existe actualmente. Se recurre al alquiler de mobiliario para realizar actividades culturales, así como reuniones de suma importancia. La población no cuenta con un edificio en específico para llevar a cabo reuniones sociales.
- Vías de acceso, la principal es la CA-09 gran porcentaje se encuentra en buen estado. En el casco urbano se cuenta aproximadamente con 50 kilómetros de calle, de las cuales solo el 10 % cuenta con pavimento flexible o concreto, el resto son de terracería. Los puentes también se hacen necesarios en algunas partes donde no es posible el acceso.

1.4. Análisis y priorización de las necesidades

Con base en las necesidades presentadas anteriormente, se realizó la priorización como se detalla a continuación:

- Sistema de alcantarillado sanitario en la colonia Piedras Negras, Puerto Santo Tomás de Castilla.
- Salón de usos múltiples de dos niveles en Puerto Barrios.
- Puente vehicular en aldea Entre Ríos.
- Mejoramiento de la calzada principal en el casco urbano del municipio de Puerto Barrios.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Piedras Negras en el Puerto Santo Tomás de Castilla, Puerto Barrios

A continuación se muestra la descripción del proyecto del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Piedras Negras en el Puerto Santo Tomás de Castilla.

2.1.1. Descripción del proyecto

Siendo uno de los principales problemas presentados en el municipio de Puerto Barrios, se plantea el diseño de un sistema capaz de abastecer las descargas realizadas por los habitantes del territorio.

El sistema de alcantarillado sanitario en la colonia Piedras Negras, Puerto Santo Tomás de Castilla, es deficiente o inexistente. Las descargas se realizan a nivel del suelo, poniendo en riesgo la salud de los habitantes así como contaminación al ambiente.

El diseño consta de 3 200 metros de tubería con 52 pozos de visita, hasta desembocar en el terreno destinado para la planta de tratamiento.

Figura 3. **Ubicación colonia Piedras Negras**



Fuente: Google Earth. Consulta: 10 de junio de 2015.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Se denomina levantamiento topográfico a todas las acciones llevadas a cabo sobre un terreno, con el equipo necesario para la captación de puntos con la finalidad de obtener las coordenadas y elevaciones de los mismos para representarlos gráficamente, a través de planos que serán la base del proyecto a realizar.

Con uso de equipo de la Municipalidad; un teodolito FOIF DT 205, cinta métrica, plomada y estadal se realizó el levantamiento topográfico, contando con una longitud de 3 200 metros, siendo la base del diseño del sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.3. Diseño hidráulico del sistema

Existen cuatro sistemas de alcantarillado, los cuales son:

- Alcantarillado sanitario: se utilizan para transportar las aguas residuales, por lo general constan de colectores, pozos de visita y conexiones domiciliarias.
- Alcantarillado pluvial: se emplea cuando las cunetas no se dan abasto con el transporte de las aguas generadas por precipitaciones, sus elementos principales son los colectores, pozos de visita, canales y vertido final.
- Alcantarillado unitario: este sistema de alcantarillado trabaja en forma conjunta con respecto a descargas pluviales y residuales, empleando la misma tubería para transportarlas.
- Alcantarillado separativo: en este se transportan las descargas por separado, las aguas pluviales de las residuales.

2.1.3.1. Período de diseño

Es el tiempo que se estima el diseño durará eficientemente. Generalmente el período de diseño es de 30 a 40 años, pasado este tiempo el sistema deberá sustituirse totalmente o bien según lo requieran las partes dañadas, dependiendo del mantenimiento que se le haya brindado durante su funcionamiento.

El Instituto Nacional de Fomento Municipal recomienda un período de diseño de 30 años como mínimo, para este proyecto se considerarán 2 años adicionales a los recomendados, por gestiones para solicitar presupuesto, realización y finalización del proyecto.

Por lo que el período establecido para este proyecto es de 32 años. Deberá considerarse el crecimiento poblacional e industrial si existiese en la región.

2.1.3.2. Cálculo de población futura

Para realizar el cálculo de la población futura se tomará en cuenta la población que proporcionará descargas de aguas residuales al sistema. La población actual se estima en 1 405 habitantes, según el último censo realizado en el 2011.

Se empleará el método de crecimiento geométrico, por ser una población que se encuentra en desarrollo y por el período corto que estima una población elevada, lo que en parte evitará un colapso en el sistema de alcantarillado.

- Método de crecimiento geométrico

Este método también denominado exponencial por formar una gráfica de ese tipo en su representación, se logra obtener un aproximado real de la población futura.

El Instituto Nacional de Estadística establece una tasa de crecimiento poblacional departamental del 2,50 %, para tener datos más aproximados al municipio se indagó en diversas fuentes confiables, siendo el centro de salud

del municipio el que maneja ese tipo de datos, que establece una tasa del 1,87 %. Por lo que en este diseño se considerará la proporcionada por el Ine por ser la más alta.

$$P_n = P_o (1 + R)^n$$

Donde:

P_n = población futura

P_o = población último censo

r = tasa de crecimiento poblacional

n = período de diseño establecido

2.1.3.3. Dotación

La dotación brindada por la Municipalidad de Puerto Barrios, para el sector en estudio es de 200 lts/hab/día. La fuente de dotación es el río Las Escobas, que distribuye agua a todo Puerto Santo Tomás de Castilla y gran parte de Puerto Barrios. El Instituto de Fomento Municipal recomienda la cantidad antes mencionada como contribución mínima por habitante.

2.1.3.4. Factor de retorno

Es conocido que no retornará al sistema el 100 por ciento del agua proporcionada, pues esta se evapora, se riega o se desvía. Por ser un sector donde no existe industria ni comercio que consuma mucha agua, además de contar con bastante vegetación y la mayoría de casas cuenta con un patio, se considera un factor de retorno del 80 por ciento.

2.1.3.5. Caudal sanitario

Es el agua destinada a consumo humano, se utiliza para usos sanitarios (baños, duchas, entre otros).

2.1.3.5.1. Caudal domiciliar

Son las aguas residuales producto de las descargas en domicilios, una vez haya sido empleada por el ser humano en la fabricación de alimentos o bien en uso para satisfacer necesidades de limpieza.

La dotación de agua establecerá junto con el factor de retorno el caudal domiciliar, así como el número total de habitantes estimados para el período de diseño, expresándose en la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{domiciliar}} = \frac{\text{Núm. Habitantes} * \text{Dotación} * \text{Factor de retorno}}{86\ 400}$$

Donde:

$Q_{\text{domiciliar}}$ = caudal domiciliar $\left(\frac{L}{s}\right)$

Núm. habitantes = número de habitantes futuros

Dotación = dotación (L/hab/día)

Factor de retorno = factor de retorno estimado

2.1.3.5.2. Caudal comercial

Es el agua desechada por los comercios, como: mercados, centros comerciales y hoteles. La dotación varía con respecto a las funciones que se realicen en el establecimiento. La expresión queda de la siguiente manera:

$$Q_{\text{comercial}} = \frac{\text{Núm. de comercios} * \text{Dotación}}{86\,400}$$

Donde:

$$Q_{\text{comercial}} = \text{caudal comercial} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right)$$

Núm. de comercios = comercios totales en la región

Dotación = dotación (L/comercio/día)

En la colonia Piedras Negras no se encontró ningún comercio significativo para el diseño, por lo que este caudal queda descartado.

2.1.3.5.3. Caudal de conexiones ilícitas

Son las conexiones que los domicilios realizarán al sistema de manera ilícita producto de agua de lluvia, se considera que el rango de viviendas se encuentra entre 0,5 a 2,5 por ciento. El Instituto de Fomento Municipal establece que será necesario agregar un 10 por ciento del caudal doméstico, donde exista drenaje pluvial y donde no exista se podrá aumentar el valor. Para este proyecto por carecer de drenaje pluvial se considerará el 20 por ciento del caudal doméstico.

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = \frac{C * i * A}{360} * 1\,000 * \% \text{ viv}$$

Donde:

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = \text{caudal de conexiones ilícitas} \left(\frac{\text{L}}{\text{s}} \right)$$

C = coeficiente de escorrentía

i = intensidad de lluvia $\left(\frac{\text{mm}}{\text{h}} \right)$

A = área de techos y patios que es factible conectar al sistema (Ha)

%viv = porcentaje de viviendas conectadas al sistema

La intensidad de lluvia (i) está definida por:

$$i = \frac{A}{(B+t)^k}$$

Donde:

i = intensidad de lluvia $\left(\frac{\text{mm}}{\text{h}}\right)$

A y B = proporcionados por estaciones meteorológicas

k = constante del tiempo

La otra fórmula para calcularlo está dada por:

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = 0,20 * Q_{\text{domiciliar}}$$

2.1.3.5.4. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra en la tubería del sistema. Este depende de la profundidad del manto freático en el que se encuentre, profundidad de la tubería, permeabilidad del terreno, juntas que se hayan empleado para su fabricación y la mano de obra utilizada. Se calcula de dos formas; la primera empleando litros diarios por hectárea y la segunda en litros diarios por kilómetro de tubería.

Se asume un valor de 6 m por cada casa, se considera que el factor de infiltración varía de 16 000 a 18 000 L/km/día, la fórmula queda expresada de la siguiente manera:

$$Q_{\text{infiltración}} = \frac{F_{\text{in}} * (L + \text{Núm. Casas} * 6 \text{ m})}{86\,400 * 1\,000}$$

Donde:

$Q_{\text{infiltración}}$ = caudal de infiltración $\left(\frac{L}{s}\right)$

F_{in} = factor de infiltración (L/km/día)

Núm. Casas = número de casas iniciales

L = longitud del tramo (m)

2.1.3.6. Factor de caudal medio

Este es constante en todo el sistema, y se realiza con una simple adición de los valores obtenidos de:

- Caudal domiciliar
- Caudal comercial
- Caudal de conexiones ilícitas
- Caudal de infiltración

$$Q_{\text{medio}} = Q_{\text{domiciliar}} + Q_{\text{comercial}} + Q_{\text{conexiones ilícitas}} + Q_{\text{infiltración}}$$

El factor de caudal medio se establece como el caudal medio sobre el número de habitantes a servir.

$$F_{\text{qm}} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{Núm. hab.}}$$

Donde:

Q_{medio} = caudal medio $\left(\frac{L}{s}\right)$

F_{qm} = factor de caudal medio (L/s/hab)

Núm. hab. = número de habitantes

El factor del caudal medio deberá estar en el rango de 0,002 a 0,005. Si el valor obtenido es inferior a 0,002, se empleará este valor. Si es mayor a 0,005, se utilizará ese valor. De estar el valor dentro del rango se empleará el calculado, para este caso el valor se encuentra dentro.

Tabla I. **Valores permitidos para factor de caudal medio**

Fqm	Institución
0,0046	INFOM
0,0030	Municipalidad de Guatemala
0,0020-0,0050	DGOP

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.7. **Factor de flujo**

Es el factor que representa en función del área y de los habitantes, el valor estadístico de la probabilidad en cuanto a usuarios del servicio se refiere, expresándose a través de la fórmula de Hardmon:

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

P = población presente o futura

2.1.3.8. Caudal de diseño

Es el caudal que servirá para realizar el diseño en cada tramo del sistema de alcantarillado en estudio, considerando la población actual y la futura. La fórmula para determinar dicho valor es la siguiente:

$$Q_{dis} = \text{Núm. Hab.} * F.H. * Fqm$$

Donde:

$$Q_{dis} = \text{caudal de diseño} \left(\frac{L}{S} \right)$$

Núm. Hab. = número de habitantes

F.H. = factor de flujo

Fqm = factor de caudal medio

2.1.3.9. Pendientes y velocidades

Se recomienda emplear la pendiente del terreno para evitar incurrir en gastos mayores de excavación, considerando siempre los criterios de diseño para cada tramo, existiendo la posibilidad de modificar las pendientes donde no sean favorables para el flujo. La pendiente a emplear será calculada como la diferencia de ambos niveles sobre la distancia horizontal.

$$S \% = \frac{CTi - CTf}{DH} * 100$$

Donde:

S% = pendiente

CTi = cota elevación inicial

CTf = cota elevación final

DH = distancia horizontal

La velocidad de diseño se calculará para la población presente y futura, estando dentro de los límites establecidos por el Instituto de Fomento Municipal:

Tabla II. **Velocidades mínimas y máximas de diseño según Infom**

Tubería	Velocidad mínima	Velocidad máxima
PVC	0,40 m/s	5,00 m/s
Concreto	0,60 m/s	3,00 m/s

Fuente: elaboración propia.

La velocidad del flujo se calcula con la fórmula de Manning para canales abiertos:

$$V = \frac{0,03429 * \phi^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Donde:

V = velocidad (m/s)

n = factor de rugosidad:

Según Infom 0,014 tubería de concreto, 0,010 tubería de PVC

ϕ = diámetro de tubería (plgd)

S = pendiente de tubería (%)

2.1.3.10. Diámetros de tubería

Los diámetros de la tubería dependerán de los criterios de diseño, como lo recomiendan las *Normas Generales para Diseño de Alcantarillado* del Instituto

de Fomento Municipal, el mínimo es de 8 pulgadas para tubería de concreto y 6 pulgadas para tubería de PVC.

En conexiones domiciliarias el diámetro mínimo será de 6 pulgadas en concreto y 4 pulgadas en PVC, empleando un reductor de 4 pulgadas x 3 pulgadas para protección de cualquier obstrucción a la entrada de conexión. En la candela domiciliar se empleará un diámetro mínimo de 12 pulgadas.

2.1.3.11. Relaciones hidráulicas

Se determinan los valores de velocidad y caudal a sección parcialmente llena y a sección totalmente llena haciendo uso de las fórmulas descritas anteriormente. Con base en los datos obtenidos, se obtiene la relación q/Q por simple división. Con este valor se procede a buscar en las tablas el valor de relación v/V y q/Q , donde las especificaciones a cumplir serán:

$$q < Q$$

Donde:

q = caudal a sección parcial

Q = caudal a sección llena

Y la relación de diámetros tendrá que estar en el rango:

$$0,10 \leq \frac{d}{D} \leq 0,75$$

Donde:

d = tirante

D = diámetro de tubería

2.1.3.12. Principios hidráulicos

El sistema de alcantarillado sanitario se basa en el funcionamiento como sucede con los canales abiertos, transportando las aguas residuales, quedando definido por las pendientes y el tipo de rugosidad por el material a emplear.

Las tablas que se emplean para el diseño se obtienen con la fórmula de Manning para canales abiertos. Para el caso de sistemas de alcantarillado, donde el agua residual se transporta en tubería cerrada, se ve sometida a la presión atmosférica y a presión por gases liberados por las mismas aguas. El tirante puede llegar al 75 % del diámetro de la tubería.

2.1.3.13. Cotas invert

Se denomina cota invert a la distancia desde el nivel de la rasante del terreno hasta la tubería interna. La distancia mínima entre la cota invert de salida con la cota invert de entrada será de 3 centímetros.

Las cotas del terreno, de tubería, profundidad del pozo, cotas de entrada y salida de alcantarillado, deberán calcularse como se define a continuación:

$$E = \frac{\phi * 0,30}{100}$$

$$CTf = CTi - (DH * S\%)$$

$$Ci = CTi - (H_{\text{mínima}} + E + \phi)$$

$$H_{\text{pozo}} = CT - CIS$$

Donde:

E = espesor de tubería

CTf = cota final del terreno

CTi = cota inicial del terreno

CII = cota invert inicial

CIS = cota invert de salida de tubería

H_{pozo} = profundidad del pozo

Se debe considerar que si entran dos o más tuberías al sistema, la cota invert de salida deberá ser como mínimo la diferencia entre ambas tuberías.

2.1.4. Pozos de visita

Son las obras de arte principales en un sistema de alcantarillado sanitario, la finalidad de construirlas es facilitar inspecciones así como el mantenimiento del sistema.

Se construyen en concreto o mampostería, debiendo tener canales para dirigir los caudales fuera del pozo a través del tubo de salida.

Como lo establece el Instituto de Fomento Municipal, se diseñarán los pozos de visita en los siguientes casos:

- Cambios de diámetro.
- Cambios de pendiente.
- Cambios de dirección horizontal para diámetros menores a 24 pulgadas.
- Intersecciones de tuberías colectoras.

- Extremos superiores de ramales iniciales.
- Distancias menores de 100 metros en línea recta con tubería de diámetros menores a 24 pulgadas.
- Distancias menores de 300 metros en diámetros superiores a 24 pulgadas.

La tapadera de los pozos de visita deberá establecerse en el mismo nivel que el rasante de la calle.

Algunas recomendaciones para colocación de pozos de visita en mantos freáticos altos:

- Instalar los pozos en su totalidad, considerando 30 centímetros bajo la rasante de la calle.
- Eliminar presencia de agua en la excavación haciendo uso de equipo para vaciar.
- Colocar una base de concreto evitando que el pozo presente cargas de empuje y se vea afectado por estas, se recomienda emplear una base de 10 centímetros de espesor.
- Será necesario hacer una nivelación de la base sin descuidar las pendientes de invertida en el pozo tanto de entrada como de salida.
- Mantener la verticalidad de la estructura.
- Deberá reforzarse la estructura con concreto reforzado, haciendo uso de la trinchera formada por la excavación como encofrado.

La estructura será construida con ladrillos funcionando como muro, una tapadera de concreto circular con un diámetro de 80 centímetros. Tendrá una base de concreto de 15 centímetros de espesor. Se emplearán varillas Núm. 3 para la elaboración de escalones a cada 40 centímetros. En total la base

contará con 1,84 metros. Para el armado de la tapadera se emplearán varillas Núm. 2 y Núm. 3, como se especifica en los planos.

Se construirá un canal en el fondo del pozo para guiar el flujo con medio tubo y una pendiente del 3 % evitando estancamiento.

2.1.5. Conexiones domiciliarias

Se deberá construir una caja de registro o candela con una dimensión mínima de 38 centímetros de diámetro o 45 centímetros por lado, con 1 metro de profundidad. Si son tubos de concreto deberán colocarse verticalmente o bien con mampostería reforzada debiendo estar impermeabilizados.

En este caso se emplearán cajas con mampostería y concreto, debiendo cuidar la profundidad para poder realizar la conexión domiciliar por gravedad.

Se denomina tubería secundaria a la que une la candela o caja de registro domiciliar con el colector principal, teniendo un diámetro mínimo de 4" para PVC y 6" para concreto. Para un flujo eficiente, deberá conectarse con pendiente mayor al 2 % y menor al 6 % realizando la conexión con el colector principal en el medio diámetro superior, formando un ángulo de 45 grados a favor del flujo. No se podrá realizar conexión domiciliar sin autorización de la municipalidad o el supervisor.

Se podrán realizar conexiones individuales, transportando aguas residuales hacia el colector de una sola vivienda. Además, se podrán realizar las combinadas, donde dos viviendas compartan la misma conexión domiciliar para conducir las aguas residuales hacia el colector principal.

2.1.6. Profundidad de tubería

La tubería deberá colocarse a una profundidad donde no se vea influenciada por cargas transmitidas por el transporte terrestre, así como la variación del clima, evitando así, fracturas en la tubería. La profundidad de la tubería se calculará desde la superficie de la rasante de la calle hasta la parte superior de la tubería en cualquier punto de esta, definiéndose como 1,00 metro para tráfico normal (menos de 9 000 kilogramos) y 1,20 metros para tráfico pesado (más de 9 000 kilogramos).

La cota invert mínima se calcula sumando la profundidad por tráfico y espesor del tubo. Para este diseño, la cota invert mínima será de 1 metro medida desde la superficie hasta el coronamiento de la tubería.

Si la profundidad del coronamiento de la tubería con respecto a la rasante de la calle excede los 3 metros, deberán construirse tuberías auxiliares para que las conexiones domiciliarias se realicen sin problema alguno.

2.1.7. Volumen de excavación

Para poder garantizar un soporte en los laterales del suelo, se hace necesario realizar una zanja ancha que facilite la instalación de la tubería, además del material del relleno para el sistema. El pozo que se instalará tiene 1 metro de ancho con lo que es recomendable emplear un ancho de 1,60 metros con la finalidad de hacer manejable los materiales que se utilizarán en su construcción.

Para evitar derrumbes durante la excavación, el material que se extrae deberá ser colocado a 60 centímetros de la orilla.

Las zanjas deberán realizarse conforme el avance del trabajo, para evitar deterioro de la excavación. La profundidad dependerá de cargas aplicadas y la reacción del suelo.

A partir de los 2,50 metros de profundidad ya es considerada una excavación profunda, sin importar la estabilidad del suelo. Las excavaciones podrán realizarse de manera vertical, inclinada según el ángulo de reposo del suelo y cortes requeridos en excavaciones profundas.

El clima en el lugar presenta altas precipitaciones, lo que dificulta las excavaciones, por lo que se recomienda cubrir la zona con un material que no deje pasar el agua.

De igual forma si se tiene planeado emplear el material como posterior relleno, será necesario cubrirlo con material plástico con la finalidad de evitar saturación en el contenido de humedad del suelo.

Tabla III. Ancho de zanja para excavación según profundidad y diámetro

Diámetro (plgds)	Ancho de zanja (cm) según profundidad						
	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 3,85 m	De 3,86 a 5,35 m	De 5,36 a 6,35 m
4	60	60	65	65	70	75	80
6	60	60	65	65	70	75	80
8	60	60	65	65	70	75	80
10		70	70	70	70	75	80
12		75	75	75	75	75	80
16		90	90	90	90	90	90
18		110	110	110	110	110	110
21		110	110	110	110	110	110
24		135	135	135	135	135	135
30		155	155	155	155	155	155
36			175	175	175	175	175
42				190	190	190	190
48				210	210	210	210
60				245	245	245	245

Fuente: Norma ASTM 3034 Tuberías de PVC para alcantarillado sanitario. p. 14.

2.1.8. Ejemplo de cálculo hidráulico

Para el sistema completo:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{3\,096 \text{ hab.} \cdot 200 \text{ L/hab./día} \cdot 0,80}{86\,400} = 5,73 \text{ L/s}$$

$$Q_{\text{comercial}} = 0$$

$$Q_{\text{conexiones ilícitas}} = 0,20 \cdot 5,73 = 1,15 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)$$

$$Q_{\text{infiltración}} = \frac{18\,000 \cdot (3\,500 + 281 \cdot 6)}{86\,400 \cdot 1\,000} = 1,08 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)$$

$$Q_{\text{medio}} = 5,73 + 0 + 1,15 + 1,08 = 7,96 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)$$

$$P_{32} = 1\,405 (1 + 0,025)^{32} = 3\,096 \text{ habitantes}$$

$$F_{\text{qm}} = \frac{7,96 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)}{3\,096} = 0,00257 \text{ L/hab/s}$$

Factor de Hardmon presente

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{1\,405}}{4 + \sqrt{1\,405}} = 1,34$$

Factor de Hardmon futuro

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{3\,096}}{4 + \sqrt{3\,096}} = 1,23$$

Caudal de diseño actual

$$Q_{\text{dis}} = 1\,045 * 1,34 * 0,00257 = 3,60 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)$$

Caudal de diseño futuro

$$Q_{\text{dis}} = 3\,096 * 1,23 * 0,00257 = 9,79 \left(\frac{\text{L}}{\text{s}}\right)$$

Para pozo de visita 1 a pozo de visita 2:

Cota de superficie inicial: 99,93 m

Cota de superficie final: 99,14 m

Distancia horizontal: 55,41 m

Número de casas: 7

Diámetro de tubería: 6

Material de la tubería: PVC

Ancho de zanja: 0,60 m

Pendiente del terreno:

$$S \% = \frac{99,93 - 99,14}{55,41} * 100 = 1,40 \%$$

Habitantes servidos actuales:

$$P = 7 * 5 = 35 \text{ habitantes}$$

Habitantes futuros:

$$P_{32} = 35 (1 + 0,025)^{32} = 77 \text{ habitantes}$$

Factor de Hardmon actual

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{35}}{4 + \sqrt{35}} = 4,34$$

Factor de Hardmon futuro

$$F.H. = \frac{18 + \sqrt{77}}{4 + \sqrt{77}} = 4,27$$

Caudal de diseño actual

$$Q_{dis} = 35 * 4,34 * 0,00257 = 0,39 \left(\frac{L}{s} \right)$$

Caudal de diseño futuro

$$Q_{dis} = 77 * 4,27 * 0,00257 = 0,85 \left(\frac{L}{s} \right)$$

Pendiente de la tubería propuesta

$$S \% = 0,80 \%$$

Velocidad a sección llena

$$V = \frac{0,03429 * (6)^{\frac{2}{3}} * (0,0080)^{\frac{1}{2}}}{0,010} = 1,01 \frac{m}{s}$$

Caudal a sección llena

$$Q = \frac{0,312 * (6 * 0,0254)^{\frac{8}{3}} * 0,0080^{\frac{1}{2}} * 1000}{0,010} = 18,49 \left(\frac{L}{s}\right)$$

Relación $\frac{q}{Q}$ actual

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,39}{18,49} = 0,02$$

Relación $\frac{q}{Q}$ futura

$$\frac{q}{Q} = \frac{0,85}{18,49} = 0,04$$

Relación $\frac{d}{D}$ actual consultando tablas de valores obtenidos con manning

$$\frac{d}{D} = 0,100 ; \text{ Sí cumple, } > 0,10 \text{ y } < 0,75$$

Relación $\frac{d}{D}$ futura consultando tablas de valores obtenidos con manning

$$\frac{d}{D} = 0,145 ; \text{ Sí cumple, } > 0,10 \text{ y } < 0,75$$

Relación $\frac{v}{V}$ actual consultando tablas de valores obtenidos con Manning

$$\frac{v}{V} = 0,40$$

Relación $\frac{v}{V}$ actual consultando tablas de valores obtenidos con Manning

$$\frac{v}{V} = 0,50$$

Velocidad actual

$$V = 0,40 * 1,01 = 0,41 \frac{m}{s} ; \text{ Sí cumple, } > 0,40 \frac{m}{s} \text{ y } < 5 \frac{m}{s}$$

Velocidad futura

$$V = 0,50 * 1,01 = 0,51 \frac{m}{s} ; \text{ Sí cumple, } > 0,40 \frac{m}{s} \text{ y } < 5 \frac{m}{s}$$

Cota invert inicial

$$Ci = 99,93 - 1 - 0,03 = 98,90 \text{ m}$$

Cota invert final

$$Cf = 98,90 - 0,80 * 55,41 = 98,46 \text{ m}$$

Profundidad de pozo 1

$$Pp1 = 99,93 - 98,90 = 1,03 \text{ m}$$

Profundidad de pozo 2

$$Pp2 = 99,14 - 98,46 = 0,68 \text{ m}$$

Volumen de excavación

$$V_{\text{excavación}} = \frac{1,03 + 0,68}{2} * 0,60 * 55,41 = 28,48 \text{ m}^3$$

Nota: los cálculos del sistema total se encuentran especificados en el apéndice de este documento.

2.1.9. Propuestas de tratamiento

Para el tratamiento de las aguas servidas se propone, a través de empresas dedicadas a la venta y diseño de plantas de tratamiento como lo es Amanco, que ofrece un sistema de aireación lodos activados.

Brinda una eficiencia arriba del ochenta y cinco por ciento en cuanto a remoción de sólidos suspendidos y materia orgánica en las aguas de desecho. El terreno ya se encuentra establecido, considerándose desde el principio del diseño de este sistema, con lo que se tomó la cota más baja de la superficie, continua al río para contar con eficientes descargas.

Se propone la implementación de un sistema biológico de tipo aerobio, dependiente del aire, con lodos activados con base en una mezcla de las aguas

residuales. Dicho sistema es capaz de generar afluentes con altos porcentajes de efectividad, presentando un bajo procesamiento de lodos, así como un elevado nivel de oxidación, logrando un control de la materia.

Añadido a este procedimiento, se le asignará un sistema de cloración para una mayor eficiencia en la reutilización del líquido, como aplicación para riego de jardines con áreas sin hortalizas, descargas de inodoros con sistema independiente, áreas que no tengan contacto directo con humanos.

2.1.9.1. Diseño de fosas sépticas

La fosa séptica es una estructura que combina procesos de digestión anaerobia de lodos y sedimentación. Trabaja con agua, por lo que este líquido se hace importante en dicha estructura, para acelerar el proceso de maduración.

Se conforma por 2 cámaras para garantizar un correcto funcionamiento. En el primero se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y almacenamiento. En el proceso anaerobio se producen gases que suspenden a los sólidos, se hace necesaria una segunda cámara para evitar que los sólidos sean movidos con el flujo. Dado que el fluente transporta un alto contenido de materia orgánica suspendida se hace necesario otro tratamiento con un pozo de absorción.

La fórmula adoptada para el cálculo de la capacidad de fosas de gran tamaño viene dada por:

$$V = 1\ 125 + 0,75 * Q$$

Donde:

V = capacidad requerida de la fosa en galones

Q = caudal de aguas residuales en galones/día

El volumen será distribuido en una estructura con aristas iguales según el requerimiento para el tratamiento.

Se recomienda emplear una base de 8 centímetros de concreto reforzado con hierro de ¼" en ambos sentidos @ 0,15 metros dejando pines de 3/8" que detendrán las paredes de la fosa séptica. Los muros de *block*, con una última fila de *block* "U" fundida con dos hierros 3/8".

En este proyecto quedará a criterio del ejecutor realizar fosa séptica, dado que sí se cuenta con un terreno para la construcción de la planta de tratamiento no se consideró este sistema. Desde el comienzo del diseño ya se tenía planificado construir una planta de tratamiento.

2.1.9.2. Dimensionamiento de los pozos de absorción

Es posible construir un pozo de absorción cuando el terreno lo permita a través de excavación de un pozo artesanal. Es un elemento que se construye al final de un sistema sanitario, con la finalidad de recibir aguas provenientes de la fosa séptica. El estrato arenoso del suelo será el encargado de filtrar las aguas residuales. Deberán considerarse varios aspectos para la construcción de un pozo de absorción, como lo es la distancia respecto a las viviendas que serán de 15 metros mínimo de un pozo o nacimiento de agua.

En caso de encontrarse un manto freático a escasos metros sobre el suelo, será necesario buscar otro lugar para su construcción.

Para la construcción deberá contar con un brocal en la parte superior para darle estabilidad al pozo evitando que el agua producto de precipitaciones ingrese en el mismo. El dimensionamiento recomendado, de emplear un sistema con fosa séptica es el siguiente: para la construcción del brocal se inician excavaciones con un agujero de 2 metros de profundidad, haciendo uso de un diámetro de 1,4 metros.

El brocal se empezará a construir a partir de los 2 metros de profundidad colocando mitades de *block* en toda la circunferencia, con 7 hiladas de *block* a una altura aproximada de 1,5 metros, se repellará y alisará el brocal por la parte interna, logrando así evitar filtraciones por los poros. Posteriormente se procede a construir las tapaderas del brocal, que básicamente son semi-circulares con un espesor de 8 centímetros, que juntas conforman los 1,4 metros de diámetro, reforzadas con hierro de 3/8” para ambos sentidos.

El resto de lo excavado, los 0,50 metros se rellenan con material de excavación dejando el terreno libre para cualquier ocupación que se desee.

Si se desea continuar con la excavación de los 2 metros, el diámetro se verá reducido a 0,90 metros, medida ideal para que una persona sea capaz de realizar maniobras dentro de la estructura, manteniéndose el diámetro mencionado hasta encontrar el estrato arenoso.

La profundidad del pozo se determina con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{k * N}{\pi * D}$$

Donde:

H = profundidad del pozo en metros

K = coeficiente de absorción en $\text{m}^2/\text{persona}/\text{día}$

N = número de personas servidas

D = diámetro medio del pozo en metros

2.1.10. Localización de descarga

La descarga se realizará en el punto más bajo de la superficie, a un costado del río principal que atraviesa la colonia. Se escogió el área estratégicamente para un tratamiento adecuado de las aguas residuales, siendo amigables con el medio ambiente con la ayuda de una planta de tratamiento.

El área se encuentra a 8 metros de la carretera, cercano al puente que comunica Puerto Barrios con Puerto Santo Tomás de Castilla, frente al complejo deportivo de Izabal. El lugar se encuentra especificado en los planos.

2.1.11. Elaboración de planos

Con ayuda de software para diseño asistido por computadora, se muestran los planos en el apéndice, que en este diseño para el sistema de alcantarillado sanitario, son los siguientes:

- Planta general de alcantarillado sanitario
- Planta-perfil de alcantarillado sanitario
- Detalle de conexiones domiciliarias
- Detalle de pozos de visita

2.1.12. Elaboración de presupuesto

A continuación se muestra la elaboración de un presupuesto de alcantarillado sanitario.

Tabla IV. Presupuesto de alcantarillado sanitario

REGLÓN	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES				
1,1	Replanteo topográfico	ML	3 200	Q 1,06	Q 3 392,00
1,2	Excavación	M3	3 521	Q 11,60	Q 40 843,60
2	INSTALACIÓN DE TUBERÍA				
2,1	Tubería 4"	ML	508	Q 236,91	Q 120350,28
2,2	Tubería 6"	ML	2 153	Q 498,10	Q 1 072.409,30
2,3	Tubería 8"	ML	509	Q 895,24	Q 455 677,16
2,4	Candelas profundidad 0,50 m	U	82	Q 1 202,61	Q 98 614,02
2,5	Candelas profundidad 0,70 m	U	108	Q 1 399,04	Q 151 096,32
2,6	Candelas profundidad 1,00 m	U	51	Q 1 733,40	Q 88 403,40
2,7	Relleno	M3	3 169	Q 10,01	Q 31 721,69
3	INSTALACIÓN POZOS DE VISITA				
3,1	Profundidad 1,25 m	U	19	Q 4 615,50	Q 87 694,50
3,2	Profundidad 1,50 m	U	10	Q 6 334,06	Q 63 340,60
3,3	Profundidad 1,75 m	U	7	Q 5 884,11	Q 41 188,77
3,4	Profundidad 2,00 m	U	8	Q 6 780,22	Q 54 241,76
3,5	Profundidad 2,25 m	U	3	Q 7 318,85	Q 21 956,55
3,6	Profundidad 2,50 m	U	4	Q 8 239,15	Q 32 956,60
3,7	Profundidad 2,75 m	U	4	Q 9 104,76	Q 36 419,04
3,8	Profundidad 3,00 m	U	1	Q 10 179,76	Q 10 179,76
4	SISTEMA DE TRATAMIENTO				
4,1	Limpieza	GLOBAL	1	Q 9 092,46	Q 9 092,46
4,2	Excavación	M3	517	Q 26,57	Q 13 736,69
COSTO TOTAL DEL PROYECTO:				Q	2 433 314,50

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Evaluación socioeconómica

Es la medida total económica y sociológica combinada de la preparación laboral de una de una persona y de la posición económica y social individual o familiar.

2.1.13.1. Valor presente neto (VPN)

El valor presente neto es un método para evaluar proyectos de inversión en un período de tiempo largo, representa la maximización de la inversión del capital en el proyecto, arrojando resultados positivos que serán de beneficio, negativos que serán pérdida, si es cero no habrá modificación en la inversión.

Con este valor se determinará si la inversión realizada será aprovechada al máximo, indicando el valor real del dinero a través del tiempo, unificando en una sola cantidad los valores futuros y anualidades del flujo de efectivo.

El valor podrá estar dentro de los siguientes rangos:

VPN < 0, indica que el proyecto no es rentable

VPN = 0, se genera exactamente la utilidad deseada

VPN > 0, el proyecto es rentable favoreciendo con utilidades

El cálculo del VPN se realiza a través de las siguientes fórmulas:

$$P = F \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] \quad P = F \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde:

P = valor de pago único en inicio de operación o valor presente.

F = valor de pago único al final del período de la operación o valor pago futuro.

A = valor de pago uniforme en período determinado.

I = tasa de interés de cobro por operación.

n = período que se pretende dure la operación.

Dado que es un proyecto de inversión social será competencia de la municipalidad el total del costo del proyecto, la comunidad pagará únicamente Q 500,00 por derecho de conexiones domiciliarias y mantenimiento del sistema, anualmente durante la vida útil del proyecto.

Cálculo del valor presente neto:

Costo total del proyecto = Q 2 433 314,50

Anualidad = Q 500,00 / conexión

Conexiones domiciliarias = 241

Anualidad total = Q 500,00 x (241) = Q 120 500,00

Vida útil (n) = 32 años

Valor presente neto para un interés del 2 % anual en un período 33 años.

$$VPN = -Q 2 433 314,50 + Q 120 500,00 * \left[\frac{(1+0,02)^{32}-1}{0,02*(1+0,02)^{32}} \right] = Q 394 619,85$$

Valor presente neto para un interés del 5 % anual en un período 33 años.

$$VPN = -Q 2 433 314,50 + Q 120 500,00 * \left[\frac{(1+0,05)^{32}-1}{0,05*(1+0,05)^{32}} \right] = - Q 529 091,96$$

2.1.13.2. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno de una inversión se define como la tasa de interés con la que el valor presente neto es igual a cero. El valor presente neto se calcula con base en el flujo de caja anual, trasladando las cantidades del futuro al presente. Lo que hace cero el valor presente neto es la tasa interna de retorno.

Si la tasa interna de retorno se presenta con un valor mayor o igual al costo del proyecto, podrá ser aceptado, de lo contrario no. La fórmula para determinar la tasa interna de retorno es la siguiente:

$$\text{TIR} = \text{VPN}_{\text{Beneficios}} - \text{VPN}_{\text{Gastos}} = 0$$

Se procede entonces por prueba y error a calcular la tasa interna de retorno, delimitando un rango donde exista el valor presente neto positivo y negativo, logrando de esta manera interpolar encontrando la tasa requerida.

Se emplea la siguiente fórmula para determinar la tasa interna de retorno:

$$\text{TIR} = i_1 + \left[\frac{\text{VPN}_1}{\text{VPN}_2 - \text{VPN}_1} \right] (i_2 - i_1)$$

Con los valores obtenidos anteriormente, se procede a calcular.

$$(1) \quad i = 2 \% \quad \text{VPN} = \text{Q } 405 \, 307,41$$

$$(2) \quad i = 5 \% \quad \text{VPN} = \text{Q } 505 \, 007,32$$

$$\text{TIR} = 0,02 + \left[\frac{\text{Q } 394 \, 619,85}{-\text{Q } 529 \, 091,96 - \text{Q } 394 \, 619,85} \right] (0,02 - 0,05)$$

TIR = 3,28 %

2.1.14. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación de impacto ambiental se define como el documento que proporciona al interesado información básica sobre las actividades que requieren llevarse a cabo y el impacto que tendrá en el medio ambiente. Proporciona de una manera puntual antecedentes, predicciones e identificaciones de las actividades que tendrán un impacto y la forma de mitigarlas para evitar un daño al ambiente.

La Ley 19 300 del Medio Ambiente determina qué proyectos deberán pasar por una evaluación por parte del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, mediante un Estudio de Impacto Ambiental o una Declaración de Impacto Ambiental. La decisión final la realiza la Comisión Nacional de Medio Ambiente.

Deberán considerarse los tratamientos que tendrá el sistema de alcantarillado, desde el preliminar, pasando por el primario, luego el secundario, la desinfección y por último la disposición final.

Los elementos que tendrán impacto directo en el medio ambiente serán: calidad de las aguas tratadas, olores, excretas, calidad del aire, cuerpo receptor, ruidos, problemas sanitarios, pintura y maquinaria.

Elementos como generación de tráfico, excavaciones, ruidos por maquinaria son prácticamente inevitables, por lo que se tendrán que tomar medidas que en lo posible mitiguen los efectos. El darle una continuidad en

cuanto a evaluación de impacto ambiental es imprescindible en un sistema de alcantarillado sanitario.

Tabla V. Evaluación de impacto ambiental

Núm.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros.)	Partículas de polvo	Sitio del proyecto
		Ruido	Si	Funcionamiento de maquinaria.
		Vibraciones	Si	Del lugar del proyecto.
		Olores	Si	Planta de tratamiento
2	Agua	Abastecimiento de agua	Si	Sitio del proyecto
		Aguas residuales ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas).	Cantidad: indicada en diseño	Domicilios
		Aguas residuales especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias).	Cantidad: indicada en diseño	En comercios
		Mezcla de las aguas residuales anteriores.	Cantidad: indicada en diseño	Hacia planta de tratamiento
		Agua de lluvia	Captación: ninguna	Descarga: Ninguna
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: 200 kilogramos	Desechos de los trabajos
		Desechos peligrosos (con una o mas de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos).	Cantidad: 15 kilogramos	Disposición: Pegamento, desechos PVC
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo).	La indicada	Planta de tratamiento
		Modificación del relieve o topografía del área.	Si	En los 3 200 ml que comprende el proyecto.
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	Si	Árboles en el lugar
		Fauna (animales)	No	De ningún lugar el proyecto.
		Ecosistema	Todo proyecto de infraestructura genera cambios en el ecosistema natural.	En los 3 200 ml que comprende el proyecto.
5	Visual	Modificación del paisaje	Positivamente	En los 3 200 ml que comprende el proyecto.
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos.	Positivamente	En toda la población local y otras colonias vecinas.

Contará con un parqueo para 12 vehículos, una fuente en su ingreso y áreas verdes. Las cargas de diseño se toman del código Agies y los criterios del código ACI 318 08.

2.2.1.1. Área disponible

El terreno destinado para la construcción del edificio pertenece a la municipalidad, proporcionando un área de 1 030 m².

2.2.1.2. Localización del terreno

La localización del terreno es en el casco urbano del municipio, sobre la sexta calle entre la quinta y sexta avenida. Se ubica en medio del edificio de Correos y la clínica para trabajadores municipales, con coordenadas latitud 15°44'10,08" N y longitud 88°35'58,62" O. Actualmente existe un edificio en el área, el cual tendrá que ser demolido en su totalidad, así como unos árboles que se encuentran en el lugar.

Figura 4. **Ubicación del terreno destinado para el edificio**



Fuente: Google Earth. Consulta: 10 de junio de 2015.

2.2.1.3. Topografía del terreno

La topografía del terreno para la edificación es en su mayoría plana, con una diferencia en elevación de 0,48 metros, lo que facilitará los trabajos preliminares para la construcción del edificio. Con ayuda del equipo de la municipalidad: teodolito, estadal, trípode, estacas, plomada y cinta métrica se llevó a cabo el levantamiento topográfico.

2.2.2. Estudios de suelos

En Puerto Barrios las capacidades portantes del suelo generalmente son bajas, además de generar una licuefacción por ser en su mayoría arcilla. Se realizó el ensayo de compresión triaxial para determinar valores imprescindibles en el diseño de la cimentación.

2.2.2.1. Ensayo triaxial

Este método es uno de los más confiables para realizar ensayos con la finalidad de obtener parámetros de la resistencia cortante del suelo en estudio.

La muestra de suelo que se quiere ensayar es colocada en una membrana impermeable, con forma cilíndrica cuya base queda en contacto con piedra porosa para funcionar como un filtro. Dicha base se encuentra conectada a una bureta que mide el nivel de agua que entra o sale de la muestra. Se sella herméticamente con unas bandas de hule, quedando conectado a un tanque de agua a presión.

La prueba de compresión triaxial se puede ejecutar en dos diferentes formas, las cuales son:

- Prueba sin drenar: se aplica una presión de agua transmitiéndose hidrostáticamente al suelo, actuando directamente sobre la membrana y la base, cerrándose las válvulas de drenaje antes de aplicar la presión al agua. Posteriormente se aplica la carga axialmente a la muestra de suelo, aplicando una carga creciente hasta alcanzar la falla. Con uso del micrómetro se determinarán las deformaciones longitudinales del suelo.

- Prueba consolidada: al igual que la muestra sin drenar, se aplica presión al agua pero se abren las válvulas de drenaje de la muestra en estudio, permitiendo que la presión de los fluidos de los poros se disipe en su totalidad. Con los valores obtenidos mediante el micrómetro y el volumen del agua expulsada, es posible realizar el trazo de la curva de consolidación.

La diferencia de ambas pruebas está definida por el contenido de agua que en una muestra permanece constante, mientras que en la otra esta es evacuada presentando variación durante la aplicación de la carga.

Se establece la línea de tendencia a través de los círculos de Mohr, que variará con respecto al material, espacios de aire y partículas de agua.

Con los resultados obtenidos en el laboratorio de suelos, se tiene un suelo con un ángulo de fricción interna de $9,94^\circ$, un peso específico de $1,42 \text{ ton/m}^3$, una cohesión de 0 y la muestra fue extraída a 1,80 m de profundidad.

Evaluando estos valores en la siguiente ecuación de Terzaghi se tiene:

$$q_u = 0,867cN'_c + qN'_q + 0.4\gamma BN'_\gamma$$

Donde:

$$c = 0,00$$

$$B = 1$$

$$h = 1,80$$

$$\gamma = 1,42$$

$$q = \gamma \cdot h = 2,56$$

Datos obtenidos por interpolación:

$$N'_c = 8$$

$$N'_q = 1,93$$

$$N'_\gamma = 0,24$$

La capacidad de carga del suelo en estudio queda definida como:

$$q_u = 0,867 \cdot 0 \cdot 8 + 2,56 \cdot 1,93 + 0,4 \cdot 1,42 \cdot 1 \cdot 0,24 = \frac{5,08}{3} = 1,69 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

2.2.3. Diseño arquitectónico

Es necesario determinar el requerimiento de las áreas para luego distribuir los espacios. La arquitectura del edificio será de tipo colonial, haciendo énfasis principal en la arquitectura del nuevo Palacio Municipal. Las áreas serán distribuidas de manera que cumplan las necesidades de espacio y de ocupación de las personas que lo utilizarán.

2.2.3.1. Requerimiento de áreas

El requerimiento de las áreas estará en función del uso que se quiere para cada parte de la edificación. Se requiere un área para exposiciones, actividades culturales donde el público esté en un ambiente agradable y sea capaz de visualizar el escenario. Será necesario destinar un espacio para vestuario donde los participantes puedan hacer uso del mismo.

También se requiere un área donde se puedan realizar reuniones con el alcalde, donde se traten temas de interés para el municipio. Se requieren espacios para brindar capacitaciones a la población, por lo que se solicitan

salones para este fin. Además, se necesita un área donde se fabriquen alimentos así como servicios sanitarios en ambas plantas.

Se hace necesario un espacio para la exposición de las obras realizadas por parte de la escuela de arte que es administrada por la municipalidad.

2.2.3.2. Distribución de espacios

En el primer nivel se tiene estimado un uso para auditorio, contando con 144 butacas para los espectadores. Se requiere un espacio para los vestuarios, que se colocarán en la parte frontal junto al servicio sanitario, para aprovechar al máximo el área disponible. El escenario será capaz de suministrar un espacio adecuado para realización de presentaciones, actos, conferencias con la comodidad de un área amplia.

En el segundo nivel contará con un área de exposición de arte, donde podrán mostrarse pinturas, esculturas y cualquier tipo de obra de arte con asientos para los visitantes. También habrá dos salones con capacidad de 20 personas para capacitaciones o clases, con pizarrón y escritorios. Se contará con una sala de reuniones para tomar decisiones, como las del concejo municipal.

Tendrá servicios sanitarios, una bodega y una cafetería, para poder brindar los servicios de alimentación. Con el requerimiento planteado se procede a realizar el diseño arquitectónico.

2.2.4. Análisis estructural

El diseño estructural se realizará con base en las necesidades de espacio, distribución y arquitectura del edificio.

2.2.4.1. Selección de tipo de estructura

El tipo de estructura a emplear será de marcos dúctiles con nudos rígidos, losas planas de concreto reforzado, muros de mampostería independientes de los marcos y algunos tabique donde se requiera.

La cimentación será especial, puesto que el suelo presenta capacidades portantes muy bajas, lo que dificulta la instalación de zapatas simples, requiriendo una estructura de losa de cimentación para soportar las cargas.

2.2.4.2. Cargas aplicadas

En cimentaciones se denomina capacidad portante a la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre él.

2.2.4.2.1. Cargas verticales

Las cargas verticales aplicadas en la estructura se dividen en:

Cargas vivas: son todas las cargas que se presentan dinámicamente en la estructura, considerándose la máxima carga que podrá resistir en un metro cuadrado para efectos de diseño. En este caso y como lo dicta el Agies NSE-2010 se establece en 500 kilogramos por metro cuadrado para el entepiso y de 100 kilogramos por metro cuadrado para el techo, por no contar con un acceso directo al mismo.

Tabla VI. Tipos de carga viva y cantidad

Tipo de ocupación o uso	Wv (Kg/m ²)
Vivienda	
Balcones	500
Habitaciones y pasillos	200
Escaleras	300
Oficinas	
Pasillos y escaleras	300
Oficinas	250
Áreas de cafetería	500
Hospitales	
Pasillos	500
Clínias y encaminamiento	250
Servicios médicos y laboratorio	350
Farmacia	500
Escaleras	500
Cafetería y cocina	500
Hoteles	
Habitaciones	200
Servicios y áreas públicas	500
Educativos	
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Salones de lectura de biblioteca	200
Área de estanterías de biblioteca	700
Reunión	
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas	500
Balcones	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas a nivel de la calle	500
Salones con asiento fijo	500
Salones sin asiento fijo	500
Escenarios y circulaciones	500
Garajes	
Garajes para automóviles de pasajeros	250
Garajes para vehículos de carga (2 000 Kg)	500
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500
Instalaciones deportivas públicas	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Zonas sin asientos	800
Almacenes	
Minoristas	500
Mayoristas	600

Continuación de tabla VI.

Bodegas	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1 200
Fábricas	
Industrias livianas	500
Industrias pesadas	1 000
Cubiertas pesadas	
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas con inclinación mayor a 20°	75
Cubiertas usadas para jardín o reuniones	500
Cubiertas livianas	
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas	50

Fuente: AGIES NSE 2-10, tabla 3-1.

Las cargas vivas para cada marco se definen a continuación:

En el eje X

Segundo nivel

Marco A y D

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CV = 6,19 * 100 / 4,70 = 131,70 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \text{Marco B y C}$$

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CV = (6,25+6,19) * 100 / 4,70 = 264,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Primer nivel

Marco A y D

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CV = 6,19 * 500 / 4,70 = 658,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Marco B y C

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CV = (6,19+6,25) * 500 / 4,70 = 1\,323,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

En el eje Y

Segundo nivel

Marco 1 y 7

Sentido: A-B Y C-D

$$CV = 5,06 * 100 / 4,20 = 120,48 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CV = 8,75 * 100 / 5,70 = 153,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Marco 2, 3, 4, 5 y 6

Sentido: A-B y C-D

$$CV = (5,06+5,06) * 100 / 4,20 = 240,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CV = (8,75+8,75) * 100 / 5,70 = 307,02 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Primer nivel

Marco 1 y 7

Sentido: A-B Y C-D

$$CV = 5,06 * 500 / 4,20 = 602,34 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CV = 8,75 * 500 / 5,70 = 767,51 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Marco 2, 3, 4, 5 y 6

Sentido: A-B y C-D

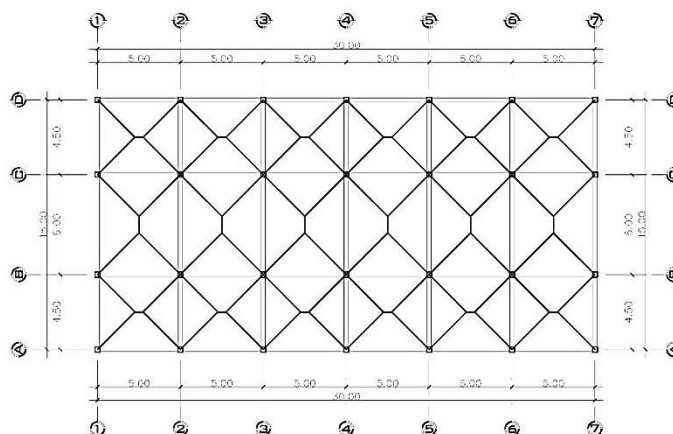
$$CV = (5,06+5,06) * 500 / 4,20 = 1\ 204,76 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CV = (8,75+8,75) * 500 / 5,70 = 1\ 535,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Cargas muertas: son las cargas generadas por el peso propio de la estructura, en estos se considera el peso del concreto, despreciando el del acero por ser una mínima cantidad en la mayoría de los elementos siendo del 0,50 al 6 % del área transversal de concreto.

Figura 5. **Áreas tributarias de losas**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Las cargas muertas aplicadas son:

$$\text{Peso del concreto} = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Peso de muros} = \left(12 \frac{\text{kg}}{\text{block}} * 12,5 \frac{\text{block}}{\text{m}^2}\right) = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de acabados} = 80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

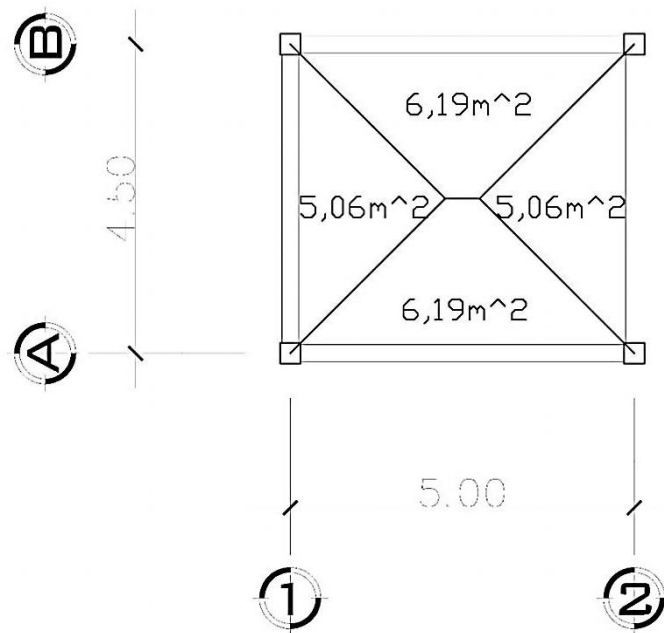
$$\text{Peso de piso y mezclón} = 102 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de viga} = 0,30 \text{ m} * 0,50 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 360 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso de columna} = 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 216 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$\text{Peso de losa} = 0,13 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 312 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Figura 6. **Área tributaria de losa tipo 1**



Fuente: elaboración propia.

Las cargas para cada marco se detallan a continuación:

En el eje X

Segundo nivel

Marco A y D

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}}$$

$$CM = (6,19 * 0,13 * 2\ 400 / 4,70) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) = 770,91 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Marco B y C

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}}$$

$$CM = ((6,25 + 6,19) * 0,13 * 2\ 400 / 4,70) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) = 1\ 185,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Primer nivel

Marco A y D

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}}$$

$$CM = ((6,19 * 0,13 * 2\ 400 / 4,70) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) + (150 * 3,66) + (6,19 * 80 / 4,70) + (6,19 * 102 / 4,70)) = 1\ 159,61 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

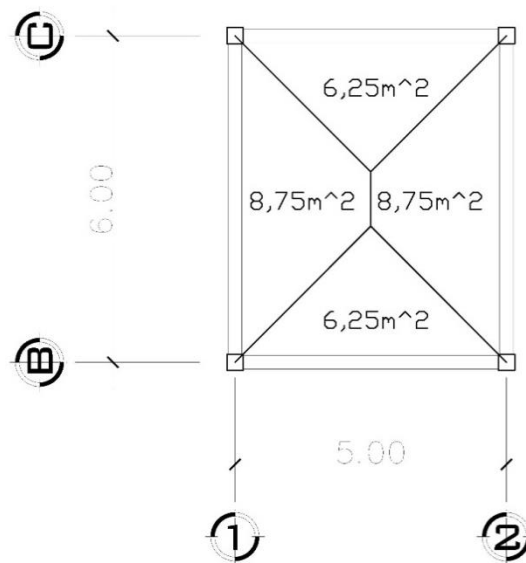
Marco B y C

Sentido: 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, 6-7

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}}$$

$$CM = ((6,19 + 6,25) * 0,13 * 2\,400 / 4,70) + (0,30 * 0,50 * 2\,400) + (150 * 3,66) + ((6,19 + 6,25) * 80 / 4,70) + ((6,19 + 6,25) * 102 / 4,70) = 2\,216,52 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Figura 7. **Área tributaria de losa tipo 2**



Fuente: elaboración propia.

En el eje Y

Segundo nivel

Marco 1 y 7

Sentido: A-B Y C-D

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}}$$

$$CM = (5,06 * 0,13 * 2\,400 / 4,20) + (0,30 * 0,50 * 2\,400) = 735,89 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}}$$

$$CM = (8,75 * 0,13 * 2\ 400 / 5,70) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) = 838,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Marco 2, 3, 4, 5 y 6

Sentido: A-B y C-D

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}}$$

$$CM = ((5,06 + 5,06) * 0,13 * 2\ 400 / 4,20) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) = 1\ 111,77 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}}$$

$$CM = ((8,75+8,75) * 0,13 * 2\ 400 / 5,70) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) = 1\ 317,89 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Primer nivel

Marco 1 y 7

Sentido: A-B Y C-D

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}}$$

$$CM = ((5,06 * 0,13 * 2\ 400 / 4,20) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) + (150 * 3,66) + (5,06 * 80 / 4,20) + (5,06 * 102 / 4,20) = 1\ 504,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}}$$

$$CM = ((8,75 * 0,13 * 2\ 400 / 5,70) + (0,30 * 0,50 * 2\ 400) + (150 * 3,66) + (8,75 * 80 / 5,70) + (8,75 * 102 / 5,70) = 1\ 667,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Marco 2, 3, 4, 5 y 6

Sentido: A-B y C-D

$$CM = W_{\text{losas}} + W_{\text{vigas}} + W_{\text{muros}} + W_{\text{acabados}} + W_{\text{piso}}$$

$$CM = ((5,06 + 5,06) * 0,13 * 2\,400 / 4,20) + (0,30 * 0,50 * 2\,400) + (150 * 3,66) + ((5,06 + 5,06) * 80 / 4,20) + ((5,06 + 5,06)102 / 4,20) = 2\,099,30 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Sentido: B-C

$$CM = ((8,75 + 8,75) * 0,13 * 2\,400 / 5,70) + (0,30 * 0,50 * 2\,400) + (150 * 3,66) + ((8,75 + 8,75) * 80 / 5,70) + ((8,75+8,75)102 / 5,70) = 2\,425,67 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

2.2.4.2.2. Cargas horizontales

Cargas por sismo: son las cargas que se generan por movimiento de fenómenos naturales, en este caso los sismos. Actúan en cualquier dirección horizontalmente, varían en cada nivel aumentando su valor conforme este aumenta sus niveles.

Cargas por viento: son las cargas generadas por el viento sobre la estructura, para el diseño de este edificio no se considerarán por ser dos niveles, el viento no genera una carga significativa para la estructura.

2.2.4.3. Áreas tributarias

Estas se definen como el área que afectará al elemento directamente. Por lo general se considera un trapecio del área del entrepiso o techo para las vigas. Para las columnas un cuadrado o rectángulo, considerando la más

crítica, es decir el área mayor. Para las losas se considera toda el área donde la carga actuará.

2.2.4.4. Predimensionamiento de elementos estructurales

Se hace necesario realizar un predimensionamiento de los elementos que conforman el sistema de marcos dúctiles, para poder llevar a cabo el análisis estructural que se hace partiendo del diseño arquitectónico. Posteriormente se realizará el diseño de cada elemento en cuestión.

2.2.4.4.1. Predimensionamiento de losas

El espesor de la losa se definirá con el criterio total de la longitud de los apoyos donde descansará la losa sobre 180, para losas en dos sentidos.

Para saber si la losa está trabajando en uno o en dos sentidos se tomarán los siguientes criterios:

$$m = \frac{a}{b} < 0,5 \text{ losa trabaja en un sentido}$$

$$m = \frac{a}{b} > 0,5 \text{ losa trabaja en dos sentidos}$$

Donde:

a = sentido corto de losa

b = sentido largo de losa

Calculando la losa de máxima dimensión

$$m = \frac{a}{b} = \frac{5}{6} = 0,83 > 0,5 ; \text{trabajar\acute{a} en dos sentidos.}$$

Espesor de losa:

$$t = \frac{\text{per\acute{ı}metro}}{180}$$

Donde

t = espesor de losa

Calculando el m\acute{a}ximo espesor

$$t = \frac{6 * 2 + 5 * 2}{180} = 0,122$$

Se propone un espesor de losa de 0,13 m

2.2.4.4.2. Predimensionamiento de vigas

El peralte de las vigas est\acute{a} dado con el siguiente criterio: por cada metro de luz, el peralte aumentar\acute{a} 8 cent\acute{ı}metros, es decir el 8 % por cada metro de longitud. Tambi\acute{e}n est\acute{a} establecido como la luz libre sobre 12. La base ser\acute{a} la mitad del peralte.

$$h = 6 \text{ m} * 0,08 = 0,48 \text{ m}$$

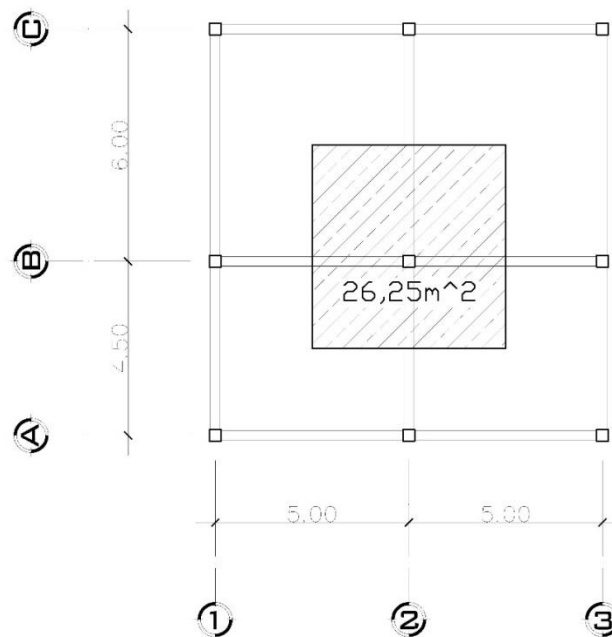
Se tomar\acute{a} por razones de dise\~{n}o, un peralte de 50 cm.

La base de la viga ser\acute{a} la mitad del peralte, por criterios de dise\~{n}o se consider\acute{o} de 0,25 m. La secci\acute{o}n de viga ser\acute{a} de 0,25 m x 0,50 m.

2.2.4.4.3. Predimensionamiento de columnas

Para mantener una simetría en las secciones de columnas, se tomará la columna crítica, la que soportará mayor carga. Las dimensiones obtenidas se aplicarán al resto de columnas.

Figura 8. Área tributaria para columna crítica



Fuente: elaboración propia.

Área tributaria: 25,68 m²

Peso específico del concreto (γ_c): 2 400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

Carga puntual: $P = \gamma_c * A = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 25,68 \text{ m}^2 = 61\,632 \text{ kg} * 2 = 123\,264 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

$$P = 0,8 * [0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + f_y * A_s]$$

Despejando A_g

$$A_g = \frac{P}{0,80 * [0,85 * f'_c * (1 - \rho) + f_y * \rho]}$$

Con lo que se tiene que el área gruesa es de:

$$A_g = \frac{123\,264}{0,80 * [0,85 * 210 * (1 - 0,01) + 2\,810 * 0,01]} = 752,29 \text{ cm}^2$$

Se brinda una sección de columna de 28 cm * 28 cm. En la carga axial no están considerados los efectos producidos por la esbeltez en la columna, por lo que se propone una sección de 30 cm * 30 cm.

