



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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y
AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA,
CHIQUIMULA**

Tulio Roberto Herrera Castro

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, junio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y
AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA,
CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

TULIO ROBERTO HERRERA CASTRO

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Armando Fuentes Roca
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y
AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA,
CHIQUIMULA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 25 de septiembre de 2018.

Tulio Roberto Herrera Castro

Guatemala, 5 de julio de 2021
REG.EPS.DOC.01.02.2021

Ingeniero
Oscar Argueta Hernández
Director de la Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
USAC

Estimado Ingeniero Argueta.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante universitario **Tulio Roberto Herrera Castro**, registro **Académico 201048002 y CUI 21377628782001** de la Carrera de Ingeniería Civil. Procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.”**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, REF.EPS.D.177.05.2022
25 de mayo de 2022

Ing. Armando Fuentes Roca
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Tulio Roberto Herrera Castro, CUI 2137 762878 2001 y Registro Académico 201048002**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

A handwritten signature in blue ink is written over an official stamp. The stamp is oval-shaped and contains the text: 'Universidad de San Carlos de Guatemala', 'DIRECCIÓN', 'Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS', and 'Facultad de Ingeniería'.

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 23 de marzo de 2022

Ingeniero
Armando Fuentes Roca
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Fuentes:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación **“DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil Tulio Roberto Herrera Castro, con CUI 2137762782001 y registro académico No. 201048002, quien contó con la asesoría del Ingeniero Civil Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que doy mi aprobación al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Alejandro Castañón López
Coordinador del Área de Topografía y Transportes

FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua
<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>





ESCUELA DE
INGENIERÍA CIVIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Guatemala, 23 de mayo 2022

Para:
Tulio Roberto Herrera Castro
Estudiante Universitario
Escuela de Ingeniería Civil
Presente

Por este medio se informa que el Departamento de Estructuras, ha aprobado el trabajo de graduación: **“DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Tulio Roberto Herrera Castro**, con CUI **2137762782001** y registro académico **No. 201048002**, quien contó con la asesoría del **Ingeniero Civil Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

Por lo que considero que este trabajo llena los requisitos planteados y que representa un aporte para la Facultad de Ingeniería, por lo que se aprueba al mismo, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Armando Fuentes Roca
Coordinador del Departamento de Estructuras
Departamento de Estructura





LNG.DIRECTOR.129.EIC.2022

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de Área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**, presentado por: **Tulio Roberto Herrera Castro**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Armando Fuentes Roca
Director
Escuela de Ingeniería Civil



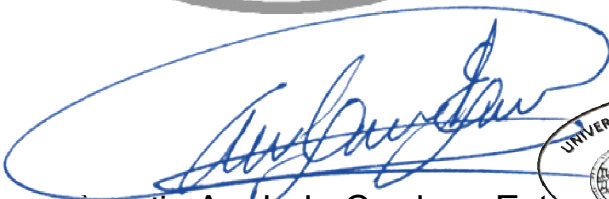
Guatemala, junio de 2022




LNG.DECANATO.OI.449.2022

La Decana 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 PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO Y AMPLIACIÓN DE LA ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA**, presentado por: **Tulio Roberto Herrera Castro**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, junio de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser fuente vida y dador de sabiduría.
Mi madre	Herlinda Ana Castro Lemus. Por ser ejemplo de Trabajo y Honradez.
Mi padre	Julio Roberto Herrera González. Por su apoyo consejos y ejemplo de profesionalismo.
Mi abuela	Berta Lemus de Castro. Por fomentar moral, principios, valores, así como impulsar la fe en Dios.
Mi abuelo	Tulio Herrera por ser ejemplo de altruismo y buscador de conocimiento.
Mi familia	A todos en general con mucho cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por proporcionarme educación gratuita y de calidad.
Facultad de Ingeniería	Por darme las herramientas y el conocimiento requerido para desempeñarme como profesional de la ingeniería civil.
Mis amigos de la Facultad	Por su amistad, compañerismo y apoyo durante estos años de vida estudiantil.
Personal DMP Chiquimula	Por brindarme su amistad y permitirme compartir muchas experiencias, anécdotas y aprendizaje durante seis meses.
Mi asesor	Por su paciencia, comprensión y consejos durante el proceso de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MONOGRAFÍA.....	1
1.1. Descripción de las comunidades	1
1.2. Introducción	2
1.2.1. Monografía geográfica y socioeconómica de las comunidades	2
2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AVENIDA CENTRAL DEL BARRIO EL MOLINO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA	7
2.1. Descripción del proyecto	7
2.2. Levantamiento topográfico	7
2.2.1. Planimetría y altimetría	8
2.2.1.1. Planimetría.....	8
2.2.1.2. Altimetría.....	9
2.2.2. Diseño de localización de tramo	9
2.3. Análisis de suelos	10
2.3.1. Ensayos para la clasificación del suelo	11
2.3.1.1. Propiedades físicas	11
2.3.1.2. Análisis granulométrico.....	11

	2.3.1.3.	Límites de Atterberg	12
2.3.2.		Ensayos para determinar la resistencia del suelo ...	13
	2.3.2.1.	Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)	13
	2.3.2.2.	Ensayo proctor	14
2.3.3.		Análisis de resultados	15
2.4.		Diseño geométrico del tramo carretero	16
	2.4.1.	Alineamiento horizontal	16
	2.4.2.	Elementos de curva.....	16
	2.4.2.1.	Grado de curvatura	18
	2.4.2.2.	Radio de curvatura	19
	2.4.2.3.	Longitud de curvatura.....	20
	2.4.2.4.	Subtangente	20
	2.4.2.5.	Cuerda máxima	20
	2.4.2.6.	External	21
	2.4.2.7.	Ordenada media.....	21
	2.4.2.8.	Curvas de transición.....	21
2.5.		Alineamiento vertical	22
	2.5.1.	Trazado de tangentes verticales	22
	2.5.2.	Curvas verticales.....	23
	2.5.2.1.	Tipos de curvas	23
	2.5.2.2.	Pendientes máxima y mínima	27
	2.5.3.	Longitud de curva.....	27
	2.5.3.1.	Criterio de apariencia	28
	2.5.3.2.	Criterio de comodidad	29
	2.5.3.3.	Criterio de drenaje.....	29
	2.5.3.4.	Criterio de seguridad	29
	2.5.4.	Ordenada media.....	31
	2.5.5.	Constante vertical.....	32

	2.5.6.	Cálculo de subrasante	35
	2.5.7.	Cota corregida de subrasante.....	36
2.6.		Diseño de drenaje transversal	36
	2.6.1.	Cálculo de intensidad de lluvia	37
	2.6.2.	Área de escorrentía superficial	38
	2.6.3.	Coeficiente de escorrentía.....	38
	2.6.4.	Cálculo hidráulico	40
	2.6.5.	Método racional	40
	2.6.6.	Cálculo de diámetro de tuberías.....	41
	2.6.7.	Diseño de drenaje longitudinal.....	43
	2.6.8.	Secciones transversales.....	45
	2.6.9.	Bombeo	47
	2.6.10.	Peralte	47
	2.6.11.	Sobreechancho	48
	2.6.12.	Ancho de calzada	48
	2.6.13.	Movimiento de tierras	48
	2.6.14.	Cálculo de área.....	49
	2.6.15.	Cálculo de volúmenes	51
		2.6.15.1. Volumen de corte.....	54
		2.6.15.2. Volumen de relleno.....	55
		2.6.15.3. Balance de masas	55
2.7.		Pavimento.....	59
	2.7.1.	Pavimento de concreto hidráulico o rígido	60
	2.7.2.	Tipos de concreto hidráulico	61
		2.7.2.1. Concreto convencional	62
		2.7.2.2. Concreto ligero estructural.....	62
	2.7.3.	Concreto compactado con rodillo	62
	2.7.4.	Concreto permeable	63
2.8.		Elementos y materiales que componen el pavimento rígido....	63

2.8.1.	Subrasante	63
2.8.2.	Subbase	64
2.8.3.	Base	64
2.8.4.	Superficie de rodadura	65
2.9.	Diseño del pavimento de concreto hidráulico	65
2.9.1.	Método de diseño PCA	66
2.9.2.	Criterios de análisis	66
2.9.3.	Tránsito de aforo vehicular	67
2.9.4.	Parámetros de diseño	70
2.9.4.1.	Resistencia del concreto (M_r)	70
2.9.4.2.	Módulo de la reacción de la subrasante.....	71
2.9.5.	Resistencia de la capa de apoyo de la losa de concreto (k)	73
2.9.5.1.	Periodo de diseño (T).....	73
2.9.5.2.	Diseño de espesor	74
2.9.5.3.	Diseño de juntas.....	76
2.9.5.4.	Espaciamiento de juntas	77
2.9.6.	Diseño de mezcla.....	80
2.9.6.1.	Diseño de mezcla de concreto pobre ...	89
2.10.	Presupuesto	91
2.10.1.	Integración de precios unitarios.....	92
2.11.	Resumen de presupuesto	105
2.12.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	106
2.13.	Evaluación de impacto ambiental.....	107
2.13.1.	Impacto.....	108
2.13.2.	Acciones de mitigación.....	109
2.14.	Análisis socioeconómico	109
2.15.	Valor actual neto	110

2.16.	Tasa interna de retorno	112
3.	DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE ESCUELA PRIMARIA DE LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA	113
3.1.	Descripción del proyecto	113
3.2.	Investigación preliminar	114
3.3.	Capacidad de soporte de terreno	114
3.4.	Dimensiones y área de terreno disponible.....	118
3.5.	Normas para el diseño de edificios educativos.....	119
3.6.	Criterios generales	119
3.7.	Criterios de conjunto.....	119
3.8.	Criterios de iluminación	119
3.9.	Instalaciones.....	120
3.10.	Otros criterios	121
3.11.	Diseño arquitectónico	121
3.12.	Ubicación de edificio en terreno	121
3.13.	Sistema estructural a utilizar.....	122
3.14.	Predimensionamiento estructural	122
	3.14.1. Predimensionamiento de estructuras	122
3.15.	Losa.....	125
3.16.	Vigas.....	126
3.17.	Columnas	128
3.18.	Integración de carga muerta y carga viva según AGIES 2018.....	131
	3.18.1. Carga muerta.....	134
3.19.	Total del peso sísmico de la estructura	138
	3.19.1. Integración de carga sísmica.....	139
3.20.	AGIES.....	139
3.21.	Diseño de estructuras.....	146

3.21.1.	Corte basal	146
3.21.2.	Distribución de fuerzas sísmicas por nivel.....	146
3.21.3.	Distribución horizontal	148
3.22.	Análisis por torsión	148
3.23.	Cálculo de rigidez.....	149
3.24.	Cortante por torsión.....	155
3.25.	Centro de masa.....	155
3.26.	Excentricidad directa	156
3.27.	Excentricidad accidental.....	156
3.28.	Excentricidad de diseño	157
3.29.	Cálculo de cortante total.....	158
3.30.	Revisión de deriva lateral	160
3.31.	Análisis de marcos por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural	161
3.31.1.	Integración de carga vertical	161
3.31.2.	Método de Kani	164
3.31.3.	Análisis por medio del programa ETABS	167
3.32.	Envolvente de momentos.....	174
3.32.1.	Combinación de cargas.....	174
3.33.	Diseño de elementos estructurales	180
3.33.1.	Diseño de losa.....	180
3.33.2.	Diseño de viga.....	188
3.34.	Diseño de columna.....	195
3.35.	Confinamiento	211
3.35.1.	Confinamiento de vigas	211
3.35.1.1.	Separación de estribos.....	212
3.35.1.2.	Confinamiento de columnas	213
3.35.1.3.	Separación de estribos.....	214
3.36.	Diseño de muro de relleno	221

3.37.	Diseño de cimentación	222
3.37.1.	Diseño de zapatas	222
3.38.	Diseño de gradas	232
3.39.	Elaboración de planos	238
3.40.	Presupuesto	238
3.41.	Integración de precios unitarios.....	240
3.42.	Cronograma de ejecución físico y financiero	264
3.43.	Evaluación de impacto ambiental	267
3.43.1.	Impacto	267
3.43.2.	Acciones de mitigación	267
CONCLUSIONES		269
RECOMENDACIONES.....		271
BIBLIOGRAFÍA.....		273
ANEXOS.....		279

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización geográfica del municipio de Chiquimula	2
2.	Mapa de ubicación de tramo carretero	10
3.	Elementos de una curva circular	17
4.	Detalle de curva vertical simétrica.....	24
5.	Detalle de curva vertical asimétrica.....	25
6.	Tipos de curvas verticales.....	26
7.	Cota corregida de rasante.....	36
8.	Detalle de cuneta	45
9.	Secciones transversales	46
10.	Sección transversal de carretera.....	47
11.	Cálculo de área de sección transversal.....	50
12.	Sección de la estación 0+112,38	50
13.	Áreas de corte	53
14.	La diferencia entre los pavimentos flexible y rígido	60
15.	Distribución de cargas sobre pavimento	61
16.	Sección longitudinal	65
17.	Tipo de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados	75
18.	Detalle de planchas.....	79
19.	Detalle de juntas	80
20.	Dimensiones y área disponible	118
21.	Sección de viga.....	128
22.	Dimensiones de columna propuesta	131
23.	Tabla de cargas vivas para edificaciones.....	132

24.	Mapa de zonificación sísmica de Guatemala.....	140
25.	Coeficientes y factores de diseño de sistemas sismorresistentes	144
26.	Espectro de aceleración del suelo vs espectro de respuesta sísmica.....	145
27.	Derivas últimas máximas tolerables.....	161
28.	Integración de carga vertical de marco C	162
29.	Integración de carga vertical de marco 2	163
30.	Resultados finales de Kani	167
31.	Modelo 3D de la estructura.....	168
32.	Carga muerta de eje 2, deformación.....	168
33.	Carga muerta de eje 2, diagrama momento	169
34.	Carga viva de eje 2, deformación	169
35.	Carga viva de eje 2, momentos	170
36.	Carga de sismo, eje 2	170
37.	Carga de sismo de eje 2 cortante	171
38.	Carga muerta de eje c por medio de ETABS	171
39.	Carga muerta de eje c, diagrama de momentos.....	172
40.	Carga viva de eje c por medio de ETABS.....	172
41.	Carga de sismo de eje c por medio de ETABS.....	173
42.	Carga de sismo de eje c, diagrama cortante	173
43.	Envolvente de momentos usando ETABS, eje 2	177
44.	Losas de la escuela	180
45.	Diagrama-Momentos balanceo	187
46.	Armado de losa.....	187
47.	Momentos de viga en tramo MK, primer nivel.....	190
48.	Propuesta de armado de viga	192
49.	Cortante	192
50.	Factor de longitud efectiva K	198
51.	Diagrama de interacción para columnas cuadradas	210

52.	Vistas esquemáticas del nodo.....	215
53.	Análisis paralelo al eje X-Y. Fuerza cortante actuante en el nodo (V)	218
54.	Tabla de resistencia a cortante nominal en el nodo (Vn)	220
55.	Detalle de nodo sísmico	221
56.	Detalle de unión muro-marco	222
57.	Corte simple a una distancia d del rostro de columna.....	228
58.	Área efectiva de zapata.....	229
59.	Detalle de armado de zapata concéntrica	232
60.	Dimensiones de módulo de gradas	234
61.	Detalle de armado de gradas	238

TABLAS

I.	Clasificación de índice plástico	13
II.	Resultados del análisis de suelos del tramo carretero	15
III.	Tipos de terreno de acuerdo con pendientes	27
IV.	Valores de K según tipo de curva vertical	28
V.	Criterios de curvas verticales	31
VI.	Intensidad de lluvia para la estación meteorológica ubicada en el municipio de Esquipulas, Chiquimula.....	37
VII.	Tabla de coeficientes de escorrentía.....	39
VIII.	Coordenadas de sección.....	51
IX.	Cálculo de volúmenes.....	56
X.	Tabla de aforo vehicular.....	68
XI.	Valores recomendados para las características de la carretera en estado final.....	69
XII.	Correlación entre clasificación de los suelos y ensayos.....	72

XIII.	Tasas anuales de crecimiento de tránsito y factores de proyección correspondiente	74
XIV.	Tabla de espesor de losa.....	76
XV.	Tabla de resistencia de compresión	81
XVI.	Revenimiento recomendado para varios tipos de construcción	82
XVII.	Relación agua-cemento del concreto.....	83
XVIII.	Relación agua-cemento por peso	84
XIX.	Tabla de tamaño máximo nominal del agregado	85
XX.	Tabla de módulo de finura	85
XXI.	Volumen de agregado grueso (m ³) por volumen unitario de concreto	86
XXII.	Resumen de materiales del diseño de mezcla	86
XXIII.	Peso específico de materiales utilizados para el diseño de mezcla	87
XXIV.	Integración de costos unitarios	93
XXV.	Resumen de presupuesto.....	106
XXVI.	Cronograma físico y financiero	107
XXVII.	Carga permisible según tipo de suelo.....	117
XXVIII.	Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas	126
XXIX.	Altura mínima de vigas no preesforzadas.....	127
XXX.	Coeficientes de sitio F _a AGIES	141
XXXI.	Coeficientes de sitio F _v AGIES.....	141
XXXII.	Factor K _d por nivel de sismo	143
XXXIII.	Tabla de fuerzas cortantes en eje X y Y	148
XXXIV.	Tabla de rigideces de columnas y vigas del primer nivel	152
XXXV.	Tabla de rigideces de columnas y vigas del segundo nivel	153
XXXVI.	Tabla de rigideces sentido Y.....	154
XXXVII.	Tabla de rigideces sentido X.....	154
XXXVIII.	Centro de masa en ambos sentidos, niveles 1 y 2.....	156

XXXIX.	Resumen de resultados de torsión, primer nivel	158
XL.	Resumen de resultados de torsión, segundo nivel.....	158
XLI.	Tabla de marco eje Y nivel 1	159
XLII.	Tabla de marco eje X nivel 1	159
XLIII.	Tabla de marco eje Y nivel 2.....	159
XLIV.	Tabla de marco eje X nivel 2.....	160
XLV.	Envolvente de vigas y columnas, eje 2	175
XLVI.	Envolvente de vigas y columnas, eje C.....	176
XLVII.	Tabla comparativa de resultados de análisis estructural de eje 2	178
XLVIII.	Tabla comparativa de los resultados del análisis estructural de eje C.....	179
XLIX.	Espesores de losa ACI 318-19.....	182
L.	Balanceo de momentos.....	186
LI.	Áreas de acero para momentos últimos en viga del tramo MK nivel 1.....	191
LII.	Valores λ para concreto liviano con base en la composición de los agregados	193
LIII.	Factores de reducción de resistencia, Φ	194
LIV.	Separación de estribos de confinamiento en vigas	212
LV.	Longitud de confinamiento columnas	214
LVI.	Separación de estribos de confinamiento en columnas	214
LVII.	Separación máxima de estribos en zona sin confinamiento.....	215
LVIII.	Resumen de presupuesto	240
LIX.	Renglones de trabajo	241
LX.	Cronograma físico	265
LXI.	Cronograma financiero.....	266

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura de elemento
Δ	Ángulo de intersección
A	Área
As	Área de acero de refuerzo
A_{SEXTA}	Área de acero extra por altura del elemento
A_{SMAX}	Área de acero máximo
A_{SMIN}	Área de acero mínimo
A_{STEMP}	Área de acero por temperatura
CM	Carga muerta
C.U.	Carga última
CV	Carga viva
<i>cm²</i>	Centímetros cuadrados
PVC	Cloruro de polivinilo
C	Coeficiente de escorrentía
n	Coeficiente de rugosidad
CT	Cota de terreno
CM	Cuerda máxima
A	Diferencia algebraica entre las pendientes
DMP	Dirección municipal de planificación
Dist	Distancia
DH	Distancia horizontal
s	Espaciamiento entre estribos
t	Espesor

Est	Estación
e	Excentricidad de carga axial
E	External
V_c	Fuerza de corte nominal que resiste el concreto
V_r	Fuerza de corte
G	Grado de curvatura
Ha	Hectáreas
I	Intensidad de lluvia
LC	Longitud de curva
L	Luz libre entre apoyos
m	Metro
m²	Metros cuadrados
m³	Metros cúbicos
mm / hora	Milímetros por hora
OM	Ordenada media
PE	Pendiente de tangente vertical de entrada
d	Peralte efectivo
W_c	Peso específico del concreto
W_s	Peso total del suelo
P	Población
ob	Porcentaje de acero en la falla balanceada
PC	Principio de la curva
h_{min}	Profundidad mínima de zapata o cimiento
PO	Punto observado
R	Recubrimiento del acero
V_s	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Acera	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
Altimetría	Parte de la topografía que comprende los métodos y procedimientos para determinar y representar la altura o cota de cada uno de los puntos respecto a un plano de referencia. Con ella se consigue representar el relieve del terreno.
Área tributaria	Es el área que contribuye a la escorrentía superficial de una cuenca y que se ve determinada por los puntos más altos que se encuentran rodeando a la misma.
Capa de rodadura	Área destinada a la circulación de vehículos, o capa sobre la cual se aplicarán directamente las cargas de tránsito.
Carga muerta	Es el peso propio de la estructura y otros elementos cuya posición no se cambia durante la vida útil de la obra.
Carga viva	Es el peso de las cargas no permanentes, es decir las cuales cambian de posición.

Caudal	Volumen de agua en movimiento por unidad de tiempo.
Coefficiente escorrentía	Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de lluvia que cae en una determinada área. Depende del tipo de superficie.
Concreto	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.
Concreto reforzado	Material de construcción conformado de concreto y barras de acero proporcionados según el diseño de la estructura y esfuerzos que deba soportar.
Cuenca	Región de la superficie terrestre cuyas aguas superficiales fluyen hacia una corriente o vertiente principal y por esta hacia un punto común de salida.
Losa	Elemento estructural que recibe cargas perpendiculares en su plano y las transmite a los elementos verticales.
Luz	Longitud libre entre apoyos.
Momento	Vector resultante del producto cruz entre los vectores de fuerza y distancia con respecto a un punto de referencia.

Presión	Fuerza o carga por unidad de área.
Rigidez	Característica de un elemento para no admitir flexión debida a cargas.
Valor soporte del suelo	Capacidad de carga de un suelo, que es dada en unidades de fuerza por unidad de área.
Volteo	Es el momento de la fuerza horizontal, que tiende a voltear un elemento respecto del borde exterior del mismo.

RESUMEN

El presente informe fue producto del ejercicio Profesional Supervisado realizado en el municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Se realizó el diseño y la planificación para la futura ejecución de actividades de dos proyectos priorizados por parte de la municipalidad, siendo en este caso el diseño del pavimento rígido para la avenida central del barrio El Molino y el diseño de una escuela primaria de dos niveles para aldea Maraxcó. A continuación se describe cada proyecto.

La avenida central del barrio El Molino es una de más importantes y transitadas del municipio de Chiquimula. Comunica a Chiquimula con el municipio de San José La Arada, así como las aldeas circunvecinas. Actualmente se cuenta con tramos adoquinados y otros de terracería, el adoquín existente se encuentra muy deteriorado por el alto tránsito que pasa por el lugar. La idea inicial es pretender mitigar el factor negativo de forma simplificada y efectiva, por lo que se optó por la propuesta del diseño de un pavimento rígido de concreto tomando en cuenta las siguientes características: durabilidad, rigidez, elasticidad, alto módulo de elasticidad, lo que tiende a una distribución de las cargas sobre una mayor área de la subrasante.

La aldea Maraxcó cuenta con una escuela que carece del espacio adecuado para el número de usuarios, así como para movilizarse dentro de los salones. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística (INE), según el censo del año 2002 (dato obtenido en el Ministerio de Salud de Chiquimula) la población en edad escolar sobrepasa los 1081 habitantes. Es por eso que se realizó un diseño y planificación de la ampliación de la escuela que constará de

tres aulas por nivel, así como dos espacios destinados para dirección y salón de profesores.

OBJETIVOS

General

Diseñar el pavimento rígido para la avenida central del barrio El Molino y ampliación de la escuela primaria de la aldea Maraxcó, Chiquimula, Chiquimula.

Específicos

1. Elaborar la monografía del municipio de Chiquimula para identificar las prioridades y definir los proyectos a realizar.
2. Diseñar el pavimento rígido de avenida central de barrio el Molino de acuerdo con el Manual Centroamericano de Normas para Diseño Geométrico de las Carreteras Regionales de SIECA.
3. Realizar ensayos de laboratorio correspondientes, elaborar planos, evaluación de impacto ambiental, presupuesto y cronograma para el pavimento rígido de la avenida central de barrio El molino.
4. Adaptar el diseño de la ampliación de la escuela para captar la mayor cantidad de estudiantes.
5. Diseñar un edificio seguro que cumpla con los espacios sugeridos en el Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales y que sea económicamente factible.

6. Elaborar manual de operación y mantenimiento para capacitar a DMP.

INTRODUCCIÓN

Como profesionales egresados de la Universidad de San Carlos de Guatemala es necesario retribuir a la sociedad guatemalteca por medio de aplicación de conocimientos y técnicas adquiridas durante nuestro proceso de enseñanza-aprendizaje. El ejercicio profesional supervisado es la herramienta que la USAC nos brinda para tener un acercamiento con municipalidades y todos los trabajos de área de la ingeniería civil que en esta se desarrollan.

Las necesidades para cubrir están orientadas al desarrollo de la infraestructura del municipio de Chiquimula por medio del diseño de pavimentación de una de las vías más importantes, cumpliendo con las normas de diseño actuales que garantizan su calidad, comodidad, seguridad y drenaje, y de esta forma facilitar la movilización de los usuarios de la carretera que conduce de Chiquimula a san José la Arada y aldeas circunvecinas.

Así mismo se realizó el diseño para la ampliación de la escuela primaria de la aldea Maraxcó, que actualmente tiene una sobrepoblación en edad escolar. El proyecto pretende con su diseño contar con los ambientes necesarios para su correcto funcionamiento. Se realizó análisis y diseño estructural cumpliendo con las normas guatemaltecas de diseño estructural, así como las de diseño de escuelas proporcionadas por el MINEDUC.

1. MONOGRAFÍA

1.1. Descripción de las comunidades

Chiquimula es un departamento ubicado en el oriente de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Zacapa, al sur con la República de El Salvador y el departamento de Jutiapa, al este con la República de Honduras y al oeste con los departamentos de Jalapa y Zacapa. Es conocido en el ámbito guatemalteco como La Perla de Oriente. Es uno de los departamentos con mejor Índice de Desarrollo Humano, además es el tercer departamento de Guatemala en tener un mayor porcentaje de población económicamente activa y es el cuarto con mayor producción de Producto Interno Bruto y ocupa el segundo puesto en los departamentos con mejor PIB *per cápita*.

Es el departamento más visitado del país, según datos del Instituto Guatemalteco de Turismo. Estiman que un aproximado de 4 a 5 millones de personas visitan este departamento cada año, superando a los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Petén.

Tiene una población de 388 115 habitantes, la mayoría jóvenes entre 0 a 35 años. Es el séptimo departamento con menor población. Aproximadamente el 93 % está compuesta mayoritariamente por mestizos y criollos, en su mayoría de español y alemán, el otro 7 % está compuesto por los indígenas, en su mayoría el pueblo Chortí.

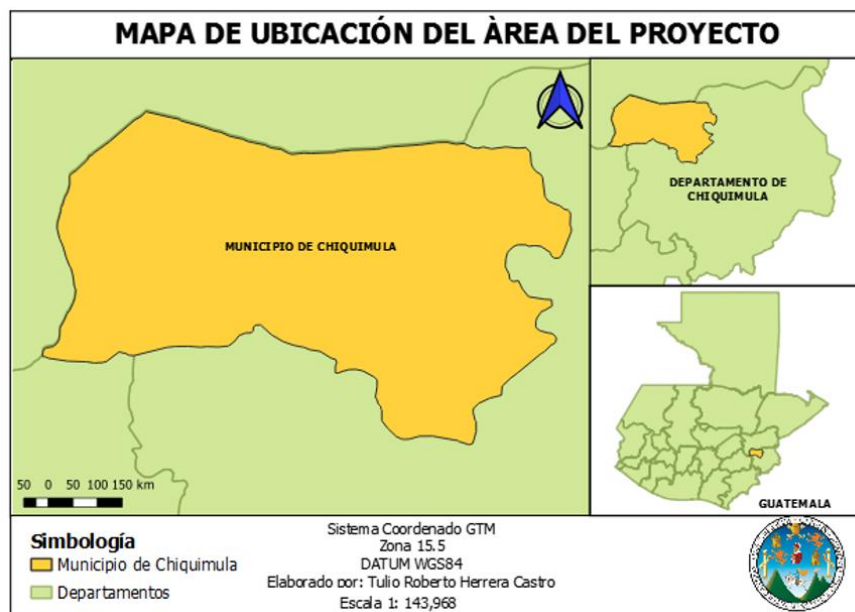
1.2. Introducción

A continuación, en el siguiente inciso se describe las monografía geográfica y socioeconómica de las comunidades.

1.2.1. Monografía geográfica y socioeconómica de las comunidades

- Límites y colindancias: Chiquimula es un departamento ubicado en el oriente de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Zacapa, al sur con la República de El Salvador y el departamento de Jutiapa, al este con la República de Honduras, y al oeste con los departamentos de Jalapa y Zacapa.

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Chiquimula



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 3.16.

- Vías de acceso: las vías de acceso son a través de carretera con asfalto que conecta con Shusho abajo si se dirigen de la cabecera, el barrio El Molino tiene acceso por el 5ª. Avenida, entrada por carretera CHI-1 ingresando por San José La Arada.
- Economía: en la aldea Maraxcó el 80 % de la población se dedica a la producción de granos básicos, como: maíz, frijol, maicillo y otros productos agrícolas (hortalizas tradicionales), siendo estos los más importantes para el consumo familiar, sin llegar a cubrir la demanda de la población local. En algunas comunidades (principalmente comunidades de la parte alta), ocupan un lugar importante las hortalizas, como: rábano, acelga, repollo, brócoli y chile. El barrio El Molino tiene varias fuentes de ingresos debido a su cercanía con el centro de la ciudad de Chiquimula, los pobladores oriundos de la zona se dedican a la panadería, venta de semillas y a la ganadería.
- Servicios básicos: en la aldea Maraxcó algunas comunidades cuentan con farmacias comunitarias, con botiquines de APROFAN, energía eléctrica, agua domiciliar y llena cantaros, eiendas abastecidas, entre otros. En el barrio El Molino el 70 % de las casas cuentan con servicios básicos y otras con servicios extras como Internet residencial.
- Educación: en cuanto a la educación en el municipio hay un 28 % de analfabetismo a pesar de que hay escuelas preprimarias, primarias y telesecundarias. En las comunidades los padres de familia prefieren llevarse a los niños al trabajo en la agricultura que inscribirlos en las escuelas, lo cual dificulta el desarrollo de niñez. El barrio El Molino cuenta con escuelas cercanas y tiene fácil acceso a las escuelas de la

ciudad por el fácil acceso al transporte desde el barrio al centro de la ciudad.

- Centros recreativos: solo en algunas comunidades cuentan con salones comunales donde realizan sus actividades sociales, en la mayoría solo en fechas de las ferias patronales. El barrio El Molino cuenta con salón y canchas polideportivas, así como un parque pequeño.
- Pertinencia cultural y multiculturalidad: en Maraxcó dentro de la jurisdicción se encuentran sobadores, curanderos tradicionales y yerberos, quienes son visitados por la población y tienen un concepto mágico-religioso de la salud, pero sí aceptan la atención de los servicios de salud. Los partos en su mayoría son atendidos por comadronas porque los esposos de las señoras, por la cultura, no permiten que las mujeres sean vistas por un médico. El barrio El Molino resalta por su producción agrícola, sus leyendas y tradiciones son las principales características de su cultura.
- Creencias religiosas: en la mayoría de las comunidades hay iglesias católicas y evangélicas predominando la religión católica, también creen en los curanderos, brujos, en enfermedades ocasionadas por mal hecho o por eclipse. En las embarazadas cuando ocurre un aborto refieren que fue por deseo de comer algo que no pudieron obtener, el mal de ojo se asocia a la conjuntivitis, las mujeres consultan por mialgias ocasionadas muchas veces porque ellas se colocan manojos de leña en la cintura o cabeza, refieren que los esposos las mandan a traer dicha carga pesada. En el barrio EL Molino predomina la religión católica y la evangélica, y en los últimos años ha tenido auge la religión adventista.

- Grupo étnico y cultura: el 100 % de habitantes de Maraxó hablan español, no se ubica una determinada etnia maya, más bien la población es mestiza, siendo en un porcentaje bastante elevado el grado de analfabetismo que se presenta en la población de mayor edad. En el barrio El Molino la totalidad de los habitantes hablan español, su cultura se ve influenciada por modismos extranjeros debido a que muchos de sus habitantes migran a otros países, generalmente a Estados Unidos. También resalta por su producción agrícola, sus leyendas y tradiciones son las principales características de su cultura.
- Gastronomía: la dieta alimenticia está basada en tortillas con sal, frijoles, chile y café, hortalizas y productos llevados de la ciudad a la cual no todos tiene acceso. Los productos gastronómicos del barrio El Molino son la repostería, el tradicional pan de yema, pan harinado, los frutos secos y productos derivados de la leche.
- Clima: Maraxó presenta condiciones de clima semitemplado, los cultivos de maíz, limón, rábano, acelga, repollo, brócoli y chile son los que más producen, pero teniendo como dueños de los terrenos y fincas a personas del área urbana, beneficiando en un bajo porcentaje a la población de la jurisdicción con trabajo de limpia, preparación de tierra, abono y cosecha, dando varias fuentes de trabajo con el área de cosecha donde se emplean varios integrantes de las familias (padres, madres e hijos). El clima en el barrio El Molino es cálido, con terrenos áridos que son aprovechados para el cultivo de manía.
- Medios de comunicación: en Maraxó la mayoría de las personas cuentan con celular, las viviendas cuentan con radio y en algunas tienen televisor, por lo que es fácil la comunicación con los líderes, lo que

permite la coordinación de actividades en cada una de las comunidades de la jurisdicción. El Molino, por ser un barrio de la ciudad, cuenta con todos sus servicios básicos, es fácil el acceso a servicios de telefonía, cable, radio y servicio de Internet.

- Proyectos de desarrollo: en la jurisdicción se cuenta con el apoyo de proyectos para la mejora de carreteras por parte de la municipalidad y algunos grupos sociales que participan en mejoras de la población de las comunidades.

2. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AVENIDA CENTRAL DEL BARRIO EL MOLINO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto de pavimentación se encuentra situado en la avenida central del barrio El Molino, este conecta la ciudad de Chiquimula con el municipio de San José la Arada y aldeas aledañas.

2.2. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó por el método de conservación del azimut, partiendo del final al inicio de avenida central, hacia la carretera nueva que conduce a San José la Arada. Se estableció, por parte de la municipalidad, el derecho de vía con que cuentan y basado en eso se realizó la medición topográfica a todo el largo del tramo carretero, levantando la libreta de tránsito y la libreta de niveles (secciones).

Para el estudio topográfico se utilizó el siguiente equipo:

- Teodolito digital marca South, con precisión de 5 segundos (0°0'5")
- Trípode de aluminio
- Cinta métrica
- Estadal de aluminio
- Plomada topográfica

- Estacas de madera
- Pintura aerosol

2.2.1. Planimetría y altimetría

Para el levantamiento topográfico se debe realizar un levantamiento horizontal y vertical, tal como se describe a continuación.

2.2.1.1. Planimetría

La planimetría es el reflejo en 2 dimensiones de la forma en que se distribuye de manera horizontal una superficie. Para la planimetría se utilizó el método de levantamiento por poligonal abierta con radiaciones, se utilizó como método el de conservación del azimut.

Al momento de procesar los datos se obtuvo un conjunto de puntos, los cuales sirvieron para realizar la representación a escala del área del proyecto.

Para la realización de los trabajos de planimetría y señalización en campo de la topografía se utilizó el equipo siguiente:

- Teodolito digital marca South, South modelo ET-05
- Trípode
- 2 plomadas
- Cinta métrica
- Estacas (para identificar el camino)

2.2.1.2. Altimetría

Es la proyección en dos dimensiones de cómo se distribuye espacialmente de forma vertical una superficie, esta permite ver variaciones de alturas. La representación altimétrica se representa con curvas de nivel, un sistema que admite incorporar en el plano los detalles altimétricos. Se efectuó de acuerdo con una nivelación de primer orden con bancos de marca ubicados en lugares donde pudieran ser replanteados.

Al procesar la información se obtuvo puntos con niveles para determinar las alturas de perfil natural de terreno sobre el cual se traza la carretera.

Para la realización del trabajo de altimetría se utilizó el equipo siguiente:

- Nivel de precisión marca Sokia
- Trípode
- Estadal

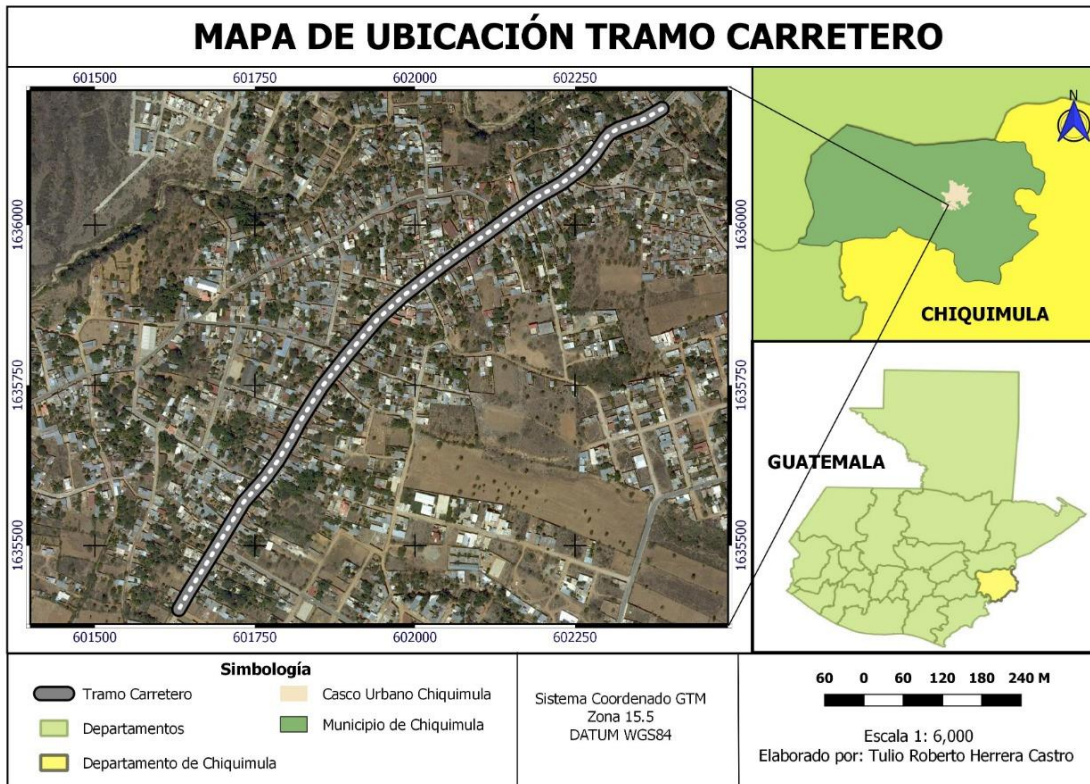
2.2.2. Diseño de localización de tramo

Por ser un camino existente y no disponer de más derecho de vía se realizó la mejora de la ruta actual. La ruta se encuentra registrada y clasificada por el Ministerio De Comunicación Infraestructura y Vivienda como ruta departamental (RD) CHI-01, pero debido a las condiciones del camino la municipalidad priorizó la ayuda en este pavimento de mutuo acuerdo con el ente rector.

El proyecto inicia y finaliza en las siguientes coordenadas, teniendo una longitud de 1010 metros lineales (ver figura número 2).

- Punto inicial: longitud X= 89° 32'55,4640", latitud Y= 14° 47'41,7840"
- Punto final: longitud X= 89° 33'20,70", latitud Y= 14° 47'16,23"

Figura 2. Mapa de ubicación de tramo carretero



Fuente: elaboración propia, empleando QGIS 3.16.

2.3. Análisis de suelos

Estos análisis servirán para identificar y clasificar los tipos de suelos existentes en el lugar, sus propiedades físicas y mecánicas que poseen. Dentro de estos ensayos, los principales a realizar son: el análisis granulométrico, límites de consistencia de Atterberg, C.B.R y Proctor.

Para esto se utilizó el método de muestra alterada de suelo, consistente en ir recolectando muestras representativas del terreno cada 200 metros, debido a que las características geológicas del suelo son similares a todo lo largo de la ruta en sus características físicas y mecánicas, lo que se representó en las muestras tomadas al azar y corridas en el laboratorio (ver página 270, anexos).

2.3.1. Ensayos para la clasificación del suelo

Los ensayos para la clasificación y el estudio del suelo fueron referenciados y realizados con base en las normas ASTM.

2.3.1.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas son las características visibles y propias del suelo, estas dependen de la posición geográfica, suelo y nivel del estrato, estas nos permiten clasificar el suelo según su textura, color y diámetro de las partículas.

2.3.1.2. Análisis granulométrico

El ensayo de análisis granulométrico permitió clasificar y conocer los distintos tamaños de los granos que componen el suelo y la distribución de las partículas del suelo de acuerdo con su tamaño. El procedimiento es el descrito a continuación.

Para lograr esto se obtiene la cantidad de material que pasa a través de un tamiz con una malla dada, pero que es retenido en un siguiente tamiz, cuya malla tiene diámetros ligeramente menores a la del anterior. Es evidente que el material retenido de esta forma en cualquier tamiz consiste en partículas de

muchos tamaños, los cuales son menores al tamaño de la malla anterior a la que pasó.

La muestra del banco de material, para la elaboración de la subbase, posee 2,01 % de grava, 44,78 % de arena y 53,21 % de finos, describiendo el suelo como: arcilla arenosa color café, con clasificaciones S.C.U CL y PARA A-4. Este material de diámetro efectivo no aplica. Se cumplieron normas AASHTO T-89 y T-90.

2.3.1.3. Límites de Atterberg

Con los límites de Atterberg se determinó las propiedades plásticas del suelo. Los límites de consistencia de los suelos están representados por su contenido de humedad.

Siguiendo estos procedimientos se definen tres límites:

- Límite líquido: cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Para la determinación de este límite se utiliza la copa de Casagrande.
- Límite plástico: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico.
- Límite de retracción o contracción: cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y se contrae al perder humedad.

Tabla I. **Clasificación de índice plástico**

Tipo de suelos	Rango
Suelos no plásticos	$I_p < 1$
Suelos débilmente plásticos	$1 < I_p < 7$
Suelos medianamente plásticos	$7 < I_p < 15$
Altamente plásticos	$I_p > 15$

Fuente: elaboración propia.

La muestra del banco de material para la subbase posee un límite líquido. (L.L) de 34,4 % e índice plástico (I.P) de 10,6 %, por lo que el suelo tiene baja plasticidad según su índice plástico de clasificación CL. De acuerdo con la AASHTO A-1-b, este material debe tener un 6 % máximo de índice de plástico en su clasificación, no es aceptable ya que cuenta con el 10,6 % y con mucha plasticidad. Se cumplieron normas AASHTO T-89 y T-90.

2.3.2. Ensayos para determinar la resistencia del suelo

- Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de los suelos son las características que tiene un suelo cuando cargas externas aplicables actúan sobre él, con estas se puede medir la resistencia al corte, proceso de densificación de un material y el valor de un suelo para soportar carga.

2.3.2.1. Ensayo del valor soporte del suelo (CBR)

El ensayo permitió medir la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, se midió la resistencia al corte, dio como resultado un porcentaje de la relación de soporte. El porcentaje

CBR (o simplemente CBR), está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, una muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad.

En la muestra obtenida del suelo para subrasante el CBR al 99,8 % de compactación es 1,13 %. Los ensayos se realizaron conforme a la norma AASHTO T-193. El valor CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente con fines de utilización para base y subrasante.

2.3.2.2. Ensayo Proctor

Es el ensayo que permitió estudiar y controlar la compactación del suelo. Este ensayo estableció la compactación máxima en relación con su grado de humedad. Se realiza un proceso de densificación de un material mediante medios mecánicos. El incremento de la densidad se obtiene por medio de la disminución de la cantidad de aire que se encuentra en los espacios vacíos que se encuentran en el material, manteniendo el contenido de humedad relativamente constante.

El principal objetivo de la compactación es mejorar las condiciones y las propiedades ingenieriles del material en algunos aspectos:

- Aumentar la resistencia al corte, y por consiguiente mejorar la estabilidad, de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.

- Disminuir la compresibilidad y, por consiguiente, reducir los asentamientos.
- Disminuir la relación de vacíos y, por consiguiente, reducir la permeabilidad.

2.3.3. Análisis de resultados

De los resultados del laboratorio, obtenidos de las muestras del banco de material para elaboración de la subbase y del suelo de la subrasante, dependen los espesores de las diferentes capas que conforman el pavimento rígido.

A continuación, se presenta la tabla que contiene los resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio de suelos en el Centro de Investigaciones de Ingeniería y obtenidos de las muestras tomadas en campo:

Tabla II. **Resultados del análisis de suelos del tramo carretero**

Clasificación P.R.A.:	A-4
Clasificación S.C.U.:	CL
Descripción del suelo:	Arcilla arenosa, color café.
Clasificación CL según Ensayo de Límites de Atterberg	
Límite líquido (%):	34,4
Índice plástico (%):	10,6
Densidad seca máxima (kg/m^3)	1 748,58
Humedad óptima (%):	9,50
C.B.R.:	al 99,8 % de compactación es de 1,13 (%)

Fuente: elaboración propia.

2.4. Diseño geométrico del tramo carretero

Se realizó el procesamiento de las libretas topográficas (tránsito y niveles) que fueron plasmados en planos conteniendo planta y perfil del diseño, dando como resultado la nueva geometría del tramo carretero, la cual está compuesta y representa los alineamientos vertical y horizontal en planos finales.

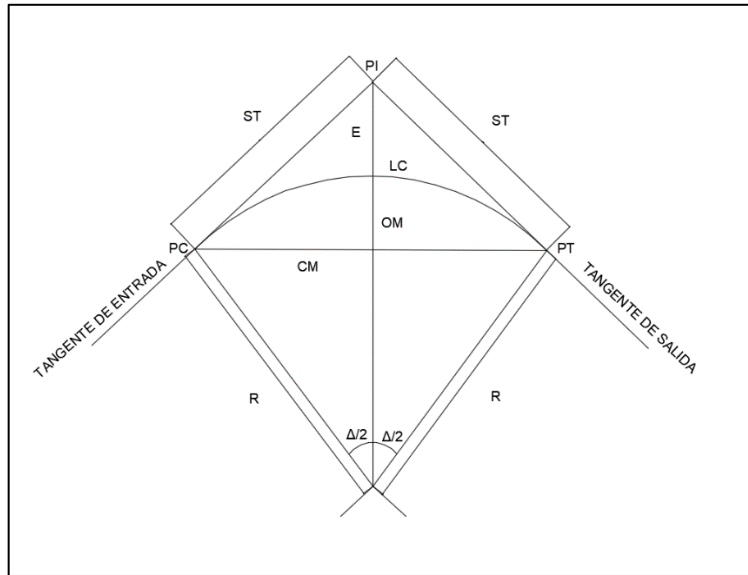
2.4.1. Alineamiento horizontal

Es plasmar en un plano horizontal toda su geometría existente y rediseñada en una planta, dando toda la distribución conforme a especificaciones de la Dirección General de Caminos en un plano horizontal incluyendo su trazo y la información de la dirección o sentido de la alineación del tramo conforme su avance. Se expresa en azimut o rumbos, así como el cambio de dirección de dichos cambios, que son suavizados por curvas calculadas y ajustadas para dicho proyecto, dejando indicado en los planos toda la información necesaria para su futura evaluación del ente ejecutor.

2.4.2. Elementos de curva

Cuando hay un cambio de dirección o sentido en el alineamiento formando dos tangentes que se unen en un punto de intersección, y para evitar cambios bruscos en el camino que se diseña, se calcula y se ajusta, para mantener la trayectoria del usuario de una forma cómoda y segura. Para ello existen o se proyectan curvas circulares simples y compuestas, como se muestra en la siguiente figura de una curva simple:

Figura 3. **Elementos de una curva circular**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

Donde:

G: grado de curvatura.

Δ : ángulo de deflexión de las tangentes.

LC: longitud de curva.

ST: subtangente es la distancia entre PC y PI que también está presente entre PI y PT.

CM: cuerda máxima es la distancia que hay entre PC y PT.

E: external es la distancia entre el PI al punto medio de la curva.

OM: ordenada media distancia desde el punto medio de la curva al punto medio de la cuerda máxima.

PC: principio de curva es el punto donde termina la tangente de entrada y da inicio a la curva.

PI: punto de intersección es el punto donde se intersectan las tangentes cuando se prolongan.

PT: principio de tangente es el punto donde termina la curva y empieza la tangente de salida.

2.4.2.1. Grado de curvatura

El grado de curvatura mide y representa el cambio de dirección que se va produciendo conforme se recorre el arco que conforma la curva. Para su cálculo se relaciona la circunferencia del círculo con la cantidad de grados de una circunferencia (360°), y la distancia habitual entre puntos consecutivos de replanteo. En el caso de Guatemala se utiliza 20 metros.

La fórmula se obtiene cotejando el arco de una circunferencia completa ($2\pi R$), que tiene un ángulo de 360°, con un arco de 20 metros, que subtiende un ángulo G (grado de curvatura) se tiene:

$$\frac{2\pi R}{360} = \frac{20}{G}$$

Se realiza el despeje de variable:

$$\frac{(20 * 3600)}{2\pi G} = R$$

Despejando G tenemos:

$$G = \frac{1\ 145\ 9156}{R}$$

A continuación, se realiza un cálculo de la curva horizontal No. 1 del diseño del tramo:

Datos de curva:

Periodo de diseño = 20 años

Velocidad de diseño = 80 Km/h

Bombeo de la carretera = 3 %

Ancho de carril = 6,00 metros

Cantidad de carriles = 2

Radio = 38,197 metros

Deflexión $\Delta = 17^{\circ}13'29,26$

Curva horizontal No. 1

Esta fórmula debería ir dentro del contenido de grado de curvatura, solo hay que corregirla:

$$G = \frac{(360)(20)}{(2\pi)(R)}$$

$$G = \frac{1\,145,9156}{R} = \frac{1\,145,9156}{38,197} = 30^{\circ} 0' 0,53''$$

2.4.2.2. Radio de curvatura

Es el radio de la curva circular. Se representa con una letra R, se obtiene de la siguiente expresión:

$$R = \frac{1\,145,9156}{(G)}$$

$$R = \frac{1\,145,9156}{30^\circ 0' 0,53''} = 38,197$$

2.4.2.3. Longitud de curvatura

Medida a lo largo de la curva, es la distancia desde el (PC) hasta el PT, cuyo ángulo central es la deflexión (Δ):

$$L_c = \frac{20\Delta}{G} = \frac{20(17^\circ 13' 29,26'')}{30} = 11,48m$$

2.4.2.4. Subtangente

Es la distancia entre el PI y el PC o PT, medida sobre la prolongación de las tangentes, se simboliza por (ST).

$$ST = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$ST = R \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 38,197 \tan\left(\frac{17^\circ 13' 29,26''}{2}\right) = 5,7852 m$$

2.4.2.5. Cuerda máxima

Es la distancia en línea recta desde el PC al PT, se representa por (CM).

$$C_m = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$C_m = 2R \operatorname{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right) = 2(38,197) \operatorname{sen}\left(\frac{17^\circ 13' 29,26''}{2}\right) = 11,44m$$

2.4.2.6. External

Es la distancia mínima entre el PI al punto medio de la curvatura, se simboliza con la letra E:

$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - R$$

$$E = \frac{R}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)} - R = \frac{38,197}{\cos\left(\frac{17^{\circ} 13' 29,26''}{2}\right)} - 38,197 = 0,44m$$

2.4.2.7. Ordenada media

Es la distancia dentro del punto medio de la curva principal y el punto medio de la cuerda máxima:

$$OM = R \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

$$OM = R \left[1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right] = 38,197 \left[1 - \cos\left(\frac{17^{\circ} 13' 29,26''}{2}\right) \right] = 0,4307m$$

2.4.2.8. Curvas de transición

Al momento en que un vehículo toma una curva simple, esta le obliga a realizar un cambio súbito de dirección para acomodarse a la curvatura del elemento geométrico. Los vehículos actualmente necesitan de una transición para poder cambiar y tomar las curvas que cuentan con una curvatura constante.

Lo antes mencionado sugiere que cuando se pasa de un tramo recto a uno circular se requiere hacerlo en forma gradual, por esto se hace necesario crear una curva de transición entre el tramo recto y la curva, sin que la trayectoria del vehículo perciba cambios abruptos.

Para este proyecto no se tomó curvas de transición debido a que ya existía una brecha trazada y utilizar curvas de transición implicaba extenderse a terreno privado.

2.5. Alineamiento vertical

Es la representación gráfica del plano vertical en el que se va a desarrollar la obra vial. Se busca que cumpla con ciertos requisitos que proporcionen comodidad y seguridad sin exceder costos en movimientos de tierras. Los elementos que conforma un alineamiento vertical son las tangentes y curvas verticales, a través de estas el alineamiento puede adaptarse lo más posible al diseño y terreno natural sobre el cual fue diseñado el tramo.

La topografía del terreno influye en la longitud de las curvas y la pendiente de las tangentes verticales. La subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento.

2.5.1. Trazado de tangentes verticales

Estas se caracterizan por ser un tramo recto que posee una pendiente constante por su longitud vertical, expresada en % con su signo que indica hacia dónde se dirige. La pendiente m de la tangente vertical es la relación entre el cambio de nivel vertical y el cambio de distancia horizontal-elevación y la distancia horizontal entre dos puntos de esta en relación con la elevación. Por

lo tanto: ara propósitos del diseño vial, las pendientes deben limitarse por los criterios de seguridad, comodidad y apariencia, además por la clasificación de la carretera por las pendientes, de acuerdo con el tipo de terreno y tipo de vía que se trate, por lo que así se tendrán pendientes máximas y mínimas.

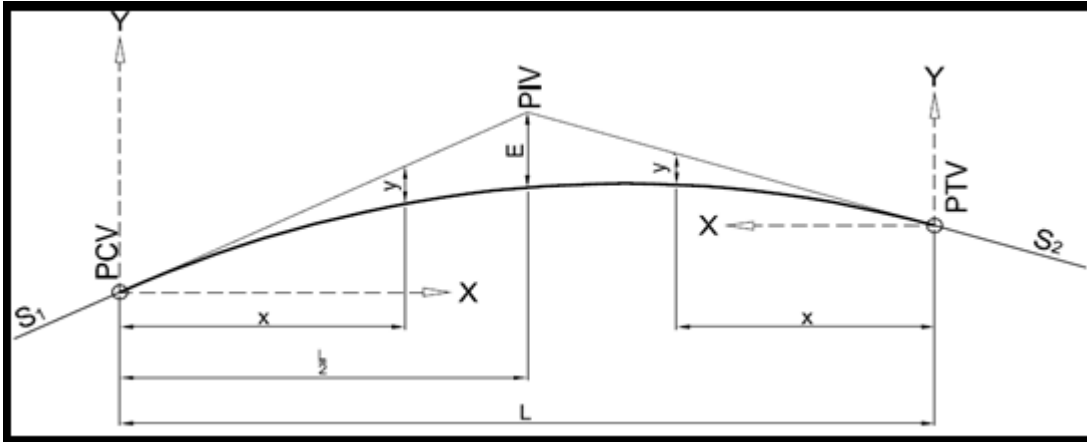
2.5.2. Curvas verticales

Las curvas verticales son las encargadas de unir dos tangentes consecutivas que conforman el alineamiento vertical, efectuando un cambio gradual entre pendientes de entrada y salida, de manera que la operación vehicular sea confortable y cumpla con los criterios para curvas verticales, apariencia, comodidad, seguridad y drenaje.

2.5.2.1. Tipos de curvas

Las curvas verticales se clasifican de acuerdo con los cambios de pendiente que tomarán las tangentes. Si una tangente tiene una mayor pendiente que la anterior serán unidas por una curva cóncava, la cual favorecerá el cambio de inclinación. Si una tangente tiene menor pendiente a una tangente anterior serán enlazadas por una curva convexa.

Figura 4. **Detalle de curva vertical simétrica**



Fuente: CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 22.

PCV = principio de curva vertical.

PIV = punto de intersección vertical.

PTV = principio de tangencia vertical.

S_1 = pendiente de entrada.

S_2 = pendiente de salida.

L = longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal en metros, en metros.

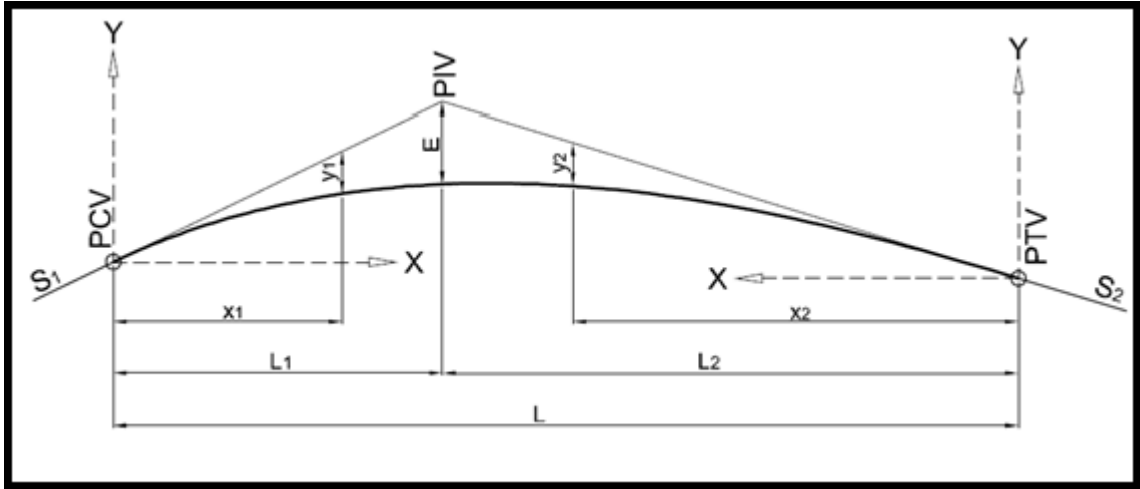
A = diferencia entre la pendiente de entrada y la pendiente de salida.

E = OM, external, ordenada media vertical medida desde el PIV, a la curva dada en metros.

X = distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y = distancia horizontal en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV o PTV.

Figura 5. **Detalle de curva vertical asimétrica**



Fuente: CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 25.

PCV = principio de curva vertical.

PIV = punto de intersección vertical.

PTV = principio de tangencia vertical.

S1 = pendiente de entrada.

S2 = pendiente de salida.

A = diferencia entre la pendiente de entrada y la pendiente de salida.

E = OM, external, ordenada media vertical medida desde el PIV, a la curva dada en metros.

X_1 X_2 = distancia horizontal a cualquier punto de la curva desde el PCV o desde el PTV.

Y_1 Y_2 = distancia vertical en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV o PTV.

Y = distancia horizontal en cualquier punto de la primera rama medida desde el PCV o PTV.

L_1 = longitud de la primera rama, medida por su proyección horizontal

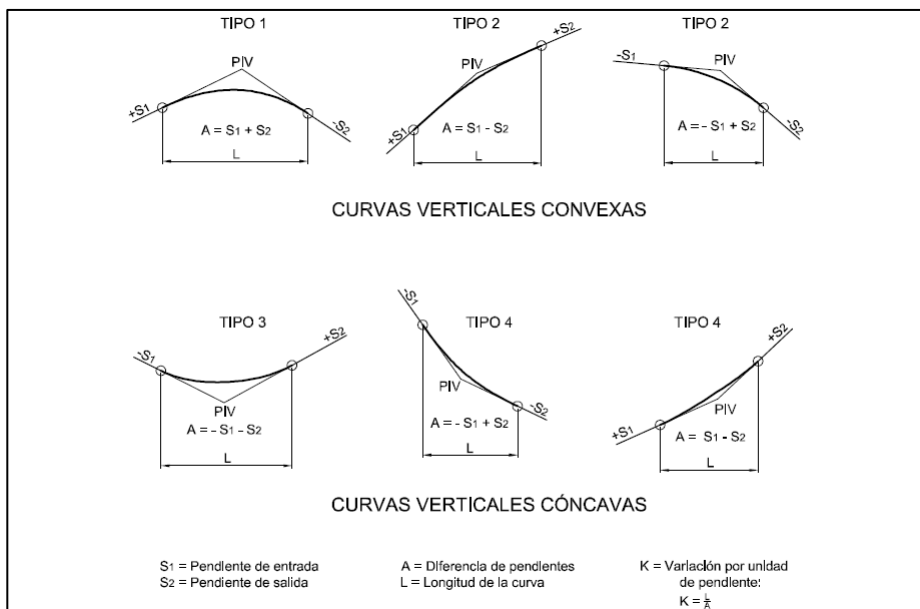
en metros.

L_2 = longitud de la segunda rama, medida por su proyección horizontal, en metros.

L = longitud de la curva vertical, medida por su proyección horizontal en metros.

En el alineamiento vertical longitudinal se debe tomar en cuenta que cada vez que ocurra un cambio de pendiente debe insertarse una curva, esta puede ser cóncava o convexa, dependiendo la forma de la subrasante como se muestra en la figura siguiente:

Figura 6. Tipos de curvas verticales



Fuente: CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 38.

2.5.2.2. Pendientes máxima y mínima

Los tipos de terrenos se clasifican de acuerdo con las pendientes máximas que conforman la ruta, la clasificación es la siguiente:

Tabla III. Tipos de terreno de acuerdo con pendientes

Tipo de terreno	Pendiente máxima media de las líneas de máxima pendiente del terreno (%)
Plano (P)	0 – 6
Ondulado (O)	7 – 8
Montañoso (M)	9 - 12

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. p. 48.

La pendiente máxima está determinada por el TPDA y el tipo del terreno, para salvar los obstáculos tales como: fallas, quebradas y zonas inestables. Es el mínimo aceptable en función del drenaje o evacuación de aguas. En los tramos en corte se recomienda una pendiente longitudinal mínima de 0,5 %. El proyecto tiene una pendiente máxima de 9,071 %, clasificándose el terreno como tipo (M).

2.5.3. Longitud de curva

Se debe cumplir con cuatro criterios para establecer la longitud de curva vertical (L.C.V.). La velocidad de diseño es 80km/h siendo su K=23 cuando sea cóncava y 29 cuando sea convexa.

Tabla IV. **Valores de K según tipo de curva vertical**

Velocidad DE DISEÑO (km/h)	K	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: elaboración propia.