2.2.4.5. Determinación del corte basal

El corte basal se define como la fuerza lateral que afectará directamente a la edificación, realizando una distribución de la misma a medida que se aumenta la altura. Para aplicación en el territorio nacional, se recurre a la norma Agies NSE-2010, que establece se calcula de la siguiente manera:

$$V_b = C_s * W_s$$

Donde:

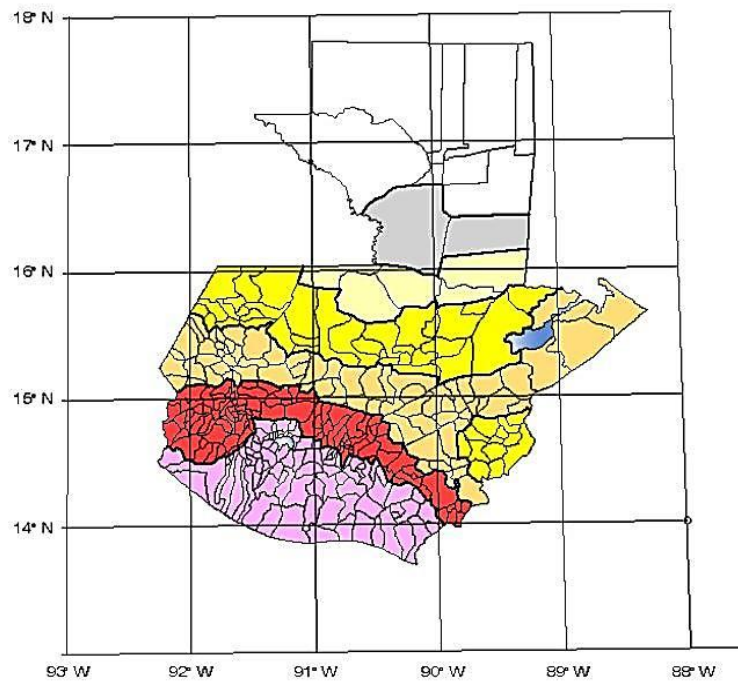
V_b = corte basal

W_s = peso de la edificación

C_s = coeficiente sísmico de diseño

Se procede a realizar el ajuste por clase de sitio, ajustando los valores a la superficie según el perfil del suelo.

Figura 9. **Mapa de zonificación sísmica para Guatemala**



Fuente: Agies NSE 2-2010. p. 14.

Figura 10. Factores de sismo para Guatemala

I _o	Scr	S _{1r}
2a	0.50g	0.20g
2b	0.70g	0.27g
3a	0.90g	0.35g
3b	1.10g	0.43g
4	1.30g	0.50g
4	1.50g	0.55g
4	1.65g	0.60g

Fuente: Agies NSE 2-2010. p. 14.

Definido el departamento donde se realizará el diseño, se procede a calcular el tipo de suelo.

Tabla VII. Clase de sitio para diferentes suelos

Clase de sitio	
AB	Roca
C	Suelo muy denso o roca suave
D	Suelo firme y rígido
E	Suelo suave
F	Suelo con problemas especiales

Fuente: tabla 4-4 Agies NSE 2010. pág. 21.

En este caso el suelo es de tipo E, por ser arcilloso.

Se establece la clase de obra, que para este caso según la clasificación proporcionada por Agies NSE 1 en el capítulo 3, es de tipo importante.

Tabla VIII. Clasificación de la obra

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
lo = 5	E	E	D	C
lo = 4	E	D	D	C
lo = 3	D	C	C	B
lo = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5 % en 50 años	5 % en 50 años	10 % en 50 años	No aplica

Fuente: tabla 4-1 Agies NSE 2-10. p. 11.

Luego, se realiza el cálculo de los coeficientes de sismicidad.

Tabla IX. Coeficiente de sitio Fa

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
D	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
E	1,7	1,2	1,0	0,9	0,9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: tabla 4-2 Agies NSE 2-10, p. 15.

Tabla X. Coeficiente de sitio Fv

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,0	1,8	1,7	1,6	1,5
E	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: tabla 4-3 Agies NSE 2-10. p. 15.

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a$$

Donde:

S_{cs} = ordenada espectral del sismo período largo

S_{cr} = parámetros del listado de amenaza sísmica por municipios

F_a = coeficiente de sitio, de tabla 4-2 Agies NSE 2 2010

$$S_{cs} = 1,30 * 0,9 = 1,17$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v$$

S_{1s} = ordenada espectral del sismo período corto

S_{1r} = parámetros del listado de amenaza sísmica por municipios

F_v = coeficiente de sitio, de tabla 4-3 Agies NSE 2 2010

$$S_{1s} = 0,50 * 2,4 = 1,2$$

El período fundamental de la estructura está definido empíricamente como:

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

Donde:

T = período fundamental de la estructura

K_T = valores proporcionados por Agies

x = valores proporcionados por Agies

h_n = altura total del edificio en metros

Como se detalla en la página 25 del documento Agies NSE 3 2010, según el sistema estructural se dan los siguientes 5 casos:

- (a) $K_T = 0,049$, $x = 0,75$ para sistemas estructurales E2, E3, E4 o E5.
- (b) $K_T = 0,047$, $x=0,90$ solamente para sistemas estructurales E1 de concreto reforzado que sean abiertos o con fachadas de vidrio o paneles livianos y pocas particiones rígidas.
- (c) $K_T = 0,047$, $x = 0,85$ para sistemas E1 de concreto reforzado con fachadas rígidas o que no cumplan con el párrafo anterior.
- (d) $K_T = 0,072$, $x = 0,80$ solamente para sistemas estructurales E1 de acero que sean abiertos o con fachadas de vidrio o paneles livianos y pocas particiones rígidas.
- (e) $K_T = 0,072$, $x = 0,75$ para sistemas E1 de acero rigidizados.

$$T = 0,047*(8,06)^{0,85} = 0,277$$

El factor de escala determinará la magnitud del sismo en estudio y la probabilidad de ser excedido en 50 años.

Tabla XI. **Parámetros del factor K_d**

Sismo básico	10 % probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d = 0,66$
Sismo severo	5 % probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d = 0,80$
Sismo extremo	2 % probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d = 1,00$
Sismo mínimo	Condición de excepción	$K_d = 0,55$

Fuente: AGIES NSE 2-2010. p. 16.

El espectro calibrado al nivel del diseño requerido se complementará con las siguientes fórmulas:

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

$$S_{cd} = 0,80 * 1,17 = 0,94$$

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

$$S_{1d} = 0,80 * 1,20 = 0,96$$

El período de transición, que separa períodos cortos de largos, es:

$$T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}}$$
$$T_s = \frac{0,96}{0,94} = 1,02$$

Los criterios a considerar para las ordenadas espectrales en cualquier período de vibración son los siguientes:

$$\text{Si } T \leq T_s ; S_a(T) = S_{cd}$$

$$\text{Si } T > T_s ; S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T}$$

Por lo que,

$$S_a(T) = 0.94$$

El coeficiente de diseño sísmico está definido por:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$

Donde:

$S_a(T)$ = es la demanda sísmica de diseño para una estructura con período obtenido del espectro de diseño sísmico.

R = es el factor de reducción

$$C_s = \frac{0,94}{8} = \mathbf{0,1175}$$

Los valores mínimos de C_s están definidos como:

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

$$C_s \geq 0,044 \cdot 0,94 = 0,0413$$

$$C_s \geq \frac{0,75 \cdot K_d \cdot S_{1r}}{R}$$

$$C_s \geq \frac{0,75 \cdot 0,80 \cdot 0,50}{8} = 0,0375$$

Por lo que el corte basal es de:

$$V_b = 0,1175 \cdot 953\,832 \text{ kg} = 109\,960,26 \text{ kg}$$

2.2.4.6. Cálculo de fuerzas por nivel

Con base en el pre-dimensionamiento de los elementos se realizará el cálculo de las fuerzas por nivel. En ambos casos se consideran fuerzas actuantes por losa, columnas, vigas, acabados y muros.

Segundo nivel

Carga muerta

Tabla XII. **Peso de segundo nivel**

Elemento	Peso de elemento	Cantidad	Total
Vigas	360 kg/m	225 m	81 000 kg
Columnas	216 kg/m	103 m	22 248 kg
Losa	312 kg/m ²	450 m ²	140 400 kg
Acabados	80 kg/m ²	450 m ²	36 000 kg
Muros	150 kg/m ²	512 m ²	76 800 kg
		TOTAL	356 448 kg

Fuente: elaboración propia.

$$W_{cm} = 356\,448 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{cv} = 100 \text{ kg/m}^2 * 450 \text{ m}^2 = 45\,000 \text{ kg}$$

Peso total del segundo nivel

$$W_2 = 356\,448 \text{ kg} + 0.25 * 45\,000 \text{ kg} = 367\,698 \text{ kg}$$

Primer nivel

Carga muerta

Tabla XIII. **Peso de primer nivel**

Elemento	Peso de elemento	Cantidad	Total
Vigas	360 kg/m	225 m	81 000 kg
Columnas	216 kg/m	124 m	26 784 kg
Losa	312 kg/m ²	450 m ²	140 400 kg
Acabados	80 kg/m ²	450 m ²	36 000 kg
Muros	150 kg/m ²	638 m ²	95 700 kg
Piso	500 kg/m ²	300 m ²	150 000 kg
		TOTAL	529 884 kg

Fuente: elaboración propia.

$$W_{cm} = 425\,784 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$W_{cv} = 500 \text{ kg/m}^2 * 450 \text{ m}^2 = 225\,000 \text{ kg}$$

Peso total del primer nivel

$$W_2 = 529\,884 \text{ kg} + 0.25 * 225\,000 \text{ kg} = 586\,134 \text{ kg}$$

Peso total de la estructura

$$W_{Total} = 367\,698 \text{ kg} + 586\,134 \text{ kg} = 953\,832 \text{ kg}$$

La fuerza que se establecerá horizontalmente sobre la estructura, está dada por la fórmula:

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

Donde:

F_i = fuerza por nivel

V = corte basal

F_t = fuerza en cúspide

W_i = peso de cada nivel

H_i = altura de cada nivel

Para determinar la fuerza en la cúspide es necesario seguir los siguientes parámetros:

Si $T < 0,25$ segundos; $F_t = 0$

Si $T > 0,25$ segundos; $F_t = 0,07 \cdot T \cdot V$

Donde:

T = período fundamental de estructura

Para esta edificación la fuerza en la cúspide de la estructura es 0, ya que el período T_x y T_y son menores a 0,25 segundos.

El corte basal es el mismo en ambos sentidos, por lo que el análisis será realizado en un solo sentido para los dos casos.

Tabla XIV. **Peso por altura de edificio**

Nivel	W_i	H_i	$W_i \cdot H_i$
2	367 698 kg	8,06 m	2 963 645,88 kg-m
1	586 134 kg	4,40 m	2 578 989,60 kg-m
			5 542 635,48 kg-m

Fuente: elaboración propia.

Fuerza en el segundo nivel:

$$F_{n2y} = F_{n2x} = \frac{109\,960,26 \cdot (2\,963\,645,88 \text{ kg-m})}{5\,542\,635,48 \text{ kg-m}} = 58\,795,73 \text{ kg}$$

Fuerza en el primer nivel:

$$F_{n1y} = F_{n1x} = \frac{109\,960,26 \cdot (2\,578\,989,60 \text{ kg-m})}{5\,542\,635,48 \text{ kg-m}} = 51\,038,90 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco:

En sentido X:

$$F_{n2x} = \frac{58\,795,73 \text{ kg}}{7} = 8\,399,39 \text{ kg}$$

$$F_{n1x} = \frac{51\,038,90 \text{ kg}}{7} = 7\,291,27 \text{ kg}$$

En sentido Y:

$$F_{n2y} = \frac{58\,795,73 \text{ kg}}{4} = 14\,698,93 \text{ kg}$$

$$F_{n1y} = \frac{51\,038,90 \text{ kg}}{4} = 12\,759,73 \text{ kg}$$

2.2.4.7. Determinación del centro de rigidez

El centro de rigidez se define como el punto respecto al cual el edificio se moverá desplazándose como un todo, de presentarse rotaciones en la estructura serán con respecto a este punto. Para calcularlo se emplean dos fórmulas.

Doblemente empotrado:

$$K_c = \frac{1}{\frac{F \cdot H^3}{12 \cdot E_c \cdot I} + \frac{1,2 \cdot F \cdot H}{A \cdot G}}$$

En voladizo:

$$K_c = \frac{1}{\frac{F \cdot H^3}{3 \cdot E_c \cdot I} + \frac{1,2 \cdot F \cdot H}{A \cdot G}}$$

Donde:

K_c = valor de rigidez de columnas

F = fuerza horizontal debida al sismo para cada nivel en kg

H = altura de la columna del nivel en cm

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

I = inercia de la columna en $\text{cm}^4 = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3$

A = área de la sección de la columna en cm^2

G = módulo de cortante igual a: $0,40 \cdot I$

Con el valor obtenido de la rigidez en las columnas se procede a calcular el centro de rigidez en cada sentido, dado por la siguiente fórmula:

$$C_{rx,y} = \frac{\sum(K_m \cdot L)}{K_m}$$

Donde:

$C_{rx,y}$ = ubicación del centro de rigidez para cada nivel en sentido x o y (m)

K_m = total de rigideces por columnas de cada marco

L = distancia hacia cada marco

Se comienza del nivel más alto considerando que funcionará en voladizo, en este caso será:

Segundo nivel

Marcos en sentido X

$$K_c = \frac{1}{\frac{58\,195,54 \cdot (366)^3}{3 \cdot 15\,100 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3} + \frac{1,20 \cdot 58\,195,54 \cdot 366}{30 \cdot 30 \cdot 0,40 \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3}} = 0,01$$

Tabla XV. **Rigidez en columnas de segundo nivel, sentido X**

Marco	Columnas	Kc	Km	L	Km*L
1	4	0,01	0,06	0	0,00
2	4	0,01	0,06	5	0,30
3	4	0,01	0,06	10	0,61
4	4	0,01	0,06	15	0,91
5	4	0,01	0,06	20	1,22
6	4	0,01	0,06	25	1,52
7	4	0,01	0,06	30	1,83
			0,42		6,41

Fuente: elaboración propia.

$$C_{rx} = \frac{6,41}{0,42} = 15,02 \text{ m}$$

Marcos en sentido Y

$$K_c = \frac{1}{\frac{58\,195,54 \cdot (366)^3}{3 \cdot 15\,100 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3} + \frac{1,20 \cdot 58\,195,54 \cdot 366}{30 \cdot 30 \cdot 0,40 \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3}} = 0,01$$

Tabla XVI. **Rigidez en columnas de segundo nivel, sentido Y**

Marco	Columnas	Kc	Km	L	Km*L
A	7	0,01	0,10	0,00	0,00
B	7	0,01	0,10	4,50	0,48
C	7	0,01	0,10	10,50	1,12
D	7	0,01	0,10	15,00	1,60
			0,42		3,20

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \frac{3,20}{0,42} = 7,51 \text{ m}$$

En el primer nivel se considerará condición de columna en doble empotramiento por tener ambos extremos en esa situación.

Primer nivel

Marcos en sentido X

$$K_c = \frac{1}{\frac{41\,647,96 \cdot (440)^3}{12 \cdot 1500 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3} + \frac{1,20 \cdot 41\,647,96 \cdot 440}{30 \cdot 30 \cdot 0,40 \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3}} = 0,01$$

Tabla XVII. **Rigidez en columnas de primer nivel, sentido X**

Marco	Columnas	Kc	Km	L	Km*L
1	4	0,01	0,04	0	0,00
2	4	0,01	0,04	5	0,24
3	4	0,01	0,04	10	0,49
4	4	0,01	0,04	15	0,74
5	4	0,01	0,04	20	0,98
6	4	0,01	0,04	25	1,23
7	4	0,01	0,04	30	1,48
			0,34		5,18

Fuente: elaboración propia.

$$C_{rx} = \frac{5,18}{0,34} = 15,03 \text{ m}$$

Marcos en sentido Y

$$K_c = \frac{1}{\frac{41\,647,96 \cdot (440)^3}{12 \cdot 1500 \cdot \sqrt{210} \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3} + \frac{1,20 \cdot 41\,647,96 \cdot 440}{30 \cdot 30 \cdot 0,40 \cdot \frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 30^3}} = 0,01$$

Tabla XVIII. Rigidez en columnas de primer nivel, sentido Y

Marco	Columnas	Kc	Km	L	Km*L
A	7	0,01	0,08	0,00	0,00
B	7	0,01	0,08	4,50	0,38
C	7	0,01	0,08	10,50	0,90
D	7	0,01	0,08	15,00	1,29
			0,34		2,59

Fuente: elaboración propia.

$$C_{ry} = \frac{2,59}{0,34} = 7,51 \text{ m}$$

2.2.4.8. Determinación del centro de masa

Obtenido el centro de rigidez de la estructura, se procede a calcular el centro de masa. Este se define como el punto donde se concentra la masa de la edificación. Se obtiene de la longitud de la estructura que para este caso en específico es simétrica.

En el sentido X

$$C_{mx} = \frac{L}{2} = \frac{30}{2} = 15,00 \text{ m}$$

En el sentido Y

$$C_{my} = \frac{L}{2} = \frac{15}{2} = 7,50 \text{ m}$$

Cálculo de excentricidades:

Directa: se obtiene de la diferencia entre centro de masa y centro de rigidez.

$$e = |C_m - C_r|$$

Diseño: es la directa más o menos el 5 % de longitud del edificio paralela al sentido analizado.

$$e_{d1} = |C_m - C_r| + 0,05*b$$

$$e_{d2} = |C_m - C_r| - 0,05*b$$

Tabla XIX. **Excentricidad segundo nivel**

Tipo excentricidad		ex	ey
Directa		0,02	0,01
Diseño 1		1,52	0,76
Diseño 2		-1,48	-0,74

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.9. Análisis de la estructura por el programa ETABS 2013

El análisis se realizará con el programa ETABS 2013, realizando comprobación con un método numérico. Las tablas que se muestran a continuación son los resultados de los elementos más críticos de la estructura.

Tabla XX. Resultados para viga crítica F-G del marco 2 y 6

NIVEL	VIGA	CASO	D	P kgf	V2 kgf	V3 kgf	T kgf-m	M2 kgf-m	M3 kgf-m
NIVEL 1	B39	Dead	0,15	0,00	-3 106,58	0,00	-16,53	0,00	-2 877,20
NIVEL 1	B39	Dead	3,20	0,00	60,07	0,00	0,00	0,00	2 281,48
NIVEL 1	B39	Dead	5,85	0,00	3 106,58	0,00	16,53	0,00	-2 877,20
NIVEL 1	B39	Live	0,15	0,00	-3 763,04	0,00	-24,90	0,00	-3 695,52
NIVEL 1	B39	Live	3,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2 947,73
NIVEL 1	B39	Live	5,85	0,00	3 763,04	0,00	24,90	0,00	-3 695,52
NIVEL 1	B39	SISMO X 1	0,15	-0,47	-62,26	7,88	-365,21	4,68	-60,14
NIVEL 1	B39	SISMO X 1	3,20	0,44	0,00	0,00	0,00	0,72	38,71
NIVEL 1	B39	SISMO X 1	5,85	-0,47	62,26	-7,88	365,21	4,68	-60,14
NIVEL 1	B39	SISMO X 2	0,15	-0,47	-52,94	7,88	-364,17	4,68	-38,31
NIVEL 1	B39	SISMO X 2	3,20	0,44	6,10	0,00	0,39	0,72	37,50
NIVEL 1	B39	SISMO X 2	5,85	-0,47	71,59	-7,88	366,24	4,68	-81,96
NIVEL 1	B39	SISMO X 3	0,15	-0,47	-71,59	7,88	-366,24	4,68	-81,96
NIVEL 1	B39	SISMO X 3	3,20	0,44	-6,10	0,00	-0,39	0,72	39,93
NIVEL 1	B39	SISMO X 3	5,85	-0,47	52,94	-7,88	364,17	4,68	-38,31
NIVEL 1	B39	SISMO Y 1	0,15	182,10	993,27	0,03	0,14	0,01	2 335,80
NIVEL 1	B39	SISMO Y 1	3,20	0,00	656,71	0,05	1,47	-0,01	-131,34
NIVEL 1	B39	SISMO Y 1	5,85	-182,10	993,27	0,03	0,14	-0,01	-2 335,80
NIVEL 1	B39	SISMO Y 2	0,15	182,10	974,62	0,03	-1,92	0,01	2 292,15
NIVEL 1	B39	SISMO Y 2	3,20	0,00	644,51	0,05	0,69	-0,01	-128,90
NIVEL 1	B39	SISMO Y 2	5,85	-182,10	974,62	0,03	-1,92	-0,01	-2 292,15
NIVEL 1	B39	SISMO Y 3	0,15	182,10	1011,92	0,03	2,21	0,01	2 379,45
NIVEL 1	B39	SISMO Y 3	3,20	0,00	668,90	0,05	2,25	-0,01	-133,78
NIVEL 1	B39	SISMO Y 3	5,85	-182,10	1011,92	0,03	2,21	-0,01	-2 379,45
NIVEL 1	B39	CASO 1	0,15	0,00	-1 0746,38	0,00	-65,47	0,00	-10 310,46
NIVEL 1	B39	CASO 1	0,50	0,00	-10 599,21	0,00	-65,47	0,00	-6 574,99
NIVEL 1	B39	CASO 1	0,85	0,00	-10 452,04	0,00	-65,47	0,00	-2 891,02
NIVEL 1	B39	CASO 1	1,20	0,00	-10 304,87	0,00	-65,47	0,00	741,44
NIVEL 1	B39	CASO 1	1,20	0,00	-6 116,55	0,00	-26,39	0,00	1 011,91
NIVEL 1	B39	CASO 1	1,60	0,00	-5 948,35	0,00	-26,39	0,00	3 424,89
NIVEL 1	B39	CASO 1	2,00	0,00	-5 780,16	0,00	-26,39	0,00	5 770,59
NIVEL 1	B39	CASO 1	2,40	0,00	-5 611,97	0,00	-26,39	0,00	8 049,02
NIVEL 1	B39	CASO 1	2,40	0,00	-252,29	0,00	0,00	0,00	8 137,94
NIVEL 1	B39	CASO 1	2,80	0,00	-84,10	0,00	0,00	0,00	8 205,22

Continuación de la tabla XX.

NIVEL 1	B39	CASO 1	3,20	0,00	84,10	0,00	0,00	0,00	8 205,22
NIVEL 1	B39	CASO 1	3,60	0,00	252,29	0,00	0,00	0,00	8 137,94
NIVEL 1	B39	CASO 1	3,60	0,00	5 611,97	0,00	26,39	0,00	8 049,02
NIVEL 1	B39	CASO 1	4,00	0,00	5 780,16	0,00	26,39	0,00	5 770,59
NIVEL 1	B39	CASO 1	4,40	0,00	5 948,35	0,00	26,39	0,00	3 424,89
NIVEL 1	B39	CASO 1	4,80	0,00	6 116,55	0,00	26,39	0,00	1 011,91
NIVEL 1	B39	CASO 1	4,80	0,00	10 304,87	0,00	65,47	0,00	741,44
NIVEL 1	B39	CASO 1	5,15	0,00	10 452,04	0,00	65,47	0,00	-2891,02
NIVEL 1	B39	CASO 1	5,50	0,00	10 599,21	0,00	65,47	0,00	-6 574,99
NIVEL 1	B39	CASO 1	5,85	0,00	10 746,38	0,00	65,47	0,00	-10 310,46
NIVEL 1	B39	CASO 2 Max	0,15	254,73	-6 567,11	11,09	-554,87	6,57	-4 265,27
NIVEL 1	B39	CASO 2 Max	3,20	0,62	1 023,27	0,07	3,71	0,99	5 879,23
NIVEL 1	B39	CASO 2 Max	5,85	-256,05	9 431,70	-11,00	563,98	6,55	-10 817,20
NIVEL 1	B39	CASO 2 Min	0,15	254,73	-6 645,57	11,09	-563,57	6,57	-4 448,94
NIVEL 1	B39	CASO 2 Min	3,20	0,62	971,97	0,07	0,43	0,99	5 868,97
NIVEL 1	B39	CASO 2 Min	5,85	-256,05	9 353,24	-11,00	555,27	6,55	-11 000,86
NIVEL 1	B39	CASO 3 Max	0,15	-254,73	-9 178,59	-11,09	469,14	-6,57	-10 648,52
NIVEL 1	B39	CASO 3 Max	3,20	-0,62	-818,79	-0,07	-0,43	-0,99	6 139,05
NIVEL 1	B39	CASO 3 Max	5,85	256,05	6 470,92	11,00	-460,84	-6,55	-4 096,59
NIVEL 1	B39	CASO 3 Min	0,15	-254,73	-9 257,05	-11,09	460,43	-6,57	-10 832,18
NIVEL 1	B39	CASO 3 Min	3,20	-0,62	-870,10	-0,07	-3,71	-0,99	6 128,79
NIVEL 1	B39	CASO 3 Min	5,85	256,05	6 392,46	11,00	-469,55	-6,55	-4 280,25
NIVEL 1	B39	CASO 4 Max	0,15	259,73	-1 424,58	11,31	-532,48	6,70	758,36
NIVEL 1	B39	CASO 4 Max	3,20	0,63	1 019,31	0,07	3,78	1,01	1 926,11
NIVEL 1	B39	CASO 4 Max	5,85	-261,07	4 345,34	-11,21	541,77	6,68	-5 922,04
NIVEL 1	B39	CASO 4 Min	0,15	259,73	-1 504,58	11,31	-541,36	6,70	571,09
NIVEL 1	B39	CASO 4 Min	3,20	0,63	967,00	0,07	0,43	1,01	1 915,65
NIVEL 1	B39	CASO 4 Min	5,85	-261,07	4 265,34	-11,21	532,89	6,68	-6 109,30
NIVEL 1	B39	CASO 5 Max	0,15	-259,73	-4 087,26	-11,31	511,60	-6,70	-5 750,05
NIVEL 1	B39	CASO 5 Max	3,20	-0,63	-858,88	-0,07	-0,43	-1,01	2 191,02
NIVEL 1	B39	CASO 5 Max	5,85	261,07	1 326,51	11,21	-503,14	-6,68	930,35
NIVEL 1	B39	CASO 5 Min	0,15	-259,73	-4 167,27	-11,31	502,73	-6,70	-5 937,31
NIVEL 1	B39	CASO 5 Min	3,20	-0,63	-911,19	-0,07	-3,78	-1,01	2 180,56
NIVEL 1	B39	CASO 5 Min	5,85	261,07	1 246,50	11,21	-512,02	-6,68	743,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Resultados para columna crítica H-D del marco 2 y 6

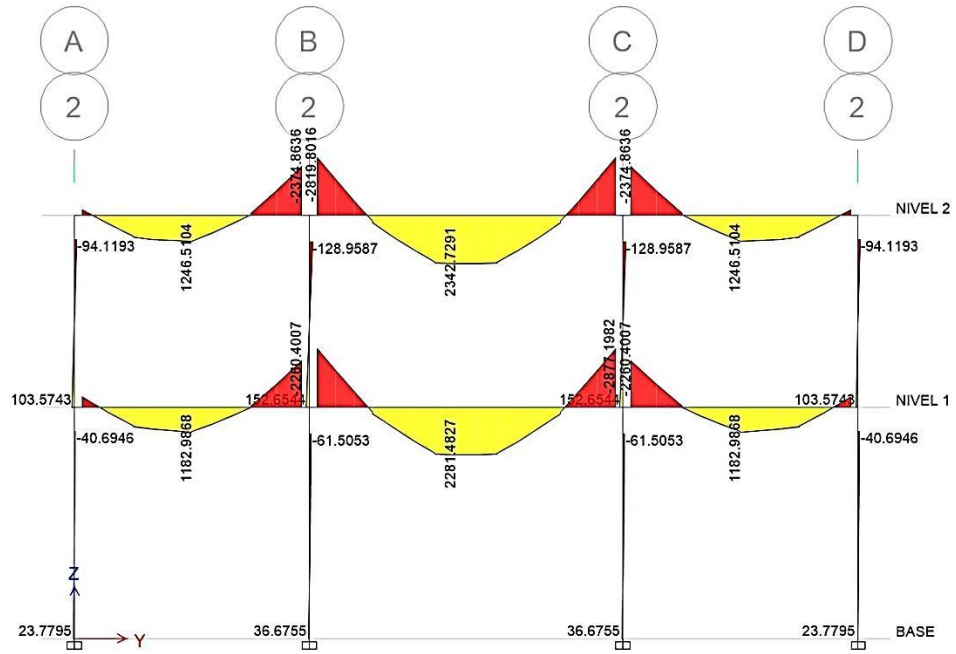
NIVEL	VIGA	CASO	D	P kgf	V2 kgf	V3 kgf	T kgf-m	M2 kgf-m	M3 kgf-m
NIVEL 2	C2	Dead	0,00	-5 835,91	61,59	461,48	0,00	805,01	103,57
NIVEL 2	C2	Dead	1,61	-5 488,83	61,59	461,48	0,00	64,34	4,73
NIVEL 2	C2	Dead	3,21	-5 141,75	61,59	461,48	0,00	-676,33	-94,12
NIVEL 2	C2	Live	0,00	-1 049,87	36,90	338,62	0,00	747,98	94,40
NIVEL 2	C2	Live	1,61	-1 049,87	36,90	338,62	0,00	204,49	35,17
NIVEL 2	C2	Live	3,21	-1 049,87	36,90	338,62	0,00	-339,00	-24,06
NIVEL 2	C2	SISMO X 1	0,00	-156,59	1 286,42	4,97	0,00	10,62	2 243,06
NIVEL 2	C2	SISMO X 1	1,61	-156,59	1 286,42	4,97	0,00	2,65	178,36
NIVEL 2	C2	SISMO X 1	3,21	-156,59	1 286,42	4,97	0,00	-5,32	-1 886,34
NIVEL 2	C2	SISMO X 2	0,00	-164,18	1 295,12	13,12	-1,24	23,53	2 258,18
NIVEL 2	C2	SISMO X 2	1,61	-164,18	1 295,12	13,12	-1,24	2,48	179,52
NIVEL 2	C2	SISMO X 2	3,21	-164,18	1 295,12	13,12	-1,24	-18,58	-1 899,14
NIVEL 2	C2	SISMO X 3	0,00	-149,00	1 277,72	-3,19	1,24	-2,29	2 227,94
NIVEL 2	C2	SISMO X 3	1,61	-149,00	1 277,72	-3,19	1,24	2,82	177,21
NIVEL 2	C2	SISMO X 3	3,21	-149,00	1 277,72	-3,19	1,24	7,94	-1 873,53
NIVEL 2	C2	SISMO Y 1	0,00	-758,02	3,49	949,25	0,00	1 529,98	7,60
NIVEL 2	C2	SISMO Y 1	1,61	-758,02	3,49	949,25	0,00	6,43	2,00
NIVEL 2	C2	SISMO Y 1	3,21	-758,02	3,49	949,25	0,00	-1 517,13	-3,60
NIVEL 2	C2	SISMO Y 2	0,00	-742,84	-13,91	932,95	2,48	1 504,16	-22,64
NIVEL 2	C2	SISMO Y 2	1,61	-742,84	-13,91	932,95	2,48	6,77	-0,31
NIVEL 2	C2	SISMO Y 2	3,21	-742,84	-13,91	932,95	2,48	-1 490,62	22,02
NIVEL 2	C2	SISMO Y 3	0,00	-773,20	20,89	965,56	-2,48	1 555,80	37,84
NIVEL 2	C2	SISMO Y 3	1,61	-773,20	20,89	965,56	-2,48	6,08	4,32
NIVEL 2	C2	SISMO Y 3	3,21	-773,20	20,89	965,56	-2,48	-1 543,64	-29,21
NIVEL 2	C2	CASO 1	0,00	-9 955,05	148,96	1 221,72	0,00	2 398,57	305,49
NIVEL 2	C2	CASO 1	1,61	-9 469,14	148,96	1 221,72	0,00	437,70	66,41
NIVEL 2	C2	CASO 1	3,21	-8 983,23	148,96	1 221,72	0,00	-1 523,17	-172,67
NIVEL 2	C2	CASO 2 Max	0,00	-9 793,96	1 962,97	2 316,53	5,21	4 026,77	3 451,35
NIVEL 2	C2	CASO 2 Max	1,61	-9 351,43	1 962,97	2 316,53	5,21	310,20	300,79

Continuación de la tabla XXI.

NIVEL 2	C2	CASO 2 Max	3,21	-8 908,90	1 962,97	2 316,53	5,21	-3 297,73	-2 742,01
NIVEL 2	C2	CASO 2 Min	0,00	-9 857,82	1 889,76	2 247,93	-5,21	3 918,14	3 324,12
NIVEL 2	C2	CASO 2 Min	1,61	-9 415,29	1 889,76	2 247,93	-5,21	308,74	291,05
NIVEL 2	C2	CASO 2 Min	3,21	-8 972,76	1 889,76	2 247,93	-5,21	-3 409,28	-2 849,78
NIVEL 2	C2	CASO 3 Max	0,00	-7 228,47	-1 655,21	-360,06	5,21	-294,62	-2 861,75
NIVEL 2	C2	CASO 3 Max	1,61	-6 785,95	-1 655,21	-360,06	5,21	284,74	-205,14
NIVEL 2	C2	CASO 3 Max	3,21	-6 343,42	-1 655,21	-360,06	5,21	972,74	2 559,25
NIVEL 2	C2	CASO 3 Min	0,00	-7 292,34	-1 728,42	-428,66	-5,21	-403,25	-2 988,99
NIVEL 2	C2	CASO 3 Min	1,61	-6 849,81	-1 728,42	-428,66	-5,21	283,28	-214,87
NIVEL 2	C2	CASO 3 Min	3,21	-6 407,28	-1 728,42	-428,66	-5,21	861,18	2 451,48
NIVEL 2	C2	CASO 4 Max	0,00	-6 527,65	1 937,31	1 814,83	5,31	2 982,95	3 376,53
NIVEL 2	C2	CASO 4 Max	1,61	-6 215,28	1 937,31	1 814,83	5,31	71,63	267,14
NIVEL 2	C2	CASO 4 Max	3,21	-5 902,91	1 937,31	1 814,83	5,31	-2 728,93	-2 732,37
NIVEL 2	C2	CASO 4 Min	0,00	-6 592,77	1 862,67	1 744,89	-5,31	2 872,18	3 246,80
NIVEL 2	C2	CASO 4 Min	1,61	-6 280,39	1 862,67	1 744,89	-5,31	70,14	257,21
NIVEL 2	C2	CASO 4 Min	3,21	-5 968,02	1 862,67	1 744,89	-5,31	-2 842,67	-2 842,25
NIVEL 2	C2	CASO 5 Max	0,00	-3 911,86	-1 751,81	-914,24	5,31	-1 423,18	-3 060,36
NIVEL 2	C2	CASO 5 Max	1,61	-3 599,49	-1 751,81	-914,24	5,31	45,67	-248,70
NIVEL 2	C2	CASO 5 Max	3,21	-3 287,12	-1 751,81	-914,24	5,31	1 625,27	2 672,84
NIVEL 2	C2	CASO 5 Min	0,00	-3 976,98	-1 826,46	-984,18	-5,31	-1 533,94	-3 190,09
NIVEL 2	C2	CASO 5 Min	1,61	-3 664,61	-1 826,46	-984,18	-5,31	44,18	-258,63
NIVEL 2	C2	CASO 5 Min	3,21	-3 352,24	-1 826,46	-984,18	-5,31	1 511,53	2 562,95

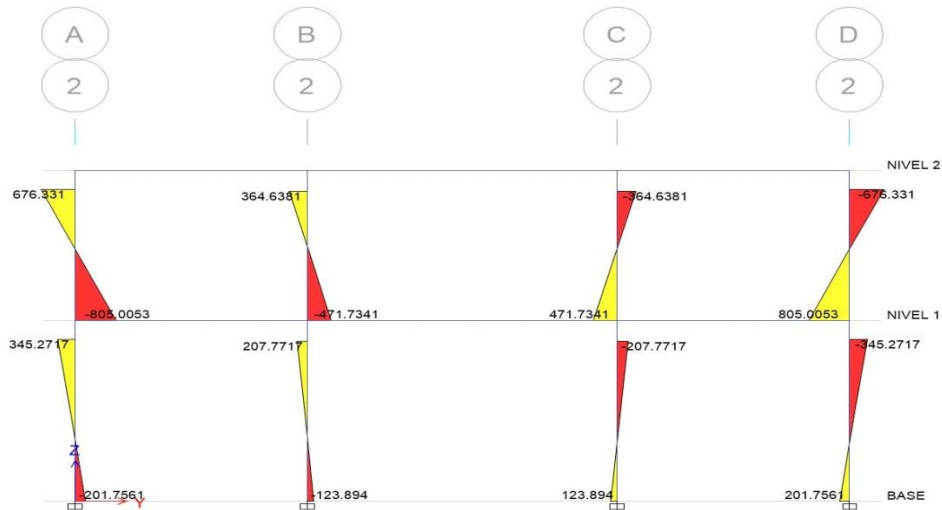
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de momentos carga muerta vigas marco crítico



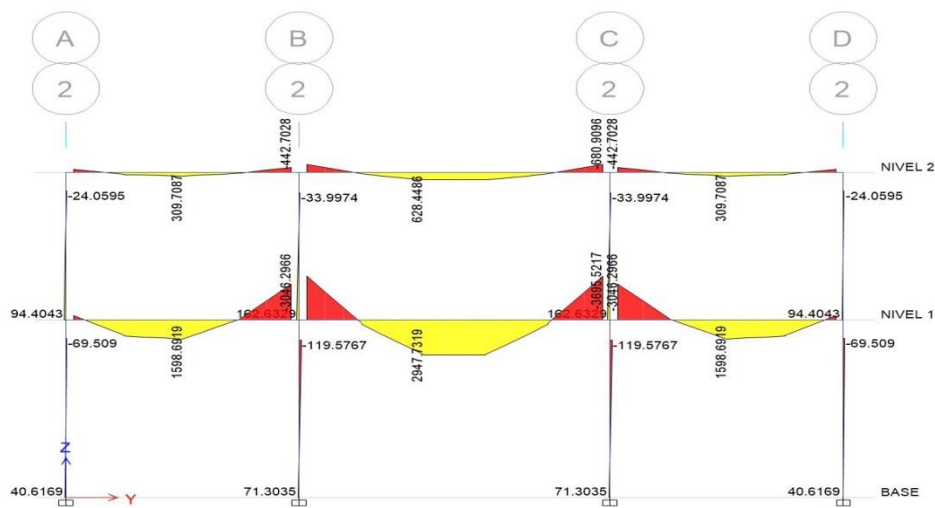
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 12. Diagrama de momentos carga muerta en columnas marco crítico



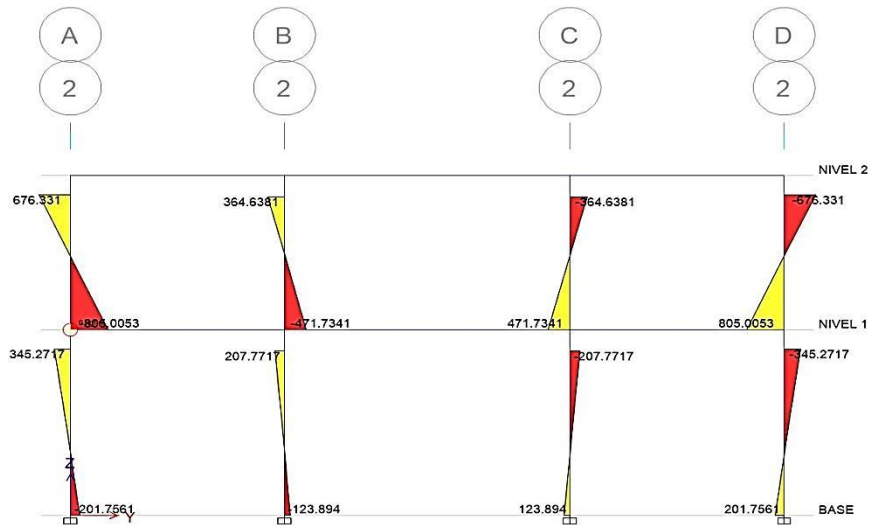
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 13. Diagrama de momentos carga viva en vigas marco crítico



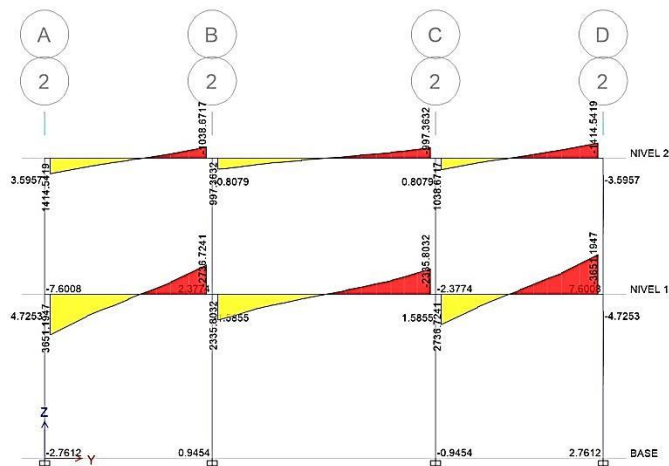
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 14. Diagrama de momentos carga viva en columnas marco crítico



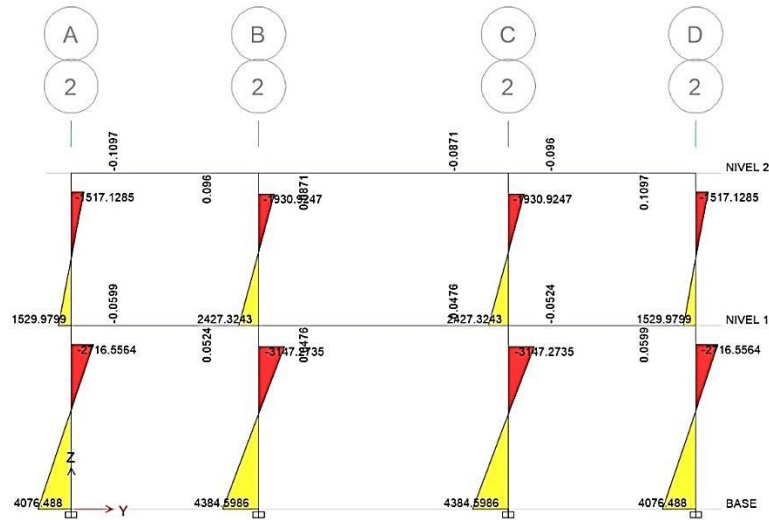
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 15. Diagrama de momentos carga de sismo en vigas marco crítico



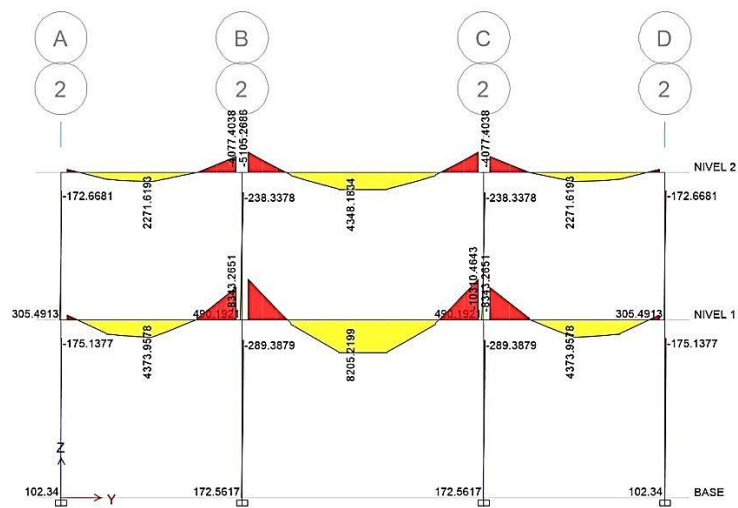
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 16. Diagrama de momentos carga de sismo en columnas marco crítico



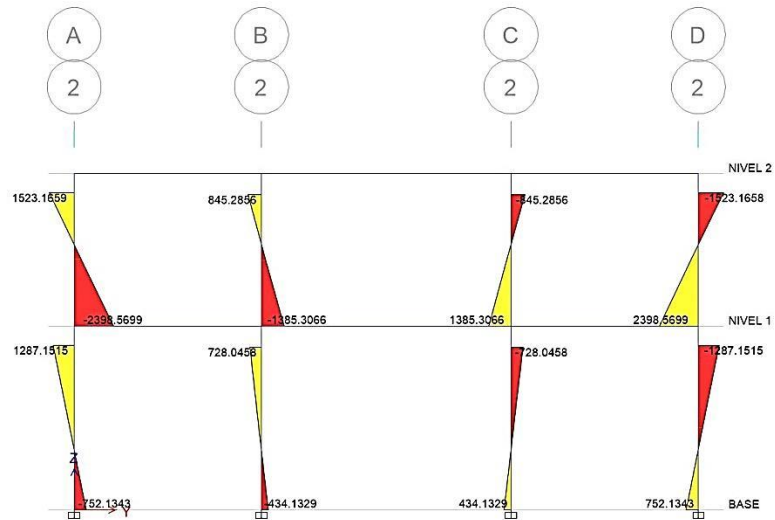
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 17. Diagrama de envoltura de momentos en vigas marco crítico



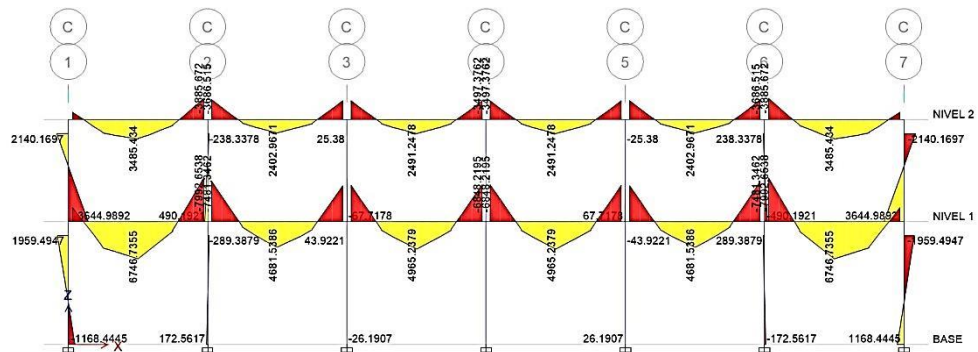
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 18. Diagrama de envolvente de momentos en columnas marco crítico



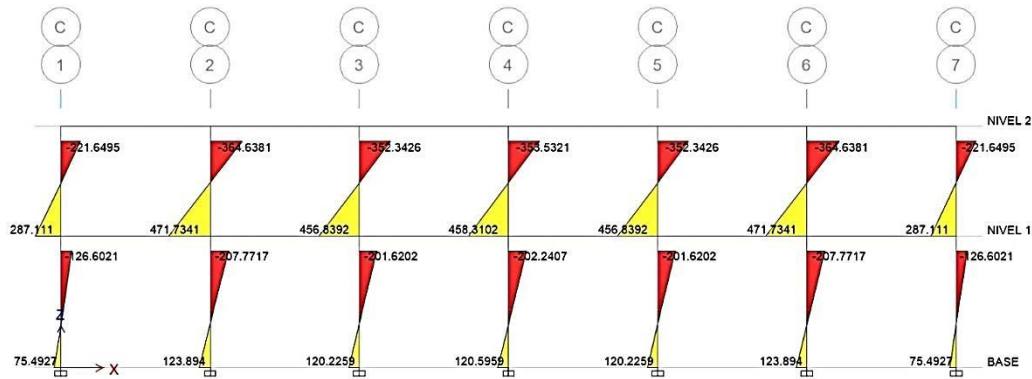
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 19. Diagrama de envolvente de momentos en vigas marco crítico sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 20. **Diagrama de envolvente de momentos en columnas marco crítico sentido X**



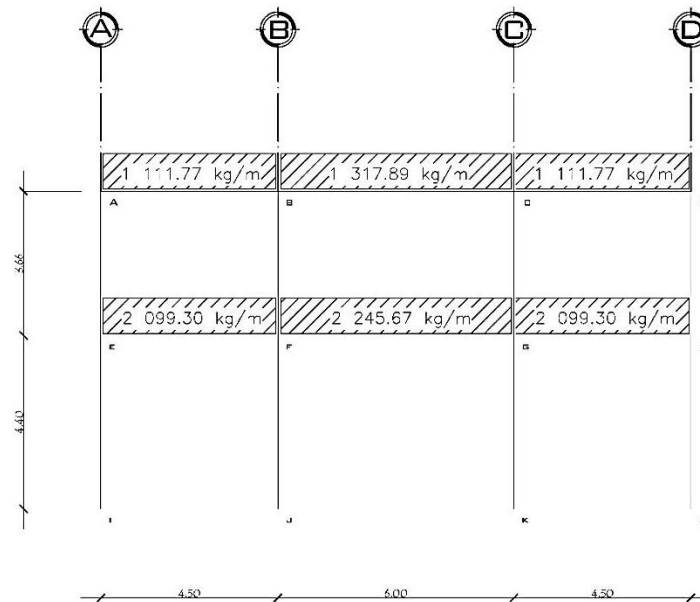
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.2.4.10. **Comprobación de los marcos dúctiles por métodos numéricos**

Se hace necesario determinar las excentricidades, para conocer la fuerza aplicada en cada marco. El diseño estructural se hará con base en resultados obtenidos por el método numérico de Kani con ladeo, posteriormente se hace una comparación de resultados obtenidos con el programa ETABS.

Realizando el análisis con el método de Kani, se tiene:

Figura 21. Marco 2 y 6, distribución de carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Partiendo de la rigidez de los elementos de la estructura

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

Donde:

K = rigidez

I = inercia $\left(\frac{bh^3}{12}\right)$

L = longitud del elemento

$$I_{\text{columna}} = 0,000675$$

$$I_{\text{viga } 25 \times 45} = 0,001898$$

$$I_{\text{viga } 25 \times 50} = 0,002604$$

Se calculan dos inercias para las vigas por ser de diferente dimensión establecidas en el predimensionamiento. Las rigideces quedan definidas como:

Tabla XXII. **Rigidez en columnas y vigas**

K_{columnas}	K_{vigas}
$K_{EA}=K_{FB}=K_{GC}=K_{HD} = \frac{0,000675}{3,66} = 0,00018$	$K_{AB}=K_{CD}=K_{EF}=K_{GH} = \frac{0,001898}{4,50} = 0,000422$
$K_{IE}=K_{JF}=K_{KG}=K_{LH} = \frac{0,000675}{4,4} = 0,000153$	$K_{BC}=K_{FG} = \frac{0,002604}{6} = 0,00043$

Fuente: elaboración propia.

Con las rigideces obtenidas, se calculan los factores de giro de cada nudo.

$$\mu = - \frac{1}{2} * \frac{K}{\Sigma K}$$

Donde:

μ = factor de giro

K = rigidez del elemento

ΣK = sumatoria de rigidez

Factores de giro μ_{ik} , principalmente afectan al momento transmitido hacia el nudo por cada uno de los elementos que influyen en él.

Nudo A:

$$\mu_{AB} = - \frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000422 + 0,000184} = - 0,35$$

$$\mu_{AE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000422 + 0,000184} = -0,15$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo B:

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000422 + 0,000184 + 0,000434} = -0,20$$

$$\mu_{BF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000422 + 0,000184 + 0,000434} = -0,09$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000434}{0,000422 + 0,000184 + 0,000434} = -0,21$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo C:

$$\mu_{CD} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000422 + 0,000184 + 0,000434} = -0,20$$

$$\mu_{CG} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000422 + 0,000184 + 0,000434} = -0,09$$

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000434}{0,000422 + 0,000184 + 0,000434} = -0,21$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo D:

$$\mu_{DC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000422 + 0,000184} = -0,35$$

$$\mu_{DH} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000422 + 0,000184} = -0,15$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo E:

$$\mu_{EA} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000153 + 0,000422 + 0,000184} = -0,12$$

$$\mu_{EF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000153 + 0,000422 + 0,000184} = -0,28$$

$$\mu_{EI} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000153}{0,000153 + 0,000422 + 0,000184} = -0,10$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo F:

$$\mu_{FE} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,18$$

$$\mu_{FB} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,08$$

$$\mu_{FJ} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000153}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,06$$

$$\mu_{FG} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000434}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,18$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo G:

$$\mu_{GH} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,18$$

$$\mu_{GC} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,08$$

$$\mu_{GK} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000153}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,06$$

$$\mu_{GF} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000434}{0,000153 + 0,000422 + 0,000434 + 0,000184} = -0,18$$

$$\sum = -0,50$$

Nudo H:

$$\mu_{HD} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000184}{0,000153 + 0,000422 + 0,000184} = -0,12$$

$$\mu_{HG} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000422}{0,000153 + 0,000422 + 0,000184} = -0,28$$

$$\mu_{HL} = -\frac{1}{2} * \frac{0,000153}{0,000153 + 0,000422 + 0,000184} = -0,10$$

$$\sum = -0,50$$

Cálculo de los momentos fijos, que se calculan cuando hay cargas aplicadas verticalmente.

$$MF = \pm \frac{WL^2}{12}$$

$$MF_{AB} = - \frac{1\,117,77 \cdot 4,50^2}{12} = -1\,876,11 \text{ kg-m}$$

$$MF_{BA} = \frac{1\,117,77 \cdot 4,50^2}{12} = 1\,876,11 \text{ kg-m}$$

$$MF_{BC} = - \frac{1\,317,89 \cdot 6,00^2}{12} = -3\,953,67 \text{ kg-m}$$

$$MF_{CB} = \frac{1\,317,89 \cdot 6,00^2}{12} = 3\,953,67 \text{ kg-m}$$

$$MF_{CD} = - \frac{1\,117,77 \cdot 4,50^2}{12} = -1\,876,11 \text{ kg-m}$$

$$MF_{DC} = \frac{1\,117,77 \cdot 4,50^2}{12} = 1\,876,11 \text{ kg-m}$$

$$MF_{EF} = - \frac{2\,099,30 \cdot 4,50^2}{12} = -3\,542,57 \text{ kg-m}$$

$$MF_{FE} = \frac{2\,099,30 \cdot 4,50^2}{12} = 3\,542,57 \text{ kg-m}$$

$$MF_{FG} = - \frac{2\,245,67 \cdot 6,00^2}{12} = - 6\,737,01 \text{ kg-m}$$

$$MF_{GF} = \frac{2\,245,67 \cdot 6,00^2}{12} = 6\,737,01 \text{ kg-m}$$

$$MF_{GH} = - \frac{2\,099,30 \cdot 4,50^2}{12} = - 3\,542,57 \text{ kg-m}$$

$$MF_{HG} = \frac{2\,099,30 \cdot 4,50^2}{12} = 3\,542,57 \text{ kg-m}$$

Cálculo de momentos de sujeción M_s , que se calculan cuando hay cargas aplicadas verticalmente, se produce principalmente por la acción de los momentos fijos que los otros elementos transmiten hacia este.

$$\text{Nudo A} = MF_{AB} = - 1\,876,11 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo B} = MF_{BA} + MF_{BC} = 1\,876,11 - 3\,953,67 = - 2\,077,66 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo C} = MF_{CB} + MF_{CD} = 3\,953,67 - 1\,876,11 = 2\,077,56 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo D} = MF_{DC} = 1\,876,11 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo E} = MF_{EF} = - 3\,542,57 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo F} = MF_{FE} + MF_{FG} = 3\,542,57 - 6\,737,01 = - 3\,194,44 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo G} = MF_{GF} + MF_{GH} = 6\,737,01 - 3\,542,57 = 3\,194,44 \text{ kg-m}$$

$$\text{Nudo H} = MF_{HG} = 3\,542,57 \text{ kg-m}$$

Con los datos obtenidos es posible calcular las iteraciones o influencias de giro con la siguiente fórmula:

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

Nudo A:

$$M'_{AB} = -0,35(-1\ 876,11 + 0) = 652,72 \text{ kg-m}$$

$$M'_{BA} = -0,20(-1\ 876,11 + 652,72) = 288,90 \text{ kg-m}$$

Los momentos finales en el extremo de cada barra se obtienen con la siguiente fórmula:

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

Donde:

M_{ik} = momento lineal

MF_{ik} = momento fijo

M'_{ik} = última iteración en extremo A de barra

M'_{ki} = última iteración en extremo B de barra

Columna A-E:

$$M_{AE} = 2*174,89 + 350,34 = 700,12 \text{ kg-m}$$

$$M_{EA} = 2*350,34 + 174,89 = 875,58 \text{ kg-m}$$

Viga A-B:

$$M_{AB-} = -1\ 876,11 + 2*400,05 + 375,87 = -700,12 \text{ kg-m}$$

$$M_{BA-} = 1\ 876,11 + 2*375,87 + 400,05 = 3\ 027,92 \text{ kg-m}$$

Los momentos positivos es posible calcularlos a través de la siguiente ecuación:

$$M_{(+)ik} = \frac{WL^2}{8} - \frac{M_{(-)ik} + M_{(-)ki}}{2}$$

Donde:

$M_{(+)ik}$ = momento positivo

W = carga uniforme

L = longitud del elemento

$M_{(-)ik}$ = momento negativo última iteración en extremo A de elemento

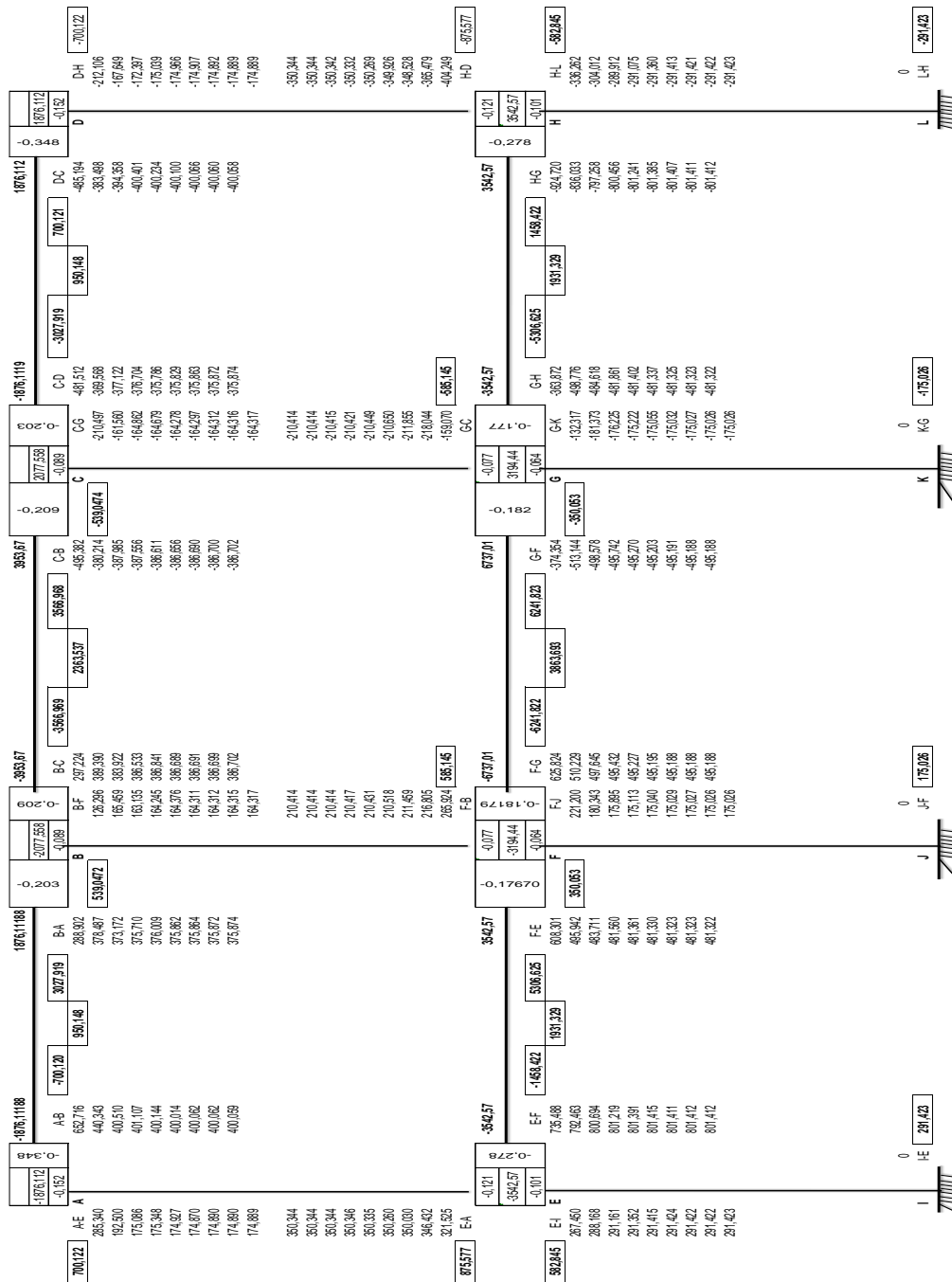
$M_{(-)ki}$ = momento negativo última iteración en extremo B de elemento

Viga A-B:

$$M_{(+)AB} = \frac{WL^2}{8} - \frac{M_{(-)ik} + M_{(-)ki}}{2}$$

$$M_{(+)AB} = \frac{1\,111,77(4,5)^2}{8} - \frac{700,12 + 3\,027,92}{2} = 950,15$$

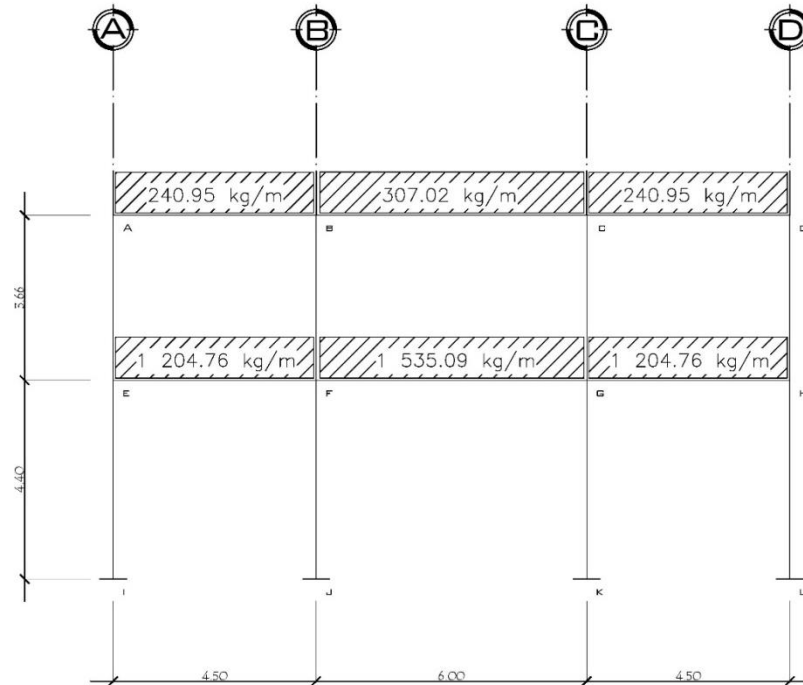
Figura 22. Esquema de iteración con Kani para carga muerta marco 2 y 6



Fuente: elaboración propia.

Análisis con carga viva:

Figura 23. Marco 2 y 6, distribución de carga viva

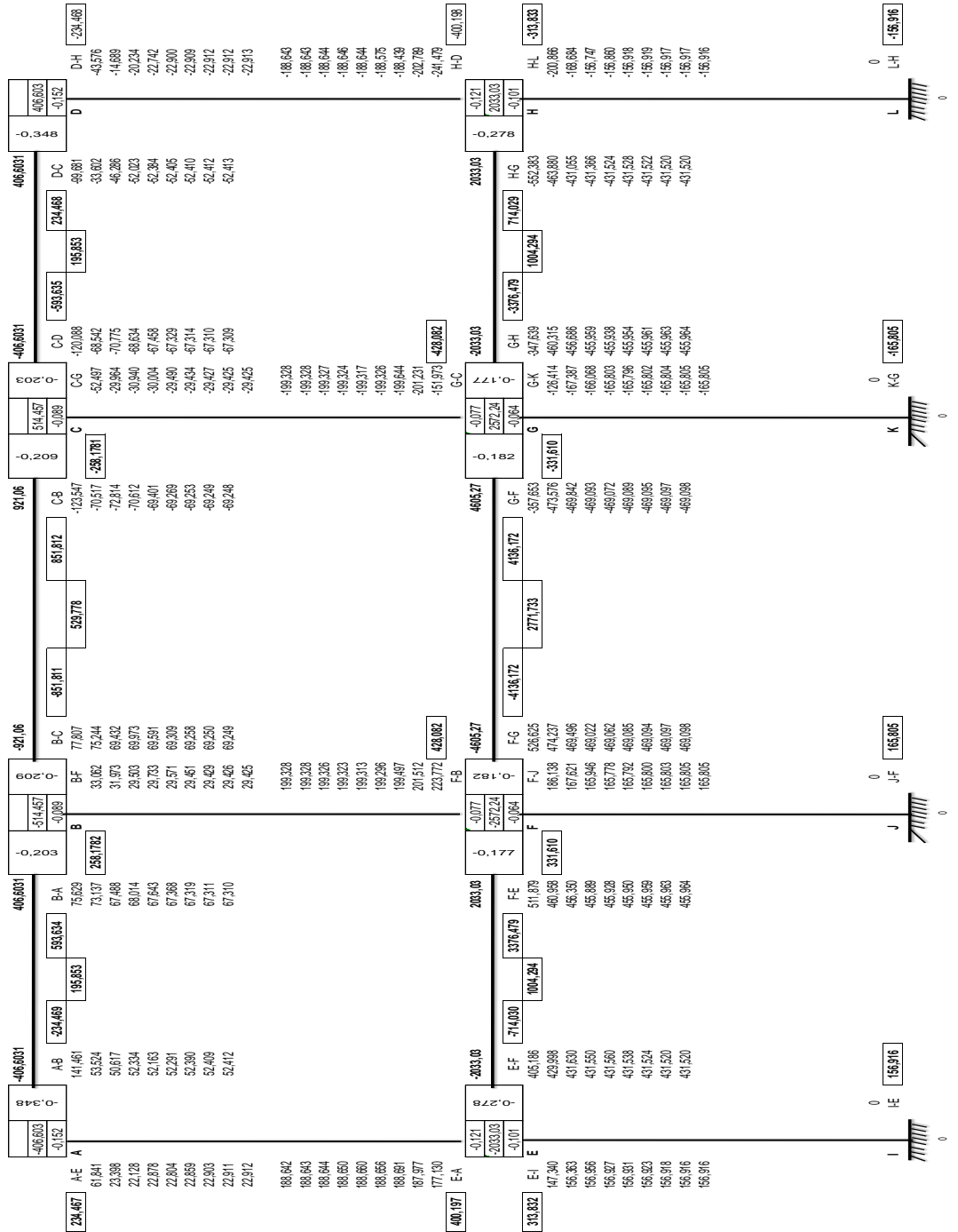


Fuente: elaboración propia.

Para determinar las rigideces en cada nodo se usaron los mismos resultados que en la carga muerta, pues no varían en lo absoluto.

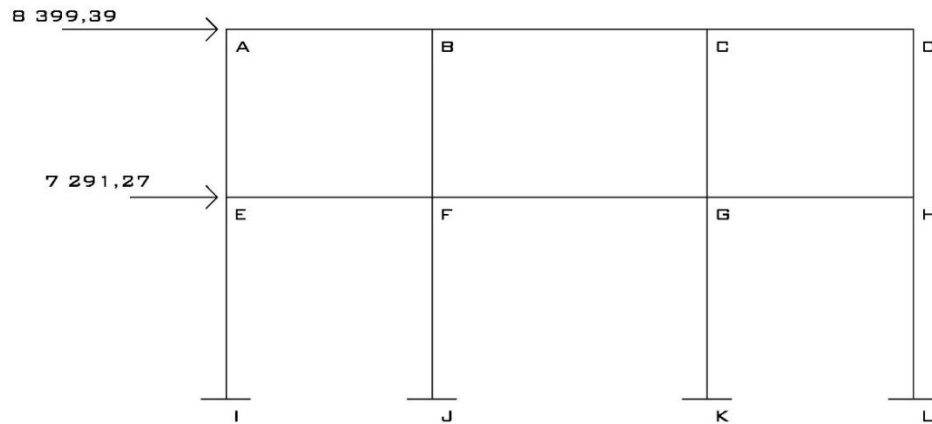
Los resultados obtenidos son los siguientes:

Figura 24. Esquema de iteración con Kani para carga viva, marco 2 y 6



Análisis con carga de sismo

Figura 25. **Marco 2 y 6, distribución de carga por sismo**



Fuente: elaboración propia.

Se consideran los mismos valores de rigidez y factores de giro, por ser cargas horizontales es necesario determinar factores de corrimiento y momentos de piso como se describe a continuación.

Cálculo de factores de corrimiento, se hace necesario calcularlos cuando existe ladeo provocado por asimetría en la estructura o bien cuando solamente se desea realizar el análisis con la fuerza horizontal.

$$V = - \frac{3}{2} * \frac{K_{ik}}{\Sigma K_{in}}$$

Donde:

V = factor de corrimiento

K_{ik} = rigidez de columna

ΣK_{in} = sumatoria de rigideces

Primer nivel

$$V_{IE}=V_{JF}=V_{KG}=V_{LH}=-\frac{3}{2} * \frac{0,000153}{0,000153 + 0,000153 + 0,000153 + 0,000153} = - 0,375$$

Segundo nivel

$$V_{EA}=V_{FB}=V_{GC}=V_{HD}=-\frac{3}{2} * \frac{0,000184}{0,000184 + 0,000184 + 0,000184 + 0,000184} = - 0,375$$

Cálculo de momentos de piso, que se calculan cuando en el marco actúan cargas horizontales.

$$M_n = \frac{F_n * h_n}{3}$$

Donde:

M_n = momentos de piso

F_n = fuerzas por nivel

h_n = altura

$$M_2 = \frac{8\,399,39 * 3,66}{3} = 10\,247,26 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = \frac{7\,291,27 * 4,40}{3} = 10\,693,86 \text{ kg-m}$$

2.2.4.11. Momentos últimos por envolvente de momentos

La representación de los máximos esfuerzos que ocurren en el elemento se calculan a través de la envolvente de momentos. Las combinaciones a usar son las recomendadas por el código ACI 318-08 apéndice C, C.9.2, p.417, para concreto reforzado. Los cálculos se realizan a rostro en cuanto a fuerza de corte y momentos flectores.

Para razones de diseño se emplean los máximos momentos, siguiendo los casos que se describen:

1. $M = 1,4*MCM + 1,7*MCV$
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. $M = 0,9*MCM + 1,43*MS$
5. $M = 0,9*MCM - 1,43*MS$

2.2.4.12. Diagrama de corte

Para determinar los cortes en vigas se emplea la siguiente fórmula:

$$V_{viga} = 0,75 * \left[\frac{1,4 * W_{CM} * L}{2} + \frac{1,7 * W_{CV} * L}{2} + \frac{1,87 * \sum M_S}{L} \right]$$

El corte en columnas es posible calcularlo como:

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

Determinando el corte en el marco crítico

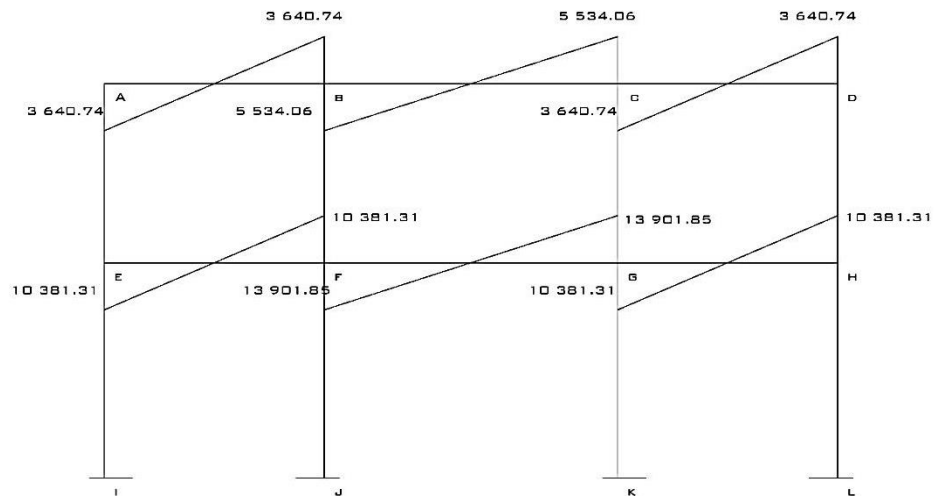
En la viga A-B se tiene

$$V_{\text{vigaA-B}} = 0,75 * \left[\frac{1,4 * 1\,111,77 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4,5 \text{ m}}{2} + \frac{1,7 * 240,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4,5 \text{ m}}{2} + \frac{1,87 * (546,43 \text{ kg-m} + 489,81 \text{ kg-m})}{4,5 \text{ m}} \right] = 3\,640,74 \text{ kg}$$

En la columna E-A, con los momentos obtenidos en la envolvente se tiene

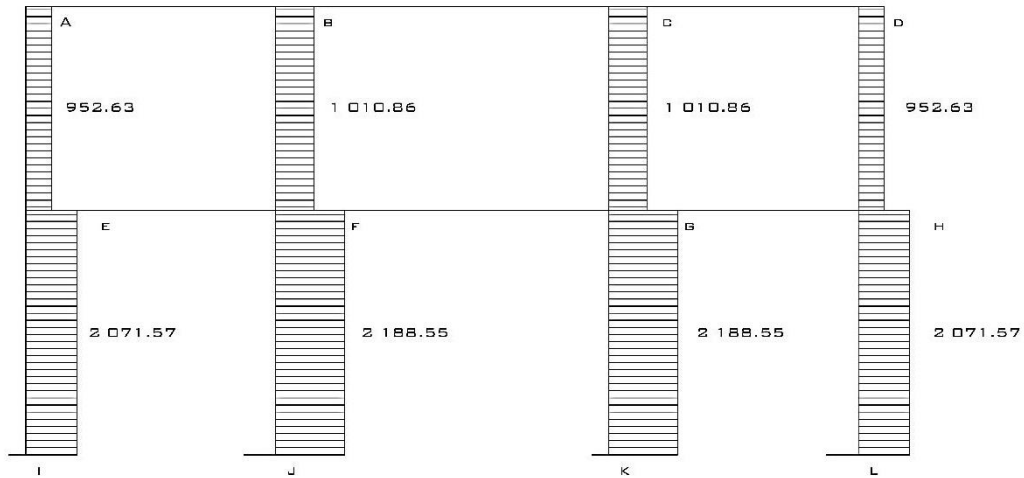
$$V_{\text{columnaE-A}} = \frac{1\,580,50 \text{ kg-m} + 1\,906,14 \text{ kg-m}}{3,66 \text{ m}} = 952,63 \text{ kg}$$

Figura 27. Diagrama de corte en vigas, marco 2 y 6



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de corte en columnas, marco 2 y 6

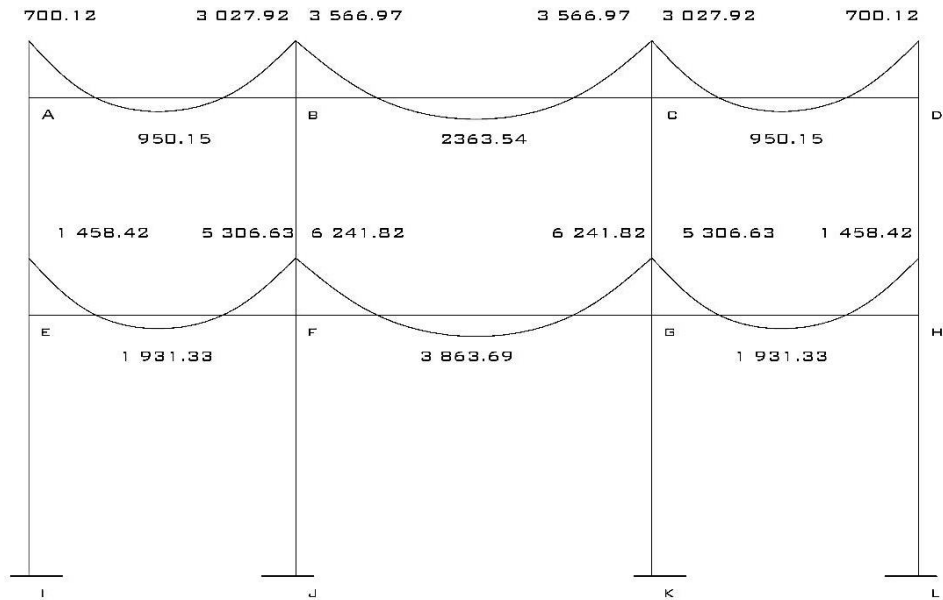


Fuente: elaboración propia.

2.2.4.13. Diagrama de momento

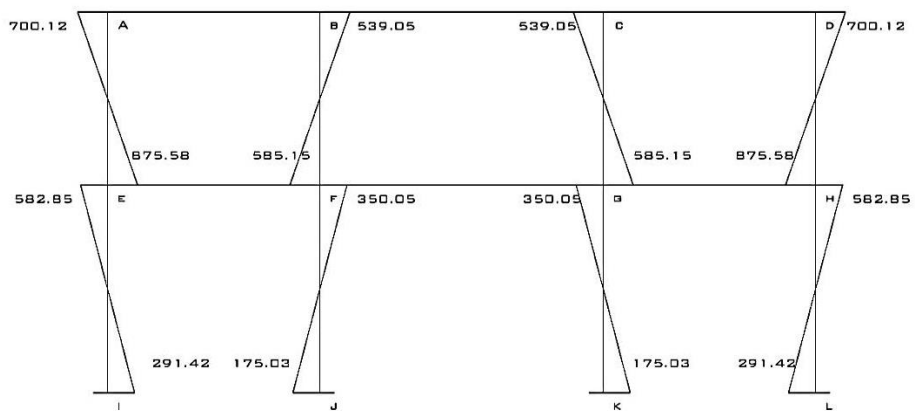
A continuación en la figura 29 se muestra el diagrama de momento en vigas carga muerta, marco 2 y 6.

Figura 29. Diagrama de momentos en vigas carga muerta, marco 2 y 6



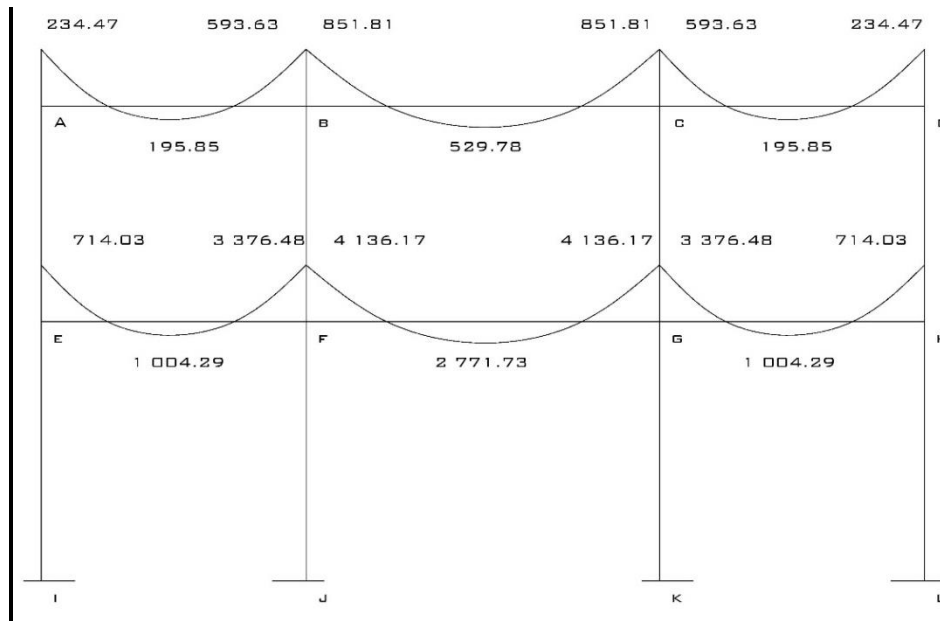
Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Diagrama de momentos en columnas carga muerta, marco 2 y 6



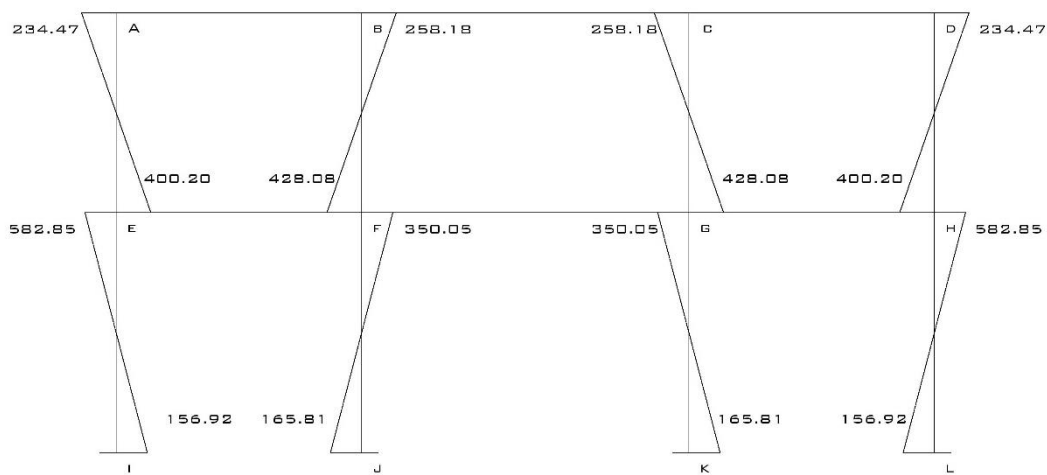
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Diagrama de momentos en vigas carga viva, marco 2 y 6



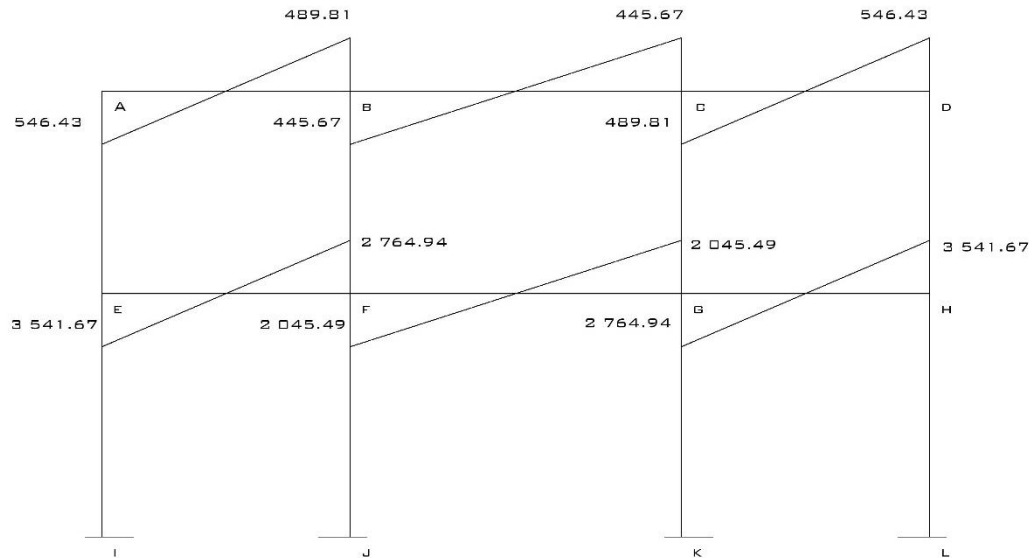
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. Diagrama de momentos en columnas carga viva, marco 2 y 6



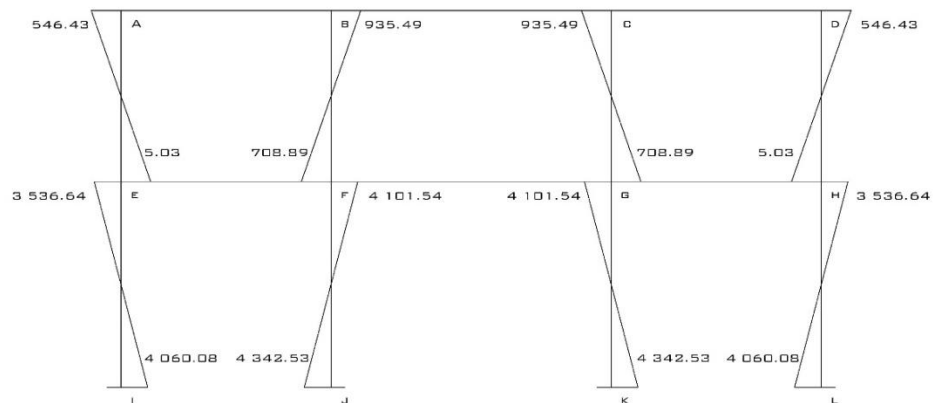
Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Diagrama de momentos en vigas carga de sismo, marco 2 y 6



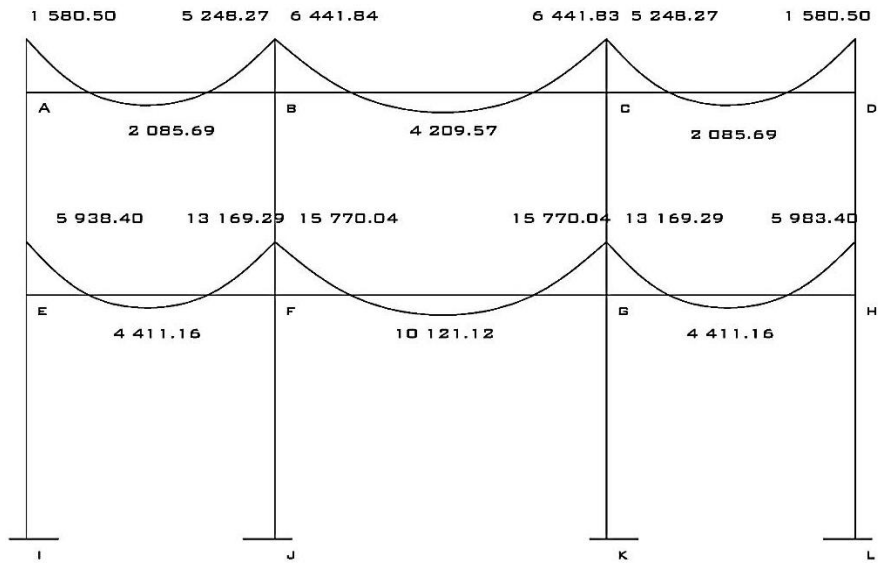
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. Diagrama de momentos en columnas carga de sismo, marco 2 y 6



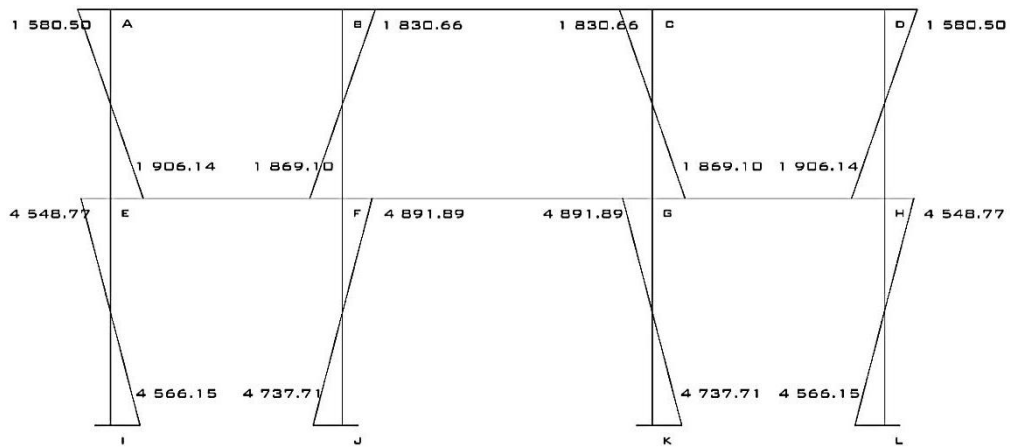
Fuente: elaboración propia.

Figura 35. Diagrama de envolvente de momentos en vigas, marco 2 y 6



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. Diagrama de envolvente de momentos en columnas, marco 2 y 6



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Comparación de resultados obtenidos en vigas**

Viga	Kani	Etabs	Diferencia
A-B	2 085,37	2 271,62	8,20 %
B-C	4 209,57	4 348,16	3,19 %
D-C	2 085,37	2 271,62	8,20 %
D-E	4 411,16	4 373,96	0,84 %
E-F	10 121,12	8 205,22	18,93 %
F-G	4 411,16	4 373,96	0,84 %
Promedio			6,70 %

Fuente: elaboración propia.

Se observa una variación en promedio del 6,70 % respecto al análisis numérico por el método de Kani y el programa ETABS 2013, dicha diferencia es aceptable pues el programa realiza armados eficientes, para efectos de diseño se considerarán valores obtenidos con el método de Kani por ser un método más conservador.

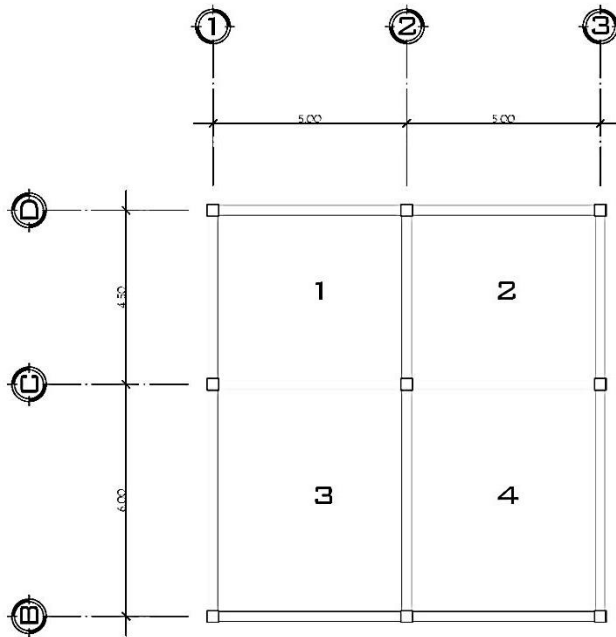
2.2.5. Diseño estructural

Se realiza a partir de un adecuado balance entre las funciones propias que un material puede cumplir, a partir de sus características naturales específicas.

2.2.5.1. Diseño de losa

Para el diseño de losas se utilizó el método 3 del código ACI, según la relación de aristas.

Figura 37. Casos de carga para losa



Fuente: elaboración propia.

La relación de los lados de la losa queda como:

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

Losa tipo 1 y 2:

$$m = \frac{4,5}{5} = 0,90$$

Losa tipo 3 y 4:

$$m = \frac{5}{6} = 0,83$$

Como lo establece el código ACI, las losas funcionarán en dos sentidos por m ser mayor a 0,50.

Datos:

$$f_y = 2\,810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$CM_{\text{losa}} = 312 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{mezclón + piso}} = 154 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{muros}} = 220 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{acabados}} = 85 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CM_{\text{total}} = 771 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{entrepiso}} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CV_{\text{azotea}} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga última o carga de diseño:

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

Losas 1 y 2:

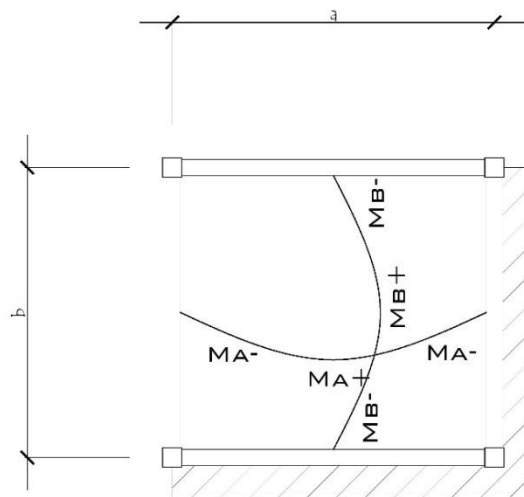
$$CU = 1,4 \left(771 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1 \text{ m} = 1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Losas 3 y 4:

$$CU = 1,4 \left(771 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1 \text{ m} = 1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Determinación de momentos actuantes

Figura 38. **Cálculo de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia.

Momentos actuantes según coeficientes:

Positivos:

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

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

Negativos:

$$M_{A(-)} = C_a * CU * a^2$$

$$M_{B(-)} = C_b * CU * b^2$$

Donde:

C = coeficiente de tablas del ACI

M = momento actuante

CM_u = carga muerta última

CV_u = carga viva última

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

Para losas sin continuidad el momento negativo será:

$$M_{A(-)} = -\frac{1}{3} M_{A(+)}$$

$$M_{B(-)} = -\frac{1}{3} M_{B(+)}$$

Cargas últimas aplicadas, con una longitud unitaria de un metro

$$CV_u = 1,7 \left(500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * 1 \text{ m} = 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$CM_u = 1,4 \left(771 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * 1 \text{ m} = 1\,079,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Losa 1, caso 4:

$$C_{a-} = 0,060$$

$$C_{a+CM} = 0,033$$

$$C_{a+CV} = 0,039$$

$$C_{b-} = 0,040$$

$$C_{b+CM} = 0,022$$

$$C_{b+CV} = 0,026$$

Momentos negativos:

$$M_{A(-)} = 0,060 * 1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4,50^2 = 2\,344,22 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = 0,040 * 1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5^2 = 1\,929,40 \text{ kg-m}$$

Momentos positivos:

$$M_{A(+)} = 0,033 * 1\,079,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4,50^2 + 0,039 * 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4,50^2 = 1\,392,60 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(+)} = 0,022 * 1\,079,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5^2 + 0,026 * 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 5^2 = 1\,146,17 \text{ kg-m}$$

Momentos negativos en losa sin continuidad:

$$M_{A(-)} = \frac{1}{3} * 1\,392,60 \text{ kg-m} = 464,20 \text{ kg-m}$$

$$M_{B(-)} = \frac{1}{3} * 1\,146,17 \text{ kg-m} = 382,06 \text{ kg-m}$$

El cálculo para las demás losas fue esencialmente el mismo, con lo que se tiene:

Tabla XXIV. **Coefficientes de ACI en losas de entrepiso**

osa	Ca-	Cb-	CaCM	CbCM	CaCV	CbCV
1	0,06	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03
2	0,04	0,05	0,03	0,02	0,04	0,02
3	0,05	0,05	0,03	0,02	0,04	0,02
4	0,06	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Cálculo de momentos en losas de entrepiso**

Losa	a (m)	b (m)	m (a/b)	Caso	Cvu (kg/m)	Cmu (kg/m)	Ma- (kg-m)	Mb- (kg-m)	Ma+ (kg-m)	Mb+ (kg-m)
1	4,50	5,00	0,90	4	850,00	1 079,40	2 344,22	1 929,40	1 392,60	1 146,17
2	4,50	5,00	0,90	8	850,00	1 079,40	1 680,03	2 508,22	1 148,88	1 022,72
3	5,00	6,00	0,83	8	850,00	1 079,40	2 363,52	3 195,09	1 632,57	1 333,79
4	5,00	6,00	0,83	2	850,00	1 079,40	2 894,10	2 153,21	1 433,89	1 047,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Coefficientes de ACI en losas de segundo nivel**

Losa	Ca-	Cb-	CaCM	CbCM	CaCV	CbCV
1	0,06	0,04	0,03	0,02	0,04	0,03
2	0,04	0,05	0,03	0,02	0,04	0,02
3	0,05	0,05	0,03	0,02	0,04	0,02
4	0,06	0,03	0,02	0,01	0,04	0,02

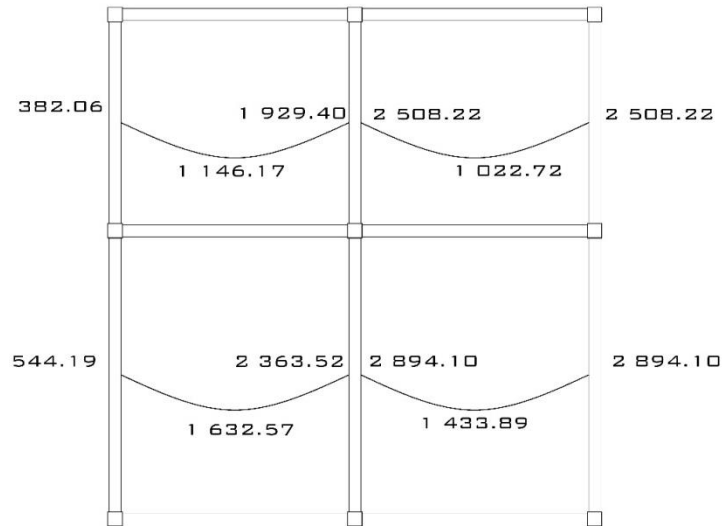
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Cálculo de momentos en losas de segundo nivel**

Losa	a (m)	b (m)	m (a/b)	Caso	Cvu (kg/m)	Cmu (kg/m)	Ma- (kg-m)	Mb- (kg-m)	Ma+ (kg-m)	Mb+ (kg-m)
1	4,50	5,00	0,90	4	170,00	576,80	907,36	746,80	519,70	427,74
2	4,50	5,00	0,90	8	170,00	576,80	650,28	970,84	412,49	375,98
3	5,00	6,00	0,83	8	170,00	576,80	914,83	123,70	588,18	487,64
4	5,00	6,00	0,83	2	170,00	576,80	1120,20	833,43	503,33	365,46

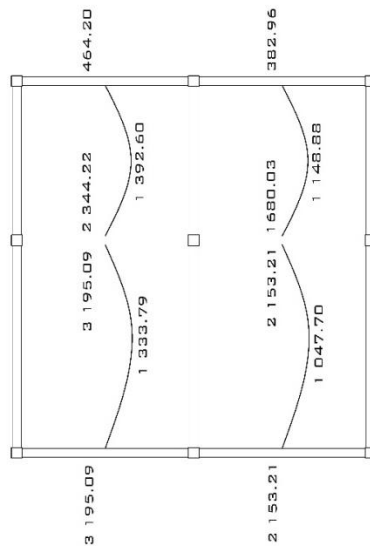
Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Momentos en losas de entrepiso sentido X**



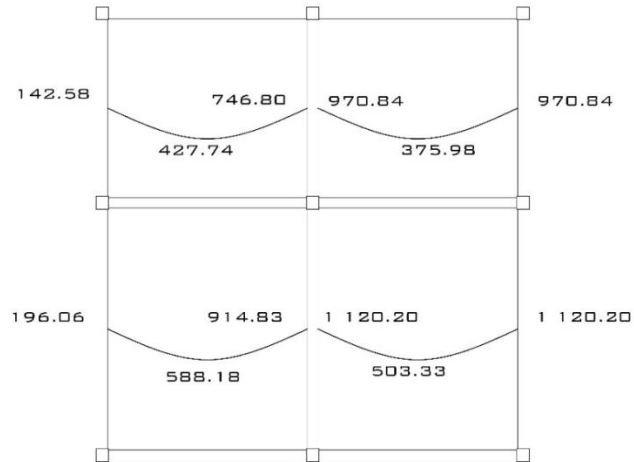
Fuente: elaboración propia.

Figura 40. **Momentos en losas de entrepiso sentido Y**



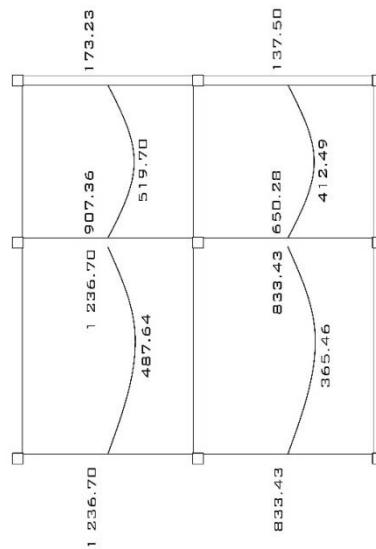
Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Momentos en losas de segundo nivel sentido X**



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Momentos en losas de segundo nivel sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

Balance de momentos

Se da el caso donde dos losas presentan un lado en común, pero los momentos son diferentes por lo que el código ACI recomienda realizar un balance de las mismas.

Los criterios a considerar son los siguientes:

$$\text{Si } 0,8 * \text{Momento mayor} \leq \text{Momento menor; entonces } M_B = \frac{(\text{Momento mayor} + \text{Momento menor})}{2}$$

Si $0,8 * \text{Momento mayor} > \text{Momento menor}$; entonces $M_B =$ Proporcional a rigidez, lo que se calculará como:

$$k_1 = \frac{1}{L_1} \quad k_2 = \frac{1}{L_2} \quad D_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} \quad D_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2}$$

Donde:

$k_1 + k_2 =$ rigideces de losas

$L_1 + L_2 =$ longitudes de losas

$D_1 + D_2 =$ factores de distribución de losas

$dM = M_2 - M_1$ L_1 y $L_2 =$ longitud de losa

Calculando el balance en las losas 1 y 3:

$$M_2 = 3\,195,09 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = 2\,344,22 \text{ kg-m}$$

$0,80 * (3\,195,09 \text{ kg-m}) = 2\,556,07 \text{ kg-m} > 2\,344,22 \text{ kg-m}$; no cumple, deberá balancearse por rigidez.

$$k_1 = \frac{1}{4,50} = 0,22$$

$$k_2 = \frac{1}{6} = 0,17$$

$$D_1 = \frac{0,22}{0,22+0,17} = 0,57$$

$$D_2 = \frac{0,17}{0,22+0,17} = 0,43$$

$$dM = 3\,195,09 \text{ kg-m} - 2\,344,22 \text{ kg-m} = 850,87 \text{ kg-m}$$

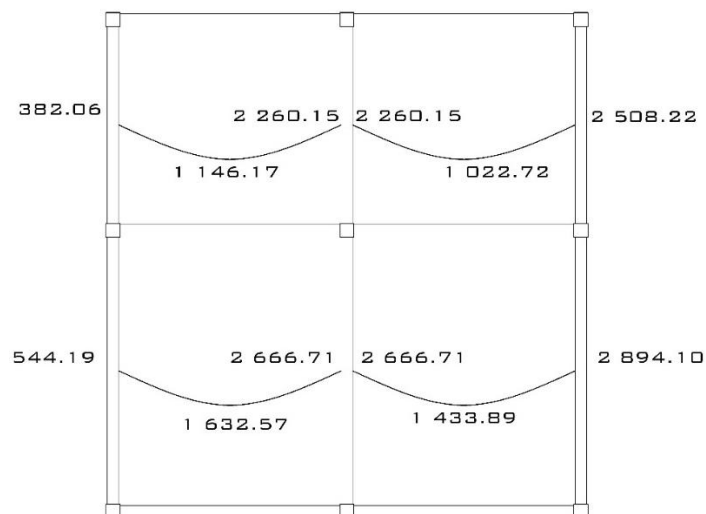
$$M_B = 3\,195,09 \text{ kg-m} - 0,43 \cdot 850,87 \text{ kg-m} = 2\,830,43 \text{ kg-m}$$

$$M_B = 2\,344,22 \text{ kg-m} + 0,57 \cdot 850,87 \text{ kg-m} = 2\,830,43 \text{ kg-m}$$

Por lo que el momento balanceado entre losas 1 y 3 será 2 820,71 kg-m.

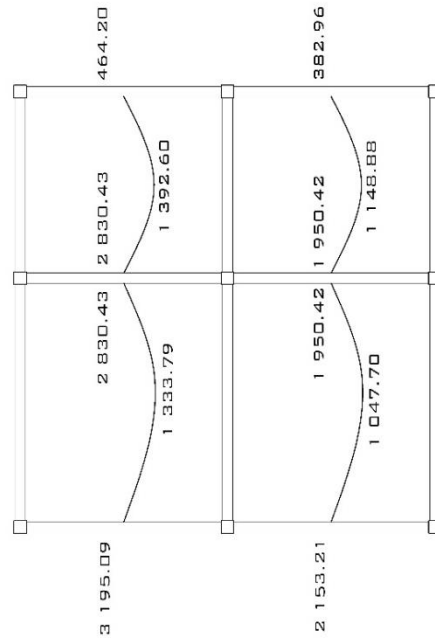
El cálculo se realizó en cada losa donde se presentara este caso en ambos sentidos.

Figura 43. **Momentos balanceados en losas de entrepiso sentido X**



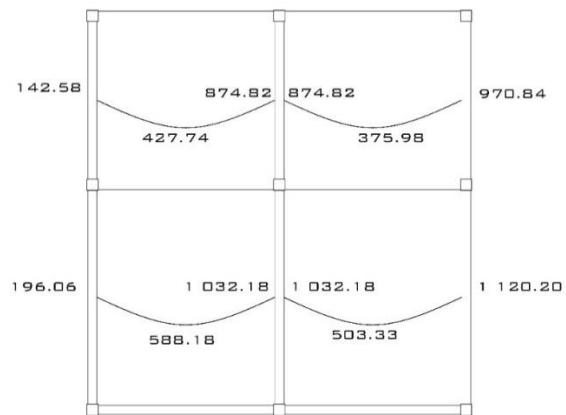
Fuente: elaboración propia.

Figura 44. **Momentos balanceados en losas de entrapiso sentido Y**



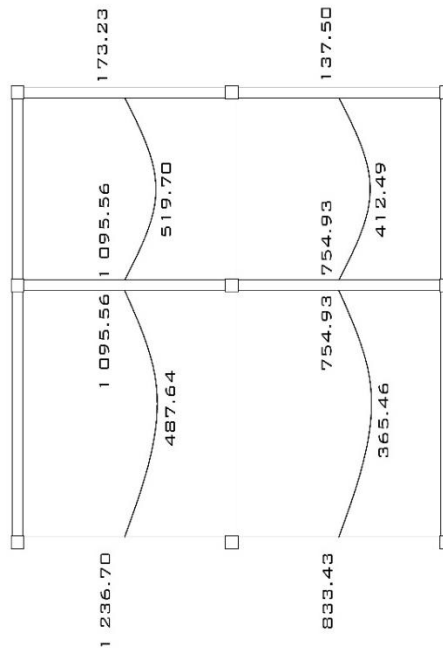
Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Momentos balanceados en losas de segundo nivel sentido X**



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Momentos balanceados en losas de segundo nivel sentido Y



Fuente: elaboración propia.

Diseño de armado de la losa

Deberá establecerse el acero mínimo requerido y el momento que es capaz de resistir, para posteriormente determinar el acero de refuerzo para momentos del mayor al mínimo.

Datos:

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

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Espesor $t = 0,13 \text{ m}$

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

Recubrimiento = 2,5 cm

∅ refuerzo = 3/8"

Área acero mínimo:

$$A_{s \text{ mín}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14,1}{F_y}$$

$$A_{s \text{ mín}} = \left(\frac{14,1}{F_y} \right) * b * d$$

$$d = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2}$$

$$d = 13 - 2,50 - \frac{0,95}{2} = 10,02 \text{ cm}$$

$$A_{s \text{ mín}} = \left(\frac{14,1}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \right) * (100 \text{ cm}) * (10,02 \text{ cm}) = 5,03 \text{ cm}^2$$

Área acero máxima:

$$A_{s \text{ máx}} = \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 f'_c * 6115}{f_y (6115 + f_y)}$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * \left(210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right) * 6115}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} (6115 + 2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})} = 0,03699$$

$$A_{s \text{ máx}} = (0,03699) * (100 \text{ cm}) * (10,02 \text{ cm}) = 37,06 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento considerando varilla núm. 3

$$A_{\text{varilla}} = 0,71 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2) \cdot (100 \text{ cm})}{5,03 \text{ cm}^2} = 14,11 \text{ cm}; \text{ se considerará } 14 \text{ cm}$$

La separación máxima permitida por el código ACI es 2t:

$$S_{\text{máx}} = 2 \cdot 13 \text{ cm} = 26 \text{ cm} > 14,11 \text{ cm}$$

Momento resistente por A_s mín:

$$M_{A_s \text{ mín}} = \Phi \cdot [A_s \cdot f_y \cdot (d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot f'_c \cdot b})]$$

$$M_{A_s \text{ mín}} = 0,90 \cdot [5,03 \cdot 2810 \cdot (10,02 - \frac{5,03 \cdot 2810}{1,7 \cdot 210 \cdot 100})] = 122\,426,69 \text{ kg-cm}$$

Para momentos menores del obtenido, se procederá con armado de A_s mín y $S = 14 \text{ cm}$, momentos mayores según especifique los resultados.

Determinando el A_s para los momentos negativos en las losas 3 y 4:

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

$$A_s =$$

$$\frac{0,85 \cdot 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} \left[(100 \text{ cm} \cdot 10,02 \text{ cm}) - \sqrt{(100 \text{ cm} \cdot 10,02 \text{ cm})^2 - \frac{2\,666,71 \text{ kg-m} \cdot 100 \text{ cm}}{0,003825 \cdot 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}} \right]$$

$$A_s = 11,58 \text{ cm}^2$$

Calculando el espaciamiento requerido:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2) \cdot (100 \text{ cm})}{11,58 \text{ cm}^2} = 6,13 \text{ cm}; \text{ se considera } 7 \text{ cm}$$

El armado de las losas del entrepiso quedarán como: para losas de dimensiones 4,50 m por 5 m, varillas núm. 3 @ 14 cm, con bastón de por medio

para ambos sentidos, en las losas de dimensiones de 5 m por 6 m, el armado será el mismo que con las losas de dimensiones pequeñas.

El procedimiento para determinar las demás losas así como las del segundo nivel fue el mismo.

Revisión por corte

Deberá ser resistido por concreto, por lo que se verificará el espesor de losa contra este efecto.

$$V_{\text{máx}} = \frac{C_u * L}{2} = \frac{1\,929,40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 6}{2} = 5\,788,20 \text{ kg}$$

Corte máximo resistente:

$$V_{\text{res}} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f'_c}$$
$$V_{\text{res}} = 0,53 * 0,85 * 100 \text{ cm} * 10,02 \text{ cm} * \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 6\,541,42 \text{ kg}$$

Considerando el caso más crítico se tiene que $V_{\text{res}} > V_{\text{máx}}$, por lo que sí resiste ante una acción de corte, si este criterio no se cumple deberá aumentarse el espesor de losa.

2.2.5.2. Diseño de vigas

Se le denomina viga al elemento estructural que transmite la carga de su propio peso y de las losas hacia las columnas, por lo general trabajan a flexocompresión y a corte. La viga a considerar en este cálculo es la más crítica de todo el edificio, obtenido de la envolvente de momentos.

Considerando la viga F-G del primer nivel, en el marco 2 y 6:

Datos:

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

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Sección} = 25 * 50 \text{ cm}$$

$$\text{Recubrimiento} = 3 \text{ cm}$$

$$d = 50 - 3 = 47$$

Calculando $A_{s \text{ mín}}$ de la sección:

$$A_{s \text{ mín}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$\rho_{\text{mín}} = \frac{14,1}{F_y}$$

$$A_{s \text{ mín}} = \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 25 * 47 = 5,89 \text{ cm}^2$$

Calculando $A_{s \text{ máx}}$ de la sección:

$$A_{s \text{ máx}} = 0,5 * \rho_b * b * d$$

$$\rho_b = \frac{0,85 * 0,85 * 210 * 6115}{2810 * (6115 + 2810)}$$

$$\rho_b = 0,03699$$

$$A_{s \text{ máx}} = 0,5 * 0,03699 * 25 * 47 = 21,73 \text{ cm}^2$$

Refuerzo longitudinal requerido:

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

Determinando el A_s para $M(-) 1 = 15\,770,04 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 \cdot 210}{2\,810} \left[(25 \cdot 47) - \sqrt{(25 \cdot 47)^2 - \frac{15\,770,04 \cdot 25}{0,003825 \cdot 210}} \right] = 14,72 \text{ cm}^2$$

Tabla XXVIII. **Cálculo del área de acero**

	Momentos Kg-m	Asreq	Asmín	Asmáx
M(-)1	15 770,04	14,72	5,89	21,73
M(+)	10 121,12	9,07	5,89	21,73
M(-)2	15 770,04	14,72	5,89	21,73

Fuente: elaboración propia.

Para realizar el armado deberá cumplirse lo establecido con el código ACI en el capítulo 21.

1. Cama superior:

Se deberán colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones siguientes:

- a) $A_{s \text{ mín}} = 5,89 \text{ cm}^2$
- b) $33\% A_s(-) \text{ mayor} = 4,91 \text{ cm}^2$

El armado en la cama superior será de 3 núm. 5 corridas.

Si el $A_{s \text{ calc}} > A_{s \text{ req}}$ deberá complementarse el área restante con bastones, en este caso será necesario complementar con 2 núm. 5.

2. Cama inferior:

Deberán de colocarse 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las siguientes opciones:

- a) $A_{s \text{ mín}} = 5,89 \text{ cm}^2$
- b) $50 \% A_s(+)= 4,54 \text{ cm}^2$
- c) $50 \% A_s(-) \text{ mayor} = 7,36 \text{ cm}^2$

Para completar el armado será necesario utilizar 4 núm. 5 corridas, y bastones 2 núm. 5 y 1 núm. 6.

Diseño a corte:

Se deberá comparar el corte que es capaz de resistir con el corte último, el código ACI establece que si el cortante producido por el sismo es igual al 50 % del corte total, la resistencia del concreto es despreciable.

Si $V_{\text{res}} > V_u$, la viga empleará estribos solamente por armado, a una distancia $S_{\text{máx}} = \frac{d}{2} < 30 \text{ cm}$.

Si $V_{\text{res}} < V_u$, se deberá diseñar estribos por corte, empleando:

$$S = \frac{2 \cdot A_v \cdot f_y \cdot b \cdot d}{V_u}$$

$$V_{\text{res}} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{f_c}$$

$$V_{\text{res}} = 0,53 \cdot 0,85 \cdot 25 \cdot 47 \cdot \sqrt{210} = 7\ 670,83 \text{ kg}$$

$$V_u = 18\ 535,80 \text{ kg}$$

En este caso $V_{res} < V_u$, por lo que:

$$S = \frac{2 \cdot 1,27 \cdot 2\,810 \cdot 47}{13\,901,85} = 18 \text{ cm}$$

Por relación de triángulos será posible determinar la longitud de la zona confinada, que se considera desde la cara del elemento hasta completar la misma.

$$\frac{13\,901,85}{7\,670,83} = \frac{3}{3-x} ; x = 1,76 \text{ m}$$

Como lo especifica el código ACI en el capítulo 21.3.4.2 deberá de colocarse estribos a una longitud de $2d$, para este caso será de 94 cm. Por lo que la longitud a confinar en la viga será de 94 cm medidos desde la cara del elemento hacia el centro del mismo, en ambos extremos, colocando el primer estribo a una distancia no mayor a 50 mm de la cara del elemento, no debiendo exceder el menor de los siguientes:

- a) $d/4 = 11,75 \text{ cm}$.
- b) Ocho veces el diámetro de la barra longitudinal más pequeña = 15,24 cm.
- c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento = 30,48 cm.
- d) 300 mm.

En este caso se considera la longitud más pequeña que es de 11 cm.

Tabla XXIX. Armado de vigas

Marco	Viga	Momentos		As	As mín	As máx	Bastones				
							#5	#4	#6	#5	#4
2	A-B	M (-) 1	1 581	1,5	5,23	19,43	2	1			
		M (+)	1 247	1,2	5,23	19,43	2	1			
		M (-) 2	5 248	5,1	5,23	19,43	2	1			
	B-C	M (-) 1	6 442	5,6	5,89	21,73	3				
		M (+)	4 210	3,6	5,89	21,73	3				
		M (-) 2	6 442	5,6	5,89	21,73	3				
	C-D	M (-) 1	5 248	5,1	5,23	19,43	2	1			
		M (+)	1 247	1,2	5,23	19,43	2	1			
		M (-) 2	1 581	1,5	5,23	19,43	2	1			
	E-F	M (-) 1	5 938	5,9	5,23	19,43	2	1		3	
		M (+)	4 411	4,3	5,23	19,43	4				
		M (-) 2	13 169	14	5,23	19,43	2	1		3	
	F-G	M (-) 1	15 770	15	5,89	21,73	3		1	2	
		M (+)	10 121	9,1	5,89	21,73	4			2	
		M (-) 2	15 770	15	5,89	21,73	3		1	2	
G-H	M (-) 1	13 169	14	5,23	19,43	2	1		3		
	M (+)	4 411	4,3	5,23	19,43	4					
	M (-) 2	5 938	5,9	5,23	19,43	2	1		3		
C	1-2 NIV. 1	M (-) 1	3 062	3	5,23	19,43	3			2	
		M (+)	8 028	8	5,23	19,43	3				2
		M (-) 2	9 510	9,7	5,23	19,43	3			2	
	1-2 NIV. 2	M (-) 1	1 639	1,6	5,23	19,43	2	1			
		M (+)	4 148	4	5,23	19,43	2	1			
		M (-) 2	4 624	4,5	5,23	19,43	2	1			

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.3. Diseño de columnas

Se denomina columna al elemento estructural que se somete a carga axial y a momentos flexionantes. Es necesario determinar la carga axial en las columnas, que es posible determinar con el área tributaria que actúa sobre el elemento.

En cuanto a momentos flexionantes, se obtienen del análisis estructural por el método numérico de Kani. Para determinar el momento actuante, se empleará el mayor en el extremo del elemento. Se considerará la columna con mayores esfuerzos por cada nivel.

Se detalla el procedimiento para calcular la columna del segundo nivel del edificio.

Datos:

Sección de columna = 30*30 cm

Sección de viga = 25*45 cm

$M_x = 2\,398,57 \text{ kg-m}$

$M_y = 1\,906,14 \text{ kg-m}$

$V_x = 1\,221,72 \text{ kg-m}$

$V_y = 1\,010,86 \text{ kg-m}$

Longitud de columna = 3,66 m

Longitud de vigas = 10,25 m

Área tributaria = 25,67 cm²

Espesor de losa = 0,13 m

El peso que resistirán las columnas se define como la carga axial P_u , que es el peso total que resistirá el elemento.

$$\begin{aligned}
 \text{CMU} &= 1,4 (W_{\text{acabados}} + W_{\text{losa}} + W_{\text{muros}}) \\
 \text{CMU} &= 1,4 (80 + 312 + 150) = 758,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \\
 \text{CVU} &= 1,7 (W_{\text{viva}}) \\
 \text{CVU} &= 1,7 (100) = 170 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \\
 \text{CU} &= \text{CMU} + \text{CVU} = 758,8 + 170 = 928,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}
 \end{aligned}$$

Cálculo del factor de carga última:

Se determina con la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{FCU} &= \frac{\text{CU}}{\text{CM} + \text{CV}} \\
 \text{FCU} &= \frac{928,8}{542 + 100} = 1,945
 \end{aligned}$$

Cálculo de carga axial P_u :

$$\begin{aligned}
 P_u &= (A_T * \text{CU}) + (\text{PP}_{\text{vigas}} * F_{\text{cu}}) \\
 P_u &= (25,67 * 928,80) + (2 * 400 * 0,25 * 0,50 * 10,25 * 1,45) = 28 290,99 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Esbeltez: será necesario determinar la esbeltez de cada columna, determinando su comportamiento bajo cargas, se clasifican de la siguiente manera:

- a) Columnas largas $E > 100$: no se recomienda construirlas.
- b) Columnas intermedias $100 > E > 22$: se deberá de diseñar magnificando momentos actuantes.
- c) Columnas cortas $22 > E$: deberá diseñarse con los datos originales.

Determinación de coeficientes que cuantifican el grado de empotramiento de rotación en columnas (Ψ).

Parte superior del elemento:

$$\Psi = \frac{\sum K_{\text{columnas}}}{\sum K_{\text{vigas}}}$$

Sentido X:

$$I_{\text{columnas}} = \frac{0,30 \cdot 0,30^3}{12} = 0,000675$$

$$I_{\text{vigas}} = \frac{0,25 \cdot 0,50^3}{12} = 0,000325$$

$$K_{\text{columnas}} = \frac{0,000675}{3} = 0,000225$$

$$K_{\text{vigas izquierda}} = \frac{0,000325}{5} = 0,000521$$

$$K_{\text{vigas derecha}} = \frac{0,000325}{5} = 0,000521$$

Extremo superior:

$$\Psi_a = \frac{0,000225}{0,000521 + 0,000521} = 0,216$$

Extremo inferior:

$$\Psi_b = \frac{2 \cdot 0,000225}{0,000521 + 0,000521} = 0,432$$

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

$$\Psi_p = \frac{0,216 + 0,432}{2} = 0,324$$

Determinación del factor de longitud efectiva:

$$k = \frac{(20 - \Psi_p)}{20} * \sqrt{1 + \Psi_p} \quad \text{si } \Psi_p < 2$$

$$k = 0,9 * \sqrt{1 + \Psi_p} \quad \text{si } \Psi_p > 2$$

En este caso $\Psi_p < 2$

$$k = \frac{(20 - 0,324)}{20} * \sqrt{1 + 0,324} = 1,13$$

Esbeltez en la columna:

$$E = \frac{K * L_u}{\sigma}$$

$$E = \frac{1,13 * (3,66 - 0,50)}{0,30 * 0,30} = 39,67$$

Por lo tanto, la columna se encuentra dentro del rango intermedia, por lo que deberán magnificarse los momentos.

Magnificación de momentos: el código ACI establece un método para la magnificación de los momentos, el cual consiste en modificar los valores calculados que no consideran los efectos de desplazamiento con valores que sí lo hagan.

Sentido X

Factor de flujo plástico de concreto:

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU} = \frac{758,8}{928,8} = 0,82$$

Determinación del EI del material total:

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

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5*(1+\beta_d)}$$

Donde:

$$I_g = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$EI = \frac{15\ 100 * \sqrt{210} * \frac{1}{12} * 30 * 30^3}{2,50 * (1 + 0,82)} = 324,62 \text{ ton-m}^2$$

Cálculo de carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(K * L_u)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 324,62}{(1,13 * 3,16)^2} = 251,27 \text{ Ton}$$

Magnificación de momentos:

$\Delta > 1$, $\theta = 0,70$ de emplear estribos

$$\Delta = \delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\theta * P_{cr}}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{28,29}{0,70 * 251,27}} = 1,19$$

Momento de diseño final en X:

$$M_{dx} = \delta * M_u = 1,19 * 2\ 398,57 = 2\ 854,29 \text{ kg-m}$$

Momento de diseño en Y:

$$M_{dy} = \delta * M_u = 1,19 * 1\,906,14 = 2\,268,31 \text{ kg-m}$$

Acero longitudinal empleando el método de Bresler:

Es un método eficiente que produce resultados satisfactorios. Consiste principalmente en aproximar el valor de la carga a través de un punto del plano, definido por los valores de carga axial pura, carga de falla para una excentricidad e_x y carga de falla para una excentricidad e_y .

El ACI define que el área de acero debe estar comprendida entre el 1% y el 6 % del área gruesa, en zona sísmica.

$$A_{s \text{ mín}} = 0,01 * 30 * 30 = 9 \text{ cm}^2$$

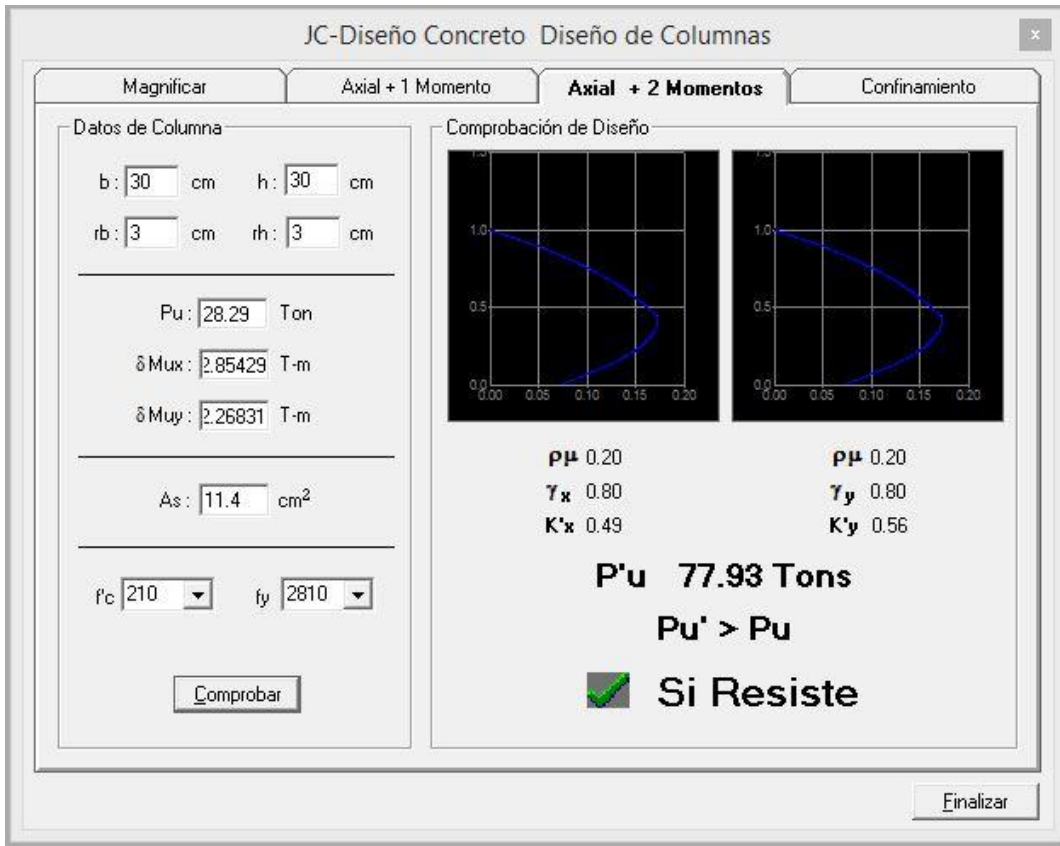
$$A_{s \text{ máx}} = 0,06 * 30 * 30 = 54 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto:

$$4 \text{ varillas } \# 6 = 11,40 \text{ cm}^2$$

Se hace necesario emplear los diagramas de interacción de columnas, por lo que se recurrió al programa JC-Diseño de Concreto, Versión 1.0.1, Julio Corado Franco, 2000. Con lo que se facilita el determinar los valores de los diagramas.