2.5.3.1. Criterio de apariencia

Se aplica al proyecto de curvas verticales con visibilidad completa, o sea al de curvas cóncavas, para evitar cambios bruscos en la curvatura, es preciso tener una visión completa durante el recorrido y cuando se trata de cóncavas que el cambio de pendiente no sea súbito permitiendo una adecuada circulación. Para cumplir con los requerimientos de apariencia se tiene que cumplir lo siguiente:

$$K = \frac{LCV}{A} \geq 30 k$$

$$\Delta = P_s - p_e$$

2.5.3.2. Criterio de comodidad

Tiene como fin la reducción del efecto de la fuerza centrífuga que surge en el vehículo cada vez que hace un cambio de dirección, de esta fuerza al agregarle el peso propio del vehículo, se aplica a curvas cóncavas y convexas. Se representa con la siguiente expresión:

$$K = \frac{LCV}{A} \geq \frac{V^2}{395}$$

2.5.3.3. Criterio de drenaje

Se aplica al proyecto de curvas verticales cóncavas o convexas, cuando están alojadas en corte. La pendiente en cualquier punto de la curva debe ser tal que el agua pueda fluir fácilmente.

$$K = \frac{LCV}{A} \leq 43$$

2.5.3.4. Criterio de seguridad

Se aplica a curvas convexas o cóncavas. La longitud de curva permitirá que a lo largo de ella la distancia de visibilidad sea mayor o igual que la de parada:

$$L = KxA$$

- Cálculo de pendiente

Cotas verticales respecto a la diferencia de cotas horizontales.

$$y = \frac{437,504 - 452,53}{(0 + 00) - (0 + 168,92)} = 0,090$$

$$y = \frac{453,54 - 466,81}{(0 + 178,92) - (0 + 437,10)} = 0,05139$$

- Longitud de curva

$$0 + 178,92 - 0,168.92 = 10\text{m}$$

$$10 = 29 * \Delta$$

$$\Delta = \frac{10}{29} = 0,344827$$

- Criterio de apariencia

$$\frac{l_{cv}}{\Delta} = 30$$

$$\frac{10}{0,344827} = 30$$

$$29 \geq 30$$

- Criterio de comodidad

$$\frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{v^2}{395}$$

$$\frac{LCV}{\Delta} \geq \frac{80^2}{395}$$

$$29,002 \geq 16,20$$

- Criterio de drenaje

$$\frac{LCV}{\Delta} \leq 43$$

$$\frac{10}{0,344} \leq 43$$

$$29 \leq 43$$

Tabla V. **Criterios de curvas verticales**

Curva	Pe	Ps	K	Δ	Apariencia	Comodidad	Drenaje	Seguridad
1	9,07	5,141	29	3,929	No cumple	Cumple	cumple	113,941 > 10
2	5,141	1,947	29	3,194	No cumple	Cumple	cumple	92,626 > 40
3	1,947	0,380	23	1,56	No cumple	cumple	cumple	35,88 > 20
4	0,380	-3,373	23	3,75	No cumple	cumple	cumple	86,25 > 25

Fuente: elaboración propia.

No se cumple con el criterio de apariencia en ninguna curva porque la topografía del relieve y las construcciones existentes en los puntos imposibilitan el movimiento de tierra.

2.5.4. Ordenada media

Las tangentes medidas del PIV al PCV y del PIV al PTV presentan la misma longitud horizontal que las curvas que se consideran simétricas.

El cálculo se realiza por medio de las siguientes fórmulas, la deducción de estas está basada en las propiedades de la parábola.

Curvas simétricas:

$$\text{Ordenada media}(OM) = \frac{LCV(A)}{800}$$

Curvas asimétricas:

$$\text{Ordenada media}(OM) = \frac{A(L_1)(L_2)}{200(L_t)}$$

Donde:

L1 = longitud de la curva del PCV al PIV

L2 = longitud de la curva del PIV al PTV

Lt = longitud total de la curva vertical

Cálculo:

Datos de la curva vertical: A= 3,930 % LCV= 10 m.

$$\text{Ordenada media}(OM) = \frac{(3,930)(10)}{800} = 0,049125$$

2.5.5. Constante vertical

La constante vertical expresada se limitará como la corrección de la cota subrasante, al ser multiplicada por una distancia, se calcula de la siguiente forma:

- Curvas simétricas:

$$\text{Constante vertical } (k_1) = \frac{Al_1}{200 + l_t + l_2}$$

- Curvas asimétricas

Para elevaciones del PCV al PIV.

$$\text{Constante vertical } (k_1) = \frac{Al_2}{200 + l_t + l_2}$$

- Para elevaciones del PIV al PTV:

$$\text{Constante vertical } (k_2) = \frac{Al_2}{200 + l_t + l_1}$$

Donde:

A= diferencia algebraica entre las pendientes de las tangentes en (%)

l_1 = longitud de la curva del PCV al PIV

l_2 = longitud de la curva del PIV al PTV

l_t = longitud total de la curva vertical

La cota de cada punto vertical se calcula de la siguiente manera:

$$Y = K * x^2$$

Donde:

Y= altura corregida de la subrasante

K=constante vertical

X=la distancia del PCV o PTV al punto requerido

Cálculo:

Datos de la curva vertical:

Curva simétrica:

A=3,93 %

LCV=10

Cam. PCV=0+168,92

Cam. PIV=0+173,92

Cam. PTV=0+178,92

Se propone un intervalo de 2mts debido a que la longitud de la curva vertical es pequeña:

Est. +170,00

Distancia (x)=1,08m

$$Y = 0,001965 * (1,08)^2 = 0,0023m$$

Est. +172,00

Distancia (x)=1,08m

$$Y = 0,001965 * (3,08)^2 = 0,01864m$$

PIV=Est. +173,92

Distancia (x)=5m

$$Y = 0,001965 * (5)^2 = 0,049m$$

El cálculo de la otra mitad es igual debido a la simetría de la curva.

2.5.6. Cálculo de subrasante

Es la línea de referencia que define el alineamiento vertical dependiendo principalmente de la topografía. En los terrenos llanos la altura de la subrasante es regulada, generalmente, por el drenaje mayor 0,5 %.

En terrenos ondulados se adapta la subrasante de acuerdo con conveniencia de la operación de vehículos. En terrenos montañosos la subrasante es controlada estrechamente por las restricciones y condiciones de la topografía.

Las condiciones topográficas, geotécnicas, hidráulicas y el costo de las terracerías definen la subrasante del proyecto. Para calcular la cota de la subrasante en un proyecto se hace de la forma siguiente:

- Inicio de carretera:

$$Cota\ subrasante = Elev.\ Punto\ de\ origen + (pendiente\ T_1 * Long.X(T_1))$$

- Seguidamente:

$$Cota\ subrasante = Elev.PIV_{n-1} + (pendiente\ T_n * Long.X(T_n))$$

2.5.7. Cota corregida de subrasante

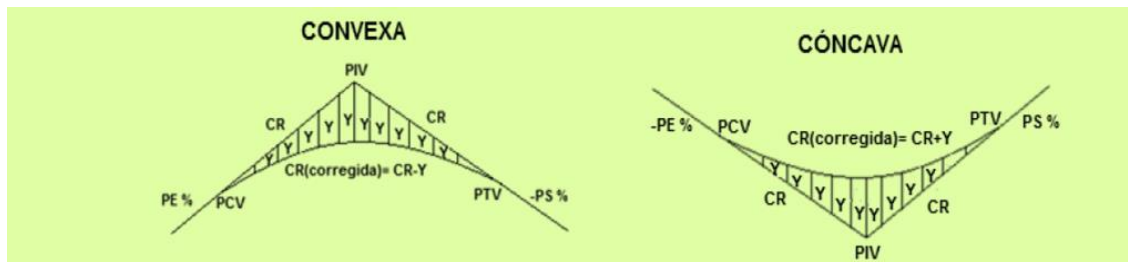
La subrasante es el nivel de terreno natural que será modificado a través de cortes y rellenos para llegar a niveles óptimos para cumplir con el alineamiento vertical de nuestro terreno, tomando en cuenta las pendientes transversales con el fin de que, sobre esta, sea cimentada la estructura de pavimento.

Corrección de subrasante para curva vertical si es:

$$\text{Cóncava} = \text{Cota subrasante} + Y$$

$$\text{Convexa} = \text{Cota subrasante} - Y$$

Figura 7. Cota corregida de rasante



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

2.6. Diseño de drenaje transversal

Los drenajes transversales son elementos importantes en la carretera, ya que permiten drenar el agua de un lugar a otro de manera transversal para poder liberar de escorrentía superficial las calles y carreteras. Para el cálculo de

estos drenajes es importante contar con factores como: intensidad de lluvia, área, coeficiente de escorrentía.

2.6.1. Cálculo de intensidad de lluvia

Se consulta el folleto *Informe de intensidades de lluvia de Guatemala* del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

En el municipio de Chiquimula, para el año 2019, no existe ninguna estación meteorológica, debido a eso no existen parámetros sobre la intensidad de lluvia proporcionados por el INSIVUMEH y se tomarán los datos de la estación más próxima.

Tabla VI. **Intensidad de lluvia para la estación meteorológica ubicada en el municipio de Esquipulas, Chiquimula**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
Esquipulas								
A	3 300	2 060	1 280	1 230	1 225	1 222	1 213	1 205
B	20	11	6	6	6	6	6	6
N	0,962	0,836	0,721	0,7	0,696	0,694	0,69	0,686
R2	0,999	0,998	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996	0,996

Fuente: INSIVUMEH. *Estudio de intensidades de precipitación en Guatemala*. p. 6.

$$I = \frac{a}{(t + b)n}$$

Donde:

I= intensidad de lluvia en milímetros por hora.

a y b = datos proporcionados por el INSIVUMEH.

t= tiempo de concentración en minutos se tomó de 12 minutos al tratarse de una cuenca pequeña.

n = periodo de retorno.

$$I = \frac{1230}{(12 + 6)^{0,70}} = 162,64mm/h$$

2.6.2. Área de escorrentía superficial

El área de escorrentía superficial corresponde al área de tributación de fluido. Se tomó en cuenta el área que queda impermeabilizada por el pavimento ya que el bombeo direccionará el agua que queda en la superficie de la carretera directamente a los drenajes longitudinales. El área tributaria de este proyecto es 0,66 hectáreas.

2.6.3. Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía depende de numerosos factores: del tipo de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo; de la humedad inicial del suelo; del tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente, microrelieve, rugosidad), del tipo de cobertura vegetal existente; de la intercepción que provoque; del lapso de tiempo que consideremos (minutos, duración del aguacero, horas, días, meses, un año), entre otros factores.

El coeficiente de escorrentía puede tomar valores comprendidos entre cero y uno.

$$0 \leq C \leq 1$$

Tabla VII. **Tabla de coeficientes de escorrentía**

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía	
	Mínima	Máximo
Zona comercial	0,70	0,95
Vecindarios, zonas de edificios, edificaciones densas	0,50	0,70
Zonas residenciales unifamiliares	0,30	0,50
Zonas residenciales multifamiliares espaciadas	0,40	0,60
Zonas residenciales multifamiliares densas	0,60	0,75
Zonas residenciales semiurbanas	0,25	0,40
Zonas industriales espaciadas	0,50	0,80
Zonas industriales densas	0,60	0,90
Parques	0,10	0,25
Zonas deportivas	0,20	0,35
Estaciones e infraestructuras viarias del ferrocarril	0,20	0,40
Zonas suburbanas	0,10	0,30
Calles asfaltadas	0,70	0,95
Calles hormigonadas	0,70	0,95
Calles adoquinadas	0,70	0,85
Aparcamientos	0,75	0,85
Techados	0,75	0,95
Praderas (suelos arenosos con pendientes inferiores al 2%)	0,05	0,10
Praderas (suelos arenosos con pendientes intermedias)	0,10	0,15
Praderas (suelos arenosos con pendientes superiores al 7%)	0,15	0,20
Praderas (suelos arcillosos con pendientes inferiores al 2%)	0,13	0,17
Praderas (suelos arcillosos con pendientes intermedias)	0,18	0,22
Praderas (suelos arcillosos con pendientes superiores al 7%)	0,25	0,35

Fuente: elaboración propia, empleando información del INSIVUMEH.

Se utilizó un coeficiente promedio de escorrentía $C = 0,20$ porque la zona por la que pasa la carretera corresponde a una zona suburbana.

2.6.4. Cálculo hidráulico

Para calcular el área de descarga de los drenajes se asume que el caudal máximo para un punto dado se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con escorrentía superficial, durante un periodo de precipitación máxima. Para lograr esto la precipitación (caudal de diseño) debe prolongarse durante un periodo mayor o igual al que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado, en otras palabras, el tiempo de concentración.

2.6.5. Método racional

El método racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q: caudal máximo [m³/s].

C: coeficiente de escorrentía. Explicar qué es coeficiente de escorrentía.

I: intensidad de la lluvia de diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al periodo de retorno seleccionado para el diseño (curvas de I-D-F) [mm/h].

A: área interesada de la cuenca [HA].

$$Q = \frac{(0,6)(162,64\text{mm/h})(0,66\text{HA})}{360}$$

$$Q = 0,059634 \text{ m}^3/\text{s}$$

2.6.6. Cálculo de diámetro de tuberías

El drenaje transversal de la carretera se consigue mediante alcantarillas cuya función es proporcionar un medio para que el agua superficial que escurre por cauces naturales o artificiales de moderada importancia, en forma permanente o eventual, pueda atravesar bajo la plataforma de la carretera sin causar daños a esta, riesgos al tráfico o a la propiedad adyacente. Se entiende por alcantarilla una estructura de drenaje cuya luz mayor, medida paralela al eje de la carretera, sea de hasta 6 m.

Losas de luces mayores se tratarán como puentes en lo relativo a su cálculo hidráulico. La alcantarilla debe ser capaz de soportar las cargas del tránsito en la carretera, el peso del suelo sobre ella, las cargas durante la construcción, entre otros, es decir también debe cumplir requisitos de tipo estructural.

Generalmente se considera a las alcantarillas como estructuras menores, sin embargo, aunque su costo individual es relativamente pequeño, el costo total de ellas es importante, por lo tanto debe darse especial atención a su diseño. Debe considerarse también que algunas de estas obras, debido a su tamaño o altura de terraplén, pueden constituir un serio peligro para la seguridad de los usuarios y para el funcionamiento de la carretera.

$$Q = \frac{1}{n} * (R)^{\frac{2}{3}} * (S)^{1/2} A$$

$$Q = 0,059634 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0,013 \text{ por tratarse de PVC}$$

R = radio hidráulico de la sección circular al 50 %

S = 0,03

$$Q = \frac{1}{n} * (R)^{\frac{2}{3}} * (S)^{1/2} A$$

El drenaje transversal para este proyecto se diseñará trabajando al 50 % para dar la certeza que trabaje en cualquier situación:

$$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{\pi D^2}{8} \right)^{\frac{2}{3}} * (s)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi D^2}{8} \right)$$

$$0,059634 = \frac{1}{0,013} * \left(\frac{\pi D^2}{8} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,03)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi D^2}{8} \right)$$

$$D = \left(\frac{8Q * n * 4^{\frac{2}{3}}}{\pi s^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

$$D = \left(\frac{(8)0,059634 * 0,013 * 4^{\frac{2}{3}}}{\pi 0,03^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

D = 0,26 mts su medida comercial más próxima es 24 pulgadas.

2.6.7. Diseño de drenaje longitudinal

Al proyectar el drenaje de las carreteras se consideró su seguridad, apariencia, control de emisiones y aspectos económicos, tanto en su construcción como en su mantenimiento. En general, todos los aspectos anteriores se vieron beneficiados con el uso de taludes planos y tendidos, cunetas amplias y secciones alabeadas o redondeadas. Las características de las cunetas y taludes se definen considerando la seguridad de posibles vehículos fuera de control que se salgan de la sección de circulación. Es también recomendable que permitan su limpieza con maquinaria.

Los vehículos no sufren daños considerables si cruzan cunetas con anchos de 1,20 m a 2,40 m, independientemente de la forma de las mismas. Las cunetas pueden ser de forma triangular o trapezoidal. No es recomendable el empleo de cunetas de sección rectangular porque sus taludes tienden a derrumbarse y, como consecuencia, tienden a atascar. Las contracunetas de intercepción tienen por lo general una sección trapezoidal. En este caso utilizaremos cuneta triangular.

$$Q = \frac{1}{n} * (R)^{\frac{2}{3}} * (S)^{1/2} A$$

A = área.

n = coeficiente de rugosidad de Manning.

R = radio hidráulico en metros (área de la sección entre el perímetro mojado).

S = pendiente del canal en metros por metros.

Para el diseño de la cuneta se tomó el tramo con la pendiente crítica que corresponde al tramo ubicado en la estación 0+178,92 con una pendiente en su

diseño de 8,81 %. El área para drenar es de 0,66 Ha y al realizarse la cuneta de concreto tendrá un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,12 correspondiente al concreto:

$$Q = \frac{1}{n} * (R)^{\frac{2}{3}} * (S)^{1/2} A$$

$$0,059634 = \frac{1}{0,12} * \left(\frac{1,5a}{1 + \sqrt{10}} \right)^{\frac{2}{3}} (0,0881)^{\frac{1}{2}} * 1,5a^2$$

$$(0,01607296)^3 = \left(\left(\frac{1,5a}{1 + \sqrt{10}} \right)^{\frac{2}{3}} \right)^3 (a^2)^3$$

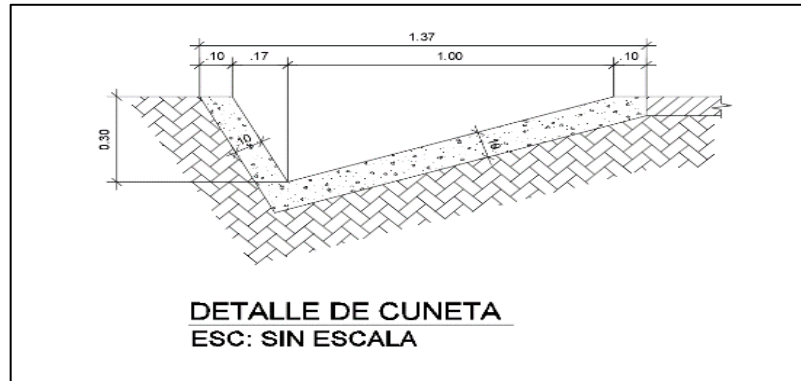
$$\left(\frac{0,01607296^3}{a^6} \right) = (a^6) \left(\frac{1,5a}{1 + \sqrt{10}} \right)^2$$

$$\left(\frac{4,152289 * 10^{-6}}{a^6} \right) = (0,12987346)(a)^2$$

$$(3,197180 * 10^{-6}) = (a^8)$$

$$a = 0,2742$$

Figura 8. **Detalle de cuneta**

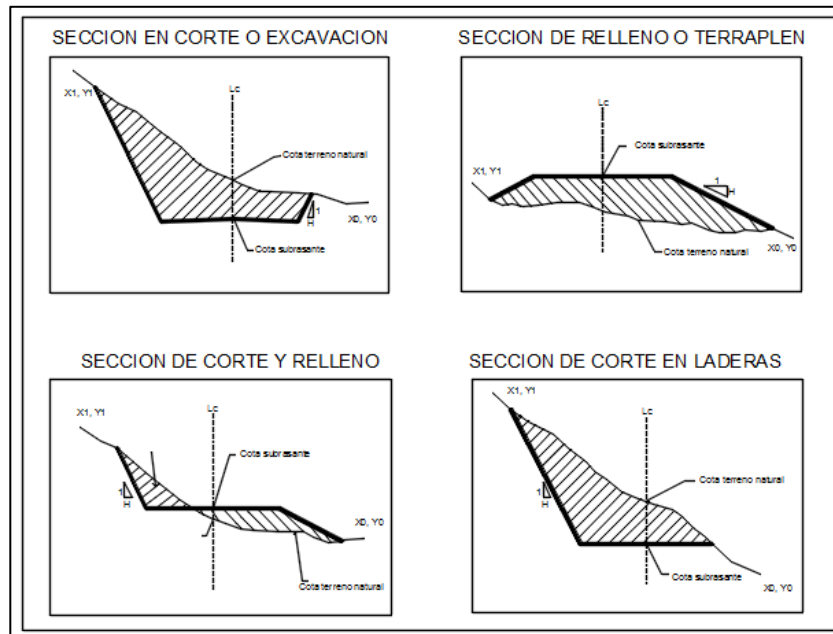


Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

2.6.8. **Secciones transversales**

La sección transversal de una carretera en un punto es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite definir la disposición y dimensiones de sus elementos.

Figura 9. Secciones transversales

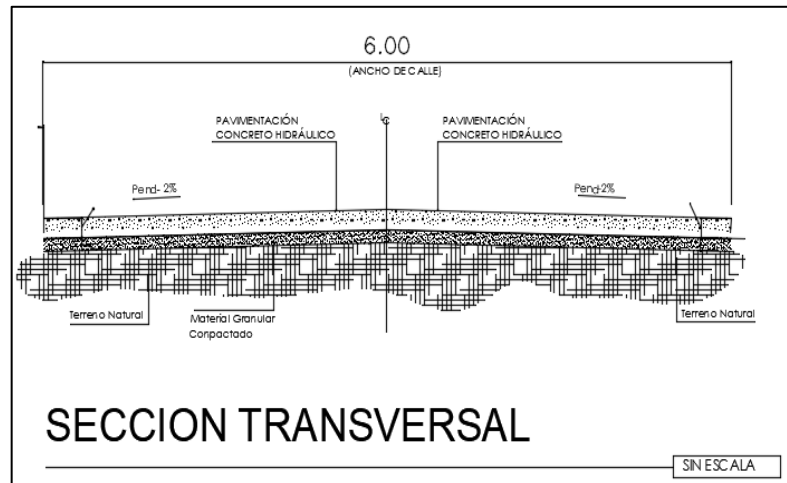


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Las secciones transversales nos dan información importante para los cálculos de movimientos de tierras, ya que nos permiten visualizar áreas de cortes y rellenos en un estacionamiento específico.

Regularmente suelen tomarse diferentes perfiles a lo largo del eje, con una distancia de 20 m entre ellos, limitados por las características topográficas del terreno.

Figura 10. **Sección transversal de carretera**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

2.6.9. **Bombeo**

Es un medio que permite el drenaje del pavimento, en tramos rectos o en aquellos cuyo radio de curvatura se permite el contraperalte, con el propósito de evacuar las aguas superficiales, una inclinación transversal mínima o bombeo, que depende del tipo de superficie de rodadura y de los niveles de precipitación de la zona. La pendiente de bombeo debe ser de al menos 2 % del centro hacia afuera y esta se incrementa de 0,5 % a 1 %. Por cada carril adicional el porcentaje de bombeo para esta carretera será de 2 %.

2.6.10. **Peralte**

Es la pendiente que se le da a la sección transversal en la curva, para compensar su propio peso y la fuerza centrífuga que se genera al desplazarse en un movimiento circular.

Su valor se representa con una letra e y será la mitad del valor máximo entre el punto donde comienza la curva circular simple y el punto donde esta termina, se anota generalmente a la izquierda del listado de la hoja de movimiento de suelo. Para este proyecto se tomó en cuenta un peralte del 3 %.

2.6.11. Sobreancho

Es el ancho adicional proporcionado en las curvas, para facilitar las maniobras de los automóviles debido a que estos ocupan mayor espacio, porque la carrocería sigue tangencialmente el movimiento. Para el cálculo del sobreancho se necesita conocer las especificaciones del diseño geométrico, donde obtendremos los anchos máximos, estos dependen del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

Para este proyecto se omitió el cálculo de sobreancho debido a que existen casas y terrenos privados a la orilla que no se pueden invadir.

2.6.12. Ancho de calzada

Ancho total de la calle, el espacio en el que se cuenta limita el ancho de calzada dejando una longitud de 6 metros prudente para dos carriles y para el paso de cualquier tipo de vehículo, cada carril para cada sentido de 3 m cada uno.

2.6.13. Movimiento de tierras

Consiste en estipular un volumen de material de corte o relleno necesario para suplir la subrasante diseñada, este posiblemente se convierte en el

renglón más caro de la construcción de una carretera. El movimiento se determina a partir de los perfiles y secciones transversales.

Estos movimientos pueden implicar corte de terreno que consiste en mover material que está sobre los límites de la subrasante a la que se ha realizado el diseño y relleno que es llenar con material de tal manera que se llegue a los límites en los que se necesita la subrasante.

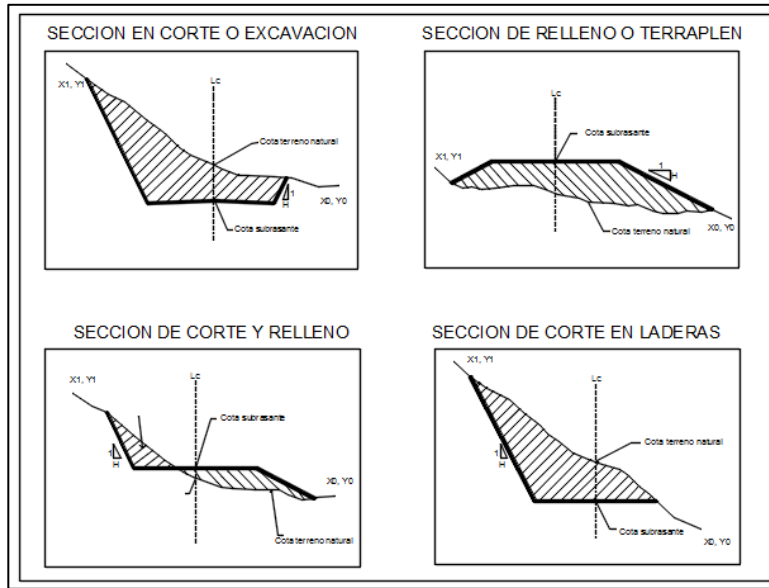
2.6.14. Cálculo de área

Se calcula el área de corte y de relleno de cada una de las secciones transversales, las cuales se toman cada 20 metros y/o en puntos críticos como las curvas horizontales, se calcula el volumen de corte y relleno con el área de la sección de cada uno multiplicado por la distancia entre sección y sección, y se saca un promedio con la calculada con la sección anterior o posterior dependiendo el caso.

Existen dos formas de calcular las áreas: la forma gráfica calcula las áreas, haciendo uso de un planímetro graduado, sobre las secciones transversales descritas en papel milimétrico. El procedimiento consiste en marcar las áreas para delinearlas con el planímetro, partiendo de un punto y llegando a ese mismo en la dirección de las agujas del reloj.

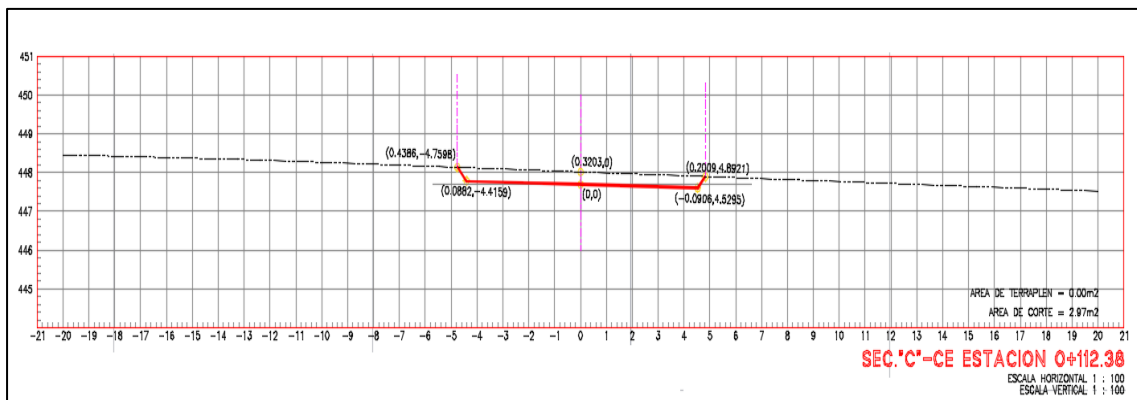
La forma analítica requiere que las secciones transversales se ploteen, determinando las coordenadas para cada punto, referidas a la línea central de las mismas y luego por el método de los determinantes se encuentra el área de manera exacta.

Figura 11. Cálculo de área de sección transversal



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

Figura 12. Sección de la estación 0+112,38



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

Tabla VIII. **Coordenadas de sección**

Coordenadas	
Y	X
0	0
0,0882	-4,4159
0,4386	-4,7598
0,3203	0
0,2009	4,821
-0,0906	4,5295
0	0

Fuente: elaboración propia.

$$\text{Suma } (Y \cdot X) = 2,03432$$

$$\text{Suma } (X \cdot Y) = -3,8981$$

$$AREA = \frac{(2,03432) - (-3,8981)}{2} = 2,97m^2$$

El área de corte de la sección transversal es de $2,97m^2$.

El área de relleno de la sección transversal es de $0,00m^2$. Todas las secciones transversales restantes serán calculadas y generadas por el programa CivilCad.

2.6.15. Cálculo de volúmenes

Radica en determinar una cantidad cercana de volumen de material de corte o relleno necesario para lograr la subrasante diseñada, es corte cuando el material no clasificado se excava dentro del área de terreno comprendida, para lo cual utilizaremos la siguiente operación matemática:

$$\text{Volumen: } \frac{A_1 + A_2}{2} * d$$

Donde:

A_1 = área de sección transversal 1

A_2 = área de sección transversal 2

d = longitud entre secciones

Y para poder calcular secciones no uniformes utilizaremos las siguientes operaciones:

Volumen de corte:

$$\text{Vol}_c: \frac{A_c}{2} * dc$$

Volumen de relleno:

$$\text{Vol}_R: \frac{A_r}{2} * dr$$

Distancia de corte:

$$d_c: \frac{A_c}{A_c + A_r} * d$$

Distancia de relleno:

$$d_r: \frac{A_r}{A_c + A_r} * d$$

Donde:

A_C = área de corte m^2

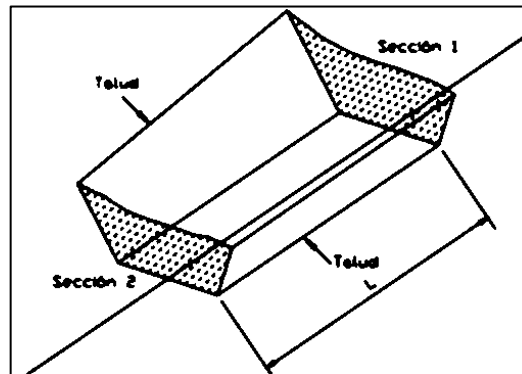
d_C = distancia de corte en m

d_r = distancia de relleno en m

Vol_C = volumen de corte en m^3

Vol_R = volumen de relleno en m^3

Figura 13. **Áreas de corte**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

El volumen del prismaide está dado por:

$$V = \frac{((A1 + A2) * D)}{2}$$

V= volumen del prismaide

A1 = área superior de la estación

A2 = área inferior de la estación

D = distancia entre estaciones

2.6.15.1. Volumen de corte

Si la cota del terreno se encuentra arriba de la cota de la rasante, se puede indicar que el área de la sección transversal está en corte, si pasa lo mismo hasta el otro extremo del prismoide todo el volumen se encuentra en corte.

Cálculo:

Sección transversal 0+060,00

Área de corte= $1,140 \text{ m}^2$

Área de relleno= $0,000 \text{ m}^2$

Sección transversal 0+080,00

Área de corte= $3,070 \text{ m}^2$

Área de relleno= $0,000 \text{ m}^2$

$D = \text{Est. Final} - \text{Est. inicial} = 0+080,00 - 0+060,00 = 20,00 \text{ m}$

$$V = \frac{(1,14\text{m}^2 + 3,07\text{m}^2) * 20\text{m}}{2}$$

$$V = 42,10\text{m}^3$$

El volumen total de corte en todo el tramo de avenida central del barrio El Molino es de $3071,12\text{m}^3$.

2.6.15.2. Volumen de relleno

Si la cota del terreno es inferior a la cota de la rasante, se puede indicar que el área de la sección transversal está en relleno, si pasa lo mismo hasta el otro extremo del prismoide todo el volumen se encuentra en relleno.

Sección transversal 0+460,00

Área de corte= 0,000 m^2

Área de relleno= 3,150 m^2

Sección transversal 0+480,00

Área de corte= 0,000 m^2

Área de relleno= 3,760 m^2

D= Est. Final – Est. inicial = 0+480,00 – 0+460,00 = 20,00 m

$$V = \frac{(3,76m^2 + 3,15m^2) * 20m}{2}$$

$$V = 69,10m^3$$

El volumen total de relleno en todo el tramo de avenida central del barrio El Molino es de 541,93 m^3 .

2.6.15.3. Balance de masas

Es el método que indica el movimiento de los volúmenes del terreno excavado, el volumen, hasta la localización y la curva de masa debe buscar el equilibrio económico con relación a la calidad de los movimientos de los suelos. Radica en establecer un número aproximado de volumen de material de corte o relleno necesario para obtener la subrasante diseñada. Después de calcular los

volúmenes se inicia con el cálculo de los datos del balance, estos servirán para crear la curva de Bruckner que, ajustada con la línea de balance, dejará conocer las cantidades totales del movimiento de tierra.

Tabla IX. **Cálculo de volúmenes**

Est	Corte	Relleno	Distancia	VOLUMEN		Balance	Resumen
				Corte	Relleno		
0+000	0,88	0,11					
			20	19,4	1,8	100 000	C=108,3
0+020	1,06	0,07					R=1,837
			20	23	0,037	100 017,807	
0+040	1,24	0,00					Sobrante
			20	23,8	0	100 022,973	106,46
0+060	1,14	0,00					
			20	42,10	0	100 042,100	
0+080	3,07	0,00					

Fuente: elaboración propia.

$$d_1 = \left(\frac{AC * l}{AC + AR} \right)$$

$$d_2 = \left(\frac{AR * l}{AC + AR} \right)$$

$$vol_c = \left(\frac{C_1 + C_2}{2} \right) * d_1$$

$$vol_R = \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) * d_2$$

EST 0+000-0+020

$$vol_R = \left(\frac{0,11 + 0,07}{2} \right) * 20 = 1,8m^3$$

$$vol_C = \left(\frac{0,88 + 1,06}{2} \right) * 20 = 19,4m^3$$

Est 0+020-0+040

$$vol_C = \left(\frac{1,06 + 1,24}{2} \right) * 20 = 23m^3$$

$$d_1 = \left(\frac{0,07 * 20}{1,24 + 0,07} \right) * 20 = 1,069m^3$$

Est 0+040-0+060

$$vol_C = \left(\frac{1,24 + 1,14}{2} \right) * 20 = 23,8m^3$$

Est 0+060-0+080

$$vol_C = \left(\frac{1,24 + 3,07}{2} \right) * 20 = 42,10m^3$$

Balance

$$100\ 000 + 19,4 - \frac{1,8}{1,13} = 100\ 017,807$$

$$100\ 000 + 23 - \frac{0,03}{1,13} = 100\ 022,973$$

$$100\ 000 + 23,8 - 0 = 100\ 023,800$$

$$100\,000 + 42,10 - 0 = 100\,042,100$$

- Cálculo de volúmenes

$$d_1 = \left(\frac{AC * l}{AC + AR} \right)$$

$$d_2 = \left(\frac{AR * l}{AC + AR} \right)$$

$$vol_C = \left(\frac{C_1 + C_2}{2} \right) * d_1$$

$$vol_R = \left(\frac{R_1 + R_2}{2} \right) * d_2$$

Est 0+000-0+020

$$vol_R = \left(\frac{0,11 + 0,07}{2} \right) * 20 = 1,8m^3$$

$$vol_C = \left(\frac{0,88 + 1,06}{2} \right) * 20 = 19,4m^3$$

Est 0+020-0+040

$$vol_C = \left(\frac{1,06 + 1,24}{2} \right) * 20 = 23m^3$$

$$d_1 = \left(\frac{0,07 * 20}{1,24 + 0,07} \right) * 20 = 1,069m^3$$

Est 0+040-0+060

$$vol_c = \left(\frac{1,24 + 1,14}{2} \right) * 20 = 23,8m^3$$

Est 0+060-0+080

$$vol_c = \left(\frac{1,24 + 3,07}{2} \right) * 20 = 42,10m^3$$

Balance

$$100\ 000 + 19,4 - \frac{1,8}{1,13} = 100\ 017,807$$

$$100\ 000 + 23 - \frac{0,03}{1,13} = 100\ 022,973$$

$$100\ 000 + 23,8 - 0 = 100\ 023,800$$

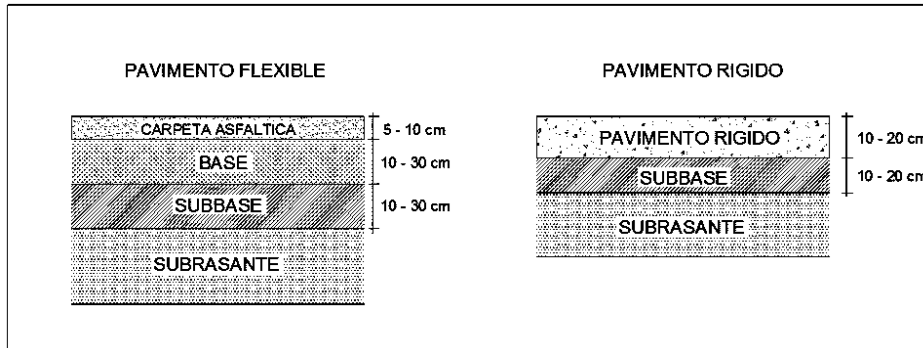
$$100\ 000 + 42,10 - 0 = 100\ 042,100$$

2.7. Pavimento

El pavimento está conformado por las capas del material seleccionado, que se colocan sobre la terracería, cada una tiene la capacidad de soportar y transmitir a la capa inferior las cargas provocadas por el tránsito vehicular sin que cada una o el conjunto que conforman el pavimento presente fallas, para que se garantice una superficie cómoda, segura y sin agrietamientos.

Eliminar gráfica porque no aplica y la diferencia entre los pavimentos flexible y rígido no se basa en la estructura si no en las propiedades de la carpeta de rodadura La diferencia entre los pavimentos flexible y rígido se basa en la gráfica siguiente:

Figura 14. **La diferencia entre los pavimentos flexible y rígido**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

2.7.1. **Pavimento de concreto hidráulico o rígido**

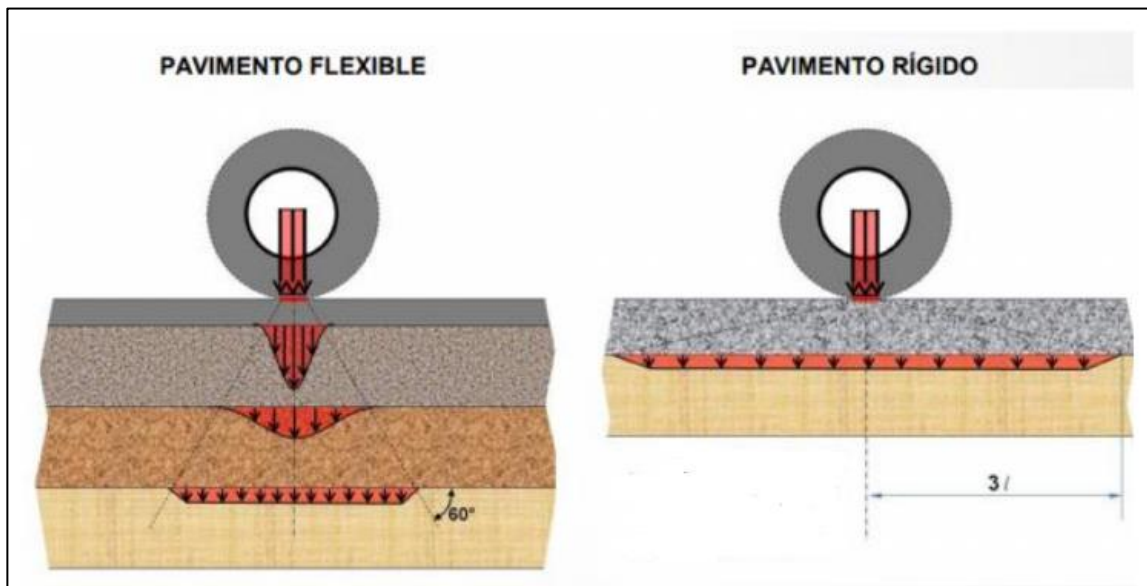
El concreto hidráulico es el formado por una losa de concreto Portland, sobre la base o directamente sobre la subrasante. Los esfuerzos se transmiten directamente al suelo. La losa de concreto se compone de:

- Cemento
- Agua
- Agregado fino
- Agregado grueso
- Adiciones
- Aditivos químicos

Estos dos últimos no serán necesarios en este caso.

En el caso de los pavimentos rígidos la carga se distribuye en áreas más grandes trasladando presiones más pequeñas. A continuación, se presenta una gráfica de cómo se distribuyen las cargas aplicadas al pavimento rígido:

Figura 15. **Distribución de cargas sobre pavimento**



Fuente: SIECA. *Manual centroamericano de diseño de carreteras*. p. 145.

2.7.2. Tipos de concreto hidráulico

Existe una variedad de tipos de concretos: convencional, liviano, compactado con rodillo, permeable. Para la carpeta de rodadura se utiliza un concreto hidráulico convencional con una resistencia de 4 000 psi y para la base un concreto pobre de 1 160 psi, esto determinado por las resistencias requeridas con base en el procedimiento simplificado de diseño PCA (Portland Cement Association).

2.7.2.1. Concreto convencional

Es el concreto hidráulico premezclado de uso general para cualquier tipo de construcción que no requiera de condiciones especiales para su uso. Es una mezcla de cemento, arena, gravilla, agua, adquiriendo características que lo hacen de uso común en la construcción. En estado fresco es manejable y tiene excelente cohesión cuando ya está endurecido.

2.7.2.2. Concreto ligero estructural

Está conformado por agregados ligeros que se catalogan de acuerdo a su fabricación, debido a que en los diversos procesos se producen agregados con propiedades físicas diferentes, las cuales influyen en las propiedades del concreto ligero, como son: masa unitaria, absorción, forma, textura y densidad aparente. Con este concreto se tiene la ventaja de utilizar menos refuerzo, puesto que la masa propia de la estructura es menor, aunque puede suceder que el costo del agregado ligero sea muy alto y encarezca el hormigón.

2.7.3. Concreto compactado con rodillo

El concreto compactado con rodillo es una composición de cemento, agua y agregados. Se maneja una mínima relación agua/cemento. El equipo de compactación (compactadores vibratorios de cilindro o llantas) esencialmente consiste en un cilindro sobre el cual se coloca una plataforma metálica donde se coloca un motor, la vibración tiene lugar en el interior del cilindro donde existe una masa excéntrica equipada con movimiento rotatorio.

Tiene utilidad en presas, aunque en los últimos años se ha empleado mucho en pavimentos. Fue desarrollado con el fin de obtener una densidad alta

y una buena adherencia entre las sucesivas capas, resultando una alta impermeabilidad de la estructura.

2.7.4. Concreto permeable

El concreto permeable es un tipo de concreto con un alto grado de porosidad, esto permite el paso del agua a través de él, ayuda a la reducción de escorrentía superficial y recarga los niveles de agua subterránea. El alto grado de vacíos es lo que permite su porosidad, el concreto permeable tiene nula o poca cantidad de agregados finos, es utilizado para estacionamientos, pasos peatonales o caminos con poco tránsito.

2.8. Elementos y materiales que componen el pavimento rígido

A continuación, se describen los elementos que componen el pavimento rígido.

2.8.1. Subrasante

En el proyecto se refiere a la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierra (corte o relleno) sobre la cual se coloca la estructura del pavimento. Es el nivel sobre el cual se diseña la estructura del pavimento base que forma parte de la estructura del pavimento, aporta resistencia mecánica directa a la carpeta de rodadura, además provee una capa que impide que el agua llegue a afectar la estructura a través de la compactación.

2.8.2. Subbase

Es la primera capa de la estructura del pavimento, la cual va sobre la subrasante. Esta provee una capa impermeable al pavimento, para este proyecto se diseñó una capa de concreto pobre que cumple la función de subbase y base rigiéndonos por dos criterios: a) fatiga, mantendrá los esfuerzos del pavimento debido a la acción de cargas repetidas, y b) resistencia a la erosión causada por las constantes deflexiones, evitando así la erosión de la fundación

2.8.3. Base

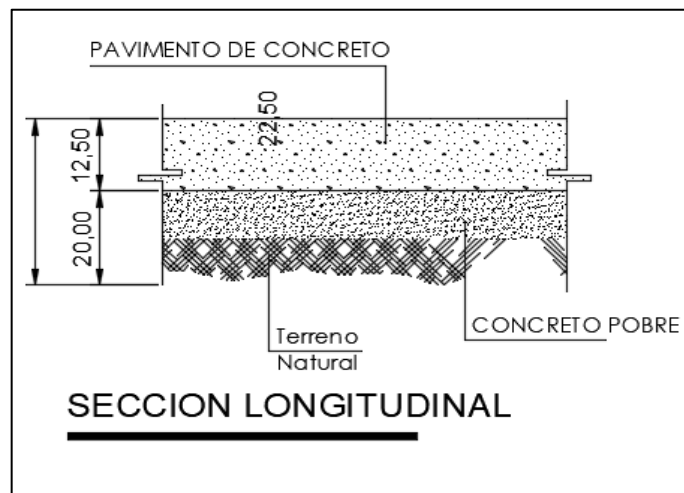
Muchas veces el material de la base y espesor de la misma es suficiente para cumplir con el trabajo de la subbase y de la misma base, por lo que se diseñan pavimentos sin la capa de subbase, ayudando a reducir costos del pavimento como se realizó.

La base en nuestro pavimento por su resistencia y espesor cumple con el trabajo de la subbase y de ella misma, por lo que el diseño no tiene capa de subbase ayudando a reducir costos. La base es de suma importancia ya que aporta impermeabilidad como producto de un control de humedad y compactación calculadas. También es la capa que aporta resistencia mecánica a la rodadura de los vehículos, generalmente está compuesta por algún tipo de suelo con buena resistencia a la compresión, también puede estar mezclada con agregados pétreos, incluso con aglomerantes que permitan aumentar la resistencia sin aumentar el espesor de la base, con el fin de disminuir costos y hacer más eficiente el trabajo de dicho elemento del pavimento. En este pavimento se optó por un concreto pobre.

2.8.4. Superficie de rodadura

Esta capa permitirá a los vehículos transitar con comodidad sin que se deforme la superficie haciendo el tránsito óptimo. Para el proyecto se diseñó una carpeta de rodadura de 12,5 cm para un periodo de diseño de 20 años. La superficie de rodadura es el elemento del pavimento sobre el cual transitan vehículos, esta debe ser impermeable y proporcionar la resistencia a la rodadura en el tiempo de vida para el cual fue diseñado. Puede ser de concreto, asfalto, entre otros.

Figura 16. **Sección longitudinal**



Fuente: elaboración propia utilizando AutoCAD 2019.

2.9. Diseño del pavimento de concreto hidráulico

El diseño del concreto hidráulico se realizó de la siguiente manera:

2.9.1. Método de diseño PCA

El propósito de este método de diseño es el mismo del de otras estructuras de ingeniería, es decir, hallar los espesores mínimos de pavimento que se traduzcan en los menores costos anuales. Si se toma un espesor mayor que el necesario, el pavimento presentará buen comportamiento con bajos costos de mantenimiento, pero el costo inicial será muy elevado.

Ahora, si, por el contrario, el espesor elegido es muy bajo, se requerirá un mantenimiento importante e interrupciones de tránsito prematuras y costosas, que excederán la compensación por el menor costo inicial. Por tanto, un criterio sano de ingeniería implica la elección de espesores de diseño que equilibren adecuadamente los costos iniciales y los de mantenimiento.

El método de diseño de la PCA es aplicable a los diversos tipos de pavimentos rígidos: de concreto simple, de concreto simple con varillas de transferencia de carga (pasadores), de concreto reforzado y con refuerzo continuo.

2.9.2. Criterios de análisis

El método proporciona tablas para el diseño. Es de vital importancia prestar atención en la utilización de parámetros y la clasificación de los valores con los que se tengan que tratar los criterios de análisis a utilizar. Para el diseño del pavimento son los siguientes:

El concreto hidráulico tiene que alcanzar una resistencia mínima a la compresión de 4 000 PSI (280 kg/cm^2), según lo indicado por la Dirección General de caminos, 2001, sección 501.03 inciso a.

Para los espesores se recurre al método simplificado PCA, considerando los módulos de ruptura que se encuentran en la tabla en el rango de 42 y 46 kg/cm^2 , método PCA (*Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*).

En el diseño de mezcla los agregados son determinados por el método del ACI, cumpliendo con las normas ASTM C33 para agregado fino y grueso, respectivamente.

2.9.3. Tránsito de aforo vehicular

Los principales elementos de tránsito que influyen en el diseño de un pavimento rígido son el número y el valor de las cargas por eje más pesadas, que se estiman durante el periodo de diseño. Los datos se adquieren a partir de estimativos de:

- TPD (tránsito promedio diario en ambas direcciones).
- TPDVC (tránsito promedio diario en vehículos comerciales en ambas direcciones).

Tabla X. Tabla de aforo vehicular

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EP 5) - FACULTAD DE INGENIERIA													
CONTEO MANUAL Y CLASIFICACION DE VEHICULOS													
PUNTO DE CONTEO: DI SEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO		COORDENADAS		LATITUD		LONGITUD							
CODIGO RUTA: Ruta Departamental Chiquimula		Ruta departamental [RD] CH-Q1		IM:		89° 32' 55.4440		14° 47' 41.7840					
FECHA DEL CONTEO: 1-Jun-15		SENTIDO: 008e		TRAAMO CARRETERO:									
CLASIFICACION DE VEHICULOS	RESUMEN Y HORARIO DEL CONTEO DE TRANSITO CLA SIFICADO												
	6:00 - 7:00	7:00 - 8:00	8:00 - 9:00	9:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 16:00	16:00 - 17:00	17:00 - 18:00	TOTAL
1	20	22	14	5	12	15	19	22	20	19	20	25	213
2	26	15	13	9	10	10	11	15	14	9	12	15	159
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	10	9	12	5	6	10	16	12	12	9	14	16	127
6	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	9
7	5	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	9
8	40	29	20	5	8	15	18	20	22	18	10	28	229
TOTAL DE VEHICULOS	105	76	60	25	36	54	54	74	69	54	56	85	748
V. LIVANOS	601												
V. PEGAJOS	147												
V. TOTAL	748												
PORCENTUALES	% LIVANOS	80.35%	% PEGAJOS	19.65%									
OBSERVACIONES:													
Por este medio certifico que la informacion contenida en el presente formulario fue tomada en forma fidedigna y con la tecnica establecida para el aforo vehicular.													
Nombre Ingeniero: _____													
Delegado Residente: TULLIO HERRERA Numero de Colegiado: _____													
Firma y Sello Del Ing. Residente _____													
Guatemala, 16/06/2015													

Fuente: elaboración propia.

- Proyección:

Datos:

Crecimiento vehicular: 2,03, dato proporcionado por la Dirección Municipal de Planificación de la Municipalidad de Chiquimula.

$$vol_{futuro} = vol_{actual}(1 + 0,0203) \wedge 20 = \text{proyección vehicular}$$

$$vol_{futuro} = 748 \times (1 + 0,0203) \wedge 20 = 1\ 119 \text{ vehiculos}$$

Por lo que se clasifica una carretera tipo C.

Tabla XI. **Valores recomendados para las características de la carretera en estado final**

T.P.D.	CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO (K.P.H.)	ANCHO DE CALZADA (m)	ANCHO DE TERRACERÍA		DERECHO DE VIA (m)	RADIO MÍNIMO (m)	PENDIENTE MÁXIMA (m)	DISTANCIA VISIB PARADA *		DISTANCIA VISIB PASO	
				CORTE (m)	RELLENO (m)				MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)	MÍNIMA (m)	RECOMEN (m)
3000 A 5000	TIPO "A"		2 * 7.20	25.00	24.00	50.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	100					375	3	160	200	700	750
	ONDULADAS	80					225	4	110	150	520	550
	MONTAÑOSAS	60					110	5	70	100	350	400
1500 A 3000	TIPO "B"		7.20	13.00	12.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
900 A 1500	TIPO "C"		6.50	12.00	11.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
500 A 900	TIPO "D"		6.00	11.00	10.00	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	80					225	6	110	150	520	550
	ONDULADAS	60					110	7	70	100	350	400
	MONTAÑOSAS	40					47	8	40	50	180	200
100 A 500	TIPO "E"		5.50	9.50	8.50	25.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	50					75	8	55	70	260	300
	ONDULADAS	40					47	9	40	50	180	200
	MONTAÑOSAS	30					30	10	30	35	110	150
10 A 100	TIPO "F"		5.50	9.50	8.50	15.00						
	REGIONES:											
	LLANAS	40					47	10	40	50	180	200
	ONDULADAS	30					30	12	30	35	110	150
	MONTAÑOSAS	20					18	14	20	25	50	100

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.* p. 248.

2.9.4. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño empleados en este pavimento están regidos por PCA (el método de diseño de la Portland Cement Association), es justamente un método de diseño aplicado a pavimentos de concreto hidráulico. Las características indicadas en este apartado se basan principalmente en lo indicado en el manual de diseño de la PCA (*Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements*). A continuación, se detallan los parámetros a tomar para el diseño:

- Resistencia del hormigón a la flexión (módulo de rotura MR) igual al 10 a 15 por ciento de la resistencia a la compresión.
- Resistencia de la subrasante, subrasante y subbase combinadas (k).
- Los pesos, frecuencias y tipos de cargas axiales de camión que el pavimento soportará.
- El periodo de diseño, que en este y otros procedimientos usualmente es considerado como de 20 años, pudiendo ser más o menos.

2.9.4.1. Resistencia del concreto (Mr)

Dato utilizado en el diseño, bajo el criterio de la fatiga que sufren los materiales por el paso de las cargas asignadas por el tránsito pesado, estas originan grietas en el pavimento.

La resistencia a la tracción del concreto sometido a flexión (módulo de ruptura) es una propiedad más variable que la resistencia a la compresión y es aproximadamente igual al 10 a 15 % de la resistencia a la compresión (ACI 318SUS-14, R22,2.2,2, p. 370)

En la selección de las tablas y espesores a usar, la PCA recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones sobre los parámetros de diseño: módulos de ruptura: en general se deberán utilizar agregados de buena calidad, a fin de lograr, entre otras cosas, mezclas uniformes con resistencias a la flexión en el rango de 42 y 46 kg/cm².

$$M_R = 15\%(F_c)$$

$$M_R = 0,15 \text{ (281kg/cm}^2\text{)}$$

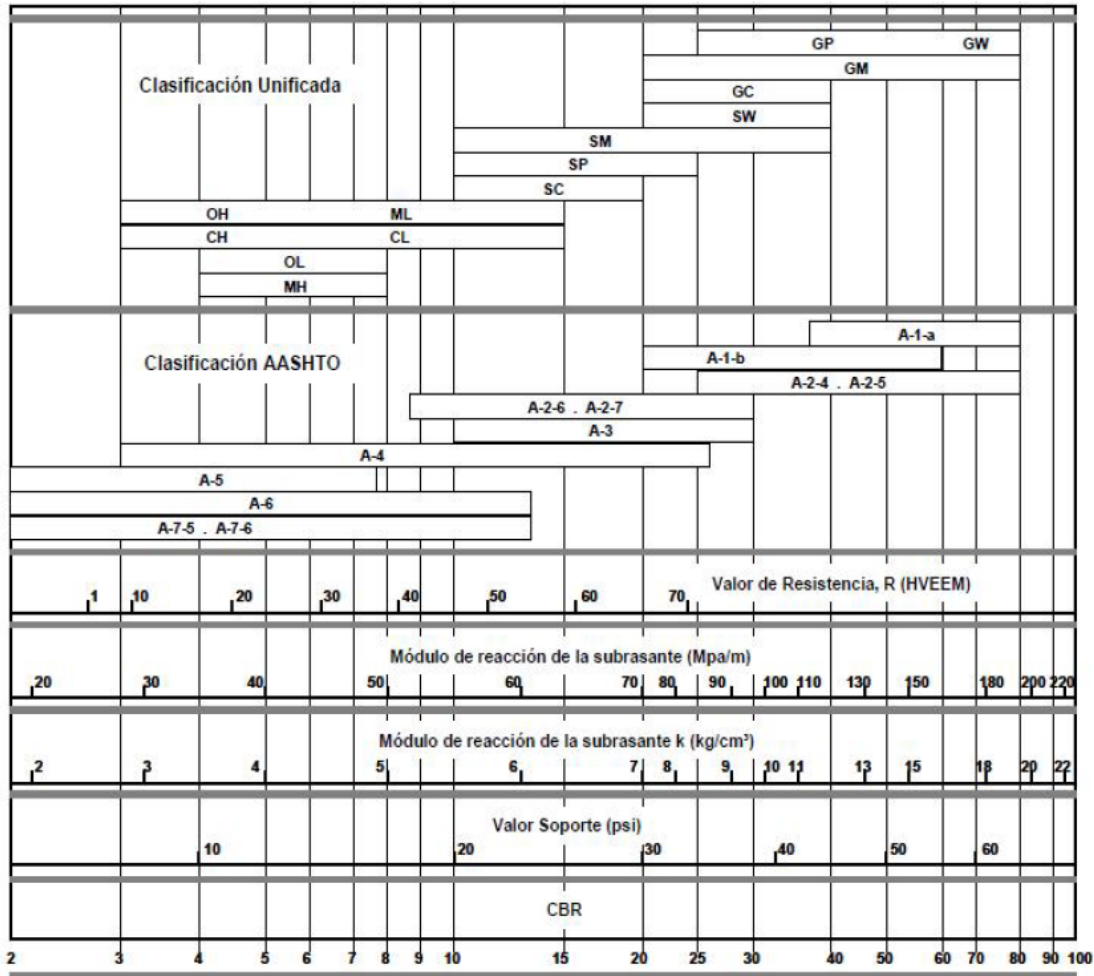
$$M_R = 42 \text{ kg/cm}^2$$

2.9.4.2. Módulo de la reacción de la subrasante

Es una característica de resistencia que se considera constante, lo que implica elasticidad del suelo. Su valor numérico depende de la textura, compacidad, humedad y otros factores que afectan la resistencia del suelo.

Es un valor de la resistencia de un suelo que permanece constante, involucra la elasticidad de un suelo. Este valor depende de la compacidad, humedad, textura y demás factores que se relacionan con la resistencia del suelo. Para obtener este valor se usa como apoyo la siguiente tabla.

Tabla XII. Correlación entre clasificación de los suelos y ensayos



Fuente: CORONADO, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. p. 71.

El módulo de reacción de la subrasante, utilizado en el módulo de reacción de CBR, es de 1.

2.9.5. Resistencia de la capa de apoyo de la losa de concreto (k)

La resistencia de la subrasante se mide en términos del módulo de reacción (K), determinado por pruebas de plata directa. Teniendo en cuenta que estas pruebas son complejas y costosas, el valor K se estima generalmente por correlación con pruebas más sencillas como el CBR o el ensayo del estabilómetro de Hveem, Este procedimiento es válido puesto que no es necesario el conocimiento del valor exacto del módulo K, ya que variaciones no muy grandes de este prácticamente no afectan los espesores necesarios de pavimento.

2.9.5.1. Periodo de diseño (T)

Puesto que es difícil predecir el tránsito con suficiente aproximación para un término demasiado largo, comúnmente se toma 20 años como periodo para el diseño de un pavimento rígido de calle o carretera, sin olvidar que en determinados casos puede resultar económicamente justificado el empleo de periodos menores o mayores.

El número de vehículos comerciales por día equivale a un aproximado de 4 pero tendrá un incremento estimado por el llamado tránsito desviado debido al mejoramiento del camino existente, la combinación de los efectos según el manual del PCA origina tasas anuales de crecimiento de 2 % y 6 %. Estas tasas corresponden a factores de proyección de tránsito de 20 años, que es el periodo por utilizar para este proyecto. Estos factores corresponden a 1,2 a 1,8 como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XIII. **Tasas anuales de crecimiento de tránsito y factores de proyección correspondiente**

Tasa anual de crecimiento de tráfico	Factor de Proyección, 20 años	Factor de Proyección, 40 años
1	1.1	1.2
1 ½	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2 ½	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3 ½	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4 ½	1.6	2.4
5	1.6	2.7
5 ½	1.7	2.9
6	1.8	3.2

Fuente: Portland Concrete Asociation. *Diseño de pavimentos de hormigón método PCA*. p. 10.

2.9.5.2. Diseño de espesor

El diseño de espesores debe tomar en cuenta el tránsito acumulado que tendrá que soportar el pavimento durante el periodo de diseño. Dicho tránsito puede evaluarse en términos del número de vehículos comerciales por día (vcjd) o del número de ejes equivalentes de 8,2 toneladas (N). (Este último expresado en millones). El estudio de suelos nos muestra que hay un suelo arcilloso con un módulo de reacción aproximado de $2kg/cm^3$ según muestra la tabla siguiente:

Figura 17. Tipo de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados

Tipos de suelo de apoyo y sus módulos de reacción aproximados		
Tipo de suelo	Condición de apoyo	Rango en los Módulos de reacción ₃ en kg/cm ³
Limos y arcillas plásticas	Bajo	2.0 - 3.35
Arenas y mezclas de arena y gravas con cantidades moderadas de limo y arcilla	Medio	3.6 - 4.7
Arenas y mezclas de arena y gravas prácticamente libre de finos	Alto	5.0 - 6.0
Sub-bases estabilizadas con cemento	Muy alto	6.9 - 11.0

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 148.

El espesor del pavimento viene determinado por el momento a la fricción del concreto, el TPPD y el módulo de ruptura. La tabla propone un espesor de 12,5 cm como se muestra a continuación.

Tabla XIV. **Tabla de espesor de losa**

TPPD permisible*, categoría de carga por eje N° 1 pavimentos con junta de trabazón de agregado (no se necesitan pasajuntas)								
Sin acotamiento ni guarnición					Acotamiento o guarnición			
Espesor de losa cm	Apoyo del terreno natural o de sub-base			Espesor de losa, cm	Apoyo del terreno natural o de sub-base			
	Bajo	Medio	Alto		Bajo	Medio	Alto	
MR = 46 kg/cm ²				10.0		0.2	0.9	
	11.5			11.5	2	8	25	
	12.5	0.1	0.8	3	12.5	30	130	330
	14.0	3	15	45	14.5	320		
	15.0	40	160	430				
16.5	330							
MR=42 kg/cm ²	12.5		0.1	0.4	10.0			0.1
	14.0	0.5	3	9	11.5	0.2	1	5
	15.0	8	36	98	12.5	6	27	75
	16.5	76	300	760	14.5	73	290	730
	17.8	520			15.0	610		
MR=39 kg/cm ²	14.0	0.1	0.3	1	11.5		0.2	0.6
	15.0	1	6	18	12.5	0.8	4	13
	16.5	13	60	160	14.0	13	57	150
	17.8	110	400		15.0	130	480	
	19.0	620						

Fuente: SALAZAR RODRÍGUEZ, Aurelio. *Guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos*. p. 150.

2.9.5.3. Diseño de juntas

Se utiliza para el diseño el tipo de junta llamado trabe por agregados sin varillas de transferencia, debido a que la capa de rodadura de pavimento del proyecto se presenta como concreto simple, no necesita varillas de refuerzo porque la transferencia de cargas se lleva a través del refuerzo de corte proporcionado por los agregados. Por tal razón se utilizan juntas de contracción. Su función principal es controlar la figuración y agrietamiento natural que sufre el concreto durante el proceso constructivo y de uso. Además, tiene las siguientes funciones:

- Controla el agrietamiento transversal y longitudinal.
- Fracciona el pavimento en secciones apropiadas para el proceso Constructivo.
- Permite el movimiento y flexión de las losas por efecto de las cargas de tránsito.
- Permite transferencia de cargas entre losas.

La junta que se manejó para el diseño del pavimento es del tipo trabe por agregados sin varillas de transferencia, como se indica adelante en la sección.

2.9.5.4. Espaciamiento de juntas

En pavimentos de concreto simple el espaciamiento entre juntas no debe exceder los 4,50 metros, para que las losas tengan un buen comportamiento. En pavimentos con dovelas, las losas no deben ser mayores de 6,00 metros y en pavimentos reforzados las losas no deben ser mayores de 12,00 metros, lo cual permite un buen comportamiento, ya que espaciamientos mayores a los mencionados producen problemas tanto en las juntas como en las fisuras transversales intermedias.