Figura 47. Diagrama de interacción de columnas



Fuente: CORADO FRANCO, Julio. JC-Diseño de Concreto.

Cargas:

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_x :

$$P'_{ux} = K_x * f'_c * b * h = 0,49 * 210 * 30 * 30 = 92\ 610 \text{ kg}$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad e_y :

$$P'_{uy} = K_y * f'_c * b * h = 0,56 * 210 * 30 * 30 = 105\ 840 \text{ kg}$$

Carga axial resistente:

$$P'_o = \phi (0,85 \cdot f'_c (A_g - A_s) + A_s \cdot f_y)$$

$$P'_o = 0,70(0,85 \cdot 210(900 - 11,40) + 11,40 \cdot 2810) = 133\,454,37 \text{ kg}$$

Carga resistente de columna:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{92\,610} + \frac{1}{105\,840} - \frac{1}{133\,454,37}} = 78\,412,95 \text{ kg}$$

$P'_u = 78\,412,95 \text{ kg} > \frac{28\,290,99}{0,70} = 40\,415,70$, sí cumple con lo que se concluye el armado es el adecuado para la columna. De no cumplirse deberá aumentarse el acero por debajo del $A_{s \text{ máx.}}$

Cálculo del acero transversal

El confinamiento en los extremos del elemento absorbe gran parte de la energía provocada por sismo, por lo que se hace necesario brindarles ductilidad con la implementación de estribos. El procedimiento a realizar para proveer el refuerzo es el siguiente:

Si $V_r > V_u$ deberán colocarse estribos a cada $S = \frac{d}{2}$

Si $V_r < V_u$ se diseñarán los estribos por corte

El corte resistente se determina como:

$$V_r = 0,53 \cdot 0,85 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d = 0,53 \cdot 0,85 \cdot \sqrt{210} \cdot 30 \cdot 27 = 5\,287,98 \text{ kg}$$

$$V_u = \frac{M_x + M_y}{L} = \frac{2\,398,57 + 1\,906,14}{3,66} = 1\,176,15$$

Como $V_r > V_u$, utilizar estribos # 3 a una distancia de $S = \frac{d}{2} = 14$ cm.

Reforzamiento por confinamiento:

La longitud de confinamiento deberá seleccionarse como el mayor valor de los siguientes:

1. $\frac{L_u}{6} = \frac{3,16}{6} = 0,53$ m
2. Lado mayor de la columna = 0,30 m
3. 45 cm

La longitud propuesta de confinamiento en ambos extremos es de 0,53 m para ambos extremos.

Cálculo de relación volumétrica:

$$\rho_s = 0,45 \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left(0,85 * \frac{f'_c}{f_y} \right) \right)$$

$$\rho_s = 0,45 \left(\left(\frac{0,30 * 0,30}{(30-3-3) * (30-3-3)} - 1 \right) * \left(0,85 * \frac{210}{2\,810} \right) \right) = 0,016$$

$$\rho_s > 0,12 * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$0,013 > 0,0089$$

En este caso chequea, por lo que se procede a calcular el espaciamiento en función de la cuantía volumétrica, empleando varillas # 3.

$$S = \frac{4 \cdot A_v}{\rho_s \cdot L_n} = \frac{4 \cdot 0,71}{0,016 \cdot 24} = 7 \text{ cm}$$

El armado del acero transversal queda definido con estribos # 3 @ 7 cm en zona de confinamiento con longitud de 0,53 m rotados 45° como lo establece el código ACI, el resto @ 14 cm y 4 varillas longitudinales # 6 para todas las columnas del segundo nivel.

El armado en el primer nivel se hará con 4 varillas longitudinales # 6, confinamiento de 0,65 m en ambos extremos con estribo # 3 @ 8 cm y el resto a cada @ 14 cm.

2.2.5.4. Diseño de cimentaciones

Los valores obtenidos en laboratorio con respecto a la capacidad portante del suelo son relativamente bajos, lo que dificulta el diseño de un sistema de cimentación convencional. La losa de cimentación trabaja como una zapata de grandes dimensiones soportando la totalidad de las cargas transmitidas por las columnas hacia el suelo.

Se recurre al diseño de la losa de cimentación, por ser la estructura que mejor se comporta en resistencia de cargas, optimizando recursos. El método a emplear será el rígido convencional para determinar las dimensiones de la losa.

Datos:

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

$$f_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Base = 32 m

Altura = 17 m

Recubrimiento = 7,5 cm

El peso total aplicado por columnas es de:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Donde:

Q_T = Carga total aplicada por columnas

Q_n = Carga por columna

$$Q_T = 19\,051,20 + 37\,722,24 + 66\,450,96 + 33\,168,96 + 15\,871,20 + 30\,762,24 \\ + 53\,325,96 + 27\,168,96 = 1\,118\,340,96 \text{ kg}$$

Carga de servicio = 1 118 340,96 kg

Carga mayorada = $1,4 \cdot CM + 1,7 \cdot CV = 1\,646\,677,34 \text{ kg}$

Se procede a determinar los momentos de inercia, con lo que se tiene que:

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot 32 \cdot 17^3 = 13\,101,33 \text{ m}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 17 \cdot 32^3 = 46\,421,33 \text{ m}^4$$

Las excentricidades quedan definidas como:

$$e_x = 15 - \frac{32}{2} = - 1,00$$

$$e_y = 7,5 - \frac{17}{2} = - 1,00$$

Los momentos quedan definidos así:

$$M_x = 1\,646,67 \cdot -1,00 = - 1\,646,67 \text{ Ton}\cdot\text{m}$$

$$M_y = 1\,646,67 \cdot -1,00 = - 1\,646,67 \text{ Ton}\cdot\text{m}$$

Se procede a determinar la presión del suelo debajo de la losa de cimentación en los puntos definidos en la tabla con la siguiente ecuación:

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x}$$

Donde:

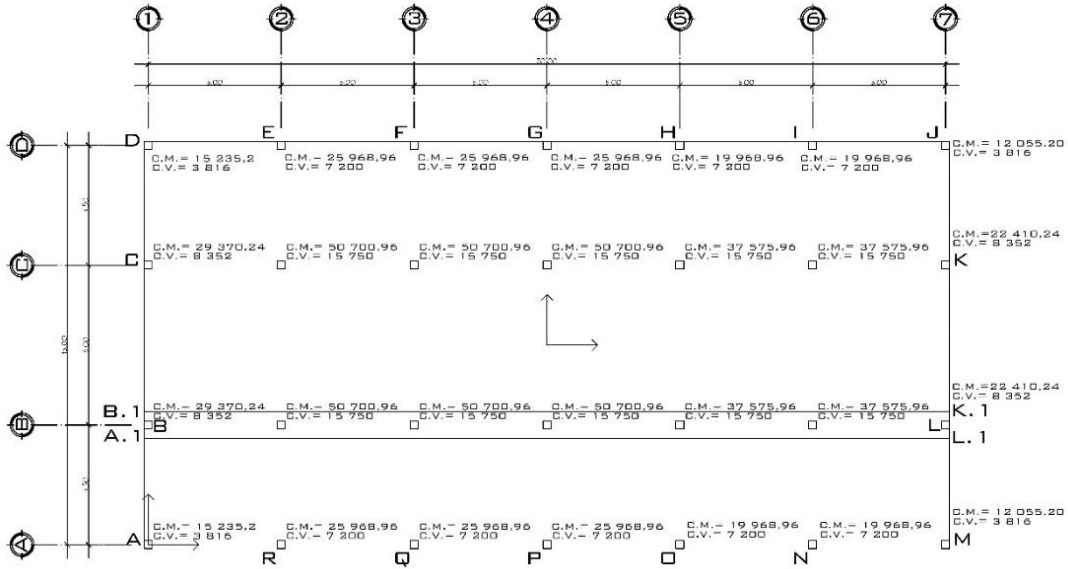
Q = carga mayorada

A = B*H (dimensiones de losa en m)

M_x, M_y = momentos en x, y

I_x, I_y = inercia en x, y

Figura 48. Cargas aplicadas por columnas



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Presiones debajo de la losa de cimentación**

Punto	Q / A	x	M	y	M	q
A	3,03	-15,00	0,53	-7,50	0,94	4,50
A,1	3,03	-15,00	0,53	-3,50	0,44	4,00
B	3,03	-15,00	0,53	-3,00	0,38	3,94
B,1	3,03	-15,00	0,53	-2,50	0,31	3,87
C	3,03	-15,00	0,53	3,00	-0,38	3,18
D	3,03	-15,00	0,53	7,50	-0,94	2,62
E	3,03	-10,00	0,35	7,50	-0,94	2,44
F	3,03	-5,00	0,18	7,50	-0,94	2,26
G	3,03	0,00	0,00	7,50	-0,94	2,08
H	3,03	5,00	-0,18	7,50	-0,94	1,91
I	3,03	10,00	-0,35	7,50	-0,94	1,73
J	3,03	15,00	-0,53	7,50	-0,94	1,55
K	3,03	15,00	-0,53	3,00	-0,38	2,12
K,1	3,03	15,00	-0,53	-2,50	0,31	2,81
L	3,03	15,00	-0,53	-3,00	0,38	2,87
L,1	3,03	15,00	-0,53	-3,50	0,44	2,93
M	3,03	15,00	-0,53	-7,50	0,94	3,44
N	3,03	10,00	-0,35	-7,50	0,94	3,61
O	3,03	5,00	-0,18	-7,50	0,94	3,79
P	3,03	0,00	0,00	-7,50	0,94	3,97
Q	3,03	-5,00	0,18	-7,50	0,94	4,15
R	3,03	-10,00	0,35	-7,50	0,94	4,32

Fuente: elaboración propia.

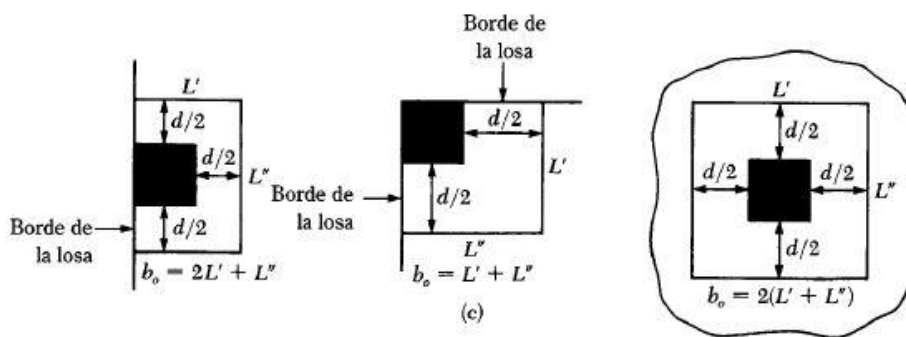
Los valores de las presiones en los puntos estudiados son mayores que la capacidad soporte del suelo.

$$4,32 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} > 1,69 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2}$$

El suelo no es capaz de soportar la carga del edificio, por lo que se tendrá que utilizar losa de cimentación.

Siguiendo lo establecido por el código ACI se procede a determinar el espesor de la losa. El conocer el peralte crítico de la estructura es fundamental puesto que será el empleado en el diseño, determinándose como lo establece la siguiente figura:

Figura 49. Condiciones de carga por columna sobre losa



Fuente: Braja, Das. *Principio de ingeniería de cimentaciones*. p. 313.

El perímetro para la columna más crítica queda definido como:

$$b_o = 2*(L' + L'') = 400 + 4d$$

$$V_c = 0,93 * \phi * \sqrt{f'_c} * b * d = 0,93 * 0,85 * \sqrt{210} * (400 + 4d) * d$$

$$V_c = 11,45 * (400d + 4d^2)$$

$$V_u = 1,4 * 50\,700,96 + 1,7 * 15\,750 = 97\,756,34$$

$$V_c \geq V_u$$

$$11,45 * (400d + 4d^2) \geq 1\,646\,677,34$$

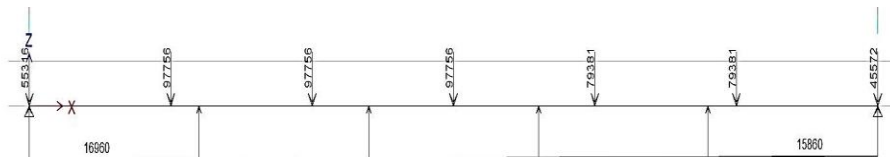
$$d = 19 \text{ cm}$$

Con base en el código ACI 318-08 en la sección 7.7.1 el recubrimiento mínimo para concreto colocado contra el suelo expuesto permanentemente a él es de 7,5 cm, empleando varillas núm. 10, se tiene un espesor total de losa de:

$$H_{\text{losa}} = 19 + 7,5 + 7,5 + 3,175 + 3,175 = 40 \text{ cm}$$

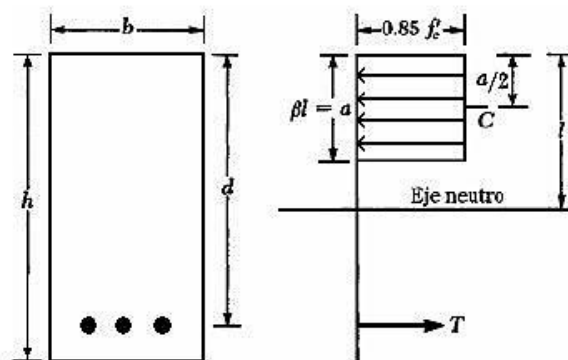
Para determinar el refuerzo necesario se utilizaron las presiones actuantes en la franja A.1-B-B.1-K.1-L-L.1.

Figura 50. **Distribución de cargas aplicadas en franja A.1-B-B.1-K.1-L-L.1**



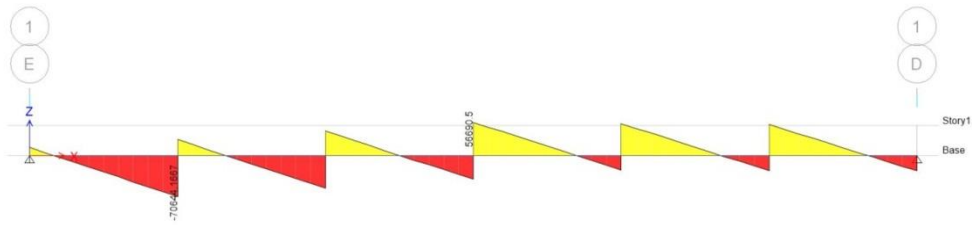
Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Equilibrio de las fuerzas según diseño**



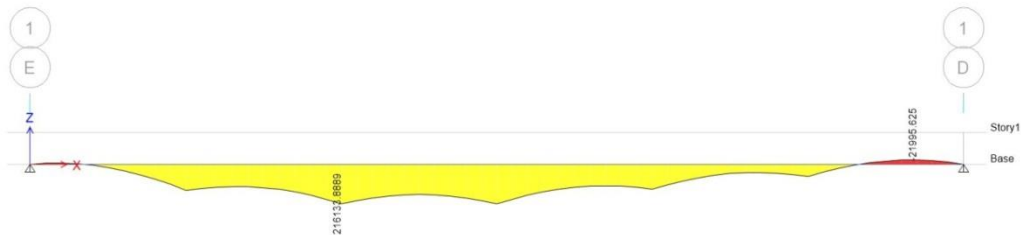
Fuente: Braja, Das. *Principio de ingeniería de cimentaciones*. p. 329.

Figura 52. Diagrama de corte en la franja de la losa



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 53. Diagrama de momento en la franja de la losa



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Para calcular el armado es necesario conocer el área que el elemento necesita para resistir los momentos actuantes sobre la misma. Se tiene que:

$$M_u = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Donde:

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

$$A_s = \frac{a0,85f'_c b}{f_y}$$

Por lo que el momento último queda expresado como:

$$M_u = \frac{\phi a0,85f'_c b}{f_y} \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

Con los valores obtenidos se tiene que:

$$2\,161\,338,90 = \frac{0,90 * a * 0,85 * 210 * 100}{2\,810} \left(19 - \frac{a}{2} \right)$$

$$a = 13$$

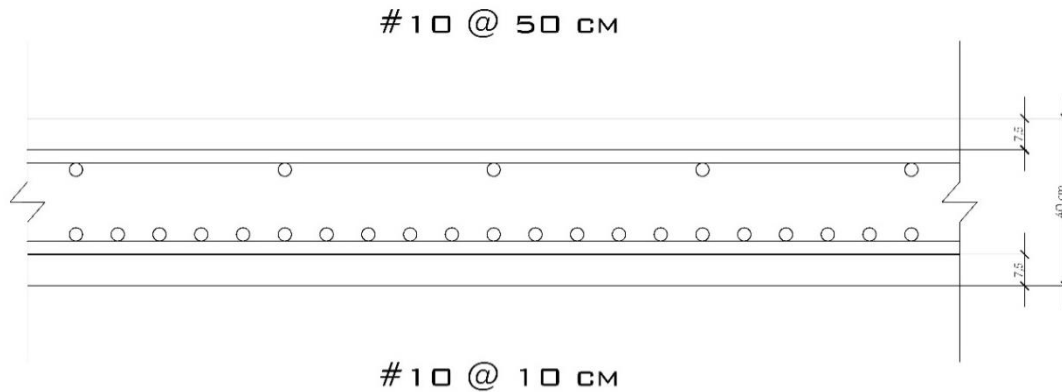
$$A_s = 6,55 * 13 = 85,15 \text{ cm}^2$$

El código ACI en la sección 10.5.1 referente a los refuerzos mínimos en elementos sometidos a flexión, cuando se requiera algún tipo de refuerzo en compresión, el área de acero no deberá ser menor a:

$$A_{s \text{ mín}} = \frac{14}{f_y} * b * d = \frac{14}{2\,810} * 100 * 19 = 9,47 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínima es menor al área requerida, por lo que el área a emplear es de 85,15 cm² por metro lineal de losa, esto se debe a que se consideró una franja de 1 metro de ancho. El armado para resistir los momentos positivos de la losa queda definido como: varillas # 10 @ 10 centímetros. De igual manera se calculó el armado para los momentos negativos: varillas #10 @ 50 centímetros.

Figura 54. **Armado de la losa de cimentación**



Fuente: elaboración propia.

El peralte del pedestal será de $d/2$, lo que es igual a 20 cm. La base se considerará como $0,30 \cdot L$, donde $L = 6$ m. Se tiene una base de 1,80 m por 1,80 m. La dimensión de la losa es de 32 m x 17 m.

2.2.6. Diseño de instalaciones

A continuación se muestra el diseño de las instalaciones eléctricas.

2.2.6.1. Instalaciones eléctricas

Este tipo de instalaciones requieren dos partes, una de fuerza y otra de iluminación.

El procedimiento a realizar para el cálculo de la instalación eléctrica se basa en el estudio inicial de los requerimientos de carga para alumbrado así como los contactos que tendrá en su salida.

Se recomiendan 300 luxes para ambientes de salones y auditorios, como recomienda la Comisión Internacional de Iluminación.

Datos:

Longitud (L) = 15 m

Ancho (A) = 15 m

Altura (H) = 4,40 m

Altura de techo (HT) = 0,25 m

Altura de suelo (HS) = 0,75 m

Tipo de lámpara = halógeno 50 w 4 500 luxes

$$H - HT - HS = 4,40 - 0,25 - 0,75 = 3,40 \text{ m}$$

Relación de cavidad local (RCL)

$$RCL = \frac{5H(L+A)}{LA}$$

$$RCL = \frac{5 \cdot 3,40(15+15)}{15 \cdot 15} = 2,27$$

Índice local (K)

$$K = \frac{5}{RCL} = \frac{5}{2,27} = 2,20$$

Factor de pérdida total (FTP) = 0,60

Coefficiente de utilización (CU) = 0,70

Cálculo del número de lámparas (N)

$$N = \frac{\text{Luxes requeridos} \cdot \text{Área}}{\text{Lumenes generados} \cdot \text{Núm. lámparas} \cdot \text{CU} \cdot \text{FTP}}$$

$$N = \frac{300 \cdot 225}{4\,500 \cdot 4 \cdot 0,70 \cdot 0,60} = 9$$

Iluminación resultante

$$EC = \frac{\text{Núm. lámparas} \cdot \text{Luxes} \cdot \text{FTP} \cdot \text{CU}}{\text{Área}}$$

$$EC = \frac{9 \cdot 4\,500 \cdot 0,6 \cdot 0,7}{225} = 180,00 \text{ lux}$$

El circuito estará conformado por 9 unidades halógenas de 50 w y 4 500 luxes cada uno, con una carga total de 450 watts. La alimentación será de 120 volts.

La corriente a través del circuito queda definida como:

$$I = \frac{P}{E}$$

Donde:

I = corriente

P = potencia

E = voltaje

$$I = \frac{450}{120} = 3,75 \text{ amperios}$$

El conductor ideal a emplear será el núm. 12 THHN, que cuenta con una capacidad máxima de 25 amperios.

De igual manera se realizó el cálculo para las áreas restantes.

En lo que se refiere a la instalación de fuerza, se utilizará el criterio de asignar carga de salida de 300 watts a cada tomacorriente. Los detalles de salida de los tomacorrientes se encuentran especificados en los planos.

2.2.6.2. Instalaciones hidráulicas

El diseño se hará con base en los criterios establecidos por Hunter, básicamente consiste en asignar un número de unidades de gasto a cada accesorio, los más básicos se definen a continuación:

Tabla XXXI. Unidades de gasto

Artefactos	Cantidad	Núm. Hunter	UH
Sanitarios	8	3	24
Lavamanos	9	2	18
Lavatrastos	1	2	2
Mingitorios	3	5	15
TOTAL			59

Fuente: elaboración propia.

Para determinar el diámetro de la tubería será necesario emplear la siguiente fórmula:

$$\phi = 4,87 \sqrt{\frac{1\,743,81 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * H_f}}$$

Donde:

ϕ = diámetro (plg)

L = longitud (m)

Q = caudal (lps)

C = coeficiente de material

Hf = pérdida de carga (m)

$$\phi = 4,87 \sqrt{\frac{1\,743,81 \cdot 114 \cdot 1,86^{1,85}}{140^{1,85} \cdot 4,40}} = 1 \text{ pulgada}$$

El método indica que es posible utilizar un máximo de 1 pulgada, por que se emplearán medidas de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgadas, como se especifica en los planos.

2.2.6.3. Instalaciones sanitarias

Se hace necesario definir una unidad de descarga, la cantidad convencional es de 20 litros por minuto. Constituye referencia para determinar descargas de los demás accesorios o aparatos sanitarios. El mayor caudal es el que se genere por servicio sanitario.

Tabla XXXII. Unidades de descarga

Artefactos	Cantidad	Núm. Hunter	UH
Sanitarios	8	6	48
Lavamanos	9	4	36
Lavatrastos	1	2	2
Mingitorios	3	5	15
TOTAL			101

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Unidades máximas de descarga**

TUBO PVC Ø EN (pgl)	Unidades máximas de descarga (UD)		
	Pendiente		
	1 %	2 %	3 %
2	5	6	8
4	84	96	114
6	330	440	580
8	87	115	168

Fuente: elaboración propia.

Por lo que el diámetro máximo a emplear para la evacuación de aguas residuales será de 6 pulgadas con una pendiente del 2 %.

Instalaciones pluviales: es necesario determinar la cantidad de agua que el sistema producirá. Se empleará la siguiente expresión:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

C = coeficiente de escorrentía

I = intensidad de lluvia mm/hr

A = área a considerar en hectáreas

$$I = \frac{4\,604}{t+24}$$

Donde:

t = tiempo de concentración (20 años)

$$I = \frac{4\,604}{20+24} = 104,63 \frac{\text{mm}}{\text{hr}}$$

$$Q = \frac{0,95 \cdot 104,63 \cdot 0,06}{360} = 0,016 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El diámetro se determina con la siguiente expresión

$$\phi = \left(\frac{691\,000 \cdot Q \cdot n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

Donde:

Q = caudal en m³/s

n = coeficiente de rugosidad

S = pendiente de la tubería

$$\phi = 14 \text{ cm}$$

Por lo que se empleará un diámetro de 6 pulgadas de PVC.

2.2.7. Planos del proyecto

Se realizaron un total de 20 planos:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Plano de cimentaciones
- Plano de columnas y vigas principales
- Plano de columnas
- Plano de losas
- Plano de techos
- Plano de acabados
- Plano de puertas y ventanas
- Plano de iluminación

- Plano de fuerza
- Plano de instalaciones hidráulicas
- Plano de drenaje
- Plano de fachadas
- Plano de secciones
- Plano de corte de muros
- Plano de detalles de vigas y columnas
- Plano de detalles de instalaciones hidráulicas
- Plano de gradas
- Plano de detalle de gradas y piso de butacas

2.2.8. Presupuesto

Con base en precios unitarios se realizó el cálculo del presupuesto, aplicando un 43 % de costos indirectos, en los que se incluyen administración, supervisión, utilidad e impuestos.

La mano de obra se calculó con base en salarios que están fijados por la municipalidad. Los costos de maquinaria se obtuvieron a través de cotizaciones con empresas regionales. En cuanto a los precios se realizaron cotizaciones en distintos puntos de venta de materiales de construcción, considerando los mejores para la elaboración del presupuesto.

Tabla XXXIV. Presupuesto salón de usos múltiples

	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	PREPARACIÓN DEL TERRENO				
1.1	LIMPIEZA Y CHAPEO	GLOBAL	1	Q 2 719,41	Q 2 719,41
2	EXCAVACION				
2.1	EXCAVACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACION.	m ³	102	Q 20,28	Q 2 068,56
3	ACARREO				
3.1	ACARREO DE MAT. DE EXCAVACION PARA CIMENTACION	m3	102	Q 18,20	Q 1 856,40
4	RELLENO				
4.1	RELLENO DE MATERIAL SELECTO COMPACTADO	m3	102	Q 298,84	Q 30 481,68
5	TRAZO Y NIVELACION				
5.1	TRAZO Y NIVELACION DE EJES	ml	628	Q 2,74	Q 1 720,72
6	CIMENTACION				
6.1	LOSA DE CIMENTACIÓN 1	m ²	544	Q 3 024,71	Q 1 645 442,24
6.2	LOSA DE CIMENTACIÓN 2	m ²	95	Q 2 800,82	Q 266 077,90
6.3	LOSA DE CIMENTACIÓN 3	m ²	40	Q 2 782,39	Q 111 295,60
7	COLUMNAS				
7.1	COLUMNA C-1	U	28	Q 2 172,39	Q 60 826,92
7.2	COLUMNA C-2	U	28	Q 1 658,10	Q 46 426,80
7.3	COLUMNA C-4	U	60	Q 868,20	Q 52 092,00
8	SOLERAS				
8.1	SOLERA SILLAR 0,15 X 0,20 m.	ml	56	Q 219,42	Q 12 287,52
8.2	SOLERA DE DINTEL DE 0,15 X 0,20 m.	ml	89	Q 213,12	Q 18 967,68
9	VIGAS				
9.1	VIGA TIPO V-I (0,25 X 0,50 M.)	ml	42	Q 810,01	Q 34 020,42
9.2	VIGA TIPO V-II (0,25 X 0,45 M.)	ml	120	Q 612,22	Q 73 466,40
9.3	VIGA TIPO V-III (0,25 X 0,45 M.)	ml	63	Q 637,83	Q 40 183,29
9.4	VIGA TIPO V-IV (0,25 X 0,50 M.)	ml	42	Q 528,86	Q 22 212,12
9.5	VIGA TIPO V-V (0,25 X 0,45 M.)	ml	120	Q 458,62	Q 55 034,40
9.6	VIGA TIPO V-VI (0,25 X 0,45 M.)	ml	63	Q 477,94	Q 30 110,22
9.7	VIGA CONECTORA	ml	195	Q 466,58	Q 30 110,22
10	LOSAS				
10.1	LOSA TRADICIONAL ENTREPISO	m ²	492	Q 494,71	Q 243 397,32
10.2	LOSA TRADICIONAL TECHO	m ²	492	Q 440,40	Q 216 676,80
10.3	LOSA TRADICIONAL PISO BUTACAS	m ²	297	Q 468,39	Q 139 111,83
10.4	LOSA DE CONCRETO FRENTE	m ²	8	Q 482,37	Q 3 858,96
11	MUROS				
11.1	MUROS DE CUBIERTA PINEADOS	m ²	1 148	Q 155,32	Q 178 307,36
12	SALONES				
12.1	INSTALACIÓN DE BUTACAS	U	158	Q 984,31	Q 155 520,98
12.2	SALON DE CLASES	U	2	Q 12 403,67	Q 24 807,34
12.3	SALON DE REUNIONES	U	1	Q 24 238,09	Q 24 238,09
12.4	COCINA	U	1	Q 21 961,09	Q 21 961,09
12.5	SALA DE ESPERA	U	2	Q 4 370,92	Q 8 741,84
12.6	SALON DE EXPOSICIONES	U	1	Q 6 401,59	Q 6 401,59

Continuación de la tabla XXXIV.

12.7	VESTIDORES	U	2	Q 3 358,92	Q 6 717,84
13	ACABADOS				
13.1	REPELLO Y CERNIDO	m ²	3 072	Q 50,27	
13.2	PINTURA	m ²	2 172	Q 20,61	Q 44 764,92
13.3	PAREDES DE BAÑO	m ²	251	Q 57,74	Q 14 492,74
13.4	CUBIERTA ACÚSTICA	m ²	1 083	Q 101,18	
13.5	CERAMICO ENTREPISO	m ²	450	Q 114,44	Q 51 498,00
14	INSTALACION SANITARIA				
14.1	INSTALACION DE LAVAMANOS	U	9	Q 1,047,25	Q 9,425,25
14.2	INSTALACION DE SANITARIOS	U	8	Q 1,372,81	Q 10,982,48
14.3	INSTALACION DE MINGITORIOS	U	3	Q 1,390,09	Q 4,170,27
15	DRENAJE SANITARIO				
15.1	TUBERIA DE 1" + ACCESORIOS	ML	4	Q 57,26	Q 229,04
15.2	TUBERIA DE 2" + ACCESORIOS	ML	42	Q 71,91	Q 3 020,22
15.3	TUBERIA DE 3" + ACCESORIOS	ML	17	Q 193,90	Q 3 296,30
15.4	TUBERIA DE 6" + ACCESORIOS	ML	18	Q 538,18	Q 9 687,24
15.5	CONSTRUCCIÓN CAJA DE UNIÓN	U	5	Q 1 398,47	Q 6 992,35
15.6	CONSTRUCCIÓN CAJA DE REGISTRO	U	1	Q 1 544,64	Q 1 544,64
16	DRENAJE PLUVIAL				
16.1	TUBERIA DE 3" + ACCESORIOS	ML	33	Q 162,65	Q 5 367,45
16.2	TUBERIA DE 6" + ACCESORIOS	ML	55	Q 188,18	Q 10 349,90
16.3	CONSTRUCCIÓN CAJA DE UNIÓN	U	5	Q 1 512,06	Q 7 560,30
16.4	CONSTRUCCIÓN CAJA DE REGISTRO	U	4	Q 1 537,21	Q 6 148,84
17	INSTALACION HIDRAULICA				
17.1	TUBERIA DE 1" + ACCESORIOS	ML	17	Q 47,07	Q 800,19
17.2	TUBERIA DE 3/4" + ACCESORIOS	ML	114	Q 32,19	Q 3 669,66
17.3	TUBERIA DE 1/2" + ACCESORIOS	ML	55	Q 28,43	Q 1 563,65
17.4	CONSTRUCCIÓN DE CISTERNA	U	1	Q 11 996,75	Q 11 996,75
18	INSTALACION ELECTRICA				
18.1	TUBO VINIL DE 3/4" + CABLEADO	ML	205	Q 40,86	Q 8 376,30
18.2	TOMACORRIENTES	U	37	Q 119,94	Q -
18.3	TABLERO TRIFASICO 240V CON BARRAS DE 300 AMP, 10 CIRCUITOS TRIFASICOS INCLUYE 20 FLIP-ON DE 1 POLO DE 20 AMPERIOS	U	1	Q 1 625,08	Q 1 625,08
19	ILUMINACION				
19.1	LAMPARAS	U	68	Q 992,05	Q 67 459,40
19.2	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	U	2	Q 1 858,36	Q 3 716,72
19.3	INTERRUPTORES	U	19	Q 134,90	Q 2 563,10
19.4	TUBO VINIL DE 3/4" + CABLEADO	ml	287	Q 44,20	Q 12 685,40
20	VENTANERIA				
20.1	VENTANERIA ALUMINIO ANODIZADO + VIDRIO COLOR NEGRO	M ²	62	Q 221,38	Q 13 725,56
21	PUERTAS				
21.1	PUERTA TIPO 1: 1,00 x 2,10 METAL + CHAPA YALE	U	10	Q 934,25	Q 9 342,50
21.2	PUERTA TIPO 2: 1,00 x 2,10 MADERA	U	4	Q 503,70	Q 2 014,80

2.2.10. Evaluación de impacto ambiental inicial

A continuación en la tabla XXXVI se muestra la evaluación de impacto ambiental inicial.

Tabla XXXVI. Evaluación de impacto ambiental

Núm.	Aspecto Ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales
1	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros.)	Partículas de polvo	Sitio del proyecto
		Ruido	Si	Funcionamiento de maquinaria
		Vibraciones	Si	Del lugar del proyecto
		Olores	No	No aplica
2	Agua	Abastecimiento de agua	Si	Sitio del proyecto
		Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)	Cantidad: ninguna	Ninguna
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: ninguna	Descarga: ninguna
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: ninguna	Descarga: ninguna
		Agua de lluvia	Captación: ninguna	Descarga: Ninguna
3	Suelo	Desechos sólidos (basura común)	Cantidad: 200 kilogramos	Desechos de los trabajos
		Desechos Peligrosos (con una o mas de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)	Cantidad: 50 kilogramos	Disposición: Desperdicio de acero
		Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo).	Ninguna	No aplica
		Modificación del relieve o topografía del área	Si	En los 1 100 m ² que comprende el proyecto
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	Si	Árboles en el lugar
		Fauna (animales)	No	De ningún lugar el proyecto
		Ecosistema	Todo proyecto de infraestructura genera cambios en el ecosistema natural	En los 1 100 m ² que comprende el proyecto
5	Visual	Modificación del paisaje	Positivamente	En los 1 100 m ² que comprende el proyecto.
6	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Positivamente	En toda la población local y otras colonias vecinas
7	Otros			

Continuación de la tabla XXXVI.

<p>Efectos en la salud humana del vecindario consecuencia de la actividad de proyecto:</p> <p>d) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>e) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>f) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas: <u>Durante la ejecución del proyecto se tomarán todas las medidas de seguridad tales como: identificación, señalización del proyecto.</u></p> <p>En el área donde se ubica el proyecto, a qué tipo de riesgo puede estar expuesto?</p> <p>a) inundación (<input type="checkbox"/>) b) explosión (<input type="checkbox"/>) c) deslizamientos (<input type="checkbox"/>)</p> <p>d) derrame de combustible (<input type="checkbox"/>) e) fuga de combustible (<input type="checkbox"/>) d) Incendio (<input type="checkbox"/>) e) Otro (<input checked="" type="checkbox"/>)</p> <p>Detalle la información explicando el por qué? No se presenta ningún riesgo de los expuestos anteriormente.</p>

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Con la ejecución del diseño del alcantarillado sanitario se beneficiará a más de 3 000 personas, con un tiempo de vida útil de 30 años.
2. La longitud total consta de 3 200 metros, con un costo directo estimado de Q 1 763 271,38.
3. El diseño del edificio comprende un área cultural y otra área social para el primer nivel. En el segundo nivel se cuenta con espacios adecuados para la realización de cátedras, reuniones municipales, exposición de obras de arte, área de cafetería. El área total de la edificación es de 900 metros cuadrados.
4. Se estima un total de 250 beneficiados directamente con la construcción del salón de usos múltiples, con un costo directo total equivalente a Q 3 282 480,44, con un costo directo unitario de Q 3 647,20 por metro cuadrado de construcción.
5. Las medidas a emplear para mitigar los efectos ambientales están contempladas en las recomendaciones establecidas por la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Puerto Barrios.
6. Durante la ejecución del EPS se realizaron actividades de beneficio para la Municipalidad, proporcionando la ayuda necesaria para lograr el desarrollo del entorno.

RECOMENDACIONES

1. La planta de tratamiento deberá diseñarse con el caudal medio como mínimo, debiendo verse la caracterización de aguas residuales.
2. Implementar el sistema con planta de tratamiento es más eficiente en comparación del sistema de fosa séptica y pozo de absorción, dado el número de habitantes a servir.
3. Dada la tasa de crecimiento poblacional alta que se presenta en el municipio, se aconseja continuar con proyectos que impulsen el desarrollo, como la pavimentación de las calles donde se instalará la tubería.
4. Ejecutar los proyectos de acuerdo a las especificaciones y a los planos proporcionados para garantizar la funcionalidad de los proyectos.
5. Para el alcantarillado sanitario se sugiere ejecución por contratista con experiencia en proyectos similares, dada la poca diferencia en altura y la dificultad que representa para transportar las aguas residuales, debiendo seguir estrictamente las cotas de los planos.
6. Es necesario emplear materiales con un respaldo del fabricante para evitar algún fallo que se presente en los mismos.

7. Deberá concientizarse a la población a través de programas sociales de no depositar basura en el sistema de alcantarillado sanitario, para evitar problemas con el funcionamiento.

8. Para el salón de usos múltiples deberán considerarse todos los detalles especificados en planos; los elementos están calculados para resistir cargas específicas de diseño, cada uno cuenta con sección y armado diferente.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Building Code Requirements for Structural Concrete*: ACI 318-2008. California: ACI, 2008. 518 p.
2. BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil*. México: McGraw-Hill, 1981. 213 p.
3. Consejo Nacional para la Atención de las Personas con Discapacidad. *Especificaciones de Espacios Interiores y Espacios Exteriores del Manual de Accesibilidad Universal para Personas con Discapacidad al Espacio Físico y Medios de Transporte en Guatemala*. Guatemala: CONADI, 2005. 246 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 1999. 640 p.
5. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 4a ed. México: International Thomson, 2001. 880 p.
6. EVERARD, Noel. *Diseño de concreto armado*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1986. 349 p.
7. MILEAF, Harry. *Instalaciones eléctricas*. 2a ed. México: Limusa, 1998. 336 p.

8. MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos*. 6a ed. Estados Unidos: Pearson Prentice Hall, 2006. 245 p.
9. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill, 2001. 722 p.
10. ROCHA FELICES, Arturo. *Hidráulica de tuberías y canales*. Perú: UNI, 2007. 150 p.
11. UNDA OPAZO, Francisco. *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*. España: Hispano Americana, 1969. 352 p.

APÉNDICES

Tabla I. Diseño de la red de alcantarillado sanitario

DE P/A P/V	COTAS TERRENO		S%	No. DE CASAS	HAB. SERVIR/FH		Qd (L/s)		d.	S (%)	SECC. LLENIA		Relación Qd		Relación d/D		Vel. de Velocidad		COTAS INVERT/PROF.		POZO ANCHEVC										
	INICIO	FINAL			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			IN	FUT.	VEL (m/Q.L/s)	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.		FUT.	ACT.	FUT.	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	(m)	(m)	
1	2	99.93	99.14	55.4	0.014	7	35	77	4.34	4.27	0.39	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.046	0.1	0.15	0.4	0.51	0.41	0.51	98.5	98.06	1.43	1.08	0.6	41.78	
43	2	98.93	99.14	54.1	-0.004	7	35	77	4.34	4.27	0.39	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.046	0.1	0.15	0.4	0.51	0.41	0.51	97.78	97.35	1.15	1.79	0.6	47.78	
2	3	99.14	98.4	57.4	0.013	5	19	95	209	4.25	4.14	1.04	2.22	6	0.011	1.19	21.68	0.048	0.103	0.15	0.22	0.51	0.64	0.61	0.77	97.32	96.69	1.82	1.71	0.6	60.88
42	3	97.98	98.4	63	-0.005	11	55	121	4.31	4.22	0.61	1.31	6	0.0068	1.05	19.17	0.032	0.068	0.12	0.18	0.45	0.57	0.48	0.6	96.83	96.12	1.15	2.28	0.65	92.59	
3	4	98.4	97.61	57	0.014	7	37	185	408	4.16	4.02	1.98	4.21	6	0.006	0.88	16.01	0.124	0.263	0.24	0.35	0.88	0.84	0.6	0.74	96.09	95.74	2.31	1.87	0.65	77.48
4	5	97.61	97.16	57.2	0.008	9	46	230	507	4.13	3.97	2.44	5.17	6	0.0053	0.82	15.05	0.162	0.344	0.27	0.4	0.74	0.91	0.6	0.74	95.71	95.41	1.9	1.75	0.65	87.72
5	6	97.16	97.36	64.7	-0.003	9	55	275	606	4.09	3.93	2.89	6.12	6	0.0027	0.59	10.74	0.269	0.57	0.35	0.54	0.85	1.03	0.5	0.61	95.38	95.21	1.78	2.15	0.65	82.69
6	7	97.36	97.61	41.5	-0.006	4	59	295	650	4.08	3.91	3.09	6.54	6	0.0025	0.57	10.34	0.299	0.632	0.38	0.58	0.87	1.06	0.5	0.6	95.18	95.07	2.18	2.54	0.65	63.61
7	8	97.61	96.92	55.9	0.012	2	61	305	672	4.08	3.9	3.19	6.74	6	0.0045	0.76	13.87	0.23	0.486	0.33	0.49	0.81	0.99	0.62	0.75	95.04	94.79	2.57	2.13	0.65	85.25
8	9	96.92	96.58	64.4	0.005	5	66	330	727	4.06	3.89	3.44	7.26	8	0.005	0.97	31.48	0.109	0.231	0.22	0.33	0.86	0.81	0.64	0.79	94.74	94.42	2.16	2.16	0.6	83.76
25	26	97.78	97.36	49.8	0.008	7	35	77	4.34	4.27	0.39	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.046	0.1	0.15	0.4	0.51	0.41	0.51	96.6	96.2	1.18	1.16	0.6	34.91	
39	26	97.47	97.36	49.6	0.002	5	25	55	4.37	4.31	0.28	0.61	4	0.01	0.86	7.01	0.04	0.087	0.14	0.2	0.49	0.61	0.42	0.53	96.37	95.87	1.1	1.49	0.6	38.48	
40	26	97.59	97.36	44.8	0.005	4	20	44	4.38	4.33	0.23	0.49	4	0.012	0.95	7.68	0.029	0.064	0.12	0.17	0.44	0.56	0.42	0.53	96.49	95.95	1.1	1.41	0.6	33.71	
26	27	97.36	96.97	55.5	0.009	7	23	115	253	4.23	4.11	1.25	2.67	6	0.0031	0.63	11.51	0.109	0.232	0.22	0.33	0.65	0.81	0.41	0.51	95.82	95.65	1.54	1.22	0.6	46.72
38	27	97.15	96.97	47.3	0.006	5	25	55	4.37	4.31	0.28	0.61	4	0.01	0.86	7.01	0.04	0.087	0.14	0.2	0.49	0.61	0.42	0.53	96.05	95.58	1.1	1.29	0.6	33.98	
27	28	96.87	96.8	47.3	0.001	5	33	165	364	4.18	4.04	1.77	3.78	6	0.0068	0.93	17.05	0.104	0.222	0.22	0.32	0.65	0.8	0.6	0.75	95.53	95.2	1.34	1.6	0.6	41.71
41	28	97.44	96.8	47.7	0.013	7	35	77	4.34	4.27	0.39	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.046	0.1	0.15	0.4	0.51	0.41	0.51	96.01	95.63	1.43	1.17	0.6	37.23	
28	29	96.8	96.91	51.1	-0.002	6	46	230	507	4.13	3.97	2.44	5.17	6	0.003	0.62	11.32	0.215	0.457	0.32	0.47	0.8	0.98	0.49	0.61	95.17	95.02	1.63	1.89	0.65	63.31
29	52	96.9	96.52	30.9	0.012	3	49	245	540	4.11	3.96	2.59	5.49	6	0.003	0.62	11.32	0.229	0.485	0.33	0.49	0.81	0.99	0.5	0.62	94.98	94.89	1.92	1.63	0.65	35.66
50	51	96.51	96.3	35.3	0.006	6	30	66	4.35	4.29	0.34	0.73	4	0.009	0.82	6.65	0.05	0.109	0.15	0.22	0.52	0.66	0.43	0.54	95.44	95.12	1.07	1.18	0.6	23.82	
54	51	96.34	96.3	23.8	0.002	6	30	66	4.35	4.29	0.34	0.73	4	0.009	0.82	6.65	0.05	0.109	0.15	0.22	0.52	0.66	0.43	0.54	95.31	95.1	1.03	1.2	0.6	15.95	
53	51	96.78	96.3	26.3	0.017	3	15	33	4.4	4.35	0.17	0.37	4	0.045	1.04	8.44	0.02	0.044	0.1	0.14	0.4	0.5	0.41	0.52	95.66	95.28	1.1	1.02	0.6	16.76	
51	52	96.3	96.52	51.2	-0.004	6	21	105	231	4.24	4.12	1.14	2.45	6	0.0032	0.64	11.7	0.098	0.209	0.21	0.31	0.63	0.79	0.41	0.51	95.05	94.88	1.25	1.64	0.6	44.46
52	24	96.52	96.81	71.5	-0.004	5	75	375	826	4.04	3.85	3.89	8.18	6	0.0036	0.68	12.41	0.113	0.659	0.38	0.59	0.88	1.07	0.6	0.73	94.85	94.59	1.67	2.22	0.65	90.21

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. Diseño de la red de alcantarillado sanitario continuación

DE PVA PV	COTAS TERRE/DH		S%	No. DE CASAS	HAB. SERVIR/H		Qd (L/s)		d.	S(%)	SECC. LLENIA	Relación q/Q		Relación d/D		Rel. de Velocidad		COTAS INVER PROF.		POZO/ANCHO	EXC.									
	INICIO	FINAL			LOCAL	ACUMUL.	ACT.	FUT.				ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	INICIO	FINAL	INICIO	FINAL	(m)
12	99.95	99.46	95.4	0.005	14	70	154	4.28	4.19	0.77	1.66	6	0.0051	0.81	14.82	0.652	0.112	0.15	0.23	0.53	0.66	0.43	0.53	96.77	98.28	1.18	1.18	0.6	67.55	
13	99.46	99.15	79.7	0.004	9	23	115	253	4.23	4.11	1.25	2.67	6	0.0039	0.71	12.89	0.097	0.207	0.21	0.31	0.63	0.79	0.45	0.56	96.25	97.94	1.21	1.21	0.6	57.86
14	99.15	99.01	80.1	0.002	9	32	160	353	4.18	4.05	1.72	3.67	6	0.0025	0.57	10.34	0.166	0.355	0.28	0.41	0.74	0.91	0.42	0.52	97.91	97.71	1.24	1.3	0.6	61.06
15	99.01	99.26	69.1	-0.004	8	40	200	441	4.15	4	2.13	4.54	6	0.002	0.51	9.25	0.23	0.49	0.33	0.49	0.81	0.99	0.41	0.51	97.68	97.54	1.33	1.72	0.6	63.17
16	99.26	98.44	66.7	0.009	5	45	225	496	4.13	3.98	2.39	5.07	6	0.007	0.95	17.3	0.138	0.293	0.25	0.37	0.7	0.87	0.67	0.82	97.51	96.9	1.75	1.54	0.6	85.46
18	98.44	98.16	96.7	0.003	5	50	250	551	4.11	3.95	2.84	5.6	6	0.0025	0.57	10.34	0.255	0.541	0.34	0.52	0.84	1.02	0.48	0.58	96.87	96.63	1.57	1.53	0.6	89.75
44	99.41	98.52	52.4	0.017	3	3	15	33	4.4	4.35	0.17	0.37	4	0.013	0.99	8	0.021	0.046	0.1	0.15	0.4	0.51	0.4	0.5	97.98	97.3	1.43	1.22	0.6	41.72
31	98.07	98.52	69.8	-0.006	7	7	35	77	4.34	4.27	0.39	0.85	4	0.0085	0.7	5.65	0.069	0.15	0.18	0.26	0.57	0.72	0.4	0.5	97.04	96.59	1.03	1.93	0.65	67.21
32	98.52	98.52	57.1	0	5	15	75	165	4.28	4.18	0.82	1.77	6	0.004	0.72	13.08	0.063	0.135	0.17	0.25	0.56	0.7	0.4	0.5	96.54	96.31	1.98	2.21	0.65	77.79
45	99.16	98.52	48	0.013	5	5	25	55	4.37	4.31	0.28	0.61	4	0.01	0.86	7.01	0.04	0.087	0.14	0.2	0.49	0.61	0.42	0.53	97.73	97.25	1.43	1.27	0.6	38.89
33	98.52	97.96	56.7	0.01	6	26	130	286	4.21	4.09	1.41	3	6	0.004	0.72	13.08	0.108	0.23	0.22	0.33	0.65	0.81	0.47	0.58	96.26	96.03	2.26	1.93	0.65	77.26
30	98.7	97.96	42.6	0.017	8	8	40	88	4.33	4.26	0.45	0.96	6	0.01	1.13	20.68	0.022	0.047	0.1	0.15	0.4	0.51	0.46	0.57	97.27	96.84	1.43	1.12	0.6	32.52
58	98.56	97.96	96.2	0.006	12	12	60	132	4.3	4.21	0.66	1.43	6	0.0062	0.89	16.33	0.041	0.087	0.14	0.2	0.49	0.61	0.43	0.55	97.28	96.68	1.28	1.28	0.6	73.87
34	97.96	97.06	82.8	0.011	10	56	280	617	4.09	3.93	2.94	6.22	6	0.0025	0.57	10.34	0.285	0.602	0.37	0.56	0.86	1.05	0.49	0.6	96	95.79	1.96	1.27	0.65	86.75
48	97.68	97.6	45.2	0.002	9	9	45	99	4.32	4.24	0.5	1.08	6	0.012	1.24	22.65	0.022	0.048	0.1	0.15	0.41	0.51	0.5	0.64	96.48	95.94	1.2	1.66	0.6	38.81
49	97.09	97.6	58.4	-0.009	6	6	30	66	4.35	4.29	0.34	0.73	4	0.0074	0.74	6.03	0.056	0.121	0.16	0.23	0.54	0.67	0.4	0.5	96.06	95.63	1.03	1.97	0.65	56.95
46	98.42	97.6	75.7	0.011	11	11	55	121	4.31	4.22	0.61	1.31	6	0.012	1.24	22.65	0.027	0.058	0.11	0.16	0.43	0.54	0.53	0.67	97.14	96.23	1.28	1.37	0.6	60.09
47	97.6	97.06	58.3	0.009	4	30	150	331	4.19	4.06	1.62	3.45	6	0.0023	0.54	9.92	0.163	0.348	0.27	0.41	0.74	0.91	0.4	0.49	95.6	95.46	2	1.6	0.6	62.88
35	97.06	96.62	41	0.011	4	90	450	992	4	3.8	4.62	9.69	8	0.0011	0.45	14.77	0.313	0.656	0.38	0.59	0.88	1.07	0.4	0.48	95.41	95.37	1.65	1.25	0.6	35.65
36	96.62	97.23	60.2	-0.01	11	101	505	1113	3.97	3.77	5.16	10.8	8	0.001	0.43	14.08	0.366	0.766	0.42	0.66	0.92	1.1	0.4	0.47	95.34	95.28	1.28	1.95	0.65	63.2
37	97.23	98.16	55.8	-0.017	7	108	540	1190	3.96	3.75	5.49	11.5	8	0.001	0.43	14.08	0.39	0.815	0.43	0.69	0.94	1.11	0.4	0.48	95.25	95.19	1.98	2.97	0.7	96.62
19	98.16	97.74	44.9	0.009	3	111	555	1223	3.95	3.74	5.63	11.8	8	0.0012	0.48	15.42	0.365	0.763	0.42	0.65	0.92	1.1	0.44	0.53	95.16	95.11	3	2.63	0.7	88.5
55	96.82	97.01	50.2	-0.004	10	10	50	110	4.31	4.23	0.55	1.2	6	0.008	1.01	18.49	0.03	0.065	0.12	0.17	0.45	0.56	0.45	0.57	95.79	95.39	1.03	1.62	0.6	39.95
56	97.01	97.74	73.1	-0.01	10	20	100	220	4.24	4.13	1.09	2.34	6	0.0031	0.63	11.51	0.095	0.203	0.21	0.31	0.63	0.78	0.4	0.49	95.36	95.13	1.65	2.61	0.65	101.2
20	97.74	97.68	45.2	0.001	2	131	655	1443	3.91	3.69	6.58	13.7	8	0.0012	0.48	15.42	0.427	0.888	0.46	0.73	0.96	1.13	0.46	0.54	95.08	95.02	2.66	2.66	0.65	78.15
57	97.08	97.68	62.2	-0.01	6	6	30	66	4.35	4.29	0.34	0.73	6	0.0064	1.04	18.95	0.018	0.038	0.09	0.13	0.38	0.48	0.4	0.5	95.88	95.36	1.2	2.32	0.65	71.18
21	97.68	97.63	27.7	0.002	3	140	700	1543	3.89	3.67	7.01	14.6	8	0.0016	0.55	17.81	0.393	0.817	0.44	0.69	0.94	1.12	0.52	0.61	94.97	94.93	2.71	2.7	0.65	48.71
22	97.63	96.9	80.5	0.009	3	143	715	1576	3.89	3.66	7.15	14.8	8	0.0024	0.67	21.81	0.328	0.68	0.39	0.61	0.89	1.08	0.6	0.72	94.9	94.71	2.73	2.19	0.65	128.8
23	96.9	96.81	90.3	1E-03	3	146	730	1609	3.88	3.66	7.29	15.1	8	0.0024	0.67	21.81	0.334	0.693	0.4	0.61	0.9	1.08	0.6	0.72	94.68	94.46	2.22	2.35	0.65	134.2

Fuente: elaboración propia.

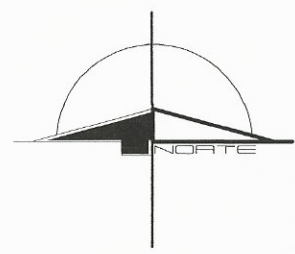
Tabla III. Diseño de la red de alcantarillado sanitario continuación

DE PV A	COTAS TERRE/DH		S% TERRE/DH	No. DE CASAS	HAB. SERVIR/H		Qd (L/s)		S% TUB	SECC. LLENA VEL (m/Q.L/s)	Relación Q/O		Relación d/D		Rel. de Velocidad		COTAS INVER		PROF. POZO ANCH/EXC											
	INICIO	FINAL			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.			ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.		ACT.	FUT.	INICIO	FINAL							
24	96.81	96.58	44	0.005	3	224	1120	2468	3.77	3.51	10.8	22.3	8	0.005	0.97	31.48	0.345	0.708	0.4	0.62	0.91	1.08	0.88	1.05	94.41	94.19	2.4	2.39	0.65	68.53
9 salida	96.58	96.78	19.1	-0.01	0	290	1450	3195	3.69	3.42	13.8	28.1	8	0.005	0.97	31.48	0.437	0.892	0.46	0.74	0.97	1.13	0.94	1.1	94.16	94.06	2.42	2.72	0.65	31.89

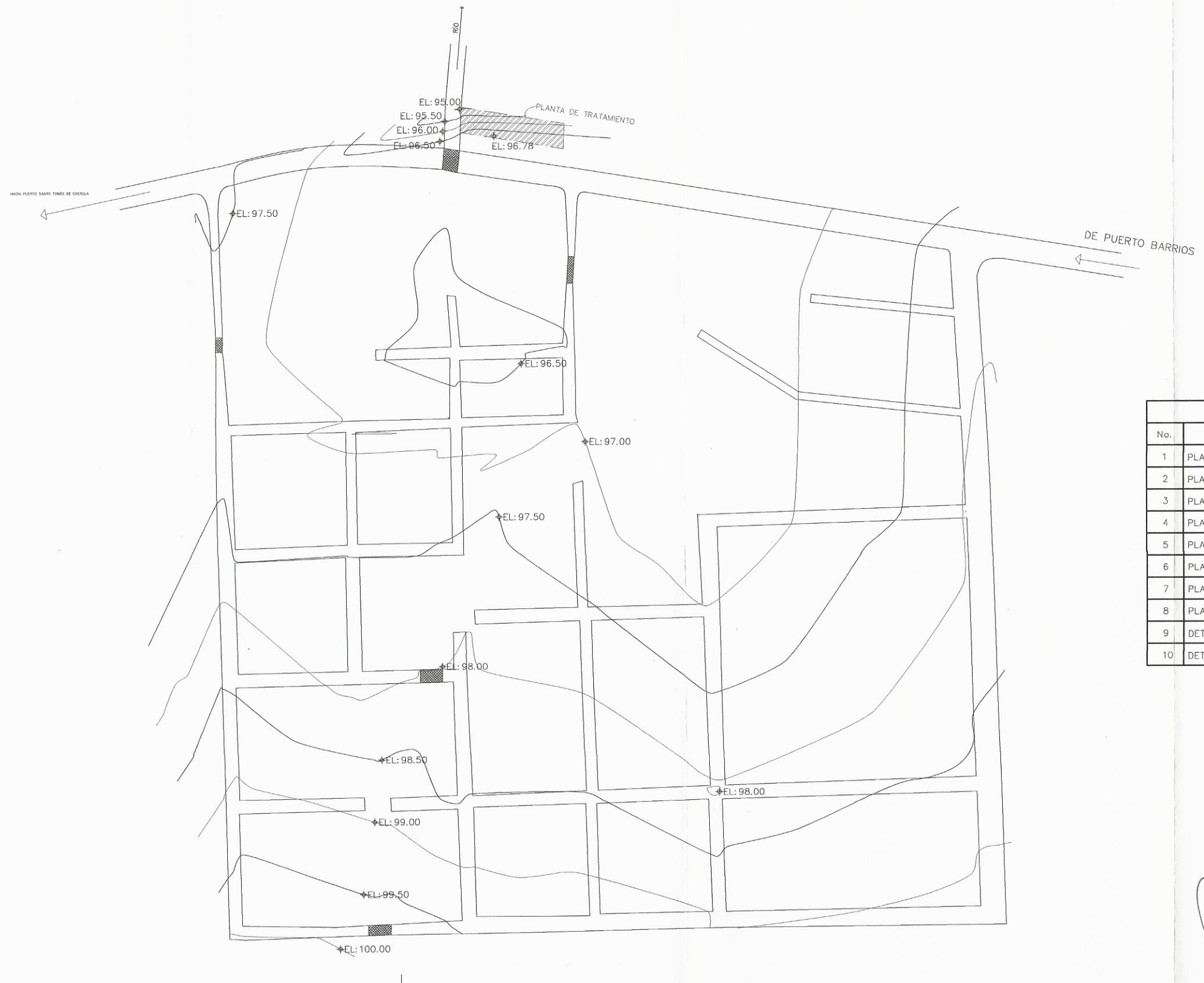
Fuente: elaboración propia.

DE PV	A PV	COTAS TERRENO		DH	S%	No. DE CASAS	ACUMULADO	HAB. SERVIR		FH	Od (L/s)	d.	S(%)	SECC. LLENA		Relación q/Q		Relación d/D		Rel. de Velocidad		Velocidad (m/s)		COTAS INVERT		PROF. POZO		ANCHO ZANJA	EXC		
		INICIO	FINAL					(m)	TERRENO					LOCAL	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.	FUT.	ACT.			FUT.	INICIO
1	2	99.93	99.14	55.4	0.0143	7	7	35	77	4.344	4.27	0.391	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.0457	0.1	0.145	0.4	0.51	0.405	0.511	98.5	98.06	1.43	1.08	0.6	41.78
43	2	98.93	99.14	54.1	-0.004	7	7	35	77	4.344	4.27	0.391	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.0457	0.1	0.145	0.4	0.51	0.405	0.511	97.78	97.35	1.15	1.79	0.6	47.78
2	3	99.14	98.4	57.4	0.0129	6	19	95	209	4.25	4.14	1.038	2.22	6	0.011	1.19	21.68	0.048	0.1026	0.148	0.216	0.51	0.64	0.61	0.766	97.32	96.89	1.82	1.71	0.6	60.88
42	3	97.98	98.4	83	-0.005	11	11	55	121	4.306	4.22	0.609	1.31	6	0.0086	1.05	18.17	0.032	0.0685	0.122	0.177	0.45	0.57	0.477	0.6	96.83	96.12	1.15	2.28	0.65	92.59
3	4	98.4	97.61	57	0.0138	7	37	186	408	4.16	4.02	1.978	4.21	6	0.006	0.88	16.01	0.124	0.2632	0.237	0.35	0.68	0.84	0.598	0.742	96.09	95.74	2.31	1.87	0.65	77.48
4	5	97.61	97.16	57.2	0.0079	9	46	230	507	4.125	3.97	2.438	5.17	6	0.0053	0.82	15.05	0.162	0.3438	0.272	0.404	0.74	0.91	0.603	0.743	95.71	95.41	1.9	1.75	0.65	67.72
5	6	97.16	97.36	64.7	-0.003	9	55	275	606	4.094	3.93	2.894	6.12	6	0.0027	0.59	10.74	0.269	0.5689	0.354	0.54	0.85	1.03	0.5	0.609	95.38	95.21	1.78	2.15	0.65	82.59
6	7	97.36	97.61	41.5	-0.006	4	59	295	650	4.082	3.91	3.094	6.54	6	0.0025	0.57	10.34	0.299	0.6322	0.375	0.576	0.87	1.06	0.498	0.603	95.18	95.07	2.18	2.54	0.65	63.61
7	8	97.61	96.92	55.9	0.0124	2	61	305	672	4.075	3.9	3.194	6.74	6	0.0045	0.76	13.87	0.23	0.4862	0.326	0.491	0.81	0.99	0.617	0.764	95.04	94.79	2.57	2.13	0.65	85.25
8	9	96.92	96.58	64.4	0.0053	5	66	330	727	4.06	3.89	3.444	7.25	8	0.005	0.97	31.48	0.109	0.2306	0.223	0.326	0.66	0.81	0.636	0.788	94.74	94.42	2.18	2.16	0.6	83.75
26	26	97.78	97.36	49.8	0.0084	7	7	35	77	4.344	4.27	0.391	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.0457	0.1	0.145	0.4	0.51	0.405	0.511	96.6	96.2	1.18	1.16	0.6	34.91
39	26	97.47	97.36	49.6	0.0022	5	5	25	55	4.367	4.31	0.281	0.61	4	0.01	0.86	7.01	0.04	0.0868	0.136	0.199	0.49	0.61	0.418	0.527	96.37	95.87	1.1	1.49	0.6	38.48
40	26	97.59	97.36	44.8	0.0051	4	4	20	44	4.38	4.33	0.225	0.49	4	0.012	0.95	7.68	0.029	0.0637	0.117	0.171	0.44	0.56	0.421	0.532	96.49	95.95	1.1	1.41	0.6	33.71
26	27	97.36	96.87	56.5	0.0087	7	23	115	253	4.226	4.11	1.249	2.67	6	0.0031	0.83	11.51	0.109	0.2321	0.222	0.327	0.65	0.81	0.412	0.512	95.82	95.65	1.54	1.22	0.6	46.72
38	27	97.15	96.87	47.3	0.0059	5	5	25	55	4.367	4.31	0.281	0.61	4	0.01	0.86	7.01	0.04	0.0868	0.136	0.199	0.49	0.61	0.418	0.527	96.05	95.98	1.1	1.29	0.6	33.98
27	28	96.87	96.8	47.3	0.0015	5	33	165	364	4.177	4.04	1.771	3.78	6	0.0068	0.93	17.05	0.104	0.2217	0.217	0.319	0.66	0.8	0.6	0.746	95.53	95.2	1.34	1.6	0.6	41.71
41	28	97.44	96.8	47.7	0.0134	7	7	35	77	4.344	4.27	0.391	0.85	6	0.008	1.01	18.49	0.021	0.0457	0.1	0.145	0.4	0.51	0.405	0.511	96.01	95.63	1.43	1.17	0.6	37.23
28	29	96.8	96.91	51.1	-0.002	6	46	230	507	4.125	3.97	2.438	5.17	6	0.003	0.82	11.32	0.215	0.4571	0.315	0.474	0.8	0.98	0.494	0.606	95.17	95.02	1.63	1.89	0.65	58.31
29	52	96.9	96.52	30.9	0.0123	3	49	245	540	4.115	3.96	2.591	5.48	6	0.003	0.82	11.32	0.229	0.4651	0.325	0.491	0.81	0.99	0.503	0.615	94.98	94.89	1.92	1.63	0.65	35.56
50	51	96.51	96.3	35.3	0.0059	6	6	30	66	4.355	4.29	0.336	0.73	4	0.009	0.82	6.65	0.05	0.1094	0.162	0.223	0.52	0.66	0.427	0.538	96.44	96.12	1.07	1.18	0.6	23.82
54	51	96.34	96.3	23.8	0.0017	6	6	30	66	4.355	4.29	0.336	0.73	4	0.009	0.82	6.65	0.05	0.1094	0.162	0.223	0.52	0.66	0.427	0.538	96.31	96.1	1.03	1.2	0.6	16.96
53	51	96.76	96.3	26.3	0.0175	3	3	15	33	4.396	4.35	0.169	0.37	4	0.0145	1.04	8.44	0.02	0.0437	0.098	0.142	0.4	0.5	0.412	0.52	95.66	95.28	1.1	1.02	0.6	16.76
51	52	96.3	96.52	51.2	-0.004	6	21	105	231	4.238	4.12	1.144	2.45	6	0.0032	0.64	11.7	0.098	0.2093	0.211	0.31	0.63	0.79	0.406	0.506	95.05	94.88	1.25	1.64	0.6	44.46
52	24	96.52	96.81	71.5	-0.004	5	76	375	826	4.035	3.85	3.889	8.18	6	0.0036	0.68	12.41	0.313	0.6689	0.384	0.592	0.88	1.07	0.601	0.726	94.85	94.59	1.67	2.22	0.65	90.21
12	13	99.95	99.46	95.4	0.0051	14	14	70	154	4.283	4.19	0.77	1.66	6	0.0051	0.81	14.82	0.052	0.1118	0.154	0.225	0.53	0.66	0.425	0.534	98.77	98.28	1.18	1.18	0.6	67.55
13	14	99.46	99.15	79.7	0.0039	9	23	115	253	4.226	4.11	1.249	2.67	6	0.0039	0.71	12.89	0.097	0.2073	0.21	0.308	0.63	0.79	0.449	0.559	98.25	97.94	1.21	1.21	0.6	57.86
14	15	99.15	99.01	80.1	0.0017	9	32	160	353	4.182	4.05	1.742	3.67	6	0.0025	0.57	10.34	0.166	0.3551	0.275	0.411	0.74	0.91	0.422	0.521	97.91	97.71	1.24	1.3	0.6	61.06
15	16	99.01	99.26	69.1	-0.004	8	40	200	441	4.148	4	2.132	4.54	6	0.002	0.51	8.25	0.23	0.4903	0.325	0.494	0.81	0.99	0.414	0.507	97.68	97.54	1.33	1.72	0.6	63.17
16	18	99.26	98.44	86.7	0.0095	5	45	225	496	4.129	3.98	2.388	5.07	6	0.007	0.95	17.3	0.138	0.293	0.25	0.37	0.7	0.87	0.666	0.824	97.51	96.9	1.75	1.54	0.6	85.46
18	19	98.44	98.16	96.7	0.0029	5	50	250	551	4.111	3.95	2.641	5.6	6	0.0025	0.57	10.34	0.255	0.5413	0.344	0.524	0.84	1.02	0.476	0.581	96.87	96.63	1.67	1.63	0.6	89.75
44	32	99.41	98.52	52.4	0.017	3	3	15	33	4.396	4.35	0.169	0.37	4	0.013	0.99	9	0.021	0.0461	0.1	0.146	0.4	0.51	0.397	0.503	97.98	97.3	1.43	1.22	0.6	41.72
31	32	98.07	98.52	69.8	-0.006	7	7	35	77	4.344	4.27	0.391	0.85	4	0.0085	0.7	5.65	0.069	0.1497	0.178	0.261	0.57	0.72	0.402	0.503	97.04	96.59	1.03	1.93	0.65	67.21
32	33	98.52	98.52	57.1	0	5	15	75	165	4.276	4.18	0.824	1.77	6	0.004	0.72	13.08	0.063	0.1354	0.17	0.248	0.56	0.7	0.402	0.502	96.54	96.31	1.98	2.21	0.65	77.79
45	33	98.16	98.52	48	0.0133	5	5	25	55	4.367	4.31	0.281	0.61	4	0.01	0.86	7.01	0.04	0.0868	0.136	0.199	0.49	0.61	0.418	0.527	97.73	97.25	1.43	1.27	0.6	38.89
33	34	98.52	97.96	56.7	0.0099	6	26	130	286	4.211	4.09	1.407	3	6	0.004	0.72	13.08	0.108	0.2297	0.221	0.325	0.65	0.81	0.47	0.584	96.26	96.03	2.26	1.93	0.65	77.26
30	34	98.7	97.96	42.5	0.0174	8	8	40	88	4.333	4.26	0.445	0.96	6	0.01	1.13	20.68	0.022	0.0466	0.101	0.146	0.4	0.51	0.456	0.574	97.27	96.84	1.43	1.12	0.6	32.52
58	34	98.56	97.96	96.2	0.0062	12	12	60	132	4.288	4.21	0.663	1.43	6	0.0062	0.89	16.33	0.041	0.0874	0.137	0.199	0.49	0.61	0.435	0.546	97.28	96.68	1.28	1.28	0.6	73.87
34	35	97.96	97.06	82.8	0.0109	10	56	280	617	4.091	3.93	2.944	6.22	6	0.0025	0.57	10.34	0.265	0.602	0.365	0.559	0.86	1.05	0.491	0.696	96	95.79	1.96	1.27	0.65	86.75
48	47	97.68	97.5	45.2	0.0018	9	9	45	99	4.324	4.24	0.5	1.08	6	0.012	1.24	22.65	0.022	0.0477	0.102	0.148	0.41	0.51	0.504	0.636	96.48	96.94	1.2	1.66	0.6	38.81
49	47	97.09	97.5	58.4	-0.009	6	6	30	66	4.365	4.29	0.336	0.73	4	0.0074	0.74	6.03	0.056	0.1206	0.16	0.234	0.54	0.67	0.398	0.499	96.06	95.63	1.03	1.97	0.65	66.95
46	47	98.42	97.6	75.7	0.0108	11	11	55	121	4.306	4.22	0.609	1.31	6	0.012	1.24	22.65	0.027	0.0579	0.112	0.163	0.43	0.								

Plan	N	ELEVACION	DESCRIPCION
1	1000.00	1000.00	ESTACION 1
2	1000.00	1000.00	Centro sude
3	1000.00	1000.00	Centro sude
4	1000.00	1000.00	Centro sude
5	1000.00	1000.00	Centro sude
6	1000.00	1000.00	Centro sude
7	1000.00	1000.00	Centro sude
8	1000.00	1000.00	Centro sude
9	1000.00	1000.00	Centro sude
10	1000.00	1000.00	Centro sude
11	1000.00	1000.00	Centro sude
12	1000.00	1000.00	Centro sude
13	1000.00	1000.00	Centro sude
14	1000.00	1000.00	Centro sude
15	1000.00	1000.00	Centro sude
16	1000.00	1000.00	Centro sude
17	1000.00	1000.00	Centro sude
18	1000.00	1000.00	Centro sude
19	1000.00	1000.00	Centro sude
20	1000.00	1000.00	Centro sude
21	1000.00	1000.00	Centro sude
22	1000.00	1000.00	Centro sude
23	1000.00	1000.00	Centro sude
24	1000.00	1000.00	Centro sude
25	1000.00	1000.00	Centro sude
26	1000.00	1000.00	Centro sude
27	1000.00	1000.00	Centro sude
28	1000.00	1000.00	Centro sude
29	1000.00	1000.00	Centro sude
30	1000.00	1000.00	Centro sude
31	1000.00	1000.00	Centro sude
32	1000.00	1000.00	Centro sude
33	1000.00	1000.00	Centro sude
34	1000.00	1000.00	Centro sude
35	1000.00	1000.00	Centro sude
36	1000.00	1000.00	Centro sude
37	1000.00	1000.00	Centro sude
38	1000.00	1000.00	Centro sude
39	1000.00	1000.00	Centro sude
40	1000.00	1000.00	Centro sude
41	1000.00	1000.00	Centro sude
42	1000.00	1000.00	Centro sude
43	1000.00	1000.00	Centro sude
44	1000.00	1000.00	Centro sude
45	1000.00	1000.00	Centro sude
46	1000.00	1000.00	Centro sude
47	1000.00	1000.00	Centro sude
48	1000.00	1000.00	Centro sude
49	1000.00	1000.00	Centro sude
50	1000.00	1000.00	Centro sude
51	1000.00	1000.00	Centro sude
52	1000.00	1000.00	Centro sude
53	1000.00	1000.00	Centro sude
54	1000.00	1000.00	Centro sude
55	1000.00	1000.00	Centro sude
56	1000.00	1000.00	Centro sude
57	1000.00	1000.00	Centro sude
58	1000.00	1000.00	Centro sude
59	1000.00	1000.00	Centro sude
60	1000.00	1000.00	Centro sude
61	1000.00	1000.00	Centro sude
62	1000.00	1000.00	Centro sude
63	1000.00	1000.00	Centro sude
64	1000.00	1000.00	Centro sude
65	1000.00	1000.00	Centro sude
66	1000.00	1000.00	Centro sude
67	1000.00	1000.00	Centro sude
68	1000.00	1000.00	Centro sude
69	1000.00	1000.00	Centro sude
70	1000.00	1000.00	Centro sude
71	1000.00	1000.00	Centro sude
72	1000.00	1000.00	Centro sude
73	1000.00	1000.00	Centro sude
74	1000.00	1000.00	Centro sude
75	1000.00	1000.00	Centro sude
76	1000.00	1000.00	Centro sude
77	1000.00	1000.00	Centro sude
78	1000.00	1000.00	Centro sude
79	1000.00	1000.00	Centro sude
80	1000.00	1000.00	Centro sude
81	1000.00	1000.00	Centro sude
82	1000.00	1000.00	Centro sude
83	1000.00	1000.00	Centro sude
84	1000.00	1000.00	Centro sude
85	1000.00	1000.00	Centro sude
86	1000.00	1000.00	Centro sude
87	1000.00	1000.00	Centro sude
88	1000.00	1000.00	Centro sude
89	1000.00	1000.00	Centro sude
90	1000.00	1000.00	Centro sude
91	1000.00	1000.00	Centro sude
92	1000.00	1000.00	Centro sude
93	1000.00	1000.00	Centro sude
94	1000.00	1000.00	Centro sude
95	1000.00	1000.00	Centro sude
96	1000.00	1000.00	Centro sude
97	1000.00	1000.00	Centro sude
98	1000.00	1000.00	Centro sude
99	1000.00	1000.00	Centro sude
100	1000.00	1000.00	Centro sude
101	1000.00	1000.00	Centro sude
102	1000.00	1000.00	Centro sude
103	1000.00	1000.00	Centro sude
104	1000.00	1000.00	Centro sude
105	1000.00	1000.00	Centro sude
106	1000.00	1000.00	Centro sude
107	1000.00	1000.00	Centro sude
108	1000.00	1000.00	Centro sude
109	1000.00	1000.00	Centro sude
110	1000.00	1000.00	Centro sude
111	1000.00	1000.00	Centro sude
112	1000.00	1000.00	Centro sude
113	1000.00	1000.00	Centro sude
114	1000.00	1000.00	Centro sude
115	1000.00	1000.00	Centro sude
116	1000.00	1000.00	Centro sude
117	1000.00	1000.00	Centro sude
118	1000.00	1000.00	Centro sude
119	1000.00	1000.00	Centro sude
120	1000.00	1000.00	Centro sude
121	1000.00	1000.00	Centro sude
122	1000.00	1000.00	Centro sude
123	1000.00	1000.00	Centro sude
124	1000.00	1000.00	Centro sude
125	1000.00	1000.00	Centro sude
126	1000.00	1000.00	Centro sude
127	1000.00	1000.00	Centro sude
128	1000.00	1000.00	Centro sude
129	1000.00	1000.00	Centro sude
130	1000.00	1000.00	Centro sude
131	1000.00	1000.00	Centro sude
132	1000.00	1000.00	Centro sude
133	1000.00	1000.00	Centro sude
134	1000.00	1000.00	Centro sude
135	1000.00	1000.00	Centro sude
136	1000.00	1000.00	Centro sude
137	1000.00	1000.00	Centro sude
138	1000.00	1000.00	Centro sude
139	1000.00	1000.00	Centro sude
140	1000.00	1000.00	Centro sude
141	1000.00	1000.00	Centro sude
142	1000.00	1000.00	Centro sude
143	1000.00	1000.00	Centro sude
144	1000.00	1000.00	Centro sude
145	1000.00	1000.00	Centro sude




NOMENCLATURA	
○	ELEVACION (m)
▣	ESTRUCTURA PUENTE
▨	PLANTA DE TRATAMIENTO



LISTADO DE PLANOS	
No.	DESCRIPCION
1	PLANTA CURVAS DE NIVEL
2	PLANTA DENSIDAD DE VIVENDA
3	PLANTA GENERAL DEL SISTEMA
4	PLANTA PERFIL DEL SISTEMA, SECTOR NOR-OCCIDENTE
5	PLANTA PERFIL DEL SISTEMA, SECTOR CENTRAL 1
6	PLANTA PERFIL DEL SISTEMA, SECTOR SUR Y ESTE
7	PLANTA PERFIL DEL SISTEMA, SECTOR CENTRAL 2
8	PLANTA PERFIL DEL SISTEMA, SECTOR NOR-ORIENTE
9	DETALLES POZO DE VISITA
10	DETALLES CAJA DE REGISTRO

PLANTA CURVAS DE NIVEL

ESCALA 1/2000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

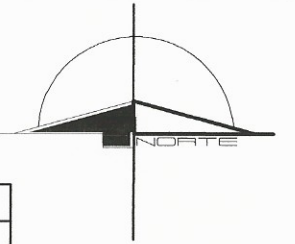
RECTORIA DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Ing. Silvio Rodríguez Serrano
ASESOR SUPERVISOR DE EPS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

FECHA: MAYO 2015	PROYECTO: RECONSTRUCCION DEL SANITARIO COLONIA PIEDRAS NEGRAS
ESCALA: INDICADA	UBICACION: PUEBLO SANCTI TOMAS DE CASTILLA
PREPAREDADO POR: ERIK CASTAÑEDA	AUTORIZADO POR: JOSÉ LÓPEZ
REVISADO POR: ERIK CASTAÑEDA	
VALIDADO POR: ERIK CASTAÑEDA	

CONTENIDO: PLANTA CURVAS DE NIVEL



NOMENCLATURA	
	DOMICILIO
	ESTRUCTURA PUENTE
	PLANTA DE TRATAMIENTO

HACIA PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA ←

← DE PUERTO BARRIOS



PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ALCANTARILLADO DEL CANTÓN COLONIA PIEDRAS NEGRAS
PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA

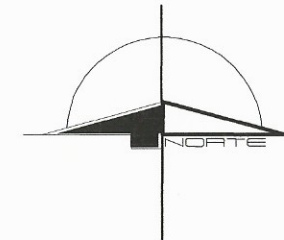
FECHA: MAYO 2015
ESCALA: INDICADA
PROYECTO: PUERTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA

ING. **Silvio Rodríguez Serrano** AUTORIDAD
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ING. SILVIO RODRÍGUEZ L.C. JOSÉ LÓPEZ

ERIK CASTAÑEDA
ERIK CASTAÑEDA
ERIK CASTAÑEDA

PLANTA DENSIDAD DE VIVIENDA

HOLIA 2/10



NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA
C.T.	COTA DEL TERRENO
○	CONEXIÓN DOMICILIAR
—	TUBERÍA PVC
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
▨	ESTRUCTURA PUENTE
▨	PLANTA DE TRATAMIENTO



PLANTA GENERAL DEL SISTEMA

ESCALA 1/2000

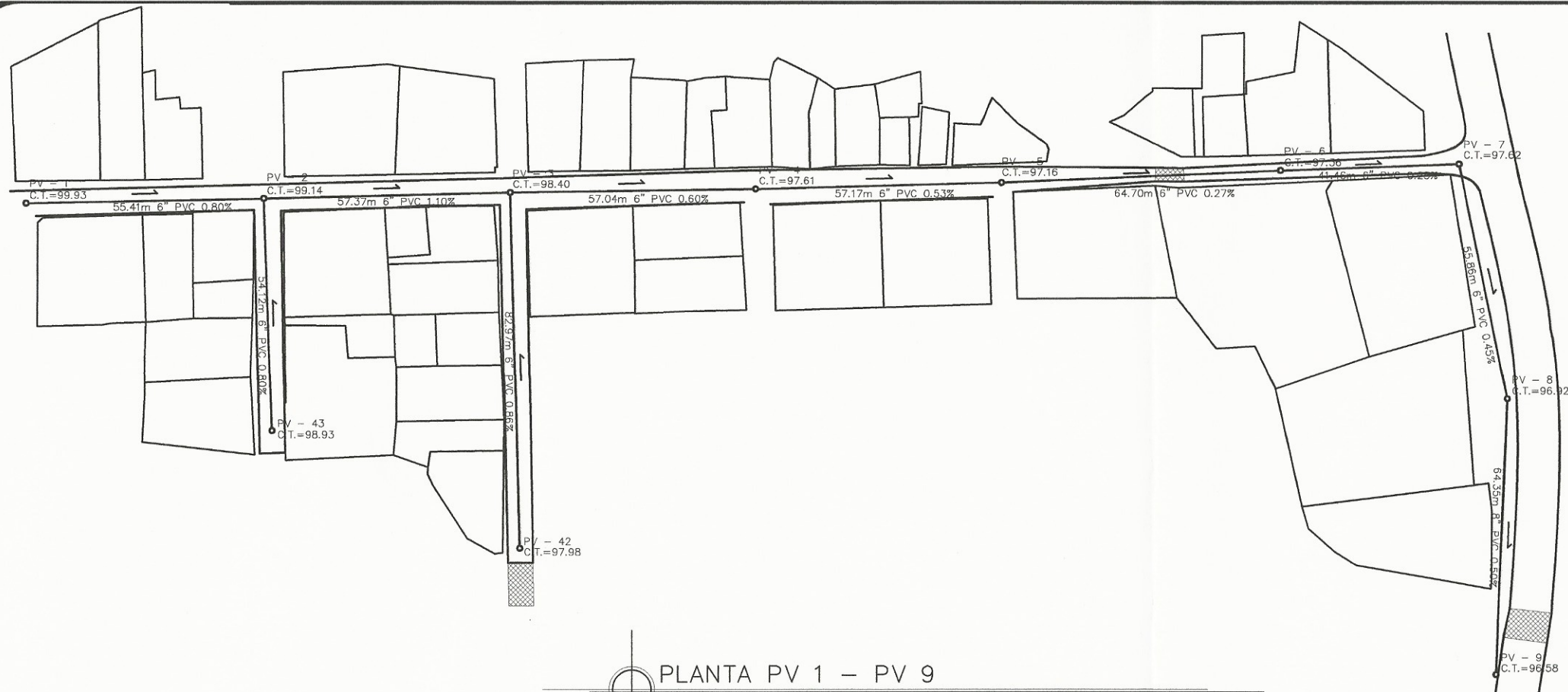


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ALCANTARILLADO SAN CARLOS DE GUATEMALA, CANTONIA PIEDRAS NEGRAS UBICACIÓN: PUEBLO SANTO TOMÁS DE CASTILLA	FECHA: MAYO 2005 ESCALA: INDICADA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO Ing. Silviano Rodríguez Serrano ASESOR - SUPERVISOR DE EPS	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS ING. SILVANO RODRIGUEZ LIC. JESSE LÓPEZ	
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO Ing. Erik Castañeda ASESOR - SUPERVISOR DE EPS	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS ING. ERIK CASTAÑEDA LIC. JESSE LÓPEZ	

PLANTA GENERAL DEL SISTEMA

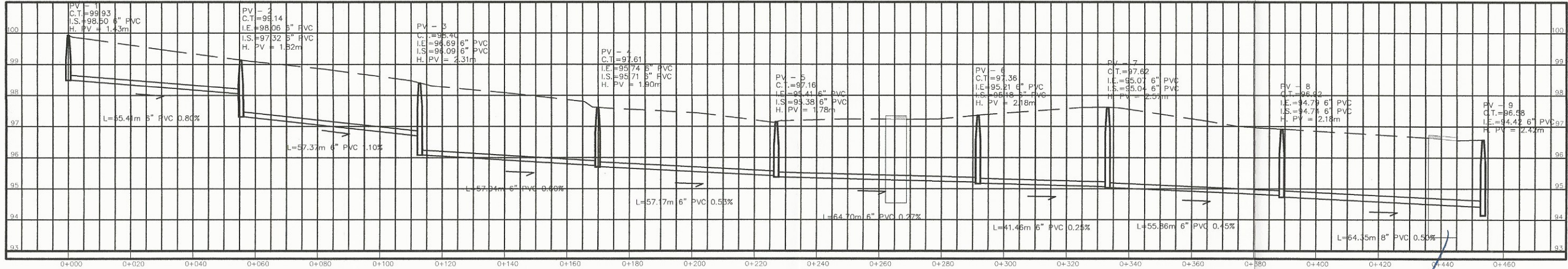
HOJA 3 / 10



NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA PLANTA
C.T.	COTA DE TERRENO
I.E.	COTA INVERT ENTRADA
I.S.	COTA INVERT SALIDA
H. PV	PROFUNDIDAD POZO VISITA
L	LONGITUD TUBERÍA PVC
C.T.	COTA DEL TERRENO
○	CONEXIÓN DOMICILIAR
—	TUBERÍA PVC
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
▨	PUENTE EN PLANTA
▨▨▨	PLANTA DE TRATAMIENTO
⊏	POZO DE VISITA PERFIL
—	SUPERFICIE DEL TERRENO
▨▨▨	PUENTE EN PERFIL

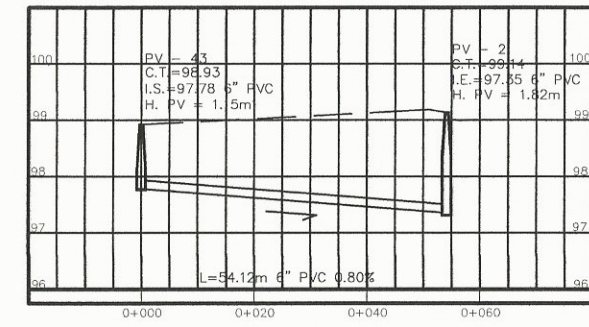
PLANTA PV 1 - PV 9

ESCALA 1/1500



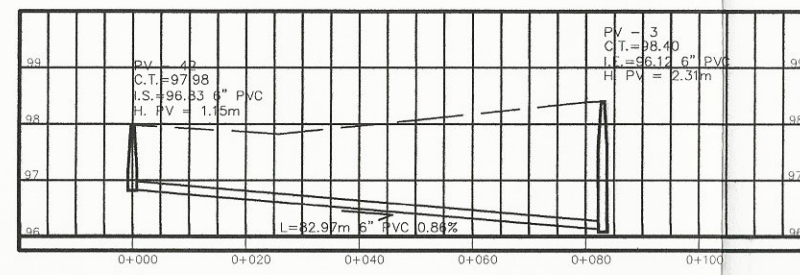
PERFIL PV 1 - PV 9

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 43 - PV 2

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 42 - PV 3

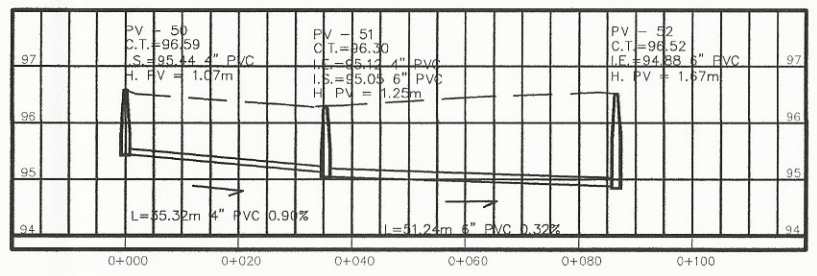
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 PROYECTO: ALCANTARILLADO DE LA ZONA DE CALONIA PIEDRAS NEGRAS
 FECHA: MAYO 2005
 ESCALA: INDICADA
 DISEÑO: PHO. SANTO TOMÁS DE CASTILLA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 ING. SILVIO RODRÍGUEZ
 ING. JOSÉ LÓPEZ
 Ing. ERIK CASTAÑEDA
 Ing. ERIK CASTAÑEDA
 Ing. ERIK CASTAÑEDA
 Ing. ERIK CASTAÑEDA
 PLANTA Nº DEL SISTEMA, SECTOR NOR-OCCIDENTE
 Hoja 4 de 10



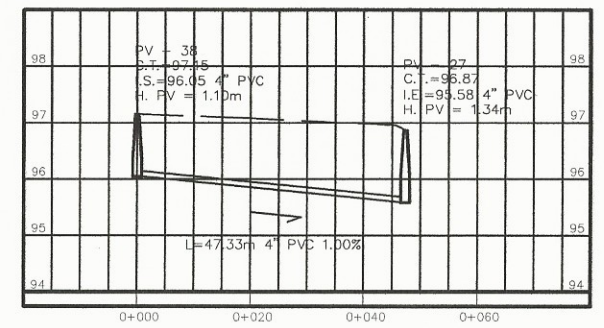
PLANTA PV 25 - PV 24

ESCALA 1/1500



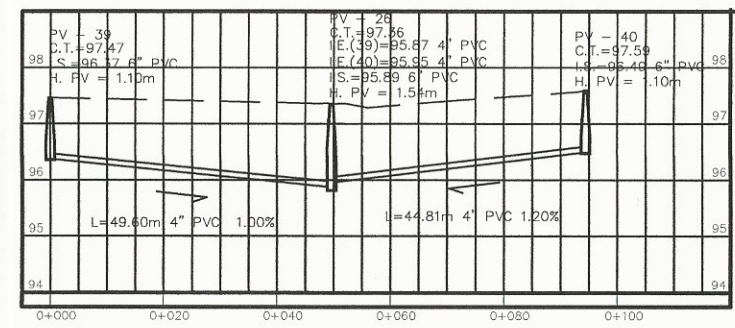
PERFIL PV 50, PV 51 - PV 52

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 38 - PV 27

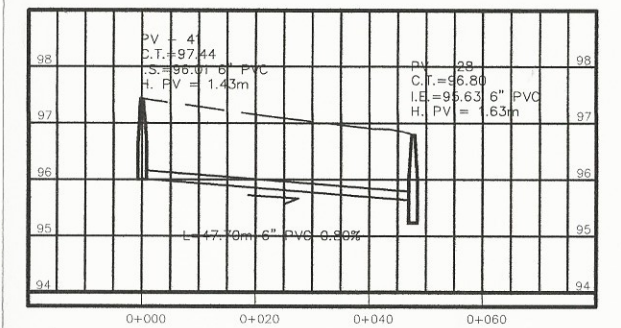
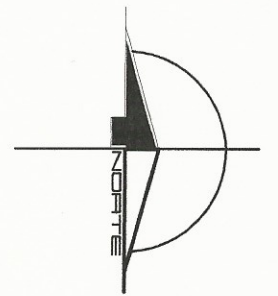
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 39, PV 40 - PV 3

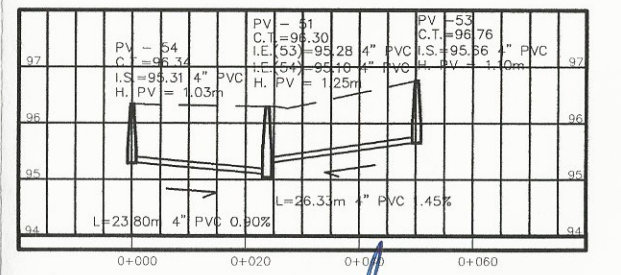
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA PLANTA
C.T.	COTA DE TERRENO
I.E.	COTA INVERT ENTRADA
I.S.	COTA INVERT SALIDA
H. PV	PROFUNDIDAD POZO VISITA
L	LONGITUD TUBERÍA PVC
C.T.	COTA DEL TERRENO
○	CONEXIÓN DOMICILIAR
—	TUBERÍA PVC
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
▬	PUENTE EN PLANTA
▨	PLANTA DE TRATAMIENTO
□	POZO DE VISITA PERFIL
—	SUPERFICIE DEL TERRENO
▨	PUENTE EN PERFIL



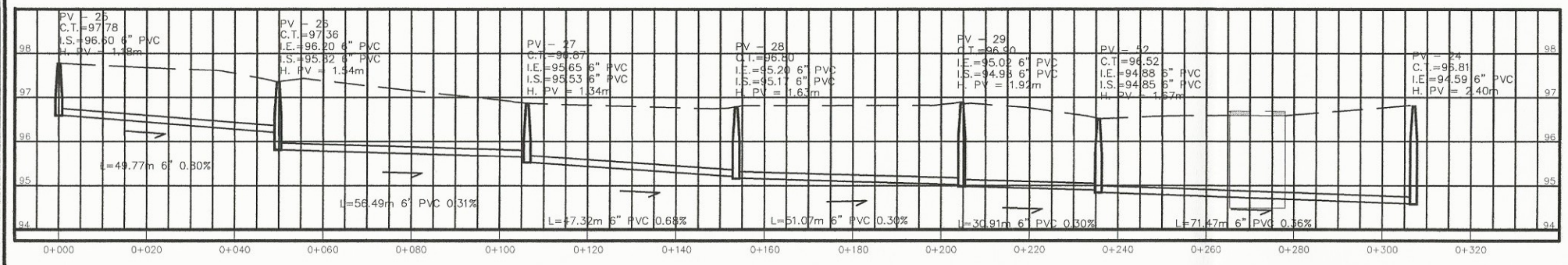
PERFIL PV 41 - PV 28

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 54, PV 53 - PV 51

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 25 - PV 24

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

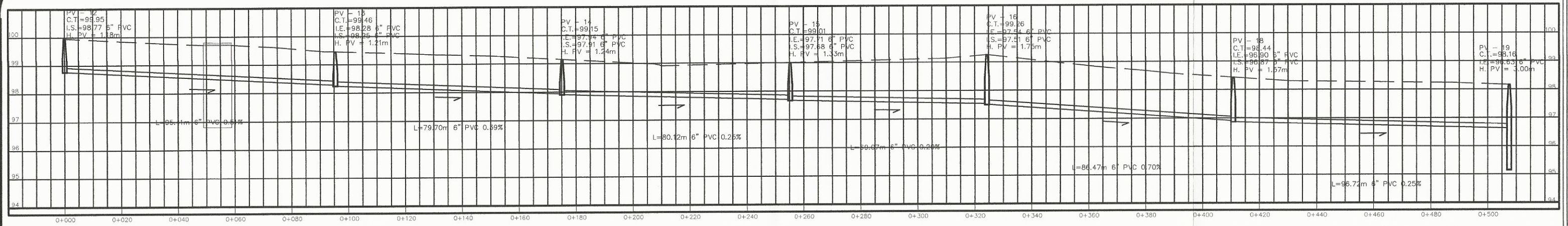
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: ALcantarillado sanitario COLONIA FLORES NEGRAS
FECHA: MAYO 2015
ESCALA: INDICADA
DISEÑO: PÉRO SANTO TOMÁS DE CASTILLA
COPROYECTOR: ERIK CASTAÑEDA
REVISOR: ERIK CASTAÑEDA
AUTORIDAD: ERIK CASTAÑEDA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y ERS
ING. SILVIO RODRIGUEZ
ING. JOSÉ LÓPEZ

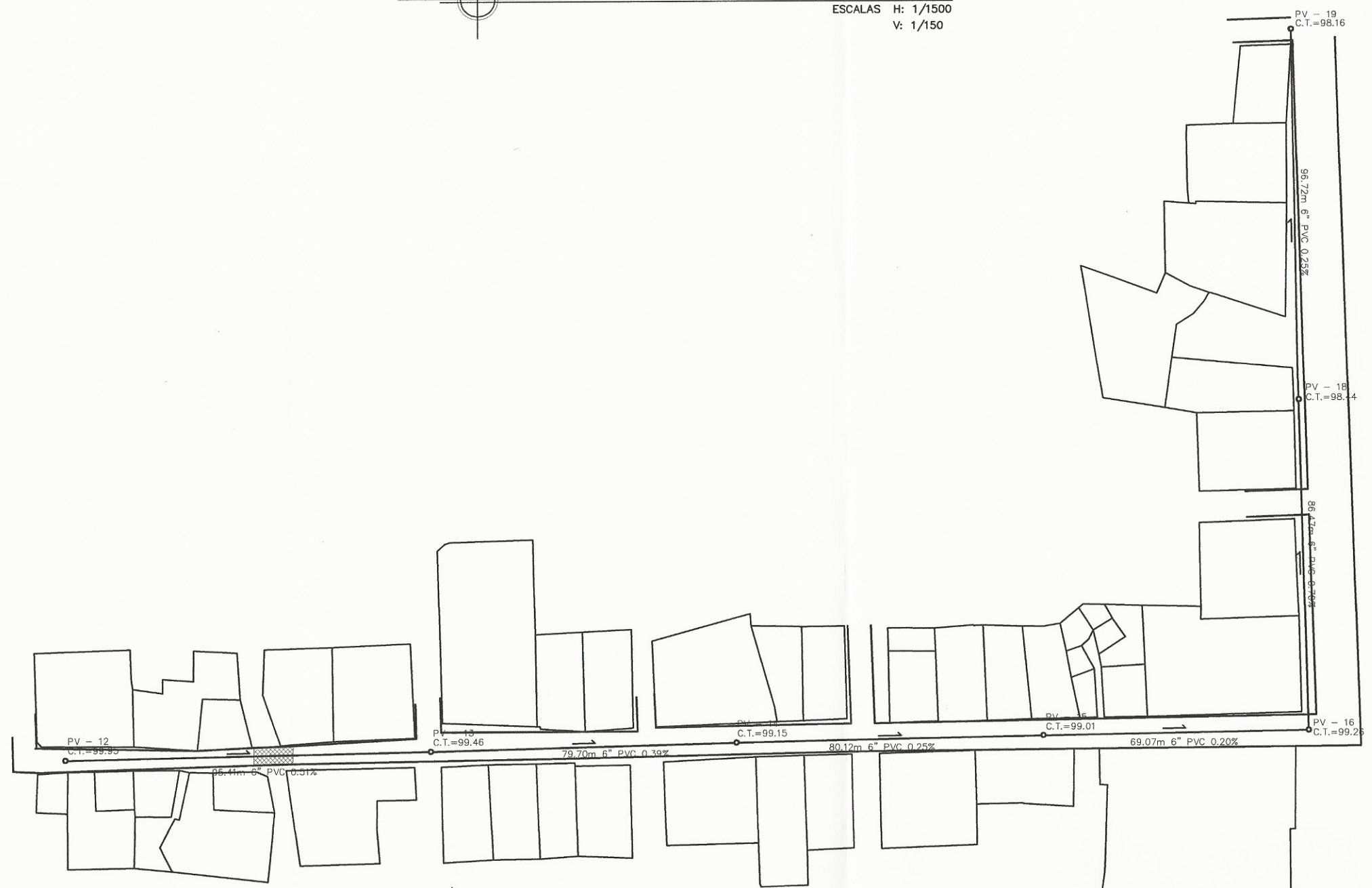
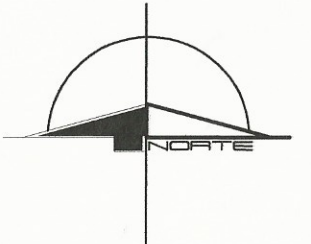
PLANTA DE VISITA DEL SISTEMA, SECTOR CENTRAL I

HOJA 5/10



PERFIL PV 12 - PV 19

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PLANTA PV 12 - PV 19

ESCALA 1/1500

NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA PLANTA
C.T.	COTA DE TERRENO
I.E.	COTA INVERT ENTRADA
I.S.	COTA INVERT SALIDA
H. PV	PROFUNDIDAD POZO VISITA
L	LONGITUD TUBERIA PVC
C.T.	COTA DEL TERRENO
○	CONEXIÓN DOMICILIAR
—	TUBERÍA PVC
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
▨	PUENTE EN PLANTA
▨	PLANTA DE TRATAMIENTO
□	POZO DE VISITA PERFIL
—	SUPERFICIE DEL TERRENO
▨	PUENTE EN PERFIL

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ALVARO ARIAS GONZALEZ COLONIA PIEDRAS NEGRAS
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISANDO

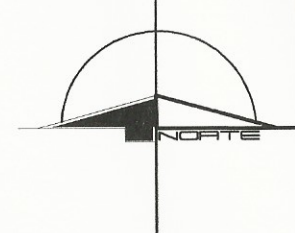
Ing. Silvestre Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

ING. SILVIO RODRIGUEZ
ING. ROSE LÓPEZ

FECHA: MAYO 2005
INDICADA
P.O. SANTO TOMÁS DE CASTILLA

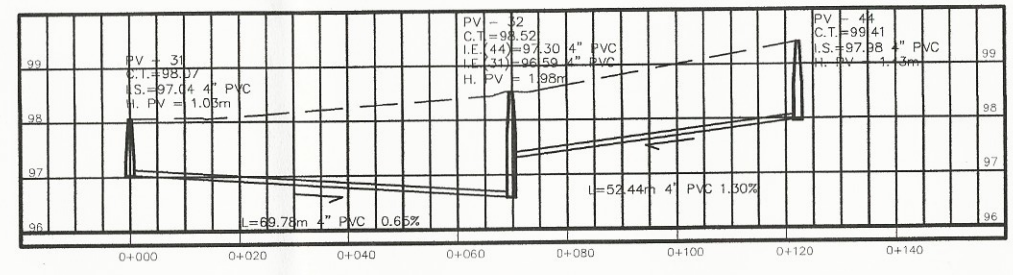
EPISGRAFIA:
ERIK CASTAÑEDA
ERIK CASTAÑEDA
ERIK CASTAÑEDA

HOJA 6 DE 10



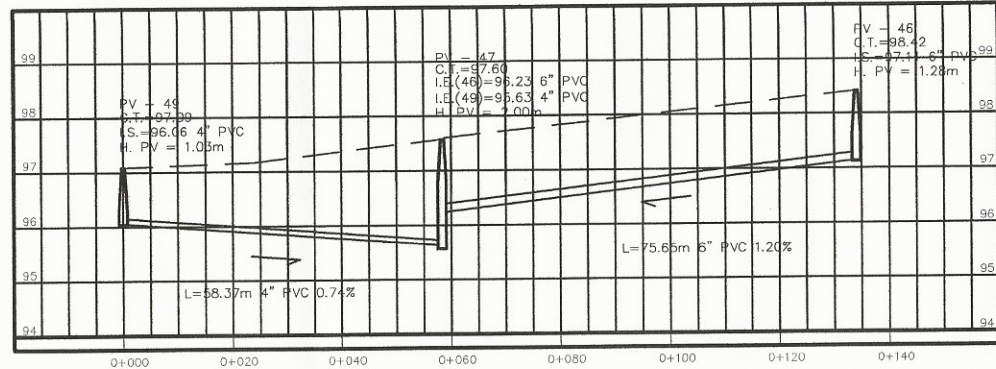
PLANTA PV 32 - PV 19

ESCALA 1/2000



PERFIL PV 31, PV 44 - PV 32

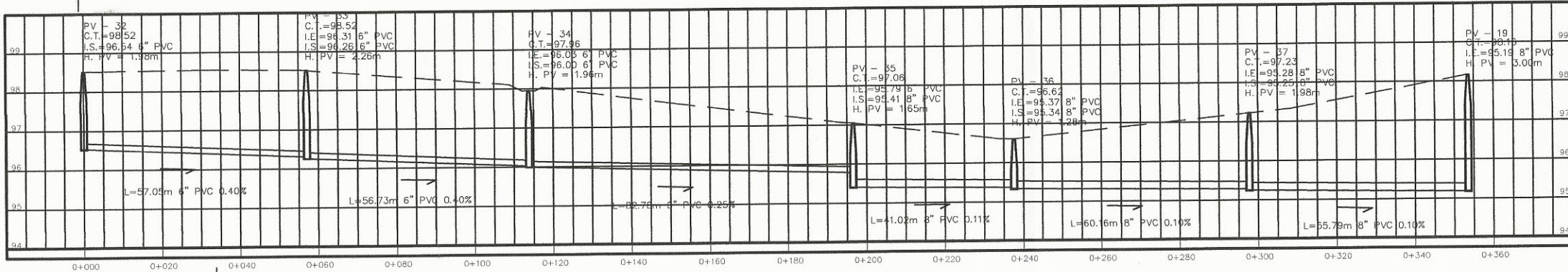
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 49, PV 46 - PV 47

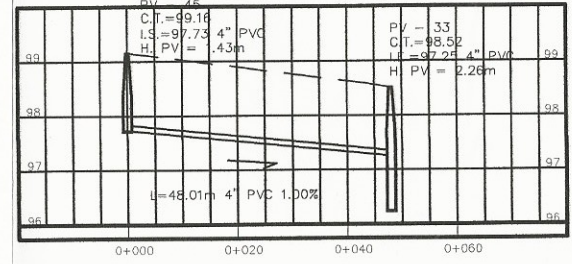
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA PLANTA
C.T.	COTA DE TERRENO
I.E.	COTA INVERT ENTRADA
I.S.	COTA INVERT SALIDA
H. PV	PROFUNDIDAD POZO VISITA
L	LONGITUD TUBERÍA PVC
C.T.	COTA DEL TERRENO
○	CONEXIÓN DOMICILIAR
—	TUBERÍA PVC
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
▒	PUENTE EN PLANTA
▒	PLANTA DE TRATAMIENTO
↑	POZO DE VISITA PERFIL
—	SUPERFICIE DEL TERRENO
▒	PUENTE EN PERFIL



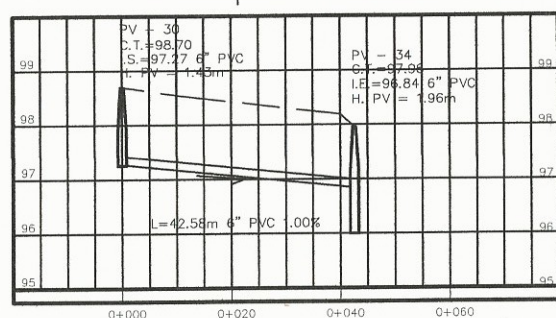
PERFIL PV 32 - PV 19

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



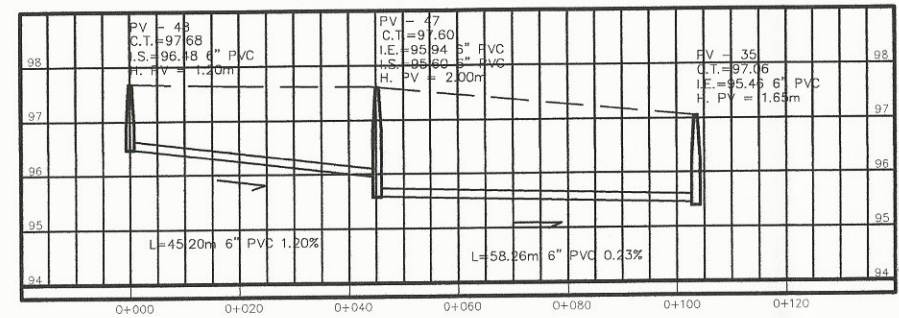
PERFIL PV 45 - PV 33

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



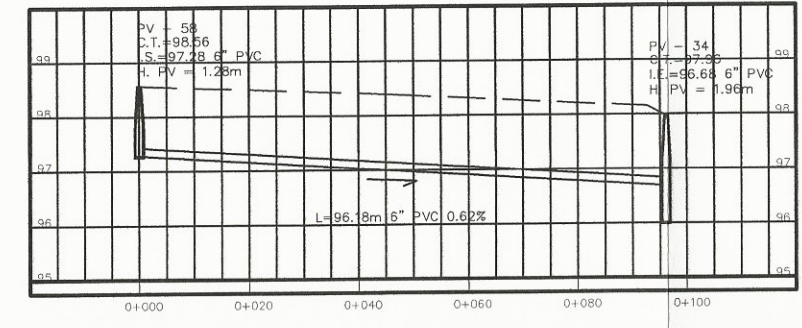
PERFIL PV 30 - PV 34

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 48, PV 47 - PV 35

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 58 - PV 34

ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

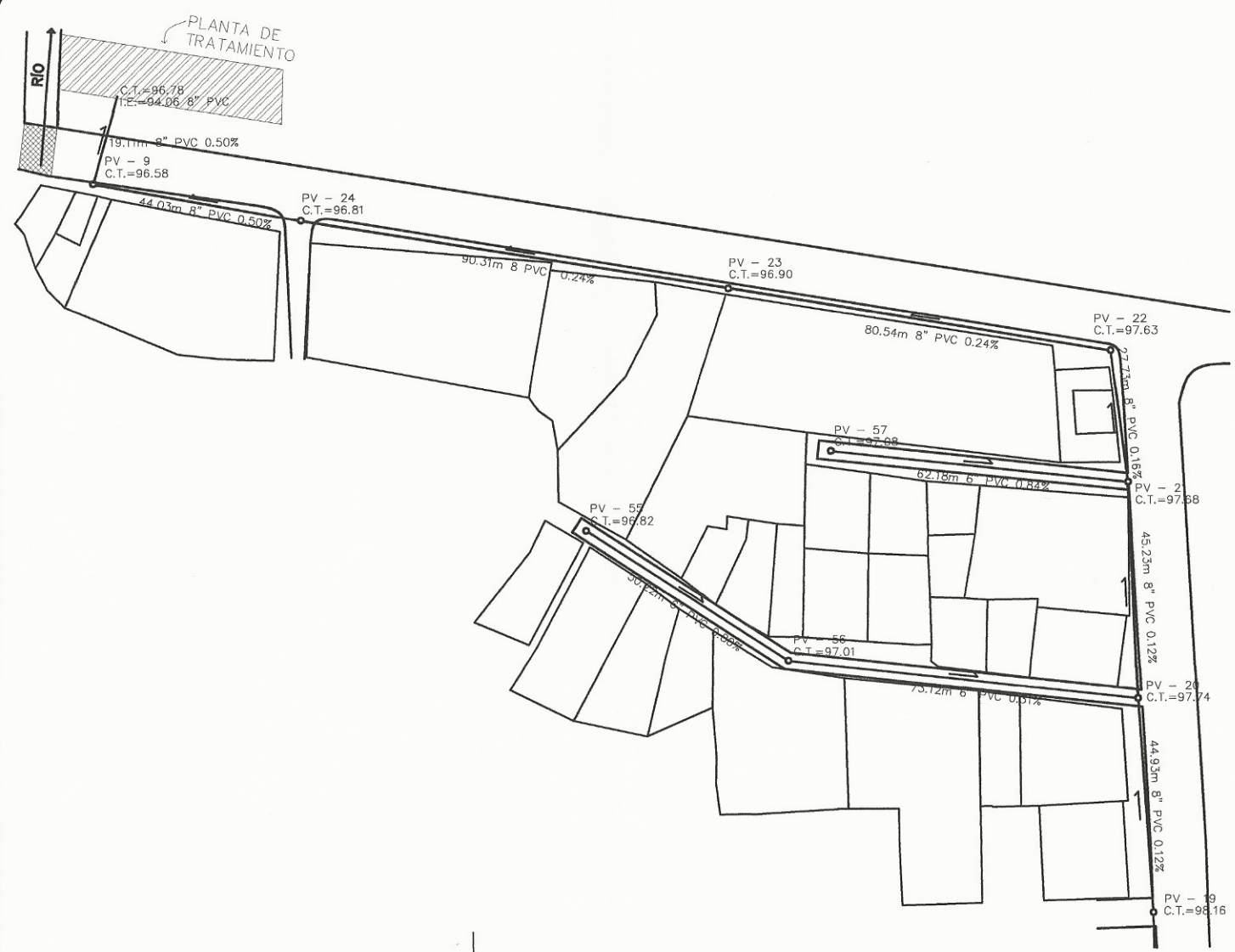
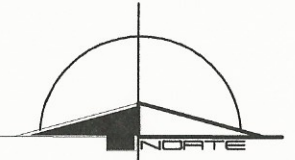
ALCANTARILLADO SANITARIO COLONIA PIEDRAS NEGRAS
MUNICIPIO DE SAN JUAN CILACÓ, DEPARTAMENTO DE SAN JUAN CILACÓ

FECHA: MAYO 2015
ESCALA: INDEFINIDA
UBICACIÓN: P.O. SAN JUAN DE CASTILLA

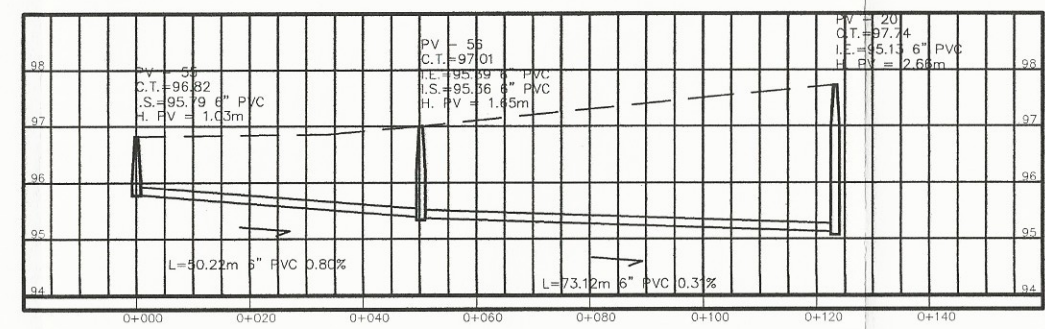
ASESOR:
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

PLANTA PERFIL DEL SISTEMA SECTOR CENTRAL 2

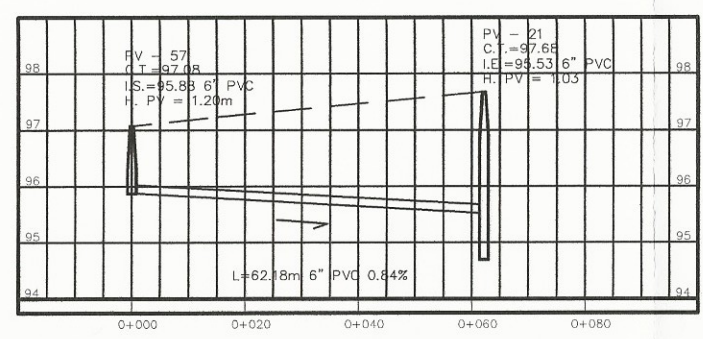
7/10



PLANTA PV 19 - PT
ESCALA 1/1500

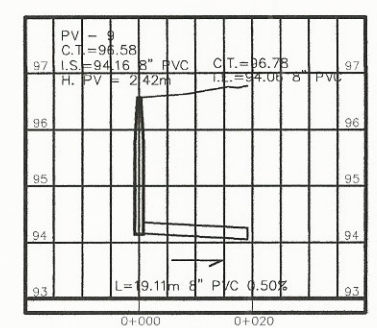


PERFIL PV 55, PV 56 - PV 20
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

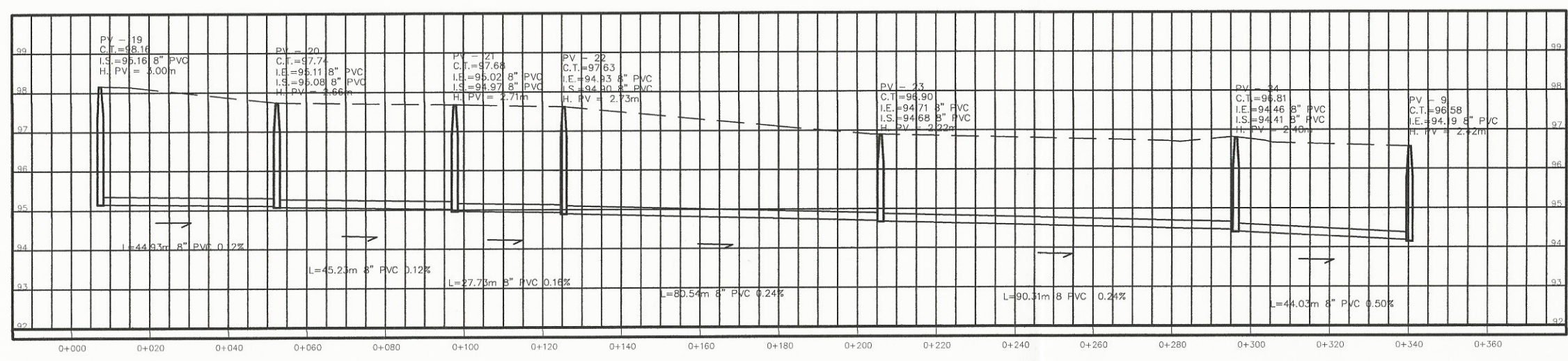


PERFIL PV 57 - PV 21
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

NOMENCLATURA	
PV	POZO DE VISITA PLANTA
C.T.	COTA DE TERRENO
I.E.	COTA INVERT ENTRADA
I.S.	COTA INVERT SALIDA
H. PV	PROFUNDIDAD POZO VISITA
L	LONGITUD TUBERÍA PVC
C.T.	COTA DEL TERRENO
○	CONEXIÓN DOMICILIAR
—	TUBERÍA PVC
→	DIRECCIÓN DEL FLUJO
▨	PUENTE EN PLANTA
▨	PLANTA DE TRATAMIENTO
○	POZO DE VISITA PERFIL
—	SUPERFICIE DEL TERRENO
▨	PUENTE EN PERFIL



PERFIL PV 9 - PT
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150



PERFIL PV 19 - PV 9
ESCALAS H: 1/1500
V: 1/150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

ALCANTARILLADO DEL BARRIO COLONIA PIEDRAS NEGRAS
MAYO 2015

ING. SILVIO RODRIGUEZ SERRANO
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ING. SILVIO RODRIGUEZ

V. Bg. AUTORIDAD
LIC. JOSÉ LÓPEZ

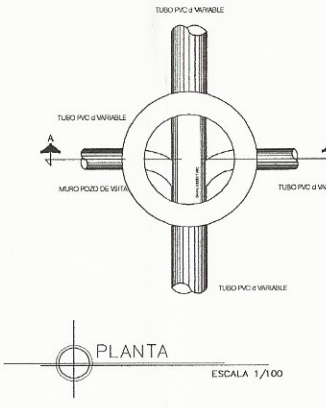
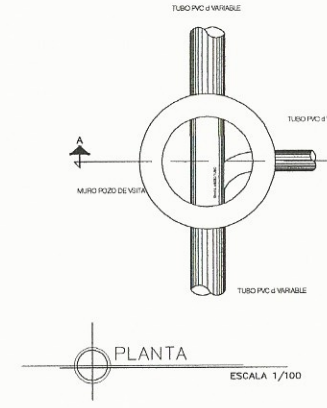
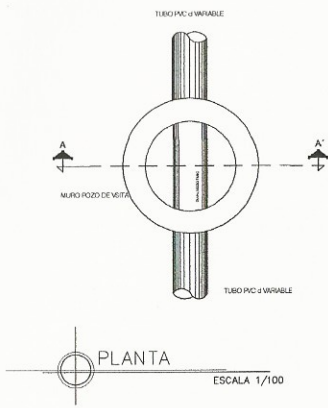
PROFESORAL
ERIK CASTAÑEDA

REGISTRADO
ERIK CASTAÑEDA

ESTUDIANTE
ERIK CASTAÑEDA

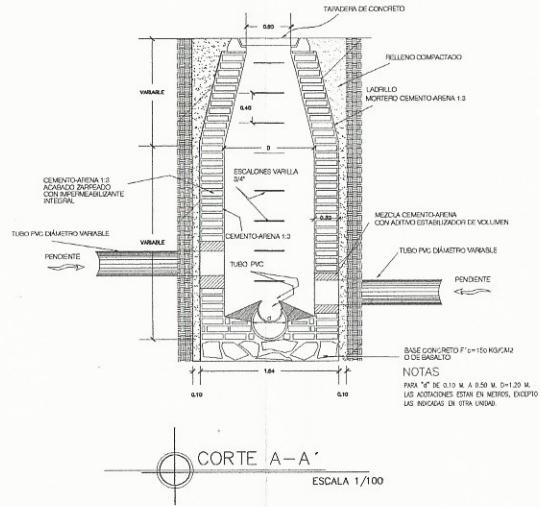
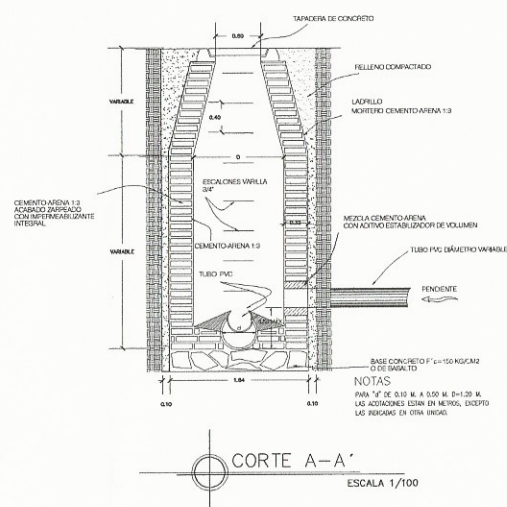
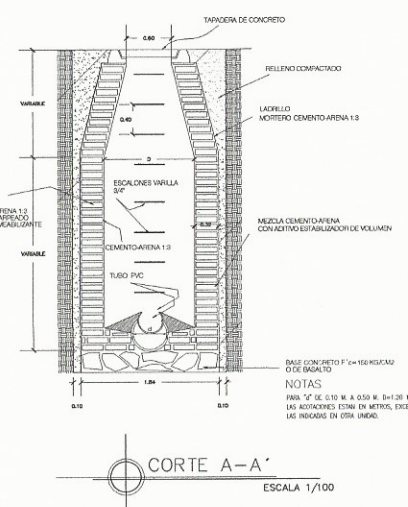
COMUNIDAD DE INGENIEROS
SISTEMA, SECTOR NOR-ORIENTE

HOLJA 8/10

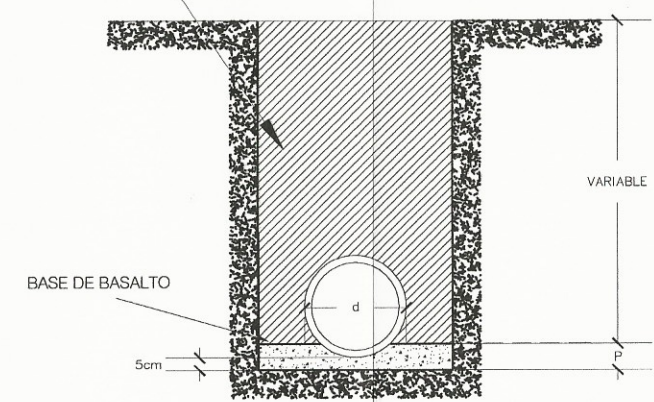


DIÁMETRO (cm)	ESPESOR DE PLANTILLA (cm)
D	P
10	10
15	10
20	10
25	10

- NOTAS**
- LOS TALUDES DE EXCAVACIÓN EN ZONAS ABIERTAS SERÁN TAN VERTICALES COMO EL TERRENO LO PERMITA. SI SE PRESENTA MATERIAL BLANDO O SI LA PROFUNDIDAD ES MAYOR DE 3.0 m, LAS EXCAVACIONES SE REALIZARÁN DE ACUERDO A LOS TALUDES QUE PRESENTE EL TERRENO NATURAL O EN SU CASO MEDIANTE EL USO DE ADEME, PREVIA AUTORIZACIÓN DEL SUPERVISOR.
 - EL RELLENO SERÁ COMPACTADO AL 90% PROCTOR Y SERÁ CRITERIO DEL SUPERVISOR LA UTILIZACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN O DE BANCO, DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES DEL MATERIAL DE SUELO EXISTENTE.
 - LA PLANTILLA SERÁ COMPACTADO AL 85% PROCTOR Y SERÁ CRITERIO DEL SUPERVISOR LA UTILIZACIÓN DE MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN O DE BANCO, DEPENDIENDO DE LAS CONDICIONES DEL MATERIAL DE SUELO EXISTENTE.



RELLENO COMPACTADO AL 90% PROCTOR CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACIÓN.