El procedimiento de diseño desarrollado por PCA establece varias condiciones, se detallan a continuación:

- La transferencia de cargas, dependiendo del tipo de pavimento que se crea.
- El uso de hombros de concreto o asfalto adherido al pavimento permite reducir los esfuerzos de flexión y deflexiones, producidos por las cargas de los vehículos en los bordes de las losas.

- Para reducir los esfuerzos que se producen al paso de las ruedas sobre las juntas es necesario el uso de subbases estabilizadas, ya que estas proporcionan superficies de soporte de mejor calidad y resistencia a la erosión a causa de las deflexiones de las losas de pavimento.

La principal función de las juntas transversales es evitar la formación aleatoria de agrietamientos. Aparte del espesor, el espaciamiento está influenciado por cambios en agregados, diseño de las mezclas y método de curado. Normalmente, el espaciamiento varía entre 4 y 6 m, dependiendo de los espesores. En carreteras no son aconsejables separaciones mayores a 6 m.

Cuando el pavimento cuenta con malla de refuerzo junto con pasajuntas, no se aconsejan espaciamientos mayores a 10 m. Cuando las separaciones son mayores, se pueden esperar movimientos excesivos que reducen la efectividad del material sellante de las juntas, según se verá más adelante.

Como regla preliminar, el espaciamiento en pies, en pavimentos sin refuerzo, no debe exceder a dos veces el espesor en pulgadas.

S = separación de juntas

D = espesor del pavimento

$$S = 2(D)$$

$$12,5 \text{ cm} = 5 \text{ pulgadas}$$

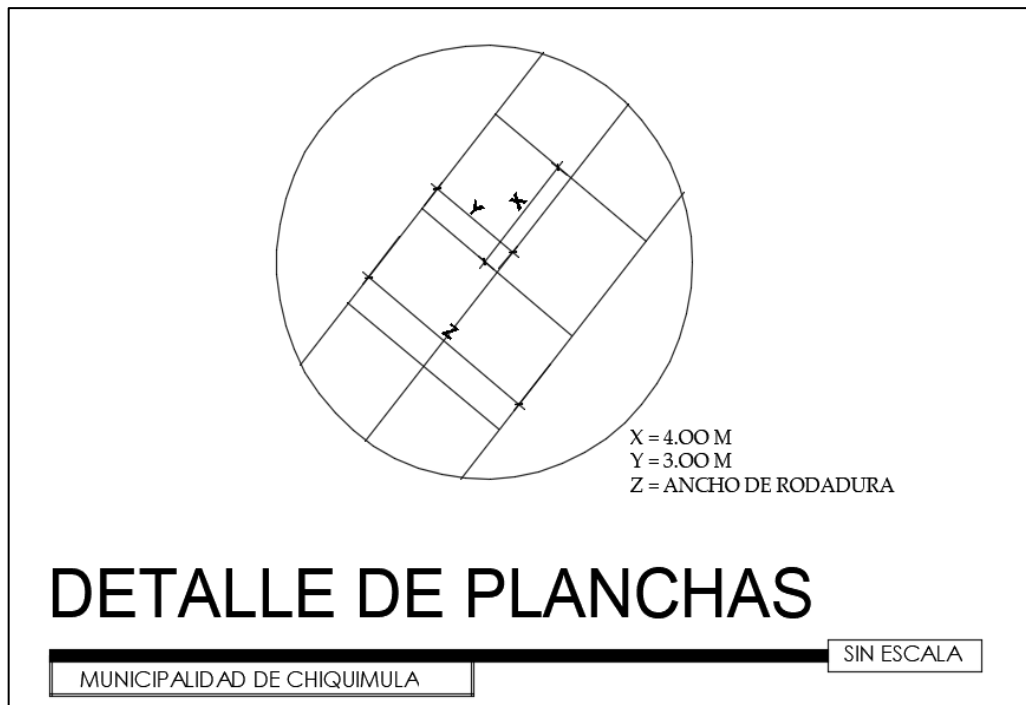
$$5 * 2 = 10 \text{ pies}$$

El espaciamiento sería de 3,048 metros según el método PCA, el espaciamiento varió entre 4 y 6 metros y se utilizaron 4 metros.

Juntas longitudinales: las juntas longitudinales de pavimentos rígidos de calles y carreteras suelen cumplir la doble función de dividir el pavimento en carriles y de controlar las fisuras longitudinales. Pueden ser aserradas o formadas a tope con o sin varillas de sujeción, o machihembradas.

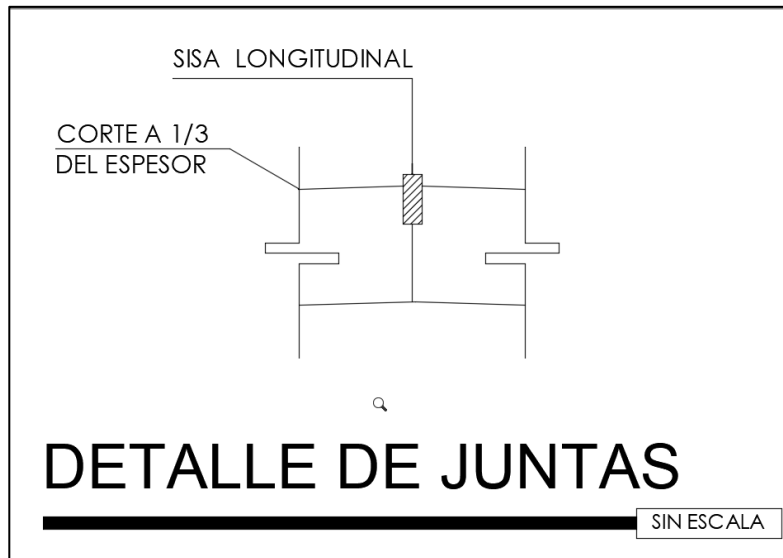
Normalmente se planean para que coincidan con las marcas de carril, a intervalos de 2,5 a 3,7 m. No se recomienda sobrepasar este último límite. La profundidad de los cortes para la ejecución será de un tercio.

Figura 18. **Detalle de planchas**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

Figura 19. **Detalle de juntas**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

2.9.6. **Diseño de mezcla**

Para el diseño de mezcla del pavimento se utiliza una combinación de materiales inertes de distintos tamaños (agregado fino, agregado grueso), adheridos entre sí por una pasta compuesta de cemento y agua, dando como resultado una mezcla moldeable que se instala en moldes apropiados llamados formaletas o encofrados, donde después de colocado comienza su proceso de fraguado. Para el diseño de mezcla del concreto se utilizó el método del Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute, ACI). El procedimiento del cálculo se detalla a continuación:

La resistencia a la compresión (f'_c) del concreto hidráulico para el pavimento rígido, de la avenida central de El Molino de 4 000PSI (280 kg/cm²).

Tabla XV. **Tabla de resistencia de compresión**

Resistencia especificada a la compresión, MPa	Resistencia promedio requerida a la compresión, MPa
$f'_c < 21$	$f'_{cr} = f'_c + 7.0$
$21 \leq f'_c \leq 35$	$f'_{cr} = f'_c + 8.3$
$f'_c > 35$	$f'_{cr} = 1.10f'_c + 5.0$

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 333.

La resistencia promedio a la compresión (f'_c) que se utilizó en el diseño del concreto hidráulico es:

$$f'_{cr} = f'_c + 84,6364$$

$$f'_{cr} = 280\text{kg/cm}^2 + 84,6364$$

$$f'_{cr} = 280\text{kg/cm}^2 + 84,6364$$

$$f'_{cr} = 364,6364\text{kg/cm}^2$$

El revenimiento o asentamiento lo conocemos con la prueba del *slump*, el recomendado es de 7,5 cm como máximo para pavimentos.

Tabla XVI. **Revenimiento recomendado para varios tipos de construcción**

Revenimiento recomendado para varios tipos de construcción		
Construcción de concreto	Revenimiento (mm)	
	Máximo *	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzado	75	25
Zapatas, cajones y muros de subestructura sin refuerzo	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Concreto masivo	75	25

** Se puede aumentar 25mm para los métodos de consolidación manuales, tales como varillado o picado.*

Fuente: American Concrete Institute. *Noma 211.1*. p. 8

Un concreto de calidad satisfactoria y uniforme demanda que los materiales se combinen íntegramente hasta que tengan una apariencia uniforme. La mezcla de concreto debe tener una trabajabilidad apropiada para su fácil colocación. Una vez endurecido el concreto tendrá que cumplir con el requisito de resistencia para soportar las distintas solicitaciones a las que podrá estar expuesto y además deberá poseer una adecuada durabilidad frente a las condiciones de exposición a las que será sometido, según ASTM. Para la elección del agregado grueso se establece que no debe ser superior a:

- 1/5 de la menor separación entre los lados del encofrado.
- 1/3 de la altura de la losa.
- 3/4 del espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambre individuales de refuerzo, paquetes de tendones o ductos.

Tabla XVII. Relación agua-cemento del concreto

Revenimiento		Agua, kg/m ³ de concreto para los tamaños máximos nominales de agregado indicados							
(cm)	(pulg)	9.5 mm (3/8")*	12.5 mm (1/2")*	19 mm (3/4")*	25 mm (1")*	37.5 mm (1 1/2")*	50 mm (2")*	75 mm (3")**	150 mm (6") **
<i>Concreto sin aire incluido</i>									
2.5 a 5.0	1 a 2	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 a 10	3 a 4	228	216	205	193	181	169	145	124
15 a 17.5	6 a 7	243	228	216	202	190	178	160	---
Cantidad aproximada de aire atrapado en el concreto sin aire incluido, %		3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
<i>Concreto con aire incluido</i>									
2.5 a 5.0	1 a 2	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 a 10	3 a 4	202	193	184	175	165	157	133	119
15 a 17.5	6 a 7	216	205	197	184	174	166	154	---
Contenido promedio ^s total de aire, para el nivel de exposición, %									
Exposición	Baja	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5**xx	1,0**xx
	Media	6,0	5,5	5,0	4,5	4,5	4,0	3,5**xx	3,0**xx
	Extrema+++	7,5	7,0	6,0	6,0	5,5	5,0	4,5**xx	4,0**xx

Fuente: American Concrete Institute. *Noma 211.1*. p. 8.

La relación agua-cemento para resistencia de 363 kg/cm² se estima que es de 0,46 interpolando datos de la tabla a continuación:

$$364,6364 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{(420 - 350)}{(0,33 - 0,40)} = \frac{(365 - 350)}{(A/C - 0,40)}$$

Relación agua cemento =0,42

Tabla XVIII. Relación agua-cemento por peso

Esfuerzo a compresión a 28 días, kgf/cm ^{2*}	Relación agua/cemento, por peso	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0.41	---
350	0.48	0.40
280	0.57	0.48
210	0.68	0.59
140	0.82	0.74

Fuente: American Concrete Institute. *Noma 211.1*. p. 9.

El contenido de cemento es:

Cantidad de cemento = cantidad de agua / relación agua-cemento

Cantidad de cemento = $(193 \text{ kg/m}^3) / 0,46$

Cantidad de cemento = 459,52 kg/m³

Cantidad de agregados = P.U.C = cemento + arena + pedrín + agua

Agregados (fino + grueso) = $(2\ 400 - 459,52 - 193) \text{ kg/m}^3$

Agregados = 1747,48 kg/m³

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2 200 hasta 2 400 kg/m³. Para este caso utilizaremos 2 400 kg/m³ según la tabla siguiente:

Tabla XIX. **Tabla de tamaño máximo nominal del agregado**

Tamaño Máximo Nominal del Agregado (mm y pulg)		Primera estimación del peso del concreto fresco Kg/m3	
		Concreto sin aire	Concreto con aire incluido
9.5	(3/8")	2280	2200
12.5	(1/2")	2310	2230
19	(3/4")	2345	2275
25	(1")	2380	2290
37.5	(1 1/2")	2410	2350
50	(2")	2445	2345
75	(3")	2490	2405
150	(6")	2530	2435

Fuente: American Concrete Institute. *Noma 211.1*. p. 10.

La norma ASTM C-33 nos manda que el módulo de finura no sea inferior a 1,5 ni superior a 3,2, el agregado fino se deberá rechazar a menos que se hagan los ajustes adecuados en las proporciones el agregado fino y grueso. En el caso de nuestra mezcla utilizaremos 2,6.

Tabla XX. **Tabla de módulo de finura**

ARENA	MÓDULO DE FINURA
Gruesa	2.9 – 3.2
Mediana	2.2 -2.9
Fina	1.5 -2.2
Muy fina	1.5

Fuente: ASTM. *C-33 Especificación estándar para agregados para concreto*. p. 8.

Se multiplica el peso total del agregado por el porcentaje correspondiente para conocer la cantidad de agregado. Agregado grueso = $(1\ 747,48 \times 0,69) = 1\ 205,76\ kg/m^3$.

Tabla XXI. **Volumen de agregado grueso (m³) por volumen unitario de concreto**

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura de la arena			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.60
25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: American Concrete Institute. *Noma 211.1*. p. 12.

Se multiplica el peso total del agregado por el porcentaje correspondiente para conocer la cantidad de agregado grueso (pedrín). Agregado fino = $(1747,48 \times 0,31) = 541,72 \text{ kg/m}^3$.

Tabla XXII. **Resumen de materiales del diseño de mezcla**

RESUMEN DE MATERIALES			
AGUA	193 kg/m^3	ARENA	541,72 kg/m^3
CEMENTO	459,52 kg/m^3	PIEDRÍN	1 205,76 kg/m^3

Fuente: elaboración propia.

Se divide la cantidad de cada material por la cantidad de cemento

$$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Piedrin}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$\frac{459,52kg/m^3}{459,52kg/m^3} : \frac{541,72,kg/m^3}{459,52kg/m^3} : \frac{1,205,76,kg/m^3}{459,52kg/m^3} : \frac{193,kg/m^3}{459,52kg/m^3}$$

$$1 : 1,18 : 2,62 : 0,42$$

La proporción para alcanzar la resistencia requerida será la siguiente:

$$1 : 2 : 3 : 0,42$$

Las unidades mostradas anteriormente son en unidad de peso del cemento, pero en campo se obstaculiza utilizarlas así, por lo cual se dan en unidades volumétricas para un menor manejo. Utilizaremos el peso específico de cada material como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXIII. **Peso específico de materiales utilizados para el diseño de mezcla**

Peso específico de materiales utilizados para el diseño de mezcla	
$\gamma_{\text{cemento}}=1\ 505,73\text{ kg/m}^3$	$\gamma_{\text{arena}}=1\ 600\text{kg/m}^3$
$\gamma_{\text{piedrin}}=1\ 450\text{kg/m}^3$	$\gamma_{\text{agua}}=1\ 000\text{ kg/m}^3$

Fuente: American Concrete Institute. *Noma 211.1*. p. 15.

Haciendo una división de la cantidad del peso entre el peso volumétrico de cada material se obtendrán los metros cúbicos necesarios. Para un metro cúbico de concreto se necesitan las cantidades siguientes:

$$\text{cemento} = \frac{459,52kg}{1\ 505,73kg/m^3} = 0\ 31m^3$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{541,72 \text{ kg}}{1\,600 \text{ kg/m}^3} = 0,34\text{m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1\,205,76 \text{ kg}}{1\,450 \text{ kg/m}^3} = 0,83\text{m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{193 \text{ kg}}{1\,000 \text{ kg/m}^3} = 0,19\text{m}^3$$

Con los datos obtenidos se procede a calcular la cantidad de concreto a utilizar en el proyecto:

Datos

Espesor de pavimento =0,125m

Área=6666m²

Volumen =833,25m³

$$\text{cemento} = \frac{833,25\text{m}^3 * 0,31\text{m}^3 * 1\,505,73\text{kg/m}^3}{42\,50\text{kg/m}^3} = 9\,152 \text{ sacos}$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{833,25\text{m}^3 * 0,34\text{m}^3 * 1\,600\text{kg/m}^3}{1\,600\text{kg/m}^3} = 284\text{m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{833,25\text{m}^3 * 0,83\text{m}^3 * 1\,600\text{kg/m}^3}{1\,600\text{kg/m}^3} = 692\text{m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{833,25\text{m}^3 * 0,19\text{m}^3 * 1\,000\text{kg/m}^3}{1\,000\text{kg/m}^3} = 159\text{m}^3 = 158\,000 \text{ litros}$$

2.9.6.1. Diseño de mezcla de concreto pobre

Se utiliza un concreto pobre en el proyecto debido a que era muy difícil encontrar un suelo que cumpliera las características mecánicas requeridas para este proyecto. Las características del concreto pobre para subbase con un espesor de 10 cm el método PCA indica que este debe tener una resistencia a la compresión de 5 MP a 8 MP y un contenido de cemento de 120 kg/m³ a 200 kg/m³ con aire incluido. Las ventajas de utilizar concreto pobre son:

- Resistencia a fuerzas de compresión elevadas.
- Bajo costo.
- Larga duración (en condiciones normales, el concreto se fortalece con el paso del tiempo).
- Puede moldearse de muchas formas.

A continuación, se muestra el cálculo para el diseño de mezcla para un concreto pobre con una resistencia de 8MP con un contenido de cemento de 120 kg/m³ a 200 kg/m³ con aire incluido.

El contenido de cemento es:

Cantidad de cemento = cantidad de agua/relación agua-cemento

Cantidad de cemento = $(175\text{kg}/\text{m}^3)/0,86$

Cantidad de cemento = 203,49 kg/m³

Cantidad de agregados = P.U.C=cemento+arena+ piedrín + agua

Agregados(fino+grueso)= $(2400-203,49-175)\text{kg}/\text{m}^3$

Agregados=2021,52 kg/m³

Agregado grueso = $(1747,48 \times 0,69)=1394,85 \text{kg}/\text{m}^3$

Agregado fino = $(1747,48 \times 0,31)=542,67 \text{kg}/\text{m}^3$

Se divide la cantidad de cada material por la cantidad de cemento:

$$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}} : \frac{\text{Arena}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Piedrin}}{\text{Cemento}} : \frac{\text{Agua}}{\text{Cemento}}$$

$$\frac{203,48\text{kg}/\text{m}^3}{203,48\text{kg}/\text{m}^3} : \frac{626,67,\text{kg}/\text{m}^3}{203,48\text{kg}/\text{m}^3} : \frac{1\,394,85,\text{kg}/\text{m}^3}{203,48\text{kg}/\text{m}^3} : \frac{175,\text{kg}/\text{m}^3}{203,48\text{kg}/\text{m}^3}$$

La proporción para alcanzar la resistencia requerida será la siguiente:

$$1 : 3 : 7 : 0,86$$

Para un metro cúbico de concreto se necesitan las cantidades siguientes:

$$\text{cemento} = \frac{203,48\text{kg}}{1\,505,73\text{kg}/\text{m}^3} = 0,14\text{m}^3$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{626,67\text{kg}}{1\,600\text{kg}/\text{m}^3} = 0,39\text{m}^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{1\,394,85\text{kg}}{1\,505,73\text{kg}/\text{m}^3} = 0,93\text{m}^3$$

$$\text{agua} = \frac{175\text{kg}}{1\,000\text{kg}/\text{m}^3} = 0,18\text{m}^3$$

Luego se procede a calcular la cantidad de material en obra a utilizar en el proyecto:

Datos

Espesor de pavimento =0,125 m

Area=6666m²

Volumen = $666,6m^3$

$$\text{cemento} = \frac{666,6m^3 * 0,14m^3 * 1\,505,73kg/m^3}{42,50kg/m^3} = 3\,307 \text{ sacos}$$

$$\text{Agregado fino} = \frac{666,6m^3 * 0,39m^3 * 1\,600kg/m^3}{1\,600kg/m^3} = 260m^3$$

$$\text{Agregado grueso} = \frac{666,6m^3 * 0,93m^3 * 1\,600kg/m^3}{1\,600kg/m^3} = 620m^3$$

$$\text{agua} = \frac{666,6m^3 * 0,18m^3 * 1\,000kg/m^3}{1\,000kg/m^3} = 120m^3 = 120\,000 \text{ litros}$$

2.10. Presupuesto

Es una herramienta de planeación que sirve como guía en la organización, se construye a partir de una serie de diagnósticos internos y externos, del planteamiento de unos objetivos para conseguir y del establecimiento de estrategias y políticas. Los presupuestos concebidos desde la planeación permiten, de cierta forma, anticiparse a los hechos que ocurrirán para poder contrarrestar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos de los entornos externo e interno.

La palabra presupuesto se deriva del verbo presuponer, que significa dar previamente por sentada una cosa. Se acepta también que presuponer es formar anticipadamente el cómputo de los gastos o ingresos, o de unos y otros, de un negocio cualquiera. El precio total del proyecto de diseño de pavimento rígido para la avenida central de El Molino, municipio de Chiquimula,

departamento de Chiquimula, es de Q. 3 381 301,08 (tres millones, trescientos ochenta y un mil trescientos uno con 08/100).

2.10.1. Integración de precios unitarios

En el presupuesto de pavimento rígido, se determinan cantidades y precio para dar un costo, integrando los renglones de trabajo en el orden respectivo de su ejecución. Los renglones se componen por: cantidades, unidades y precio unitario. La composición de los renglones engloba precio de los materiales, maquinaria, así como mano de obra. Posteriormente se calculan los costos subtotales directos e indirectos, la suma de estos proporciona el total de cada renglón.

Los precios de cada renglón se cotizaron en establecimientos y comercializadoras de la cabecera municipal de Chiquimula, estos pueden variar en el transcurso del tiempo, por circunstancias múltiples. El valor que se le asignó a la mano de obra es el que regularmente cobran para este tipo de oficios.

Tabla XXIV. Integración de costos unitarios

Renglón No:	1	Unidad	Cantidad
Remoción de adoquín existente		m ²	12 844,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
				Q -
				Q -
				Q -
				Q -
Total de Materiales				Q -

Mezcladora de concreto	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Retroexcavadora	52,00	hora	Q 400,00	Q 20 800,00
				Q -
Total de equipo				Q 20 800,00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal
Encargado	16,00	día	Q 150,00	Q 2 400,00
Albañil (1 personas)	16,00	día	Q 150,00	Q 2 400,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 4 800,00
Total de factor ayudante				Q 2 880,00

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 28 480,00
COSTO INDIRECTO:	Q 10 052,00
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 38 532,00
PRECIO UNITARIO:	Q 3,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	2	Unidad	Cantidad	
Conexiones domiciliares		global	1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento	100,00	sacos	Q 75,00	Q 7 500,00
Arena	15,00	m ³	Q 250,00	Q 3 750,00
Piedrín	15,00	m ³	Q 275,00	Q 4 125,00
Hierro No. 3 legitimo	180,00	varilla	Q 19,00	Q 3 420,00
Alambre de amarre	56,00	libra	Q 7,00	Q 392,00
Tubo de PVC de 4"	80,00	unidad	Q 185,00	Q 14 800,00
Mezcladora de concreto	150,00	unidad	Q 30,50	Q 4 575,00
Codo a 45° PVC de 4"	150,00	Unidad	Q 25,20	Q 3 780,00
Total de Materiales				Q 42 342,00
Albañil (8 personas)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
				Q -
				Q -
Total de Equipo				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	30,00	día	Q 150,00	Q 4 500,00
Albañil (2 personas)	30,00	día	Q 300,00	Q 9 000,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 13 500,00
Total de factor ayudante				Q 8 100,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 63 942,00
COSTO INDIRECTO:				Q 22 379,00
TOTAL DEL RENGLÓN				Q 86 321,00
PRECIO UNITARIO:				Q 86 321,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	3	Unidad	Cantidad
Mejoramiento colector principal existente		ml	1 108,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo corrugada de 24" ASTM F949	93,00	unidad	Q 236,00	Q 21 948,00
Tubo corrugada de 30" ASTM F949	93,00	unidad	Q 480,00	Q 44 640,00
Adhesivo 300 ml	24,00	unidad	Q 94,00	Q 2 256,00
Lubricante 500 gr	35,00	Unidad	Q 90,00	Q 3 150,00
Total de Materiales				Q 71 994,00

Mezcladora de concreto	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Retroexcavadora	140,00	hora	Q 400,00	Q 56 000,00
				Q -
Total de Equipo				Q 56 000,00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	30,00	día	Q 150,00	Q 4 500,00
Albañil (4 personas)	30,00	día	Q 600,00	Q 18 000,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 22 500,00
Total de factor ayudante				Q 13 500,00

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 163 994,00
COSTO INDIRECTO:	Q 57 323,25
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 221 317,25
PRECIO UNITARIO:	Q 199,74

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	4	Unidad	Cantidad	
Mejoramiento pozos de visitas		global	1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento	90,00	saco	Q 75,00	Q 6 750,00
Arena	22,50	m ³	Q 250,00	Q 5 625,00
Piedrín	22,50	m ³	Q 275,00	Q 6 187,50
Hierro No.3 legitimo	150,00	varilla	Q 19,00	Q 2 850,00
Alambre de amarre	47,00	libra	Q 7,00	Q 329,00
Madera	80,00	pt	Q 6,00	Q 480,00
Clavo	4,00	libra	Q 7,00	Q 28,00
Total de Materiales				Q 22 249,50
Alquiler de Equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Mezcladora de concreto	4,00	día	Q 300,00	Q 1 200,00
				Q -
Total de Equipo				Q 1 200,00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	8,00	día	Q 150,00	Q 1 200,00
Albañil (1 personas)	8,00	día	Q 150,00	Q 1 200,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 2 400,00
Total de factor ayudante				Q 1 440,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 27 289,50
COSTO INDIRECTO:				Q 9 550,50
TOTAL DEL RENGLÓN				Q 36 840,00
PRECIO UNITARIO:				Q 36 840,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	5	Unidad	Cantidad
Mejoramiento red de agua potable		global	1,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubería de PVC	186,00	unidad	Q 84,00	Q 15 624,00
Pegamento 1/32 galón	19,00	unidad	Q 27,50	Q 522,50
Total de materiales				Q 16 146,50

Alquiler de equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
				Q -
				Q -
Total de Equipo				Q -

Albañil (8 personas)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	25,00	día	Q 150,00	Q 3 750,00
Albañil (2 personas)	25,00	día	Q 300,00	Q 7 500,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 11 250,00
Total de factor ayudante				Q 6 750,00

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 34 146,50
COSTO INDIRECTO:	Q 11 950,50
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 46 097,00
PRECIO UNITARIO:	Q 46 097,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	6	Unidad	Cantidad	
Replanteo topográfico		m²	12 844,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cal	5,00	bolsa	Q 35,00	Q 175,00
Madera	120,00	pt	Q 6,00	Q 720,00
Clavo	5,00	libra	Q 7,00	Q 35,00
				Q -
Total de materiales				Q 930,00
Mezcladora de concreto	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Alquiler de equipo de topografía	6,00	día	Q1 250,00	Q 7 500,00
				Q -
Total de equipo				Q 7 500,00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	16,00	día	Q 150,00	Q 2 400,00
Albañil (1 personas)	16,00	día	Q 150,00	Q 2 400,00
Topografo (1 persona)	6,00	día	Q 300,00	Q 1 800,00
Subtotal de mano de obra				Q 6 600,00
Total de factor ayudante				Q 3 960,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 18 990,00
COSTO INDIRECTO:				Q 6 698,00
TOTAL DEL RENGLÓN				Q 25 688,00
PRECIO UNITARIO:				Q 2,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	7	Unidad	Cantidad
Corte de cajuela		m³	1 664,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de materiales				Q -

Alquiler de equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Retroexcavadora	203,00	hora	Q 400,00	Q 81 200,00
Camión de volteo	20,00	día	Q 1 400,00	Q 28 000,00
				Q 109 200,00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	20,00	día	Q 150,00	Q 3 000,00
Albañil (6 persona)	20,00	día	Q 900,00	Q 18 000,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 21 000,00
Total de factor ayudante				Q 12 600,00

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 142 800,00
COSTO INDIRECTO:	Q 49 860,00
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 192 660,00
PRECIO UNITARIO:	Q 115,78

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	8	Unidad	Cantidad
Reacondicionamiento de subrasante		m²	6 654,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de Materiales				Q -

Alquiler de equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Monotoniveladora	142,00	hora	Q 650,00	Q 92 300,00
Vibrocompactador	72,00	hora	Q 400,00	Q 28 800,00
Total de equipo				Q 121 100,00

Mezcladora de concreto	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	30,00	dia	Q 150,00	Q 4 500,00
Albañil (2 personas)	30,00	dia	Q 300,00	Q 9 000,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 13 500,00
Total de factor ayudante				Q 8 100,00

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 142 700,00
COSTO INDIRECTO:	Q 49 960,00
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 192 660,00
PRECIO UNITARIO:	Q 28,95

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	9	Unidad	Cantidad
subbase de concreto pobre		m²	6 654,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Material granular	799,00	m ³	Q 150,00	Q 119 850,00
Total de materiales				Q 119 850,00

Alquiler de equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
cemento	3307,00	saco	Q 75,00	Q 248 025,00
Arena	260,00	m ³	Q 250,00	Q 65 000,00
pedrin	620,00	m ³	Q 275,00	Q 170 500,00
Total de Equipo				Q 483 525,00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	68,00	día	Q 150,00	Q 10 200,00
Albañil (8 personas)	68,00	día	Q 1 200,00	Q 81 600,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 91 800,00
Total de factor ayudante				Q 55 080,00

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 750 255,00
COSTO INDIRECTO:	Q 262 773,75
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 1 013 028,75
PRECIO UNITARIO:	Q 152,24

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	10	Unidad	Cantidad	
Pavimento de concreto e= 0.125 m		m²	6 654,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento	8 266,00	saco	Q 75,00	Q 619 950,00
Arena	294,00	m ³	Q 250,00	Q 73 500,00
Piedrín	642,00	m ³	Q 275,00	Q 176 550,00
Antisol	444,00	galon	Q 190,00	Q 84 360,00
Sello elastomerico	1 331,00	libra	Q 20,00	Q 26 620,00
Costanera de 2"x6"	40,00	unidad	Q 140,00	Q 5 600,00
Total de materiales				Q 986 580,00
Alquiler de Equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Mezcladora de concreto	263,00	día	Q 300,00	Q 78 900,00
Cortadora de concreto (incluye disco)	42,00	día	Q 275,00	Q 11 550,00
Total de equipo				Q 90 450,00
Albañil (8 personas)	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado	263,00	día	Q 150,00	Q 39 450,00
Albañil (20 personas)	263,00	día	Q 3 000,00	Q 789 000,00
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q 828 450,00
Total de factor ayudante				Q 497 070,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 2 402 550,00
COSTO INDIRECTO:				Q 840 925,75
TOTAL DEL RENGLÓN				Q 3 243 475,75
PRECIO UNITARIO:				Q 487,45

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	11	Unidad	Cantidad	
Rotulo de identificación del proyecto		Unidad	1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal
Rotulo metálico	1,00	Unidad	Q1 000,00	Q 1 000,00
Manta adhesiva descriptiva	1,00	Unidad	Q 450,00	Q 450,00
Total de materiales				Q 1 450,00
Alquiler de Equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
				Q -
				Q -
Total de equipo				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Albañil (8 personas)	1,00	día	Q 150,00	Q 150,00
Albañil (1 personas)	1,00	día	Q 150,00	Q 150,00
Soldador (1 persona)	1,00	día	Q 200,00	Q 200,00
Subtotal de mano de obra				Q 500,00
Total de factor ayudante				Q 300,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 2 250,00
COSTO INDIRECTO:				Q 788,00
TOTAL DEL RENGLÓN				Q 3 038,00
PRECIO UNITARIO:				Q 3 038,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	12	Unidad	Cantidad
Transporte		viajes	137,00

Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
				Q -
				Q -
Total de materiales				Q -

Equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Camión	137,00	viajes	Q 185,00	Q 25 345,00
				Q -
Total de equipo				Q 25 345,00

Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
				Q -
				Q -
Subtotal de mano de obra				Q -
Total de factor ayudante				Q -

TOTAL COSTO DIRECTO:	Q 25 345,00
COSTO INDIRECTO:	Q 8 905,00
TOTAL DEL RENGLÓN	Q 34 250,00
PRECIO UNITARIO:	Q 250,00

Continuación de la tabla XXIV.

Renglón No:	13	Unidad	Cantidad	
Limpieza general		global	1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
			Q	-
			Q	-
Total de materiales				Q -
Alquiler de equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
			Q	-
			Q	-
Total de equipo				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Albañil (8 personas)	2,00	día	Q 150,00	Q 300,00
Albañil (1 personas)	2,00	día	Q 150,00	Q 300,00
			Q	-
Subtotal de mano de obra				Q 600,00
Total de factor ayudante				Q 360,00
TOTAL COSTO DIRECTO:			Q	960,00
COSTO INDIRECTO:			Q	336,00
TOTAL DEL RENGLÓN			Q	1 296,00
PRECIO UNITARIO:			Q	1 296,00

Fuente: elaboración propia.

2.11. Resumen de presupuesto

Se define como presupuesto un supuesto del valor de un producto para situaciones concretas a un tiempo inmediato. El precio total del proyecto de diseño de pavimento rígido para la avenida central del barrio El Molino, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula, es de Q. 3 381 301,08 (tres millones, trescientos ochenta y un mil trescientos uno con 08/100).

Tabla XXV. **Resumen de presupuesto**

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Valor total
1	Remoción de adoquín existente	m ²	12844,00	Q 3,00	Q 38 532,00
2	Conexiones domiciliarias	global	1,00	Q 86 321,00	Q 86 321,00
3	Mejoramiento Colector principal existente	ml	1108,00	Q 199,74	Q 221 311,92
4	Mejoramiento pozos de visitas	global	1,00	Q 36 840,00	Q 36 840,00
5	Mejoramiento red de agua potable	global	1,00	Q 46 097,00	Q 46 097,00
6	Replanteo topográfico	m ²	12844,00	Q 2,00	Q 25 688,00
7	Corte de cajuela	m ³	1664,00	Q 115,78	Q 192 657,92
8	Reacondicionamiento de subrasante	m ²	6654,00	Q 28,95	Q 192 633,30
9	subbase de concreto pobre	m ²	6654,00	Q 152,24	Q 1 013 004,96
10	Pavimento de concreto e= 0.125 m	m ²	6654,00	Q 225,00	Q 1 497 150,00
11	Rotulo de identificación del proyecto	Unidad	1,00	Q 3 038,00	Q 3 038,00
12	Transporte	viajes	137,00	Q 250,00	Q 34 250,00
13	Limpieza general	global	1,00	Q 1 296,00	Q 1 296,00
TOTAL					Q 3 388 820,10

Fuente: elaboración propia.

2.12. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución de obra físico y financiero es el instrumento de soporte que dará apoyo a cumplimientos de tiempos normales y alta certeza para la firma de una estipulación con fecha de entrega. El cronograma de ejecución de obra es un instrumento que se debe poseer en la obra, siendo el supervisor quien proporcione la misma al capitalista, que igualmente pueda tener control sobre el avance realizado.

Este cronograma se distingue como físico porque dará parte del avance físico de cada ítem en tiempos atados a rendimientos unitarios, y como

financiero por brindar los abonos económicos que se deba realizar semanal o mensualmente para el pago de obreros y material establecido. Se procesó semanalmente, tomando en cuenta los renglones del presupuesto, como se muestra a continuación:

Tabla XXVI. **Cronograma físico y financiero**

Orden	Descripción	Unidad	Cantidad	Periodo de Ejecucion en semanas																																		
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
1	Remocion de adoquin existente	m²	12 844,00	■	■																																	
2	Conexiones domiciliãares	global	1,00		■	■	■																															
3	Mejoramiento Colector principal existente	ml	1 108,00				■	■	■	■																												
5	Mejoramiento pozos de visitas	global	1,00							■																												
6	Mejoramiento red de agua potable	global	1,00								■	■	■																									
7	Replanteo topografico	m²	12 844,00										■	■																								
8	Corte de cajuela	m³	1 664,00											■	■	■																						
9	Reacondicionamiento de sub-rasante	m²	6 654,00																■	■	■	■	■	■														
10	subbase de concreto pobre	m²	6 654,00																	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
11	Pavimento de concreto e= 0.125 m	m²	6 654,00																																			
12	Rotulo de Identificacion del Proyecto	Unidad	1,00	■																																		
13	Transporte	viajes	137,00			■				■				■						■																		
14	Limpieza general	global	1,00																																			■

Fuente: elaboración propia.

2.13. Evaluación de impacto ambiental

Según la norma vigente en Guatemala para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales del patrimonio natural, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos de la materia y aprobado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

El proyecto radica en el diseño de pavimento rígido para la avenida central del barrio El Molino, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. Potenciales efectos ambientales y labores de mitigación son:

- Suelo, agua y aire
- Flora y fauna
- Ética e interés humano
- Comercio, ocupación, tránsito y vehículos

2.13.1. Impacto

Emisiones al espacio de partículas de polvo, dióxido de carbono emitido por la maquinaria principalmente en la fase de movimiento de tierra, impactará a los trabajadores y a los pobladores del área causándoles posibles padecimientos respiratorios. Se tendrá un impacto auditivo generado por las máquinas en la etapa de corte y relleno, así como en la fase de fundición por utilización de mezcladoras.

El sistema hídrico puede verse afectado por la inadecuada o mala colocación del material de desperdicio producto de corte, al colocarse en áreas propensas a erosión, este puede alojarse en corrientes de agua.

El impacto ocasionado a la flora y fauna es uno de los más importantes a la hora de un proyecto de carreteras debido a que se destruye vegetación y árboles, afectando los ecosistemas que se encuentran en la ruta seleccionada. En este caso ya se tenía una ruta establecida.

2.13.2. Acciones de mitigación

Las maquinarias para utilizar deberán tener mantenimiento y control de emisión de gases, las máquinas que no cumplan con el rango límite permisible deberán ser retiradas.

Para mitigar el impacto auditivo se planificarán horarios apropiados para minimizar el impacto que el ruido provoca en las personas, respetando horarios de descanso de los pobladores.

Para evitar la erosión se recomienda estabilizar los taludes con gramíneas como vetiver. La flora y la fauna presentes en el lugar de trabajo son escasas, se deberá proteger y prevenir posibles afecciones por las acciones de trabajo.

2.14. Análisis socioeconómico

Los proyectos públicos no generan utilidades financieras, por eso se analizan alternativas económicas haciendo una relación costo/beneficio. Los costos incluyen la compra de insumos, el pago de la mano de trabajo, los gastos en la producción y administrativos, entre otras actividades, y como beneficios se tienen las mejorías que percibirá el público con la implementación del proyecto.

Para este proyecto no es factible estimar una valoración exacta de los beneficios que aportará la consumación de la carretera, pero se pueden mencionar los siguientes beneficios: acortamiento de tiempo para transportar productos, cosechas agrícolas, ganado. El estudio se efectuará por medio del valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

2.15. Valor actual neto

El valor actual neto (VAN) es una perspectiva de inversión que actualiza los pagos y cobros de un proyecto de inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con la inversión. Otros nombres que se les da es valor neto actual (VNA) o valor actualizado neto.

El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos, es decir, en n^o de unidades monetarias (euros, dólares, pesos, entre otros). El valor presente neto se calcula mediante la fórmula siguiente:

- VPN = Valor Presente Neto
- VRI = Valor de Rescate Inicial (ingreso inicial)
- CI = Costo Inicial
- VRA = Valor de Rescate Anual (ingreso anual)
- CMA = Costo de Mantenimiento Anual
- $[P/A, i, n]$ = Valor presente dado un pago uniforme anual

El valor presente dado un pago uniforme anual se calcula de la siguiente manera:

$$p/A = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$$

Donde:

P/A = valor presente dado un pago uniforme anual

A = anualidad

i = tasa de interés anual

n = vida útil en años

Posteriormente se hace el cálculo para el proyecto donde:

P/A = valor actual o presente

i = tasa de interés (%)

n = periodo de vida útil del proyecto

VRI = Q. 000,00

CI = Q. 3 381 301,08

VRA = 0,000

CMA = (Q. 700,00 X 12 meses) = Q 8 400,00

i = 12,79 %

n = 20 años

Entonces sustituyendo para P/A:

$$p/A = A \left[\frac{(1 + 0,1279)^{20} - 1}{0,1279(1 + 0,1279)^{20}} \right]$$
$$p/A = 7,11$$

Manejando la fórmula del VAN y sustituyendo:

$$VAN = VRI - CI + \left[\left(\frac{P}{A}, i, n \right) (VRA - CMA) \right]$$

$$VAN = Q. 00,00 - Q. 3 381 301,08 + [(7,11)(-Q 8 400,00)]$$

$$VAN = - 3 441 025,08$$

El valor actual neto (VAN) es inferior a cero, el proyecto no es rentable económicamente. Al ser de carácter social, el propósito es mejorar la calidad de vida de la comunidad y no generar ganancias económicas.

2.16. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es igual a la suma de los ingresos presentes, con la suma de los egresos presentes igualando al egreso original, también se puede decir que es la tasa de interés que hace que el VPN del proyecto sea igual a cero. Debido a que el proyecto es de ámbito social la tasa interna de retorno no será favorable.

3. DISEÑO DE AMPLIACIÓN DE ESCUELA PRIMARIA DE LA ALDEA MARAXCÓ, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA

3.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un edificio educativo situado en la aldea Maraxcó, se diseñó para el desarrollo de actividades del nivel primario, consta de dos niveles de cuatro ambientes por nivel con una altura de tres metros.

EL sistema constructivo está compuesto por una estructura de marcos simples (sistema E1), la cual consiste en integración de marcos y vigas que soportan toda la carga vertical y además todas las sollicitaciones horizontales.

Según AGIES NSE 1-2018 capítulo 3 el proyecto por sus características ocupacionales se clasifica en la categoría III de obras importantes, ya que el proyecto puede albergar o afectar una gran cantidad de personas y cumple un servicio importante mas no así esencial.

La filosofía de diseño que se utilizó es el método de diseño estructural conocido como método de diseño por factores de carga y resistencia (*Load and Resistance Factor Design*, LRFD), el cual se fundamenta en comparar una combinación de carga factorada con una resistencia nominal del componente estructural. Este método permite una aproximación más selectiva a las incertidumbres de los distintos tipos de carga y los diferentes tipos de esfuerzos.

3.2. Investigación preliminar

Se hizo una inspección visual, después se realizó un levantamiento topográfico con el método central con radiaciones para conocer el área disponible para la construcción. El proyecto tiene acceso a energía eléctrica, agua potable y drenaje, se encuentra ubicado en aldea Maraxcó, se hizo la extracción de una muestra de suelo de un pie cúbico, a la cual se le realizó un ensayo de compresión triaxial para conocer sus propiedades mecánicas. El plano de ubicación y el de localización se adjuntan en anexos.

Las cordenadas son las siguientes:

- Coordenada de punto 0 = (N: 1 633,192,17m E: 604 267,12m)
- GTM ZONA 15,5

3.3. Capacidad de soporte de terreno

Para zapatas cuadradas y corte general se utilizará la ecuación empírica desarrollada por el doctor Terzaghi:

$$q_0 = (1,3 \cdot CN_c) + \gamma_s D(N_q - 1) + 0,4\gamma_s B N_\gamma$$

Donde

q_0 = valor de esfuerzo límite

C_u = coeficiente de cohesión del suelo

Φ = ángulo de fricción interna

N_c = factor de capacidad de carga debida a la cohesión

γ_s = peso específico del suelo

D_c = desplante del cimiento

N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobre carga

B = base de la zapata

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

F_s = factor de seguridad

Datos:

$$C_u = 3,89 \text{ T/m}^3$$

$$\Phi = 34,99^\circ$$

$$\gamma_s = 1,92 \text{ T/m}^3$$

$$D_c = 1,00 \text{ m}$$

$$B = 1,20 \text{ m}$$

$$F_s = 1,5$$

Para el cálculo de la cohesión se aplicó un factor de seguridad de 1,5.

Cohesión entrando dentro del rango sugerido 1,4-1,6:

$$C_d = \frac{C_u}{F_s}$$
$$C_d = \frac{3,89 \text{ T/m}^3}{1,50} = 2,59 \text{ T/m}^3$$
$$C_d = 2,59 \text{ T/m}^3$$

Coeficiente de fricción interna:

$$\phi_{fs} = \tan^{-1}\left(\frac{\tan(\phi)}{F_s}\right)$$
$$\phi_{fs} = \tan^{-1}\left(\frac{\tan(34,99)}{1,5}\right)$$

$$\phi_{fs} = 25,015$$

Se presentan los factores de capacidad de carga que están en función del ángulo de fricción interna del suelo.

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga (Nq):

$$Nq = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(\frac{45 + \phi}{2} \right)$$

$$Nq = e^{\pi \tan(25,015)} \tan^2 \left(\frac{45 + (25,015)}{2} \right) = 10,68$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la cohesión (Nc):

$$Nc = Cot\phi \cdot (Nq - 1)$$

$$Nc = Cot(25,015) \cdot (10,68 - 1) = 20,74$$

Calculando el factor de capacidad de carga debido al peso del suelo (Ny):

$$Ny = 2 \cdot (Nq - 1) \cdot \tan\phi$$

$$Ny = 2 \cdot (10,12 - 1) \cdot \tan(25,015) = 10,90$$

Calculando el valor de esfuerzo límite (qo):

$$q = (0,40 * \gamma_s * B * Ny) + (1,3 * Cu * Nc) + (\gamma_s * Dc * (Nq - 1))$$

$$q = (0,40 * 1,92 * 1,20 * 10,90) + (1,3 * 2,59 * 20,74) + (1,92 * 0,8 * 9,68)$$

$$q = 92,32 T/m^2$$

Calculando el valor soporte del suelo en estudio (V_s):

$$v_s = \frac{q_0}{FS}$$

$$v_s = \frac{92,32}{3} = 30,77 T/m^2$$

De acuerdo con los datos obtenidos en el laboratorio se estipuló que el suelo analizado es arena limosa de consistencia dura y cementación fuerte, la tabla XXV muestra que la carga permisible en suelos arenosos es de 32-64 Ton/m^2 y en suelos limosos densos de 32 Ton/m^2 , el valor soporte es de 30,77 T/m^2 y esto indica que tenemos un valor soporte apto.

Tabla XXVII. **Carga permisible según tipo de suelo**

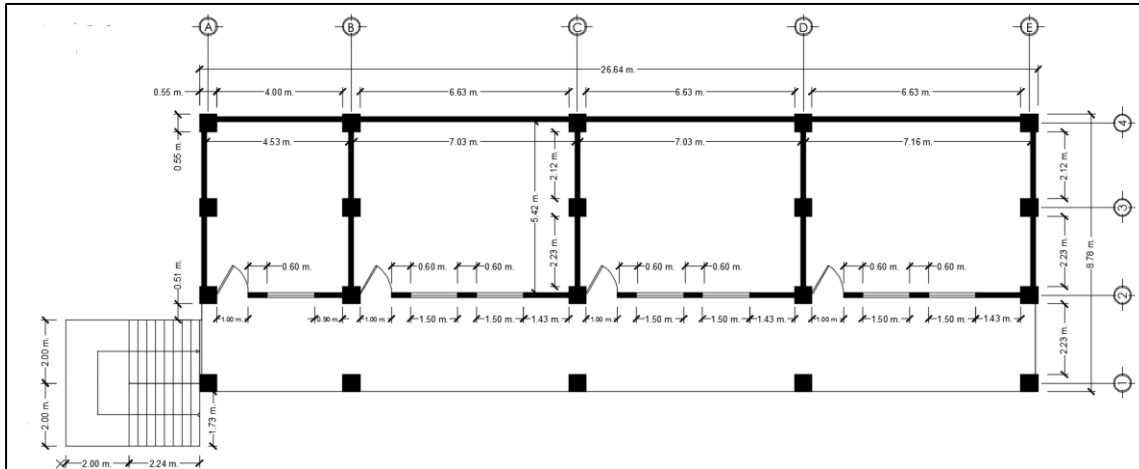
	Ton/m²	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
Suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ. Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 295.

3.4. Dimensiones y área de terreno disponible

El terreno para la construcción será de un área de 233,90 metros cuadrados para edificio principal y un área de 17,26 metros cuadrados para las gradas.

Figura 20. Dimensiones y área disponible



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Para la construcción de muro de relleno se utilizará el sistema de muros de block reforzado con pines transversales y longitudinales. Para la unión junta entre marco y muro de relleno se manejarán uniones ancladas a vigas y columnas mediante pines con pegamento epóxico especializado para uniones de concreto. Además, en la parte superior del muro se instalará una tira de duroport para amortiguar cambios de dimensión.

3.5. Normas para el diseño de edificios educativos

Para la disposición y distribución de áreas, aspectos arquitectónicos y de funcionamiento, se aplicaron las normas contenidas en el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, normas de diseño de estructuras de concreto y normas de seguridad estructural. Las normas que fueron aplicadas en este trabajo se describen a continuación.

- Reglamento de construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación.
- Normas de seguridad estructural AGIES edición 2018.
- Requisitos de reglamento para Concreto Estructural ACI 318SUS-19.

3.6. Criterios generales

Conjunto de consideraciones a tomar para el diseño, tales como: ubicación, luminosidad, ventilación, acabados, entre otros.

3.7. Criterios de conjunto

Todas las consideraciones a tomar en cuenta para la construcción y diseño del centro educativo 9: área de ocupación, altura del edificio, iluminación, acabados, entre otros.

3.8. Criterios de iluminación

Se crea en función de las dimensiones del espacio disponible:

- El contraste debe ser el adecuado para evitar distracciones o esfuerzos visuales.
- La brillantez depende de la fuerza de iluminación, se recomiendan colores claros y un piso sin brillo.
- El aprovechamiento óptimo de la iluminación natural y artificial.

La luz natural se aprovecha mejor si las ventanas son horizontales preferibles a las verticales, y si están separadas en vez de agrupadas.

- Directa (sol) reflejada por paredes interiores o exteriores (color), unilateral (mucho contraste y poco uniforme), bilateral (suave y homogénea).
- Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser de 30 % del área de piso por ser un lugar cálido. El muro opuesto a la ventana no debe estar separado más de 2,5 veces lo que mide la altura del muro donde se localiza la ventana. Esta iluminación se utilizará en el edificio escolar.
- Iluminación natural bilateral: los puntos de luz están situados a ambos lados.
- Iluminación natural cenital: la iluminación mediante ventanas de techo. Para esta iluminación se toma como área de ventanas del 15 % al 20 % del área total de piso.

3.9. Instalaciones

El grupo de redes, equipos y artefactos que permiten la provisión y manejo de los servicios que necesita un edificio para cumplir con todas las tareas para las que fue creado. El proyecto contará con las instalaciones de iluminación eléctrica y fuerza.

3.10. Otros criterios

La ventilación es primordial para lograr el confort térmico y mantener los ambientes saludables. Buena transformación del aire para el proceso de renovación de oxígeno, eliminación de contaminantes y malos olores.

Criterios de color: el color es uno de los elementos que evitan el reflejo, la brillantez y ayuda al aprovechamiento de la iluminación natural. Se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca. Los colores afectan el comportamiento de las personas, por eso es necesario un color que transmita tranquilidad.

Confort acústico: el nivel de ruido generado por las labores resulta adecuado para el trabajo, aprendizaje, la comunicación y la salud de las personas.

3.11. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico debe cubrir los requerimientos de espacios habitables para los ocupantes de la edificación en lo estético como en los servicios.

3.12. Ubicación de edificio en terreno

Escuela ubicada en la en el sector de la aldea Maraxcó, de la cabecera de Chiquimula, municipio de Chiquimula, departamento de Chiquimula. El área disponible es de 289,21 m².

3.13. Sistema estructural a utilizar

Sistema estructural E1 para ambos ejes de la estructura, sistema conformado por vigas y columnas especiales resistentes a momento que tienen como función resistir cargas verticales y cargas horizontales debido a las restricciones que posee en sus nudos generando articulaciones (confinamiento, según AGIES NSE 3 sobre diseño estructural de edificaciones).

3.14. Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento estructural es la fase en donde se proponen dimensiones para los miembros de la estructura como losa, viga y columna.

3.14.1. Predimensionamiento de estructuras

En el predimensionamiento se les asignarán dimensiones a los elementos, se cree que satisfacen las solicitudes de carga y esfuerzos a los que serán sometidos estas, pueden tener cambios que serán mostrados mediante el análisis y diseño estructural. Se utilizarán las normas de seguridad estructural AGIES 2018 y la norma ACI318SUS- 19.

- Planta de cimentación

Carga axial:

$$C_U = 1,2C_m + 1,6C_v$$

$$C_m = (Y_c \times t) + \text{Sobrecarga}$$

$$C_v = 200 \text{ para aulas}$$

$$C_v = 500 \text{ para pasillos}$$

C_U =carga axial del nivel indicado

C_m =carga muerta del nivel (peso de la losa +SC)

C_v =carga viva del nivel indicado

$$C_U = 1,2C_m + 1,6C_v$$

$$C_m = (2400 \times 0,12) + 200 = 488$$

$$C_U = 1,2(488) + 1,6(500) = 1385,6$$

$$C_U = 1,2(488) + 1,6(200) = 905,6$$

$$C_{U\text{Total}} = 1385,6 + 905,6 = 2291,2$$

Factor de carga última:

$$F_{cu} = \frac{C_u}{C_m + C_v}$$

Factor de carga última:

$$F_{cu} = \frac{2291,2 \text{ kg/m}^2}{448 \text{ kg/m}^2 + 448 \text{ kg/m}^2 + 500 \text{ kg/m}^2 + 200 \text{ kg/m}^2} = 1,38$$

Carga axial última:

$$P_u \text{ total} = p_{u1N} + p_{u2N}$$

$$P_u = 1,2C_M + 1,6C_V$$

$$C_M = (W_{losa}) + (W_{vigas}) + (W_{columnas})$$

$$W_{losa} = Yc \times Atrib \times t$$

$$W_{vigas} = Yc \times SecX \times SecY \times L$$

$$W_{columnas} = Yc \times SecX \times SecY \times h$$

$$C_V = 200 \text{ para aulas}$$

$$C_V = 500 \text{ para pasillos}$$

Utilizando las ecuaciones anteriores:

$$W_{losa} = 2\,400 \times 19,5655 \times 0,12 = 5\,634,86$$

$$W_{vigas} = 2\,400 \times 0,40 \times 0,60 \times 2,12 + 2\,400 \times 0,40 \times 0,60 \times 6,63 = 5\,040$$

$$W_{columnas} = 2\,400 \times 0,55 \times 0,55 \times 3 = 2\,178$$

$$C_M = 5\,634,86 + 5\,040 + 2\,178 = 12\,852,86$$

$$C_{V1nivel} = 500 \times 19,5655 = 9\,782,75$$

$$C_{v2nivel} = 200 \times 19,5655 = 3\,913,1$$

$$P_{u1nivel} = 1,2(12\,852,86) + 1,6(9\,782,75) = 31\,075,832$$

$$P_{u2nivel} = 1,2(12\,852,86) + 1,6(3\,913,1) = 21\,684,392$$

$$P_{u\,total} = 31\,075,832 + 21\,684,392 = 52\,760,224$$

$$P = \frac{52\,760,224}{1,38} = 38\,232,046$$

Área de zapata:

$$Az = \frac{38\,232,04 \times 1,38}{82\,190} = 0,64$$

$$a = b = \sqrt{0,64} = 0,80 \text{ m}$$

3.15. Losa

Se calcula el peralte (t). Se utilizará el perímetro de la losa y se verificará el tipo de apoyos que esta tiene, se utilizará la losa más crítica y el peralte dado, se utilizará el peralte obtenido para todas las losas.

En la sección 8.3.1.1 del ACI 318-19 se indica que las losas pueden catalogarse en uno o dos sentidos. Se toma b = sentido largo de losa y a = sentido corto de losa.

$m = b/a \leq 2$ trabaja en dos sentidos

$m = b/a > 2$ trabaja en un sentido

Losa 12 crítica

Losa con un extremo continuo

Lado corto = 2,66 m

Lado largo = 7,18 m

$$m = \frac{7,18}{2,66} = 2,70 = \text{un sentido}$$

Tabla XXVIII. **Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas**

Condición de apoyo	H mínimo
Simplemente apoyadas	$l/20$
Un extremo continuo	$l/24$
Ambos externos continuos	$l/28$
En voladizo	$l/10$

Fuente: American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 18

$$t = \frac{2,78}{24} = 0,1158 \approx 0,12$$

3.16. Vigas

El predimensionamiento de vigas determina su peralte, esto determinado por su luz, en este caso se utilizará la longitud más crítica, utilizando el criterio establecido por ACI 318SUS-19 en la tabla 9.3.1.1 para vigas que no soporten deflexiones muy grandes. En cuanto a la altura mínima de vigas no preesforzadas que no soporten deflexiones muy grandes, la altura de la viga no debe ser menor que los dados en la tabla.

Tabla XXIX. **Altura mínima de vigas no preesforzadas**

Condición de apoyo	Altura mínima
Simplemente apoyada	$\frac{l}{16}$
Con extremo continuo	$\frac{l}{18,5}$
Ambos extremos continuos	$\frac{l}{21}$
En voladizo	$\frac{l}{8}$

Fuente: American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 18

Viga D-E con un extremo continuo.

Peralte mínimo:

$$h_{viga} = \frac{L}{18,5}$$

$$h_{viga} = \frac{7,18}{18,5} = 0,388 \approx 0,39$$

Peralte recomendado:

Por cada metro lineal de luz entre los apoyos se aumentará 8 % del peralte.

$$h_{viga} = 8 \% \text{luz libre}$$

$$h_{viga} = 8 \%(7,18) = 0,57 \approx 0,60$$

Base:

El criterio base tiene que estar en el rango $h/2 < \text{Base} < 3h/2$, $b = 40\text{cm}$:

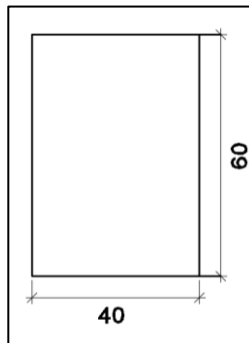
$$\frac{h}{2} = \frac{0,60}{2} = 0,30$$

$$\frac{h \times 3}{2} = \frac{0,60 \times 3}{2} = 0,90$$

Sección propuesta:

$h_{\text{viga}} = 0,60\text{ cm}$ y su base = 40 cm , por cumplir con las especificaciones descritas en el código ACI. De los datos anteriores tomaremos el mayor, para probar que el peralte resista cargas extremas.

Figura 21. **Sección de viga**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

3.17. Columnas

Para el predimensionamiento se utilizó la columna más crítica haciendo uso de la carga aplicada a esta, las dimensiones obtenidas de esta columna se aplicarán a las demás columnas de la edificación.

Donde:

Pu: carga última sobre la columna

CM: carga muerta

CV: carga viva

At: área tributaria

Pn(máx): carga axial pura

Φ : factor de reducción de capacidad

0,80; 0,85: constantes

f'c: resistencia del concreto a compresión

Ag: área gruesa de la columna

As: área de acero longitudinal, donde $1\%Ag \leq As \leq 8\%Ag$

fy: resistencia del acero

Se tiene un área de $28,5046 \text{ m}^2$ que tributa a la columna, se considera un peso específico para el concreto de 2400 Kg/m^3 , una carga viva de 200 kg/m^2 para cálculo de predimensionamiento.

$$Pu = 1,2(CM) + 1,6(CV)$$

$$Pu = 1,2(2400 \text{ kg/m}^3 * 28,5046 \text{ m}^2) + 1,6(200 \text{ kg/m}^2 * 28,5046 \text{ m}^2) = 91,214 72$$

$$Pu = 91,214 72 * 2 = 182,429 44 \text{ kg}$$

$$Pu = 0,80[0,85f_c(Ag - As) + Asf_y]$$

La sección 10.61.1 del código ACI 318-19 establece que el área de refuerzo longitudinal de una columna no debe ser menor a $0,01A_g$:

$$Pu = 0,80[0,85f_c(Ag - (0,01A_g)) + (0,01A_g)f_y]$$

$$P_u = 0,80[0,85(281)(A_g - (0,01A_g)) + (0,01A_g)2810]$$

$$182,429\ 44kg = 211,6492A_g$$

$$A_g = 861,9424cm^2$$

El área gruesa no cumple con el criterio de viga débil-columna fuerte que se describe a continuación:

Especificaciones del Artículo 18.7.3.2. El ACI318-19 requiere que las columnas de los pórticos de disipación especial de energía se diseñen de modo que su resistencia nominal a flexión sea 20 % mayor que la resistencia de la viga que se ensambla en el nodo viga-columna. Este requisito tiene por objetivo asegurar que sí se forman articulaciones en un nodo viga - columna, estas ocurrirán en las vigas más bien que en las columnas. Si se forman articulaciones en las columnas el resultado puede ser el colapso de pórtico. El ACI318-19 exige cumplir con la siguiente relación para estructuras con demanda especial de ductilidad:

$$\Sigma M_{nc} = \text{Sumatoria de momento nominal de flexión de las columnas}$$

$$\Sigma M_{nb} = \text{Sumatoria de momento nominal de flexión de las vigas}$$

$$\Sigma M_{nc} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma M_{nb}$$

Sacando factores comunes de áreas gruesas de columnas y vigas se simplifica la ecuación:

$$\Sigma(Ag_c)(M_n) \geq \left(\frac{6}{5}\right) (Ag_b)(M_n)$$

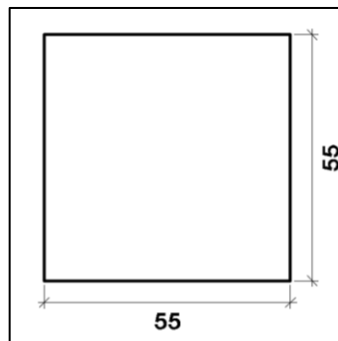
$$\Sigma(Ag_c) \geq \left(\frac{6}{5}\right) (Ag_b)$$

$$Ag = \left(\frac{6}{5}\right) 2400 = 2880 \text{ m}^2$$

$$h = b = \sqrt{2880} = 53,66 \approx 0,55 \text{ m}$$

2 400 que es el área gruesa de las vigas, se multiplica por un factor 1,20, eso da una sección de 53,65 x53,65. Para fines prácticos de construcción se tomará una sección de 55x55 cm.

Figura 22. **Dimensiones de columna propuesta**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

3.18. Integración de carga muerta y carga viva según AGIES 2018

Las cargas designadas a los marcos según su dirección se clasifican en verticales o gravitacionales y horizontales, estas son incitadas por varios factores de carga.

- Carga viva: AGIES NSE-2-2018 en su capítulo 3 las define como: las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación.

Figura 23. **Tabla de cargas vivas para edificaciones**

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Vivienda		
Balcones	300 [R]	
Habitaciones y pasillos	200 [R]	
Escaleras	300	
Oficina		
Pasillos y escaleras	300	
Oficinas	250 [R]	800
Áreas de cafetería	500	
Hospitales		
Pasillos y rampas	500	450
Clínicas y encamamiento	250 [R]	
Servicios médicos y laboratorio	350 [R]	800
Farmacia	500	
Escaleras	500	
Cafetería y cocina	500	

Continuación de la figura 23.