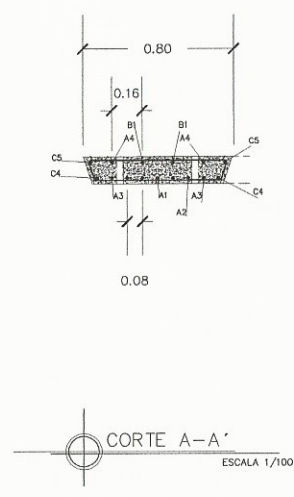
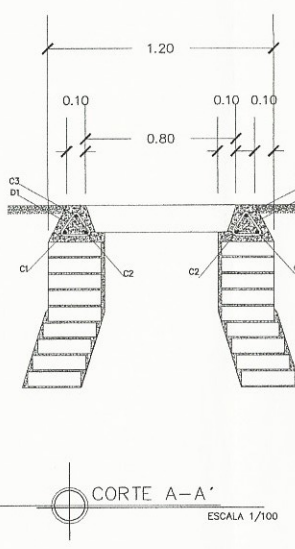
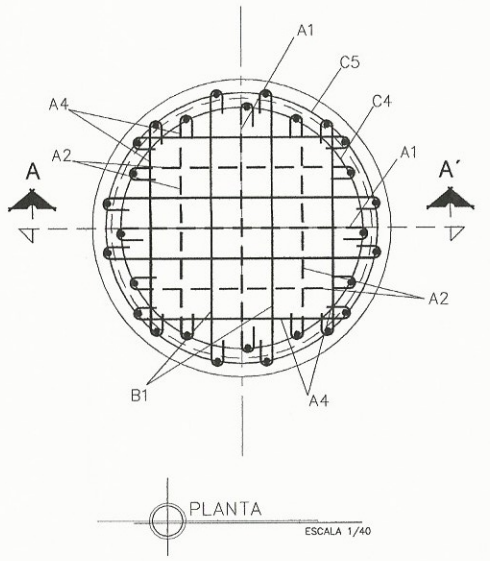
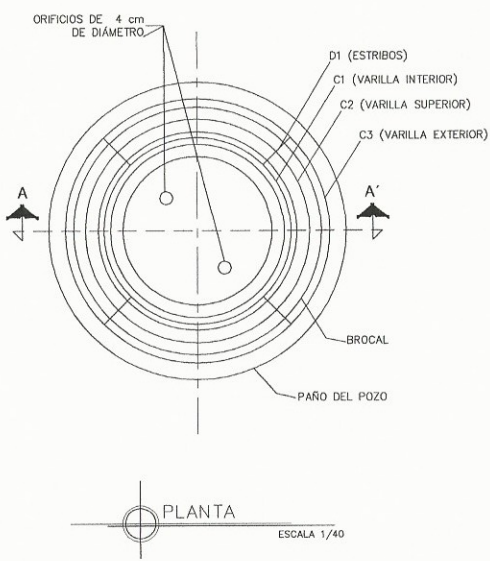
H TOTAL (m)	hp (VARIABLE) (m)
1,25	0,80
1,50-2,00	1,10
2,25-3,00	1,40

POZO UNA ENTRADA ESCALA: INDICADA

POZO DOS ENTRADAS ESCALA: INDICADA

POZO TRES ENTRADAS ESCALA: INDICADA

RELLENO COLECTOR PRINCIPAL SIN ESCALA



LISTA DE VARILLAS										
TIPO	No	φ	a	b	c	d	e	l(cm)	l'(cm)	CROQUIS
BROCAL										
C1	1	3/8"	333	106				10	34.3	34.3
C2	1	3/8"	238	78				10	24.8	24.8
C3	1	3/8"	282	90				10	29.2	29.2
D1	8	1/4"	15	14				8	31	40.8
T A P A										
A1	2	3/8"	53					13	7.9	15.8
A2	4	3/8"	47					13	7.5	29.2
A3	4	3/8"	37					13	6.3	25.2
A4	4	3/8"	47					13	7.5	29.2
B1	4	3/8"	75	65	12	11		10	18.5	74.0
C4	1	3/8"	201	84				10	21.1	21.1
C5	1	3/8"	223	71				10	23.3	23.3

DETALLES DE TAPADERA POZO DE VISITA ESCALAS INDICADAS

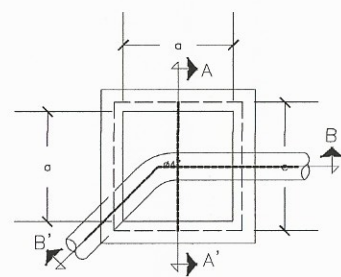
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROFESOR: ALICANTARILLADO, COLONIA PIEDRAS NEGRAS
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ING. SILVIO RODRÍGUEZ

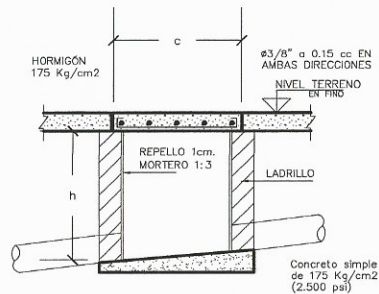
FECHA: MAYO 2014
DISEÑO: INDICADA
LUGAR: P.O. SANTO TOMÁS DE CASTILLA
Votg. AUTORIDAD
ING. JOSÉ LÓPEZ

INGENIERO: ERIK CASTAÑEDA
DISEÑO Y CÁLCULO: ERIK CASTAÑEDA
REVISOR: ERIK CASTAÑEDA

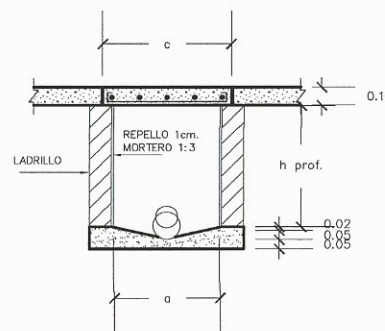
Hoja 9/10



PLANTA



CORTE B-B'



CORTE A-A'

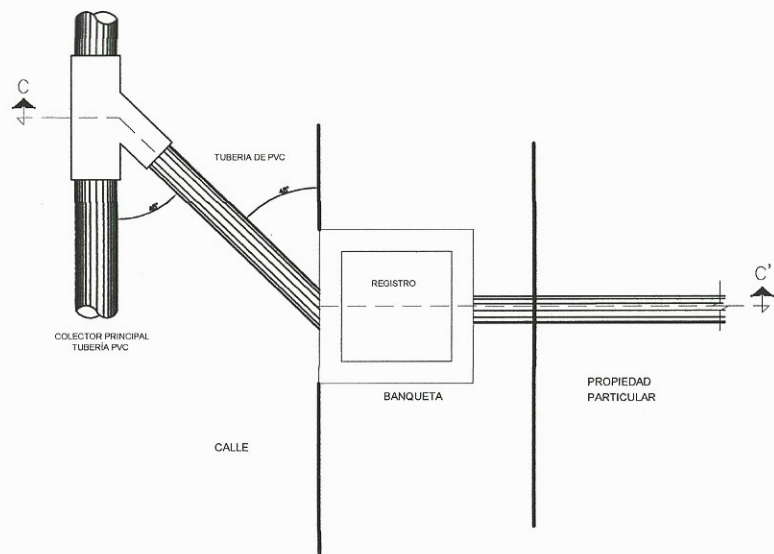


H Colector principal	h prof.	a	c	Dimension Tapas	
1.25	0.50	0.60	0.70	0.70	0.70
1.50-2.00	0.70	0.70	0.80	0.80	0.80
2.25-3.00	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00

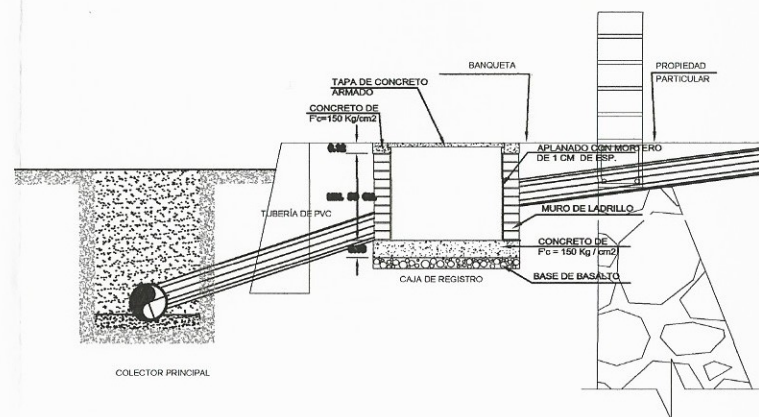


DETALLES DE CAJA DE REGISTRO

ESCALAS INDICADAS



PLANTA



CORTE C-C'



DETALLES DE CAJA DE REGISTRO

ESCALAS INDICADAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

ALCANTARILLADO URBANO COLONIA PIEDRAS NEGRAS
INDICADA

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Ing. Silvano Rodríguez Serrano AUTORIDAD
SEÑOR SUPERVISOR DE EPS

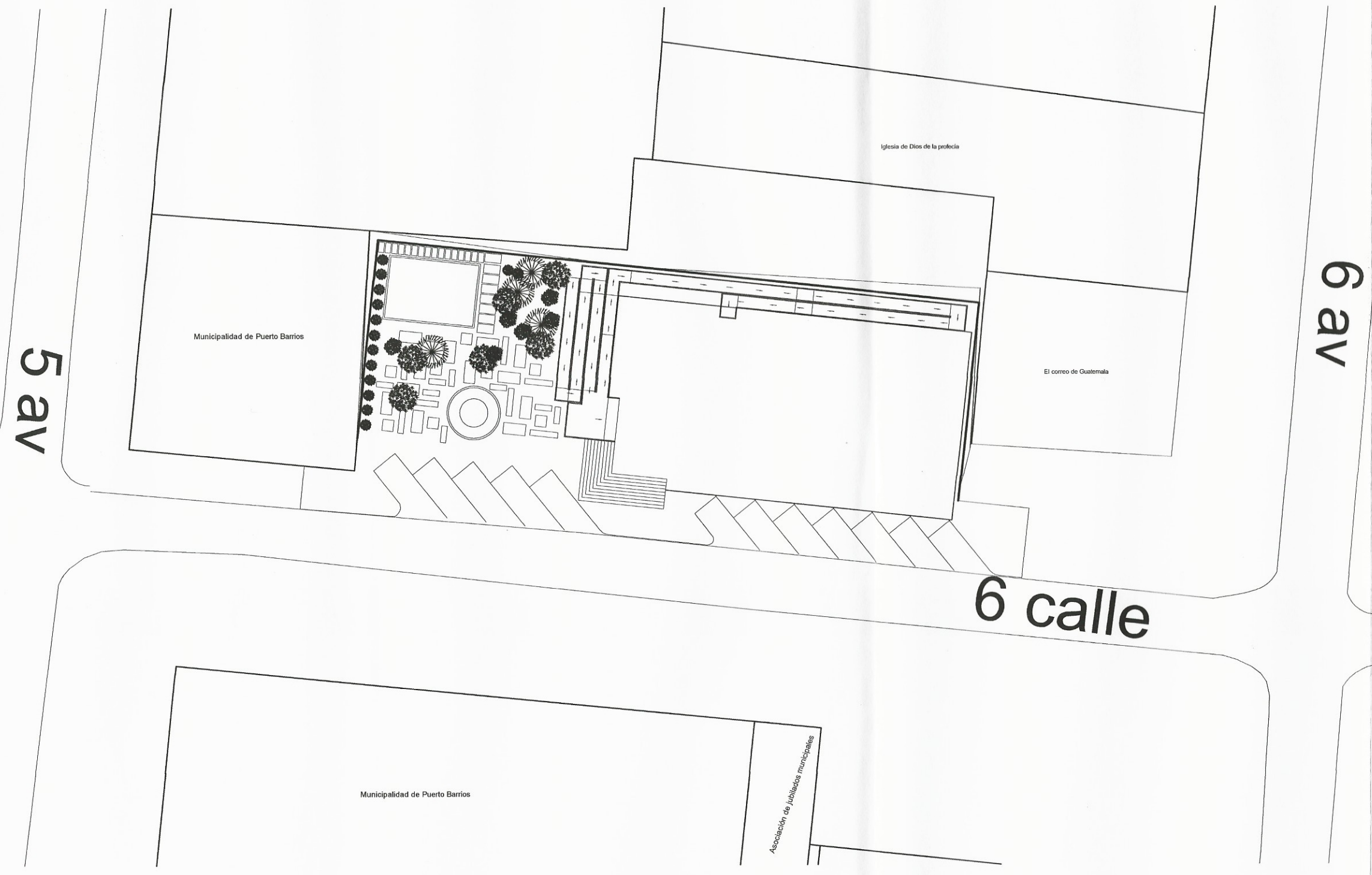
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ING. SILVANO RODRIGUEZ LUIS JOSÉ LÓPEZ

PROFESOR ERIC CASTAÑEDA
ERIK CASTAÑEDA
ERIK CASTAÑEDA

PROFESOR ERIC CASTAÑEDA

FECHA: MAYO 2005
INDICADA
PUNTO: PUNTO SANTO TOMÁS DE CASTILLA

HOJA 10/10



LISTADO DE PLANOS	
No.	DESCRIPCIÓN
1	PLANTA DE CONJUNTO
2	PLANTA AMOBLADA
3	PLANTA ACOTADA
4	PLANTA DE CIMENTACIÓN
5	PLANTA DE COLUMNAS Y VIGAS PRINCIPALES
6	PLANTA DE LOSAS
7	PLANTA DE TECHO
8	PLANTA DE ACABADOS
9	PLANTA DE PUERTAS Y VENTANAS
10	PLANTA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS: ILUMINACIÓN
11	PLANTA DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS: FUERZA
12	PLANTA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS
13	PLANTA DE INSTALACIONES SANITARIAS
14	PLANO DE FACHADAS
15	PLANO DE SECCIONES
16	PLANO DE CORTES DE MURO
17	DETALLE DE VIGAS Y COLUMNAS
18	DETALLE DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS Y GRADAS
19	DETALLE DE LOSA PARA BUTACAS
20	DETALLE DE GRADAS Y LOSA PARA BUTACAS

PLANTA DE CONJUNTO
 ESCALA 1:400

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

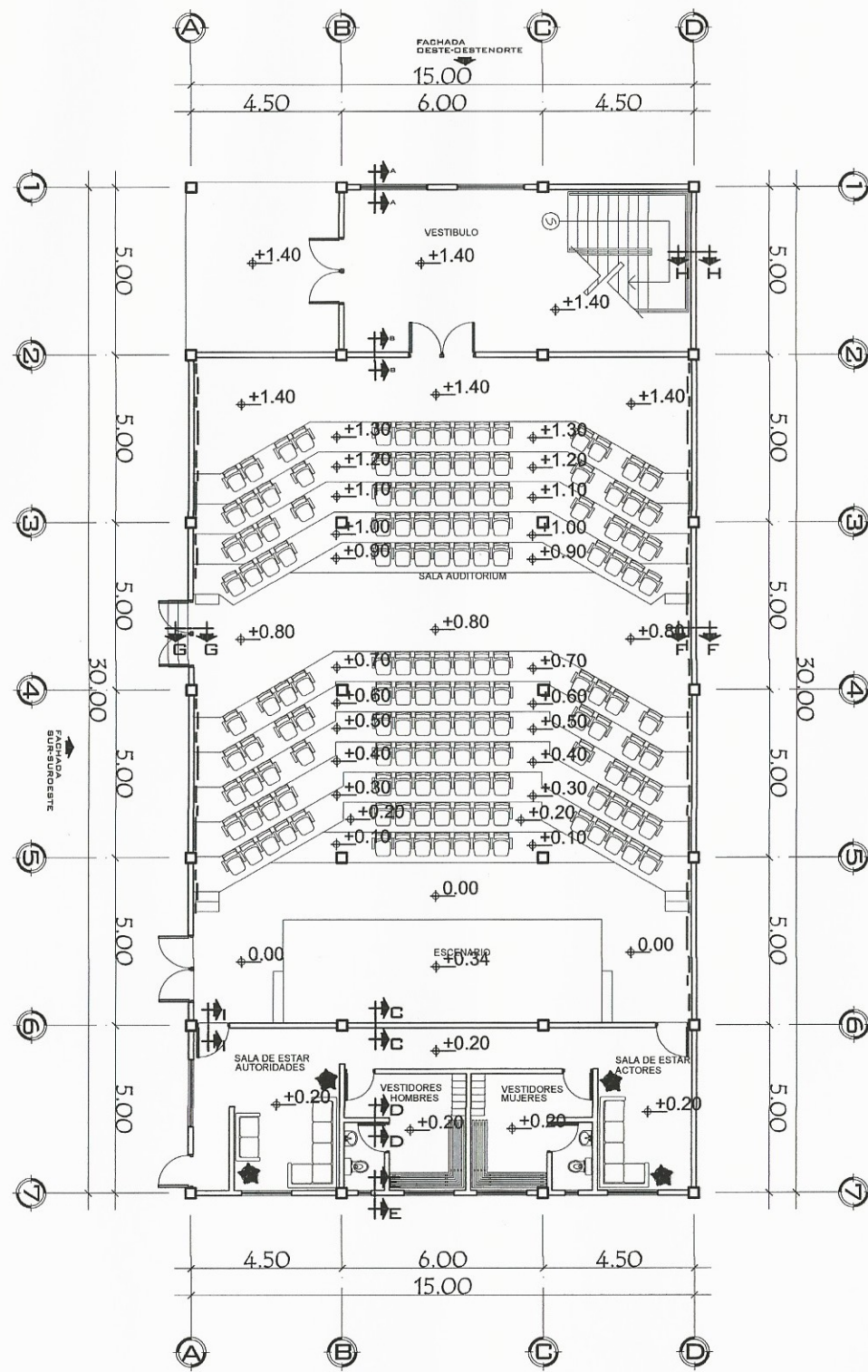
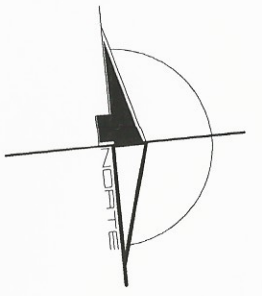
PROYECTO: SALÓN DE USOS MÚLTIPLES DE DOS NIVELES
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Ing. Silvia Rodríguez Serrano
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

PROFESOR: ERIC CASTAREDA
 ASISTENTE: ERIC CASTAREDA
 ALUMNO: ERIC CASTAREDA

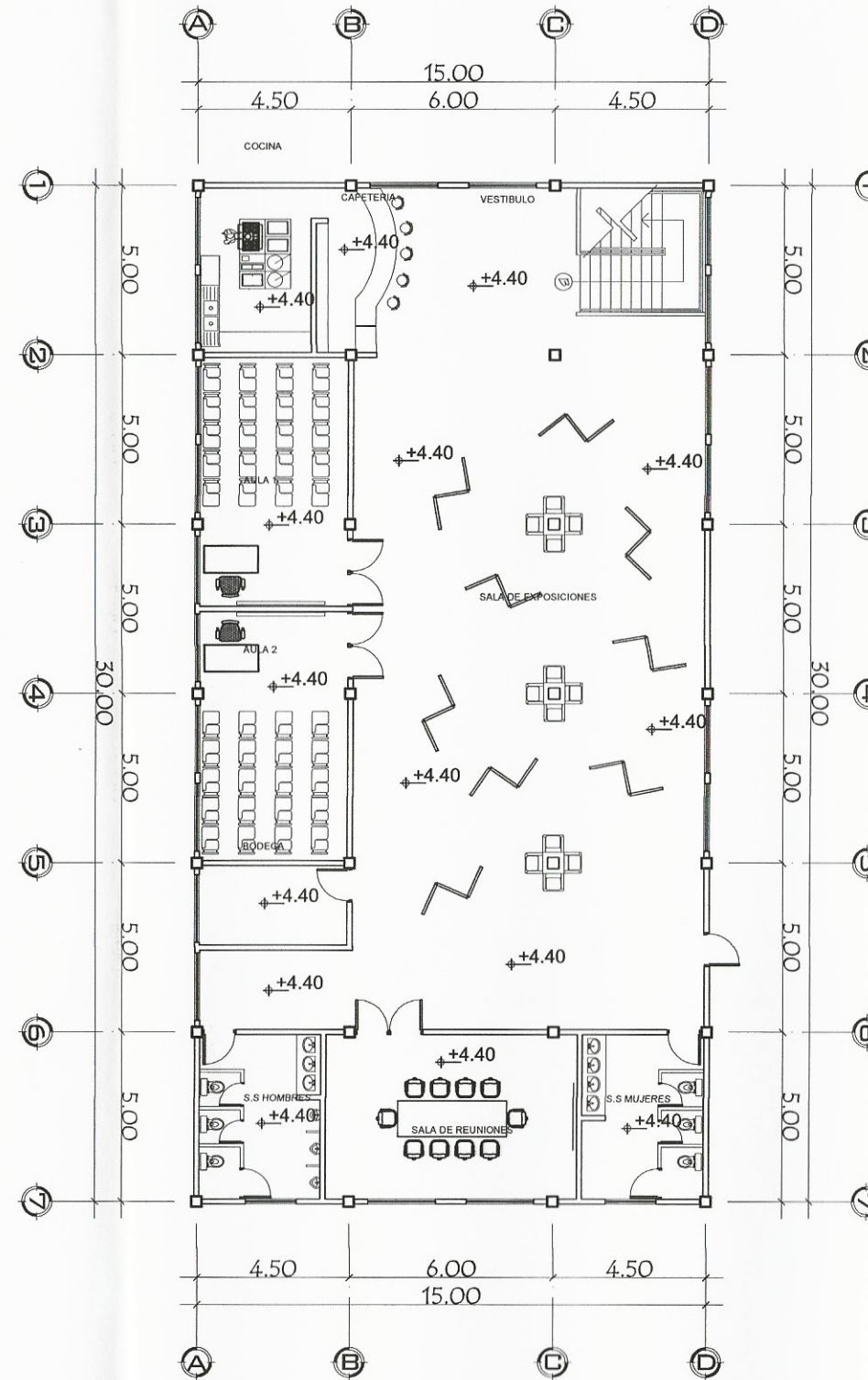
FECHA: 2015
 ESCALA: INDICADA
 LUGAR: PUERTO BARRIOS, IZABAL

CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO
 HOJA 1/20



PLANTA AMOBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA AMOBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

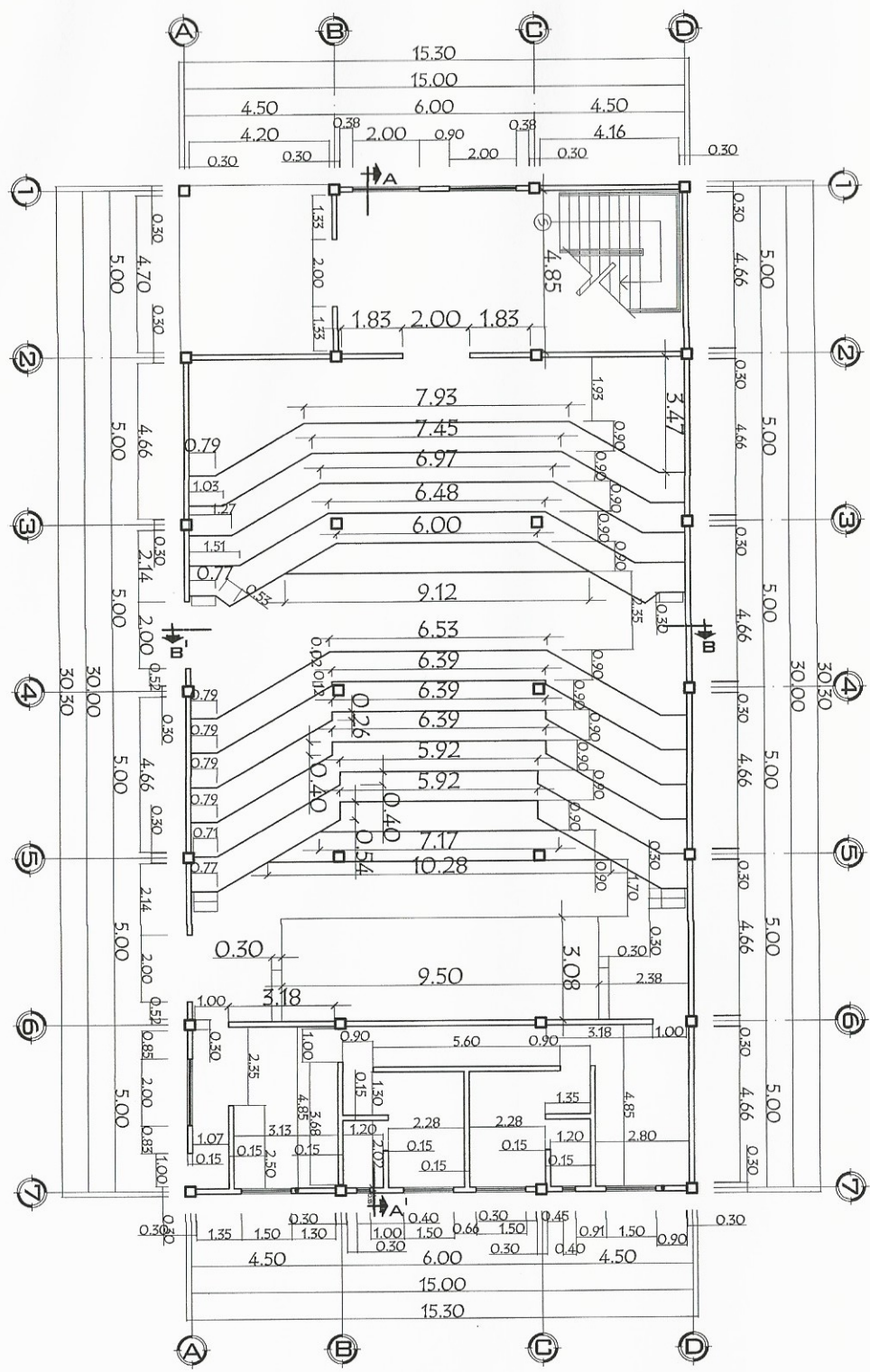
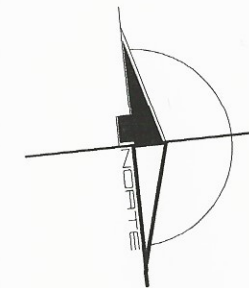
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
SALON DE USOS MULTIPLES DE DOS NIVELES

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Ing. José Rodríguez Serrano
asesor - SUPERVISOR DE EPS

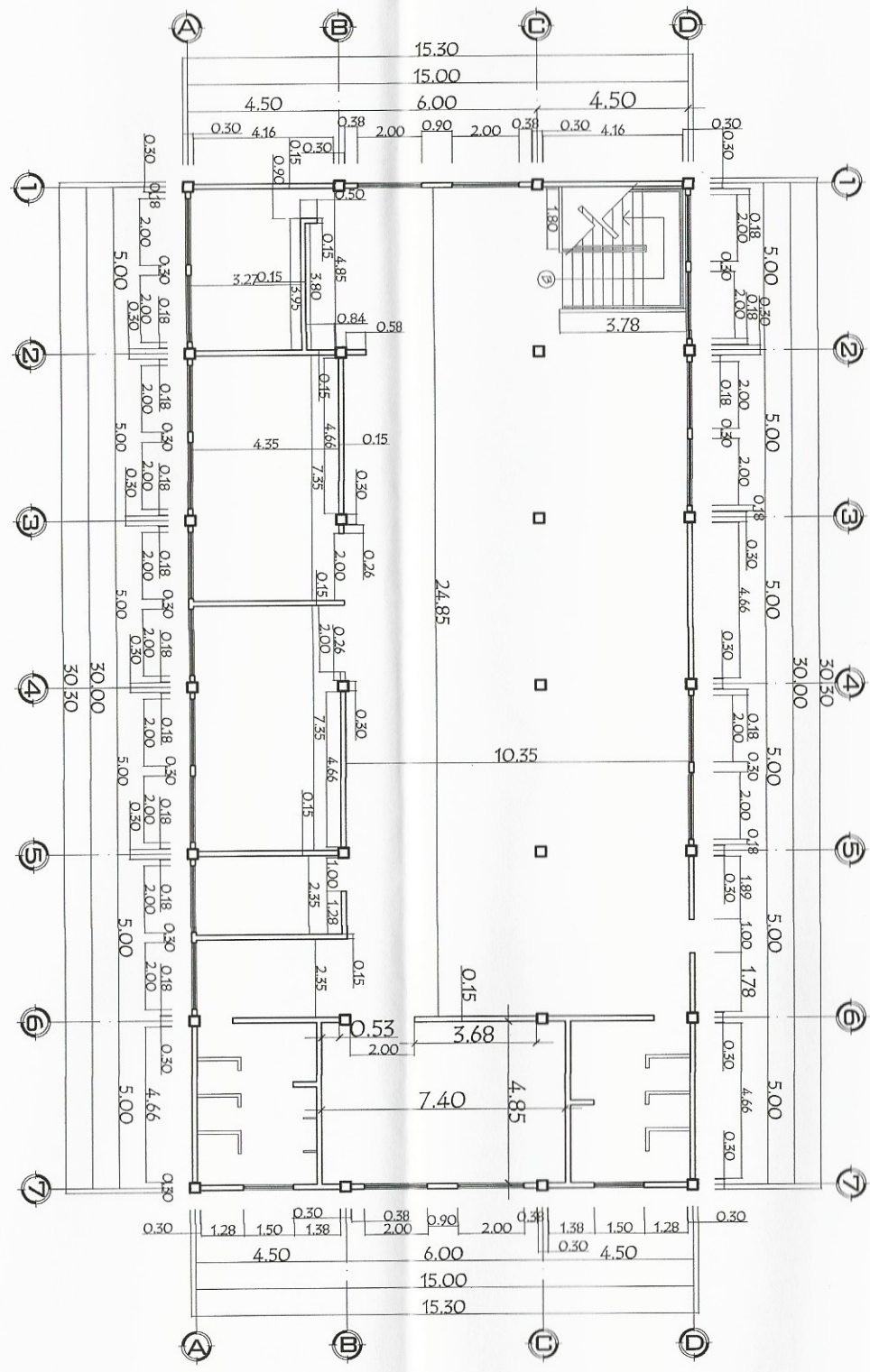
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
CIC. JUAN LOPEZ

AREA	2
INDICADA	20
INDICADA	
INDICADA	
INDICADA	
INDICADA	
INDICADA	



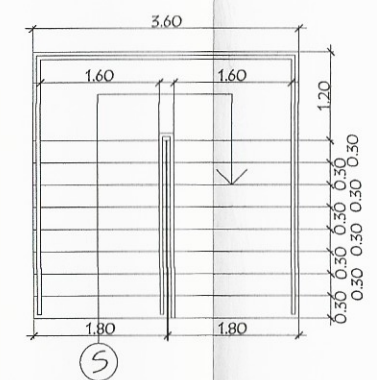
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



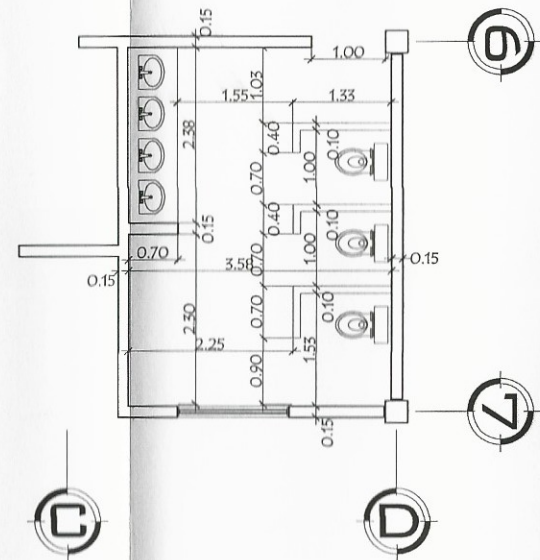
PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA ACOTADA GRADAS

ESCALA 1:100



PLANTA ACOTADA SERVICIO SANITARIO

ESCALA 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

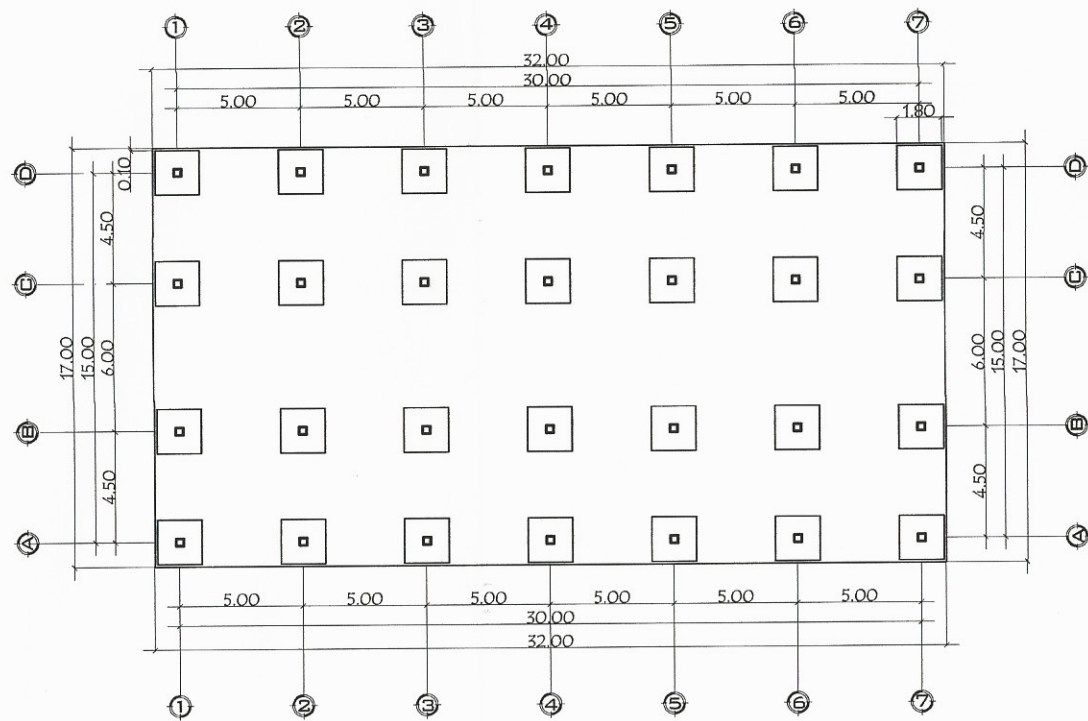
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

Ing. Sr. José Rodríguez Serrano
asesor - SUPERVISOR DE EPS

Unidad de Ingeniería y EPS

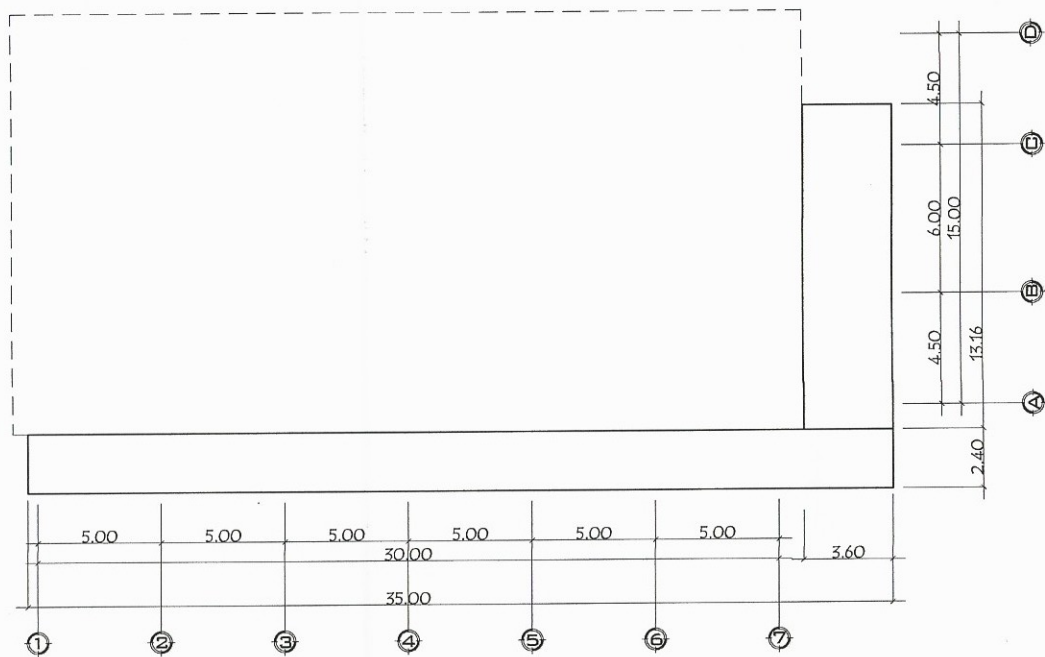
FECHA	2005
FECHA INDICADA	
DISEÑADO	ERIK CASTAÑEDA
REVISADO	ERIK CASTAÑEDA
APROBADO	ERIK CASTAÑEDA

HOLLA 3/20



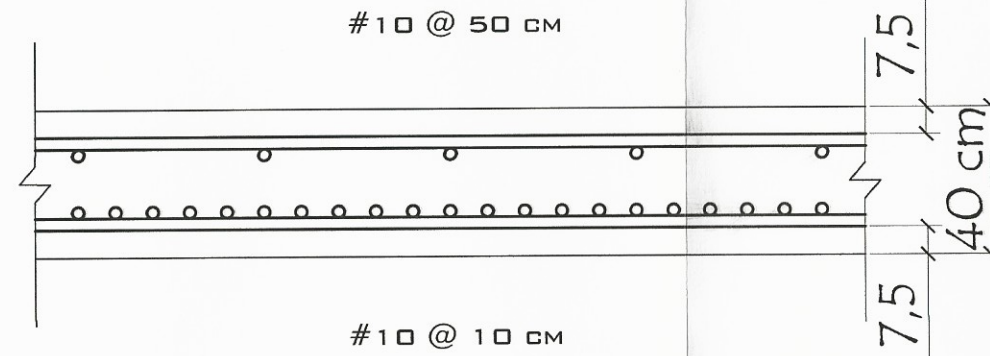
PLANTA DE LOSA DE CIMENTACIÓN

ESCALA 1:300



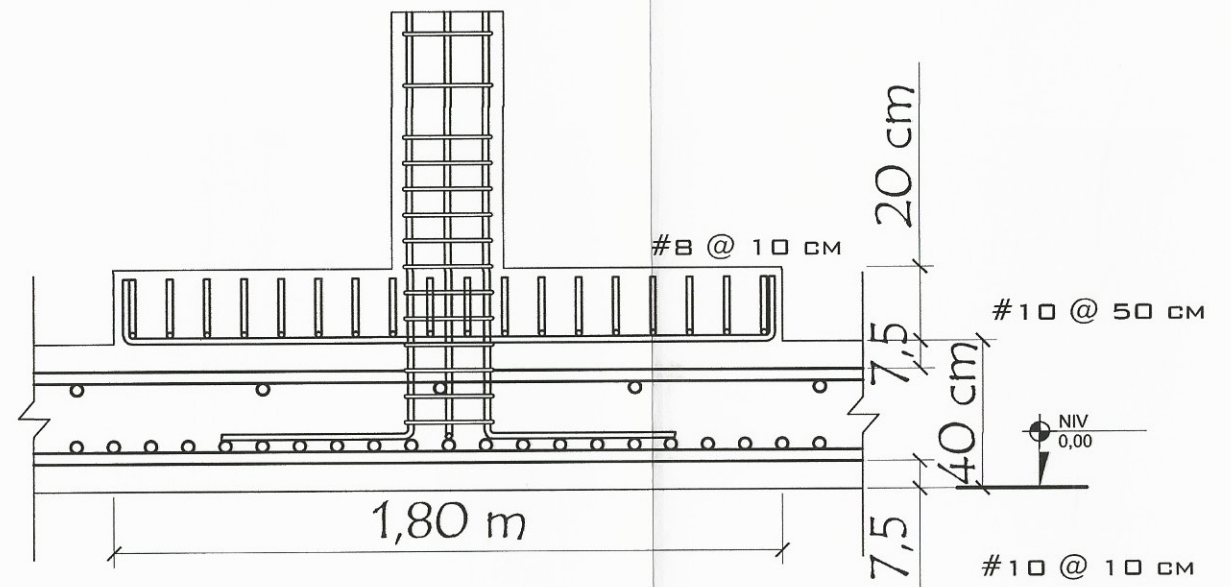
PLANTA DE LOSA DE CIMENTACIÓN RAMPAS

ESCALA 1:300



DETALLE DE LOSA DE CIMENTACIÓN

ESCALA 1:200



DETALLE DE PEDESTAL

ESCALA 1:200

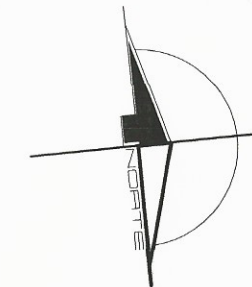
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE: MULTIPLES DE DOS NIVELES
ESCALA: INDICADA
LUGAR: PUERTO BARROS, DZAMA

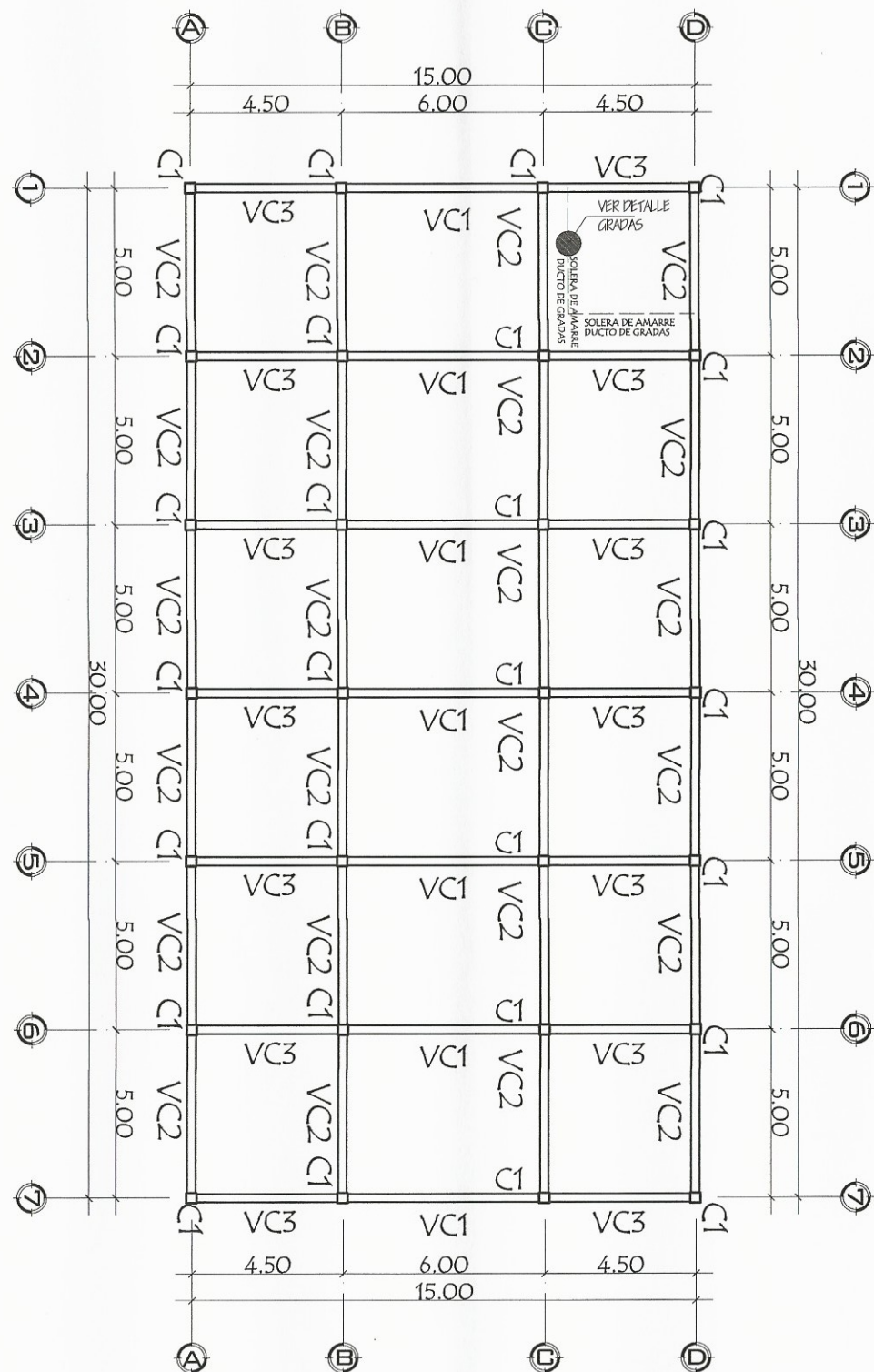
ASESOR: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS,
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

DESEÑADOR: ERIK CASTAÑEDA
CORRECTOR: ERIK CASTAÑEDA
DIRECCIÓN: ERIK CASTAÑEDA

HOLIA 4/20

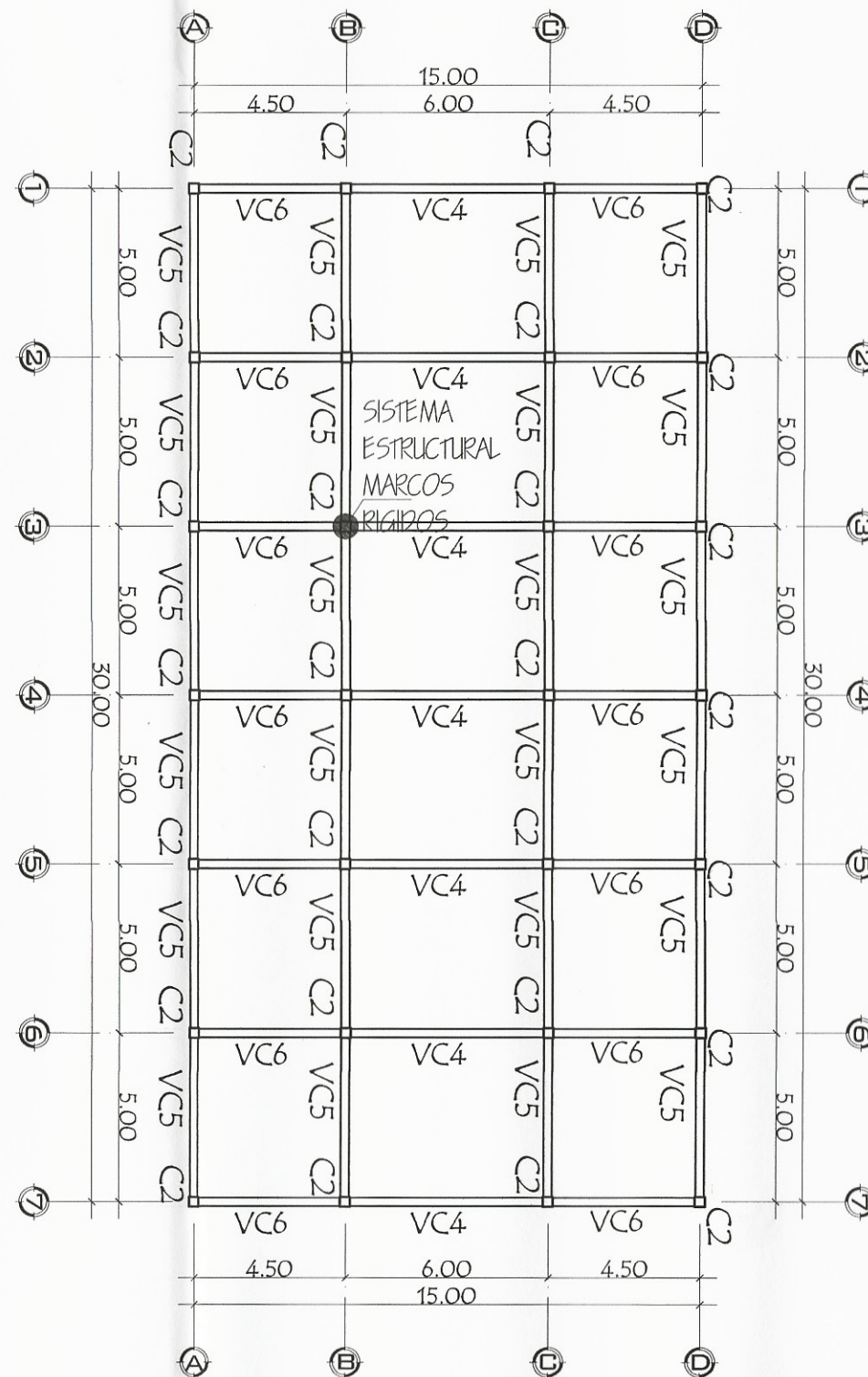


NOMENCLATURA	
□	COLUMNA TPO 1
—	VIGA
—	VIGA DE CONCRETO 1
—	VIGA DE CONCRETO 2
—	VIGA DE CONCRETO 3
—	VIGA DE CONCRETO 4
—	VIGA DE CONCRETO 5
—	VIGA DE CONCRETO 6
—	SOLERA DE AMARRE GRADAS



PLANTA DE COLUMNAS Y VIGAS PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA DE COLUMNAS Y VIGAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

INGENIERIA DE OBRAS CIVILES

PROFESOR: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS

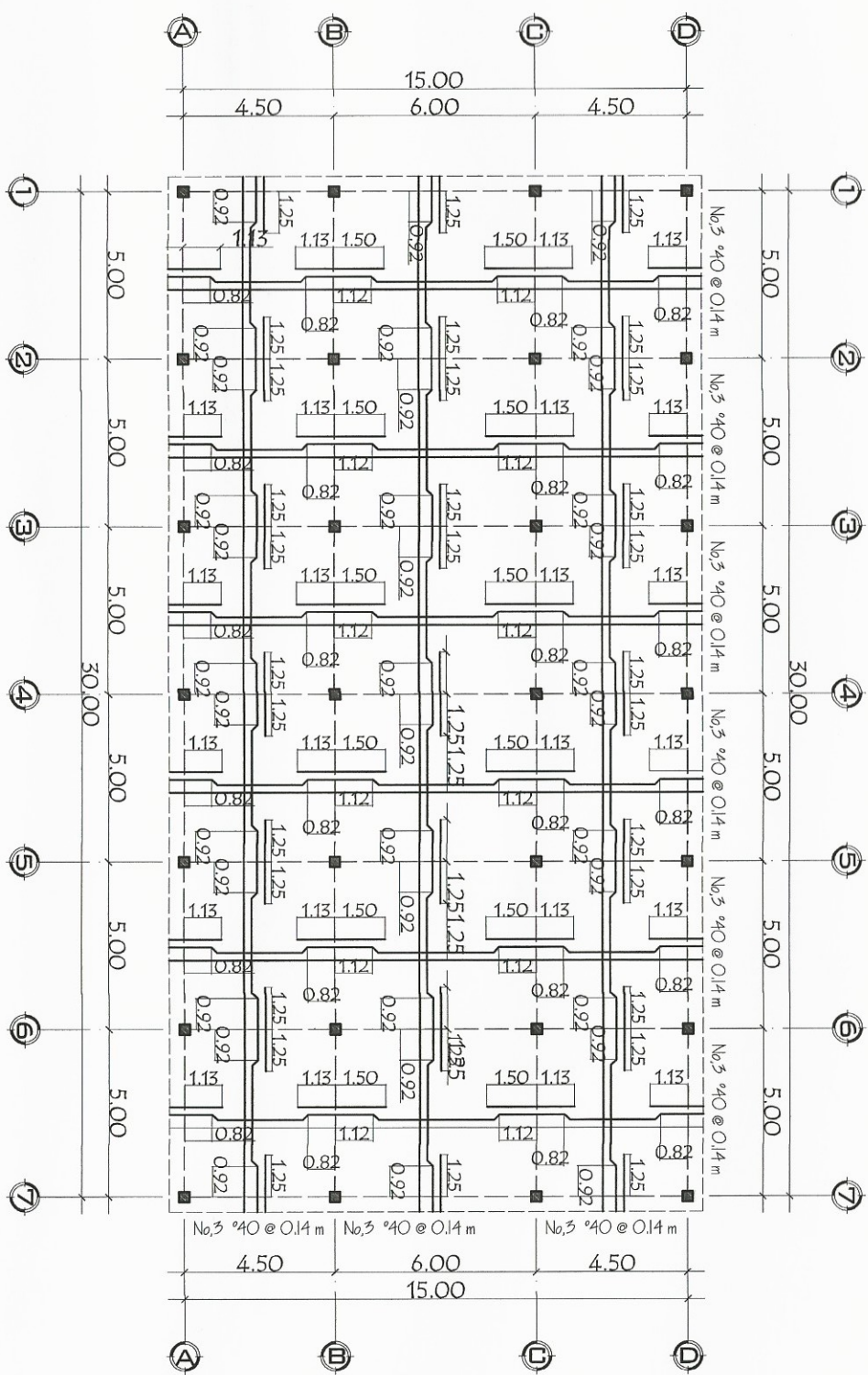
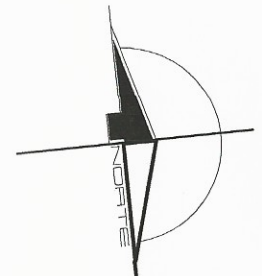
UNIDAD DE OBRAS CIVILES DE INGENIERIA VIE DOSE VILLAZ

FECHA: 2015
ESCALA: INDICADA
LUGAR: PUERTO BARROS, URB. V. A.

PROFESOR: ERICK CASTAÑEDA
DISEÑO Y CALIFICACION: ERICK CASTAÑEDA
DIBUJO: ERICK CASTAÑEDA

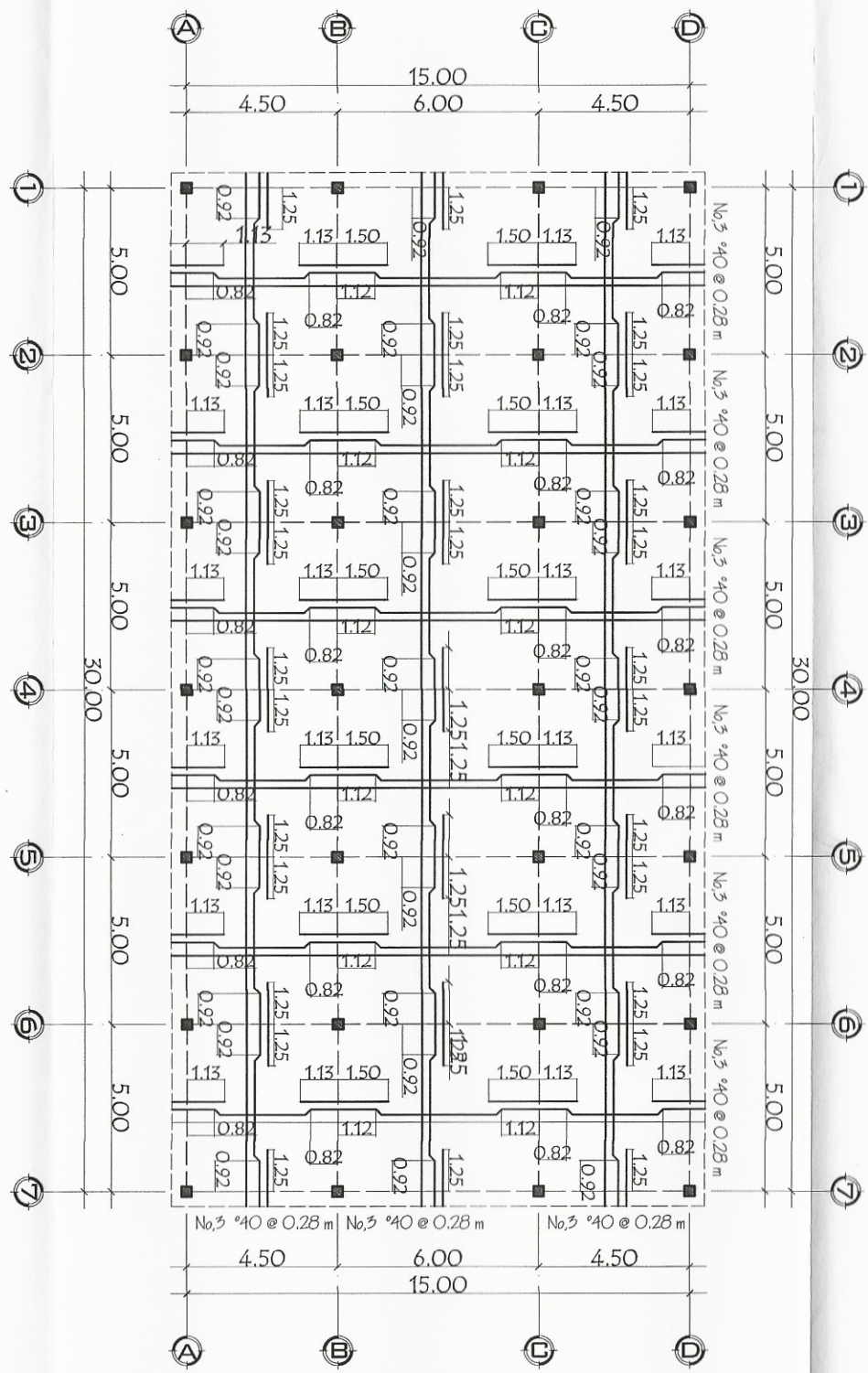
CONTENIDO: PLANTA DE COLUMNAS Y VIGAS PRINCIPALES

Hojas 5 / 20



PLANTA DE LOSA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA DE LOSA SEGUNDO NIVEL

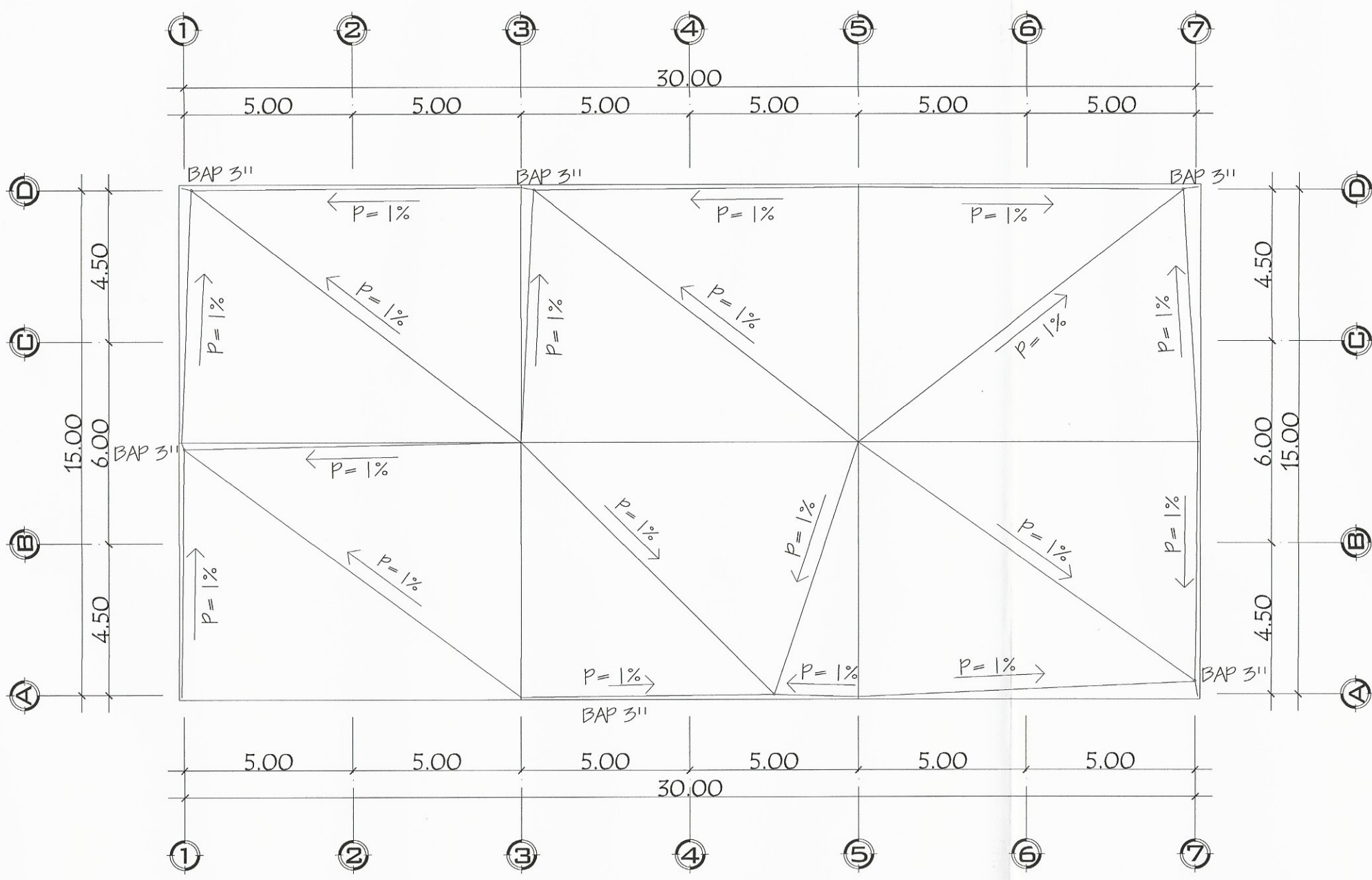
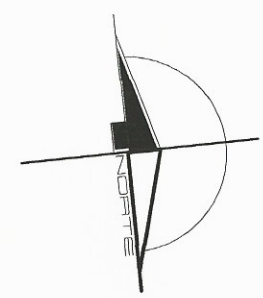
ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO	RECTORIA DE EDIFICIOS MULTIPLES DE DOS NIVELES
ESCALA	INDICADA
DISEÑO	PLIEGUE BARRIOS LAHAI
TEMA	
ASesor	ERIK CASTAÑEDA
ASesor	ERIK CASTAÑEDA
ASesor	ERIK CASTAÑEDA
ASesor	ERIK CASTAÑEDA

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASesor SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
PLANTA DE LOSAS
Facultad de Ingeniería



NOMENCLATURA	
BAP 3"	BAJADA DE AGUA PLUVIAL + DIAMETRO DE TUBERIA
P=1%	PORCENTAJE DE PENDIENTE
○	TUBERIA BAJADA DE AGUA PLUVIAL
↖	DIRECCIÓN DE LA PENDIENTE

PLANTA DE TECHOS
 ESCALA 1:150

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

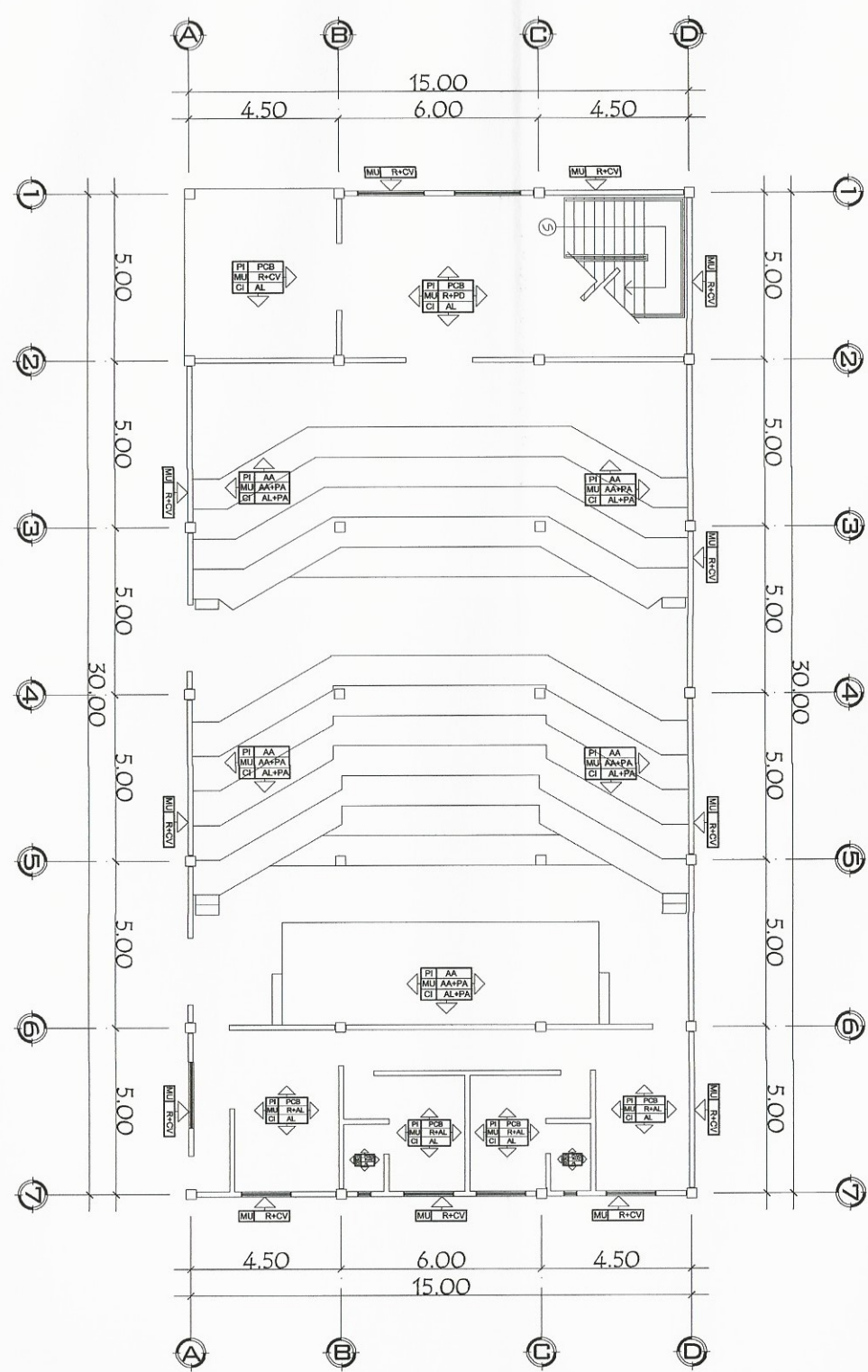
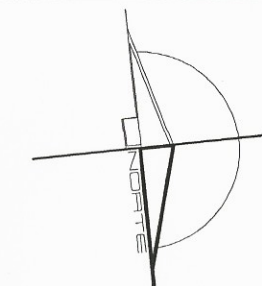
PROYECTO: PLANTA DE TECHOS DE LOS NIVELES
 ESCALA: INDICADA
 UBICACIÓN: PARTIDO BARRERES, ZABAL

ASESOR:
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS

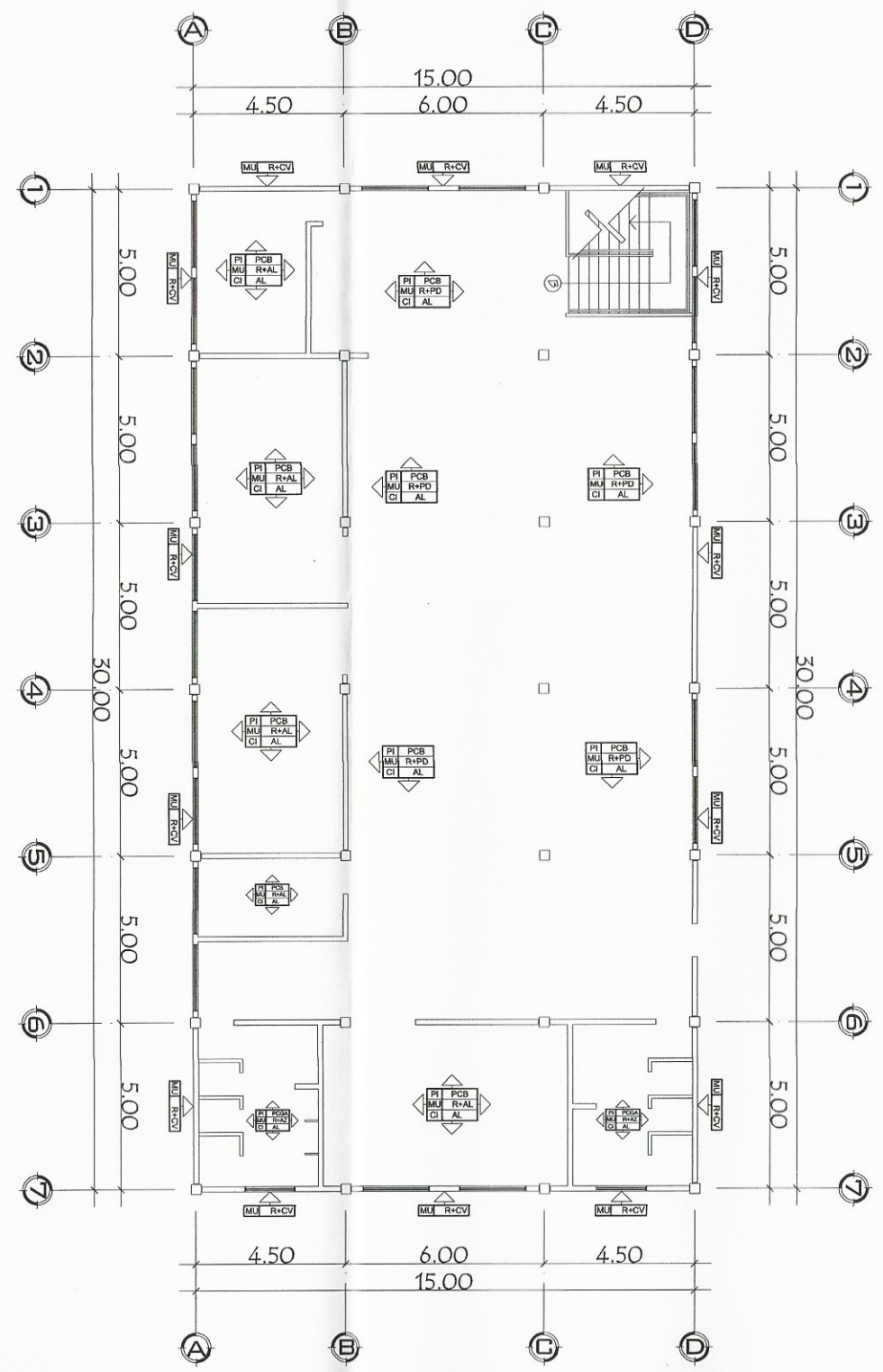
OPERA: ERIK CASTAÑEDA
 DISEÑO Y CALCULO: ERIK CASTAÑEDA
 DIBUJO: ERIK CASTAÑEDA

PLANTA DE TECHO
 Facultad de Ingeniería

FOLIO 7 / 20



PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL
ESCALA 1:200



PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1:200

Nomenclatura	Significado	Dimensiones	Color	Materiales
PI	PISO			
MU	MURO			
CI	CELO			
AA+PA	ALFOMBRA ACUSTICA + PANEL ACUSTICO	VARIABLE	VARIABLE	ALFOMBRA ACUSTICA, PERROS, PANEL ACUSTICO
PCB	PISO CERAMICO COLOR BEIGE SATINADO	0.50x0.50	BEIGE	SESA DE 1 MM COLOR NEGRO
PCCA	PISO CERAMICO GRS ANTIDERRIZANTE	0.50x0.50	GRS	SESA DE 1 MM COLOR BLANCO
R+AL	REPELLO MAS ALIZADO EN MUROS		BLANCO HUESO	TIPO CEMENTICO MARCA INBOLOC
R+AZ	REPELLO + AZULEJO NACIONAL	0.15 x 0.20	BLANCO ESMAILADO	PEGAMOL, ESTUQUE, AZULEJO
R+CV	REPELLO MAS CERNIDO VERTICAL		BLANCO	ARENA CERAMICA, CAL, CEMENTO
AL	ALIZADO EN CIELO		BLANCO	ARENA CERAMICA, CAL, CEMENTO
R+PD	CERNIDO + PANEL DECORATIVO	VARIABLE	VARIABLE	ARENA, CEMENTO, PANEL DECORATIVO
AL+PA	ALIZADO + PANEL ACUSTICO	VARIABLE	BLANCO	PANEL ACUSTICO, PERROS
AA	ALFOMBRA ACUSTICA	VARIABLE	VARIABLE	ALFOMBRA ACUSTICA

- ESPECIFICACIONES**
- EL PISO PARA EL INTERIOR DEL EDIFICIO SERA DE TIPO CERAMICO 0.50*0.50, COLOR BEIGE.
 - EL AZULEJO PARA LOS S.S. SERA DE 0.15*0.20 MTS. Y SERA A HORA UNA ALTURA DE 1.00 MTS.
 - EL REPELLO A USUZEAR SERA UNA MEZCLA EN PROPORCION DE ARENA, MARELLA, CAL Y CEMENTO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

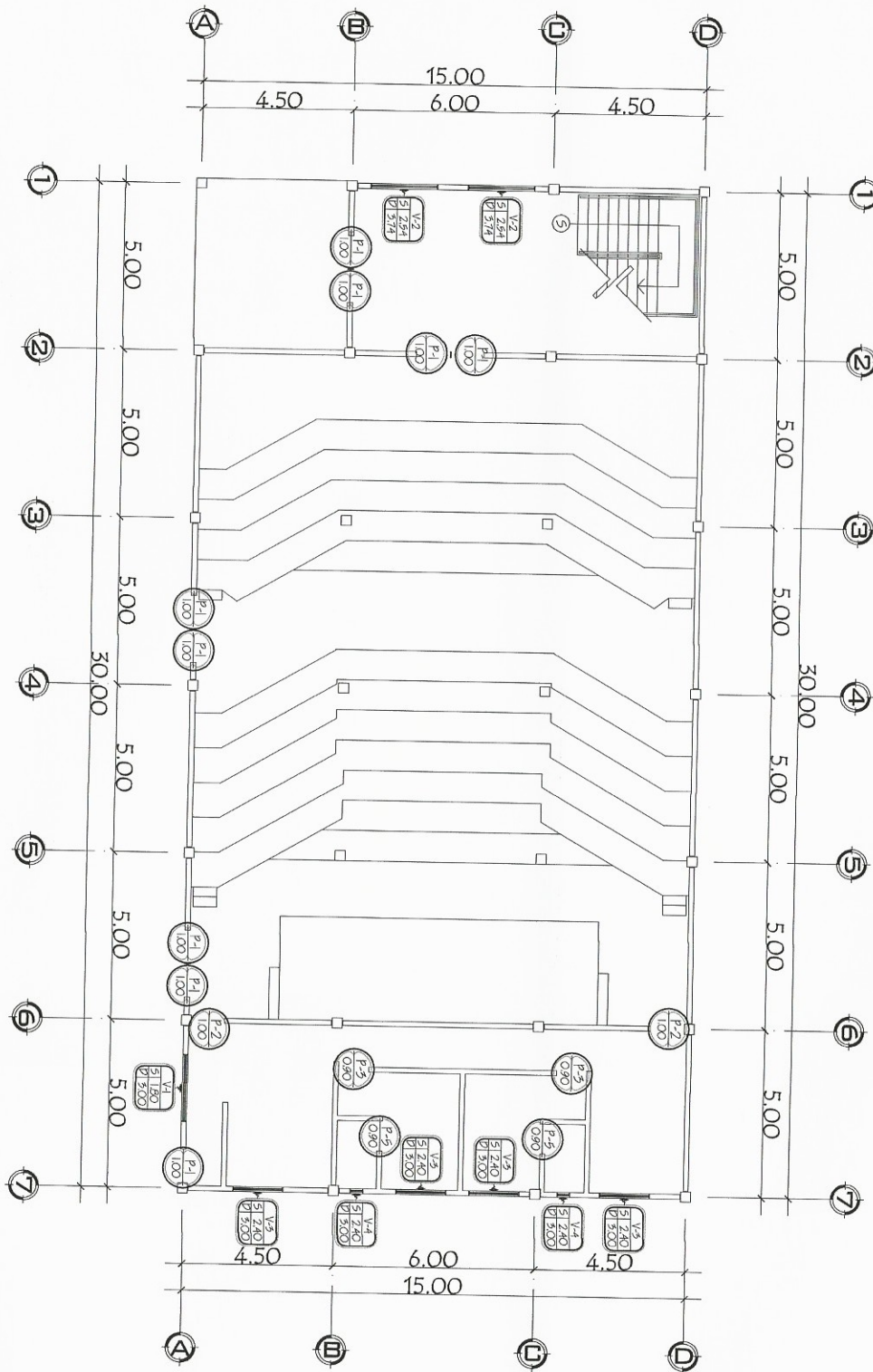
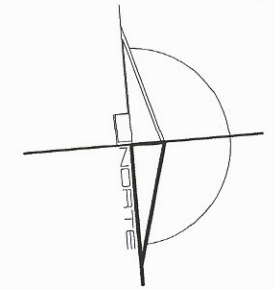
Ing. **José Rodríguez Serrano**
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

FECHA: 2015
ESCALA: INDICADA
PROYECTO: PUERTO BARBIEROS, USABM

PROYECTISTA: ERIK CASTAÑEDA
REVISOR Y CALIFICADO: ERIK CASTAÑEDA
DISEÑADOR: ERIK CASTAÑEDA

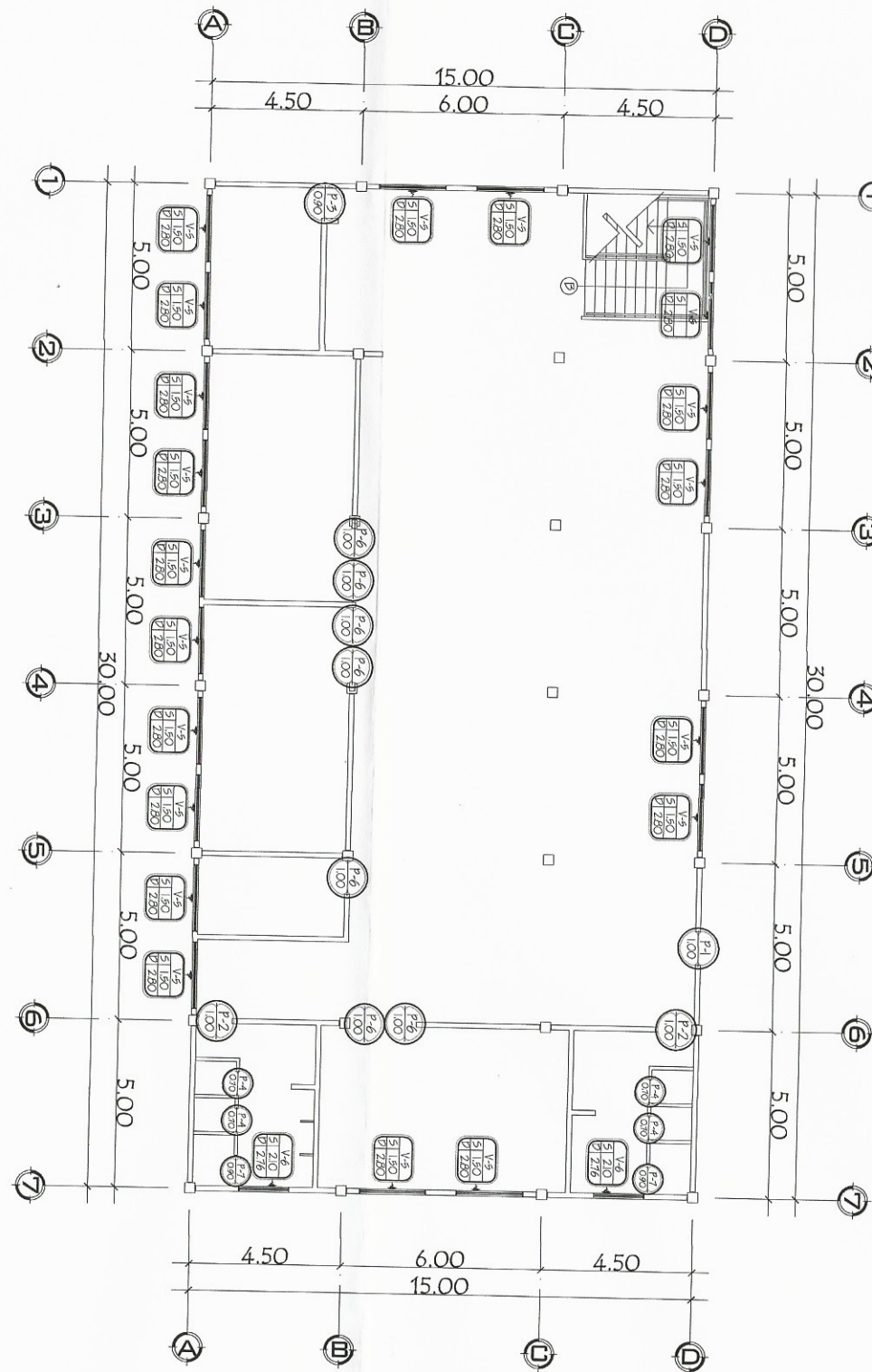
PLANTA DE ACABADOS

FOLIO 8/20



PLANTA DE PUERTAS Y VENTANAS PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA DE PUERTAS Y VENTANAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:200

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	CANTIDAD	ANCHO	ALTO	MATERIAL
P-1	10	1.00	2.10	PUERTA DE METAL + CHAPA YALE
P-2	4	1.00	2.10	PUERTA DE MADERA
P-3	3	0.90	2.10	PUERTA DE MADERA
P-4	4	0.70	1.70	PUERTA DE METAL
P-5	2	0.90	2.10	PUERTA DE MADERA
P-6	7	1.00	2.10	PUERTA DE METAL + CHAPA YALE
P-7	2	0.90	1.70	PUERTA DE METAL

PLANILLA DE VENTANAS					
TIPO	CANTIDAD	SILLAR	DINTEL	ANCHO	MATERIAL
V-1	6	1.80	3.00	2.00	MARCO DE METAL + VIDRIO DE 5 mm Nevado
V-2	2	2.54	3.74	2.00	MARCO DE METAL + VIDRIO DE 5 mm Nevado
V-3	4	2.40	3.00	1.50	MARCO DE METAL + VIDRIO DE 5 mm Nevado
V-4	2	2.40	3.00	0.40	MARCO DE METAL + VIDRIO DE 5 mm Nevado
V-5	20	1.50	2.80	2.00	MARCO DE METAL + VIDRIO DE 5 mm Nevado
V-6	2	2.10	2.76	1.50	MARCO DE METAL + VIDRIO DE 5 mm Nevado

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: PLANTA DE PUERTAS Y VENTANAS DE DOS NIVELES

ESCALA: INDICADA

PROYECTISTA: ERIC CASTAÑEDA

REVISOR Y CALIFICADO: ERIC CASTAÑEDA

OTRO: ERIC CASTAÑEDA

FECHA: 2015

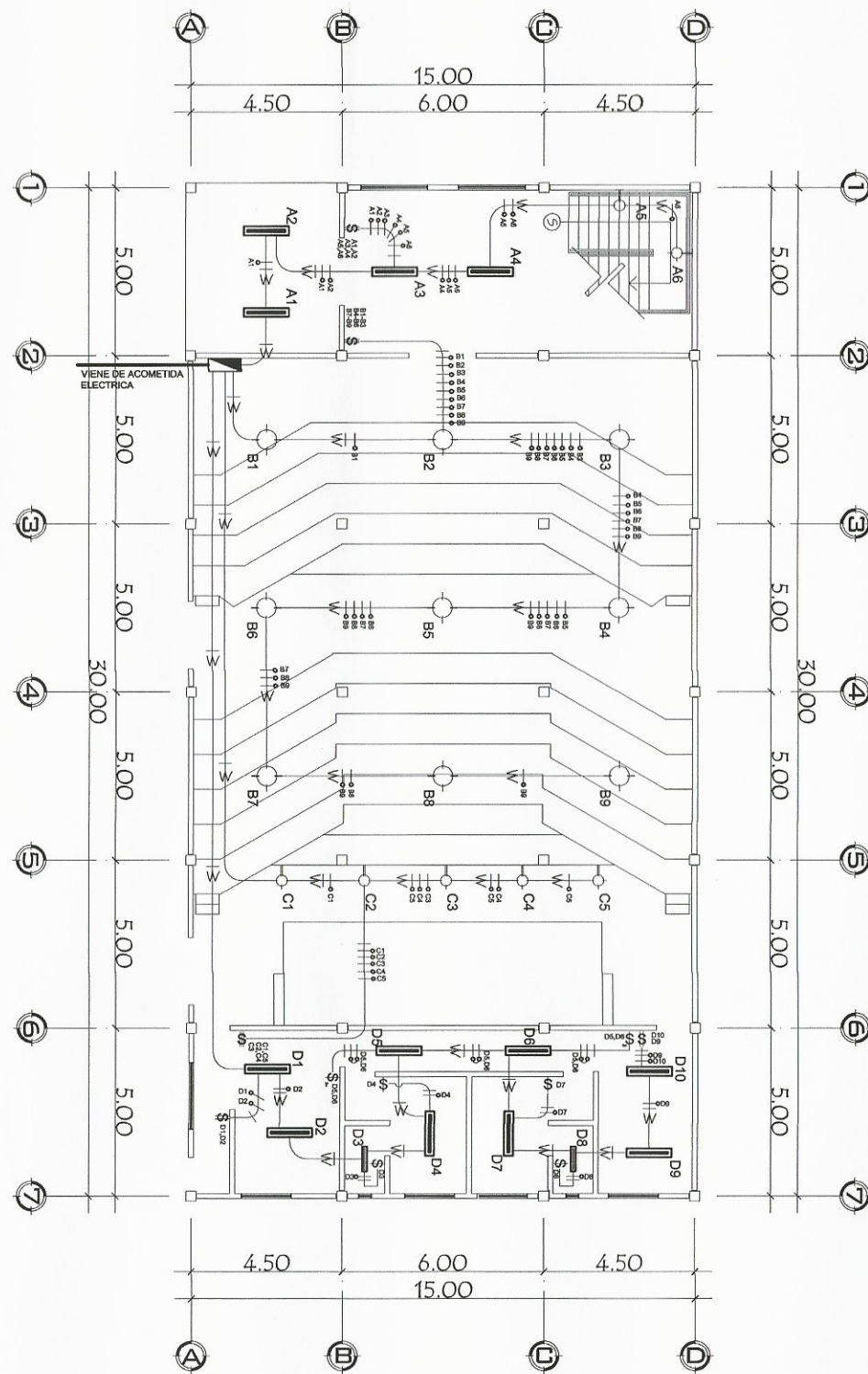
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ERIC CASTAÑEDA
INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL

ASesor: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASesor - SUPERVISOR DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

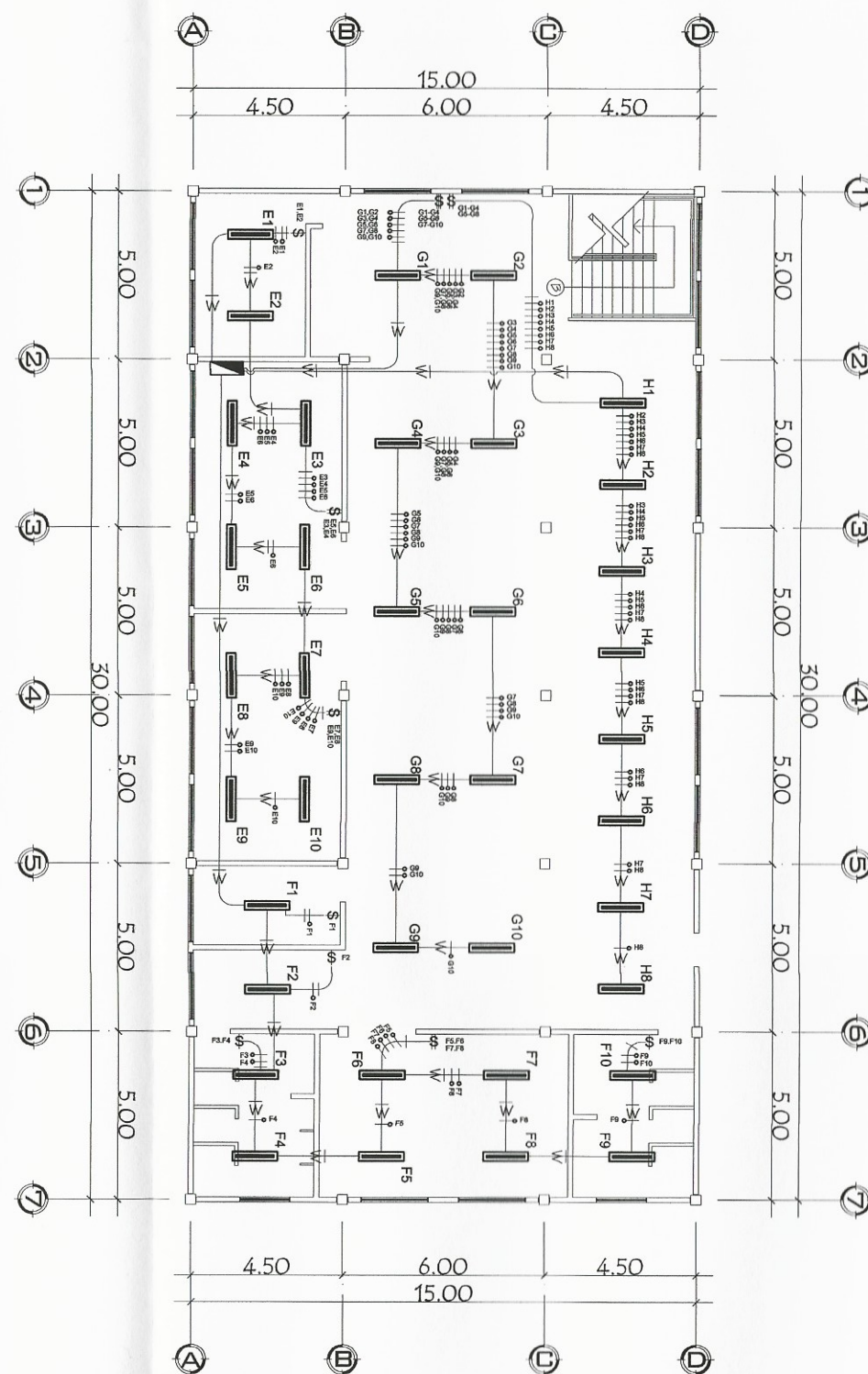
CONVENCION: PLANTA DE PUERTAS Y VENTANAS

HOLIA 9/20



PLANTA DE INST. ELÉCTRICAS:
ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA DE INST. ELÉCTRICAS:
ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:200

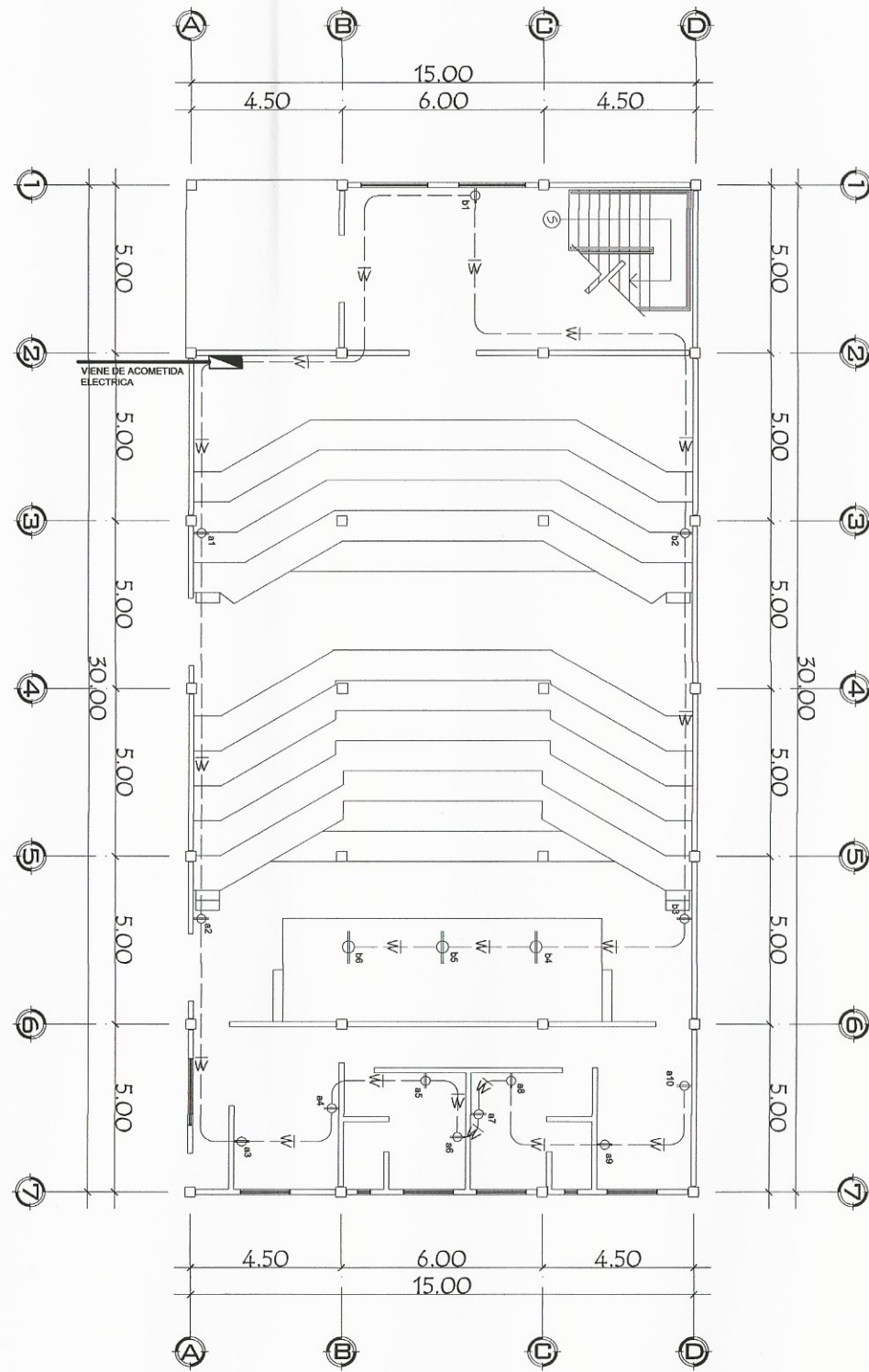
NOMENCLATURA	
	LAMPARA DE HALOGENO
	LAMPARA DE 2 TUBOS
	LAMPARA DE 4 TUBOS
	LUMINARIA DE HALOGENO PARA ESCENARIOS
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	LINEA DE RETORNO
	LINEA NEGATIVA
	LINEA POSITIVA
	ENTUBADO DE 3/4
	LINEA ACOMETIDA PRINCIPAL
	INTERRUPTOR 3W
	LINEA PLENTE



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

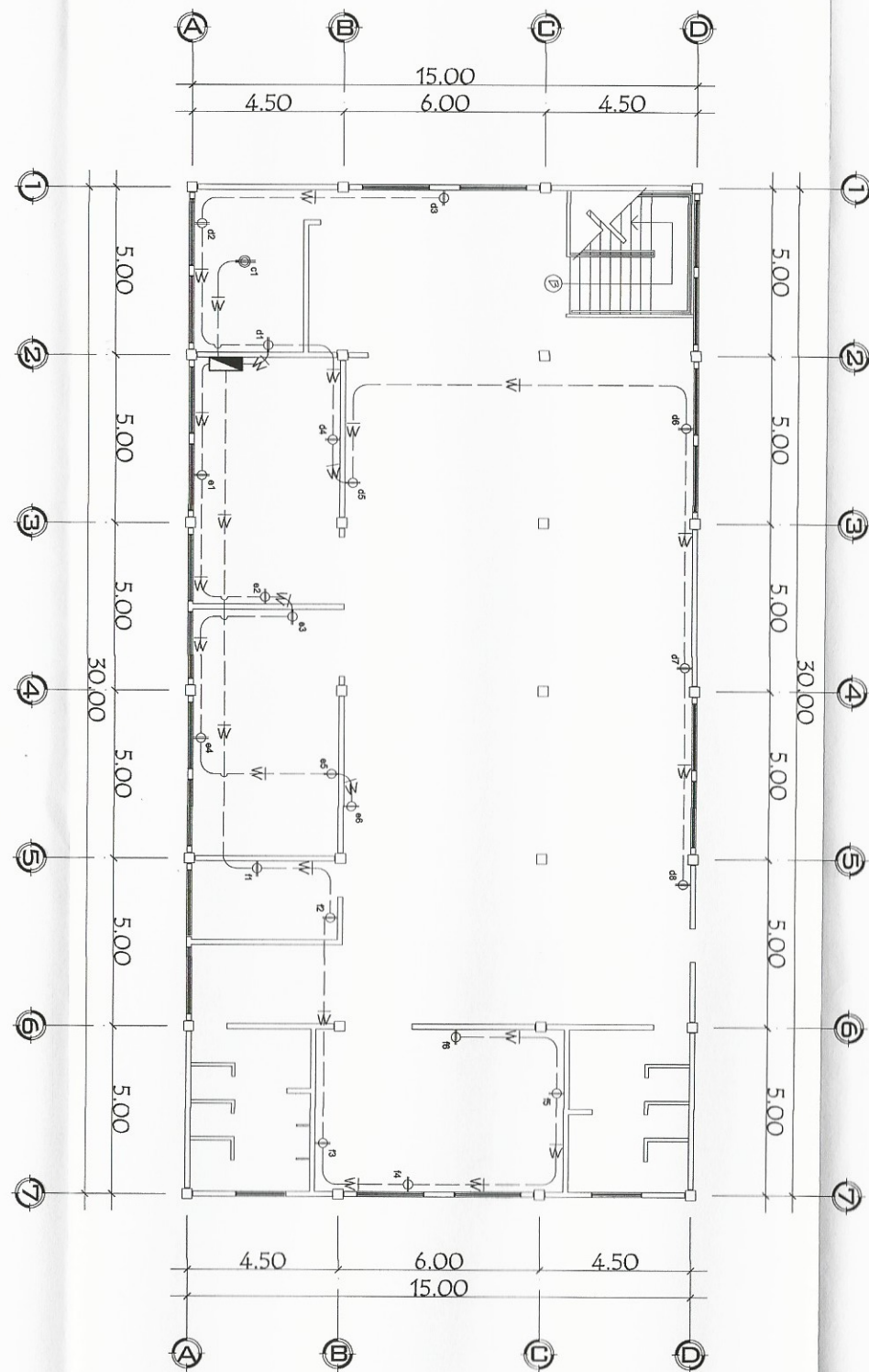
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
SALÓN DE SESIONES PARA TODOS NIVELES
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano en AUTORIDAD
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Profesores de Ingeniería y EPS
Lic. JOSE LÓPEZ

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ELECTRICAS: ILUMINACIÓN
H.O.L.A 10/20



PLANTA DE INST. ELÉCTRICAS:
FUERZA PRIMER NIVEL

ESCALA 1:200



PLANTA DE INST. ELÉCTRICAS:
FUERZA SEGUNDO NIVEL

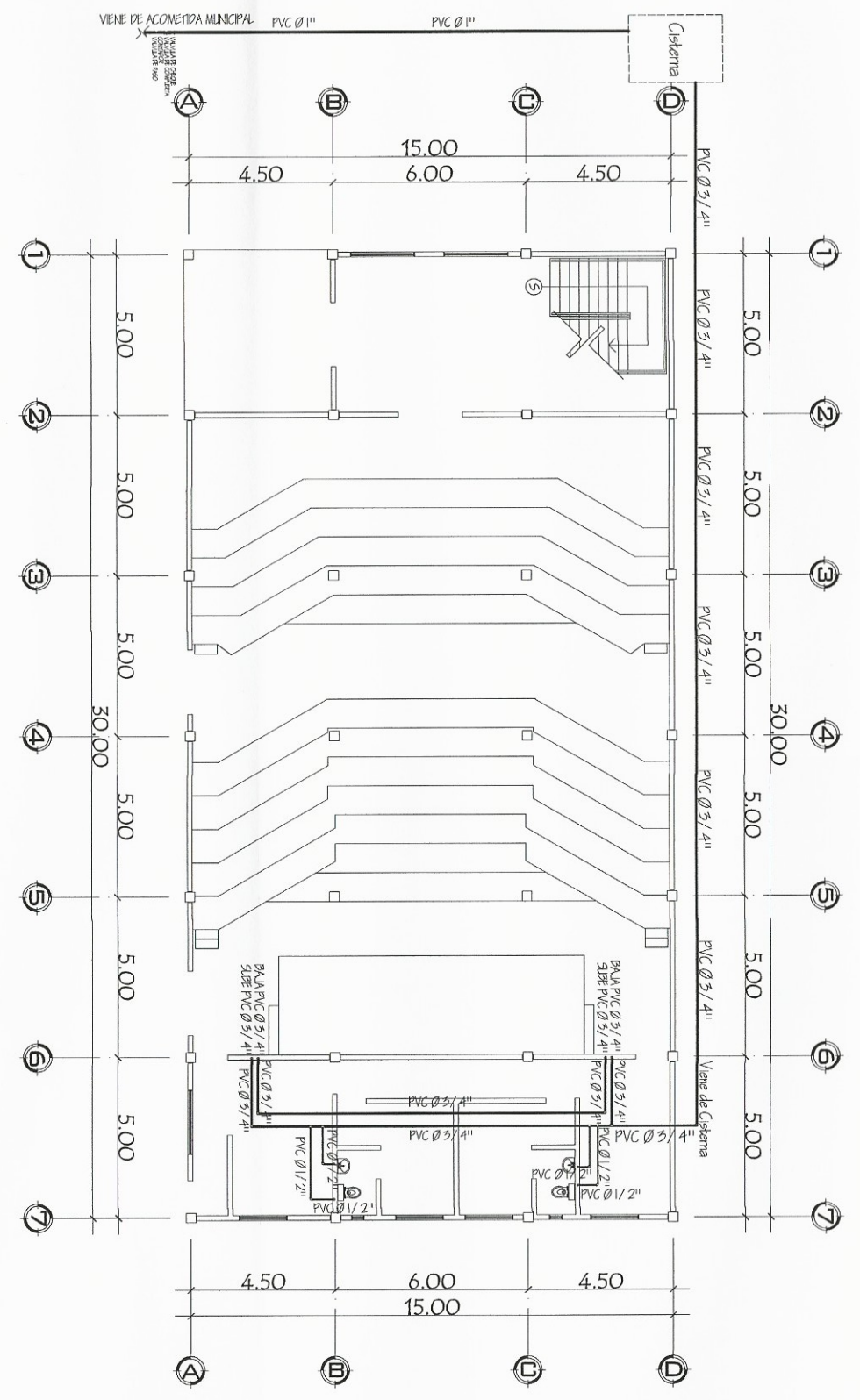
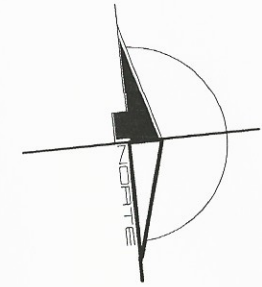
ESCALA 1:200

NOMENCLATURA	
W	LÍNEA NEGATIVA
/	LÍNEA POSITIVA
⊖	TOMACORRIENTE EN PISO
⊕	TOMACORRIENTE 220V
⊕	TOMACORRIENTE SIMPLE
⌒	ENTUBADO 3/4

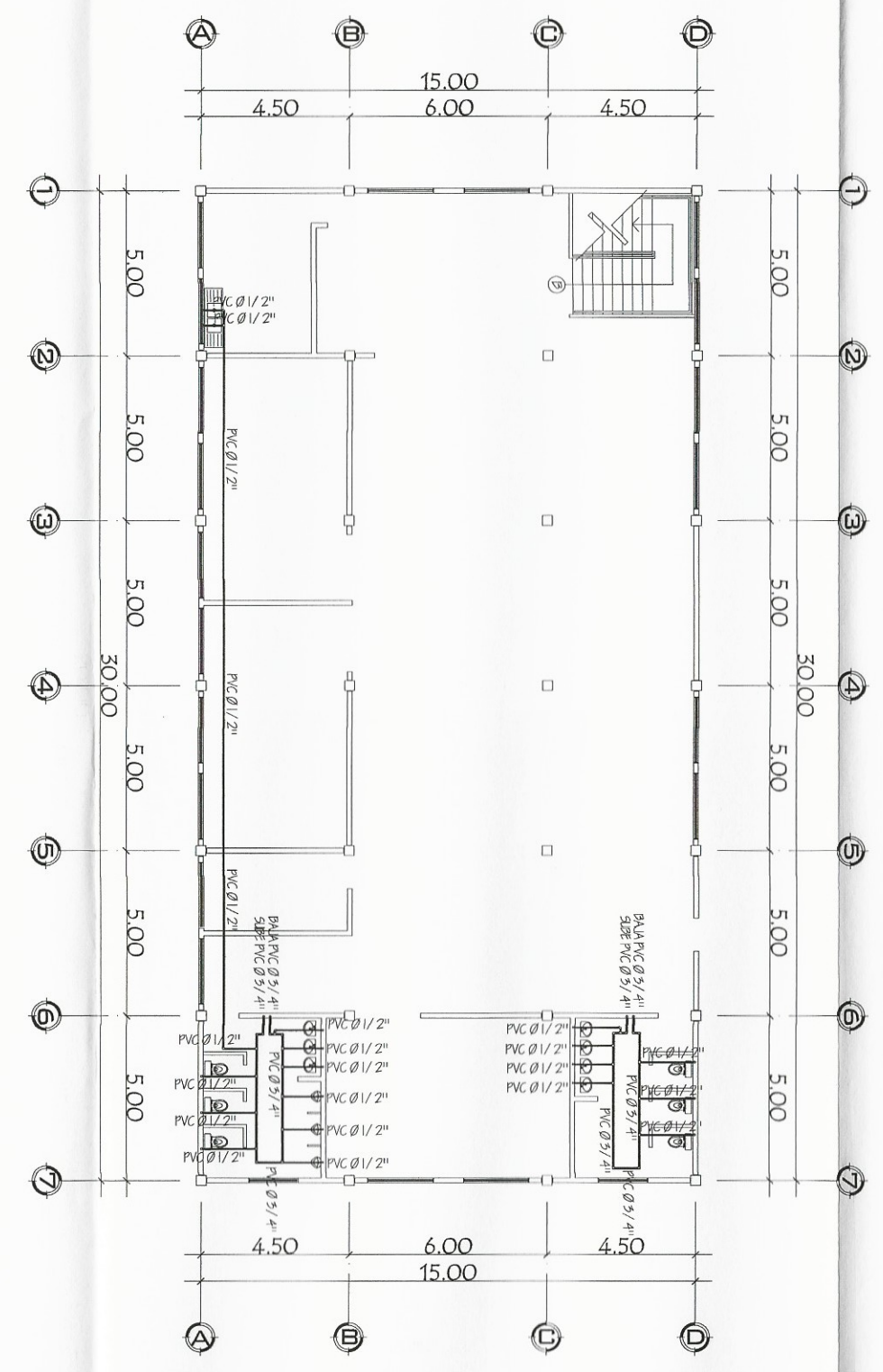


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO	PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE DOS NIVELES	FECHA:	2.015
ESCALA	INDICADA	LUGAR:	MUJITO BARRIOS, IZABAL
ASESOR:	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano	AUTORIDAD:	ERIK CASTAÑEDA
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS	ERIK CASTAÑEDA	FECHA:	ERIK CASTAÑEDA
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS	ERIK CASTAÑEDA	FECHA:	ERIK CASTAÑEDA
COMANDO:	PLANTA DE INST. ELÉCTRICAS: FUERZA	HOLLA	11/20



PLANTA DE INST. HIDRAÚLICAS: PRIMER NIVEL
ESCALA 1:200



PLANTA DE INST. HIDRAÚLICAS: SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1:200

NOMENCLATURA	
	TUBERIA ACOMETIDA MUNICIPAL
	TUBERIA PRINCIPAL CIRCUITO 3/4"
	TUBERIA SECUNDARIA ARTEFACTOS CIRCUITO 1/2"
	TEE PVC
	CODO 90° VERTICAL
	CODO 90° HORIZONTAL
	VALVULA DE CHEQUE
	VALVULA DE COMPUERTA
	CONTADOR
	VALVULA DE PASO
	CISTERNA
	DIAMETRO TUBERIA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

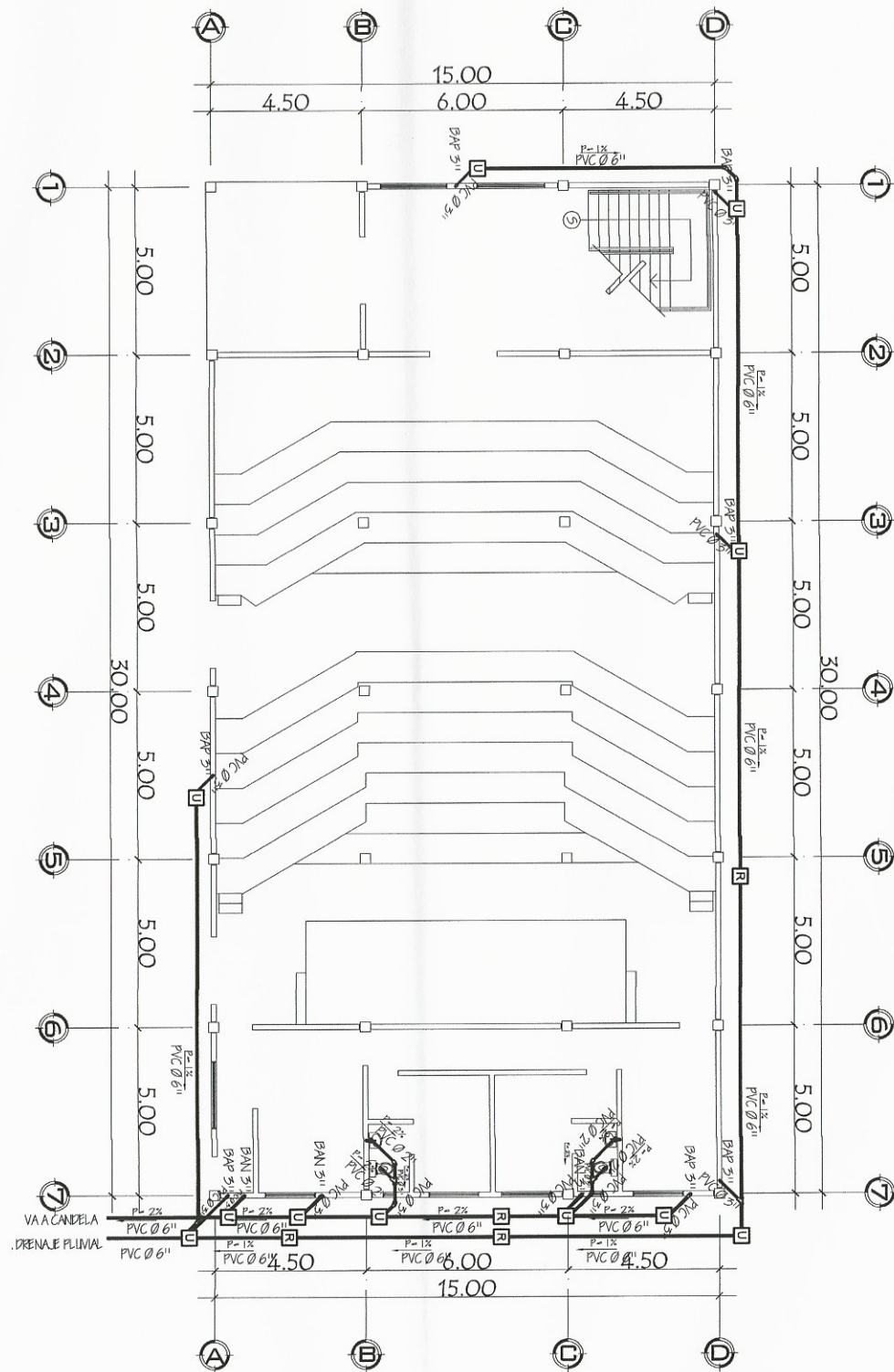
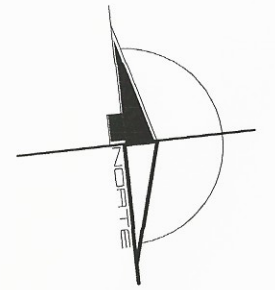
PROYECTO: PLANTA DE INSTALACIONES HIDRAULICAS DE DOS NIVELES
INDICADA: []
PROYECTO GUARIBUNO, UZAMAL

ASESOR:
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
ING. SILVIO JOSE RODRIGUEZ SERRANO
Unidad de Prácticas de Ingeniería y BPS José Zúñez

INGENIERIA: []
ERIK CASTAÑEDA
DISEÑO Y CÁLCULO: []
ERIK CASTAÑEDA
DIBUJO: []
ERIK CASTAÑEDA

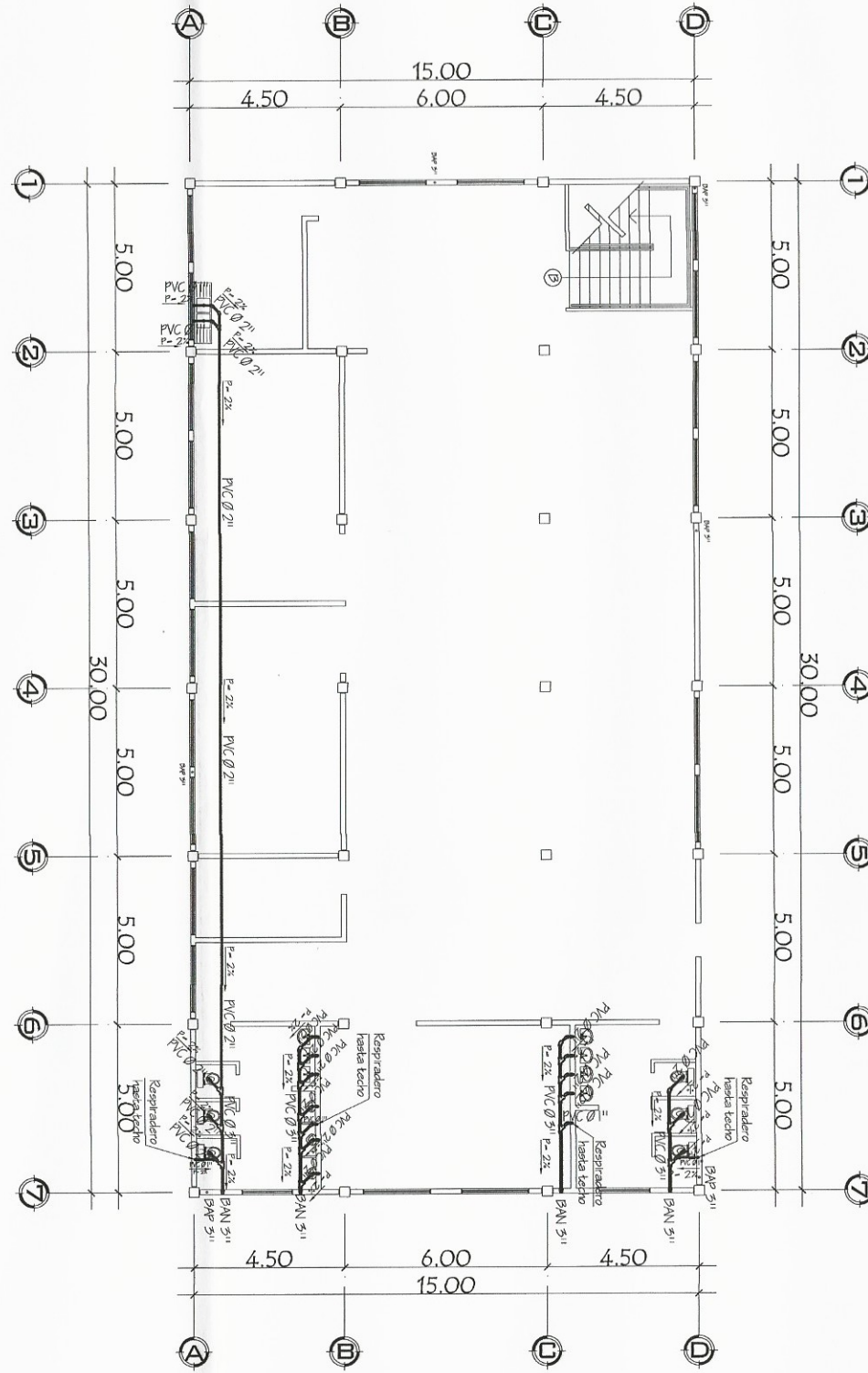
PLANTA DE INSTALACIONES HIDRAULICAS
Facultad de Ingeniería

HOLLA 12/20



PLANTA DE INST. SANITARIAS: PRIMER NIVEL

ESCALA 1:100



PLANTA DE INST. SANITARIAS: SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1:100

NOMENCLATURA	
	CAJA TIPO UNIÓN
	CAJA DE REGISTRO
	BAJADA DE AGUAS NEGRAS + DIAMETRO
	BAJADA DE AGUA POTABLE + MAS DIAMETRO
	YEE PVC
	CODO 90° HORIZONTAL
	TUBERIA
	CODO 90° VERTICAL
	DIAMETRO DE TUBERIAS
	PENDIENTE + DIRECCIÓN
	REDUCIDOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: SALÓN DE USOS MULTIPLES DE DOS NIVELES
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

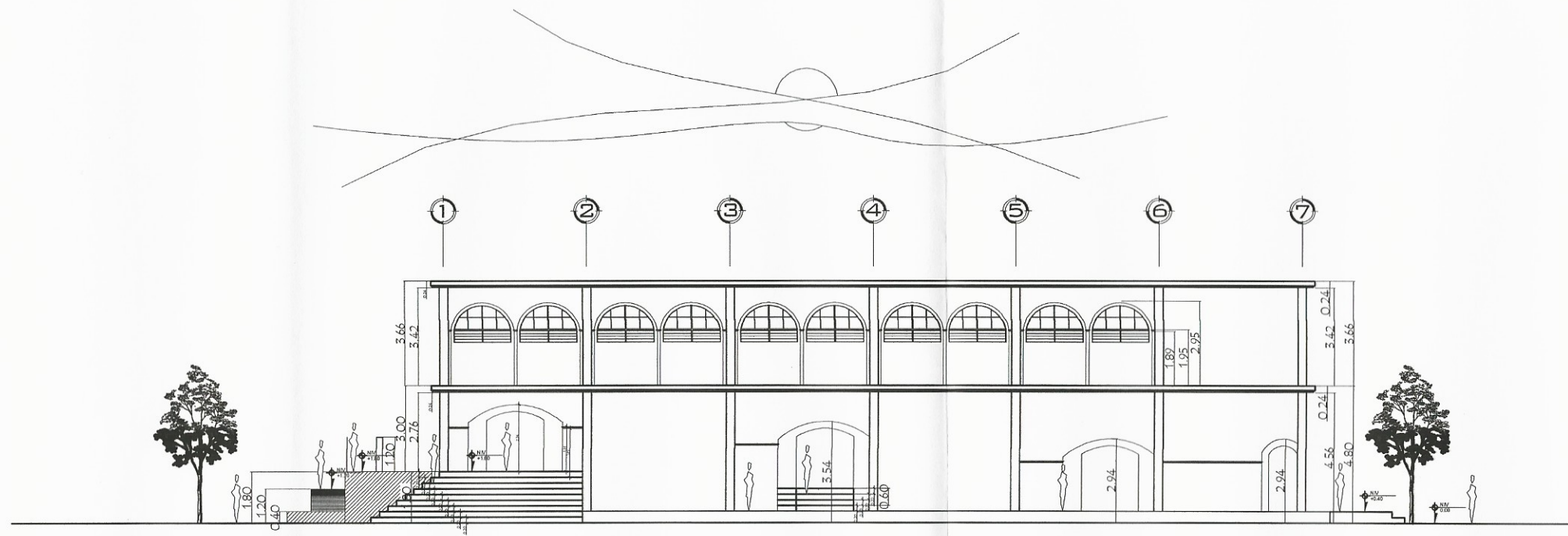
Ing. **José Rodríguez Serrano** AUTORIDAD
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
ING. SILVIO RODRIGUEZ LIC. JOSÉ LÓPEZ

PROFESOR: ERIK CASTAÑEDA
DISEÑO Y CALIBRA: ERIK CASTAÑEDA
DIBUJO: ERIK CASTAÑEDA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS

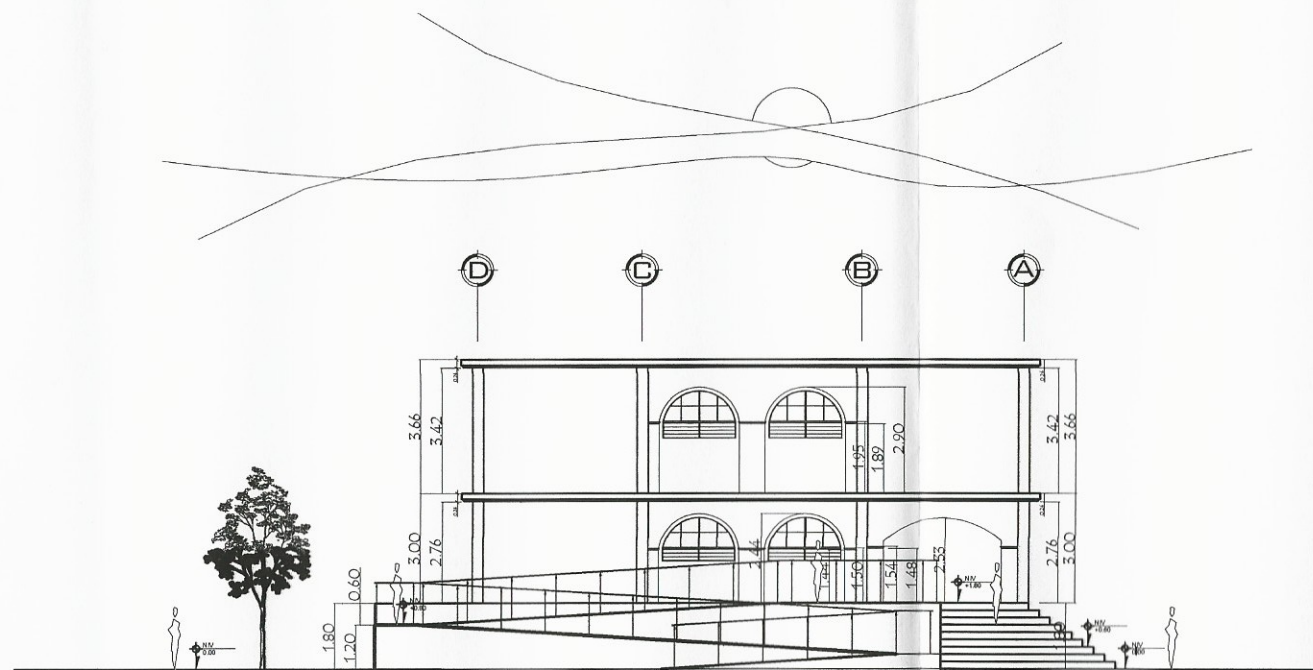
PROYECTO: PLAN DE ENLACE SANITARIAS

HOLIA 13/20



FACHADA SUR- SUROESTE

ESCALA 1:200



FACHADA OESTE- OESTENORTE

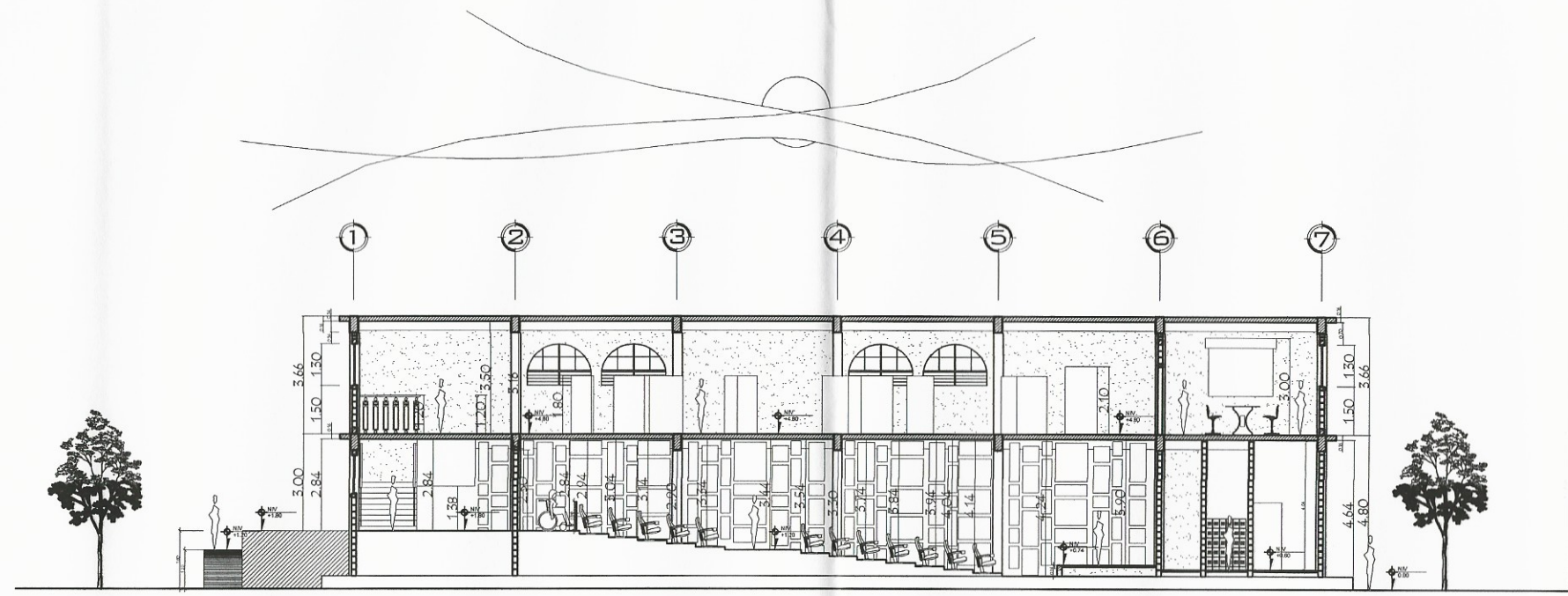
ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

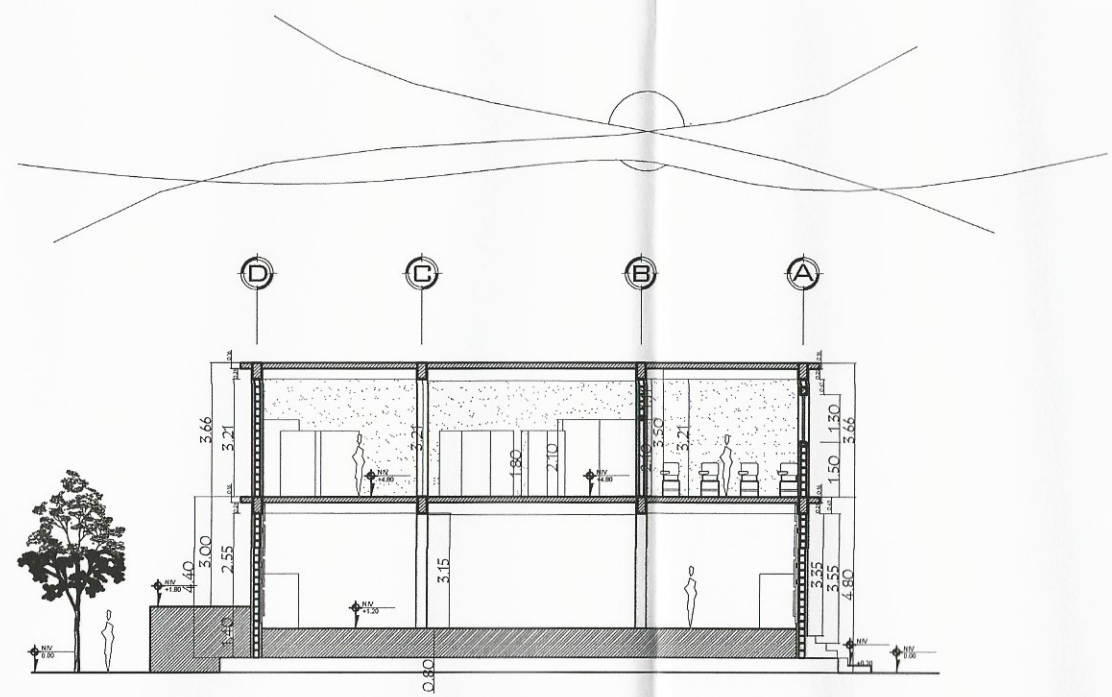
FECHA	2.015
ESCALA	INDICADA
PROYECTO	PROYECTO HABILITACION UJAMAL
PROFESOR	ERIK CASTAÑEDA
ASISTENTE	ERIK CASTAÑEDA
ASesor	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASesor - SUPERVISOR DE RPS	Ing. Silvio Rodríguez
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y EPS	Ing. José López