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Hoteles, carga de escaleras y de elevadores		
Habitaciones	200 [R]	450
Servicios y áreas públicas	500	800
Educativos		
Aulas	200 [R]	400
Pasillos y escaleras	500	
Salones de lectura de biblioteca	200 [R]	400
Área de estanterías de biblioteca	700	800
Áreas de reunión		
Escaleras privadas	300 [R]	Ver 3.2 (d)
Escaleras públicas	500	Ver 3.2 (d)
Balcones	500	
Vestíbulos públicos	500	
Plazas a nivel de la calle	500	800
Salones con asiento fijo	300 [R]	
Salones sin asiento fijo	500	800
Escenarios y circulaciones	500	
Estacionamientos		
Garajes para automóviles de pasajeros	250	Ver 3.2 (c)
Garajes para automóviles de carga (2000 Kg.)	500	Ver 3.2 (c)
Rampas vehiculares de uso colectivo	500	Ver 3.2 (c)
Áreas de circulación vehicular	250	Ver 3.2 (c)
Áreas de servicio y reparación	500	Ver 3.2 (c)
Instalaciones deportivas públicas		
Zonas de circulación	500	
Zonas de asientos fijos	400	
Zonas sin asientos	800	
Canchas deportivas	Ver nota [a]	

Continuación de la figura 23.

Tipo de ocupación o uso	Wv (kg/m ²)	Pv (kg)
Almacenes		
Minoristas	500	800
Mayoristas	600	1200
Bodegas		
Cargas livianas	600	800
Cargas pesadas	1200	1200
Fábricas		
Industrias livianas	500	800
Industrias pesadas	1000	1200
Cubiertas pesadas (Inciso 3.2 (g))		
Azoteas de concreto con acceso	200	
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100	
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 [b]	
Azoteas usadas para jardín o para reuniones	500	
Cubiertas livianas (Inciso 3.2 (h))		
Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc. (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 [b][c]	135

[a] Carga depende del tipo de cancha
[b] Sobre proyección horizontal
[c] Carga no reducible
[R] Puede aplicar reducción de carga viva según Sección 3.5.

Fuente: AGIES. NSE 2. Demandas estructurales, condiciones de sitio 2018. p. 3-6.

3.18.1. Carga muerta

AGIES NSE-2-2018 en su capítulo 2 indica que las cargas muertas comprenden todas las cargas de elementos permanentes de la construcción. Incluyen, pero no necesariamente están limitadas al peso propio de la estructura, pisos, rellenos, cielos, vidrieras, tabiques fijos y equipo permanente rígidamente anclado a la estructura:

Especificaciones para este proyecto son:

Concreto: $f'c = 281 \text{ Kg/cm}^2$

Acero: $f_y = 2\,810 \text{ Kg/cm}^2$

Concreto armado: peso= $2\,400 \text{ Kg/m}^3$

Muros = 250 Kg/m^2

Altura muros perimetrales= $1,5\text{m}$

Sobre carga y acabados= 200 Kg/m^2

Ventanas = 38 Kg/m^2

Carga viva para aulas = 200 Kg/m^2

Pasillos = 500 Kg/m^2

- Integración del peso sísmico según AGIES 2018

Especificaciones para este proyecto son:

Concreto: $f'c = 281\text{Kg/cm}^2$

Acero: $f_y = 2\,810 \text{ Kg/cm}^2$

Concreto armado: Peso= $2\,400\text{Kg/m}^3$

Muros = 250 Kg/m^2

Sobre carga y acabados= 200Kg/m^2

Ventanas = 38 Kg/m^2

Carga viva para aulas = 200Kg/m^2

Pasillos = 500 Kg/m^2

- Primer nivel

Área de losa primer nivel = $233,90 \text{ m}^2$

Área de muros primer nivel = $184,28 \text{ m}^2$

Área de ventanas = $14,21 \text{ m}^2$

Longitud de vigas primer nivel = $128,46 \text{ m}$

Cantidad de columnas primer nivel = 20

Altura de columnas primer nivel = 3

Cantidad de zapatas primer nivel = 20

$$\text{Cimientos Zapata: } Yc \times SecX \times SecY \times d \times Cant: Zap$$

$$\text{Cimientos Zapata: } 2\,400 \times 0,80 \times 0,80 \times 0,50 \times 20 = 15\,360$$

$$\text{Muros} = \text{Cant. M2 de Muro} \times \text{PP de Muro}$$

$$\text{Muros} = 184,28 \times 250 = 46\,045$$

$$\text{Columnas: } = SecX \times SecY \times H \times Cant. Colum. \times Yc$$

$$\text{Columnas: } = 0,55 \times 0,55 \times 5,30 \times 20 \times 2400 = 76\,956$$

$$\text{Losa: } = \text{Area de Losa} \times t \times Yc$$

$$\text{Losa: } = 233,90 \times 0,12 \times 2400 = 67\,363,2$$

$$\text{Vigas} = (H - t) \times b \times \text{Long. de Vigas} \times Yc$$

$$\text{Vigas} = (0,60 - 0,12) \times 0,40 \times 128,46 \times 2\,400 = 59\,194,38$$

$$\text{Ventana} = \text{Area de Ventanas} \times \text{PP de Ventana}$$

$$\text{Ventana} = 14,21 \times 38 = 539,98$$

$$\text{Acabados y S.C} = \text{Area de construccion} \times \text{Carga}$$

$$\text{Acabados y S.C} = 233,90 \times 200 = 46\,780$$

CM 1er. Nivel

$$= 15\,360 + 46\,046 + 76\,956 + 67\,363,2 + 59\,194,38 + 539,98$$

$$+ 46780 = 312\,238,56 \text{ kg/m}^2 = 312,24 \text{ Ton/m}^2$$

Según sección 1.11.3 de la Norma AGIES NSE 3 -2018, el peso sísmico efectivo incluirá el 25 % de las cargas vivas de 500 kg/m² o más.

Área de pasillos del primer nivel = 81,38 m²

$CV = 0,25 \times \text{Carga de pasillos} \times \text{Area de pasillos} =$

$CV = 0,25 \times 500 \times 81,38 = 10\,172,5$

$CV \text{ 1er. Nivel} = 10172,5 = 10\,172,5 \text{ kg/m}^2 = 10,17 \text{ Ton/m}^2$

$W_{\text{Total 1er. Nivel}} = 312,24 + 10,17 = 322,41 \text{ Ton/m}^2$

- Segundo nivel

Área de losa del primer nivel = 233,90 m²

Área de muros primer nivel = 192,4 m²

Área de ventanas = 14,21 m²

Longitud de vigas del primer nivel = 128,46 m

Cantidad de columnas del primer nivel = 20

Altura de columnas del primer nivel = 3

Cantidad de zapatas del primer nivel = 20

$Muros = \text{Cant. M2 de muro} \times PP \text{ de muro}$

$Muros = 192,4 \times 250 = 48100$

$Columnas: = SecX \times SecY \times H \times \text{Cant. Colum.} \times Yc$

$Columnas: = 0,55 \times 0,55 \times 1,5 \times 20 \times 2400 = 21780$

$Losa: = \text{Area de losa} \times t \times Yc$

$Losa: = 233,90 \times 0,12 \times 2\,400 = 67\,363,2$

$Vigas = (H - t) \times b \times \text{Long. de Vigas} \times Yc$

$Vigas = (0,60 - 0,12) \times 0,40 \times 128,46 \times 2\,400 = 59\,194,38$

$Ventana = \text{Area de ventanas} \times PP \text{ de ventana}$

$$\text{Ventana} = 14,21 \times 38 = 539,98$$

$$\text{Acabados y S.C} = \text{Area de construccion} \times \text{Carga}$$

$$\text{Acabados y S.C} = 233,90 \times 200 = 46\,780$$

$$\text{CM 2do. Nivel} = 48\,100 + 21\,780 + 67\,363,2 + 59\,194,38 + 539,98 + 46\,780$$

$$= 243\,757,56 \text{ kg/m}^2 = 243,76 \text{ Ton/m}^2$$

Según sección 1.11.3 de la Norma AGIES NSE 3 -2018, el peso sísmico efectivo incluirá el 25 % de las cargas vivas de 500kg/m² o más.

$$\text{Área de pasillos del segundo nivel} = 81,38 \text{ m}^2$$

$$CV = 0,25 \times \text{Carga de pasillos} \times \text{Area de pasillos} =$$

$$CV = 0,25 \times 500 \times 81,38 = 10\,172,5$$

$$CV \text{ 2do. Nivel} = 10\,172,5 = 10\,172,5 \text{ kg/m}^2 = 10,17 \text{ Ton/m}^2$$

$$W_{\text{Total 2do Nivel}} = 243,76 + 10,17 = 253,93 \text{ Ton/m}^2$$

3.19. Total del peso sísmico de la estructura

Para el peso total del peso de la estructura se sumaron los pesos del primero y segundo nivel, dando como resultado:

$$W_{\text{Total}} = W_{\text{1er. nivel}} + W_{\text{2do. nivel}}$$

$$W_{\text{Total}} = 322,41 + 253,93 = 576,34 \text{ Ton/m}^2$$

3.19.1. Integración de carga sísmica

Las fuerzas horizontales a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio son: de viento y de sismo. En el análisis estructural regularmente se considera una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Para este caso, se diseñará el edificio para soportar fuerzas sísmicas, utilizando el método SEAOC, ya que Guatemala es un país con alto riesgo sísmico.

Las edificaciones son expuestas a dos tipos de cargas horizontales, las cuales son carga de sismo y carga de viento. En el análisis estructural se considera la carga de sismo, debido a que los fenómenos naturales que provocan estas cargas rara vez actual simultáneamente, utilizamos el método descrito en el NSE-2-2018 capítulo 4.5.

3.20. AGIES

El nivel de protección sísmica depende de las condiciones sísmicas de cada lugar y según la clasificación de obra, en este caso la obra es ordinaria, el índice de sismicidad igual a 4, el sistema estructural es de marcos estructurales, se cuenta con un suelo firme y rígido y una probabilidad de sismo básico.

Ubicación: Chiquimula

Suelo: tipo D, suelo firme y rígido

Tipo de obra: D importante

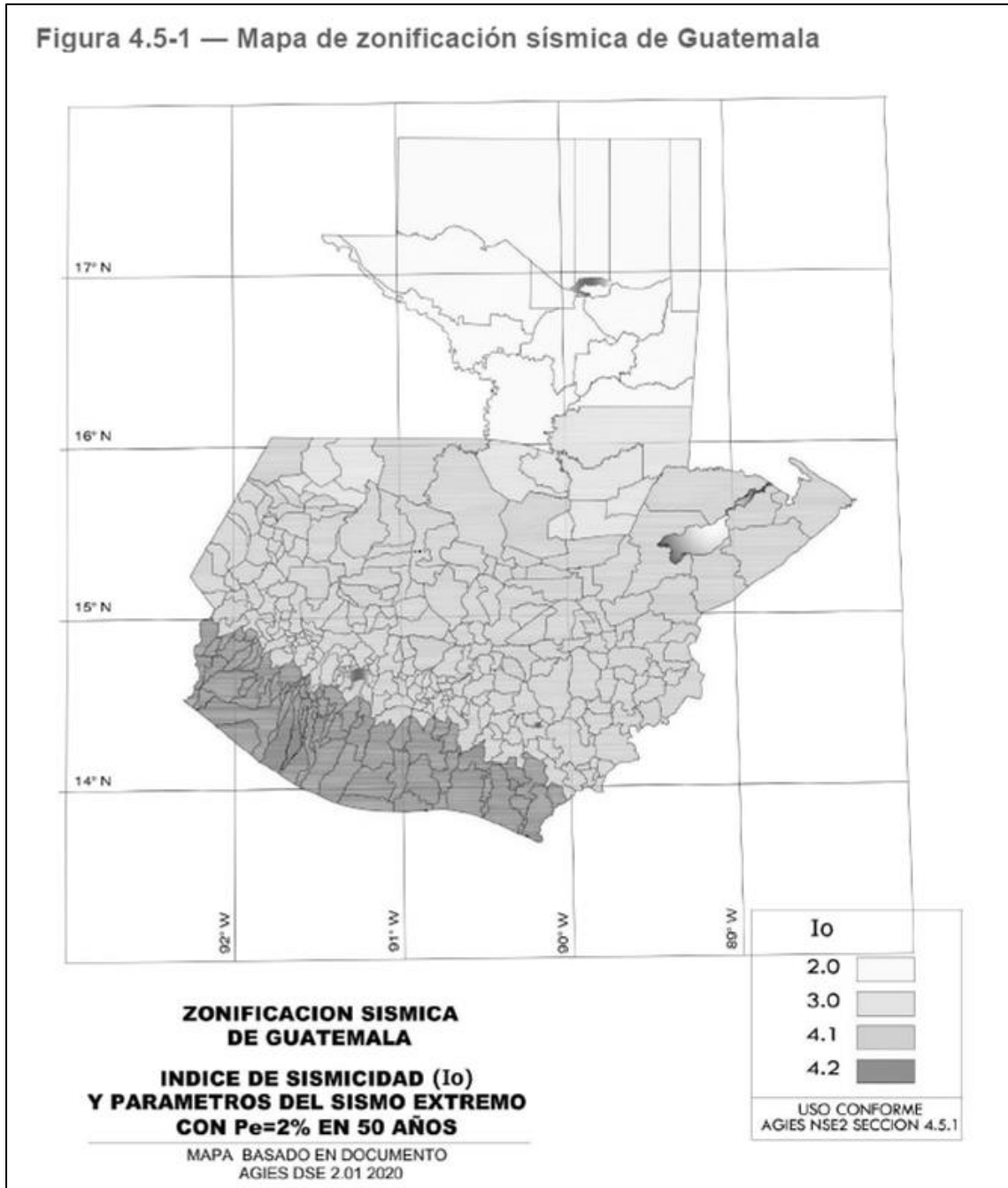
$S_{cr} = 1,62$

$S_{1r} = 0,78$

$I_o = 4,1$

$T_l = 2,21$

Figura 24. **Mapa de zonificación sísmica de Guatemala**



Fuente: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales, condiciones de sitio 2018*. p. 4-6.

Ajuste de sitio:

Tabla XXX. **Coefficientes de sitio F_a AGIES**

Tabla 4.5-1 — Coeficientes de sitio F_a

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C ^[1]	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4			

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_a se tomará del suelo C.

Fuente: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales, condiciones de sitio 2018*. p. 4-7.

$$S_{cs} = F_a * S_{cr} = 1 * 1,62 = 1,62$$

Coefficiente de sitio F_v :

Tabla XXXI. **Coefficientes de sitio F_v AGIES**

Tabla 4.5-2 — Coeficientes de sitio F_v

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0
D ^[1]	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica - ver Sección 4.4			

[1] En los casos en que la investigación de suelos abreviada no especifique si un suelo firme clasifica como C o como D, el factor F_v se tomará del suelo D.

Fuente: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales, condiciones de sitio 2018*. p. 4-7.

$$S1s = Fv * S1r = 1,0 * 0,78 = 0,78$$

Periodo de transición:

Periodo T_s que separa los periodos cortos de los largos:

$$T_s = \frac{S1s}{Scs} = \frac{0,78}{1,62} = 0,4815s$$

Periodo T_0 que define el inicio de la meseta de periodos cortos del espectro:

$$T_0 = 0,2T_s = (0,20)(0,4815) = 0,0963s$$

Periodo de vibración empírico:

$$T_a = Kt(hn)^x$$

$$E1 = \{Kt = 0,047 \quad x = 0,85\}$$

$$T_a = 0,047(6)^{0,85} = 0,2155$$

Factor de escala: $K_d = 0,80$

$$Scd = K_d * Scs = 0,80 * 1,62 = 1,296$$

$$S1d = K_d * S1s = 0,80 * 0,78 = 0,624$$

Tabla XXXII. **Factor K_d por nivel de sismo**

Nivel de sismo	Factor K_d
Sismo ordinario — 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.66
Sismo severo — 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0.80
Sismo extremo — 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1.00
Sismo mínimo — condición de excepción	0.55

Fuente: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales, condiciones de sitio 2018*. p. 4-8.

$$S_a(T) = S_{cd} \text{ cuando } T_0 \leq T \leq T_s$$

$$0,0963 \leq 0,2155 \leq 0,4815$$

$$S_a(T) = S_{cd} = 1,296$$

Figura 25. Coeficientes y factores de diseño de sistemas sismorresistentes

SISTEMA ESTRUCTURAL Sección 1.6 [a]		Norma	R	Ω_R	C_d	en metros SL - sin límite NP - no permitido				notas
						Nivel de protección				
						B	C	D	E	
E1	SISTEMA DE MARCOS RESISTENTES A MOMENTO	Sección 1.6.2								
	Marcos dúctiles DA									
	De concreto reforzado	NSE 7.1	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL	[b]
	De acero estructural	NSE 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL	--
	Compuestos acero-concreto	NSE 7.1 / 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL	[g]
	Ductilidad intermedia DI									
	De concreto reforzado	NSE 7.1	5	3	4.5	33	20	12	NP	[b]
	De acero estructural	NSE 7.5	4.5	3	4	55	33	20	NP	--
	Compuestos acero-concreto	NSE 7.1 / 7.5	4.5	3	4.5	33	20	12	NP	[g]
	Sistemas aislados	NSE 7.7	5	3	4.5	75	75	75	75	[n]
	Ductilidad Baja DB									
	De concreto reforzado	NSE 7.1	3	3	2.5	20	NP	NP	NP	[b]
	De acero estructural	NSE 7.5	3.5	3	3	33	12	NP	NP	--
Compuestos acero-concreto	NSE 7.1 / 7.5	3	3	2.5	33	NP	NP	NP	[g]	
E2	SISTEMA DE MUROS	Sección 1.6.3								
	De concreto reforzado DA	NSE 7.1	6	2.5	5	SL	SL	SL	SL	[b]
	De concreto reforzado DB	NSE 7.9	4	2.5	4	[d]	[d]	[d]	[d]	[c]
	De mampostería reforzada DA	NSE 7.4	4	2.5	3.5	[f]	[f]	[f]	[f]	[e]
	De mampostería reforzada DB	N/A	3	2.5	2	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]

Fuente: AGIES. NSE 3. Diseño estructural de edificaciones 2018. p. 1-18.

Coeficiente sísmico:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R} = \frac{1,296}{8} = 0,162 = 16,20 \%$$

Valores mínimos de Cs:

$$C_s \geq 0,044 S_{cd} \geq 0,01$$

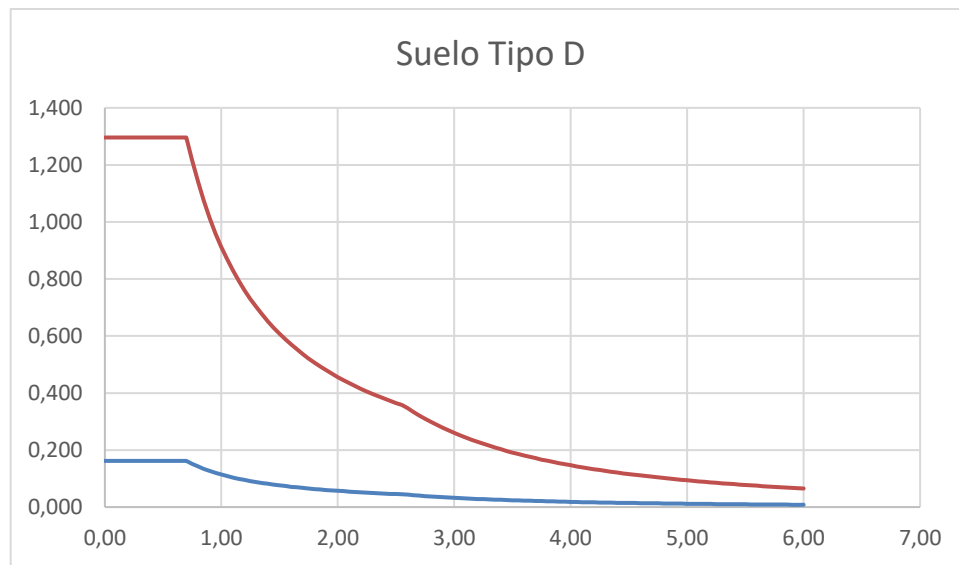
$$0,162 \geq 0,044 (1,296) \geq 0,01$$

$$0,162 \geq 0,057 \geq 0,01$$

La ecuación de valor mínimo de Cs 2.1.4-2 descrita en la sección 2.1.4 de la norma AGIES NSE 3-2018 no aplica, debido a que solo se emplea para un índice de sismicidad de 4.2.

Espectro sísmico:

Figura 26. **Espectro de aceleración del suelo vs espectro de respuesta sísmica**



Fuente: elaboración propia.

3.21. Diseño de estructuras

A continuación, se describe el procedimiento del diseño estructural para la ampliación del edificio ya existente.

3.21.1. Corte basal

El cortante basal representa una fuerza de reacción que se presenta en todos los marcos de la estructura, al instante de ser afectada por una carga externa y se distribuye en la altura de la edificación. Constituye la fuerza del peso de la estructura por el coeficiente sísmico de diseño.

$$v_b = w_s * C_s$$

Donde:

C_s = coeficiente sísmico de diseño

W_s = peso total de la edificación

$$v_b = 576,34 \times 0,162 = 93,34 \text{ Ton}$$

En ambos sentidos debido a que ambos tienen el mismo sistema estructural (E1).

3.21.2. Distribución de fuerzas sísmicas por nivel

La fuerza sísmica es directamente proporcional a la altura y peso por nivel. Los niveles superiores soportan mayor fuerza debido a que la altura desde la base de la edificación es mayor que la de los niveles inferiores, se

recomienda que los niveles superiores tengan menor peso que los niveles inferiores para evitar el efecto de péndulo invertido.

- Fuerza vertical F_x

Con base en lo descrito en inciso 2.2 de la norma AGIES NSE 3-2018 se obtienen las siguientes ecuaciones para el cálculo de distribución vertical de fuerzas sísmicas:

$$F_x = C_{xy} \times V_b$$

$$C_{xy} = \frac{w_x \times h_x^k}{\sum (w_i \times h_i^k)}$$

F_x es el cortante de cedencia en el nivel "x" de la edificación

h_x es la altura del nivel "x" sobre la base sísmica

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

$k = 0,75 + 0,5 T_s$, para $0,5 < T \leq 2,5$ segundos

$k = 2$, para $T > 2,5$ segundos

$$C_{xy} = \frac{(1726,72)}{(2951,88)} = 0,58$$

$$F_x = 0,58 \times 93,34 = 54,14$$

3.21.3. Distribución horizontal

Con base en lo descrito en el inciso 2.3 de la norma AGIES NSE 3-2018 se obtienen las siguientes ecuaciones para el cálculo de distribución horizontal de fuerzas sísmicas.

La fuerza sísmica acumulada desde arriba hasta el nivel inferior:

$$V_x (\text{segundo nivel}) = 54,14 + 39,20 = 93,34$$

Tabla XXXIII. **Tabla de fuerzas cortantes en eje X y Y**

Nivel	Wi (Ton)	Hi (m)	W _i h _i ^k	C _{xy}	F _x (Ton)	V _x
2	253,93	6,80	1726,72	0,58	54,14	54,14
1	322,41	3,80	1225,16	0,42	39,20	93,34
			2 951,88		93,34	

Fuente: elaboración propia.

3.22. Análisis por torsión

El análisis por torsión es el resultado de la comparación entre la repartición de masas y las rigideces, conociendo los centros de masa y rigidez de la estructura conoceremos la distancia que existe entre ellos, a esto se le da el nombre de excentricidad. La torsión es la sollicitación que se presenta cuando se aplica un momento en el eje del elemento, este momento es conocido como momento de torsión. Este efecto es particularmente significativo en los terremotos.

3.23. Cálculo de rigidez

La rigidez mide la resistencia de las deformaciones elásticas producidas, examina la capacidad del elemento a soportar esfuerzos sin sufrir grandes deformaciones, se calculó la rigidez de las vigas y columnas del nivel de estudio.

- Centro de rigidez

Es el punto en donde se concentran todas las rigideces de los elementos que conforman los marcos de la estructura, al presentarse una rotación será a razón de este punto.

Para el cálculo del centro de rigidez es necesario determinar rigideces de vigas y columnas.

Se utiliza la fórmula de Wilbur, descrita a continuación:

- Primer piso

$$k_1 = \frac{48E}{h_1 \left[\frac{4h_1}{\Sigma k_{c1}} + \frac{h_1 + h_2}{\Sigma k_{v1} + \frac{\Sigma k_{c1}}{12}} \right]}$$

- Segundo piso

$$k_1 = \frac{48E}{h_1 \left[\frac{4h_2}{\Sigma k_{c2}} + \frac{h_1 + h_2}{\Sigma k_{v1} + \frac{12}{12}} + \frac{h_2 + h_3}{\Sigma k_{v2}} \right]}$$

- Pisos intermedios

$$k_n = \frac{48E}{h_n \left[\frac{4h_n}{\Sigma k_{cn}} + \frac{h_m + h_n}{\Sigma k_{vm}} + \frac{h_n + h_\sigma}{\Sigma k_{vn}} \right]}$$

Donde:

k_n = rigidez del piso n.

Σk_{vn} = rigidez relativa de las vigas del nivel sobre el piso n.

Σk_{cn} = rigidez relativa de las columnas del piso n.

M, n, σ = índices que identifican tres niveles consecutivos desde abajo hasta arriba.

h_n = altura del piso n.

- Cálculo de rigideces del primer nivel

$$K_{col} = \left(\frac{\left(\frac{1}{12} \right) (b)(h)^3}{h} \right) * n$$

Donde

B = base de la columna

h = altura de la columna

h = altura del nivel

n= número de columnas

Cálculo del primer nivel:

$$K_{col(A)} = \left(\frac{\left(\frac{1}{12}\right)(55)(55)^3}{300} \right) * 5 = 12\,709,20$$

$$K_{col(1)} = \left(\frac{\left(\frac{1}{12}\right)(55)(55)^3}{300} \right) * 4 = 10\,167,36$$

$$K_{viga(1)} = \left(\left(\frac{1}{12}\right) (40)(60)^3 \right) * \left(\frac{1}{278} + \frac{1}{278} + \frac{1}{267} \right) = 7\,983,19$$

$$K_{viga(A)} = \left(\left(\frac{1}{12}\right) (40)(60)^3 \right) * \left(\frac{1}{455} + \frac{1}{718} + \frac{1}{718} + \frac{1}{718} \right) = 4\,590,77$$

$$k_1 = \frac{48E}{h_1 \left[\frac{4h_2}{\Sigma k_{c2}} + \frac{h_1 + h_2}{\Sigma k_{v1} + \frac{\Sigma k_{c1}}{12}} + \frac{h_2 + h_3}{\Sigma k_{v2}} \right]}$$

- Marco eje X

$$k_1 = \frac{48E}{300 \left[\frac{4(300)}{10167,361111} + \frac{(300) + (300)}{7983\,186485 + \frac{10167\,361111}{12}} \right]} = 0\,860347785$$

- Marco eje Y

$$k_A = \frac{48E}{300 \left[\frac{4(300)}{12,709\ 20139} + \frac{(300) + (300)}{4590\ 774128 + \frac{12,709\ 20139}{12}} \right]} = 0,79754023$$

Tabla XXXIV. **Tabla de rigideces de columnas y vigas del primer nivel**

ΣKc11	10167,36111
ΣKcA1	12709,20139
ΣKcB1	0
ΣKv1	7983,186485
ΣKvA	4590,774128
ΣKvB	501,39
Modulo Elast. Concr.	1
K1 Marco numero	0,860347785
K1 Marco letra A	0,79754025

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de segundo nivel

$$K_{col(A)} = \left(\frac{\left(\frac{1}{12}\right)(55)(55)^3}{300} \right) * 5 = 12\ 709,20$$

$$K_{col(1)} = \left(\frac{\left(\frac{1}{12}\right)(55)(55)^3}{300} \right) * 4 = 10\ 167,36$$

$$K_{viga(1)} = \left(\left(\frac{1}{12}\right) (40)(60)^3 \right) * \left(\frac{1}{278} + \frac{1}{278} + \frac{1}{267} \right) = 7\ 983,19$$

$$K_{viga(A)} = \left(\left(\frac{1}{12} \right) (40)(60)^3 \right) * \left(\frac{1}{455} + \frac{1}{718} + \frac{1}{718} + \frac{1}{718} \right) = 4\,590,77$$

- Marco eje X

$$k_1 = \frac{48E}{300 \left[\frac{4(300)}{10\,167,36} + \frac{(300) + (300)}{7\,983,19} + \frac{300}{10\,167,36} + \frac{300}{7\,983,19} \right]} = 0,6213$$

- Marco eje Y

$$k_A = \frac{48E}{300 \left[\frac{4(300)}{12\,709,20} + \frac{(300) + (300)}{4\,590,77} + \frac{300}{12\,709,20} + \frac{300}{4\,590,77} \right]} = 0,50147$$

Tabla XXXV. **Tabla de rigideces de columnas y vigas del segundo nivel**

ΣKc11	10167,3611
ΣKc12	10167,3611
ΣKcA1	12709,2014
ΣKcA2	12709,2014
ΣKv1	7983,18648
ΣKvA	4590,77413
ΣKvB	501,392758
Modulo Elast. Concr.	1
K1 Marco numero	0,62130234
K1 Marco letra A	0,50146708

Fuente: elaboración propia.

Haciendo uso de los datos obtenidos anteriormente obtenemos el centro de rigidez con la siguiente fórmula:

$$CR_{x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i * x_i)}{\sum_{i=1}^n K_i}$$

Tabla XXXVI. **Tabla de rigideces sentido Y**

Eje Y	RiY	Xi	RiY*Xi
A	0,69	0,00	0,00
B	0,69	4,55	3,12
C	0,69	11,73	8,05
D	0,69	18,91	12,97
E	0,69	26,09	17,90
	3,43		42,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Tabla de rigideces sentido X**

Eje X	RiX	Yi	RiX*Yi
1	0,46	0,00	0,00
2	0,46	2,78	1,27
3	0,46	5,56	2,55
4	0,46	8,23	3,77
	2		7,60

Fuente: elaboración propia.

Cálculo del centro de rigidez:

$$CR_x = \frac{42,04}{3,43} = 12,26$$

$$CR_y = \frac{7,60}{2} = 4,14$$

3.24. Cortante por torsión

Para obtener este valor se calcula el momento torsionante que se obtiene multiplicando el valor de excentricidad por el cortante del nivel analizado. Con estos datos se obtiene el valor cortante por torsión.

Centro de torsión:

$$Y_t = \frac{\sum(Rix*yi)}{\sum Rix} = \frac{13,03978}{3,19016} = 4,09$$

$$x_t = \frac{\sum(Riy*xi)}{\sum Riy} = \frac{42,35}{3,45} = 12,26$$

3.25. Centro de masa

Es el centro de gravedad ponderado por las cargas en relación con un objeto donde se concentra la masa de la edificación. Se conoce como centro de gravedad y es el punto en el cual se concentra la masa de la edificación, debido a que la fuerza gravitacional no permite su rotación se considera un punto de equilibrio.

El centro de masa se calcula mediante la siguiente formula:

$$CCM_{x-y} = \frac{\sum_{i=1}^n (W_{total} * Li_{x-y})}{\sum_{i=1}^n W_{total i}}$$

Cálculo:

$$CCM_x = \frac{2\ 191\ 349,41}{167\ 983,857} = 13,045$$

$$CCM_{x-y} = \frac{695290,749}{167983,57} = 4,06$$

Tabla XXXVIII. Centro de masa en ambos sentidos, niveles 1 y 2

LOSA	Area	Lx	Ly	W losa	W sc	W viva	Wtotal	W total Lx	W total Ly
1	12,1485	2,275	8,23	3413,7285	2429,7	2429,7	8273,1285	18821,3673	68087,8476
2	19,1706	8,14	8,23	5386,9386	3834,12	3834,12	13055,1786	106269,154	107444,12
3	19,1706	15,32	8,23	5386,9386	3834,12	3834,12	13055,1786	200005,336	107444,12
4	19,1706	22,5	8,23	5386,9386	3834,12	3834,12	13055,1786	293741,519	107444,12
5	12,649	2,275	4,17	3554,369	2529,8	2529,8	8613,969	19596,7795	35920,2507
6	19,9604	8,14	4,17	5608,8724	3992,08	3992,08	13593,0324	110647,284	56682,9451
7	19,9604	15,32	4,17	5608,8724	3992,08	3992,08	13593,0324	208245,256	56682,9451
8	19,9604	22,5	4,17	5608,8724	3992,08	3992,08	13593,0324	305843,229	56682,9451
9	12,649	2,275	1,39	3554,369	2529,8	6324,5	12408,669	28229,722	17248,0499
10	19,9604	8,14	1,39	5608,8724	3992,08	9980,2	19581,1524	159390,581	27217,8018
11	19,9604	15,32	1,39	5608,8724	3992,08	9980,2	19581,1524	299983,255	27217,8018
12	19,9604	22,5	1,39	5608,8724	3992,08	9980,2	19581,1524	440575,929	27217,8018
							167983,857	2191349,41	695290,749

Fuente: elaboración propia.

3.26. Excentricidad directa

Es la diferencia entre el centro de masa y centro de rigidez de la estructura.

$$e_{cy} = Y_t - y_m = 13,045 - 12,26 = 0,785$$

$$e_{cx} = x_t - x_m = 4,09 - 4,06 = 0,03$$

3.27. Excentricidad accidental

Según la Norma de Seguridad Estructural para Guatemala NSE-3-2018 capítulo 2.3.2, cuando los diafragmas tengan rigidez cortante se deberá considerar una excentricidad accidental adicional a la excentricidad inherente

que se determinará de la siguiente forma: (i) para fuerzas aplicadas paralelas a alguna de las direcciones de análisis, se sumará al momento inherente de giro un momento de giro accidental (M_{ga}) producto de la fuerza inercial (V_i) multiplicada por una excentricidad accidental igual al 5 % de la dimensión del nivel.

$$E_{acx} = 0,05 * 8,12 = 0,406$$

$$E_{acy} = 0,05 * 26,09 = 1,3045$$

3.28. Excentricidad de diseño

Da paso a la distribución de las fuerzas horizontales y permite determinar el incremento de las fuerzas debido a efectos producidos por sismos.

$$e_{dy} = e_{cy} + e_{accy} = 0,785 + 1,3045 = 2,0895$$

$$e_{dx} = e_{cx} + e_{accx} = 0,03 + 0,406 = 0,436$$

- Momento torsionante:

$$M_t = e_{dx} * v_{bx} = 2,0895 * 119,88 = 250,50$$

$$M_t = e_{dy} * v_{by} = 0,436 * 119,88 = 52,27$$

- Coordenadas de torsión:

$$(10,17; 3,654)$$

Tabla XXXIX. **Resumen de resultados de torsión, primer nivel**

	x	y
Centro de masa	13,045	4,06
Centro de Rigidez	12,26	4,09
ex. Calculada	0,785	0,03
ex. Accidental	1,3045	0,406
ex. Diseño	2,0895	0,436
M torsionante	250,50	52,27
Coordenadas torsion	10,1705	3,654

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Resumen de resultados de torsión, segundo nivel**

	x	y
Centro de masa	13,045	4,06
Centro de Rigidez	12,26	4,09
ex. Calculada	0,785	0,03
ex. Accidental	1,3045	0,406
ex. Diseño	2,0895	0,436
M torsionante	148,48	30,98
Coordenadas torsion	10,1705	3,654

Fuente: elaboración propia.

3.29. Cálculo de cortante total

Es el total de cortante que soporta cada uno de los marcos, en eje X y en eje Y. Se calcula haciendo una sumatoria del cortante directo:

$$vt = v_{directo} + vtorsión$$

- Resumen

Tablas con los resultados para cada uno de los marcos de los ejes X y Y, debido a que para ejemplificar se desarrolló el marco 1 y el marco A.

Tabla XLI. Tabla de marco eje Y nivel 1

Eje Y	RiY	Xi	RiY*Xi	Vdirecto	def (cm)	Xt	RiY*Xt	RiY*Xt^2	Vt	V TOTAL
A	1,00	0,00	0,00	23,98	0,011810	-12,26	-12,20	149,58	-6,52	17,46
B	1,00	4,55	4,53	23,98	0,011810	-7,71	-7,67	59,16	-4,10	19,88
C	1,00	11,73	11,67	23,98	0,011810	-0,53	-0,53	0,28	-0,28	23,70
D	1,00	18,91	18,82	23,98	0,011810	6,65	6,62	44,01	3,53	27,51
E	1,00	26,09	25,96	23,98	0,011810	13,83	13,76	190,35	7,35	31,33
	4,98		60,98					443,38		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. Tabla de marco eje X nivel 1

Eje X	RiX	Yi	RiX*Yi	Vdirecto	def (cm)	Yt	RiX*Yt	RiX*Yt^2	Vt	V TOTAL
1	0,70	0,00	0,00	29,97	0,020969	-4,09	-2,865671974	11,72059837	-0,32	29,65
2	0,70	2,78	1,95	29,97	0,020969	-1,31	-0,917855816	1,202391119	-0,10	29,87
3	0,70	5,45	3,82	29,97	0,020969	1,36	0,95288848	1,295928333	0,11	30,08
4	0,70	8,12	5,69	29,97	0,020969	4,03	2,823632777	11,37924009	0,31	30,29
	2,80		11,46					25,60		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. Tabla de marco eje Y nivel 2

Eje Y	RiY	Xi	RiY*Xi	Vdirecto	def (cm)	Xt	RiY*Xt	RiY*Xt^2	Vt	V TOTAL
A	0,69	0,00	0,00	14,21	0,010082	-12,26	-8,47	103,87	-3,88	10,34
B	0,69	4,55	3,14	14,21	0,010082	-7,71	-5,33	41,08	-2,44	11,78
C	0,69	11,73	8,11	14,21	0,010082	-0,53	-0,37	0,19	-0,17	14,04
D	0,69	18,91	13,07	14,21	0,010082	6,65	4,60	30,56	2,10	16,31
E	0,69	26,09	18,03	14,21	0,010082	13,83	9,56	132,18	4,37	18,58
	3,46		42,35					307,88		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Tabla de marco eje X nivel 2**

Eje X	R _{ix}	Y _i	R _{ix} *Y _i	Vdirecto	def (cm)	Y _t	R _{ix} *Y _t	R _{ix} *Y _t ²	V _t	V TOTAL
1	0,46	0,00	0,00	17,77	0,018989	-4,09	-1,875751238	7,671822565	-0,18	17,59
2	0,46	2,78	1,27	17,77	0,018989	-1,31	-0,600790739	0,787035868	-0,06	17,71
3	0,46	5,45	2,50	17,77	0,018989	1,36	0,623721683	0,848261489	0,06	17,82
4	0,46	8,12	3,72	17,77	0,018989	4,03	1,848234105	7,448383445	0,18	17,94
	2		7,50					16,76		

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de tabla marco Y

$$v_{directo} = \frac{v_{ix} * R_{ix}}{\epsilon R_{ix}} = v_{directo} = \frac{(119,88) * (0,70)}{(280)} = 29,97$$

$$v_{torsion} = \frac{(R_{ix} * X_{it})}{\epsilon(R_{ix} * X_{it}^2 + \epsilon(R_y(Y_{it})^2)} * M = \frac{(-2,8656)}{443,38 + 25,60} * 52,27 = -0,32$$

3.30. Revisión de deriva lateral

Las derivas (Δ) son definidas como la diferencia entre el desplazamiento de un nodo del diafragma k y el correspondiente nodo en el diafragma k-1', según NSE 3 sobre diseño estructural de edificaciones 2018.

Figura 27. Derivas últimas máximas tolerables

Estructura	Clasificación de obra		
	Categoría II	Categoría III	Categoría IV
Edificaciones NSE 7.4	0.007 h_p	0.007 h_p	0.007 h_p
Edificaciones NSE 7.9	0.010 h_p	0.010 h_p	0.010 h_p
Edificaciones en general	0.020 h_p	0.020 h_p	0.015 h_p

h_p es la altura del piso para el que se calcula la deriva.⁽¹⁾

⁽¹⁾Para el diseño de estructuras de acero, aplicar la Tabla 6.2.1 de la norma NSE 7.5.

Fuente: AGIES. NSE 3. *Diseño estructural de edificaciones 2018*. p. 4-5.

$$\Delta U_{max} = 0,025 * h_p \quad \Delta U_{max} = 0,025 * 3\ 80 \quad \Delta U_{max} = 0,095\text{m}$$

El desplazamiento máximo permitido es 0,095 metros (9,50 centímetros).

Marco C:

$$\text{Deriva} = \frac{V_{directo} * 1000}{Rigidez * 2400} = \frac{30 * 1000}{0,80 * 2,4 * 10^6} = 0,01830\text{m}$$

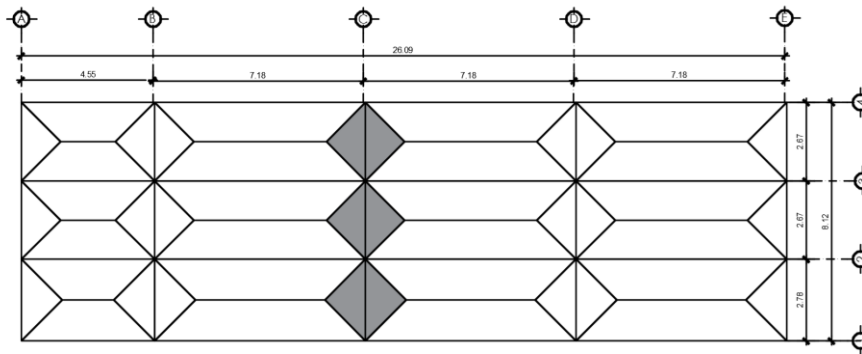
3.31. Análisis de marcos por medio de software y comprobación por medio de un método de análisis estructural

Para esta parte se hizo la comparación con software Etabs 2018 y se comparó con el método de Kany.

3.31.1. Integración de carga vertical

En la figura 28 se muestra la integración de cargas verticales del marco C.

Figura 28. Integración de carga vertical de marco C



Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

- Primer nivel y segundo nivel

- Carga muerta:

Losa:
$$\frac{0 \text{ m}^2 \times 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3}{8,78 \text{ m}} = 0 \text{ kg/m}$$

Viga:
$$\frac{(0,60 - 0,12) \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times \frac{2400 \text{ kg}}{\text{m}^3} \times 8,78 \text{ m}}{8,78 \text{ m}} = 460,8 \text{ kg/m}$$

Sc:
$$\frac{200 \text{ Kg/m}^2 \times 0 \text{ m}^2}{8,12 \text{ m}} = 0 \text{ kg/m}$$

Muro:
$$\frac{250 \text{ Kg/m}^2 \times 3,00 \text{ m} \times 8,78 \text{ m}}{8,78 \text{ m}} = 750 \text{ kg/m}$$

TOTAL:
$$460,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 1210,8 \text{ kg/m}$$

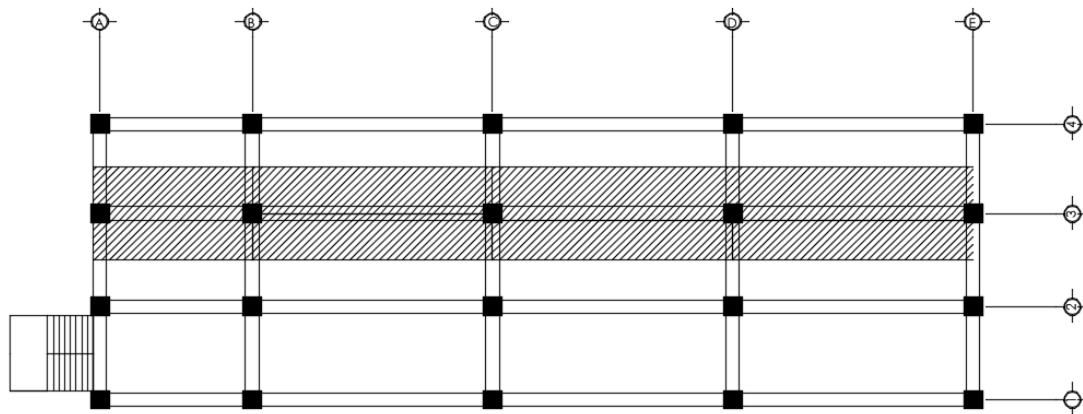
- Carga viva:

Carga viva de aulas:
$$\frac{\frac{200 \text{ Kg}}{\text{m}^2} \times 0 \text{ m}^2}{8,78 \text{ m}} = 0 \text{ kg/m}$$

Carga viva de pasillos: $\frac{500Kg \times 0m^2}{m^2 \times 8,78m} = 0 kg/m$

Total: $0 \frac{kg}{m} + 0 \frac{kg}{m} = 0 kg/m$

Figura 29. Integración de carga vertical de marco 2



PLANO DE DETALLES DE ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:100

Fuente: elaboración propia, empleando Civil AutoCAD 2019.

- Primer nivel y segundo nivel

- Carga muerta:

Losa: $\frac{(53,27)m^2 \times 0,12m \times 2400kg/m^3}{26,64m} = 575,89 kg/m$

Viga: $\frac{(0,60-0,12)m \times 0,40m \times \frac{2400kg}{m^3} \times 26,64m}{26,64m} = 460,8 kg/m$

Sc: $\frac{200Kg/m^2 \times 53,27m^2}{26,64m} = 399,92 kg/m$

Muro: $\frac{250Kg/m^2 \times 3,00m \times 26,64m}{26,64m} = 750 kg/m$

$$\text{Total: } 575,89 \frac{kg}{m} + 460,8 \frac{kg}{m} + 399,92 \frac{kg}{m} + 750 \frac{kg}{m} = 2186,61 \text{ kg/m}$$

- Carga viva:

$$\text{Carga viva de aulas: } \frac{\frac{200Kg}{m^2} \times 26\,635m^2}{26,64m} = 199,96 \text{ kg/m}$$

$$\text{Carga viva de pasillos: } \frac{\frac{500Kg}{m^2} \times 26\,635m^2}{26,64m} = 499,91 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total: } 199,96 \frac{kg}{m} + 499,91 \frac{kg}{m} = 699,87 \text{ kg/m}$$

3.31.2. Método de Kani

Se obtienen las siguientes ecuaciones y procedimiento para el análisis estructural del libro *Cálculo de pórticos de varios pisos* del autor Kani G. N. A.

- Momentos fijos (MF)

Se calculan cuando:

$$M_f = \frac{w * L^2}{12}$$

Donde

M_f=momento fijo en cada uno de los extremos de la viga

W=carga

L=longitud del elemento horizontal (viga)

- Momentos de sujeción (M_s)

Se determina al existir cargas verticales, son iguales a la suma de los momentos fijos de cada nodo.

$$M_s = \sum (MF)$$

Fuerzas de sujeción (H):

Se calculan haciendo un análisis de las fuerzas horizontales aplicadas a cada marco de acuerdo a los niveles que se posean.

Fuerzas cortantes de piso o de nivel (Q_n):

Se determinan al realizar un análisis de fuerzas horizontales aplicadas a cada marco.

$$Q_n = \sum (H)$$

Momentos de piso (M_n):

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

Donde

M_n = momento de piso en kg-m

Q_n = fuerza cortante del piso en Kg

h_n = altura de nivel en m

Rigidez de elementos (K):

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

Donde

K = rigidez del elemento

I = inercia del elemento en m^4

L = longitud del elemento en m

Factores de giro o coeficientes de reparto (μ):

$$\mu = -\frac{1}{2} * \left(\frac{K}{\sum(k)} \right)$$

La suma de los factores de giro por nodo tiene que ser igual -0.50.

Resultados finales de Kani:

Figura 30. Resultados finales de Kani

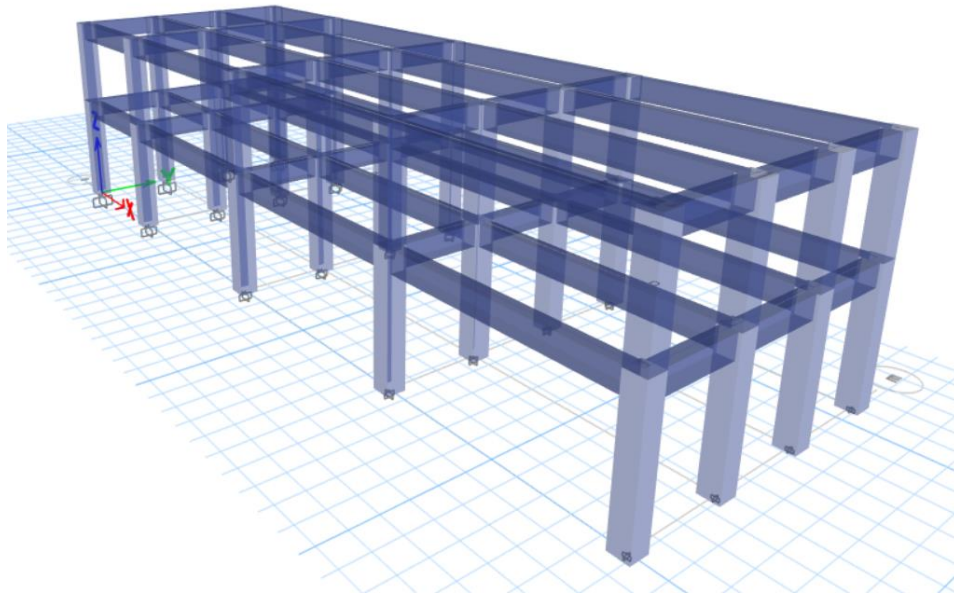
RESULTADOS DE ANALISIS ESTRUCTURAL				
ANALISIS ESTRUCTURAL POR		M CV	M CM	M CS
Nodo		KANI	KANI	KANI
A	→ B	0,09469	0,29584	-9,93049
	→ A	0,18938	0,59168	-7,18282
B	→ C	0,41075	1,28331	1,29068
	→ E	-0,60204	-1,88094	5,89213
C	→ B	0,46168	1,44244	-1,63508
	→ F	-0,46164	-1,44230	1,63506
D	→ E	0,19554	0,61092	-10,70152
	→ D	0,39108	1,22184	-8,72486
E	→ B	1,83196	5,72361	5,28413
	→ F	0,86670	2,70785	-6,43536
	→ H	-3,08974	-9,65331	3,14075
	→ E	0,99036	3,09419	-4,05431
F	→ C	2,01763	6,30371	2,23428
	→ I	-3,00857	-9,39972	1,82001
G	→ H	-0,01035	-0,03232	-10,34639
	→ G	-0,02069	-0,06465	-8,01460
H	→ E	3,36737	10,52071	3,31822
	→ I	-0,08080	-0,25245	-6,06949
	→ K	-3,26602	-10,20406	3,43489
	→ H	-0,12242	-0,38248	-3,77859
I	→ F	3,38335	10,57064	1,84441
	→ L	-3,26089	-10,18802	1,93417
J	→ K	0,04866	0,15204	-10,46804
	→ J	0,09733	0,30407	-8,25790
K	→ H	3,32346	10,38352	3,37410
	→ L	0,28109	0,87820	-6,21202
	→ N	-3,70189	-11,56584	3,76485
	→ K	0,37724	1,17862	-3,60138
L	→ I	3,38293	10,56933	1,99952
	→ O	-3,76017	-11,74793	1,60183
M	→ N	-0,28521	-0,89108	-9,56445
	→ M	-0,57042	-1,78217	-6,45072
N	→ K	1,99427	6,23071	4,21638
	→ O	-1,42385	-4,44854	2,23432
O	→ N	-1,76390	-5,51096	-1,13878
	→ L	1,76390	5,51096	1,13878

Fuente: elaboración propia.

3.31.3. Análisis por medio del programa ETABS

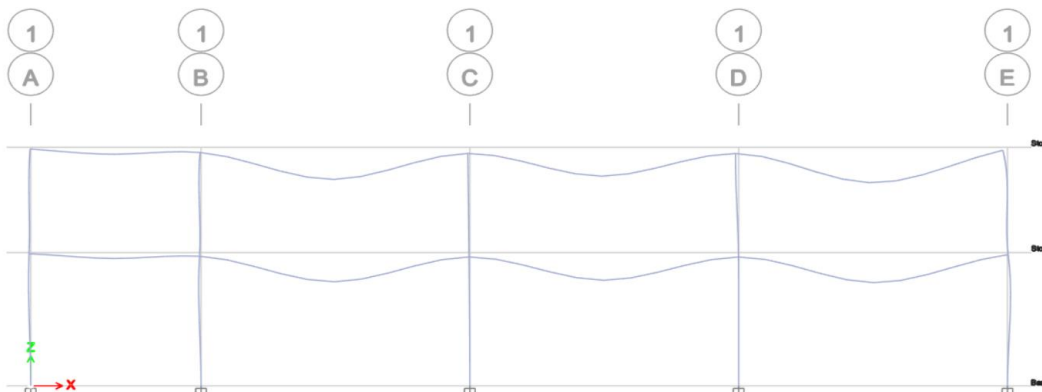
El programa de análisis estructural y dimensionamiento de edificios efectúa el análisis tridimensional de la estructura de acuerdo con los factores definidos: secciones transversales de los elementos estructurales y propiedades de los materiales.

Figura 31. **Modelo 3D de la estructura**



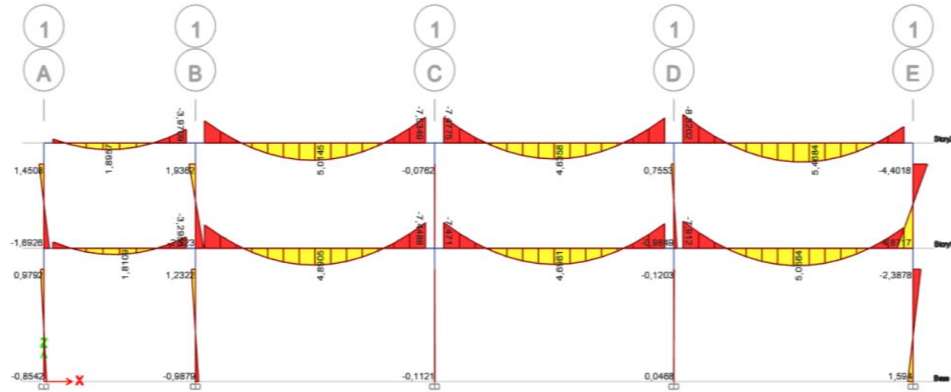
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 32. **Carga muerta de eje 2, deformación**



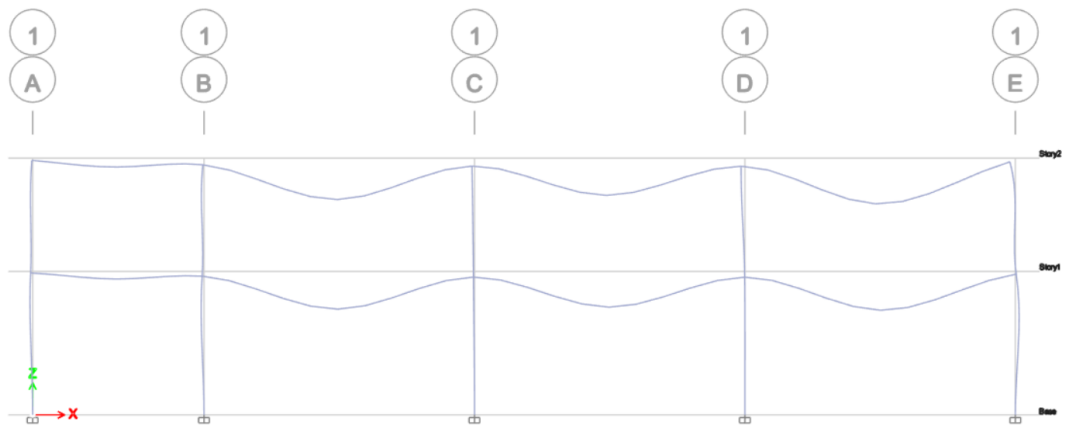
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 33. **Carga muerta de eje 2, diagrama momento**



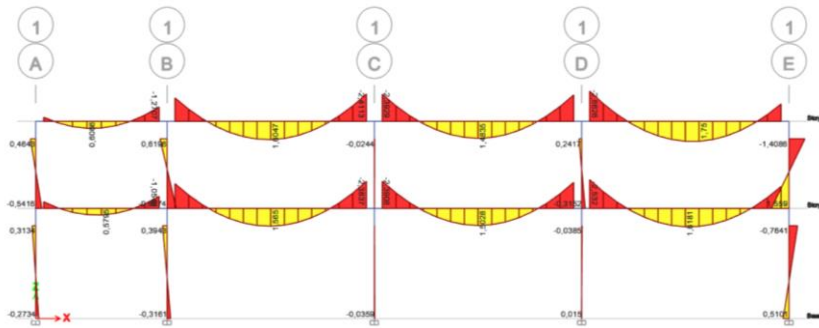
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 34. **Carga viva de eje 2, deformación**



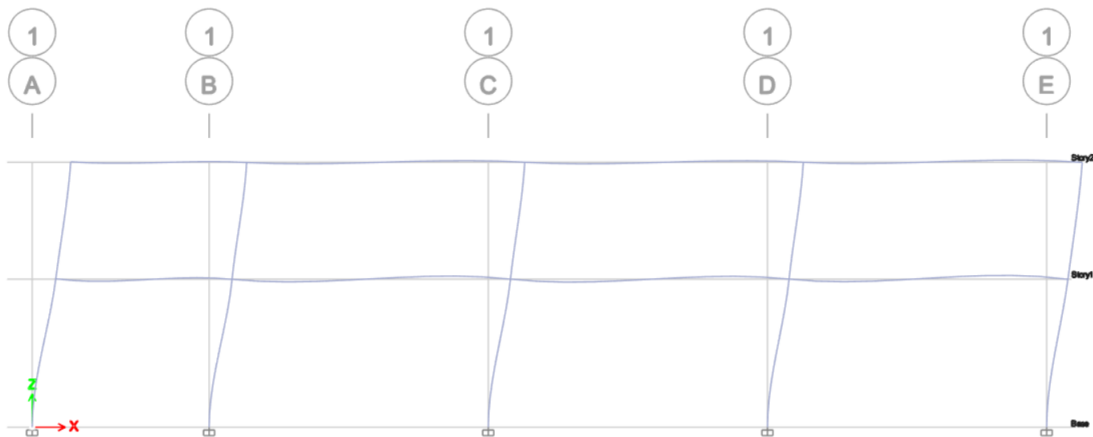
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 35. **Carga viva de eje 2, momentos**



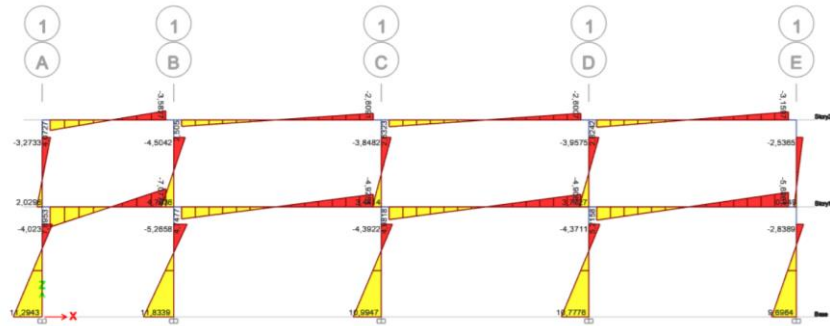
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 36. **Carga de sismo, eje 2**



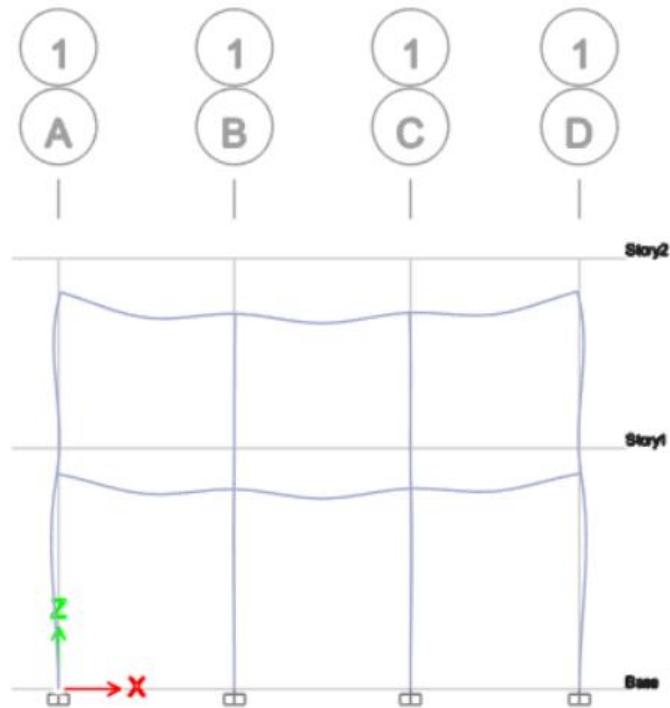
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 37. **Carga de sismo de eje 2 cortante**



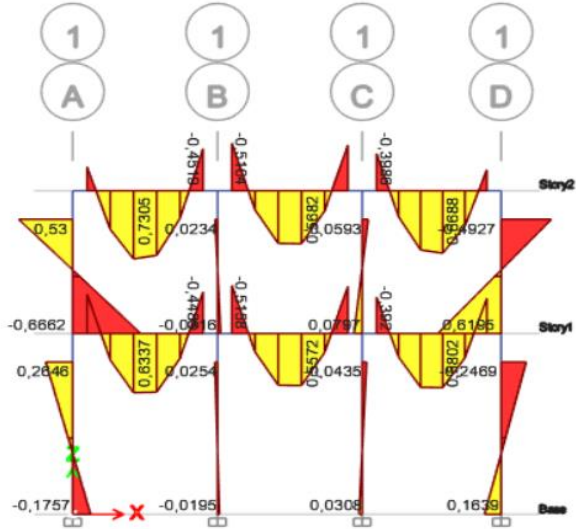
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 38. **Carga muerta de eje c por medio de ETABS**



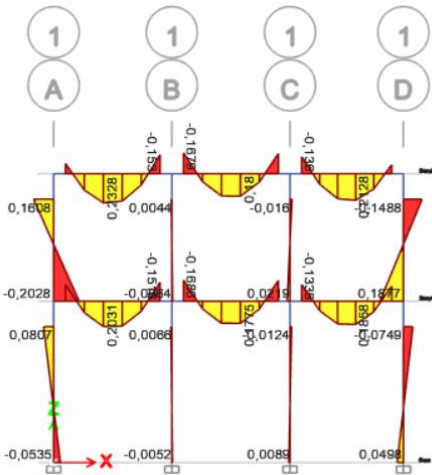
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 39. **Carga muerta de eje c, diagrama de momentos**



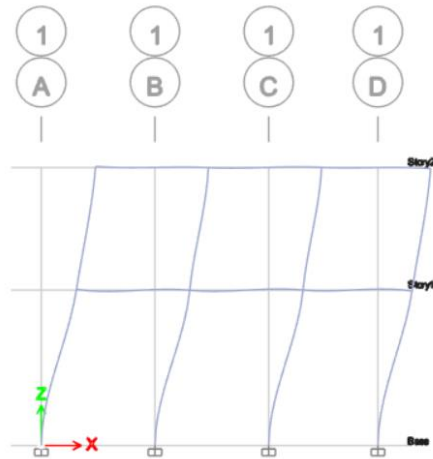
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 40. **Carga viva de eje c por medio de ETABS**



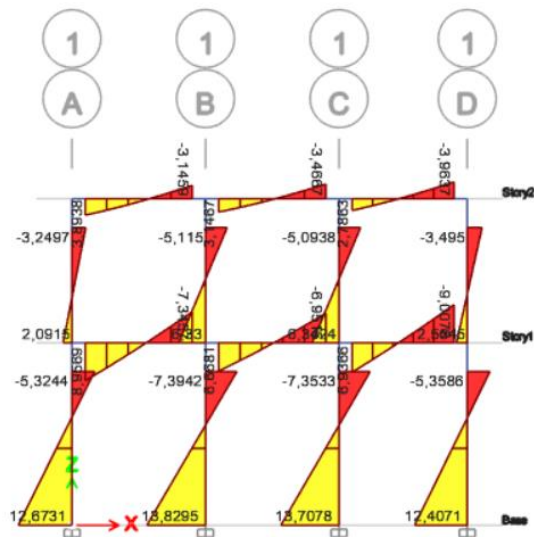
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 41. **Carga de sismo de eje c por medio de ETABS**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Figura 42. **Carga de sismo de eje c, diagrama cortante**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

3.32. Envolverte de momentos

En el proceso del cálculo de las envolventes, se usarán los momentos obtenidos por el método numérico Kani, se muestran los resultados en las tablas siguientes:

3.32.1. Combinación de cargas

Según AGIES NSE 3-2018 sección 8.3 se utilizarán las combinaciones de cargas siguientes para el cálculo de envolvente de momentos:

$$CR1 = 1,4M$$

$$CR2 = 1,2M + 1,6V + 0,5(Vt \text{ ó } PL \text{ ó } Ar)$$

$$CR3 = 1,2M + V + 1,6(Vt \text{ ó } PL \text{ ó } Ar)$$

$$CR4 = 1,2M + V + SVD \pm SHD$$

$$CR5 = 0,9M - SVD \pm SHD$$

Tabla XLV. Envoltente de vigas y columnas, eje 2

	TRAMO BE	TRAMO EH	TRAMO HK	TRAMO KN
Longitud	4,55	7,18	7,18	7,18
Carga M	2,19	2,19	2,19	2,19
Carga V	0,70	0,70	0,70	0,70

	TRAMO CF	TRAMO FI	TRAMO IL	TRAMO LO
Longitud	4,55	7,18	7,18	7,18
Carga M	2,19	2,19	2,19	2,19
Carga V	0,70	0,70	0,70	0,70

	TRAMO BE			TRAMO EH			TRAMO HK			TRAMO KN		
	M (B-E)	M(+)	M (E-B)	M (E-H)	M(+)	M (H-E)	M (H-K)	M(+)	M (K-H)	M (K-N)	M(+)	M (N-K)
CM	-1,88	3,23	5,72	-9,65	7,05	10,52	-10,20	7,05	10,38	-11,57	8,05	6,23
CV	-0,60	1,03	1,83	-3,09	2,25	3,37	-3,27	2,25	3,32	-3,70	2,58	1,99
CS	7,89	0,00	7,07	4,75	0,00	4,92	4,98	0,00	4,90	5,21	0,00	5,69
CR1	-2,63	4,53	8,01	-13,51	9,86	14,73	-14,29	9,86	14,54	-16,19	11,27	8,72
CR2	-3,22	5,54	9,80	-16,53	12,06	18,01	-17,47	12,06	17,78	-19,80	13,79	10,67
CR3	-2,86	4,92	8,70	-14,67	10,71	15,99	-15,51	10,71	15,78	-17,58	12,24	9,47
CR4.1	5,03	4,92	15,77	-9,92	10,71	20,91	-10,53	10,71	20,68	-12,37	12,24	15,16
CR4.2	-10,75	4,92	1,63	-19,42	10,71	11,07	-20,49	10,71	10,88	-22,79	12,24	3,78
CR5.1	6,20	2,91	12,22	-3,94	6,34	14,39	-4,20	6,34	14,25	-5,20	7,25	11,30
CR5.2	9,58	2,91	1,92	13,44	6,34	4,55	14,16	6,34	4,45	15,62	7,25	0,08
MAX	9,58	5,54	15,77	13,44	12,06	20,91	14,16	12,06	20,68	15,62	13,79	15,16

	TRAMO CF			TRAMO FI			TRAMO IL			TRAMO LO		
	M (C-F)	M(+)	M (F-C)	M (F-I)	M(+)	M (I-F)	M (I-L)	M(+)	M (L-I)	M (L-O)	M(+)	M (O-L)
CM	-1,44	3,23	6,30	-9,40	7,05	10,57	-10,19	7,05	10,57	-11,75	8,05	5,51
CV	-0,46	1,03	2,02	-3,01	2,25	3,38	-3,26	2,25	3,38	-3,76	2,58	1,76
CS	4,07	0,00	3,58	2,50	0,00	2,61	2,63	0,00	2,61	2,82	0,00	3,16
CR1	-2,02	4,53	8,83	-13,16	9,86	14,80	-14,26	9,86	14,80	-16,45	11,27	7,72
CR2	-2,47	5,54	10,79	-16,09	12,06	18,10	-17,44	12,06	18,10	-20,11	13,79	9,44
CR3	-2,19	4,92	9,58	-14,29	10,71	16,07	-15,49	10,71	16,07	-17,86	12,24	8,38
CR4.1	1,88	4,92	13,16	-11,79	10,71	18,68	-12,86	10,71	18,68	-15,04	12,24	11,54
CR4.2	-6,26	4,92	6,00	-16,79	10,71	13,46	-18,12	10,71	13,46	-20,68	12,24	5,22
CR5.1	2,77	2,91	9,25	-5,96	6,34	12,12	-6,54	6,34	12,12	-7,75	7,25	8,12
CR5.2	5,37	2,91	2,09	10,96	6,34	6,90	11,80	6,34	6,90	13,39	7,25	1,80
MAX	5,37	5,54	13,16	10,96	12,06	18,68	11,80	12,06	18,68	13,39	13,79	11,54

	TRAMO AB		TRAMO DE		TRAMO GH		TRAMO JK		TRAMO MN	
	M (A-B)	M (B-A)	M (D-E)	M (E-D)	M (G-H)	M (H-G)	M (J-K)	M (K-J)	M (M-N)	M (N-M)
CM	0,30	0,97	0,61	1,23	-0,11	0,02	0,15	0,30	1,59	-2,38
CV	0,09	0,31	0,32	0,39	0,04	0,01	0,05	0,10	0,51	-0,76
CS	-11,29	-7,18	-11,83	-8,72	-10,99	-8,01	-10,78	-8,26	-9,69	-6,45
CR1	0,41	1,36	0,86	1,72	-0,15	0,02	0,21	0,43	2,23	-3,33
CR2	0,51	1,66	1,25	2,10	-0,07	0,03	0,26	0,52	2,72	-4,07
CR3	0,45	1,47	1,05	1,87	-0,10	0,03	0,23	0,46	2,42	-3,62
CR4.1	-10,84	-5,71	-10,78	-6,86	-11,09	-7,99	-10,55	-7,80	-7,27	-10,07
CR4.2	11,74	8,66	12,88	10,59	10,89	8,04	11,01	8,72	12,11	2,83
CR5.1	-11,02	-6,31	-11,28	-7,62	-11,09	-8,00	-10,64	-7,98	-8,26	-8,59
CR5.2	11,56	8,06	12,38	9,83	10,89	8,03	10,92	8,53	11,12	4,31
MAX	11,74	8,66	12,88	10,59	10,89	8,04	11,01	8,72	12,11	4,31

	TRAMO BC		TRAMO EF		TRAMO HI		TRAMO KL		TRAMO NO	
	M (B-C)	M (C-B)	M (E-F)	M (F-E)	M (H-I)	M (I-H)	M (K-L)	M (L-K)	M (N-O)	M (O-N)
CM	1,28	1,45	2,71	3,09	0,01	0,07	0,88	1,18	4,87	-5,51
CV	0,41	0,46	0,87	0,99	0,00	-0,12	0,28	0,38	1,56	-1,76
CS	2,02	-3,27	0,50	-4,50	-6,07	-3,85	-6,21	-3,95	2,23	-2,54
CR1	1,80	2,03	3,79	4,33	0,01	0,10	1,23	1,65	6,82	-7,72
CR2	2,20	2,48	4,64	5,30	0,01	-0,11	1,50	2,02	8,34	-9,44
CR3	1,95	2,20	4,12	4,70	0,01	-0,04	1,33	1,79	7,40	-8,38
CR4.1	3,97	-1,07	4,62	0,20	-6,06	-3,89	-4,88	-2,16	9,64	-10,92
CR4.2	-0,07	5,47	3,62	9,20	6,08	3,81	7,55	5,74	5,17	-5,84
CR5.1	3,17	-1,97	2,94	-1,72	-6,06	-3,79	-5,42	-2,89	6,62	-7,50
CR5.2	0,87	4,58	1,94	7,28	6,08	3,91	7,00	5,01	2,15	2,42
MAX	3,97	5,47	4,64	9,20	6,08	3,91	7,55	5,74	9,64	2,42

VIGAS

COLUMNAS

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. Envoltente de vigas y columnas, eje C

	TRAMO BE	TRAMO EH	TRAMO HK
Longitud	2,78	2,78	2,67
Carga M	1,21	1,21	1,21
Carga V	0,00	0,00	0,00

	TRAMO CF	TRAMO FI	TRAMO IL
Longitud	2,78	2,78	2,67
Carga M	1,21	1,21	1,21
Carga V	0,00	0,00	0,00

	TRAMO BE			TRAMO EH			TRAMO HK		
	M (B-E)	M(+)	M (E-B)	M (E-H)	M(+)	M (H-E)	M (H-K)	M(+)	M (K-H)
CM	-0,45	0,67	0,92	-0,72	0,58	1,29	-2,06	0,62	5,48
CV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CS	8,96	0,00	7,35	6,66	0,00	6,95	5,09	0,00	10,07
CR1	-0,63	0,94	1,29	-1,00	0,82	1,80	-2,88	0,86	7,67
CR2	-0,54	0,80	1,10	-0,86	0,70	1,54	-2,47	0,74	6,57
CR3	-0,54	0,80	1,10	-0,86	0,70	1,54	-2,47	0,74	6,57
CR4.1	8,42	0,80	8,45	5,80	0,70	8,49	2,62	0,74	16,64
CR4.2	-9,50	0,80	-6,25	-7,52	0,70	-5,41	-7,56	0,74	-3,50
CR5.1	8,55	0,60	8,18	6,02	0,53	8,11	3,24	0,55	15,00
CR5.2	9,37	0,60	6,52	7,30	0,53	5,79	6,94	0,55	5,15
MAX	9,37	0,94	8,45	7,30	0,82	8,49	6,94	0,86	16,64

	TRAMO CF			TRAMO FI			TRAMO IL		
	M (C-F)	M(+)	M (F-C)	M (F-I)	M(+)	M (I-F)	M (I-L)	M(+)	M (L-I)
CM	-0,34	0,67	1,04	-0,96	0,58	0,67	-0,74	0,62	1,05
CV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CS	3,89	0,00	3,14	3,15	0,00	3,85	3,72	0,00	3,96
CR1	-0,48	0,94	1,45	-1,34	0,82	0,94	-1,04	0,86	1,47
CR2	-0,41	0,80	1,25	-1,15	0,70	0,80	-0,89	0,74	1,26
CR3	-0,41	0,80	1,25	-1,15	0,70	0,80	-0,89	0,74	1,26
CR4.1	3,48	0,80	4,39	2,00	0,70	4,65	2,82	0,74	5,22
CR4.2	-4,30	0,80	-1,89	-4,30	0,70	-3,05	-4,61	0,74	-2,70
CR5.1	3,58	0,60	4,07	2,29	0,53	4,45	3,05	0,55	4,90
CR5.2	4,20	0,60	2,21	4,01	0,53	3,25	4,38	0,55	3,02
MAX	4,20	0,94	4,39	4,01	0,82	4,65	4,38	0,86	5,22

	TRAMO AB		TRAMO DE		TRAMO GH		TRAMO JK	
	M (A-B)	M (B-A)	M (D-E)	M (E-D)	M (G-H)	M (H-G)	M (J-K)	M (K-J)
CM	0,07	0,26	-0,04	0,03	0,19	0,38	0,16	-2,54
CV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CS	-12,67	5,32	13,83	7,40	-13,71	-8,01	-12,41	-9,29
CR1	0,10	0,36	-0,06	0,04	0,27	0,53	0,22	-3,56
CR2	0,09	0,31	-0,05	0,03	0,23	0,45	0,19	-3,05
CR3	0,09	0,31	-0,05	0,03	0,23	0,45	0,19	-3,05
CR4.1	-12,58	5,63	13,78	7,43	-13,48	-7,56	-12,22	-12,33
CR4.2	12,76	-5,01	-13,88	-7,37	13,94	8,47	12,60	6,24
CR5.1	-12,61	5,55	13,79	7,42	-13,54	-7,67	-12,27	-11,57
CR5.2	12,73	5,09	13,87	7,38	13,88	8,36	12,55	7,00
MAX	12,76	5,63	13,87	7,43	13,94	8,47	12,60	7,00

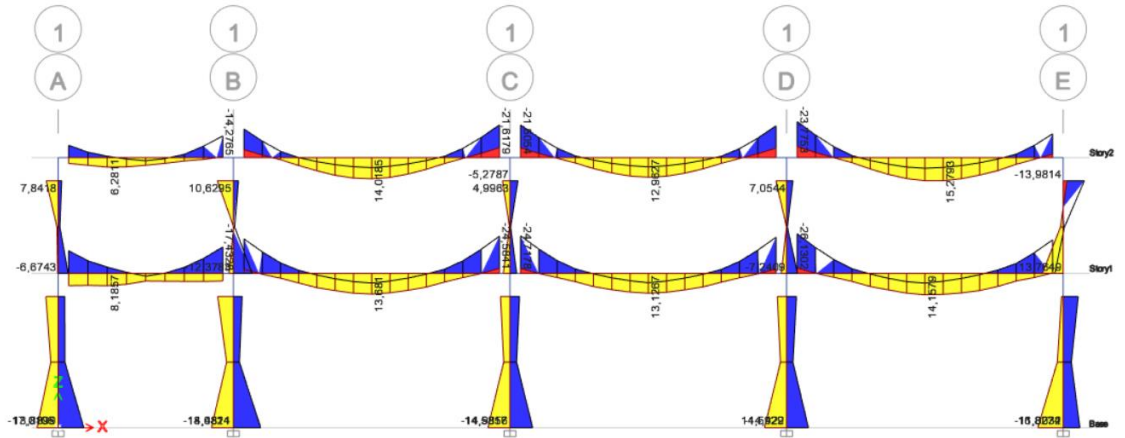
	TRAMO BC		TRAMO EF		TRAMO HI		TRAMO KL	
	M (B-C)	M (C-B)	M (E-F)	M (F-E)	M (H-I)	M (I-H)	M (K-L)	M (L-K)
CM	0,31	0,53	-0,12	0,02	0,40	0,07	0,62	-1,05
CV	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CS	2,09	3,25	6,33	-5,11	-6,34	6,94	2,55	3,49
CR1	0,43	0,74	-0,17	0,03	0,56	0,10	0,87	-1,47
CR2	0,37	0,64	-0,14	0,02	0,48	0,09	0,74	-1,26
CR3	0,37	0,64	-0,14	0,02	0,48	0,09	0,74	-1,26
CR4.1	2,46	3,89	6,19	-5,09	-5,86	7,03	3,29	2,23
CR4.2	-1,72	-2,61	-6,47	5,13	6,82	-6,85	-1,81	-4,75
CR5.1	2,37	3,73	6,22	-5,09	-5,98	7,01	3,11	2,55
CR5.2	1,81	2,77	6,44	5,13	6,70	6,87	1,99	4,43
MAX	2,46	3,89	6,44	5,13	6,82	7,03	3,29	4,43

VIGAS

COLUMNAS

Fuente: elaboración propia.

Figura 43. **Envolvente de momentos usando ETABS, eje 2**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2018.

Tabla XLVII. Tabla comparativa de resultados de análisis estructural de eje 2

COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ANALISIS ESTRUCTURAL										
ANALISIS ESTRUCTURAL POS		M CV			M CM			M CS		
Nodo		KANI	%	ETABS	KANI	%	ETABS	KANI	%	ETABS
A	→ B	0,09469	65%	-0,27000	0,29584	65%	-0,85000	-9,93049	12%	-11,29000
	→ A	0,18938	39%	0,31000	0,59168	39%	0,97000	-7,18282	44%	-4,02000
B	→ C	0,41075	24%	-0,54000	1,28331	24%	-1,69000	1,29068	36%	2,02000
	→ E	-0,60204	4%	-0,58000	-1,88094	3%	-1,83000	5,89213	25%	7,89000
C	→ B	0,46168	0%	0,46000	1,44244	1%	1,45000	-1,63508	50%	-3,27000
	→ F	-0,46164	20%	-0,37000	-1,44230	21%	-1,14000	1,63506	60%	4,07000
D	→ E	0,19554	39%	0,32000	0,61092	38%	-0,98000	-10,70152	10%	-11,83000
	→ D	0,39108	0%	0,39000	1,22184	1%	1,23000	-8,72486	40%	-5,26000
E	→ B	1,83196	43%	1,05000	5,72361	43%	3,29000	5,28413	25%	7,07000
	→ F	0,86670	7%	-0,81000	2,70785	7%	-2,52000	-6,43536	26%	-4,78000
	→ H	-3,08974	29%	-2,18000	-9,65331	30%	-6,80000	3,14075	34%	4,75000
F	→ E	0,99036	37%	0,62000	3,09419	38%	1,93000	-4,05431	10%	-4,50000
	→ C	2,01763	37%	1,27000	6,30371	37%	3,97000	2,23428	38%	3,58000
	→ I	-3,00857	31%	-2,07000	-9,39972	31%	-6,47000	1,82001	27%	2,50000
G	→ H	-0,01035	71%	0,03600	-0,03232	71%	-0,11000	-10,34639	6%	-10,99000
	→ G	-0,02069	76%	0,00500	-0,06465	74%	0,01700	-8,01460	45%	-4,39000
	→ E	3,36737	29%	2,38000	10,52071	29%	-7,45000	3,31822	33%	4,92000
H	→ I	-0,08080	97%	0,00220	-0,25245	97%	0,00700	-6,06949	43%	-3,44000
	→ K	-3,26602	27%	-2,39000	-10,20406	27%	-7,47000	3,43489	31%	4,98000
I	→ H	-0,12242	80%	-0,02400	-0,38248	82%	0,07000	-3,77859	2%	-3,85000
	→ F	3,38335	29%	2,41000	10,57064	29%	7,53000	1,84441	29%	2,61000
	→ L	-3,26089	27%	-2,39000	-10,18802	27%	-7,48000	1,93417	26%	2,63000
J	→ K	0,04866	69%	0,01500	0,15204	69%	0,04700	-10,46804	3%	-10,78000
	→ J	0,09733	61%	-0,03800	0,30407	61%	-0,12000	-8,25790	47%	-4,37000
K	→ H	3,32346	31%	2,29000	10,38352	31%	7,17000	3,37410	31%	4,90000
	→ L	0,28109	9%	-0,31000	0,87820	10%	-0,98000	-6,21202	39%	-3,77000
	→ N	-3,70189	32%	-2,53000	-11,56584	32%	-7,91000	3,76485	28%	5,21000
L	→ K	0,37724	36%	0,24000	1,17862	36%	0,75000	-3,60138	9%	-3,95000
	→ I	3,38293	32%	2,31000	10,56933	31%	7,28000	1,99952	23%	2,61000
	→ O	-3,76017	29%	-2,66000	-11,74793	29%	-8,32000	1,60183	43%	2,82000
M	→ N	-0,28521	44%	0,51000	-0,89108	44%	1,59000	-9,56445	1%	-9,69000
	→ M	-0,57042	25%	-0,76000	-1,78217	25%	-2,38000	-6,45072	56%	-2,84000
N	→ K	1,99427	4%	1,92000	6,23071	4%	6,00000	4,21638	26%	5,69000
	→ O	-1,42385	9%	1,56000	-4,44854	9%	4,87000	2,23432	57%	0,95000
O	→ N	-1,76390	21%	-1,40000	-5,51096	20%	-4,40000	-1,13878	55%	-2,54000
	→ L	1,76390	13%	1,53000	5,51096	13%	4,79000	1,13878	64%	3,16000

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Tabla comparativa de los resultados del análisis estructural de eje C**

COMPARATIVA DE RESULTADOS DE ANALISIS ESTRUCTURAL									
Nodo	M CV			M CM			M CS		
	KANI	%	ETABS	KANI	%	ETABS	KANI	%	ETABS
A → B	0,00000	-	0,0000	0,07220	58%	-0,17000	-9,93049	22%	-12,67000
→ A	0,00000	-	0,0000	0,14441	44%	0,26000	-7,18282	26%	5,32000
B → C	0,00000	-	0,0000	0,30823	54%	-0,67000	1,29068	38%	2,09000
→ E	0,00000	-	0,0000	-0,45320	7%	-0,42000	5,89213	34%	8,96000
C → B	0,00000	-	0,0000	0,34209	35%	0,53000	-1,63508	50%	3,25000
→ F	0,00000	-	0,0000	-0,34207	24%	-0,26000	1,63506	58%	3,89000
D → E	0,00000	-	0,0000	-0,04233	55%	-0,01900	-10,70152	23%	13,83000
→ D	0,00000	-	0,0000	-0,08466	70%	0,02500	-8,72486	15%	7,40000
E → B	0,00000	-	0,0000	0,91983	52%	-0,44000	5,28413	28%	7,35000
→ F	0,00000	-	0,0000	-0,11950	75%	-0,03000	-6,43536	2%	6,33000
→ H	0,00000	-	0,0000	-0,71567	29%	-0,51000	3,14075	53%	6,66000
→ E	0,00000	-	0,0000	-0,07815	74%	0,02000	-4,05431	21%	-5,11000
F → C	0,00000	-	0,0000	1,03860	57%	0,45000	2,23428	29%	3,14000
→ I	0,00000	-	0,0000	-0,96064	47%	-0,51000	1,82001	42%	3,15000
G → H	0,00000	-	0,0000	0,18938	84%	0,03000	-10,34639	25%	-13,71000
→ G	0,00000	-	0,0000	0,37876	89%	-0,04000	-8,01460	8%	-7,35000
H → E	0,00000	-	0,0000	1,28504	61%	0,50000	3,31822	52%	6,95000
→ I	0,00000	-	0,0000	0,39658	80%	0,08000	-6,06949	4%	-6,34000
→ K	0,00000	-	0,0000	-2,06053	81%	-0,39000	3,43489	33%	5,09000
→ H	0,00000	-	0,0000	0,07344	18%	-0,06000	-7,56574	8%	6,94000
I → F	0,00000	-	0,0000	0,66871	27%	0,49000	3,85025	10%	3,47000
→ L	0,00000	-	0,0000	-0,74212	46%	-0,40000	3,71549	25%	2,79000
J → K	0,00000	-	0,0000	-1,26969	87%	0,16000	-12,17690	2%	-12,41000
→ J	0,00000	-	0,0000	-2,53937	90%	-0,25000	-9,28554	42%	-5,35000
K → H	0,00000	-	0,0000	5,47518	93%	0,37000	10,07341	11%	9,00000
→ L	0,00000	-	0,0000	-2,93583	79%	0,62000	-0,78787	69%	2,55000
L → K	0,00000	-	0,0000	-1,04686	53%	-0,49000	-3,44981	1%	3,49000
→ I	0,00000	-	0,0000	1,04686	78%	0,23000	3,44981	13%	3,96000

Fuente: elaboración propia.

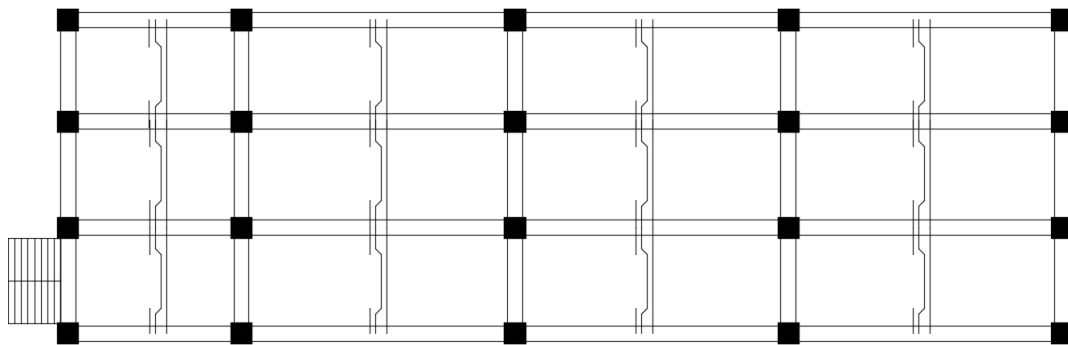
3.33. Diseño de elementos estructurales

Después de realizado el análisis estructural y haberlo comparado con el software y demostrar que sí cumple con el cálculo realizado a mano se procede a diseñar los elementos de los marcos de concreto.

3.33.1. Diseño de losa

Una losa maciza cubre tableros rectangulares o cuadrados cuyos bordes descansan sobre vigas a las cuales les transmiten su carga y estas a su vez a las columnas.

Figura 44. Losas de la escuela



 **PLANO DE DETALLES DE ARMADO DE LOSA**
ESCALA 1:100

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

Cargas de losa:

CM=peso propio +sobrecarga y acabados

$$CM = (2400)(0,12) + 200$$

$$CM = 4800$$

$$CV = 200$$

$$CV = 500$$

Carga muerta última

$$CM_u = 1,2(488) = 585,6$$

$$CV_u = 1,6(200) = 320$$

$$CV_u = 1,6(500) = 800$$

Carga última en aulas = 905,6

Carga última en pasillos = 1385,6

Se realiza el cálculo demostrativo de una losa:

$$m = \frac{a}{b} = \frac{\text{Lado corto}}{\text{lado largo}}$$

Se revisa cada paño para determinar si es de uno o dos sentidos:

$$m_{15} = \frac{2,67}{4,55} = 0,5868 \text{ (dos sentidos)}$$

$$m_{23,46,78} = \frac{2,67}{7,18} = 0,3718 \text{ (un sentido)}$$

$$m_9 = \frac{2,78}{4,55} = 0,61 \text{ (dos sentidos)}$$

$$m_{1011,12} = \frac{2,78}{7,18} = 0,3872 \text{ (un sentido)}$$

Se calculan los espesores de las losas:

Tabla XLIX. **Espesores de losa ACI 318-19**

Tabla 7.3.1.1 — Espesor mínimo de losas en una dirección macizas no preesforzadas

Condición de apoyo	h mínimo ⁽¹⁾
Simplemente apoyadas	$l/20$
Un extremo continuo	$l/24$
Ambos extremos continuos	$l/28$
En voladizo	$l/10$

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 94.

Se utilizarán las fórmulas:

$$t = \frac{l}{24}, t = \frac{l}{28}, t = \frac{\text{perimetro}}{180}$$

$$t_1 = \frac{2(4,55) + 2(2,67)}{180} = 0,080$$

$$t_2 = \frac{2,67}{28} = 0,095$$

$$t_3 = \frac{2,67}{28} = 0,095$$

$$t_4 = \frac{2,67}{24} = 0,1112$$

$$t_5 = \frac{2(4,55) + 2(2,67)}{180} = 0,080$$

$$t_6 = \frac{2,67}{28} = 0,095$$

$$t_7 = \frac{2,67}{28} = 0,095$$

$$t_8 = \frac{2,67}{24} = 0,1112$$

$$t_9 = \frac{2(4,55) + 2(2,67)}{180} = 0,080$$

$$t_{10} = \frac{2,78}{28} = 0,099$$

$$t_{11} = \frac{2,78}{28} = 0,099$$

$$t_{12} = \frac{2,78}{24} = 0,1158$$

Se elige espesor de losa 0,12 por fines prácticos, ya que el mayor espesor es de 0,1158.

Se procede al cálculo de momentos en losas:

- Momentos negativos en losa

$$M_{acm} = C_{ACm}(W)(A^2) = (0,092)(905,6)(2,67)^2 = 593,95$$

$$M_{BCm} = C_{BCm}(W)(A^2) = (0,008)(905,6)(4,55)^2 = 149,99$$

- Momentos positivos en losa:

$$M_a = C_{Aposcm}(W)(A^2) = (0,056)(585,6)(2,67)^2 + (0,072)(320)(2,67)^2 = 398,03$$

$$M_B C_{Bposcm}(W)(A^2) = (0,005)(585,6)(4,55)^2 + (0,072)(320)(3,20)^2 = 296,55$$

Discontinuas:

$$\frac{1}{3}(398,03) = 132,68$$

$$\frac{1}{3}(296,55) = 98,85$$

Losa 2:

$$\frac{wl^2}{10} = \frac{925,6(2,67)^2}{10} = 659,85$$

$$\frac{wl^2}{14} = \frac{925,6(2,67)^2}{14} = 471,32$$

Losa 5:

- Momentos negativos en losa:

$$M_{acm} = C_{ACm}(W)(A^2) = (0,086)(925,6)(2,67)^2 = 567,47$$

$$M_{Bcm} = C_{BCm}(W)(A^2) = (0,005)(925,6)(4,55)^2 = 95,81$$

- Momentos positivos en losa:

$$M_a = C_{Aposcm}(W)(A^2) = (0,037)(585,6)(2,67)^2 + (0,063)(320)(2,67)^2 = 298,18$$

$$M_B C_{Bposcm}(W)(A^2) = (0,003)(585,6)(4,55)^2 + (0,006)(320)(4,55)^2 = 76,12$$

Discontinuas:

$$\frac{1}{3}(298,18) = 99,39$$

Balaceo de momentos:

$$M_1 = 593,95$$

$$M_2 = 149,99$$

$$M_1 > 0,8M_2$$

$$567,47 > 0,8(95,81)$$

$$567,47 > 76,649 \text{ (rigidez)}$$

$$M_1 > 0,8M_2 \text{ (promedios)}$$

$$593,95 > 0,8(149,99)$$

$$593,95 > 119,99$$

$$M_1 = 593,95$$

$$M_2 = 149,99$$

Se obtienen las rigidices:

$$K_1 = \frac{1}{2,67} = 0,37$$

$$K_2 = \frac{1}{2,78} = 0,36$$

$$F_{d1} = \frac{K_1}{K_1+K_2} = F_{d1} = \frac{K_1}{K_1+K_2} = \frac{(0,37)}{(0,37)+(0,36)} = 0,51$$

$$F_{d1} = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{(0,36)}{(0,37) + (0,36)} = 0,49$$

Tabla L. Balanceo de momentos

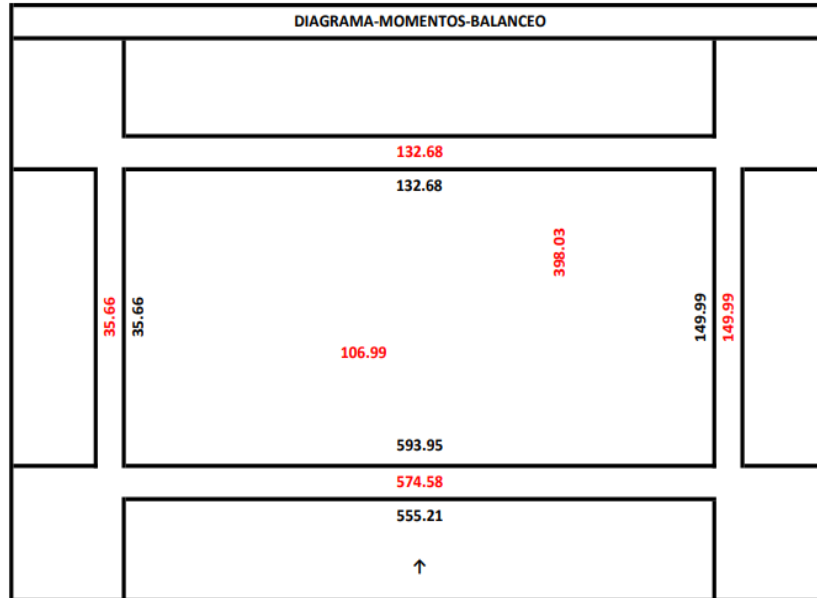
$k_1 = 0,37$ $F_{d1} = 0,51$		$k_2 = 0,36$ $F_{d2} = 0,49$	
$555,21$ $(M_2 - M_1) (F_{d1})$ $19,37$		$593,95$ $(M_2 - M_1) (F_{d2})$ $(1054,58-627,31) ($ $0,49) (-1)$ $-19,37$	
574,58=574,58			

RESULTADOS		DATOS		PERALTE EFECTIVO
Momento Crítico Lado Corto	846.37 Kg-m	f_y	2810 Kg/cm ²	$d = t - Rec - \frac{\emptyset}{2}$ d 8.53 cm
Momento Crítico Lado Largo	349.15 Kg-m	f'_c	280 Kg/cm ²	
Espesor de Losa t	0.12 m	b	100 cm	
		Recubrimiento	3 cm	
		\emptyset de Varilla	3/8 pulg	
		Smax	30 cm	

CÁLCULO DE ÁREAS ACERO				
ACERO MÍNIMO	Área de Acero Mínimo	Momento Resistente	Chequeo	Plantilla de Acero
	$Si f'_c < 315 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow A_{smin} = 0.40 \frac{14.1}{f_y} b d$ $Si f'_c > 315 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow A_{smin} = 0.40 \frac{0.8 \sqrt{f'_c}}{f_y} b d$	$M_u = \emptyset \left[A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{1.7 f'_c b} \right) \right]$	384.77 > 846.37 X 384.77 > 349.15 ✓	$\frac{s}{100} \times \frac{0.71}{1.71}$ 41.52 < 30 X
	Asmin 1.71 cm ²	Mu 384.77 Kg-m		3 \emptyset 3/8 @ 30 cm
ACERO REAL	Área de Acero Real	Lado Corto	Plantilla de Acero Lado Corto	Plantilla de Acero Lado Largo
	$A_{sReal} = 0.85 \frac{f'_c}{f_y} \left[b d - \sqrt{(b d)^2 - \frac{M_u b}{0.003825 f'_c}} \right]$	AsReal 4.04 cm ²	$\frac{s}{100} \times \frac{0.71}{4.04}$ 17.59 < 30 ✓	$\frac{s}{100} \times \frac{0.71}{1.64}$ 43.37 < 30 X
		Lado Largo AsReal 1.64 cm ²	6 \emptyset 3/8 @ 17.59 cm	3 \emptyset 3/8 @ 30 cm
ACERO MÁXIMO	Área de Acero Máximo	β	Asmax 21.01 cm ²	Plantilla de Acero
	$Si f'_c \leq 280 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \beta = 0.85$ $Si f'_c > 280 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \beta = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f'_c - 280}{70} \right)$ $Si f'_c > 560 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \beta = 0.65$	β 0.85 β 0 β 0		$\frac{s}{100} \times \frac{0.71}{21.01}$ 3.38 < 30 ✓
	$A_{smax} = 0.5 \times 0.85 \beta \frac{f'_c}{f_y} \left(\frac{6090}{6090 + f_y} \right) b d$			30 \emptyset 3/8 @ 3.38 cm

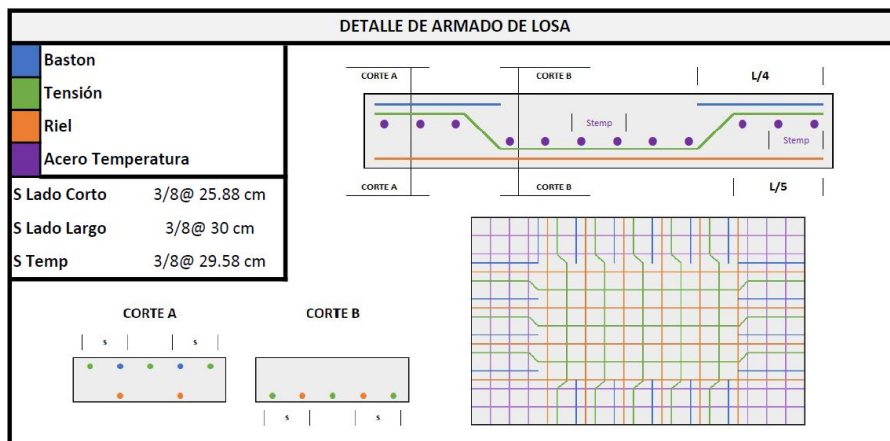
Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Diagrama-Momentos balanceo



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Armado de losa



Fuente: elaboración propia.

3.33.2. Diseño de viga

Son elementos estructurales que reciben las cargas provenientes de las losas y transmiten dichos esfuerzos a las columnas. Por lo general trabajan a flexión y, por tanto, deben ser reforzadas con acero para resistir los requisitos de tensión, compresión y corte.

- Análisis de momento resistente - Sección con refuerzo a tensión

El recubrimiento mínimo determinado por el ACI 318SUS-19 en la sección 20,5.1.3.4 es 4cm para elementos no expuestos a la intemperie ni en contacto con el suelo. Se propone varilla No.6 para el refuerzo longitudinal y varilla No.3 para el refuerzo transversal.

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

$$fy = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Refuerzo longitudinal = Varillas No. 6

Refuerzo transversal = Varillas No. 3

Recubrimiento = 3 cm

$$d' = Rec + A_{\text{Ref.Transv.}} + \frac{A_{\text{Ref.Long.}}}{2} = 3 + 0,95 + \frac{1,90}{2} = 5,9 \text{ cm}$$

$$d = h - d' = 60 - 4,9 = 54,1 \text{ cm}$$

$$Ec = 15\,100\sqrt{f'c} = 15\,100\sqrt{280} = 252,67 \times 10^3$$

Factor de reduccion de rigidez $\theta = 0,9$

- Cálculo de acero mínimo

Según lo establecido en la sección 9.6.1.2b del código ACI 318-19 se obtiene la siguiente ecuación:

$$A_{S_{Min}} = \frac{14}{f_y} \times b \times d = \frac{14}{2800} \times 40 \times 55 = 11,02 \text{ cm}^2$$

- Área de acero máximo

La cuantía de refuerzo no debe ser inferior a lo requerido por 9.6.1.2 y la cuantía de refuerzo (ρ) no debe exceder 0,025 para el refuerzo grado 420 y 0,02 refuerzo grado 550 según requerimientos del código ACI 318SUS-14 sección 18.6.3.1.

$$A_{S_{max}} = \rho * b * d$$

$$\rho = 0,025$$

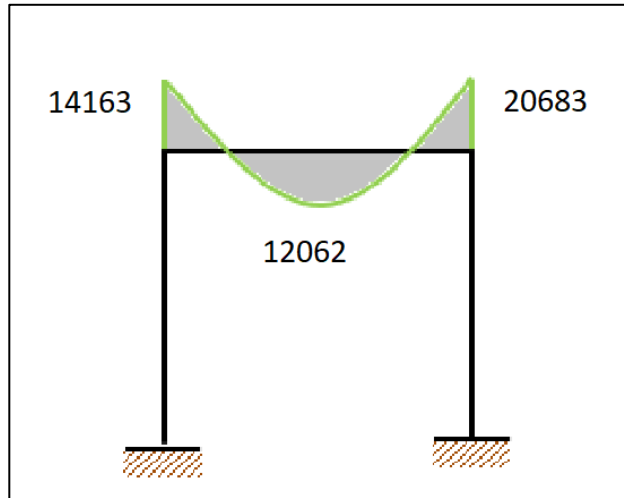
$$A_{S_{max}} = 0,025 * 40 * 55 = 55 \text{ cm}^2$$

El diseño de la viga debe estar entre el rango siguiente $11,02 \leq A_s \leq 55$:

- Acero longitudinal

$$A_{S_{req}} = \left[(b * d_{viga}) - \sqrt{(b * d_{viga})^2 - \left(\frac{Mu * b}{0,003825 * f'c} \right)} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y}$$

Figura 47. **Momentos de viga en tramo MK, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

- Cálculo de acero requerido

Según lo establecido en la sección 9.5.4.5 del código ACI 318-19 obtenemos la siguiente ecuación:

$$A_s (-) = \frac{Mu(-)}{\theta \times 0,9 \times d \times f_y} = \frac{14\ 163}{0,9 \times 0,9 \times 0,551 \times 2\ 800} = 11,33\text{cm}^2$$

$$A_s (+) = \frac{Mu(+)}{\theta \times 0,9 \times d \times f_y} = \frac{12\ 062}{0,9 \times 0,9 \times 0,551 \times 2\ 800} = 9,65\text{ cm}^2$$

$$A_s (-) = \frac{Mu(-)}{\theta \times 0,9 \times d \times f_y} = \frac{20\ 683}{0,9 \times 0,9 \times 0,551 \times 2\ 800} = 16,55\text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero mínimo

Según lo establecido en la sección 9,6.1.2b del código ACI 318-19 se obtiene la siguiente ecuación:

$$A_{S_{Min}} = \frac{14}{f_y} \times b \times d = \frac{14}{2800} \times 40 \times 55,1 = 11,02 \text{ cm}^2$$

- Análisis de resultados:

$A_{S_{Min}}$

> $A_s (+)$ Diseñar sección de momento positivo con Area de Acero Minimo

$A_{S_{Min}}$

< $A_s (-)$ Diseñar sección de momento negativo con Area de Acero Requerido

Tabla LI. **Áreas de acero para momentos últimos en viga del tramo MK nivel 1**

Momento	MU(kg-m)	Acero requerido (cm^2)	Acero máximo (cm^2)	Acero mínimo (cm^2)	Área de acero a utilizar (cm^2)
Mu(-) izquierdo	14 163	11,33	55	11,02	11,33
Mu(+) centro	12 062	9,65	55	11,02	11,02
Mu(-) Derecho	20 683	16,55	55	11,02	16,55

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta de armado de viga:

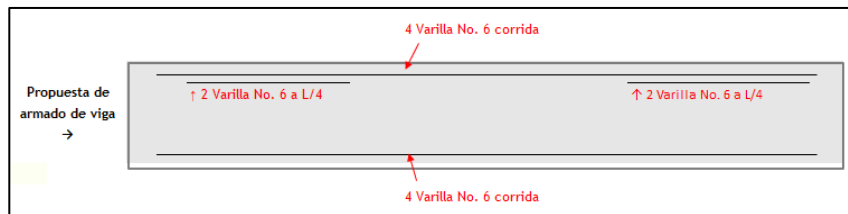
$$As (+) = 4 \text{ Varillas de acero No 6} = 11,36 \text{ cm}^2 > 11,02 \text{ cm}^2$$

$$As (-) = 4 \text{ Varillas de acero No 6} = 11,36 \text{ cm}^2$$

$$As (-) = 2 \text{ Varillas de acero No 6} = 5,68 \text{ cm}^2$$

$$As (-) = 11,36 \text{ cm}^2 + 5,68 \text{ cm}^2 = 17,04 \text{ cm}^2 > 16,55 \text{ cm}^2$$

Figura 48. Propuesta de armado de viga

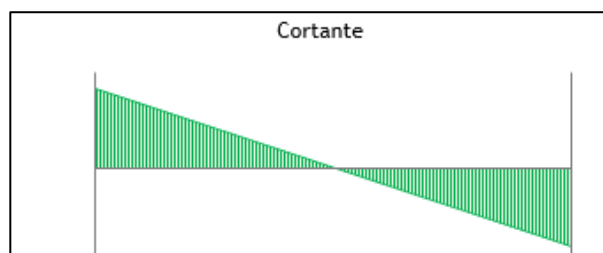


Fuente: elaboración propia.

- Análisis simplificado de resistencia del concreto al corte:

$$Vu = \frac{Pu \times L_{Viga}}{2} = \frac{4955,93 \times 6,63}{2} = 16428,91$$

Figura 49. Cortante



Fuente: elaboración propia.

Según lo establecido en la sección 22.5.6.2 del código ACI 318-19 se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_c = 0,53 \times \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 1,33 \times 0,85 \times \sqrt{280} \times 40 \times 55,1 = 16614,43$$

$$\lambda = 0,85$$

Según lo establecido en la tabla 19.2.4.1(b) del código ACI 318-19.

Tabla LII. **Valores λ para concreto liviano con base en la composición de los agregados**

Tabla 19.2.4.1(b) — Valores de λ para concreto liviano con base en la composición de los agregados

Concreto	Composición de los agregados	λ
Todos livianos	Fino: ASTM C330M Grueso: ASTM C330M	0.75
Liviano, mezcla fina	Fino: Combinación de ASTM C330M y C33M Grueso: ASTM C330	0.75 a 0.85 ^[1]
Arena, liviana	Fino: ASTM C33M Grueso: ASTM C330M	0.85
Arena-liviana, Mezcla gruesa	Fino: ASTM C33M Grueso: Combinación de ASTM C330M y C33M	0.85 a 1.00 ^[2]

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 369.

Según lo establecido en la sección 22.5.1.2 del código ACI 318-19 se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_u \leq \theta(V_c + 2,2 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d)$$

$$\theta(V_c + 2,2 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d) = 0,85(16\ 614,43 + 2,2 \times \sqrt{280} \times 40 \times 55,1)$$

$$= 83\ 087,82$$

$$\theta = 0,85$$

Según lo establecido en la tabla 21.2.1 del código ACI 318-19:

Tabla LIII. Factores de reducción de resistencia, Φ

Acción o Elemento Estructural	ϕ	Excepciones
(a) Momento, fuerza axial o momento y fuerza axial combinados	0.65 a 0.90 de acuerdo con 21.2.2	Cerca de los extremos de miembros pretensados donde los torones no se han desarrollado totalmente, ϕ debe cumplir con 21.2.3.
(b) Cortante	0.75	Se presentan requisitos adicionales en 21.2.4 para estructuras diseñadas para resistir efectos sísmicos.
(c) Torsión	0.75	—
(d) Aplastamiento	0.65	—
(e) Zonas de anclajes de postensado	0.85	—
(f) Cartelas y ménsulas	0.75	—
(g) Puntos, tensores, zonas nodales y áreas de apoyo diseñadas de acuerdo con el método puntal-tensor del Capítulo 23	0.75	—
(h) Componentes de conexiones de miembros prefabricados controlados por fluencia de los elementos de acero a tracción	0.90	—
(i) Elementos de concreto simple	0.60	—
(j) Anclajes en elementos de concreto	0.45 a 0.75 de acuerdo con el Capítulo 17	—

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 405.

3.34. Diseño de columna

- Combinación de cargas

Se determina usando las combinaciones descritas en la sección 5.3.1 del Código ACI 318-19.

- Predimensionamiento de columna

Se determina usando la ecuación 22.4.2.2 del Código ACI 318-19.

- Integración de carga axial en columna crítica

- Carga muerta:

$$PP_{Losa} = Y_c \times t_{Losa} \times \text{Area trib.}$$

$$PP_{Columna} = Y_c \times b_{Columna} \times h_{Columna} \times L_{Columna}$$

$$PP_{Viga} = Y_c \times b_{Viga} \times h_{Viga} \times L_{Viga}$$

$$PP_{Muros} = \text{Carga Muro} \times L_{Muro} \times \text{Área trib.}$$

$$P_{Sobr. y Acab.} = \text{Carga sobr. y Acaba.} \times \text{Área trib.}$$

$$CM = PP_{Losa} + PP_{Columna} + PP_{Viga} + PP_{Muros} + P_{Sobr. y Acab.}$$

- Carga viva:

$$CV = \text{Area trib.} \times \text{Carga viva}$$

- Mayoración de cargas:

$$Pu = 1,6CV + 1,2CM$$

- Carga aplicada total:

$$P_{u_{Total}} = \sum P_{u_{Niveles}}$$

- Integración de carga axial en viga crítica

- Carga muerta:

$$PP_{Losa} = Y_c \times t_{Losa} \times \text{Area trib.}$$

$$PP_{Viga} = Y_c \times b_{Viga} \times h_{Viga} \times L_{Viga}$$

$$PP_{Muros} = \text{Carga Muro} \times L_{Muro} \times \text{Area trib.}$$

$$P_{Sobr. y Acab.} = \text{Carga Sobr. y Acab.} \times \text{Area trib.}$$

$$CM = PP_{Losa} + PP_{Viga} + PP_{Muros} + P_{Sobr. y Acab.}$$

- Carga viva:

$$CV = \text{Area trib.} \times \text{Carga viva}$$

- Mayoración de cargas:

$$P_u = 1,6CV + 1,2CM$$

- Cálculo de momentos:

$$M_{NoSismico} = \frac{P_u \times L_{Viga}^2}{12}$$

$$M_{Sismico} = M_{NoSismico} \times 3$$

- Cálculo de carga crítica:

$$I_{Viga} = \frac{b_{Viga} \times h_{Viga}^3}{12}$$
$$I_{Columna} = \frac{b_{Columna} \times h_{Columna}^3}{12}$$

- Radio de giro

Se determina usando la ecuación 6.25.5.2 del Código ACI 318-19:

$$r = \sqrt{\frac{I_{Columna}}{Ag_{Columna}}}$$

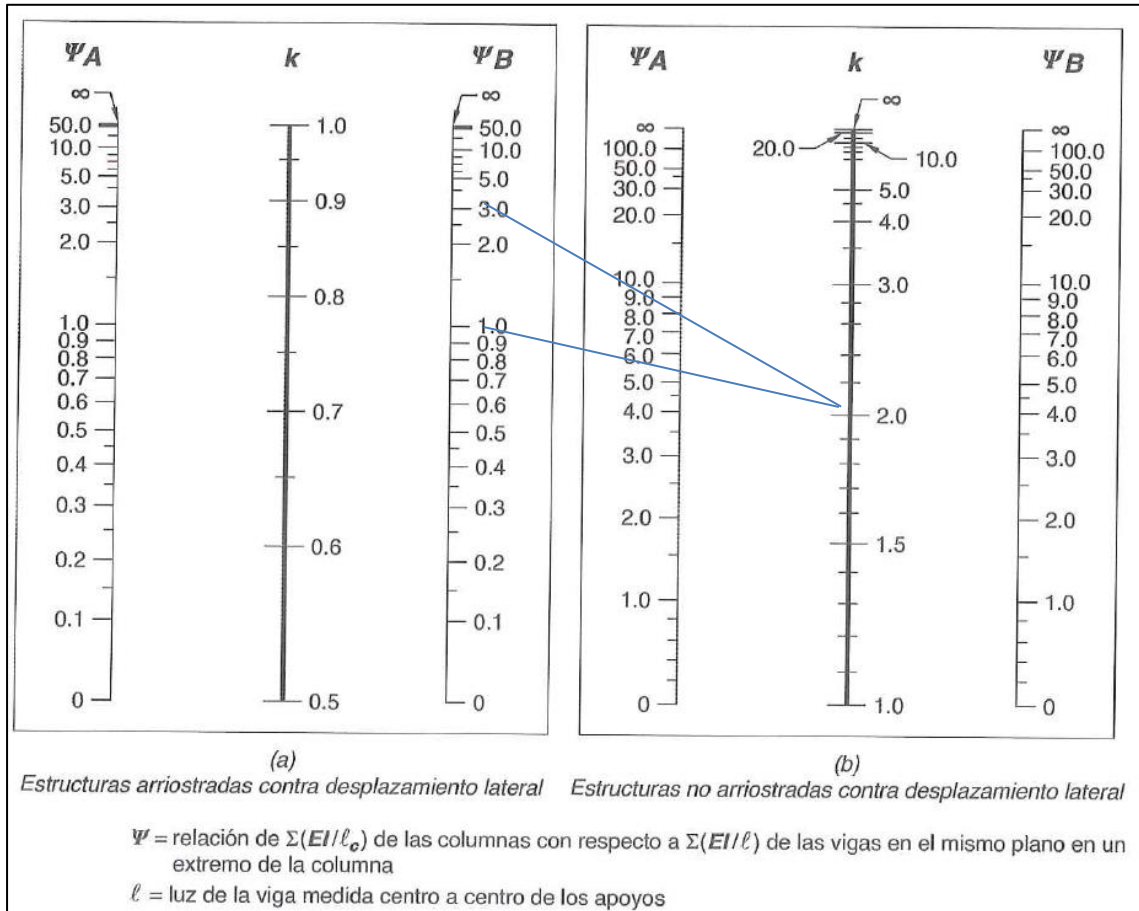
$r = 30 \%$ Lado menor de la columna para columnas rectangulares

$r = 25 \%$ Diámetro para columnas circulares

- Factor de longitud efectiva K

Se determina usando la ecuación 6.2.5.2 del Código ACI 318-19.

Figura 50. Factor de longitud efectiva K



Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 73.

$$\psi_A = \frac{\sum \frac{EI}{L_{Columna}}}{\sum \frac{EI}{L_{Viga}}}$$

- Esbeltez del miembro

Lu = Longitud entre apoyos

$$E = \frac{K \times Lu}{r}$$

$E < 21$ No se magnifica

$21 \leq E \leq 100$ Si se magnifica

$E > 100$ No se contruye (Falla por pandeo)

- Carga crítica de pandeo

Se determina usando la ecuación 6.6.4.4.2 del Código ACI 318-19:

$$P_C = \frac{\pi^2 \times EI_{\text{eff}}}{(KLu)^2}$$

Se determina usando la ecuación 6.6.4.4.4a del Código ACI 318-19:

$$EI_{\text{eff}} = \frac{0,4E_c \times I_{\text{Columna}}}{1 + \beta_{\text{dns}}}$$

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

$$\beta_{\text{dns}} = \frac{1,2CM}{1,2CM + 1,6CV}$$

- Cálculo de momentos magnificados

Se determina usando la ecuación 6.6.4.6.1a del Código ACI 318-19:

$$M_{\text{Mag}} = M_{\text{NoSismico}} + \delta_S \times M_{\text{Sismico}}$$

Se determina usando la ecuación 6.6.4.6.2b del Código ACI 318-19:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \times \sum P_c}} \geq 1$$

- Datos generales

- Propiedades de los materiales:

$$f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

- Dimensiones de columna:

$$b_{\text{Columna}} = 0,55 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna}} = 0,55 \text{ m}$$

$$L_{\text{Columna}} = 3 \text{ m}$$

- Dimensiones de viga:

$$b_{\text{Viga}} = 0,40 \text{ m}$$

$$h_{\text{Viga}} = 0,60 \text{ m}$$

- Datos de losa:

Tipo de losa = Tradicional

Sobre carga y acabados = 200 Kg/m^2

$$t_{\text{Losas}} = 0,12 \text{ m}$$

- Datos de muros:

$$\text{Altura de Muro} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Carga de Muros} = 250 \text{ kg/m}^2$$

- Integración de carga axial en columna crítica:

$$\text{Carga Viva} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Area Tributaria} = 19,79 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de Vigas} = 8,86 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de Muros} = 2,23 \text{ m}$$

- Carga muerta:

$$PP_{\text{Losas}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m} \times 19,79 \text{ m}^2 = 5699,52 \text{ kg}$$

$$PP_{\text{Columna}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,55 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 2178 \text{ kg}$$

$$PP_{\text{Viga}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,40 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 8,86 \text{ m} = 5103,36 \text{ kg}$$

$$PP_{\text{Muros}} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 2,23 \text{ m} = 1672,5 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Sobr. y Acab.}} = 200 \text{ kg/m}^2 \times 19,79 \text{ m}^2 = 3958 \text{ kg}$$

$$CM = 5699,52 \text{ kg} + 2178 \text{ kg} + 5103,36 \text{ kg} + 1672,5 \text{ kg} + 3958 \text{ kg} = 18611,38 \text{ kg}$$

- Carga viva:

$$CV = 19,79 \text{ m}^2 \times 500 \text{ kg/m}^2 = 9895 \text{ kg}$$

- Mayoración de cargas:

$$Pu = 1,6(9895 \text{ kg}) + 1,2(18611,38 \text{ kg}) = 38165,66 \text{ kg} = \frac{1 \text{ Ton} - \text{m}}{1000 \text{ kg}}$$

$$= 38,17 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Carga aplicada total:

$$Pu_{\text{Total}} = 38,17 \text{ Ton} - \text{m} + 38,17 \text{ Ton} - \text{m} = 76,34 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Integración de cargas axial en viga crítica, sentido X derecho-izquierdo

$$\text{Carga viva} = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Area tributaria} = 15,70 \text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de vigas} = 6,63 \text{ m}$$

$$\text{Longitud de muros} = 0 \text{ m}$$

- Carga muerta:

$$PP_{\text{Losa}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,12 \text{ m} \times 15,70 \text{ m}^2 = 4521,6 \text{ kg}$$

$$PP_{\text{Viga}} = 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,40 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} \times 6,63 \text{ m} = 3818,88 \text{ kg}$$

$$PP_{\text{Muros}} = 250 \text{ kg/m}^2 \times 3 \text{ m} \times 0 \text{ m} = 0 \text{ kg}$$

$$P_{\text{Sobr. y Acab.}} = 200 \text{ kg/m}^2 \times 15,70 \text{ m}^2 = 3140 \text{ kg}$$

$$CM = 4521,6 \text{ kg} + 3818,88 \text{ kg} + 0 \text{ kg} + 3140 \text{ kg} = 11480,48 \text{ kg}$$

- Carga viva:

$$CV = 15,70 \text{ m}^2 \times 500 \text{ kg/m}^2 = 7\,850 \text{ kg}$$

- Mayoración de cargas:

$$Pu = 1,6(7\,850 \text{ kg}) + 1,2(11\,480,48 \text{ kg}) = 26\,336,58 = \frac{1 \text{ Ton} \cdot \text{m}}{1\,000 \text{ kg}}$$

$$= 26,34 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$Pu = \frac{26,34 \text{ Ton} \cdot \text{m}}{6,63 \text{ m}} = 3,97 \text{ Ton/m}$$

- Cálculo de momentos:

$$M_{\text{NoSismico}} = \frac{3,97 \text{ m} \times (6,63 \text{ m})^2}{12} = 14,54 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$M_{\text{Sismico}} = 14,54 \text{ Ton} \cdot \text{m} \times 3 = 43,62 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

- Cálculo de carga crítica:

$$L_{\text{Viga Izquierda}} = 6,63 \text{ m}$$

$$L_{\text{Viga Derecha}} = 6,63 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna Superior}} = 3 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna Propia}} = 3 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna Inferior}} = 0 \text{ m}$$

- Inercias:

$$I_{\text{Viga}} = \frac{0,40 \text{ m} \times (0,60 \text{ m})^3}{12} = 0,0072$$

$$I_{\text{Columna}} = \frac{0,55 \times (0,55 \text{ m})^3}{12} = 0,0076$$

- Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{0,0076}{0,55 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}}} = 0,1585$$

- Factor de longitud efectiva (K):

$$\psi_A = \frac{E \left(\frac{0,0072}{3} + \frac{0,0072}{3} \right)}{E \left(\frac{0,0076}{6,63} + \frac{0,0076}{6,63} \right)} = 2,09$$

$$\psi_B = 0 \text{ Para Cimentaciones}$$

$$K = 1,3$$

- Esbeltez del miembro:

$$L_u = 3 \text{ m}$$

$$E = \frac{1,3 \times 3}{0,1585} = 24 \text{ Se magnifica}$$

- Carga crítica de pandeo:

$$E_c = 151\,000 \sqrt{280} = 2,53 \times 10^6 \text{ Ton/m}^2$$

$$\beta_{dns} = \frac{1,2(11\,480,48\text{ kg})}{1,6(7\,850\text{ kg}) + 1,2(11\,480,48\text{ kg})} = 0,52$$

$$EI_{eff} = \frac{0,4(2,53 \times 10^6) \times 0,0076}{1 + 0,52} = 5\,060$$

$$P_C = \frac{\pi^2 \times 5\,060}{(1,3 \times 3)^2} = 3\,283,38\text{ Ton}$$

- Cálculo de momentos magnificado:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{3,97}{0,75 \times 3283,38}} = 1,01 \geq 1$$

$$M_{Mag} = 14,54 + 1,01 \times 43,62 = 62,52\text{ Ton} - m$$

- Integración de carga axial en viga crítica aentido Y arriba-abajo:

$$\text{Carga viva} = 500\text{ kg/m}^2$$

$$\text{Area tributaria} = 3,70\text{ m}^2$$

$$\text{Longitud de vigas} = 2,23\text{ m}$$

$$\text{Longitud de muros} = 2,23\text{ m}$$

- Carga muerta:

$$PP_{Losa} = 2\,400\text{ kg/m}^3 \times 0,12\text{ m} \times 3,70\text{ m}^2 = 1\,065,6\text{ kg}$$

$$PP_{Viga} = 2\,400\text{ kg/m}^3 \times 0,40\text{ m} \times 0,60\text{ m} \times 2,23\text{ m} = 1\,284,48\text{ kg}$$

$$PP_{Muros} = 250\text{ kg/m}^2 \times 3\text{ m} \times 2,23\text{ m} = 1\,672,5\text{ kg}$$

$$P_{Sobr. y Acab.} = 200\text{ kg/m}^2 \times 3,70\text{ m}^2 = 740\text{ kg}$$

$$CM = 1065,6 \text{ kg} + 1284,48 \text{ kg} + 1672,5 \text{ kg} + 740 \text{ kg} = 4762,58 \text{ kg}$$

- Carga viva:

$$CV = 3,70 \text{ m}^2 \times 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1850 \text{ kg}$$

- Mayoración de cargas:

$$Pu = 1,6(1850 \text{ kg}) + 1,2(4762,58 \text{ kg}) = 8675,1 = \frac{1 \text{ Ton} - \text{m}}{1000 \text{ kg}} = 8,67 \text{ Ton} - \text{m}$$

$$Pu = \frac{8,67 \text{ Ton} - \text{m}}{2,23 \text{ m}} = 3,98 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Cálculo de momentos:

$$M_{\text{NoSismico}} = \frac{3,98 \text{ Ton} - \text{m} \times (2,23 \text{ m})^2}{12} = 1,65$$

$$M_{\text{Sismico}} = 1,65 \times 3 = 4,95$$

- Cálculo de carga crítica:

$$L_{\text{Viga Arriba}} = 2,23 \text{ m}$$

$$L_{\text{Viga Abajo}} = 2,23 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna Superior}} = 3 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna Propia}} = 3 \text{ m}$$

$$h_{\text{Columna Inferior}} = 0 \text{ m}$$

- Inercias:

$$I_{Viga} = \frac{0,40 \text{ m} \times (0,60 \text{ m})^3}{12} = 0,0072$$

$$I_{Columna} = \frac{0,55 \times (0,55 \text{ m})^3}{12} = 0,0076$$

- Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{0,0076}{0,55 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}}} = 0,1585$$

- Factor de longitud efectiva (K):

$$\psi_A = \frac{E \left(\frac{0,0072}{3} + \frac{0,0072}{3} \right)}{E \left(\frac{0,0076}{2,23} + \frac{0,0076}{2,23} \right)} = 0,70$$

$$\psi_B = 0 \text{ Para Cimentaciones}$$

$$K = 1,1$$

- Esbeltez del miembro:

$$Lu = 3$$

$$E = \frac{1,1 \times 3}{0,1585} = 20,82 \text{ No se magnifica}$$

- Cálculo de momentos:

$$M = 1,65 + 4,95 = 6,60 \text{ Ton} - \text{m}$$

- Diseño de columna con carga axial y flexión biaxial

- Área de acero mínimo

Se determina según lo establecido en la sección 10.6.1.1 del código ACI 318-19:

$$A_{S_{\text{Min}}} = 0,01A_g$$

$$A_{S_{\text{Min}}} = 0,01(55\text{cm} \times 55\text{cm}) = 30,25 \text{ cm}^2$$

- Área de acero máximo:

Se determina según lo establecido en la sección 10.6.1.1 del código ACI 318-19:

$$A_{S_{\text{Max}}} = 0,08A_g \text{ No sismico}$$

$$A_{S_{\text{Max}}} = 0,06A_g \text{ Sismico}$$

$$A_{S_{\text{Max}}} = 0,06(55\text{cm} \times 55\text{cm}) = 181,5 \text{ cm}^2$$

- Acero propuesto:

$$A_s = 16 \text{ varillas N}^\circ 8 = 12 \times 5,1 = 81,6 \text{ cm}^2$$

- Parámetros independientes:

$$Y_x = \frac{d_x}{h_x} = \frac{(0,55 - 0,06)}{0,55} = 0,89$$

$$Y_y = \frac{d_y}{h_y} = \frac{(0,55 - 0,06)}{0,55} = 0,89$$

$$e_x = \frac{Mu_x}{Pu} = \frac{62,52}{76,34} = 0,82$$

$$e_y = \frac{Mu_y}{Pu} = \frac{6,60}{76,34} = 0,09$$

$$e/h_x = \frac{e_x}{h_x} = \frac{0,82}{0,55} = 1,49$$

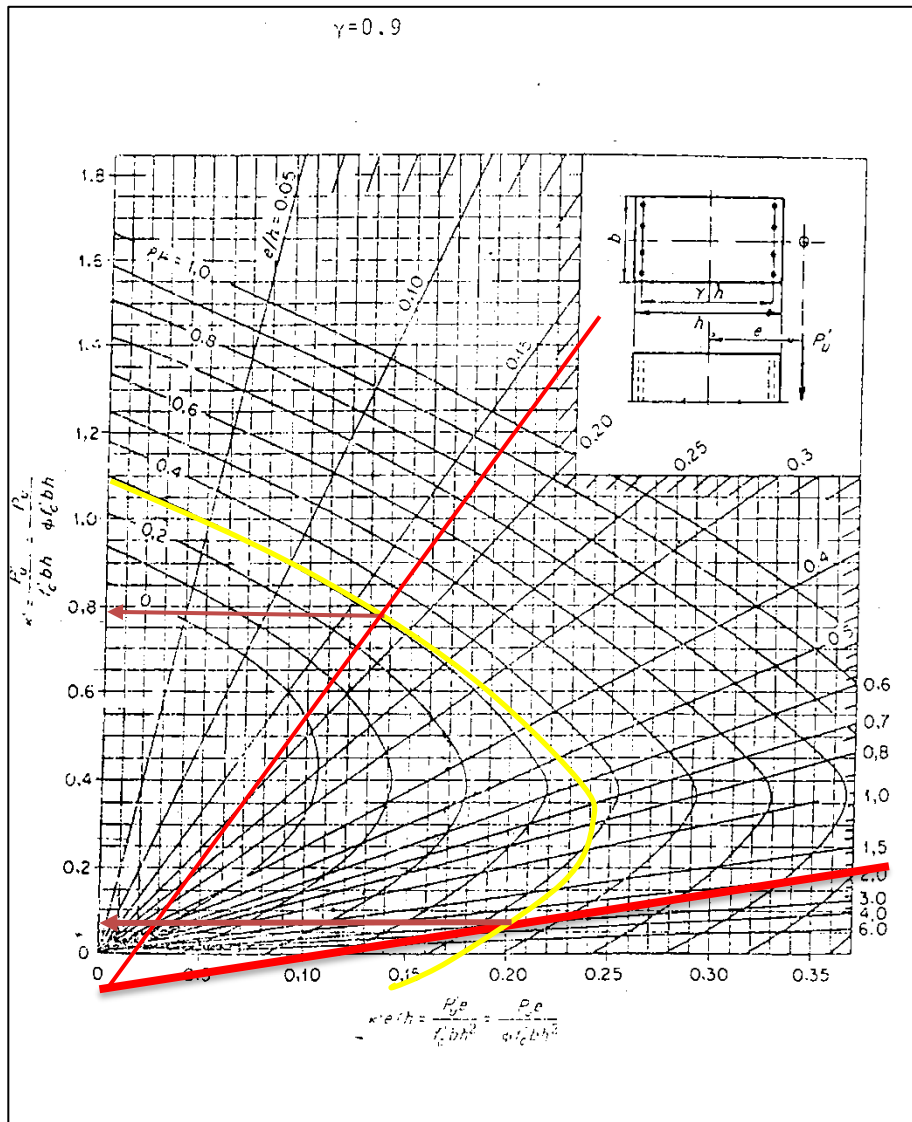
$$e/h_y = \frac{e_y}{h_y} = \frac{0,09}{0,55} = 0,16$$

- Carga de falla:

$$P'_{ua} = \frac{Pu}{0,7} = \frac{76,34}{0,7} = 109 \text{ Ton}$$

$$p_{tu} = \frac{As \times f_y}{Ag(0,85 \times f'_c)} = \frac{(81,6) \times 2800}{(55 \times 55)(0,85 \times 280)} = 0,32$$

Figura 51. Diagrama de interacción para columnas cuadradas



Fuente: MCCORMAC, Jack; BROWN, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. p. 289.