PLANO DE FACHADAS
Facultad de Ingeniería



SECCIÓN A-A'

ESCALA 1:200



SECCIÓN B-B'

ESCALA 1:200

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

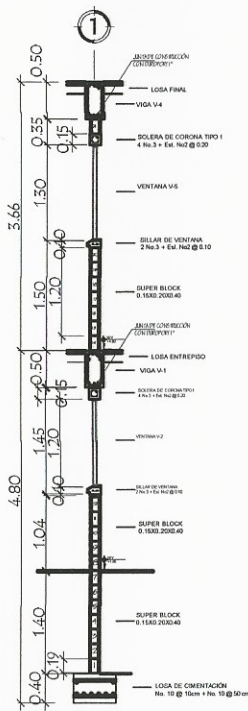
ASESOR
Ing. **Stelio José Rodríguez Serrano**
ASISTENTE - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Planeación de Ingeniería y EPS

PROFESORA
ERIK CASTAÑEDA
DISEÑO Y CALIDAD
ERIK CASTAÑEDA
DISEÑO
ERIK CASTAÑEDA

FECHA: 2.015
Escala: INDICADA
PROYECTO: PUERTO BARROS, UZAMAL

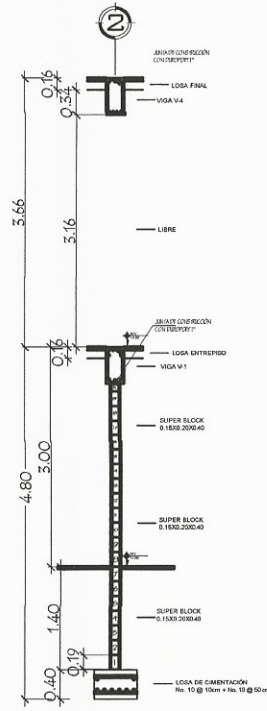
CONVENIO: PLAN DE SECCIONES
Facultad de Ingeniería

HOLIA 15 / 20



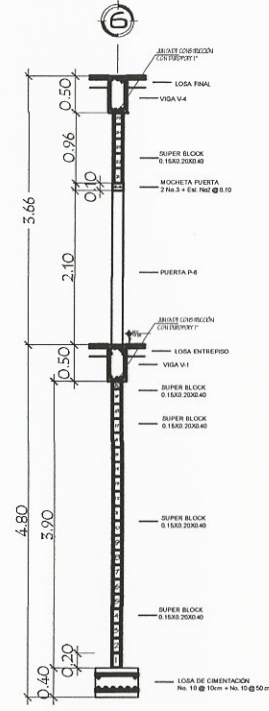
CORTE DE MURO A-A

ESCALA 1:100



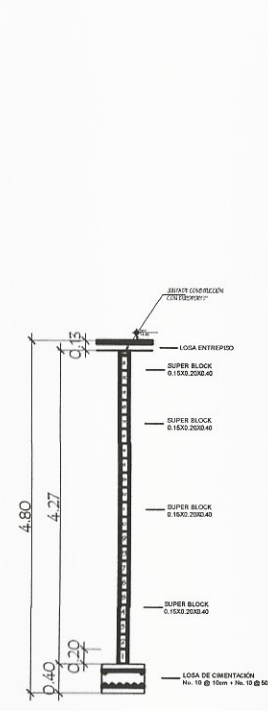
CORTE DE MURO B-B

ESCALA 1:100



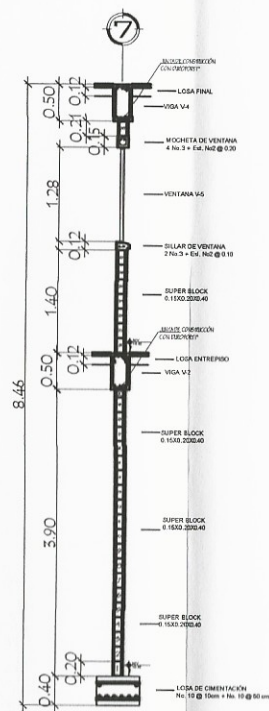
CORTE DE MURO C-C

ESCALA 1:100



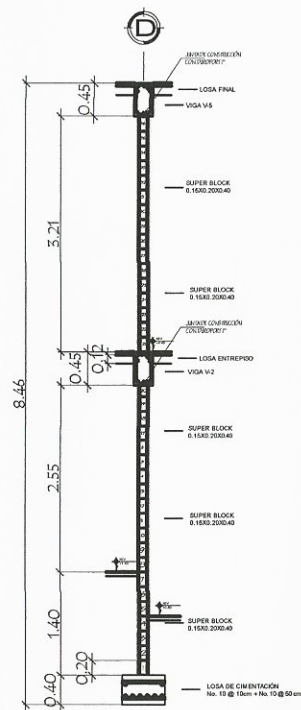
CORTE DE MURO D-D

ESCALA 1:100



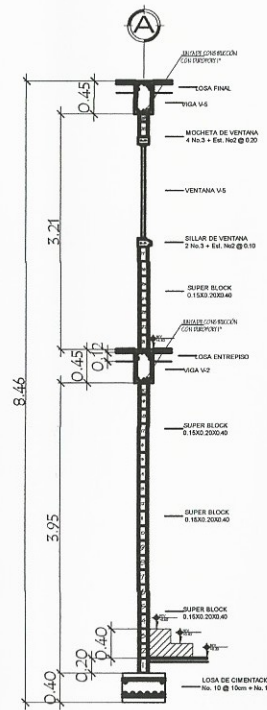
CORTE DE MURO E-E

ESCALA 1:100



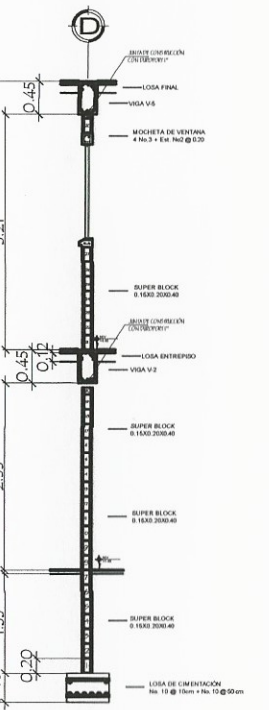
CORTE DE MURO F-F

ESCALA 1:100



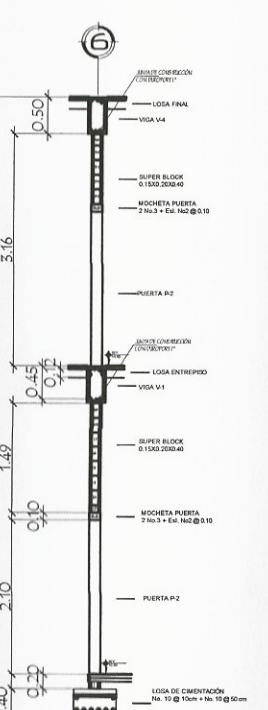
CORTE DE MURO G-G

ESCALA 1:100



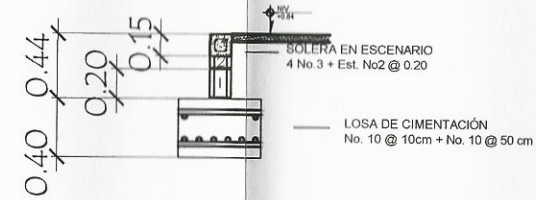
CORTE DE MURO H-H

ESCALA 1:100



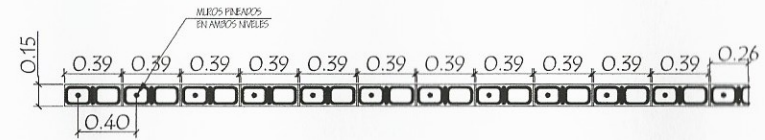
CORTE DE MURO I-I

ESCALA 1:100



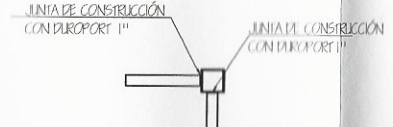
CORTE DE MURO ESCENARIO

ESCALA 1:100



DETALLE DE MURO

ESCALA 1:50



JUNTA DE CONSTRUCCIÓN MUROS

ESCALA 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO: **PLAN DE CORTES DE MUROS**

FECHA: 2015

ESCALA: INDICADA

PROYECTO: PUERTO BARROS (VAM)

PREPARADO: ERIC CASTAÑEDA

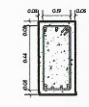
DISEÑO Y CALIFICACIÓN: ERIC CASTAÑEDA

REVISOR: ERIC CASTAÑEDA

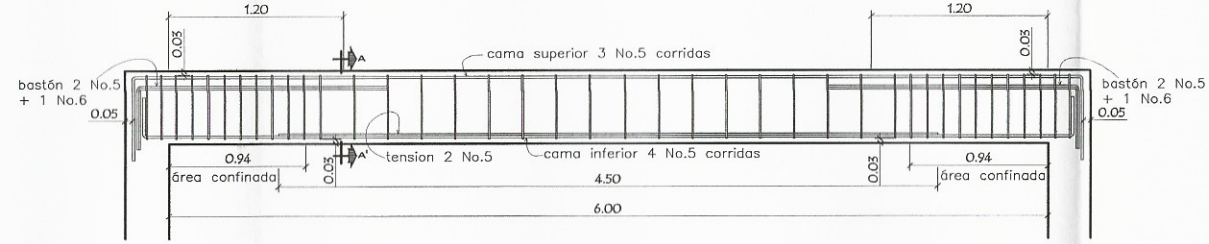
ASESOR: **Ing. Silvio José Rodríguez Serrano**
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Ejecución de Ingeniería y EPS

CONTENIDO: **PLANO DE CORTES DE MUROS**

HOLIA 16 / 20

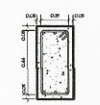


VIGA 1 0.25 X 0.50
 cama superior 3 No.5 corridas
 cama inferior 4 No.5 corridas
 bastón 2 No.5 + 1 No. 6
 Tensión 2 No.5
 Est No. 4 en área confinada 0.94 m
 primero @ 0.05 m siguientes @ 0.11 m
 resto a @ 0.18 m

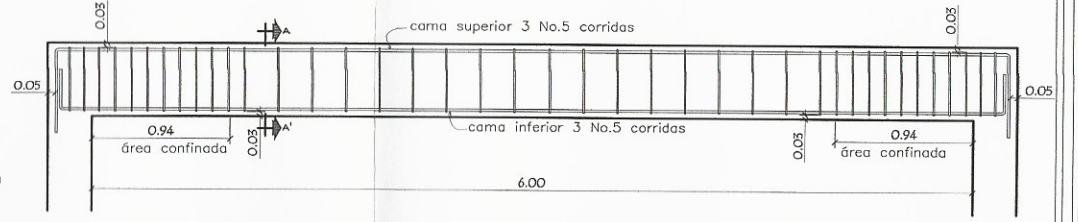


SECCIÓN A-A' ESCALA 1:50

DETALLE DE VIGA 1 ESCALA 1:50

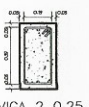


VIGA 4 0.25 X 0.50
 cama superior 3 No.5 corridas
 cama inferior 3 No.5 corridas
 Est No. 3 en área confinada 0.94 m
 el primero @ 0.05 m siguientes @ 0.11 m
 resto a @ 0.23 m

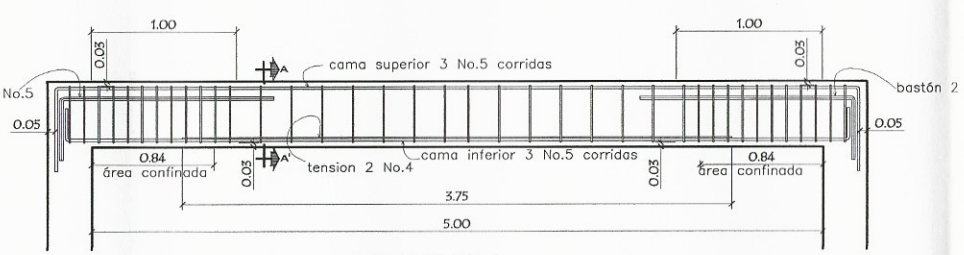


SECCIÓN A-A' ESCALA 1:50

DETALLE DE VIGA 4 ESCALA 1:50



VIGA 2 0.25 X 0.45
 cama superior 3 No.5 corridas
 cama inferior 3 No.5 corridas
 bastón 2 No.5
 tensión 2 No.4
 Est No. 4 en área confinada 0.84 m
 primero @ 0.05 m siguientes @ 0.10 m
 resto a @ 0.19 m

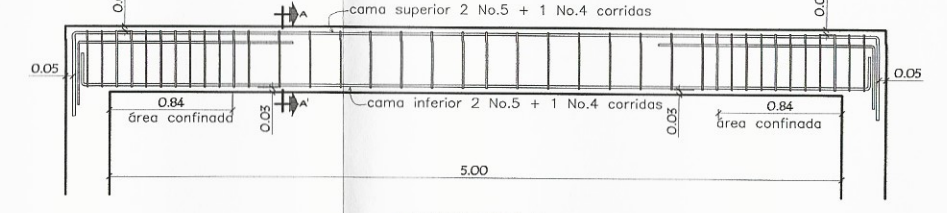


SECCIÓN A-A' ESCALA 1:50

DETALLE DE VIGA 2 ESCALA 1:50



VIGA 5 0.25 X 0.45
 cama superior 2 No.5 + 1 No.4 corridas
 cama inferior 2 No.5 + 1 No.4 corridas
 Est No. 3 en área confinada 0.84 m
 el primero @ 0.05 m siguientes @ 0.10 m
 resto a @ 0.19 m

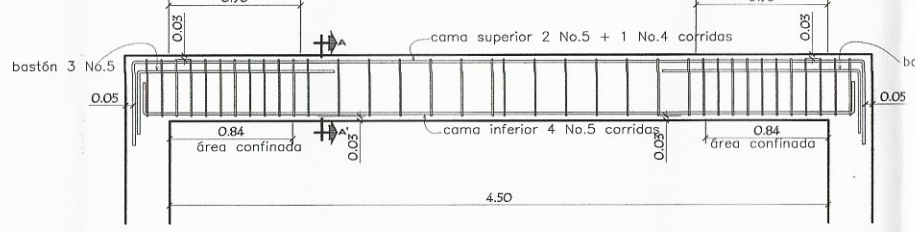


SECCIÓN A-A' ESCALA 1:50

DETALLE DE VIGA 5 ESCALA 1:50



VIGA 3 0.25 X 0.45
 cama superior 2 No.5 + 1 No.4 corridas
 cama inferior 4 No.5 corridas
 bastón 3 No.5
 Est No. 3 en área confinada 0.84 m
 el primero @ 0.05 m siguientes @ 0.10 m
 resto a @ 0.21 m

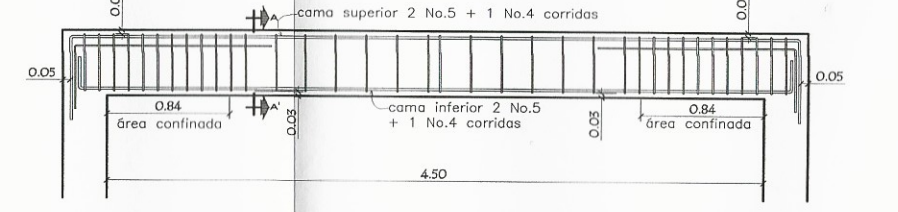


SECCIÓN A-A' ESCALA 1:50

DETALLE DE VIGA 3 ESCALA 1:50

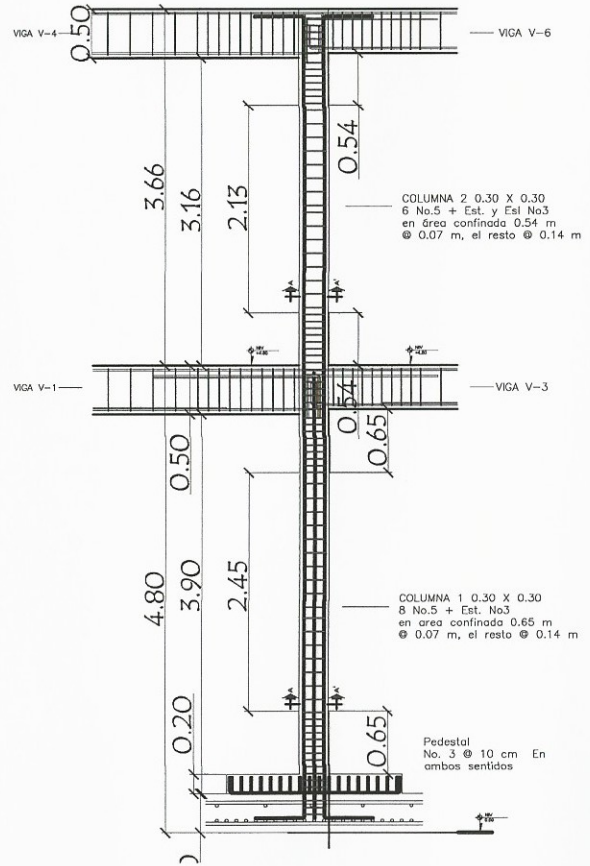


VIGA 6 0.25 X 0.45
 cama superior 2 No.5 + 1 No.4 corridas
 cama inferior 2 No.5 + 1 No.4 corridas
 Est No. 3 en área confinada 0.90 m
 el primero @ 0.05 m siguientes @ 0.10 m
 resto a @ 0.21 m

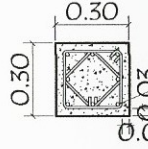


SECCIÓN A-A' ESCALA 1:50

DETALLE DE VIGA 6 ESCALA 1:50

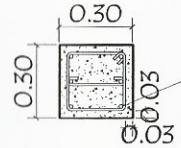


DETALLE DE COLUMNA ESCALA 1:75



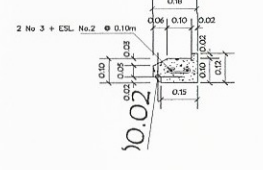
COLUMNA 1 0.30 X 0.30
 8 No.5 + Est. No.3
 en área confinada 0.65 m
 @ 0.07 m, el resto @ 0.14 m

SECCIÓN A-A' ESCALA 1:30

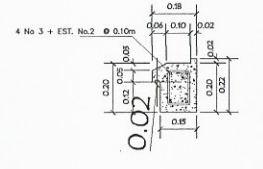


COLUMNA 2 0.30 X 0.30
 6 No.5 + Est. y Est. No.3
 en área confinada 0.54 m
 @ 0.07 m, el resto @ 0.14 m

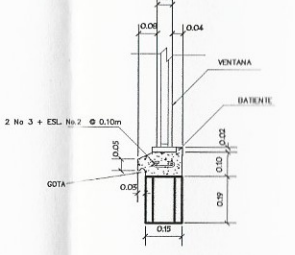
SECCIÓN A-A' ESCALA 1:30



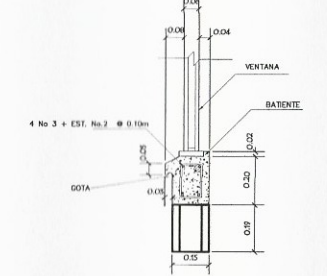
SILLAR DE VENTANA ESCALA 1:30



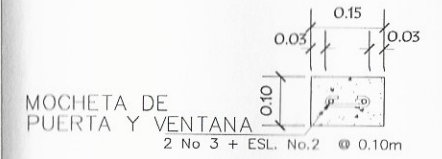
SILLAR 1 DE VENTANA ESCALA 1:30



DETALLE SILLAR DE VENTANA ESCALA 1:30



SILLAR 1 DE VENTANA ESCALA 1:30



MOCHETA DE PUERTA Y VENTANA
 2 No. 3 + ESL. No.2 @ 0.10m

MOCHETA 1 ESCALA 1:10

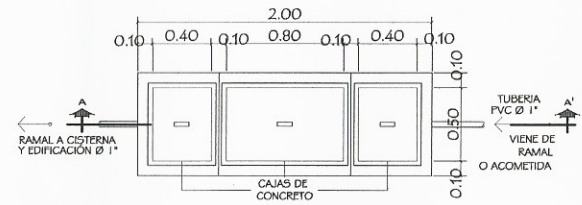
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA

ASESOR:
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

CONTENIDO:
 DETALLES DE VIGAS Y COLUMNAS

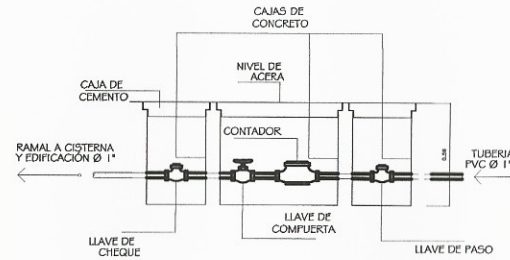
H.O.J.A 17/20

DETALLE ACOMETIDA

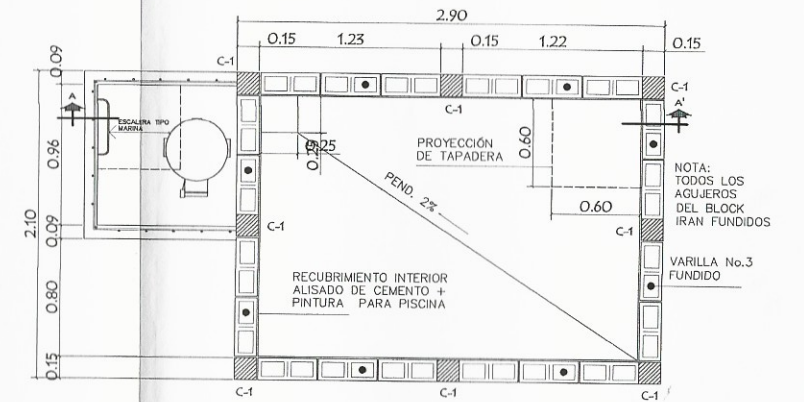


ESCALA 1:20

SECCIÓN A-A' ACOMETIDA



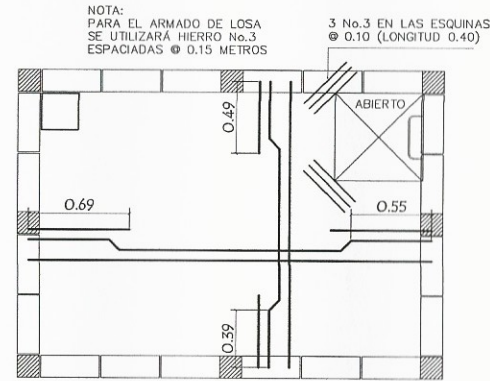
ESCALA 1:20



PLANTA DE TANQUE CISTERNA

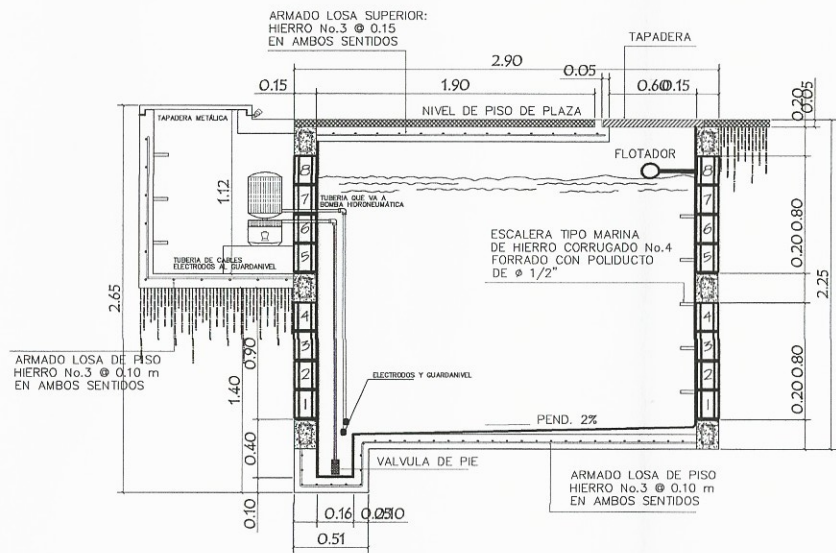
ESCALA 1:25

ARMADO DE LOSA SUPERIOR



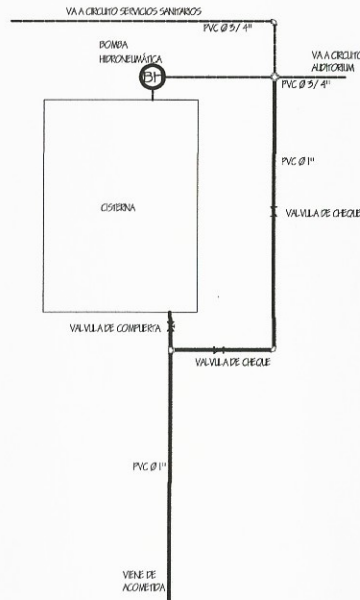
ESCALA 1:25

SECCIÓN A-A' DE TANQUE CISTERNA

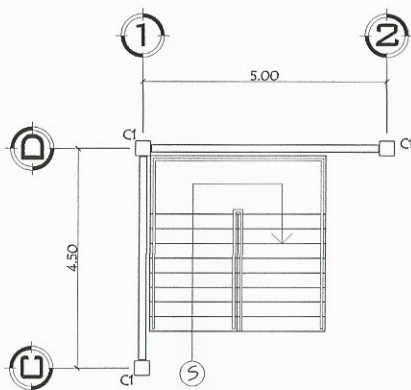


ESCALA 1:25

DIAGRAMA DE BYPASS TANQUE CISTERNA

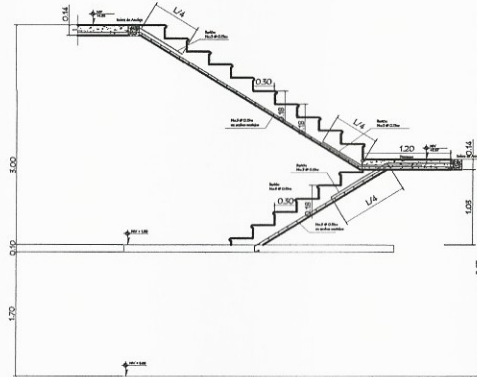


ESCALA 1:50



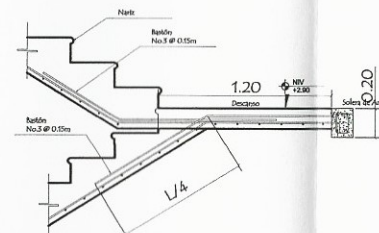
PLANTA DE GRADAS

ESCALA 1:50



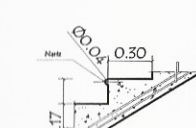
DETALLE DE ARMADO DE GRADAS

ESCALA 1:100



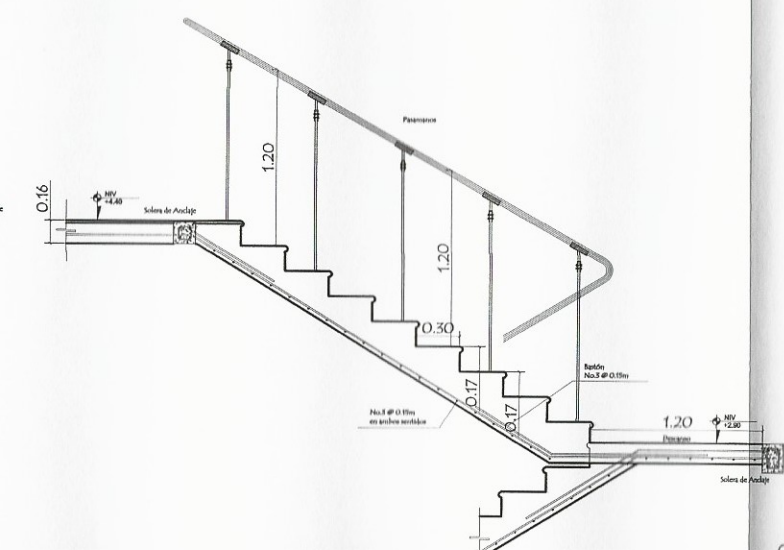
DETALLE 1 GRADAS

ESCALA 1:50



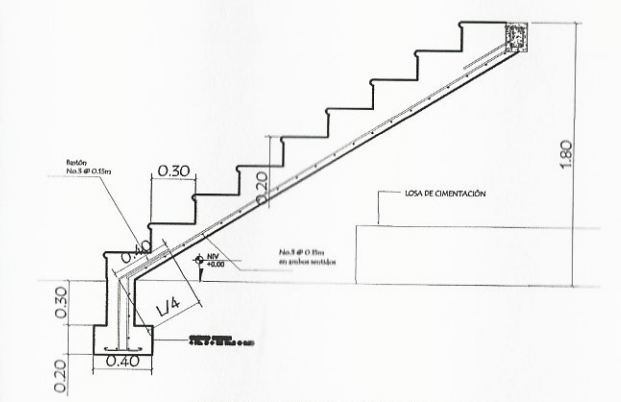
DETALLE 2 GRADAS

ESCALA 1:50



DETALLE PASAMANOS EN GRADAS

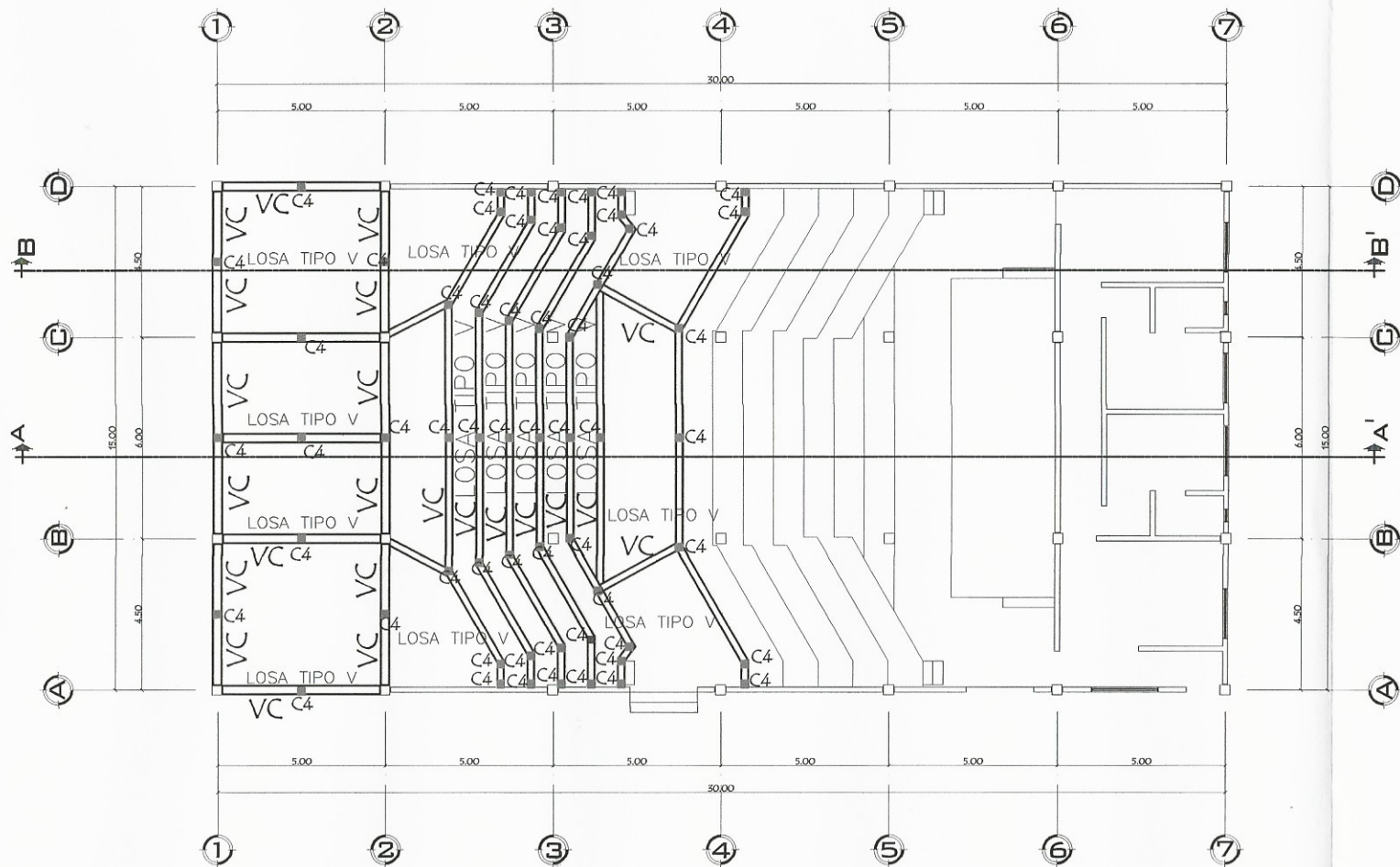
ESCALA 1:50



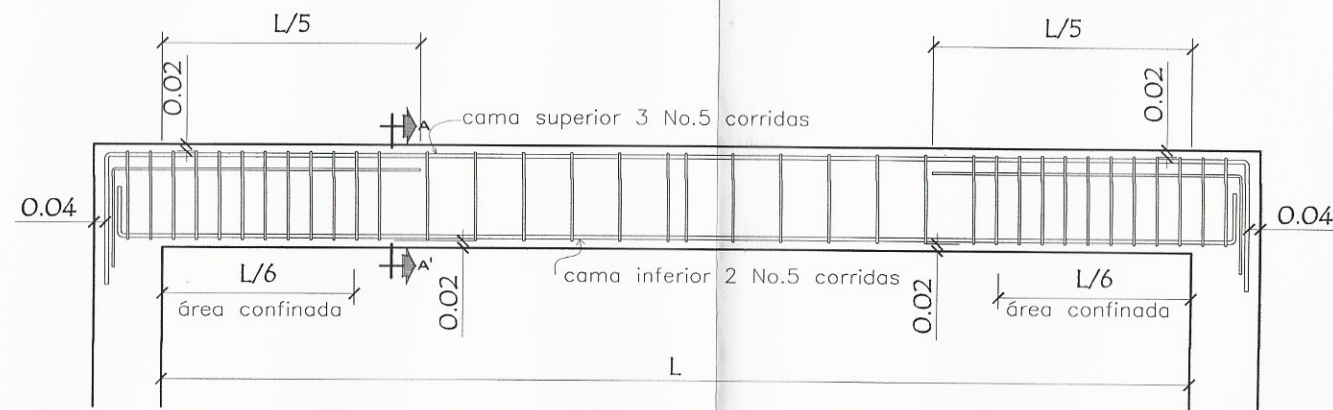
DETALLE ARMADO DE GRADAS EXTERIOR

ESCALA 1:50

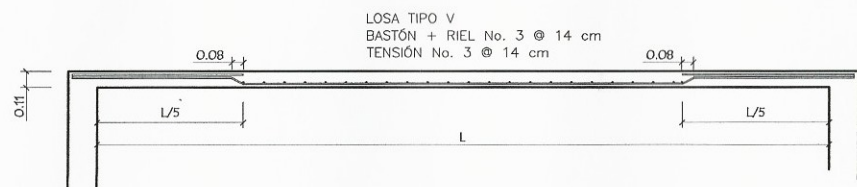
Professional stamp and project information from Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. Includes project name 'DETALLE DE INST. ELECTRICAS Y GRADAS', scale 'HOJA 18/20', and dates.



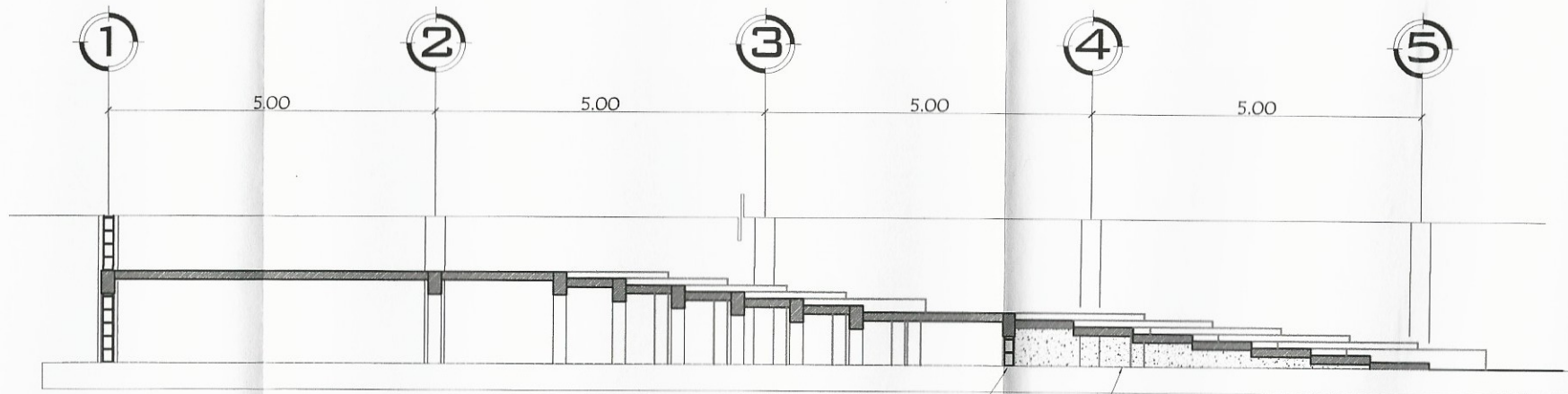
PLANTA DE VIGAS, COLUMNA Y LOSA, PISO BUTACAS
ESCALA 1:200



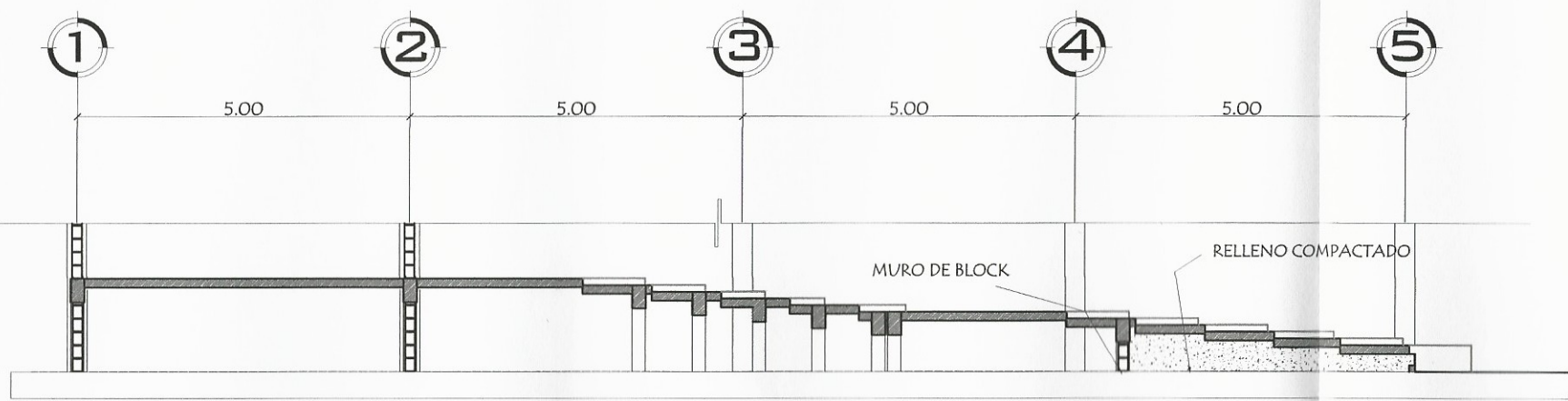
DETALLE VIGAS, PISO BUTACAS
ESCALA 1:25



DETALLE LOSA, PISO BUTACAS
ESCALA 1:50



CORTE A-A', PISO BUTACAS
ESCALA 1:100



CORTE B-B', PISO BUTACAS
ESCALA 1:100

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO: PASADIZO DE BARRIOS DE DOS NIVELES
UBICACIÓN: PUEBLO BARRIOS (ZABAL)

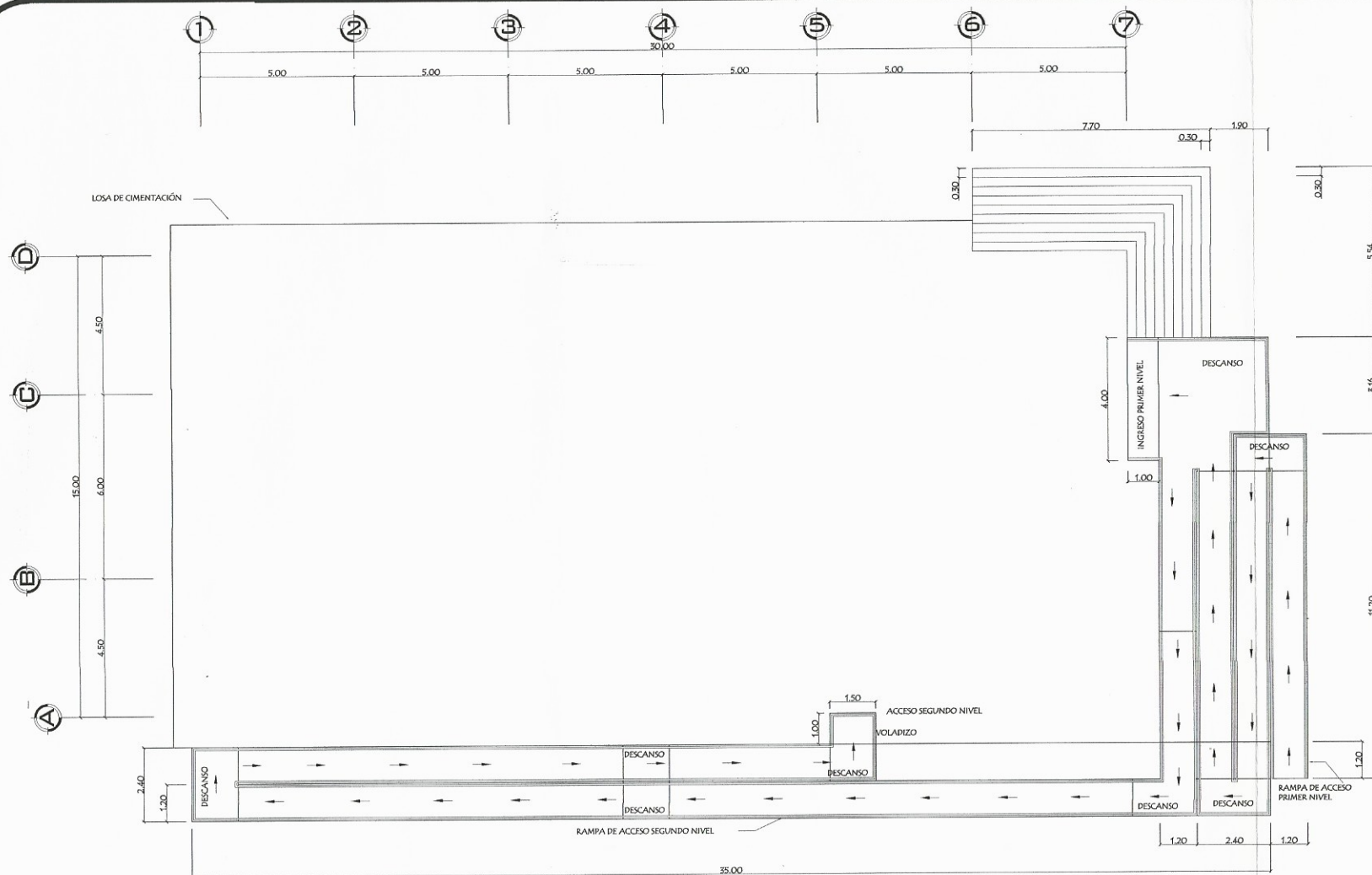
ASISTENTE: Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SUPERVISOR - SUPERVISOR DE EPS

UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERÍA Y DISEÑO

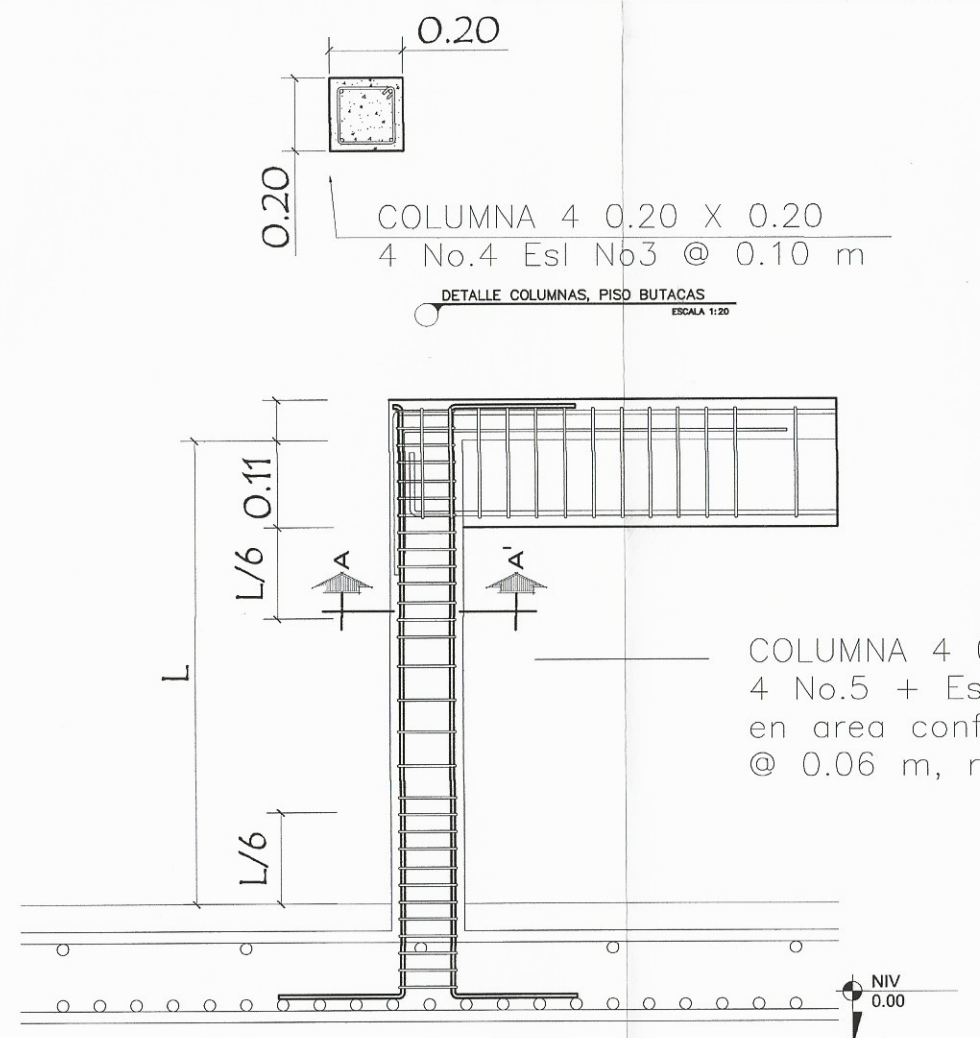
PROFESOR: ERIC CASTAÑEDA
DISEÑO Y CALIFICACIÓN: ERIC CASTAÑEDA
REVISIÓN: ERIC CASTAÑEDA

CONTRATO: 2015
FECHA: 19/02/2015

HOJA 19/20



PLANTA DE RAMPAS
ESCALA 1:150

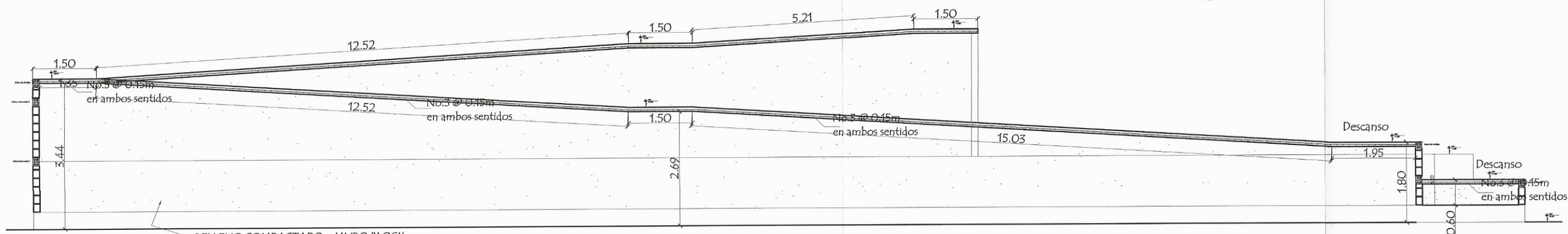


COLUMNA 4 0.20 X 0.20
4 No.4 Esl No3 @ 0.10 m

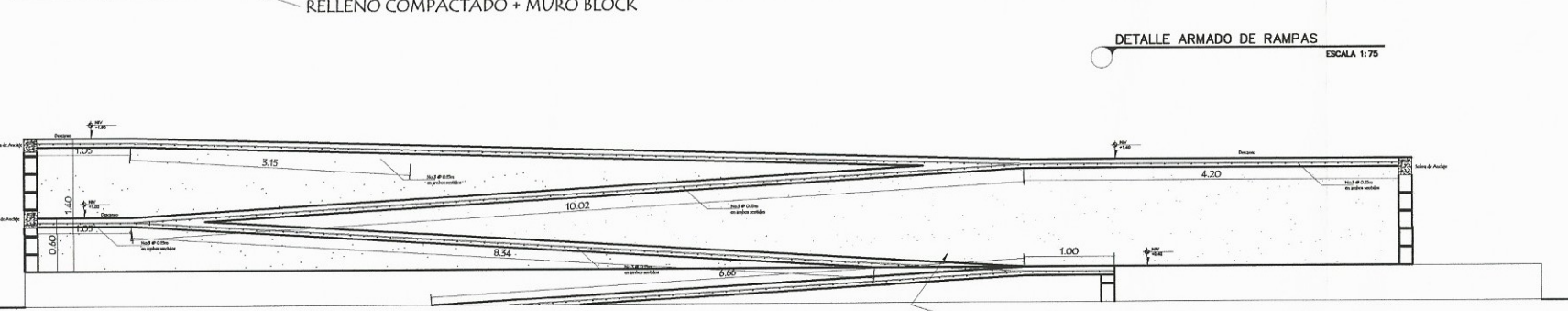
DETALLE COLUMNAS, PISO BUTACAS
ESCALA 1:20

COLUMNA 4 0.20 X 0.20
4 No.5 + Est. No3
en area confinada 0.65 m
@ 0.06 m, resto @ 0.12 m

DETALLE COLUMNAS, PISO BUTACAS
ESCALA 1:20

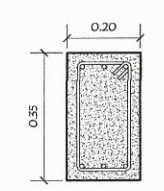


DETALLE ARMADO DE RAMPAS
ESCALA 1:75



DETALLE ARMADO DE RAMPAS
ESCALA 1:75

VIGA CONECTORA VC 0.20 X 0.35
cama superior 3 No.5 corridas
cama inferior 2 No.5 corridas
Est No. @ 0.10 m



DETALLE VIGAS, PISO BUTACAS
ESCALA 1:20

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA

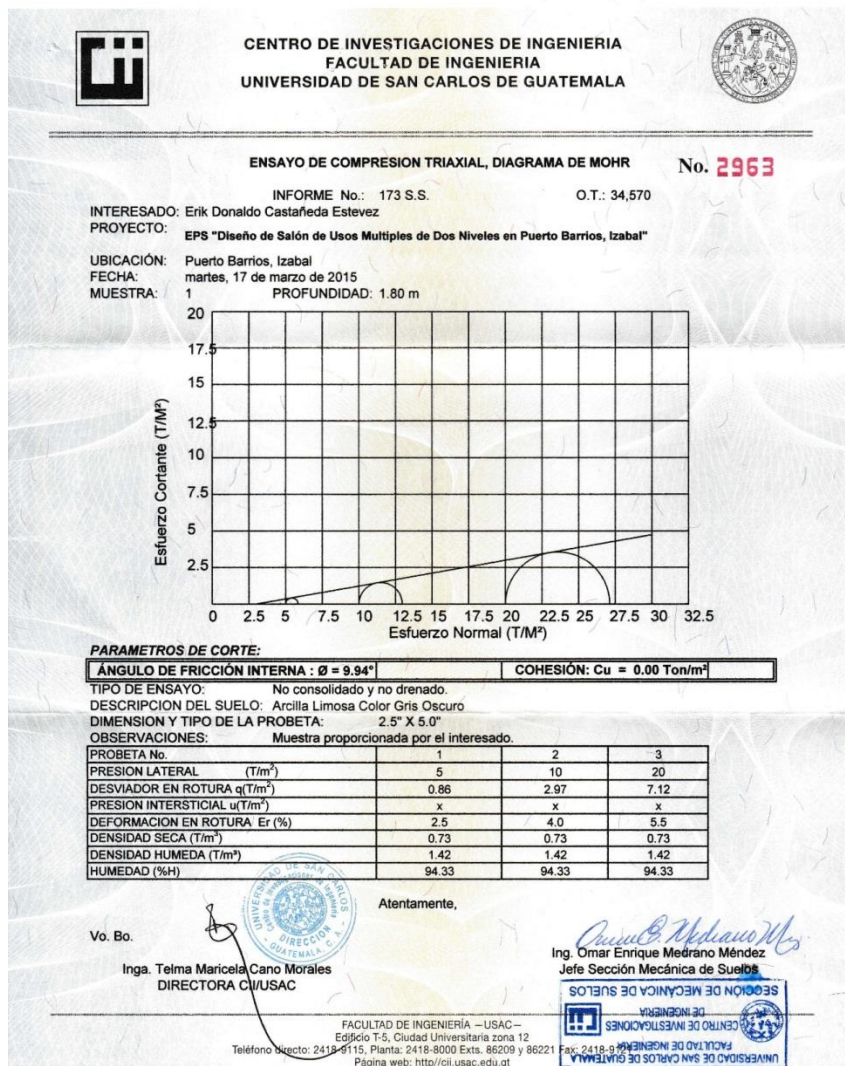
Ing. **Silvio José Rodríguez Serrano**
CASADOR - SUPERVISOR DE EPS

FECHA: 2.015
ESCALA: INDICADA
DISEÑO Y CALIFICADO: ERIK CASTAÑEDA
DIBUJO: ERIK CASTAÑEDA

HOLLA 20/20

ANEXOS

Figura 1. Ensayo de compresión triaxial, diagrama de mohr



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Usac.

Tabla I. **Coefficientes para momentos negativos en losas**










TABLA 12.3

Coefficientes para momentos negativos en losas^a

$$M_{a,neg} = C_{a,neg} w l_a^2$$

donde w = carga muerta más viva uniforme total

$$M_{b,neg} = C_{b,neg} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
									
1.00	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.045 0.045	 0.076	0.050 0.050	0.075	0.071	 0.071	0.033 0.061	0.061 0.033
0.95	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.050 0.041	 0.072	0.055 0.045	0.079	0.075	 0.067	0.038 0.056	0.065 0.029
0.90	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.055 0.037	 0.070	0.060 0.040	0.080	0.079	 0.062	0.043 0.052	0.068 0.025
0.85	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.060 0.031	 0.065	0.066 0.034	0.082	0.083	 0.057	0.049 0.046	0.072 0.021
0.80	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.065 0.027	 0.061	0.071 0.029	0.083	0.086	 0.051	0.055 0.041	0.075 0.017
0.75	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.069 0.022	 0.056	0.076 0.024	0.085	0.088	 0.044	0.061 0.036	0.078 0.014
0.70	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.074 0.017	 0.050	0.081 0.019	0.086	0.091	 0.038	0.068 0.029	0.081 0.011
0.65	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.077 0.014	 0.043	0.085 0.015	0.087	0.093	 0.031	0.074 0.024	0.083 0.008
0.60	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.081 0.010	 0.035	0.089 0.011	0.088	0.095	 0.024	0.080 0.018	0.085 0.006
0.55	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.084 0.007	 0.028	0.092 0.008	0.089	0.096	 0.019	0.085 0.014	0.086 0.005
0.50	$C_{a,neg}$ $C_{b,neg}$	0.086 0.006	 0.022	0.094 0.006	0.090	0.097	 0.014	0.089 0.010	0.088 0.003

^a Un borde achurado indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 378.

Tabla II. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga muerta en losas**

TABLA 12.4
Coefficientes para momentos positivos debidos a carga muerta en losas**

$$M_{a, pos, dl} = C_{a, dl} w l_a^2$$

donde w = carga muerta uniforme total

$$M_{b, pos, dl} = C_{b, dl} w l_b^2$$

Relación	Caso1	Caso2	Caso3	Caso4	Caso5	Caso6	Caso7	Caso8	Caso9
l_b									
1.00	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.018	$C_{a, dl}$ 0.018	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{a, dl}$ 0.027	$C_{a, dl}$ 0.020	$C_{a, dl}$ 0.023
	$C_{b, dl}$ 0.036	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.027	$C_{b, dl}$ 0.033	$C_{b, dl}$ 0.023	$C_{b, dl}$ 0.020
0.95	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.020	$C_{a, dl}$ 0.021	$C_{a, dl}$ 0.030	$C_{a, dl}$ 0.028	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.031	$C_{a, dl}$ 0.022	$C_{a, dl}$ 0.024
	$C_{b, dl}$ 0.033	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.025	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.031	$C_{b, dl}$ 0.021	$C_{b, dl}$ 0.017
0.90	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{a, dl}$ 0.022	$C_{a, dl}$ 0.025	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{a, dl}$ 0.025	$C_{a, dl}$ 0.026
	$C_{b, dl}$ 0.029	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{b, dl}$ 0.024	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.021	$C_{b, dl}$ 0.028	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{b, dl}$ 0.015
0.85	$C_{a, dl}$ 0.050	$C_{a, dl}$ 0.024	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.031	$C_{a, dl}$ 0.042	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.029	$C_{a, dl}$ 0.028
	$C_{b, dl}$ 0.026	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.017	$C_{b, dl}$ 0.025	$C_{b, dl}$ 0.017	$C_{b, dl}$ 0.013
0.80	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.026	$C_{a, dl}$ 0.034	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{a, dl}$ 0.045	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{a, dl}$ 0.029
	$C_{b, dl}$ 0.023	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.020	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{b, dl}$ 0.022	$C_{b, dl}$ 0.015	$C_{b, dl}$ 0.010
0.75	$C_{a, dl}$ 0.061	$C_{a, dl}$ 0.028	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.043	$C_{a, dl}$ 0.033	$C_{a, dl}$ 0.048	$C_{a, dl}$ 0.051	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.031
	$C_{b, dl}$ 0.019	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.018	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{b, dl}$ 0.020	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.007
0.70	$C_{a, dl}$ 0.068	$C_{a, dl}$ 0.030	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{a, dl}$ 0.046	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{a, dl}$ 0.051	$C_{a, dl}$ 0.058	$C_{a, dl}$ 0.040	$C_{a, dl}$ 0.033
	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.016	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.017	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.006
0.65	$C_{a, dl}$ 0.074	$C_{a, dl}$ 0.032	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{a, dl}$ 0.050	$C_{a, dl}$ 0.036	$C_{a, dl}$ 0.054	$C_{a, dl}$ 0.065	$C_{a, dl}$ 0.044	$C_{a, dl}$ 0.034
	$C_{b, dl}$ 0.013	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.014	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.005
0.60	$C_{a, dl}$ 0.081	$C_{a, dl}$ 0.034	$C_{a, dl}$ 0.062	$C_{a, dl}$ 0.053	$C_{a, dl}$ 0.037	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.073	$C_{a, dl}$ 0.048	$C_{a, dl}$ 0.036
	$C_{b, dl}$ 0.010	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.011	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{b, dl}$ 0.012	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.004
0.55	$C_{a, dl}$ 0.088	$C_{a, dl}$ 0.035	$C_{a, dl}$ 0.071	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.038	$C_{a, dl}$ 0.058	$C_{a, dl}$ 0.081	$C_{a, dl}$ 0.052	$C_{a, dl}$ 0.037
	$C_{b, dl}$ 0.008	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.009	$C_{b, dl}$ 0.005	$C_{b, dl}$ 0.003
0.50	$C_{a, dl}$ 0.095	$C_{a, dl}$ 0.037	$C_{a, dl}$ 0.080	$C_{a, dl}$ 0.059	$C_{a, dl}$ 0.039	$C_{a, dl}$ 0.061	$C_{a, dl}$ 0.089	$C_{a, dl}$ 0.056	$C_{a, dl}$ 0.038
	$C_{b, dl}$ 0.006	$C_{b, dl}$ 0.002	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.001	$C_{b, dl}$ 0.003	$C_{b, dl}$ 0.007	$C_{b, dl}$ 0.004	$C_{b, dl}$ 0.002

* Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas indica un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 379.

Tabla III. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva en losas**

TABLA 125

Coefficientes para momentos positivos debidos a carga viva en losas^a

$$M_{a, pos, ll} = C_{a, ll} w l_a^2$$

donde w = carga viva uniforme total

$$M_{b, pos, ll} = C_{b, ll} w l_b^2$$

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a, ll}$ 0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.030
	$C_{b, ll}$ 0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.030	0.028
0.95	$C_{a, ll}$ 0.040	0.030	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	$C_{b, ll}$ 0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	$C_{a, ll}$ 0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.040	0.035	0.036
	$C_{b, ll}$ 0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	$C_{a, ll}$ 0.050	0.037	0.040	0.043	0.041	0.046	0.045	0.040	0.039
	$C_{b, ll}$ 0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.020
0.80	$C_{a, ll}$ 0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	$C_{b, ll}$ 0.023	0.017	0.022	0.020	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	$C_{a, ll}$ 0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	$C_{b, ll}$ 0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.020	0.016	0.013
0.70	$C_{a, ll}$ 0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.060	0.063	0.054	0.050
	$C_{b, ll}$ 0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	$C_{a, ll}$ 0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.070	0.059	0.054
	$C_{b, ll}$ 0.013	0.010	0.014	0.011	0.009	0.010	0.014	0.011	0.009
0.60	$C_{a, ll}$ 0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.065	0.059
	$C_{b, ll}$ 0.010	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	$C_{a, ll}$ 0.088	0.062	0.080	0.072	0.063	0.073	0.085	0.070	0.063
	$C_{b, ll}$ 0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	$C_{a, ll}$ 0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	$C_{b, ll}$ 0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

^a Un borde **achurado** indica que la losa continúa a través o se encuentra empotrada en el apoyo; un borde sin marcas **indica** un apoyo donde la resistencia torsional es despreciable.

Fuente: NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 380.