- Valores de K' :

$$K'x = 0,15$$

$$K'y = 0,84$$

- Cálculo de cargas:

$$P'o = (0,85 \times f'c \times Ag) + (As \times fy) = (0,85 \times 280 \times (55 \times 55)) + (81,6 \times 2\,800) \\ = \frac{948\,430}{1\,000} = 948,43 \text{ Ton}$$

$$P'x = K'x \times f'c \times Ag = 0,15 \times 280 \times (0,55 \times 0,55) = \frac{127\,050}{1\,000} = 127,05 \text{ Ton}$$

$$P'y = K'y \times f'c \times Ag = 0,72 \times 280 \times (0,55 \times 0,55) = \frac{711\,480}{1\,000} = 711,48 \text{ Ton}$$

- Cálculo de carga última resistente mediante el método Bresler:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'x} + \frac{1}{P'y} - \frac{1}{P'o}} = \frac{1}{\frac{1}{127,05} + \frac{1}{711,48} - \frac{1}{948,43}} = 121,62 \text{ Ton}$$

$$P'ua < P'u$$

$$109 \text{ Ton} < 121,62 \text{ Ton}$$

3.35. Confinamiento

Según los requisitos del capítulo 18 del código ACI 318 2019, las vigas y columnas que componen marcos estructurales sismorresistentes deben cumplir con distancias de confinamiento medidas desde el nudo, las cuales se encuentran descritas a continuación:

3.35.1. Confinamiento de vigas

Para el confinamiento de las vigas se utilizaron los siguientes criterios:

- Longitud de confinamiento

Según el artículo 18.6.1.1 ACI 318-19 se debe colocar estribos cerrados de confinamiento en una longitud igual a dos veces la altura de la viga.

$$L_{\text{Confinamiento viga}} = 2 \times 60 \text{ cm} = 120 \text{ cm}$$

3.35.1.1. Separación de estribos

Considerando el artículo 18.6.4.4 del ACI 318 2019, el primer estribo cerrado de confinamiento debe estar posicionado a no más de 2 pulgadas de la cara de la columna de apoyo. También el espaciamiento de los estribos en la longitud de confinamiento no debe exceder el menor de los siguientes:

- Un cuarto del peralte efectivo
- Seis veces el diámetro de la barra de las barras principales a flexión
- 6 pulgadas o 15,24 cm

Tabla LIV. **Separación de estribos de confinamiento en vigas**

Espaciamiento de estribos de confinamiento	
d/4	13,6825 cm
6diámetrolong	15,24 cm
6"	15,24 cm
Espaciamiento menor	13,6825 cm
Espaciamiento a usar	13,00 cm

Fuente: elaboración propia.

Tomando los lineamientos dados en el artículo 18.6.4.6 de la norma ACI 318-2019, cuando no se requieran estribos cerrados de confinamiento debe utilizarse estribos con ganchos sísmicos en ambos extremos a una distancia no mayor de $d/2$ en toda la longitud de la viga:

$$S_{NO \text{ confinamiento}} = \frac{54,73}{2} = 27,365 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento máximo de 25 cm en las regiones donde no se necesiten estribos de confinamiento.

3.35.1.2. Confinamiento de columnas

- Longitud de confinamiento

En el refuerzo transversal la longitud debe ser al menos igual al mayor entre los siguientes puntos según el artículo 18.7.5.1 ACI 318-19:

- La altura de la columna en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión (0,55 m).
- Un sexto de la luz libre de la columna, $1/6 (4 \text{ m}) = 0,66 \text{ m}$.
- 18 pulg. = 0,4572 m.

Tabla LV. **Longitud de confinamiento columnas**

Longitud de confinamiento	
Longitud de columna	3 m
Altura cara del nudo	55 cm
1/6 Longitud de columna	50 cm
18"	45 72 cm
Longitud a usar	55 cm

Fuente: elaboración propia.

3.35.1.3. Separación de estribos

La separación del refuerzo transversal según el ACI 318-19 sección 18.7.5.3 no debe exceder el menor valor lo estipulado en los incisos descritos a continuación:

- Un cuarto de la dimensión menor de la columna $1/4$ (0,55 m)
- Seis veces el diámetro de la menor barra de refuerzo
- No debe ser mayor a 6 pulg y no es necesario tomarlo menor a 4 pulg

Tabla LVI. **Separación de estribos de confinamiento en columnas**

Espaciamiento de estribos de confinamiento	
$d/4$	13,75 cm
6diámetrolong	13,34 cm
4"	10,16 cm
6"	15,24 cm
Espaciamiento menor	10,16 cm
Espaciamiento para usar	10,00 cm

Fuente: elaboración propia.

Según la norma ACI 318-19 en la sección 18.7.5.5 más allá de la longitud de confinamiento la columna debe contener refuerzo transversal con un espaciamiento que no exceda al menor de:

- 6 veces el diámetro de las barras longitudinales de la columna
- 6 pulg o 15,24 cm

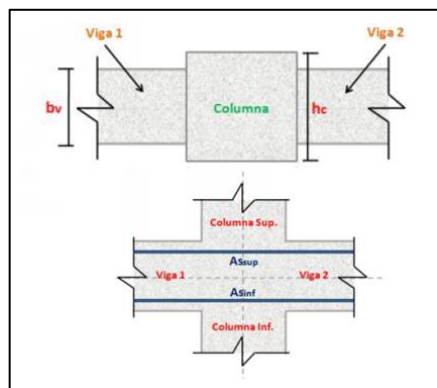
Tabla LVII. **Separación máxima de estribos en zona sin confinamiento**

Espaciamiento máximo estribos	
6 diámetro longitudinal	13,34 cm
6"	15,24 cm
Menor	13,34 cm
S máximo estribos	13,00 cm

Fuente: elaboración propia.

- Diseño sismorresistente de nodos en pórticos resistentes

Figura 52. **Vistas esquemáticas del nodo**



Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 316.

- Dalos preliminares:

- Materiales de la viga:

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

- Dimensiones de las vigas:

$$h = 60 \text{ cm Altura de sección transversal}$$

$$b = 40 \text{ cm Base de sección transversal}$$

$$r = 4 \text{ cm Recubrimiento}$$

$$d = 54,1 \text{ cm Pertalte efectivo}$$

- Características de armado de las vigas:

$$As(+)= 11,36 \text{ cm}^2 \text{ Acero de refuerzo longitudinal inferior}$$

$$As(-)= 17,04 \text{ cm}^2 \text{ Acero de refuerzo longitudinal superior}$$

- Análisis estructural de las vigas:

$$M(+)= 13\,615,46 \text{ kgf} - m$$

$$M(-)= 19\,804,30 \text{ kgf} - m$$

- Materiales de la columna:

$$F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

- Dimensiones de la columna:

SecX = 55 cm Sección transversal X

SecY = 55 cm Sección transversal Y

H = 3 m Altura de Columna

- Análisis del nodo:

$$\frac{\text{Base viga}}{\text{Columna}} \geq \frac{3}{4} = \text{Nodo Confinado}$$

$$\frac{\text{Base viga}}{\text{Columna}} < \frac{3}{4} = \text{Nodo NO Confinado}$$

$$\text{Viga 1} = \frac{\text{Base viga}}{\text{Columna}} = \frac{40}{55} = 0,73 = \text{Nodo NO confinado}$$

$$\text{Viga 2} = \frac{\text{Base viga}}{\text{Columna}} = \frac{40}{55} = 0,73 = \text{Nodo NO confinado}$$

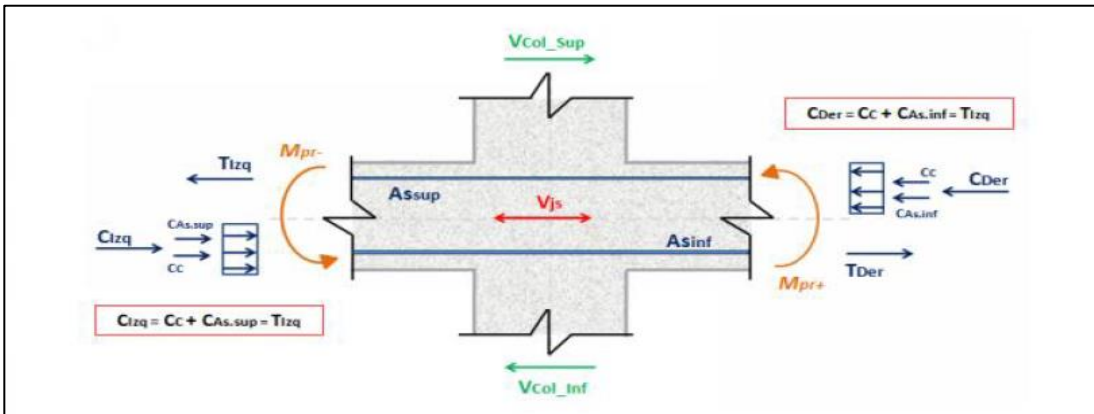
Ambas caras del nodo en el plano del pórtico se encuentran no confinadas, así mismo, como solo se está analizando en un solo plano, se asumirá que las caras del nodo fuera del plano del pórtico se encuentran no confinadas. Por lo tanto, es posible decir que el nodo analizado se encuentra no confinado en todas sus caras.

Verificaciones de resistencia al cortante:

- Análisis paralelo al eje X-Y.
- Fuerza cortante actuante en el nodo (V).

- Sismo a la derecha (sentido horario) = Sismo a la izquierda (sentido antihorario).

Figura 53. **Análisis paralelo al eje X-Y. Fuerza cortante actuante en el nodo (V)**



Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 316.

Se aplica sumatoria de fuerzas en la mitad del nodo superior, que es igual a la mitad del nodo inferior ya que es un análisis simétrico:

$$T_{Der} = 1,25 \times Fy \times As(+)= 1,25 \times 2\,800 \times 11,36 = 39\,760\,kgf$$

$$T_{Izq} = 1,25 \times Fy \times As(-)= 1,25 \times 2\,800 \times 17,04 = 59\,640\,kgf$$

$$V_{Col} = \frac{M(+)+M(-)}{3} = \frac{13\,615,46 + 19\,804,30}{3} = 11\,139,92$$

$$V = T_{Der} + T_{Izq} - V_{Col} = 39\,760 + 59\,640 - 11\,139,92 = 88\,260,08$$

$$V_{max} = 88\,260,08$$

- Fuerza constante resistente del nodo:

$$x = \frac{\text{Base columna} - \text{Base viga}}{2} = \frac{55 - 40}{2} = 7,5 \text{ cm}$$

$$\text{SecX} = \text{SecY} = 55 \text{ cm}$$

$$b_{min} = \frac{Bv + \text{SecY}}{Bv + 2x} = \frac{40 + 55}{40 + 2(7,5)} = \frac{95}{55} = 55 \text{ cm}$$

$$A = \text{SecY} \times B_{min} = 55 \times 55 = 3\,025 \text{ cm}^2$$

- Resistencia al corte del concreto:

Datos:

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

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

$\varphi = 0,85$ Factor de minoracion a resistencia al cortante

$\lambda = 1,00$ Factor de modificacion segun el peso del concreto

Figura 54. Tabla de resistencia a cortante nominal en el nodo (Vn)

TABLA 18.8.4.3 – RESISTENCIA A CORTANTE NOMINAL EN EL NODO (Vn)			
Columnas	Vigas en dirección del Corte Vu	Confinamiento por vigas transversales según el Art. 15.2.8	Vn (Kgf)
Continuas o que cumplan el Artículo 15.2.6	Continuas o que cumplan el Artículo 15.2.7	Confinado	$5.30 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
		No Confinado	$4.00 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
	Otros	Confinado	$4.00 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
		No Confinado	$3.20 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
Otros	Continuas o que cumplan el Artículo 15.2.7	Confinado	$4.00 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
		No Confinado	$3.20 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
	Otros	Confinado	$3.20 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$
		No Confinado	$2.13 \cdot \lambda \cdot \sqrt{F'c} \cdot Aj$

* λ será considerado como 0.75 para concretos de peso liviano y 1.00 para concretos de peso normal. Aj será calculado de acuerdo con el Artículo 15.4.2.4

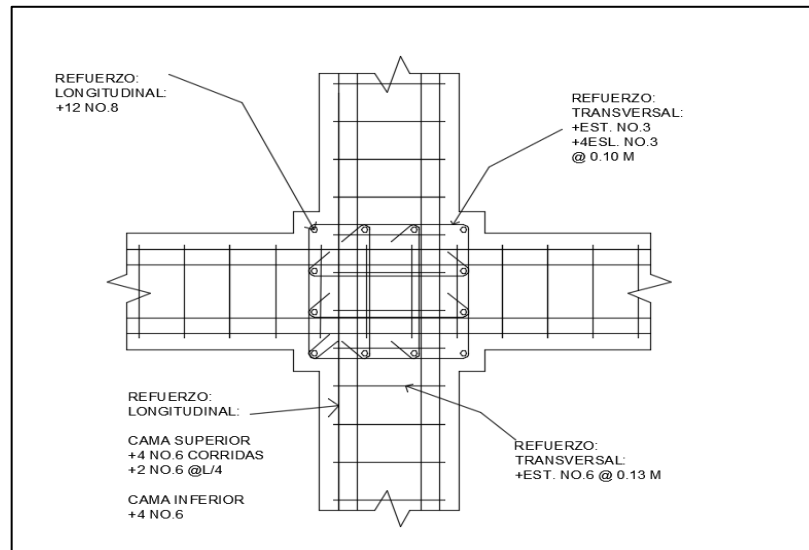
Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318 Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 324.

$$Vc = \phi \times 4,00 \times \lambda \times \sqrt{F'c} \times A = 0,85 \times 4 \times 1,00 \times \sqrt{280} \times 3025 = 172\ 100,97$$

$$Vc \geq V \text{ Cumple}$$

$$172\ 100,97 \geq 88\ 260,08 \text{ Cumple}$$

Figura 55. Detalle de nodo sísmico

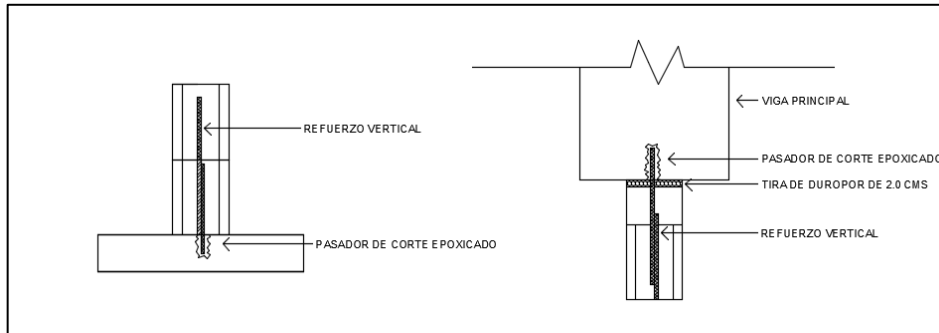


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

3.36. Diseño de muro de relleno

El muro funcionará como muro de cerramiento, como no tiene función estructural de soportar carga se utilizarán pines, este criterio de usar pines fundidos entre mochetas principales produce paredes menos vulnerables a grietas sísmicas. Los criterios a utilizar están referenciados en el capítulo 5 del *Manual de diseño sismo-resistente simplificado mampostería de block de concreto para Guatemala. Documento AGIES DSE 4,1 (2014)*. Este indica que es posible usar pines #4 @ 0,80 o bien #3 @ 0,40.

Figura 56. **Detalle de unión muro-marco**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

3.37. Diseño de cimentación

Una zapata es un elemento estructural que transmite los esfuerzos que recibe al suelo, todo elemento de concreto reforzado que va a estar en contacto con el suelo requiere de un recubrimiento libre de $r \geq 75$ mm, esto lo dicta el ACI 318-19 en la sección 20.6.1.3.4, también que el peralte efectivo inferior debe ser al menos de 150mm en la sección 13.3.1.2

El área mínima de la base de la cimentación debe calcularse a partir de las fuerzas y momentos no mayorados transmitidos por la cimentación al suelo o roca y de la capacidad portante admisible definida con base en el principio de mecánica de suelo, esto lo dicta el ACI 318-19 en su sección 13.3.1.1.

3.37.1. Diseño de zapatas

El diseño de la cimentación está conformado por zapatas concéntricas. Se utilizará este tipo de zapatas ya que no existen limitaciones de colindancias en el área disponible para la construcción.

El diseño estructural de la zapata se realizará con base en el libro *Mecánica de suelos y cimentaciones*, del Ing. Carlos Crespo Villalaz y el código de diseño ACI 318-2019.

Datos:

$$F_{cu} = 1,38$$

$$P_u = 52\,760,224\text{ kg} = 52,76\text{ Ton}$$

$$M_u(x) = 9,20\text{ Ton} - m$$

$$M_u(y) = 5,13\text{Ton} - m$$

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

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

- Diseño de área de la zapata:

- Carga de trabajo o servicio:

$$P' = \frac{P_u}{F_{CU}} = \frac{52,76}{1,38} = 38,23\text{ Ton}$$

- Momentos de trabajo o servicio:

$$M_t = \frac{M_u}{F_{CU}}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{F_{CU}} = \frac{3,91}{1,38} = 2,83\text{Ton} - m$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{F_{CU}} = \frac{7,03}{1,38} = 5,094\text{Ton} - m$$

- Primera estimación de área de zapata:

$$A_z = \frac{1,5 P'}{V_s} = \frac{1,5 \times 38,23}{30,77} = 1,86 \text{ m}^2$$

$$b = h = \sqrt{.70} = 0,84 \approx 0,85 \text{ m}$$

$$A_z = 0,85 \times 0,85 = 0,72 \text{ m}^2$$

- Chequeo de presión sobre el suelo:

$$P = P' + P_s + P_{col} + P_{cim}$$

$$P_s = A_z \times \text{desplante} \times \gamma_s$$

$$P_{col} = \text{Sección}_{col} \times h_{col} \times \gamma_c$$

$$P_{cim} = A_z \times t_{asumido} \times \gamma_c$$

$$P_s = 0,72 \times 1 \times 1,92 = 1,38 \text{ ton}$$

$$P_{col} = 0,55 \times 0,55 \times (3 + 1) \times 2,4 = 2,90 \text{ ton}$$

$$P_{cim} = 1,69 \times 0,55 \times 2,4 = 2,23 \text{ ton}$$

$$P = 38,23 + 1,38 + 2,90 + 0,95 = 44,74 \text{ ton}$$

Debido a que existen carga y flexión biaxial las presiones sobre el suelo por debajo de la zapata son:

$$q = \frac{P}{A_z} \pm \frac{M_{tx}}{S_x} \pm \frac{M_{ty}}{S_y}$$

$$S = \frac{1}{6} \times b \times h^2$$

$$S = \frac{1}{6} \times .85 \times .85^2 = 0,10 \text{ m}^3$$

$$q_{max} = \frac{P}{A_z} + \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y} = \frac{43,46}{0,64} + \frac{2,83}{0,10} + \frac{5,09}{0,10} = 147,11 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{P}{A_z} - \frac{M_{tx}}{S_x} - \frac{M_{ty}}{S_y} = \frac{43,46}{0,64} - \frac{2,83}{0,10} - \frac{5,09}{0,10} = -11,29 \text{ ton/m}^2$$

$q_{max} > V_s$ Excede el valor soporte del suelo. Aumentar área de zapata.

$q_{min} < 0$ Existen presiones de tensión.

- Segunda aproximación de área

Asumiendo una zapata cuadrada de X m por lado, se obtiene un área de zapata de:

$$A_z = 1,6 \times 1,6 = 2,56 \text{ m}^2$$

La integración total de carga será:

$$P_s = 2,56 \times 0,8 \times 1,64 = 3,36 \text{ Ton}$$

$$P_{col} = 0,55 \times 0,55 \times (3 + .8) \times 2,4 = 2,76 \text{ Ton}$$

$$P_{cim} = 2,56 \times 0,55 \times 2,4 = 3,38 \text{ Ton}$$

$$P = 38,23 + 3,36 + 2,76 + 3,38 = 47,73 \text{ Ton}$$

Las presiones son:

$$S = \frac{1}{6} \times 1,60 \times 1,60^2 = 0,68 \text{ m}^3$$

$$q_{max} = \frac{P}{A_z} + \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y} = \frac{47,73}{2,56} + \frac{2,83}{0,68} + \frac{5,09}{0,68} = 30,29 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{P}{A_z} - \frac{M_{tx}}{S_x} - \frac{M_{ty}}{S_y} = \frac{47,73}{2,56} - \frac{2,83}{0,68} - \frac{5,09}{0,68} = 6,99 \text{ Ton/m}^2$$

$q_{max} < V_s$ No excede el valor soporte del suelo.

$q_{min} > 0$ No existen presiones de tensión.

Las dimensiones asumidas para el área de la zapata chequean.

- Cálculo de presión de diseño

Para un cálculo conservador se considera la presión de diseño igual a la presión máxima:

$$q_{dis} = q_{max}$$

- Presión última de diseño:

$$q_{dis_u} = 30,29 \times 1,38 = 41,80 \text{ Ton/m}^2$$

- Momento último de trabajo:

- Momento actuante:

$$M_u = \frac{w \times l^2}{2} = \frac{46,56 \times \left(\frac{1,6 - 0,55}{2}\right)^2}{2} = 6,42 \text{ Ton} - m/m$$

- Excentricidades:

$$e = M_u/P_u = (6,42 \text{ Ton} - m/m)/(47,73 \text{ ton}) = 0,13$$

$$a = \frac{L_z}{2} - e$$

$$a = \frac{2m}{2} - 0,15 = 0,87$$

$$3a < L_z$$

$$3 * 0,85 < \frac{2}{6}$$

$$0,85 > 0,33m \text{ no cumple}$$

El procedimiento no cumplió con los parámetros, la presión máxima se calcula como se detalla a continuación:

Presión última de diseño:

$$q_{dis_u} = 35,91 \times 1,38 = 49,56 \text{ Ton/m}^2$$

- Diseño de espesor de zapata:
 - Chequeo por corte simple:

Se asume:

Espesor de zapata $t = 55 \text{ cm}$.

Recubrimiento de 10 cm .

Varilla de acero No. 4 de $1,27 \text{ cm}$ de diámetro.

- Cálculo de peralte efectivo:

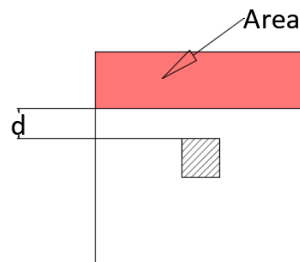
$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\Phi_{var}}{2}$$

$$d = 55 - 10 - \frac{1,27}{2} = 44,36 \text{ cm}$$

- Cálculo de corte actuante:

$$V_{act} = \text{Area ashurada} \times q_{dis_u} = \times \text{ton}$$

Figura 57. **Corte simple a una distancia d del rostro de columna**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = 0,13 \times 41,89 = 5,44 \text{ Ton}$$

- Cálculo de corte resistente:

$$V_R = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{f'c} \times b \times \frac{d}{1000}$$

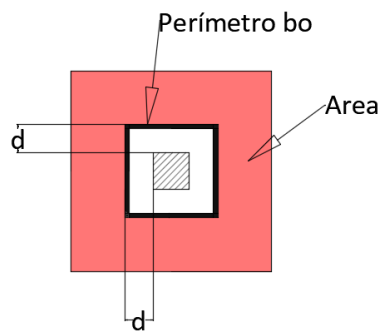
$$V_R = 0,85 \times 0,53 \times \sqrt{210} \times 160 \times \frac{44,36}{1000} = 46,33 \text{ Ton}$$

$V_R > V_{act}$ El espesor asumido $t = 55$ cm si chequea por corte simple.

- Chequeo por corte punzonante:
 - Cálculo de corte punzonante actuante:

$$V_{act} = \text{Area ashurada} \times q_{dis_u} =$$

Figura 58. **Área efectiva de zapata**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = 1,57 \times 41,89 = 65,76 \text{ Ton}$$

- Cálculo de corte punzonante resistente:

b_o = perímetro de sección crítica de punzonamiento

$$b_o = 2 \times (55 + 44,36) + 2(55 + 44,36) = 397,44 \text{ cm}$$

$$V_R = 0,85 \times 1,06 \times \sqrt{210} \times 397,44 \times \frac{44,36}{1000} = 230,19 \text{ Ton}$$

$V_R > V_{act}$ El peralte efectivo d si chequea por corte simple.

- Diseño de refuerzo por flexión:

- Flexión en el sentido X-X:

- Momento actuante:

$$M_u = \frac{w \times l^2}{2} = \frac{46,56 \times \left(\frac{1,6 - .55}{2}\right)^2}{2} = 6,42 \text{ Ton} - \text{m/m}$$

- Cálculo de área de acero:

$$A_{sreq} = \left[(b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'c}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{sreq} = \left[(160 \times 44,36) - \sqrt{(100 \times 44,36)^2 - \frac{7,03 \times 160}{0,003825 \times 210}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times 210}{2800} \right)$$
$$= 6,814 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0,002 \times b \times d = 0,002 \times 100 \times 44,36 = 8,87 \text{ cm}^2$$

Usar acero mínimo:

- Flexión en el sentido Y-Y

Peralte efectivo en el sentido Y disminuye debido a la cama de acero colocada en el sentido X:

$$d_{Y-Y} = d_{X-X} - \frac{\phi_{X-X}}{2} - \frac{\phi_{Y-Y}}{2}$$

Se asume para el sentido Y:

Varilla de acero No. X de X cm de diámetro.

$$d_{Y-Y} = 44,36 - \frac{1,27}{2} - \frac{1,27}{2} = 43,09 \text{ cm}$$

- Cálculo de área de acero:

$$A_{sreq} = \left[(b \times d) - \sqrt{(b \times d)^2 - \frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'c}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y} \right)$$

$$A_{sreq} = \left[(160 \times 44,36) - \sqrt{(100 \times 44,36)^2 - \frac{7,03 \times 160}{0,003825 \times 210}} \right] \times \left(\frac{0,85 \times 210}{2800} \right)$$

$$= 6,814 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = 0,002 \times b \times d = 0,002 \times 100 \times 43,09 = 8,62 \text{ cm}^2$$

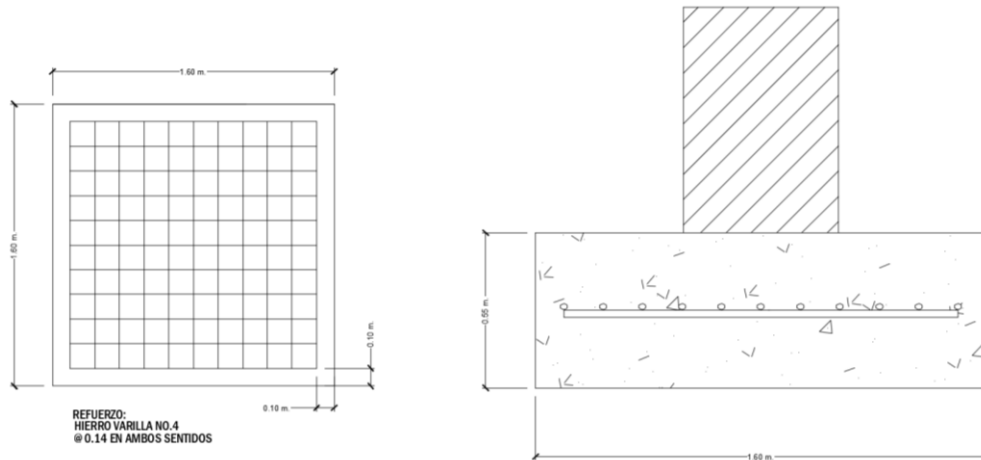
- Espesor final de zapata:

$$t = d_{X-X} + \frac{\phi_{X-X}}{2} + \text{recubrimiento}$$

$$t = 44,36 + \frac{1,27}{2} + 10 = 55,63 = 55 \text{ cm}$$

A continuación se detalla el armado final de la zapata concéntrica:

Figura 59. **Detalle de armado de zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

3.38. Diseño de gradas

Las gradas son elementos estructurales cuya función es comunicar dos áreas en diferente nivel, el módulo de gradas debe proporcionar a los usuarios seguridad, amplitud y acceso rápido a los elementos verticales (C) y horizontales (H) que estarán apoyados sobre una losa con capacidad de flexión.

Debe construirse un módulo de gradas por cada 160 usuarios, por planta de mayor población. La distancia máxima entre el escritorio del educando más alejado del módulo de gradas o rampas debe ser menor a 30 m, esta información la indica el capítulo 4 del *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales* proporcionado por el MINEDUC. Se respetarán los parámetros de dimensiones dictados por el

Artículo 23 sobre gradas. De la norma NRD2 se toman las *Normas Mínimas de Seguridad en Edificaciones e Instalaciones de Uso Público*.

Datos:

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

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

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

Diseño propuesto:

Altura de nivel = 3 m

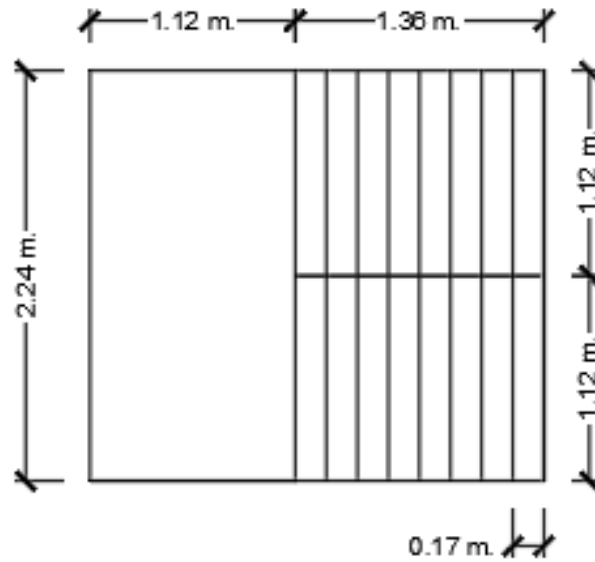
Contrahuella = 17 cm

Ancho de gradas = 1 m

Tipo de gradas = Tipo U

Huella = 28 cm

Figura 60. Dimensiones de módulo de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

- Chequeando relaciones de comodidad:

$$\text{Contrahuella} \leq 20 \text{ cm}$$

$$17 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$$

$$\text{Huella} > \text{Contrahuella}$$

$$28 \text{ cm} > 17 \text{ cm}$$

$$2 \times \text{Contrahuella} + \text{Huella} \leq 64 \text{ cm}$$

$$2 \times 17 \text{ cm} + 28 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm}$$

$$62 \text{ cm} \leq 64 \text{ cm}$$

$$\text{Contrahuella} + \text{Huella} = 45 - 48 \text{ cm}$$

$$17 \text{ cm} + 28 \text{ cm} = 45 - 48 \text{ cm}$$

$$45 \text{ cm} = 45 - 48 \text{ cm}$$

$$\text{Contrahuella} \times \text{Huella} = 460 - 500 \text{ cm}^2$$

$$17 \text{ cm} \times 28 \text{ cm} = 460 - 500 \text{ cm}^2$$

$$17 \text{ cm} \times 28 \text{ cm} = 460 - 500 \text{ cm}^2$$

$$476 \text{ cm}^2 = 460 - 500 \text{ cm}^2$$

- Integración de cargas

Cargas vivas a utilizar establecidas en el AGIES NSE2 2018 3.1:

- Carga viva:

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

$$CVU = 1,6 \times 500 = 800 \text{ kg/m}^2$$

Cargas vivas a utilizar establecidas en el Agies NSE2 2018 2,1:

- Carga muerta:

$$CM = 2\,400 \times \left(0,1 + \frac{0,175}{2}\right) = 450 \text{ kg/m}^2$$

$$CMU = 1,2 \times 450 = 540 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 800 + 540 = 1\,340 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momentos

Los momentos están referenciados en el ACI 318-19, sección 6.5.2:

$$M(+)=\frac{w \times l^2}{9}=\frac{1340 \times 3^2}{9}=1340 \text{ kg} - m$$

$$M(-)=\frac{w \times l^2}{14}=\frac{1340 \times 3^2}{14}=861,43 \text{ kg} - m$$

- Cálculo del área de acero

El cálculo de área está referenciado en el ACI318-19, sección 9.6.1:

$$A_{sreq}(+)=\left[(b \times d)-\sqrt{(b \times d)^2-\frac{M_u \times b}{0,003825 \times f'c}}\right] \times \left(\frac{0,85 \times f'c}{f_y}\right)$$

$$A_{sreq}(+)=\left[(100 \times 7,5)-\sqrt{(100 \times 7,5)^2-\frac{1340 \times 100}{0,003825 \times 210}}\right] \times \left(\frac{0,85 \times 210}{2800}\right)=7,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{sreq}(-)=\left[(100 \times 7,5)-\sqrt{(100 \times 7,5)^2-\frac{861,43 \times 100}{0,003825 \times 210}}\right] \times \left(\frac{0,85 \times 210}{2800}\right)=4,73 \text{ cm}^2$$

- Límites del área de acero

El área máxima esta referenciada en el ACI 318-19, sección 18.6.3.1:

$$AsMax=0,5 \times P_b \times b \times d=0,85 \times B1 \times \frac{0,003}{\frac{f_y}{E_s}+0,003} \times \frac{f'c}{f_y}$$

$$AsMax = 0,5 \times Pb \times b \times d = 0,5 \times 0,037 \times 100 \times 7,5 = 13,87 \text{ cm}^2$$

$$Pb = 0,85 \times B1 \times \frac{0,003}{\frac{fy}{Es} + 0,003} \times \frac{f'c}{fy} = 0,85 \times 0,85 \times \frac{0,003}{\frac{2800}{2,03 \times 10^6} + 0,003} \times \frac{210}{2800} = 0,037$$

$$AsMin = \frac{14,1 \times b \times d}{fy} = \frac{14,1 \times 100 \times 7,5}{2800} = 3,78 \text{ cm}^2$$

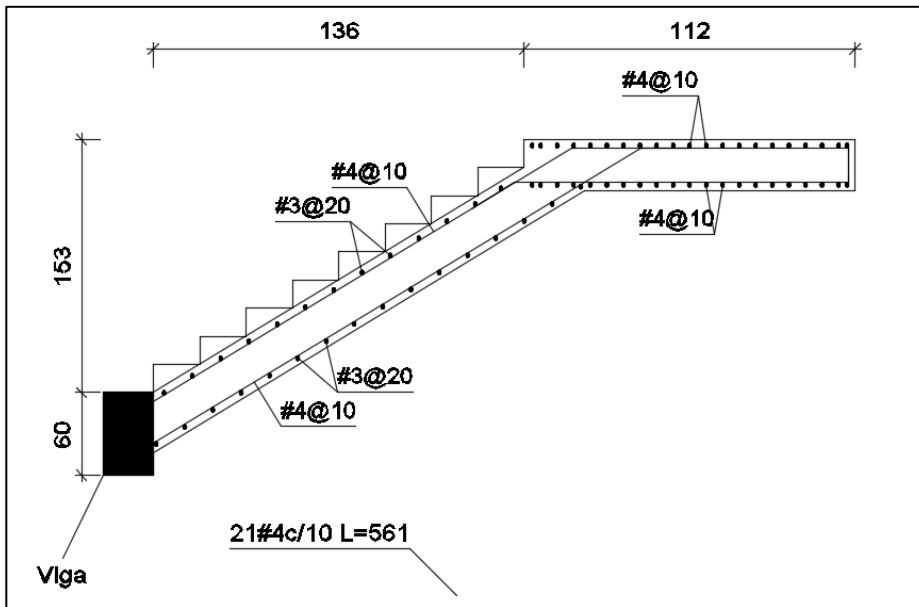
- Acero por temperatura

El área máxima está referenciada en el ACI 318-19, sección 7.6:

$$AsTemp = 0,002 \times b \times t = 0,002 \times 100 \times 10 = 2 \text{ cm}^2$$

$$AsTemp = 3 \times t = 3 \times 0,1 = 30 \text{ cm}$$

Figura 61. **Detalle de armado de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019

3.39. **Elaboración de planos**

Se encuentran ubicados en el apartado de apéndices.

3.40. **Presupuesto**

Es una herramienta de planeación que se utilizará como pauta en la organización, se construye a partir de una serie de análisis internos y externos. Los presupuestos creados desde la planeación permiten, de cierta forma, pronosticar los hechos que ocurrirán para poder mitigar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos.

En el presupuesto de ampliación de la escuela Maraxcó se determinaron cantidades y precio para dar un costo, completando los renglones de trabajo en secuencia de su realización. Los renglones se forman por: cantidades, unidades y precio unitario, la estructura de los renglones abarca precio de los materiales, maquinaria, así como mano de obra. Consecutivamente se calculan los costos subtotales directos e indirectos, la suma de estos proporciona el total de cada renglón.

Los precios de cada renglón se cotizaron en la cabecera municipal de Chiquimula, estos pueden cambiar en el transcurso del tiempo, por circunstancias múltiples. El valor que se le estipuló a la mano de obra es el que regularmente cobran para este tipo de oficios.

Tabla LVIII. Resumen de presupuesto

No.	Renglón / Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo total
1	Trabajos preliminares	m2	122,00	Q 33,70	Q 4 111,40
2	Desmontaje estructura de techo y lámina	m2	122,00	Q 84,30	Q 10 284,60
3	Demoliciones	m2	38,00	Q 270,30	Q 10 271,30
4	Zapata	Unidad	20,00	Q 3 592,75	Q 71 854,95
5	Columna	Unidad	20,00	Q 2 920,46	Q 58 409,10
6	Vigas	ml	145,00	Q 355,26	Q 51 513,15
7	Solera sillar	ml	8,75	Q 258,40	Q 2 261,00
8	Solera dintel	ml	3,00	Q 334,35	Q 1 003,05
9	Levantado de muro	m2	159,00	Q 826,01	Q 131 335,50
10	Losa armada de concreto	m2	429,44	Q 228,70	Q 98 214,20
11	Acabados, tallado en columnas, vigas, soleras, sillar y losa	m2	290,00	Q 70,47	Q 20 436,30
12	Lechado de cemento interior y exterior	m2	320,00	Q 23,30	Q 7 456,00
13	Piso granito	m2	354,00	Q 175,16	Q 62 005,70
14	Piso antidezlizante	m2	72,00	Q 172,79	Q 12 440,90
15	Módulo gradas de concreto	Unidad	1,00	Q 12 148,65	Q 12 148,65
16	Pasamanos o baranda de metal	ml	26,00	Q 494,69	Q 12 862,00
17	Puerta tipo P-1	Unidad	3,00	Q 4 171,50	Q 12 514,50
18	Ventana tipo V-1	Unidad	5,00	Q 729,00	Q 3 645,00
19	Ventana tipo V-2	Unidad	1,00	Q 6 054,75	Q 6 054,75
20	Bajadas de agua pluvial	Global	1,00	Q 1 932,90	Q 1 932,90
21	Instalaciones eléctricas (Iluminación - Fuerza)	Global	1,00	Q 15 813,15	Q 15 813,15
22	Mobiliario	Unidad	1,00	Q 23 868,00	Q 23 868,00
23	Limpieza general	Unidad	1,00	Q 1 863,00	Q 1 863,00
TOTAL EN NÚMEROS:					Q 632 299,10
TOTAL EN LETRAS: SEISCIENTOS TREINTA Y DOS MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y NUEVE CON 10/100					

Fuente: elaboración propia.

3.41. Integración de precios unitarios

Los renglones se ajustan por: cantidades, unidades y precio unitario. La constitución de los renglones abarca precio de los materiales, maquinaria y mano de obra, posteriormente se calculan los costos subtotales directos e indirectos, la suma de estos proporciona el total de cada renglón.

Tabla LIX. Renglones de trabajo

Renglón No: 1	Unidad		Cantidad		
Trabajos preliminares	m2		122,00		
Materiales					
	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal	
Cal hidratada	1,00	bolsa	Q 30,00	Q	30,00
Hierro No.4	2,00	Varillas	Q 47,00	Q	94,00
Hilo de Nylon	2,00	rollo	Q 21,00	Q	42,00
Total de materiales: Q					166,00
Renta de Maquinaria o Equipo					
	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal	
Total de equipo: Q					-
Mano de obra					
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Encargado (1)	4,00	día	Q 200,00	Q	800,00
Albañil (2)	4,00	día	Q 350,00	Q	1 400,00
Ayudante (2)	4,00	día	Q 170,00	Q	680,00
Subtotal de mano de obra: Q					2 880,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q	3 046,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q	1 065,40
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q	4 111,40
PRECIO UNITARIO:				Q	33,70

Continuación de la tabla LIX.

Replón No: 2	Unidad		Cantidad	
Desmontaje estructura de techo y lámina	m2		122,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de materiales:				Q -
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Camión de volteo	2,00	día	Q 1 850,00	Q 3 700,00
Total de equipo:				Q 3 700,00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	4,00	día	Q 200,00	Q 800,00
Albañil (3)	4,00	día	Q 525,00	Q 2 100,00
Ayudante (3)	4,00	día	Q 255,00	Q 1 020,00
Subtotal de mano de obra:				Q 3 920,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 7 620,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 2 664,60
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 10 284,60
PRECIO UNITARIO:				Q 84,30

Continuación de la tabla LIX.

Renglón no: 3	Unidad		Cantidad	
Demoliciones	M2		38,00	
Materiales				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
	Total de materiales: q			-
Renta de maquinaria o equipo				
	Cantidad	Unidad	precio unitario	subtotal
Camión de volteo	1,00	día	Q 1 850,00	Q 1 850,00
Rotomartillo	4,00	día	Q 250,00	Q 1 000,00
Cortadora de concreto	4,00	día	Q 300,00	Q 1 200,00
	Total de equipo: Q			4 050,00
Mano de obra				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	subtotal
Encargado (1)	4,00	día	Q 200,00	Q 800,00
Albañil (2)	4,00	día	Q 350,00	Q 1 400,00
Ayudante (4)	4,00	día	Q 340,00	Q 1 360,00
	Subtotal de mano de obra: Q			3 560,00
Total costo directo:				Q 7 610,00
Total costo indirecto:				Q 2 661,30
Total del renglón:				Q 10 271,30
Precio unitario:				Q 270,30

Continuación de la tabla LIX.

Reglón No: 4		Unidad		Cantidad	
Zapata		Unidad		20,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal	
Cemento Portland	320,00	Sacos	Q 76,00	Q	24 320,00
Arena de río	10,00	m3	Q 240,00	Q	2 400,00
Piedrín Triturado	24,00	m3	Q 280,00	Q	6 720,00
Hierro No.4	126,00	Varillas	Q 59,00	Q	7 434,00
Alambre de amarre	18,00	Libras	Q 7,00	Q	126,00
Tacos de concreto	153,00	Unidad	Q 2,00	Q	306,00
Total de Materiales:					Q 41 306,00
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Mezcladora de concreto	8,00	dia	Q 350,00	Q	2 800,00
Vibrador de concreto	8,00	dia	Q 250,00	Q	2 000,00
Total equipo:					Q 4 800,00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Encargado (1)	8,00	dia	Q 200,00	Q	1 600,00
Albañil (2)	8,00	dia	Q 350,00	Q	2 800,00
Ayudante (4)	8,00	dia	Q 340,00	Q	2 720,00
Subtotal de mano de obra:					Q 7 120,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q	53 226,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q	18 628,95
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q	71 854,95
PRECIO UNITARIO:				Q	3 592,75

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 5		Unidad	Cantidad	
Columna		Unidad	20,00	
Materiales				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	51,00	Sacos	Q 76,00	Q 3 876,00
Arena de río	2,20	m3	Q 240,00	Q 528,00
Piedrín triturado	3,00	m3	Q 280,00	Q 840,00
Hierro No.3	70,00	Varillas	Q 28,00	Q 1 960,00
Hierro No.8	280,00	Varillas	Q 70,00	Q 19 600,00
Alambre de amarre	69,00	Libras	Q 7,00	Q 483,00
Renta de madera	270,00	Pie Tabla	Q 7,00	Q 1 890,00
Clavo de 3"	7,00	Libras	Q 7,00	Q 49,00
Total de materiales:				Q 29 226,00
Renta de maquinaria o equipo				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Mezcladora de concreto	4,00	dia	Q 350,00	Q 1 400,00
Total de maquinaria:				Q 1 400,00
Mano de obra				
	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal
Encargado (1)	8,00	dia	Q 200,00	Q 1 600,00
Albañil (4)	8,00	dia	Q 700,00	Q 5 600,00
Ayudante (8)	8,00	dia	Q 680,00	Q 5 440,00
Subtotal de mano de obra:				Q 12 640,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 43 266,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 15 143,10
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 58 409,10
PRECIO UNITARIO:				Q 2 920,46

Continuación de la tabla LIX.

Reglón No: 6	Unidad		Cantidad		
Vigas	ml		145,00		
Materiales					
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Cemento Portland	28,00	Sacos	Q 76,00	Q	2 128,00
Arena de río	1,50	m3	Q 240,00	Q	360,00
Piedrín Triturado	2,10	m3	Q 280,00	Q	588,00
Hierro No.6	397,00	Varillas	Q 57,00	Q	22 629,00
Alambre de amarre	26,00	Libras	Q 7,00	Q	182,00
Renta de Madera	330,00	Pie Tabla	Q 7,00	Q	2 310,00
Clavo de 3"	6,00	Libras	Q 7,00	Q	42,00
Total de materiales:					Q 28 239,00
Renta de maquinaria o equipo					
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Mezcladora de concreto	8,00	día	Q 350,00	Q	2 800,00
Total de equipo:					Q 2 800,00
Mano de obra					
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Encargado (1)	8,00	día	Q 200,00	Q	1 600,00
Albañil (2)	8,00	día	Q 350,00	Q	2 800,00
Ayudante (4)	8,00	día	Q 340,00	Q	2 720,00
Subtotal de mano de obra:					Q 7 120,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q	38 159,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q	13 354,15
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q	51 513,15
PRECIO UNITARIO:				Q	355,26

Continuación de la tabla LIX.

Reglón No: 7	Unidad		Cantidad	
Solera Sillar	ml		8,75	
Materiales				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	4,00	Sacos	Q 76,00	Q 304,00
Arena de río	0,20	m3	Q 240,00	Q 48,00
Piedrín triturado	0,30	m3	Q 280,00	Q 84,00
Hierro No.2	3,00	Varillas	Q 10,00	Q 30,00
Hierro No.3	3,00	Varillas	Q 28,00	Q 84,00
Alambre de amarre	3,00	Libras	Q 7,00	Q 21,00
Renta de madera	30,00	Pie Tabla	Q 7,00	Q 210,00
Total de materiales:				Q 781,00
Renta de maquinaria o equipo				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Mezcladora de concreto	1,00	día	Q 350,00	Q 350,00
Total de equipo:				Q 350,00
Mano de obra				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	1,00	día	Q 200,00	Q 200,00
Albañil (1)	1,00	día	Q 175,00	Q 175,00
Ayudante (2)	1,00	día	Q 170,00	Q 170,00
Subtotal de mano de obra:				Q 545,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 1 676,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 585,00
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 2 261,00
PRECIO UNITARIO:				Q 258,40

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 8	Unidad		Cantidad	
Solera dintel	ml		3,00	
Materiales				
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	2,00	Sacos	Q 76,00	Q 152,00
Arena de río	0,10	m3	Q 240,00	Q 24,00
Piedrín triturado	0,20	m3	Q 280,00	Q 56,00
Hierro No.2	2,00	Varillas	Q 10,00	Q 20,00
Hierro No.3	3,00	Varillas	Q 28,00	Q 84,00
Alambre de amarre	1,00	Libras	Q 7,00	Q 7,00
Renta de madera	20,00	Pie Tabla	Q 7,00	Q 140,00
Total de materiales:				Q 483,00
Renta de maquinaria o equipo				
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de Equipo:				Q -
Mano de obra				
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Albañil (1)	1,00	dia	Q 175,00	Q 175,00
Ayudante (1)	1,00	dia	Q 85,00	Q 85,00
Subtotal de mano de obra:				Q 260,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 743,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 260,05
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 1 003,05
PRECIO UNITARIO:				Q 334,35

Continuación de la tabla LIX.

Reglón No: 9	Unidad		Cantidad	
Levantado de muro	m2		159,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	52,00	Sacos	Q 76,00	Q 3 952,00
Arena de río	5,00	m3	Q 240,00	Q 1 200,00
Block pómez de 0.15 x 0.20 x 0.40 m	2 900,00	Unidad	Q 5,00	Q 14 500,00
Varillas de acero N0.3	155,00	Varillas	Q 28,00	Q 4 340,00
duoport	228,00	unidad	Q 17,00	Q 3 876,00
Total de Materiales:				Q 27 868,00
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	78,00	día	Q 200,00	Q 15 600,00
Albañil (2)	78,00	día	Q 350,00	Q 27 300,00
Ayudante (4)	78,00	día	Q 340,00	Q 26 520,00
Subtotal de mano de obra:				Q 69 420,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 97 288,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 34 047,50
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 131 335,50
PRECIO UNITARIO:				Q 826,01

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 10	Unidad		Cantidad	
Losa armada de concreto	m2		429,44	
Materiales				
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	510,00	Sacos	Q 76,00	Q 38 760,00
Arena de río	36,00	m3	Q 240,00	Q 8 640,00
Piedrín triturado	54,00	m3	Q 280,00	Q 15 120,00
Hierro No.3	80,00	Varillas	Q 28,00	Q 2 240,00
Alambre de amarre	30,00	Libras	Q 7,00	Q 210,00
Renta de madera	80,00	Pie Tabla	Q 7,00	Q 560,00
Clavo de 3"	1,00	Libras	Q 7,00	Q 7,00
Renta de parales metálicos	40,00	Unidad	Q 6,00	Q 240,00
Total de materiales:				Q 65 777,00
Renta de maquinaria o equipo				
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:				Q -
Mano de obra				
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	5,00	dia	Q 200,00	Q 1 000,00
Albañil (1)	5,00	dia	Q 175,00	Q 875,00
Ayudante (3)	20,00	dia	Q 255,00	Q 5 100,00
Subtotal de mano de obra:				Q 6 975,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 72 752,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 25 462,20
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 98 214,20
PRECIO UNITARIO:				Q 228,70

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 11	Unidad		Cantidad	
Acabados, tallado en columnas, vigas, soleras, sillar y losa	m2		290,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	60,00	Sacos	Q 76,00	Q 4 560,00
Arena de río	7,00	m3	Q 240,00	Q 1 680,00
Total de materiales:				Q 6 240,00
Renta de maquinaria o equipo		Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	10,00	dia	Q 200,00	Q 2 000,00
Albañil (2)	10,00	dia	Q 350,00	Q 3 500,00
Ayudante (4)	10,00	dia	Q 340,00	Q 3 400,00
Subtotal de mano de obra:				Q 8 900,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 15 140,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 5 296,30
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 20 436,30
PRECIO UNITARIO:				Q 70,47

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 12	Unidad		Cantidad	
Lechado de cemento interior y exterior	m2		320,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	25,00	Sacos	Q 76,00	Q 1 900,00
Total de materiales:				Q 1 900,00
Renta de maquinaria o equipo		Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	5,00	día	Q 200,00	Q 1 000,00
Albañil (3)	5,00	día	Q 525,00	Q 2 625,00
Subtotal de mano de obra:				Q 3 625,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 5 525,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 1 931,00
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 7 456,00
PRECIO UNITARIO:				Q 23,30

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 13	Unidad		Cantidad		
Piso granito	m2		354,00		
Materiales					
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Piso granito	354,00	m2	Q 98,00	Q 34 692,00	
Cemento Portland	10,00	Sacos	Q 76,00	Q 760,00	
Arena de río	4,00	m3	Q 240,00	Q 960,00	
Cal Hidratada	28,00	Bolsas	Q 30,00	Q 840,00	
			Total de materiales: Q 37 252,00		
Renta de maquinaria o equipo					
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
			Total de equipo: Q -		
Mano de obra					
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal	
Encargado (1)	7,00	día	Q 200,00	Q 1 400,00	
Albañil (4)	7,00	día	Q 700,00	Q 4 900,00	
Ayudante (4)	7,00	día	Q 340,00	Q 2 380,00	
			Subtotal de mano de obra: Q 8 680,00		
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 45 932,00	
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 16 073,70	
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 62 005,70	
PRECIO UNITARIO:				Q 175,16	

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 14	Unidad		Cantidad		
Piso antidezlizante	72,00		m2		
Materiales					
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario		Subtotal
Piso antideslizante	72,00	m2	Q	100,00	Q 7 200,00
Adhesivo	18,00	Bolsas	Q	29,00	Q 522,00
Estuque	3,00	Bolsas	Q	38,00	Q 114,00
Total de materiales:					Q 7 836,00
Renta de maquinaria o equipo					
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario		Subtotal
Total de equipo:					Q -
Mano de obra					
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario		Subtotal
Encargado (1)	3,00	día	Q	200,00	Q 600,00
Albañil (1)	3,00	día	Q	175,00	Q 525,00
Ayudante (1)	3,00	día	Q	85,00	Q 255,00
Subtotal de mano de obra:					Q 1 380,00
TOTAL COSTO DIRECTO:					Q 9 216,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:					Q 3 224,90
TOTAL DEL RENGLÓN:					Q 12 440,90
PRECIO UNITARIO:					Q 172,79

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 15		Unidad	Cantidad	
Módulo gradas de concreto		Unidad	1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cemento Portland	22,00	Sacos	Q 76,00	Q 1 672,00
Arena de río	0,50	m3	Q 240,00	Q 120,00
Piedrín Triturado	0,70	m3	Q 280,00	Q 196,00
Hierro No.3	4,00	Varillas	Q 28,00	Q 112,00
Hierro No.4	25,00	Varillas	Q 59,00	Q 1 475,00
Alambre de amarre	8,00	Libras	Q 7,00	Q 56,00
Renta de madera	150,00	Pie tabla	Q 7,00	Q 1 050,00
Clavo de 3"	4,00	Libras	Q 7,00	Q 28,00
Total de materiales: Q 4 709,00				
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Mezcladora de concreto	1,00	día	Q 350,00	Q 350,00
Vibrador de concreto	1,00	día	Q 250,00	Q 250,00
Total de equipo: Q 600,00				
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	3,00	día	Q 200,00	Q 600,00
Albañil (2)	3,00	día	Q 350,00	Q 1 050,00
Ayudante (8)	3,00	día	Q 680,00	Q 2 040,00
Subtotal de mano de obra: Q 3 690,00				
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 8 999,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 3 149,65
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 12 148,65
PRECIO UNITARIO:				Q 12 148,65

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 16	Unidad		Cantidad	
Pasamanos o baranda de metal	ml		26,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo cuadrado de 1"	40,00	Unidad	Q 90,00	Q 3 600,00
Electrodo	20,00	Libras	Q 15,00	Q 300,00
Disco de corte	6,00	Unidad	Q 28,00	Q 168,00
Pintura anticorrosiva	5,00	Galón	Q 130,00	Q 650,00
Solvente mineral	2,00	Galón	Q 65,00	Q 130,00
Total de materiales:				Q 4 848,00
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Soldadora Eléctrica	4,00	día	Q 200,00	Q 800,00
Planta Eléctrica	4,00	día	Q 100,00	Q 400,00
Total de equipo:				Q 1 200,00
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	4,00	día	Q 200,00	Q 800,00
Soldador (2)	4,00	día	Q 500,00	Q 2 000,00
Ayudante (2)	4,00	día	Q 170,00	Q 680,00
Subtotal de mano de obra:				Q 3 480,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 9 528,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 3 334,00
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 12 862,00
PRECIO UNITARIO:				Q 494,69

Continuación de la tabla LIX.

Reglón No: 18	Unidad		Cantidad	
Ventana tipo V-1	Unidad		5,00	
Materiales				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Ventana tipo V-1	1,00	Unidad	Q 1 395,00	Q 1 395,00
			Total de materiales:	Q 1 395,00
Renta de maquinaria o equipo				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
			Total de equipo:	Q -
Mano de obra				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	3,00	día	Q 200,00	Q 600,00
Intalador (1)	3,00	día	Q 150,00	Q 450,00
Ayudante (1)	3,00	día	Q 85,00	Q 255,00
			Subtotal de mano de obra:	Q 1 305,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 2 700,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 945,00
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 3 645,00
PRECIO UNITARIO:				Q 729,00

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 19		Unidad		Cantidad	
Ventana tipo V-2		Unidad		1,00	
Materiales		Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Ventana tipo V-2		3,00	Unidad	Q 1 350,00	Q 4 050,00
Total de materiales:					Q 4 050,00
Renta de maquinaria o equipo		Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:					Q -
Mano de obra		Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)		1,00	día	Q 200,00	Q 200,00
Intalador (1)		1,00	día	Q 150,00	Q 150,00
Ayudante (1)		1,00	día	Q 85,00	Q 85,00
Subtotal de mano de obra:					Q 435,00
TOTAL COSTO DIRECTO:					Q 4 485,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:					Q 1 569,75
TOTAL DEL RENGLÓN:					Q 6 054,75
PRECIO UNITARIO:					Q 6 054,75

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 20	Unidad		Cantidad	
Bajadas de agua pluvial	Global		1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Tubo de PVC p/drenaje de 3" 80 PSI	4,00	Unidad	Q 136,40	Q 545,60
Codo 90° PVC p/drenaje de 3"	12,00	Unidad	Q 20,10	Q 241,20
Abrazadera	12,00	Unidad	Q 15,00	Q 180,00
Adhesivo para P.V.C.	1,00	Unidad	Q 30,00	Q 30,00
Total de materiales:				Q 996,80
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de Equipo:				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	1,00	día	Q 200,00	Q 200,00
Plomero (1)	1,00	día	Q 150,00	Q 150,00
Ayudante (1)	1,00	día	Q 85,00	Q 85,00
Subtotal de mano de obra:				Q 435,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 1 431,80
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 501,10
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 1 932,90
PRECIO UNITARIO:				Q 1 932,90

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 21	Unidad		Cantidad	
Instalaciones eléctricas (iluminación - fuerza)	Global		1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Subtotal
Lámpara ahorradora de 65 Watts	24,00	Unidad	Q 85,00	Q 2 040,00
Interruptor simple	7,00	Unidad	Q 32,00	Q 224,00
Interruptor doble	1,00	Unidad	Q 38,00	Q 38,00
Tomacorriente doble 120 v	12,00	Unidad	Q 36,00	Q 432,00
Cable No.10	5,00	rollo	Q 390,00	Q 1 950,00
Caja rectangular	20,00	Unidad	Q 7,00	Q 140,00
Caja octogonal	24,00	Unidad	Q 6,00	Q 144,00
Tablero de circuitos	1,00	Unidad	Q 350,00	Q 350,00
Ducto eléctrico P.V.C de 3/4"	48,00	Unidad	Q 15,80	Q 758,40
Copla eléctrica P.V.C. de 3/4"	48,00	Unidad	Q 1,30	Q 62,40
Vuelta eléctrica P.V.C. de 3/4"	24,00	Unidad	Q 2,80	Q 67,20
Cinta de aislar	4,00	Unidad	Q 30,00	Q 120,00
Total de materiales:				Q 6 326,00
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:				Q -
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	7,00	dia	Q 200,00	Q 1 400,00
Electricista (2)	7,00	dia	Q 400,00	Q 2 800,00
Ayudante (2)	7,00	dia	Q 170,00	Q 1 190,00
Subtotal de mano de obra:				Q 5 390,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 11 716,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 4 097,15
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 15 813,15
PRECIO UNITARIO:				Q 15 813,15

Continuación de la tabla LIX.

Renglón No: 22	Unidad	Cantidad		
Mobiliario	Unidad	1,00		
Materiales				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Cátedra	8,00	Unidad	Q 900,00	Q 7 200,00
Silla secretarial	8,00	Unidad	Q 380,00	Q 3 040,00
Pizarrón de formica (1.20 * 2.40 m)	8,00	Unidad	Q 850,00	Q 6 800,00
Extintor tipo ABC de 10 Lbs.	1,00	Unidad	Q 580,00	Q 580,00
Rótulo de extintor de incendio (0.22 x 0.22 m)	1,00	Unidad	Q 60,00	Q 60,00
Total de Materiales:				Q 17 680,00
Renta de Maquinaria o Equipo				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo:				Q -
Mano de obra				
	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Subtotal de mano de obra:				Q -
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 17 680,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 6 188,00
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 23 868,00
PRECIO UNITARIO:				Q 23 868,00

Continuación de la tabla LIX.

Reglón No: 23	Unidad		Cantidad	
Limpieza general	Unidad		1,00	
Materiales	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de materiales: Q				-
Renta de maquinaria o equipo	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Total de equipo: Q				-
Mano de obra	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Encargado (1)	3,00	día	Q 200,00	Q 600,00
Albañil (1)	3,00	día	Q 175,00	Q 525,00
Ayudante (1)	3,00	día	Q 85,00	Q 255,00
Subtotal de mano de obra: Q				1 380,00
TOTAL COSTO DIRECTO:				Q 1 380,00
TOTAL COSTO INDIRECTO:				Q 483,00
TOTAL DEL RENGLÓN:				Q 1 863,00
PRECIO UNITARIO:				Q 1 863,00

Fuente: elaboración propia.

3.42. Cronograma de ejecución físico y financiero

El cronograma de ejecución de obra físico y financiero es la herramienta que sirve para un correcto seguimiento y control de tiempos normales y alta seguridad para la firma de una estipulación con fecha de entrega.

El cronograma de ejecución de obra es un elemento que se debe tener en la obra, el supervisor de la misma debe informar al capitalista sobre los avances del proyecto, así como para llevar un control definido en tiempos y trabajos.

Este cronograma se distingue como físico porque dará parte del avance físico de cada renglón en tiempos aunados a rendimientos unitarios y financiero, para brindar los desembolsos económicos que se deba realizar semanal o mensualmente para cubrir gastos de material, maquinaria y obreros.

Se procesó mensual tomando en cuenta los renglones del presupuesto, como se muestra en el apartado de apéndices.

Tabla LXI. Cronograma financiero

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Periodo de Ejecucion								Costo Total	%							
				MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8									
1	Trabajos preliminares	m2	122,00	█														Q 4 111,40	0,66 %	
2	Desmontaje estructura de techo y lámina	m2	122,00																10 284,60	1,65 %
3	Demoliciones	m2	38,00	█															10 271,30	1,64 %
4	Zapata	Unidad	20,00	█	█														71 854,95	4,56 %
5	Columna	Unidad	20,00		█	█					█								58 409,10	6,55 %
6	Vigas	ml	145,00			█			█										51 513,15	3,92 %
7	Solera sillar	ml	8,75						█										2 261,00	0,36 %
8	Solera dintel	ml	3,00			█													1 003,05	0,17 %
9	Levantado de muro	m2	159,00		█	█			█	█									131 335,50	20,77 %
10	Losa armada de concreto	m2	429,44					█											98 214,20	15,53 %
11	Acabados tallado en columnas, vigas, soleras, sillar y losa	m2	290,00								█	█							20 436,30	3,23 %
12	Lechado de cemento Interior y exterior	m2	320,00									█	█						7 456,00	1,19 %
13	Piso granito	m2	354,00										█	█					62 005,70	9,81 %
14	Piso antideizante	m2	72,00											█					12 440,90	1,97 %
15	Módulo gradas de concreto	Unidad	1,00				█	█											12 148,65	1,92 %
16	Pasamanos o baranda de metal	ml	26,00				█	█									█		12 862,00	2,01 %
17	Puerta tipo P-1	Unidad	3,00														█		12 514,50	1,98 %
18	Ventana tipo V-1	Unidad	5,00														█		3 645,00	0,58 %
19	Ventana tipo V-2	Unidad	1,00														█		6 054,75	0,96 %
20	Bajadas de agua pluvial	Global	1,00														█		1 932,90	0,31 %
21	Instalaciones eléctricas (Iluminación - Fuerza)	Global	1,00				█										█		15 813,15	2,53 %
22	Mobiliario	Unidad	1,00															█	23 868,00	3,77 %
23	Limpieza general	Unidad	1,00															█	1 863,00	0,29 %
TOTALES				OCHO MESES CALENDARIO								Q 632 299,10	86,36 %							

Fuente: elaboración propia.

3.43. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación visualiza todas las alteraciones ambientales que el proyecto pueda ocasionar, se verá el impacto del proyecto en la vida salvaje, recursos naturales y los cambios que el ambiente pueda tener.

- Suelo, agua y aire
- Flora y fauna
- Ética e interés humano
- Comercio, ocupación, tránsito y vehículos

3.43.1. Impacto

Se tendrá un impacto auditivo generado por los trabajadores y maquinaria involucrados en la realización del proyecto. El sistema hídrico no se verá afectado de ninguna forma. El impacto ocasionado a la flora y fauna es uno de los más importantes a la hora de un proyecto. En este caso ya se tiene una parte construida.

3.43.2. Acciones de mitigación

Las maquinarias para utilizar deberán tener mantenimiento y control de emisión de gases, las máquinas que no cumplan con el rango límite permisible deberán ser retiradas.

Para mitigar el impacto auditivo se planificarán horarios apropiados para minimizar el impacto que el ruido provoca en las personas, respetando horarios de clase y descanso de los pobladores. La flora y la fauna presentes en el lugar

de trabajo son casi nulas, pero se deberá proteger y prevenir posibles afecciones por las acciones realizadas como parte del proyecto.

CONCLUSIONES

1. El costo total de la carretera es de Q. 3 388 820,10, con una longitud de tramo de 1 108 metros lineales, se ejecutará en un periodo de siete meses.
2. Para el drenaje longitudinal se optó por una cuneta triangular, cumpliendo su función de encausar el agua y no dificultar el estacionamiento de los vehículos en caso de emergencia.
3. Se utilizará una subbase de concreto pobre, se le dará un espesor de 10 cm, el método PCA indica que esta debe tener una resistencia a la compresión de 5MP a 8 MP, un contenido de cemento de 120 kg/m^3 a 200 kg/m^3 con aire incluido.
4. Se ejecutó el diseño de ampliación de escuela primaria. Cuenta con cuatro módulos por nivel y un módulo de gradas independiente, esto beneficiará a la población en edad escolar con un costo total de Q. 632 299,10.
5. Queda un manual de operación y mantenimiento de pavimento rígido que permitirá a los operadores de la municipalidad realizar inspecciones visuales y los procesos de mantenimiento correctivo que corresponden.

RECOMENDACIONES

1. Realizar los aforos de tránsito promedio diario, utilizando los métodos pertinentes y no guiarse por las tablas proporcionadas por la municipalidad, ya que estos datos fueron tomados tiempo atrás y el crecimiento vehicular va en aumento de la mano con el poblacional.
2. Llevar, por parte de los encargados de la topografía, todo el equipo correspondiente tanto para realizar el levantamiento como para la protección industrial: chalecos reflectivos, conos, radios comunicadores, y realizar estos trabajos en horarios laborales, así como avisar a COCODES y autoridades correspondientes de la realización de los mismos.
3. Prestar una supervisión adecuada durante el proceso de ejecución de los proyectos para tener un control físico financiero, así como evitar las malas prácticas o errores de interpretación de parte de los operarios.
4. Realizar un análisis con un interés compuesto del 5 % como mínimo, por cada año que haya transcurrido desde la aprobación de estos presupuestos hasta el año de ejecución de los proyectos, para aumentar los presupuestos de cada proyecto debido al fenómeno de la inflación.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318SUS-14) y comentario ACI 318RSUS-14*. Miami, Estados Unidos: ACI, 2014. 592 p.
2. APARICIO MIJARES, Francisco J. *Fundamentos de hidrología de superficie*. México D.F.: Limusa, 1999. 210 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural para Guatemala*. Ciudad de Guatemala: AGIES, 2018. 66 p.
4. CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. 2a ed. Bogotá, Colombia: Eco Ediciones, 2013. 544 p.
5. CORONADO ITURBIDE, Jorge. *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. Ciudad de Guatemala: SIECA, 2002. 95 p.
6. GRIJALVA, Carlos. *Cimentaciones*. Tesis de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2019. 78 p.
7. Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú. *Hidrología, hidráulica y drenaje de carreteras*. Lima, Perú: MTC, 2010. 350 p.

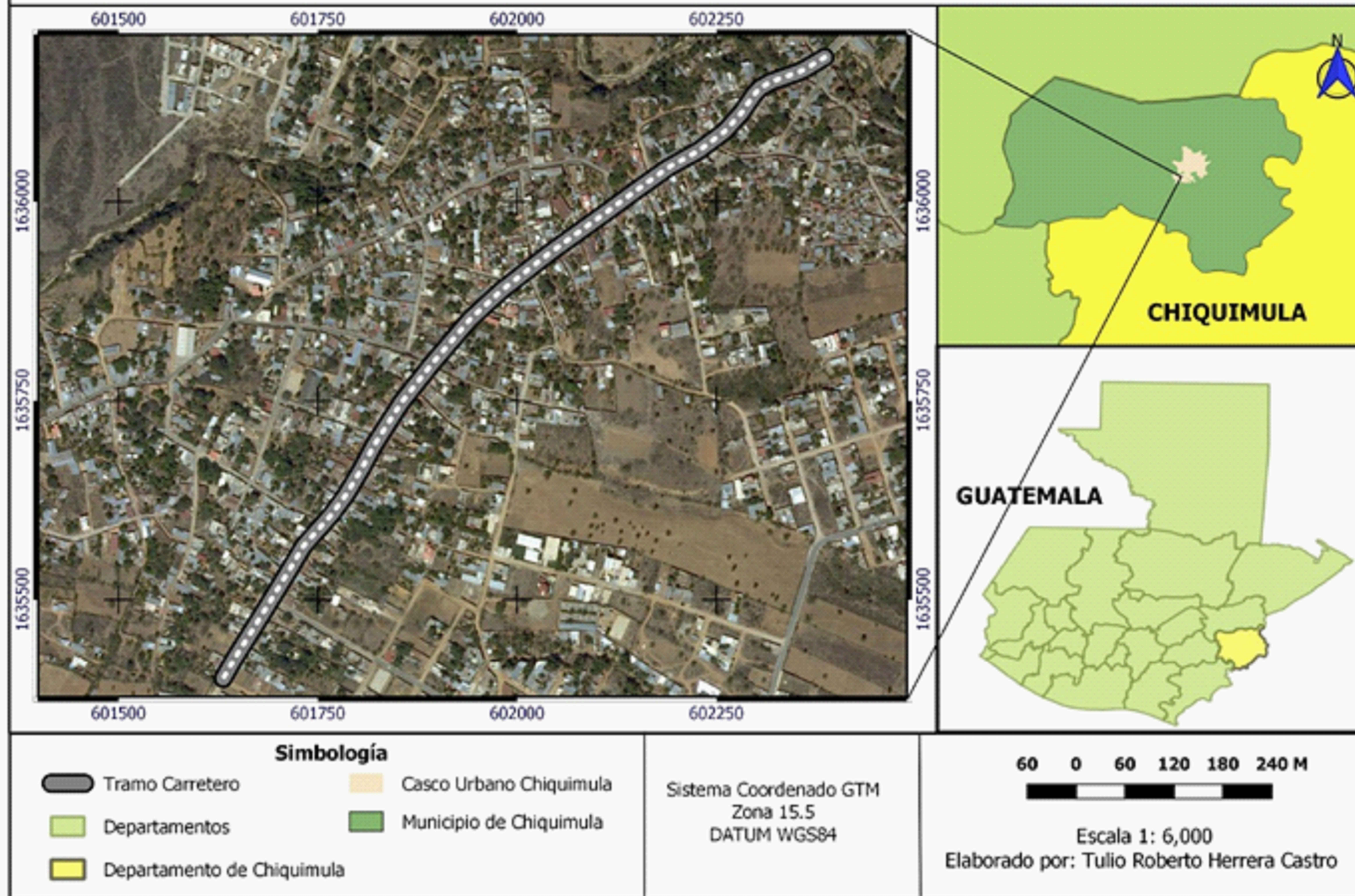
8. MORALES, Carlos. *Presupuestos y control en las empresas*. México D.F.: Ediciones Contables, Administrativas y Fiscales, 2000. 217 p.
9. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 2001. 505 p.
10. PAIZ, Byron. *Guía de cálculo para carreteras*. Tesis de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 1980. 62 p.
11. SÁNCHEZ SABOGAL, Fernando. *Ingeniería de pavimentos para carretera*. 2a ed. México D.F.: Autor, 2013. 325 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Planos del tramo carretero**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.

MAPA DE UBICACIÓN TRAMO CARRETERO



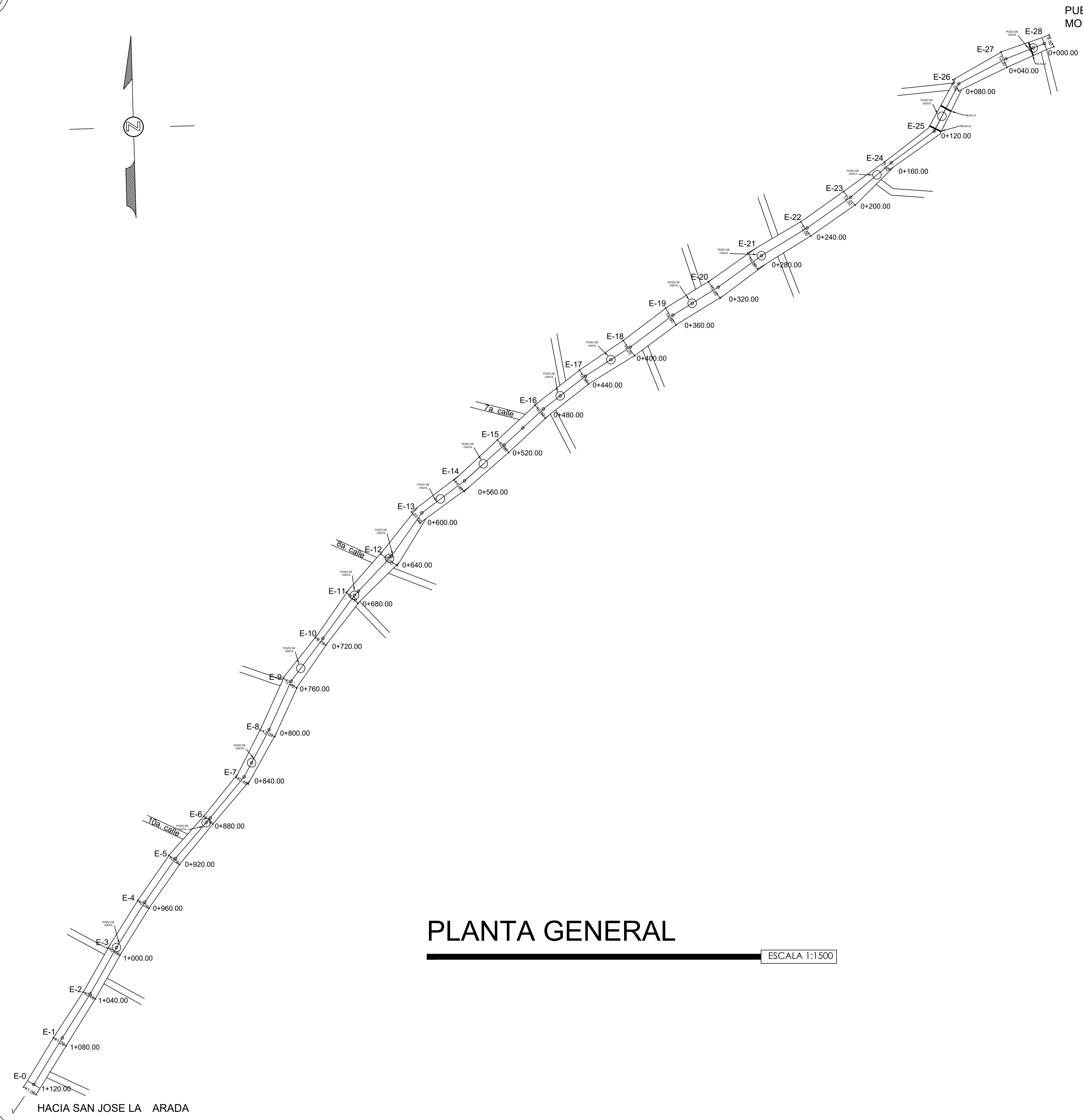
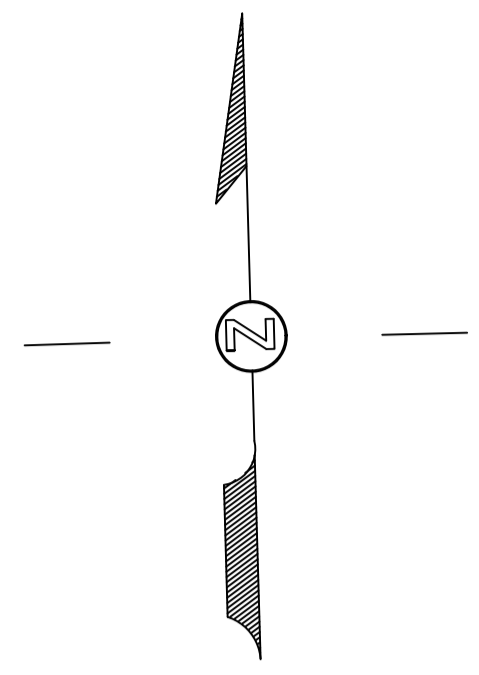
PLANTA GENERAL

ESCALA 1:1500

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO,
CHIQUIMULA-CHIQUIMULA.

DISEÑO:	CONTENIDO: - MAPA DE UBICACIÓN	HOJA 01 13
CALCULO:		
DIBUJO:		
ESCALA:	Vo.Bo.	
FECHA:		

PUENTE EL MOLINO



PLANTA GENERAL

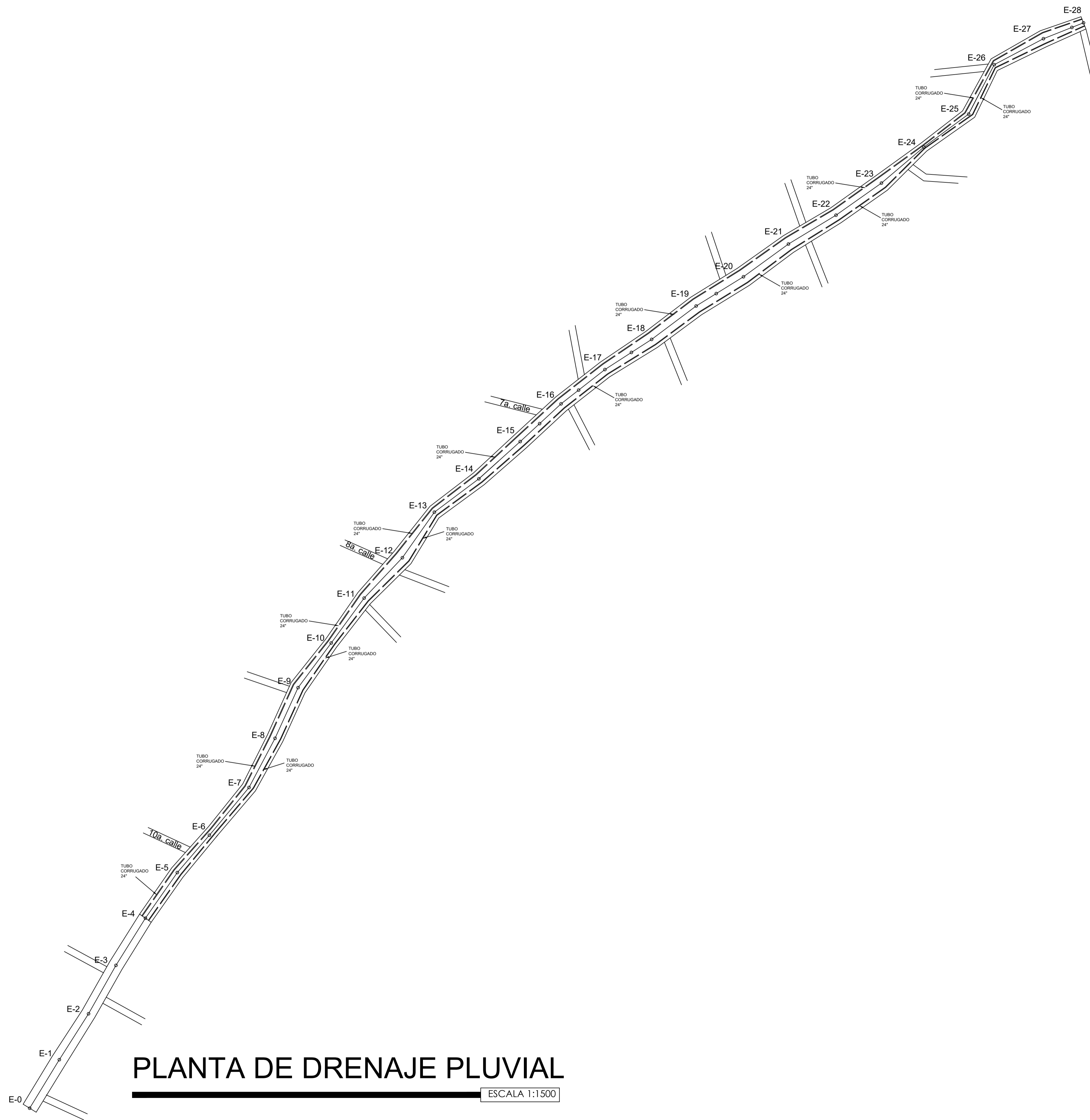
ESCALA 1:1500

ESTACION	PUNTO	AZIMUT	DISTANCIA EN M	DISTANCIA ACUMULADA	OBSEVACIONES
0	1	31d27'8"	40	40	
1	2	32d28'16"	40	80	
2	3	29d32'20"	40	120	Pozo de visitas
3	4	32d0'19"	40	160	
4	5	34d59'31"	40	200	
5	6	40d38'4"	40	240	Pozo de visitas
6	7	39d38'39"	40	280	Pozo de visitas
7	8	27d53'50"	40	320	
8	9	24d26'38"	40	360	Pozo de visitas
9	10	36d36'25"	40	400	
10	11	36d15'14"	40	440	Pozo de visitas
11	12	43d27'9"	40	480	Pozo de visitas
12	13	35d6'10"	40	520	Pozo de visitas
13	14	53d7'48"	40	560	Pozo de visitas
14	15	48d0'46"	40	600	
15	16	47d17'26"	40	640	Pozo de visitas
16	17	52d0'5"	40	680	Pozo de visitas
17	18	57d10'17"	40	720	
18	19	53d7'48"	40	760	Pozo de visitas
19	20	58d17'55"	40	800	
20	21	53d58'21"	40	840	Pozo de visitas
21	22	58d46'54"	40	880	
22	23	54d46'57"	40	920	
23	24	49d41'9"	40	960	Pozo de visitas
24	25	53d36'56"	40	1000	Pozo de visitas
25	26	27d24'27"	40	1040	
26	27	62d10'33"	40	1080	
27	28	68d23'21"	32	1112	Pozo de visitas

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIQUIMULA-CHIQUIMULA.		HOJA 02 13
DISEÑO:	CONTENIDO: - PLANTA GENERAL	
CALCULO:		
DIBUJO:		
ESCALA:		
FECHA:		

HACIA SAN JOSE LA ARADA

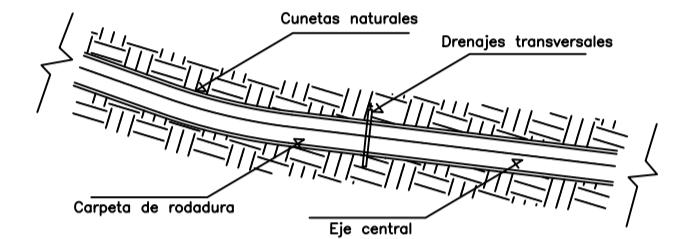
PUENTE EL MOLINO



PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL

ESCALA 1:1500

SIMBOLOGIA DE PLANTA



PROYECTO:
 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO,
 CHIQUMULA-CHIQUIMULA.

DISEÑO:

CÁLCULO:

DIBUJO:

ESCALA:

FECHA:

CONTENIDO:
 - PLANTA DE DRENAJE PLUVIAL
 - DETALLE DE CUNETAS

V.O.Bo.

HOJA

03 / 13

ESTACION	deflexión	CURVA INVERSA	DATOS DE CURVA	Altimet
0+000.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+020.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+040.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+060.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+080.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+100.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+120.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+140.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+160.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+180.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+200.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+220.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+240.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+260.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+280.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+300.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+320.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+340.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+360.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+380.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+400.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+420.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+440.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+460.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+480.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+500.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+520.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+540.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+560.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+580.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+600.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+620.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+640.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+660.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+680.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+700.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+720.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+740.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+760.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+780.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+800.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+820.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+840.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+860.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+880.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+900.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+920.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+940.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+960.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+980.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+000.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+020.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+040.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+060.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+080.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+100.00		20.000		218' 24' 45.45"

ESTACION	deflexión	CURVA INVERSA	DATOS DE CURVA	Altimet
0+400.00		4.076		218' 24' 45.45"
0+420.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+440.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+460.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+480.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+500.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+520.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+540.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+560.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+580.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+600.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+620.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+640.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+660.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+680.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+700.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+720.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+740.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+760.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+780.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+800.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+820.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+840.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+860.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+880.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+900.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+920.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+940.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+960.00		20.000		218' 24' 45.45"
0+980.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+000.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+020.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+040.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+060.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+080.00		20.000		218' 24' 45.45"
1+100.00		20.000		218' 24' 45.45"

$\Delta = 14'42'29.78''$ der
 $Ste = 28.955$
 $\Delta c = 3'27'29.78''$
 $\theta e = 5'37'30.00''$
 $PI = 0+829.12$
 $Gc = 9'0'0.00''$
 $Lc = 7.685$
 $Rc = 127.324$
 $Xc = 24.976$
 $Yc = 0.818$
 $k = 12.496$
 $p = 0.205$
 $Le = 25.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 4'26'43.83''$ der
 $Ste = 4.696$
 $\Delta c = 0'26'25.83''$
 $\theta e = 2'0'9.00''$
 $PI = 0+202.33$
 $Gc = 18'0'0.00''$
 $Lc = 0.489$
 $Rc = 63.662$
 $Xc = 4.449$
 $Yc = 0.052$
 $k = 2.225$
 $p = 0.013$
 $Le = 4.45$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 26'40'23.22''$ der
 $Ste = 12.511$
 $\Delta c = 11'22'23.22''$
 $\theta e = 7'39'0.00''$
 $PI = 0+110.13$
 $Gc = 34'0'0.00''$
 $Lc = 6.690$
 $Rc = 33.703$
 $Xc = 8.984$
 $Yc = 0.400$
 $k = 4.497$
 $p = 0.100$
 $Le = 9.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 39'43'39.26''$ izq
 $Ste = 21.379$
 $\Delta c = 17'3'39.26''$
 $\theta e = 11'15'0.00''$
 $PI = 0+071.08$
 $Gc = 30'0'0.00''$
 $Lc = 11.485$
 $Rc = 38.197$
 $Xc = 14.942$
 $Yc = 0.979$
 $k = 7.490$
 $p = 0.245$
 $Le = 15.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 4'47'41.06''$ izq
 $Ste = 10.332$
 $\Delta c = 0'17'41.06''$
 $\theta e = 2'15'0.00''$
 $PI = 0+349.93$
 $Gc = 9'0'0.00''$
 $Lc = 0.655$
 $Rc = 127.324$
 $Xc = 9.998$
 $Yc = 0.131$
 $k = 5.000$
 $p = 0.033$
 $Le = 10.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 11'51'25.52''$ izq
 $Ste = 23.416$
 $\Delta c = 0'21'25.52''$
 $\theta e = 5'45'0.00''$
 $PI = 0+749.15$
 $Gc = 10'0'0.00''$
 $Lc = 0.714$
 $Rc = 114.592$
 $Xc = 22.977$
 $Yc = 0.769$
 $k = 11.496$
 $p = 0.193$
 $Le = 23.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 14'26'11.45''$ izq
 $Ste = 46.552$
 $\Delta c = 5'41'11.45''$
 $\theta e = 4'22'30.00''$
 $PI = 0+589.72$
 $Gc = 5'0'0.00''$
 $Lc = 22.746$
 $Rc = 229.183$
 $Xc = 34.980$
 $Yc = 0.891$
 $k = 17.497$
 $p = 0.223$
 $Le = 35.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

$\Delta = 8'20'49.46''$ izq
 $Ste = 11.078$
 $\Delta c = 0'5'49.46''$
 $\theta e = 4'7'30.00''$
 $PI = 0+908.88$
 $Gc = 15'0'0.00''$
 $Lc = 0.129$
 $Rc = 76.394$
 $Xc = 10.994$
 $Yc = 0.264$
 $k = 5.499$
 $p = 0.066$
 $Le = 11.00$
 $Sc = 10.00\%$
 $Ac = 0.60$

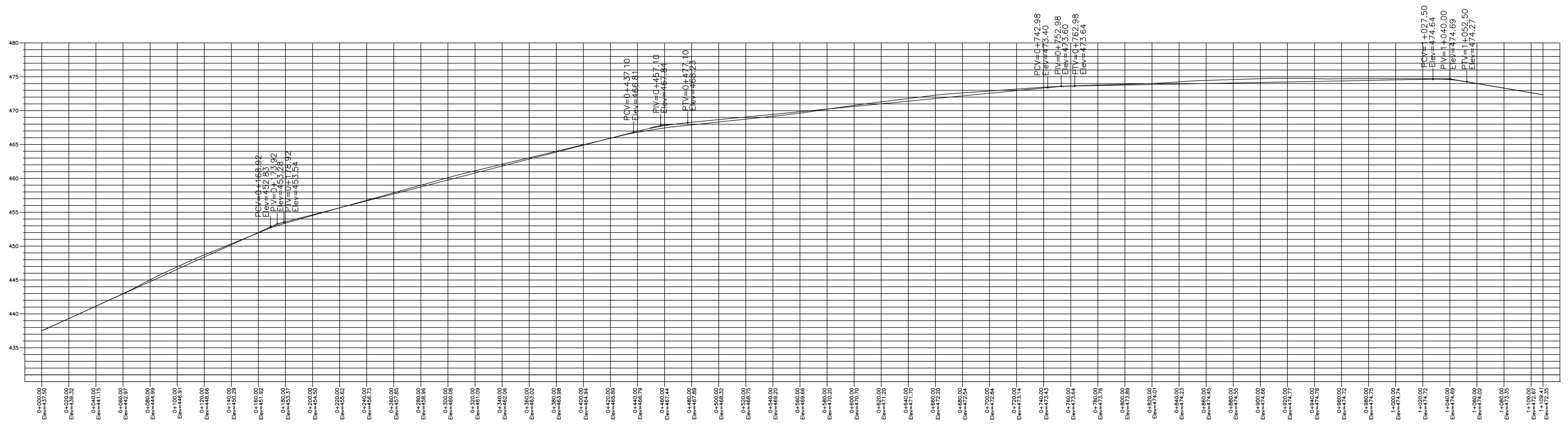
ALINEAMIENTO HORIZONTAL

ESCALA 1:1500

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHICHUMULA-CHICHUMULA.		HOJA
DISEÑO:	CONTENIDO: - ALINEAMIENTO Horizontal	04
CALCULO:		13
DIBUJO:		
ESCALA:		
FECHA:		

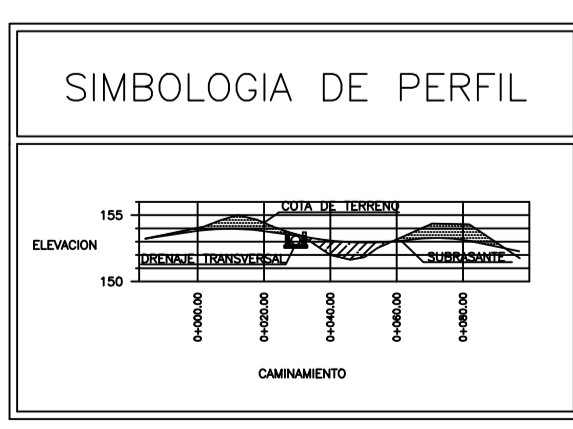
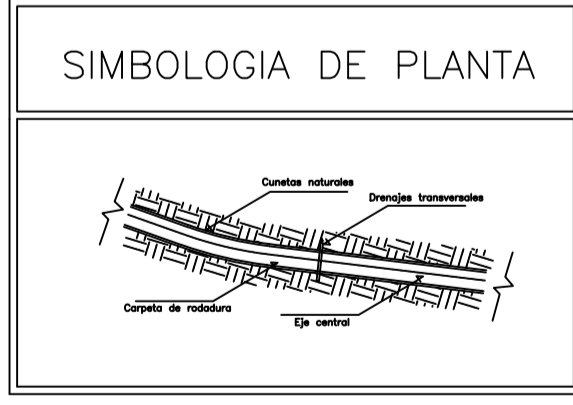
ALINEAMIENTO VERTICAL

ESCALA 1:1500



PAVIMENTO MOLINO
ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
ESCALA VERTICAL 1 : 200

Datos de curva (1)				
Pendiente %	PIV		Longitud de curva (N)	
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	
9.071	5.141	0+173.921	453.2803	10.00 20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.930%				
Tipo de curva: En cresta				
Datos de curva (2)				
Pendiente %	PIV		Longitud de curva (N)	
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	
5.141	1.947	0+457.103	467.8388	40.00 20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.194%				
Tipo de curva: En cresta				
Datos de curva (3)				
Pendiente %	PIV		Longitud de curva (N)	
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	
1.947	0.380	0+752.981	473.5990	20.00 20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 1.567%				
Tipo de curva: En cresta				
Datos de curva (4)				
Pendiente %	PIV		Longitud de curva (N)	
Entrada (P1)	Salida (P2)	Estación	Elevación	
0.380	-3.373	1+040.000	474.6892	25.00 20.00
Diferencia algebraica de pendientes (A) = 3.752%				
Tipo de curva: En cresta				



ALINEAMIENTO HORIZONTAL

MUNICIPALIDAD DE CHIQUMULA

ESCALA 1:1500

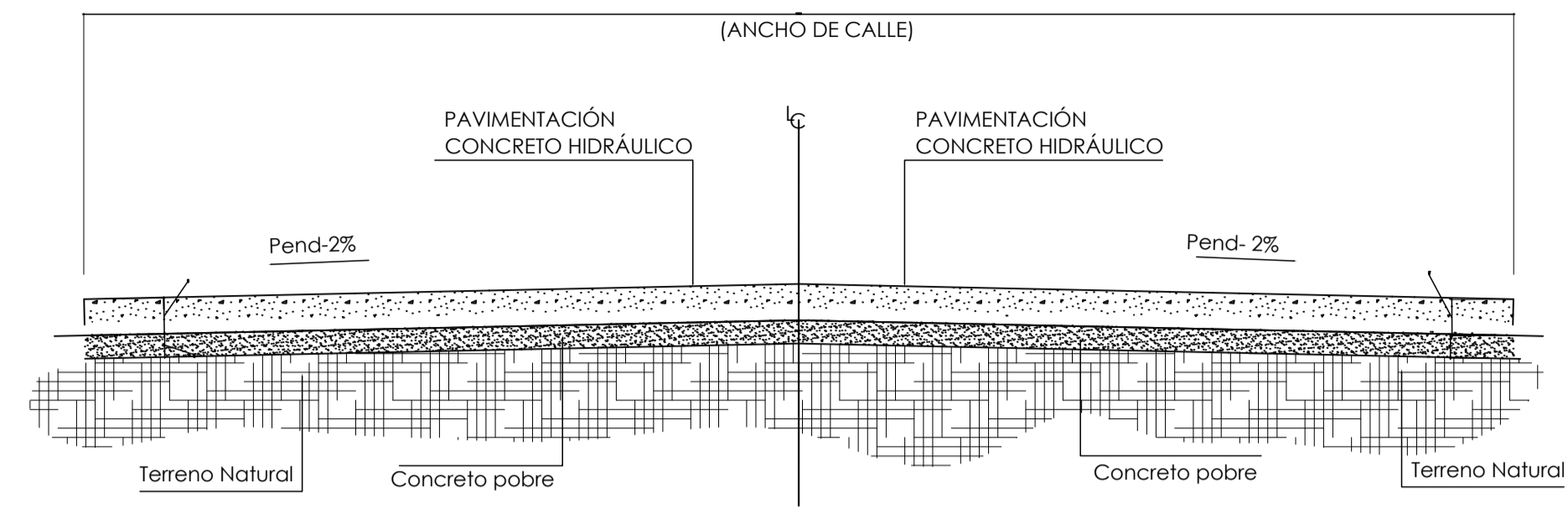
PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIQUMULA-CHIQUIMULA.

DISEÑO:
CALCULO:
DIBUJO:
ESCALA:
FECHA:

CONTENIDO:
- ALINEAMIENTO VERTICAL

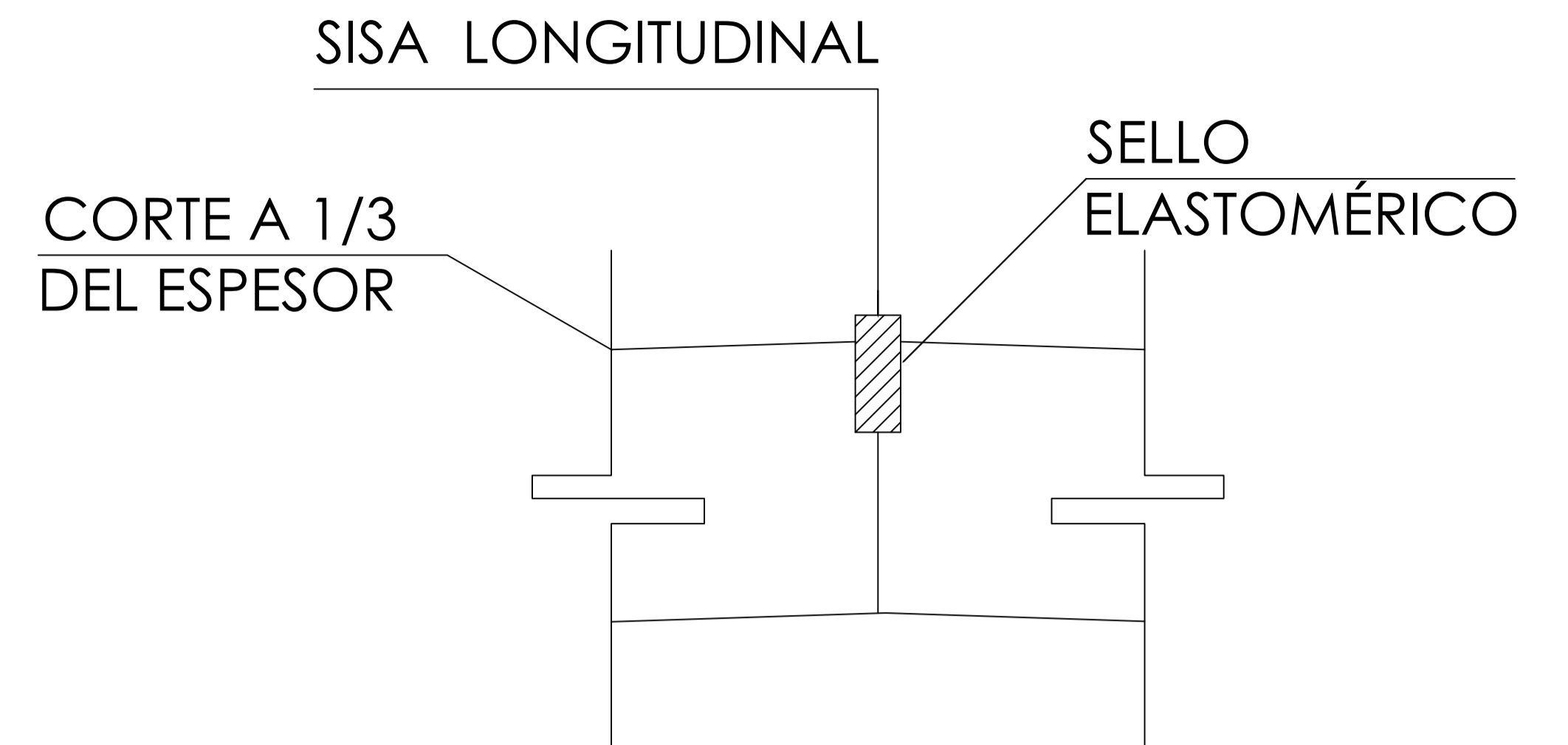
Vo.Bo.

HOJA
05
13



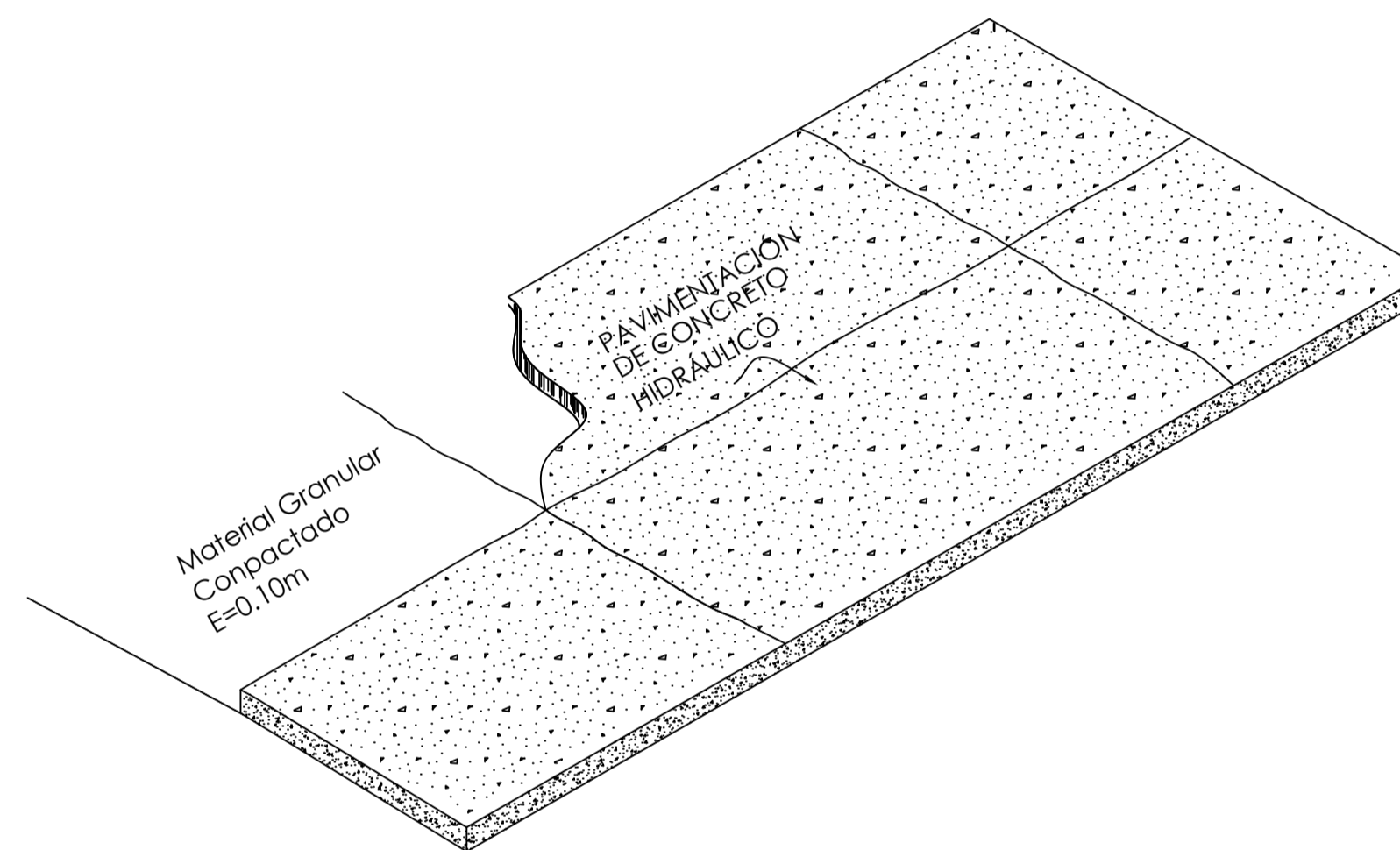
SECCION TRANSVERSAL DE CALLE

ESCALA 1:20



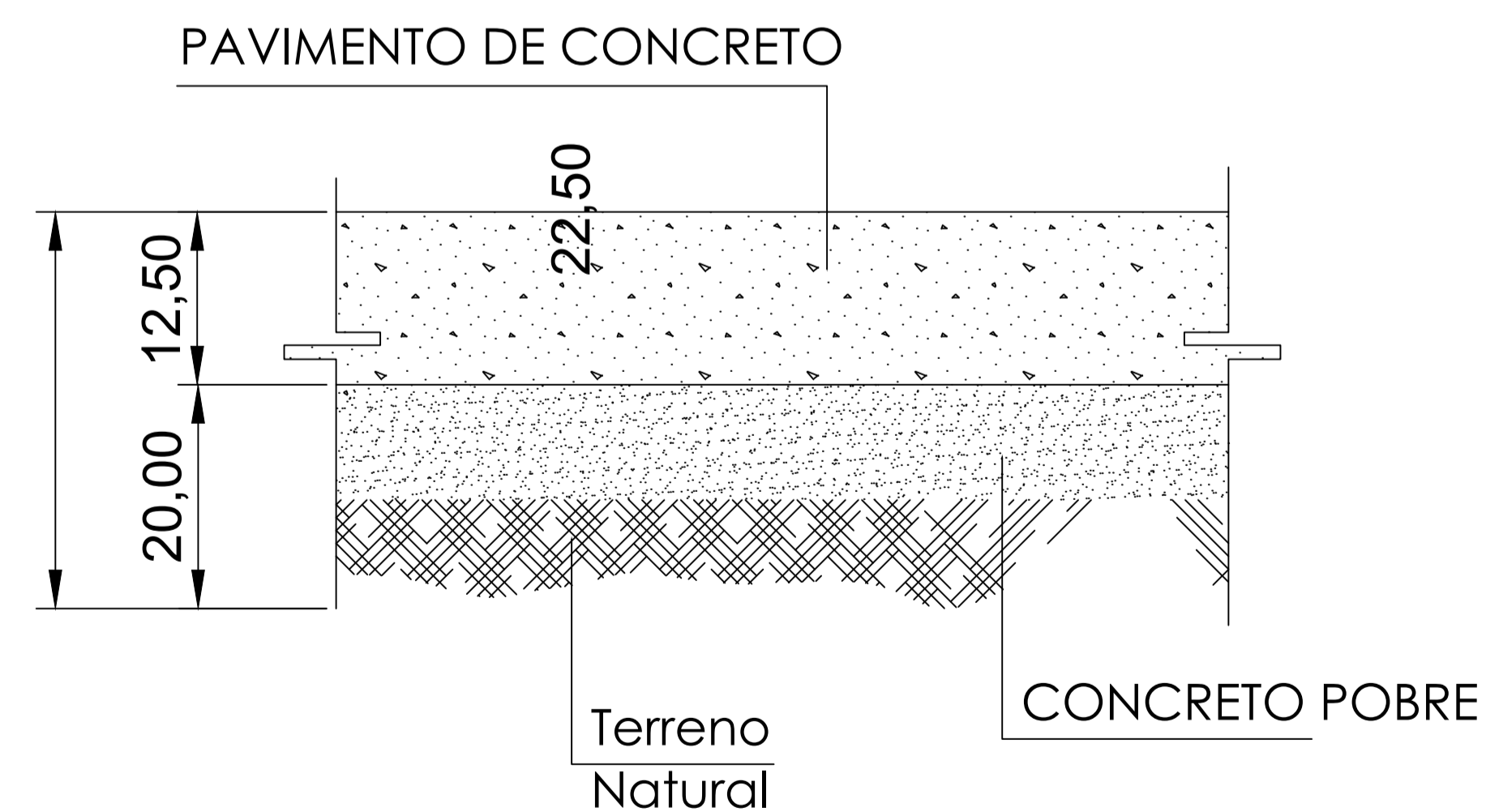
DETALLE DE JUNTAS

SIN ESCALA



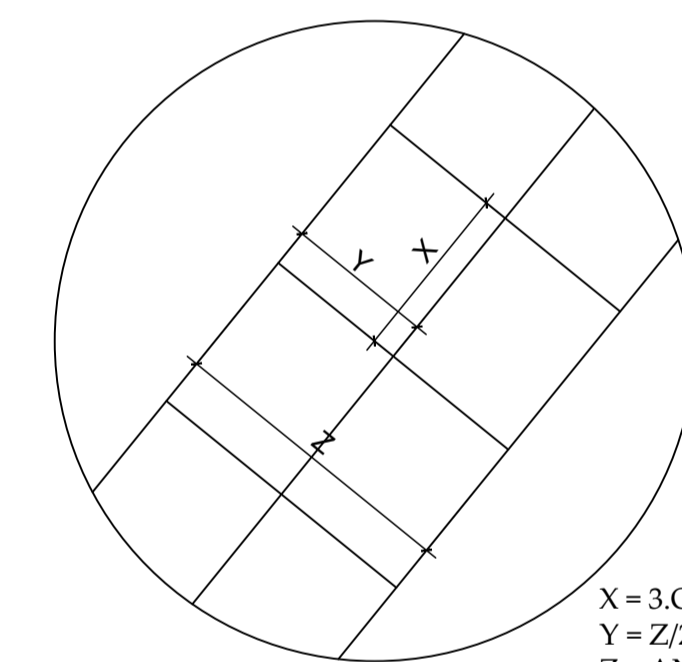
ISOMETRICO

SIN ESCALA



SECCION LONGITUDINAL

ESCALA 1:20



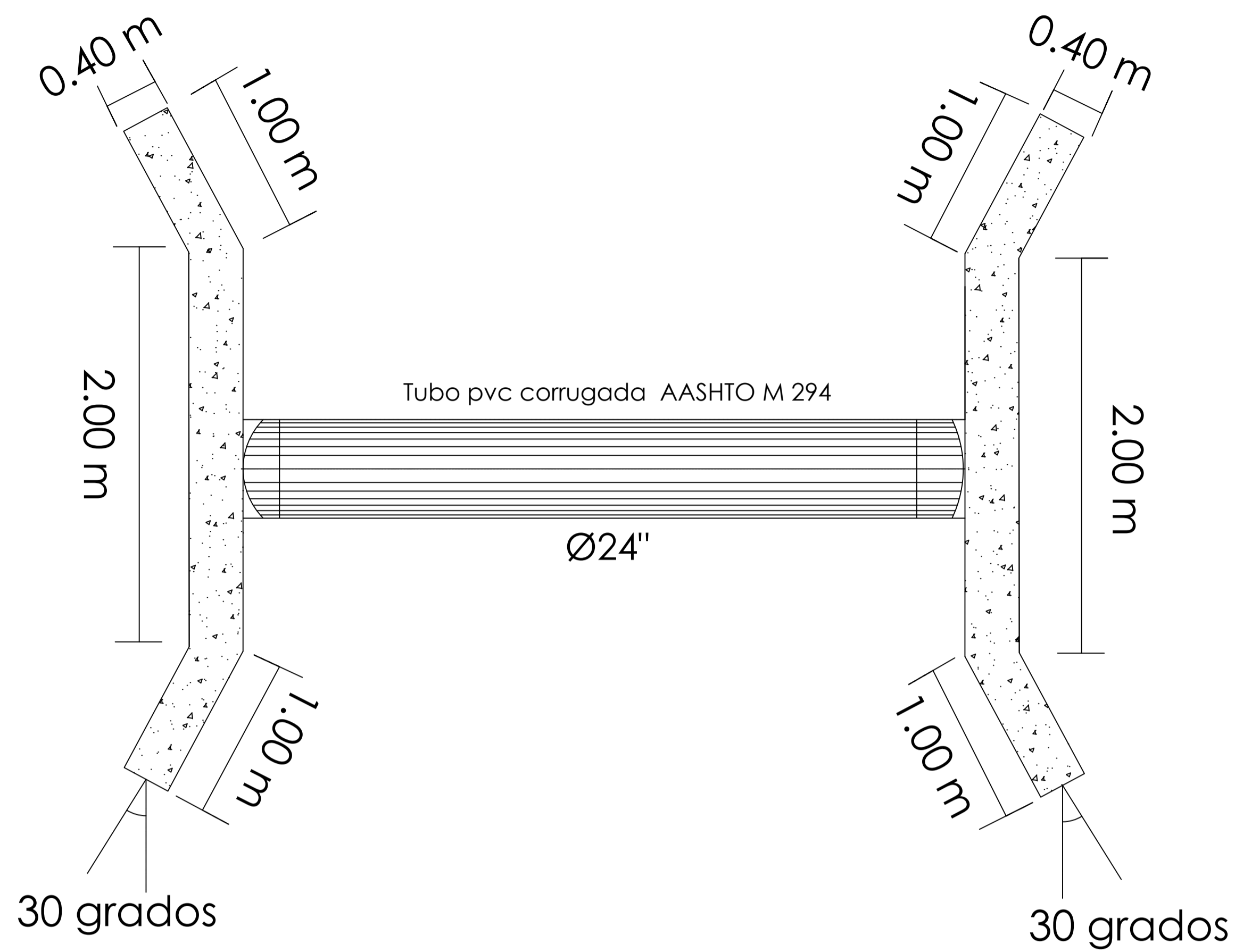
X = 3,00 M
Y = Z/2
Z = ANCHO DE RODADURA

DETALLE DE PLANCHAS

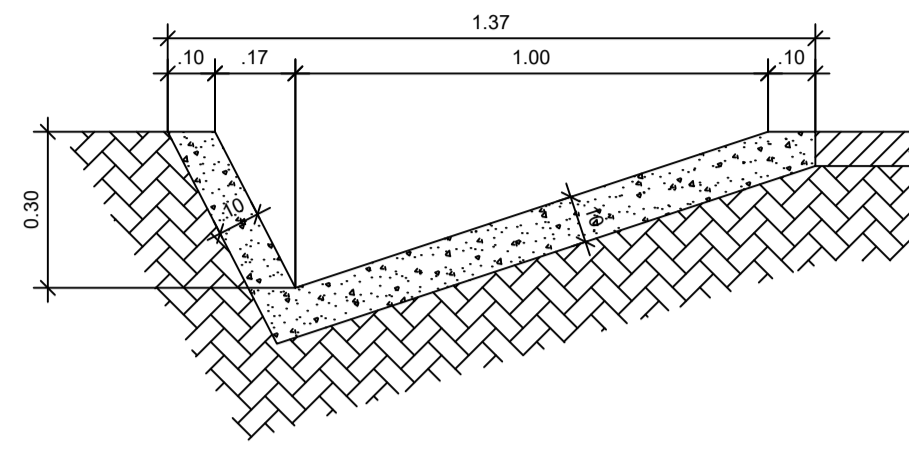
MUNICIPALIDAD DE CHIQUIMULA

SIN ESCALA

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIQUIMULA-CHIQUIMULA.		
DISEÑO: CALCULO: DIBUJO: ESCALA: FECHA:	CONTENIDO: SECCIONES TRANSVERSALES -SECCIONES LONGITUDINALES -DETALLE DE PLANCHAS	HOJA 06 13
Vo.Bo. _____		

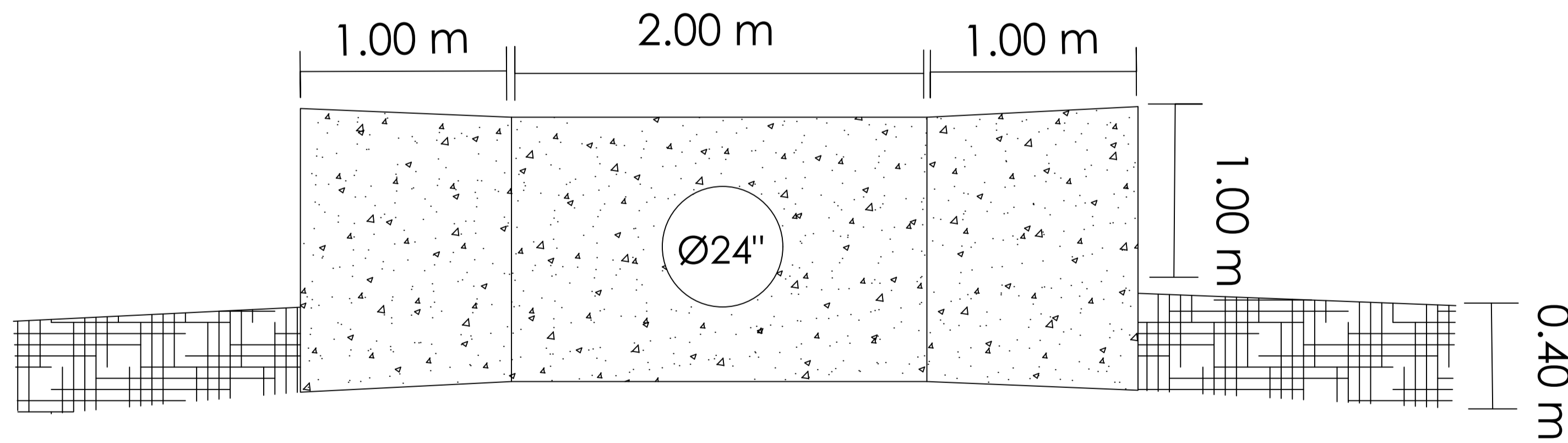


PLANTA DRENAJE TRANSVERSAL



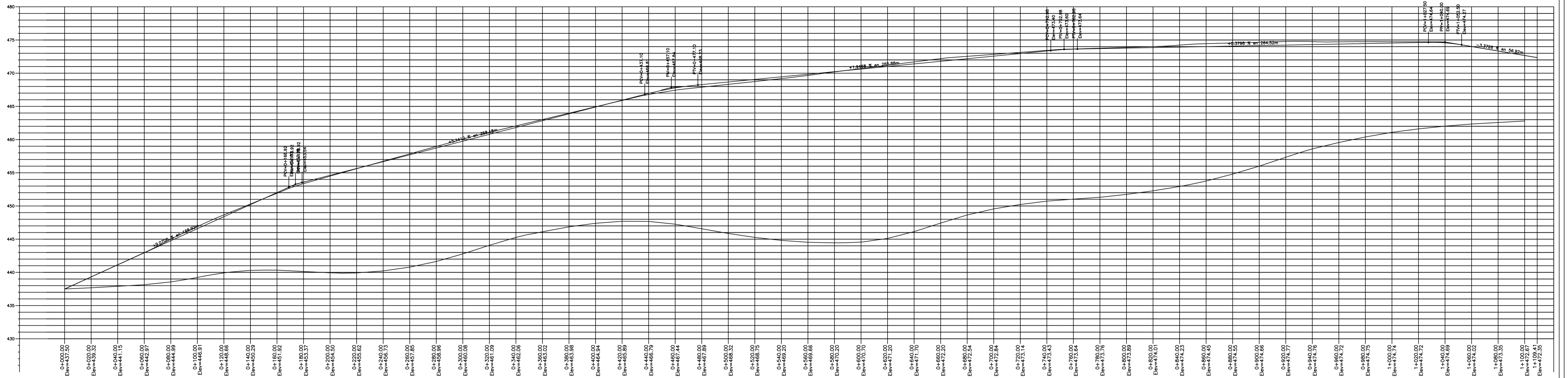
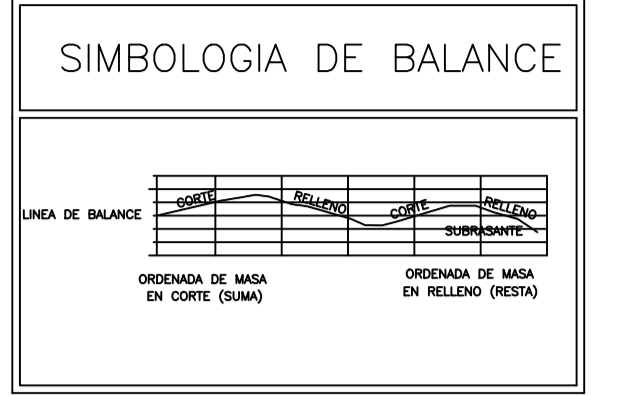
DETALLE DE CUNETTA

ESPECIFICACIONES	
TUBOS.-	Tubo pvc corrugada AASHTO M 294
MUROS.-	De concreto Ciclopeo 70:30 El desplante se hara en T. Nat. capaz de una fatiga de trabajo de 1.80 Kg/cm2 para ello se podra variar su elevacion a juicio del Ing. Residente hasta 20 cm. modificando unicamente el espesor del cimientto.
Dimensiones en centimetros, elevaciones en metros	



ELEVACION DRENAJE TRANSVERSAL

PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIQUMULA-CHIQUMULA.		HOJA	
DISEÑO:	CONTENIDO: - DETALLE DE DRENAJE TRANSVERSAL	07	
CALCULO:		13	
DIBUJO:	Vo.Bo.		
ESCALA:			
FECHA:			



ORDENADA DE LA CURVA MASA	TIPO DE MATERIAL		VOLUMEN	TIPO DE MATERIAL	
	TERRAPLEN	CORTE		TERRAPLEN	CORTE
0+000.00	437.50	437.50	0.00	0.00	10.000
0+020.00	439.32	439.32	0.00	19.38	10.018
0+040.00	441.15	441.13	0.01	23.02	10.040
0+060.00	442.97	442.95	0.02	23.78	10.064
0+080.00	444.79	444.76	0.33	43.09	10.106
0+100.00	446.61	446.57	0.04	64.00	10.150
0+120.00	448.43	448.37	0.06	85.00	10.194
0+140.00	450.25	450.17	0.08	106.00	10.238
0+160.00	452.07	451.97	0.10	127.00	10.282
0+180.00	453.89	453.78	0.11	148.00	10.326
0+200.00	455.71	455.59	0.12	169.00	10.370
0+220.00	457.53	457.39	0.14	190.00	10.414
0+240.00	459.35	459.19	0.16	211.00	10.458
0+260.00	461.17	460.99	0.18	232.00	10.502
0+280.00	462.99	462.80	0.19	253.00	10.546
0+300.00	464.81	464.60	0.21	274.00	10.590
0+320.00	466.63	466.41	0.22	295.00	10.634
0+340.00	468.45	468.22	0.23	316.00	10.678
0+360.00	470.27	470.03	0.24	337.00	10.722
0+380.00	472.09	471.84	0.25	358.00	10.766
0+400.00	473.91	473.64	0.26	379.00	10.810
0+420.00	475.73	475.44	0.29	400.00	10.854
0+440.00	477.55	477.24	0.31	421.00	10.898
0+460.00	479.37	479.04	0.33	442.00	10.942
0+480.00	481.19	480.84	0.35	463.00	10.986
0+500.00	483.01	482.64	0.37	484.00	11.030
0+520.00	484.83	484.45	0.38	505.00	11.074
0+540.00	486.65	486.25	0.40	526.00	11.118
0+560.00	488.47	488.05	0.42	547.00	11.162
0+580.00	490.29	489.82	0.47	568.00	11.206
0+600.00	492.11	491.59	0.52	589.00	11.250
0+620.00	493.93	493.36	0.57	610.00	11.294
0+640.00	495.75	495.12	0.63	631.00	11.338
0+660.00	497.57	496.89	0.68	652.00	11.382
0+680.00	499.39	498.66	0.73	673.00	11.426
0+700.00	501.21	500.43	0.78	694.00	11.470
0+720.00	503.03	502.20	0.83	715.00	11.514
0+740.00	504.85	503.97	0.88	736.00	11.558
0+760.00	506.67	505.74	0.93	757.00	11.602
0+780.00	508.49	507.51	0.98	778.00	11.646
0+800.00	510.31	509.28	1.03	799.00	11.690
0+820.00	512.13	511.05	1.08	820.00	11.734
0+840.00	513.95	512.82	1.13	841.00	11.778
0+860.00	515.77	514.59	1.18	862.00	11.822
0+880.00	517.59	516.36	1.23	883.00	11.866
0+900.00	519.41	518.13	1.28	904.00	11.910
0+920.00	521.23	520.00	1.33	925.00	11.954
0+940.00	523.05	521.77	1.38	946.00	11.998
0+960.00	524.87	523.54	1.43	967.00	12.042
0+980.00	526.69	525.31	1.48	988.00	12.086
1+000.00	528.51	527.08	1.53	1009.00	12.130
1+020.00	530.33	528.85	1.58	1030.00	12.174
1+040.00	532.15	530.62	1.63	1051.00	12.218
1+060.00	533.97	532.39	1.68	1072.00	12.262
1+080.00	535.79	534.16	1.73	1093.00	12.306
1+100.00	537.61	535.93	1.78	1114.00	12.350

PAVIMENTO MOLINO
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 100

PERFIL
 ESCALA HORIZONTAL 1 : 1000
 ESCALA VERTICAL 1 : 100
 TOTAL VOLUMEN CORTE = 3,071,12m³
 TOTAL VOLUMEN TERRAPLEN = -341,83m³

TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA

ESCALA 1:1500

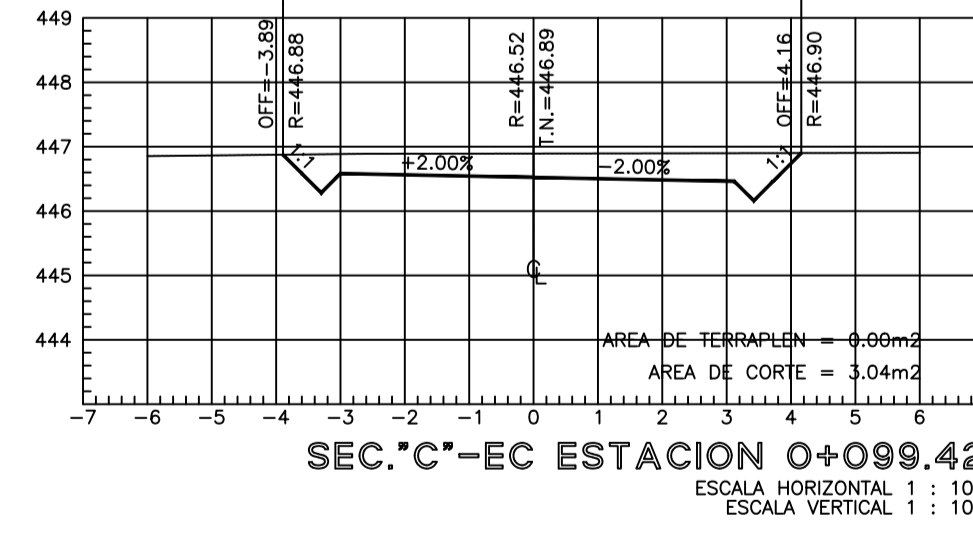
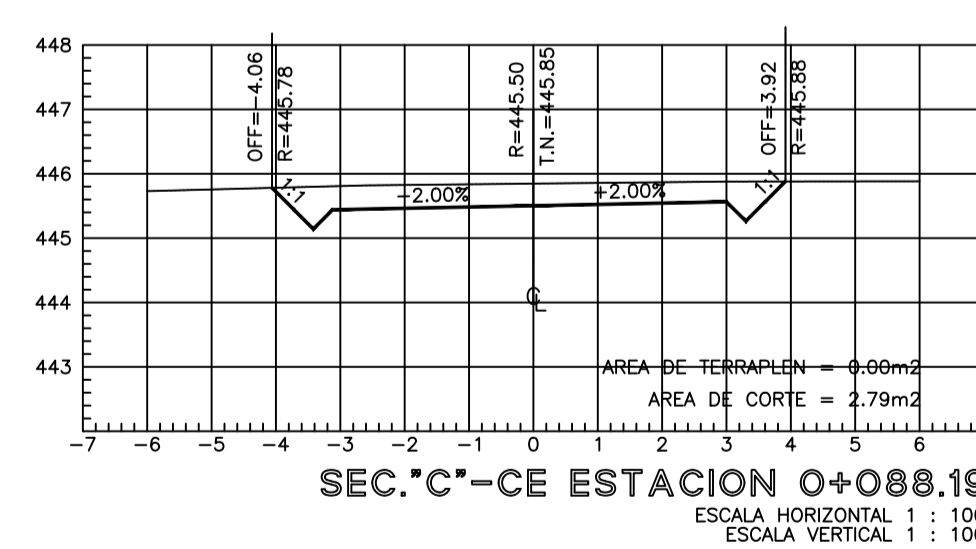
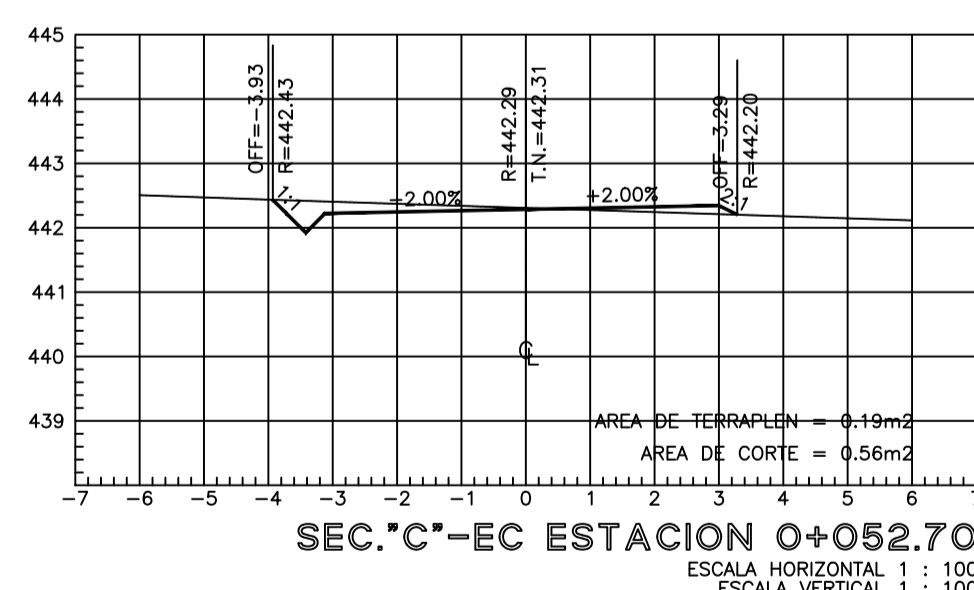
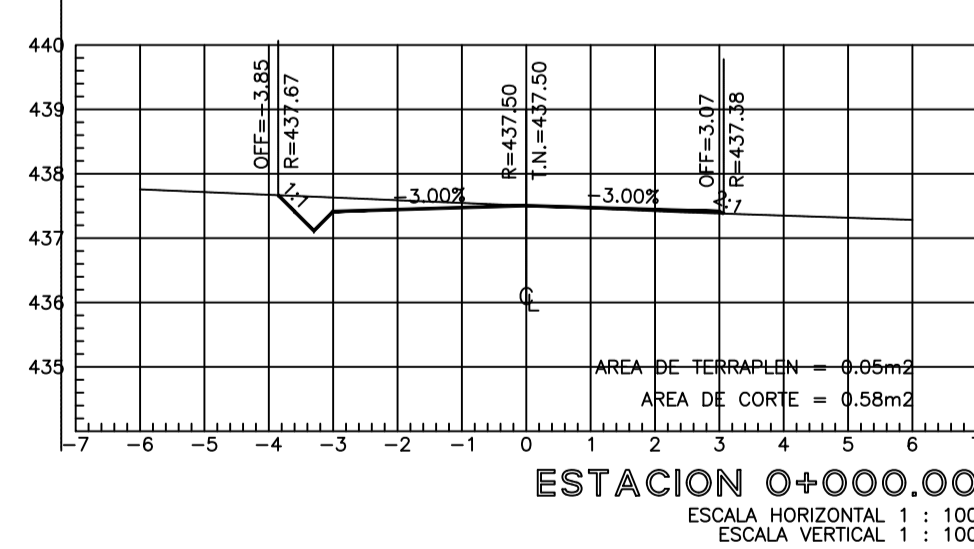
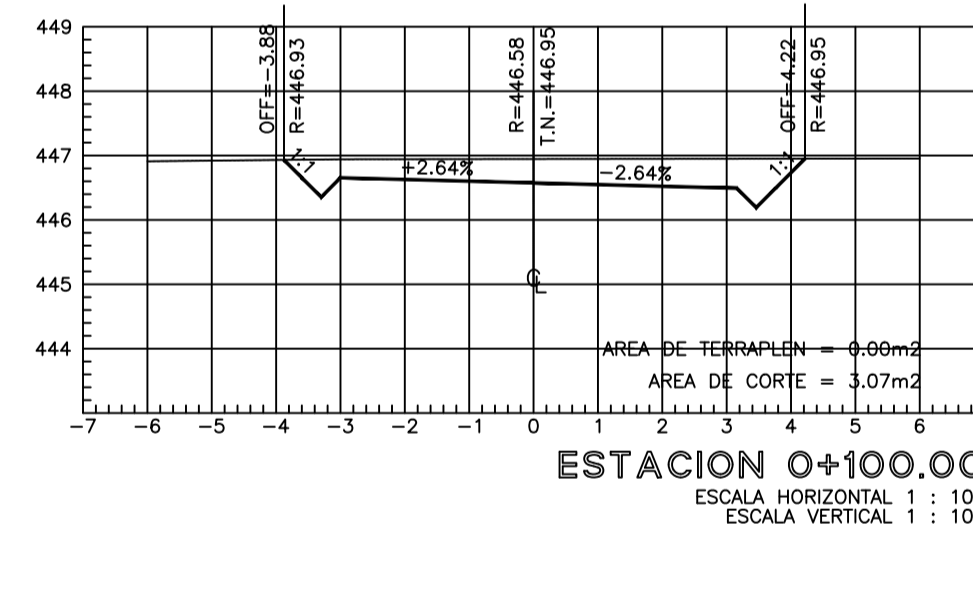
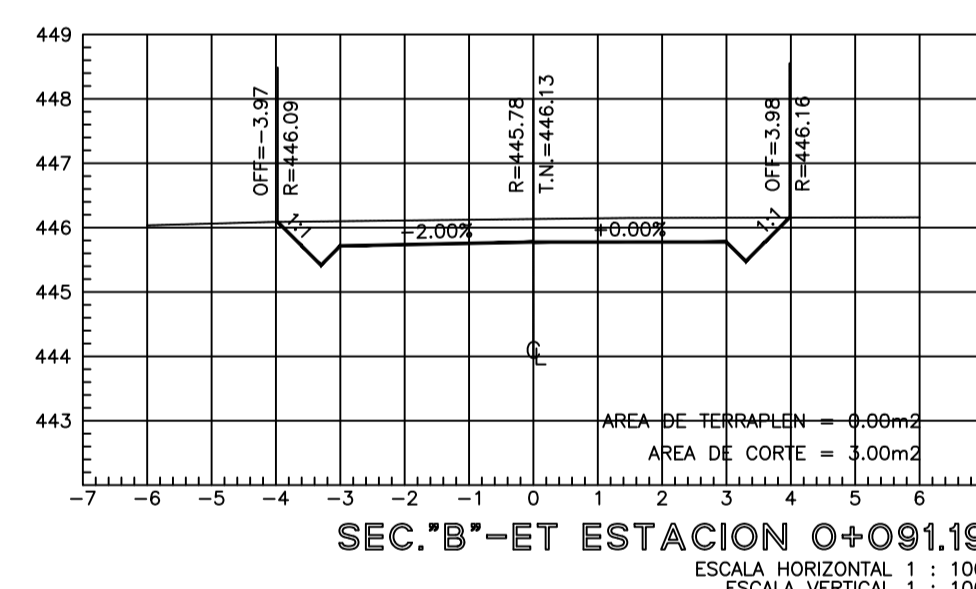
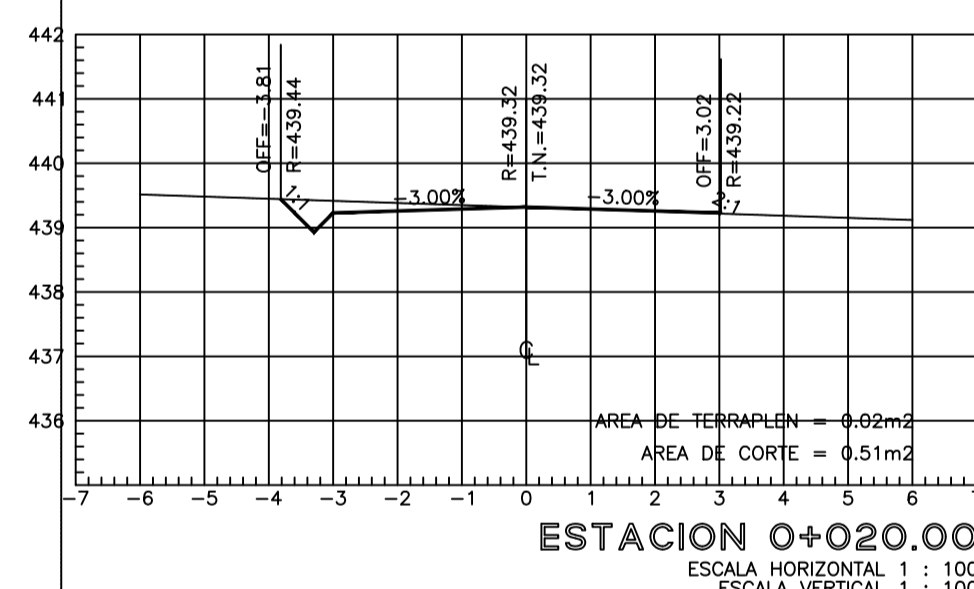
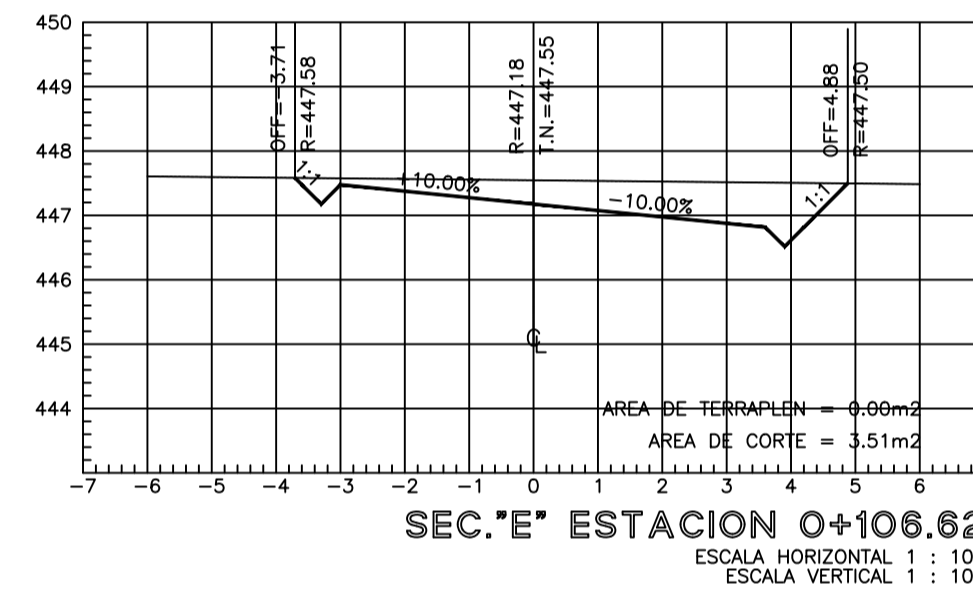
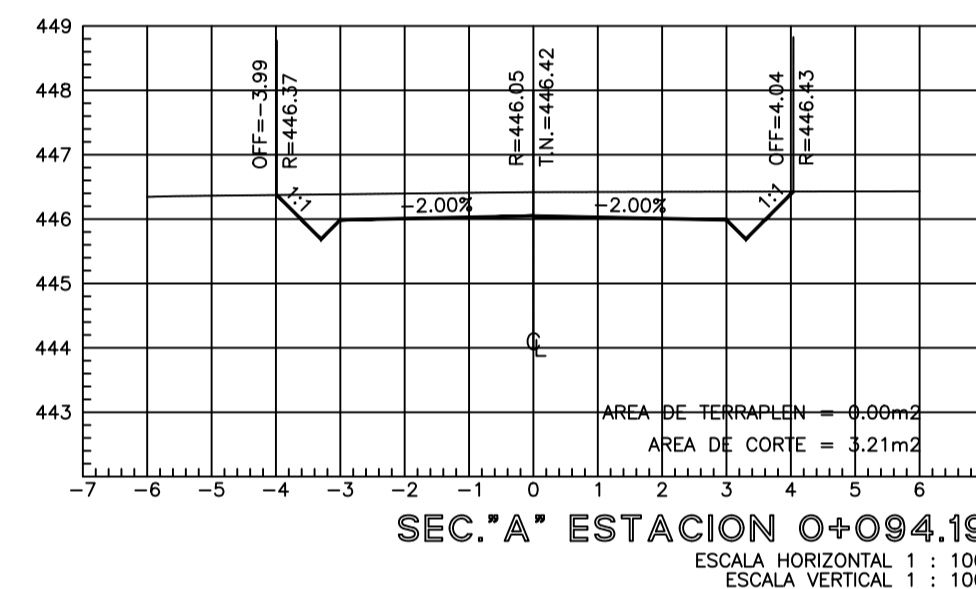
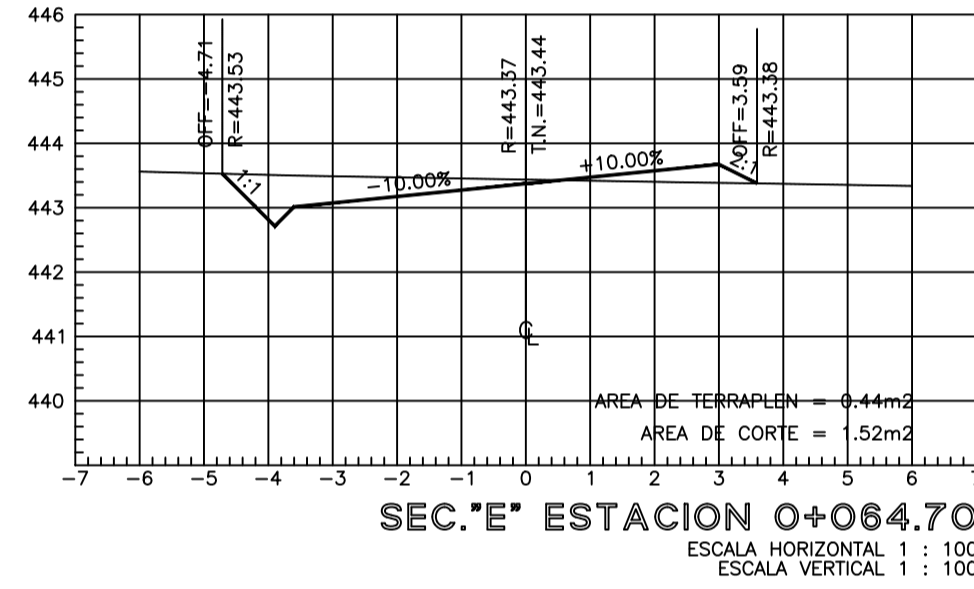
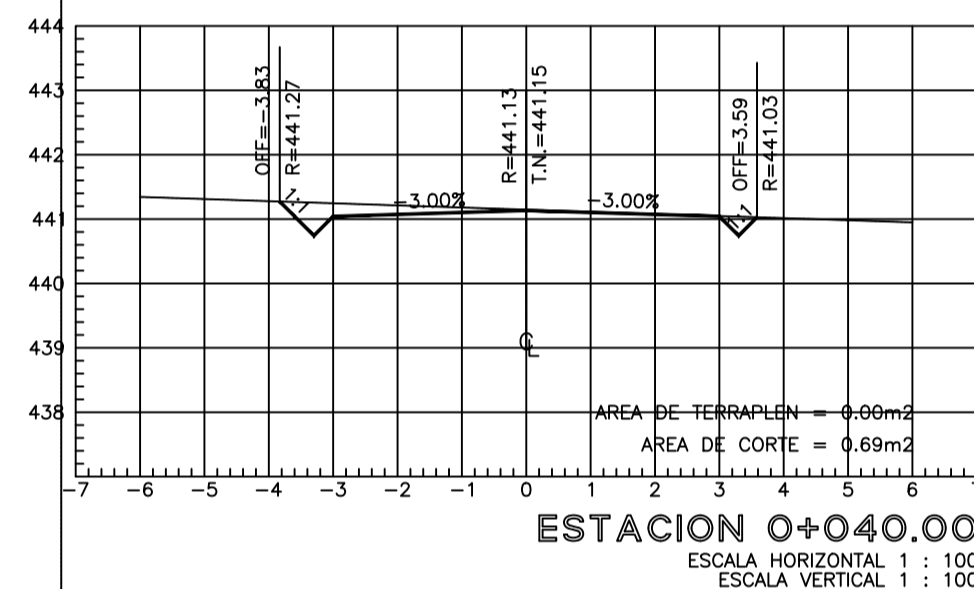
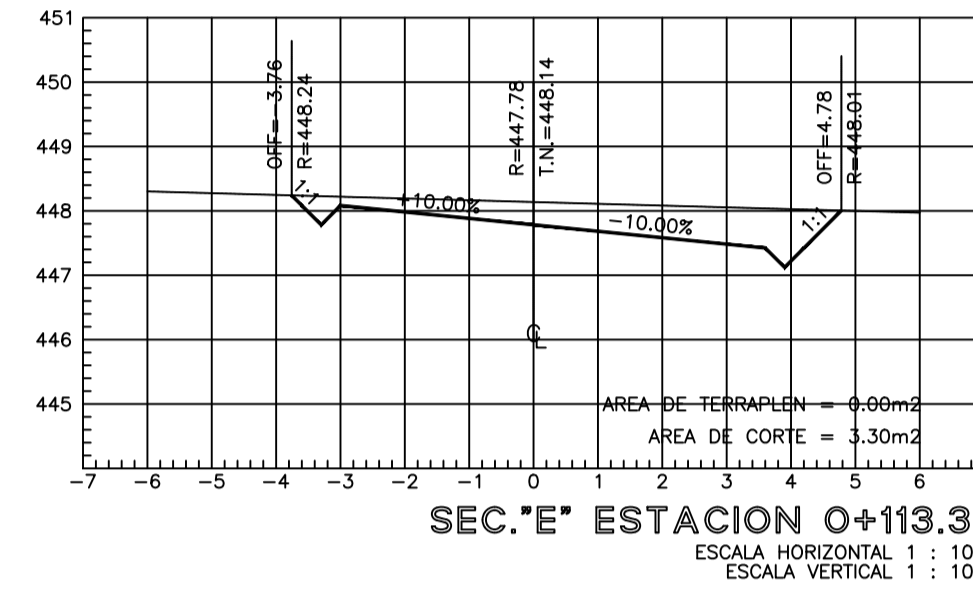
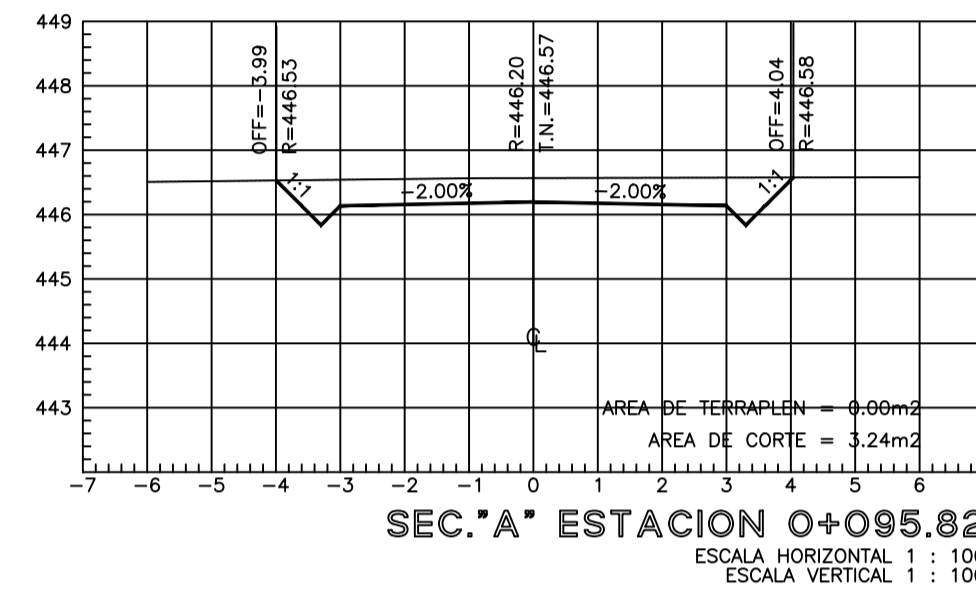
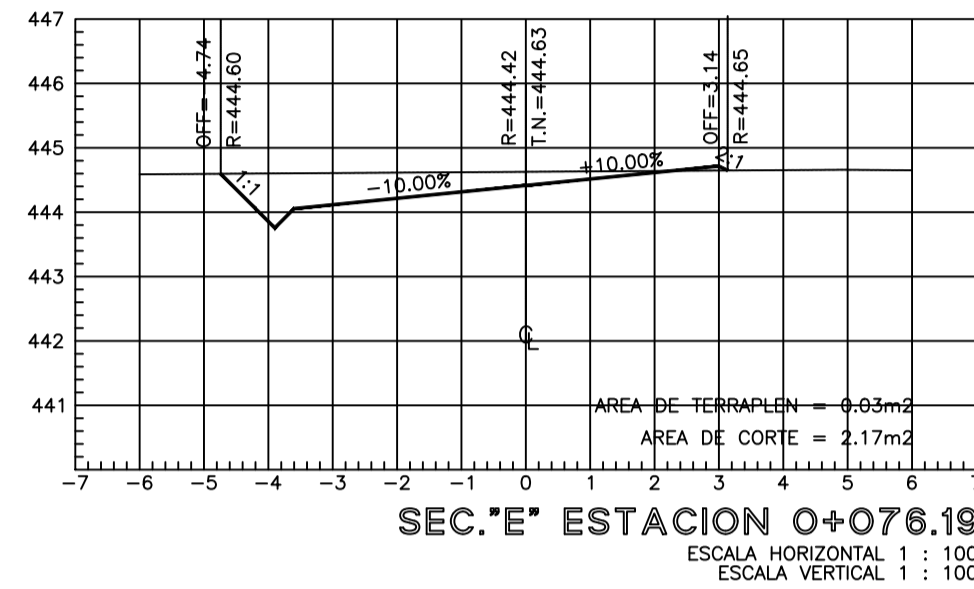
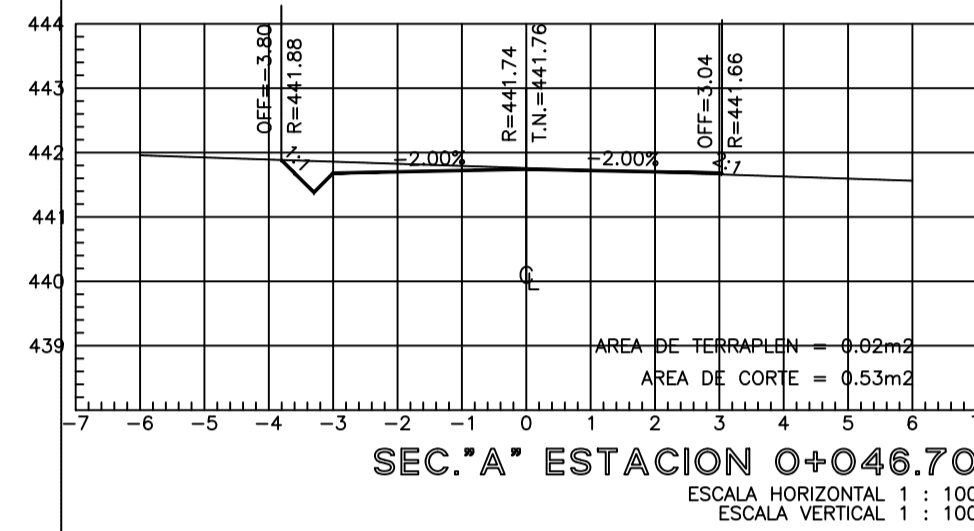
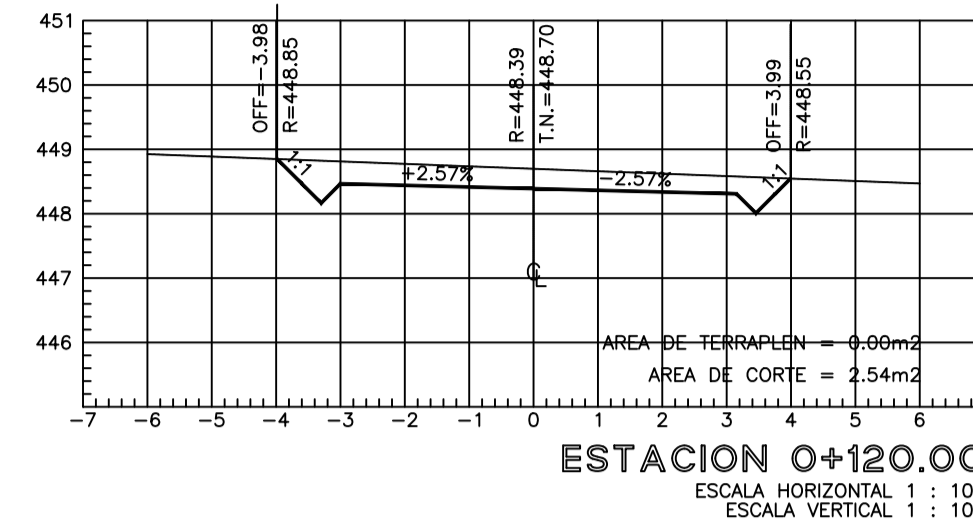
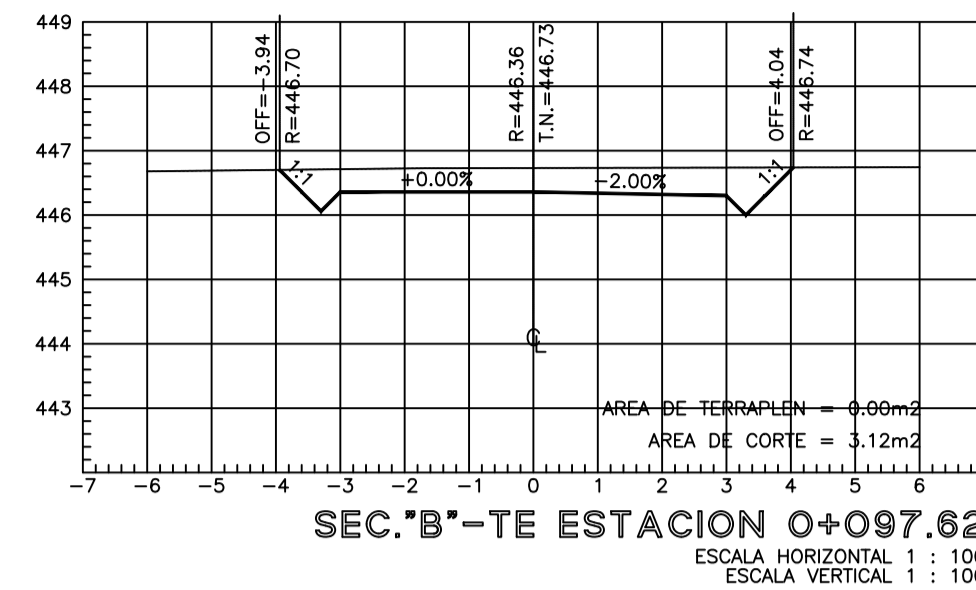
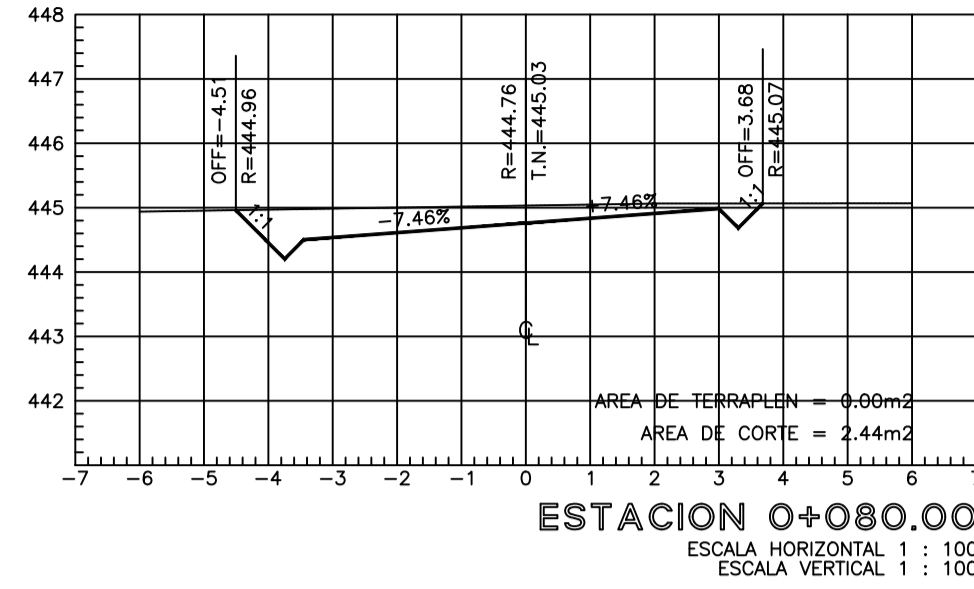
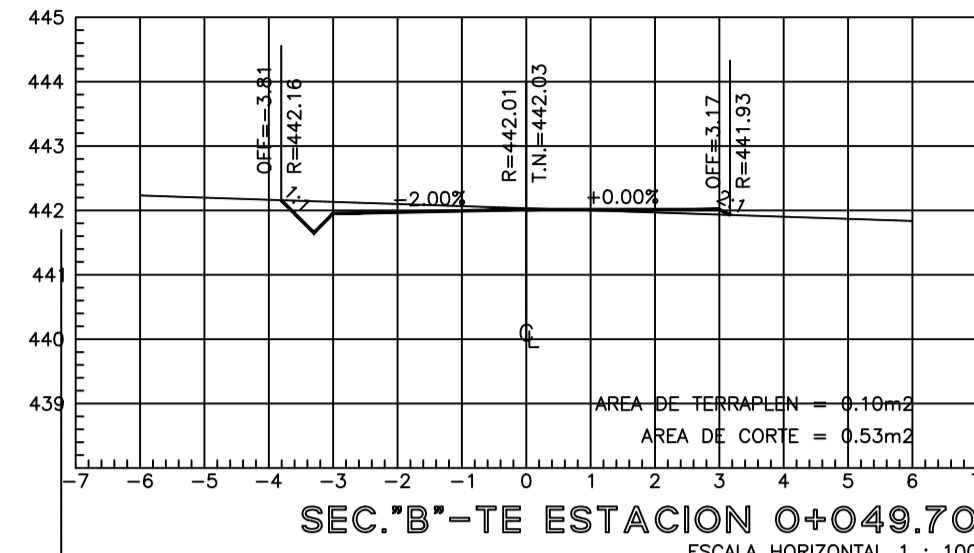
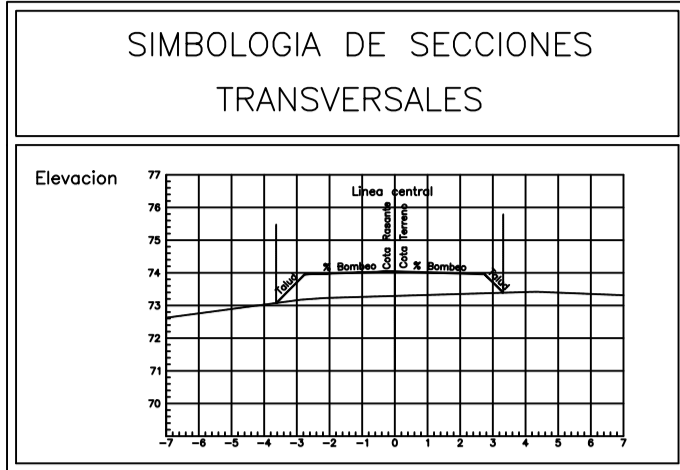
PROYECTO:
 DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIOQUIMULA-CHIOQUIMULA.

DISEÑO:
 CALCULO:
 DIBUJO:
 ESCALA:
 FECHA:

CONTENIDO:
 - MOVIMIENTO DE TIERRA

HOJA
 08
 13

Vo.Bo.



SECCIONES TRANSVERSALES 0+000 A 0+108

ESCALA 1:1500

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO,
CHIMIMULA-CHIMIMULA.

DISEÑO:

CONTENIDO:

- SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA

CALCULO:

09

DIBUJO:

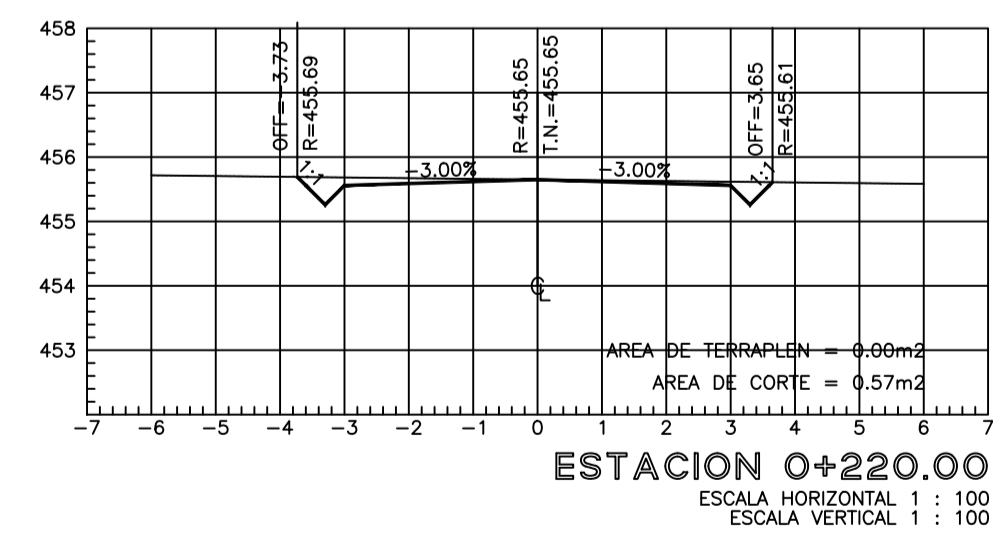
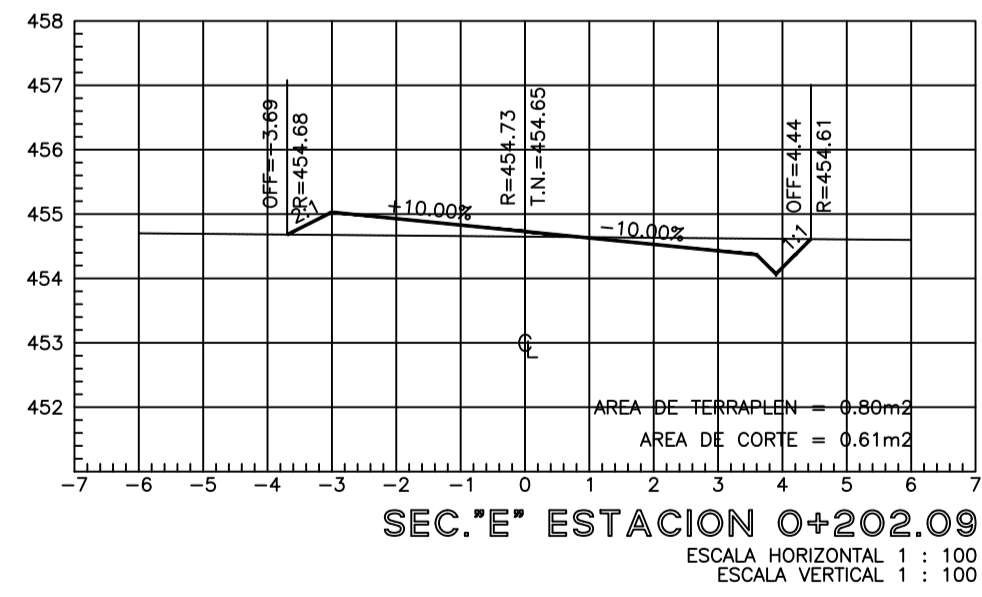
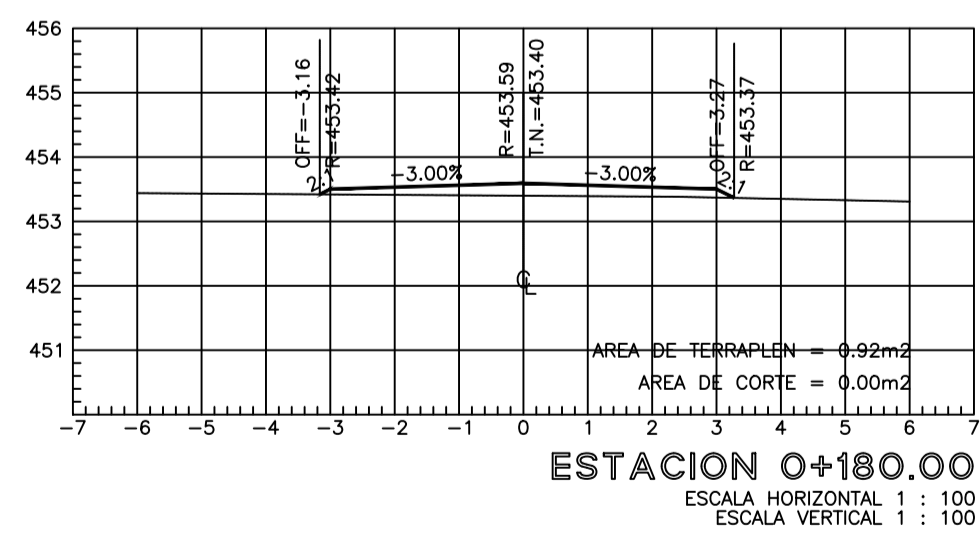
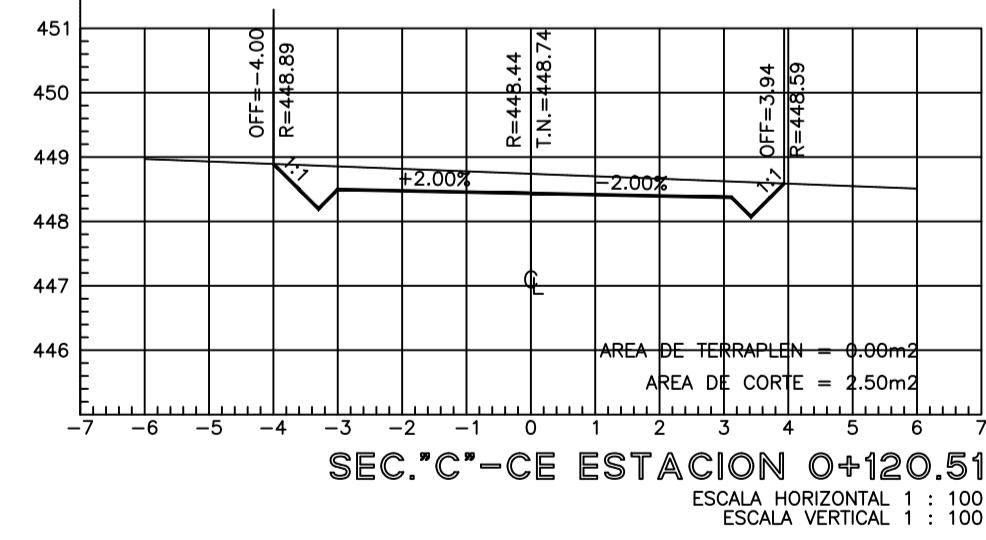
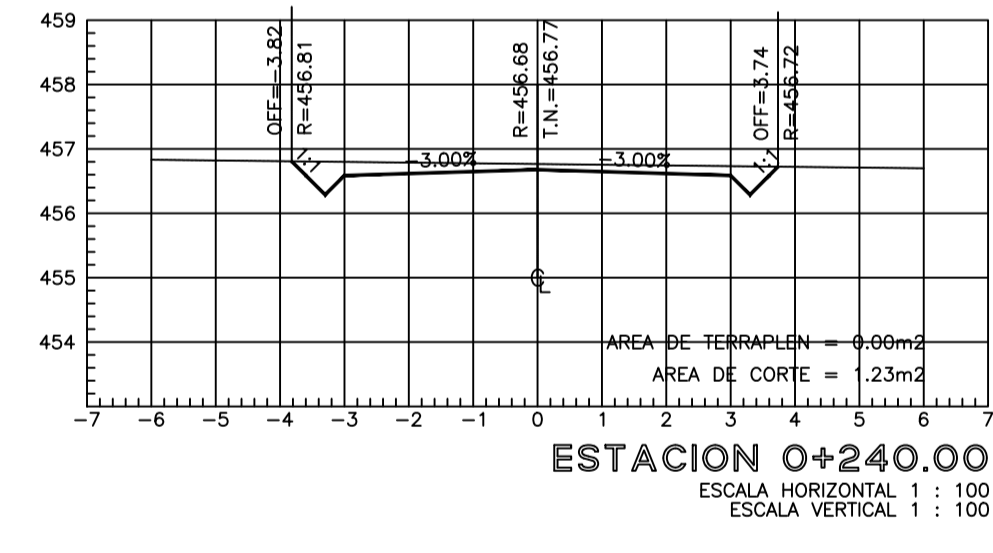
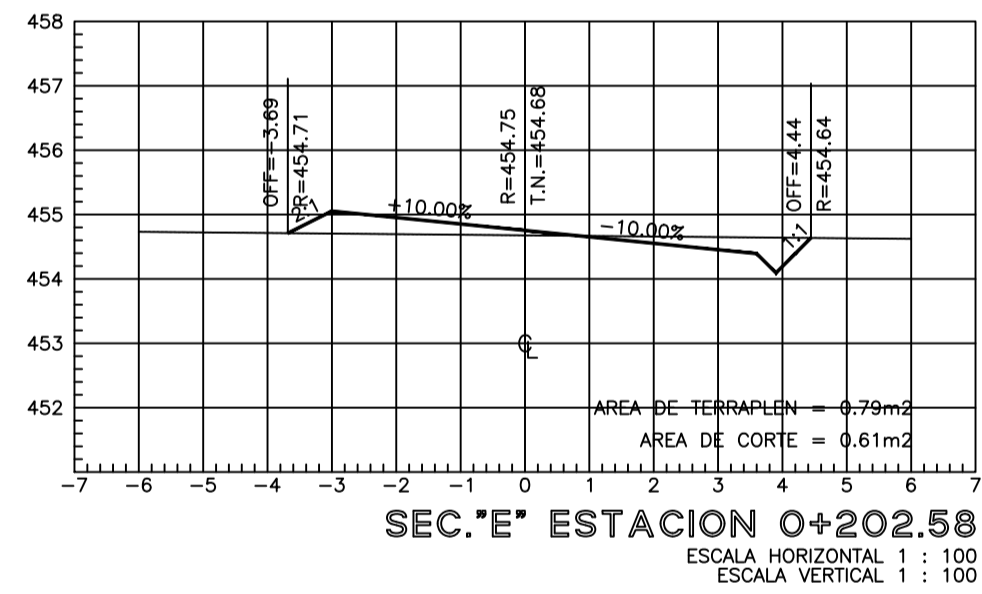
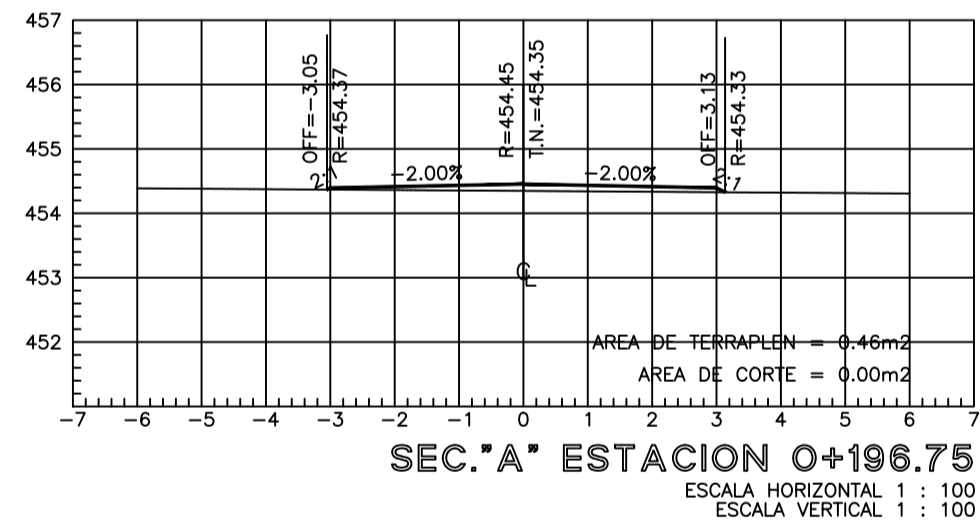
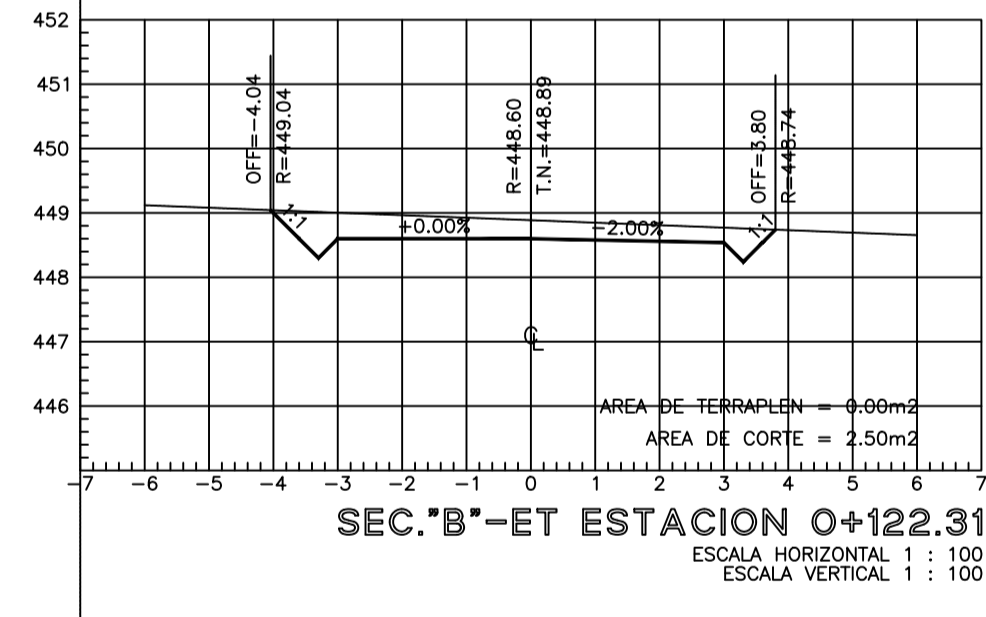
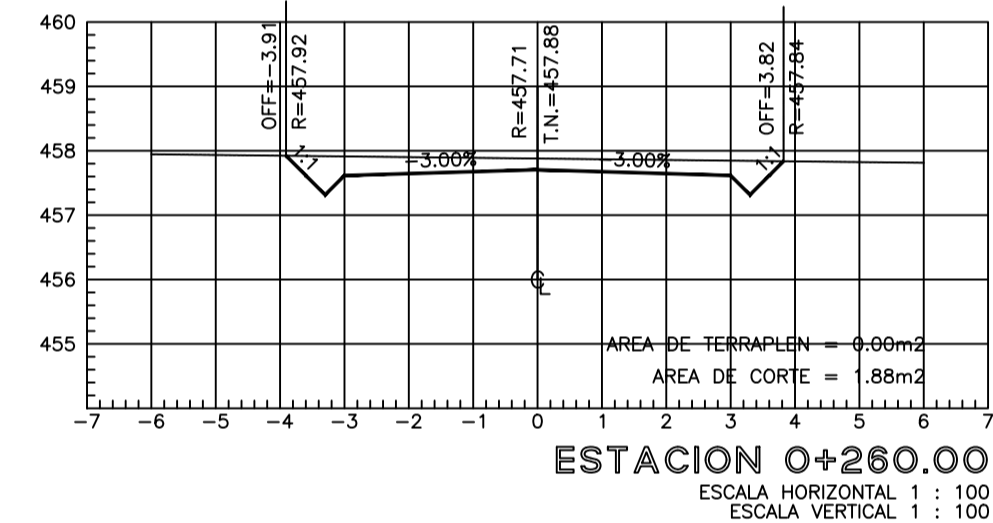
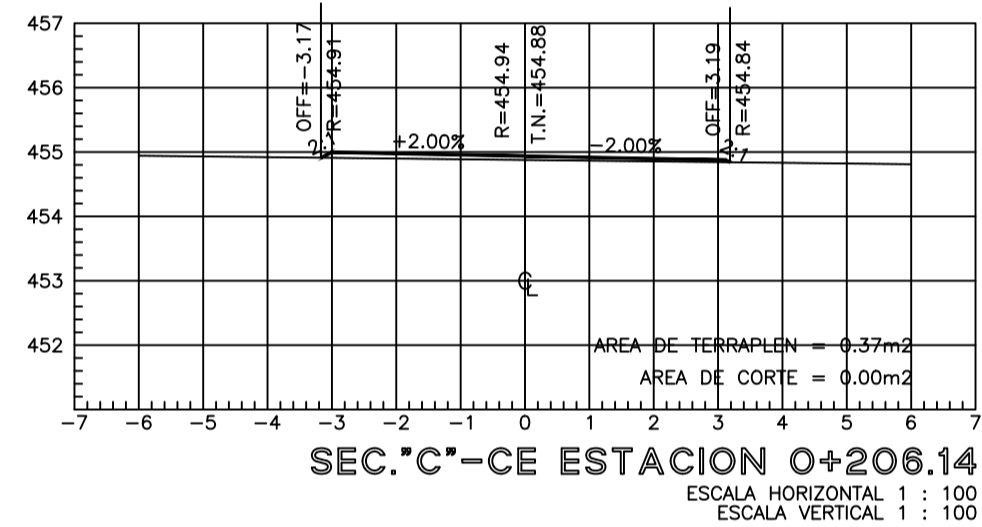
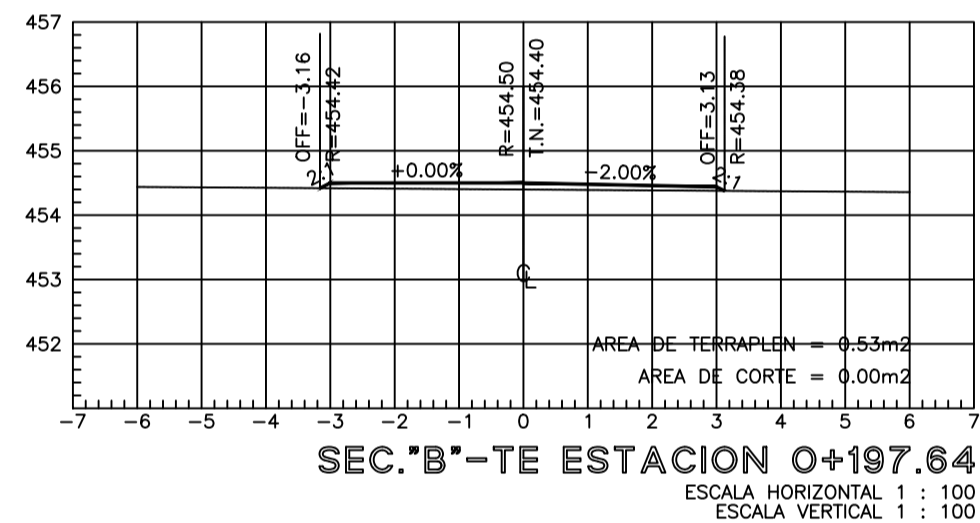
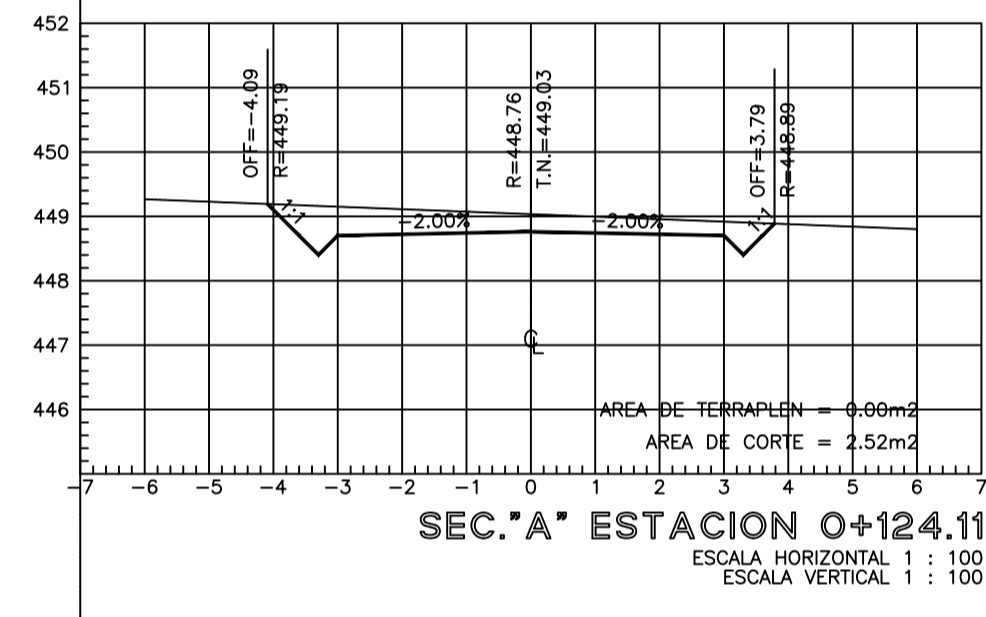
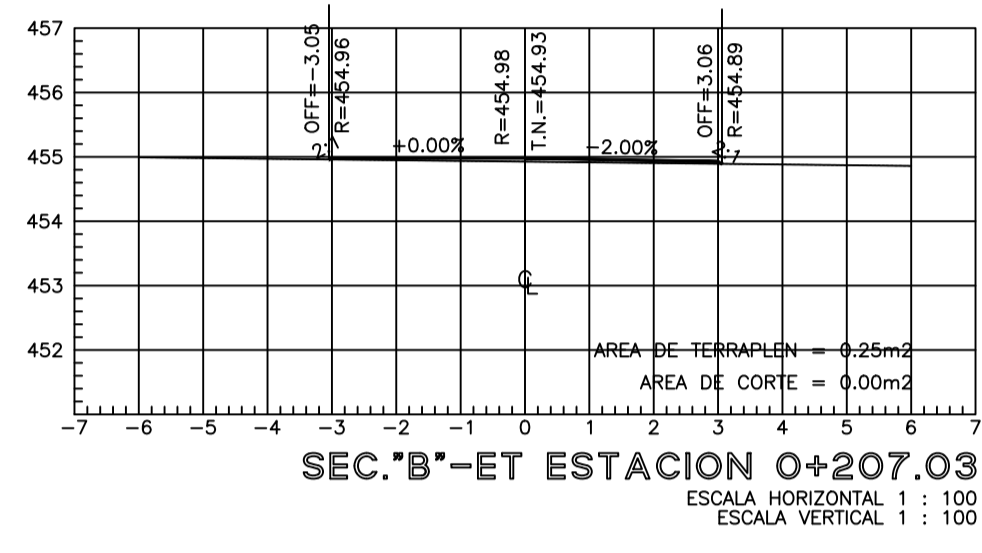
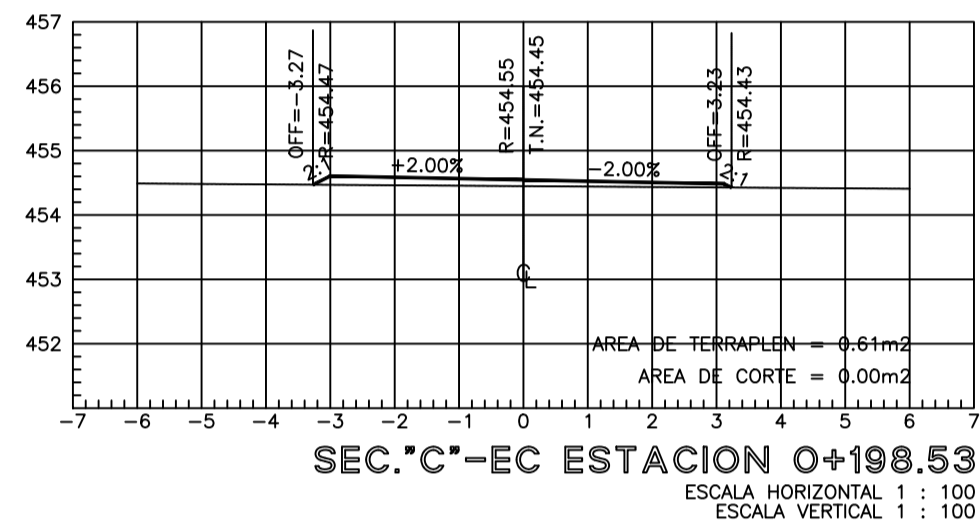
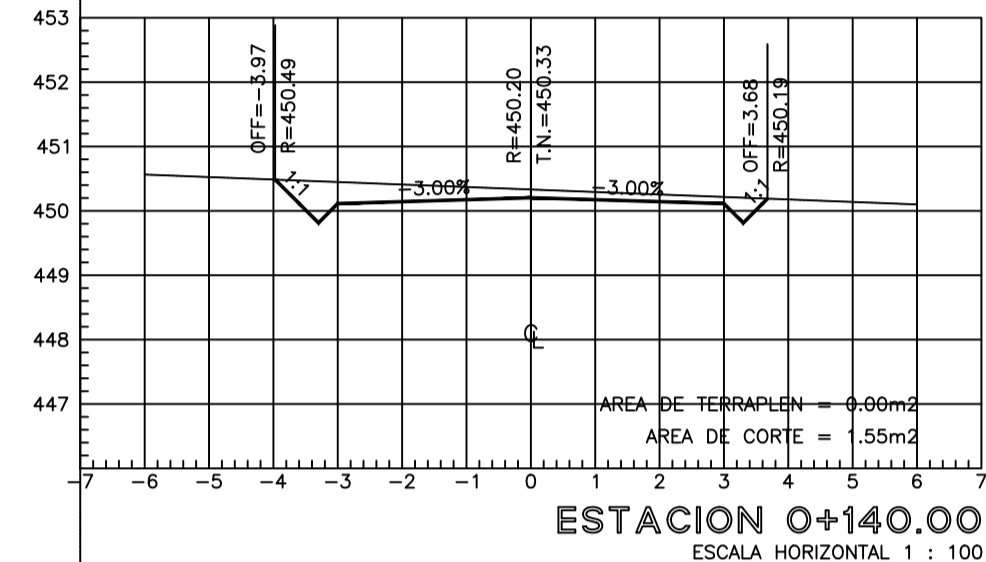
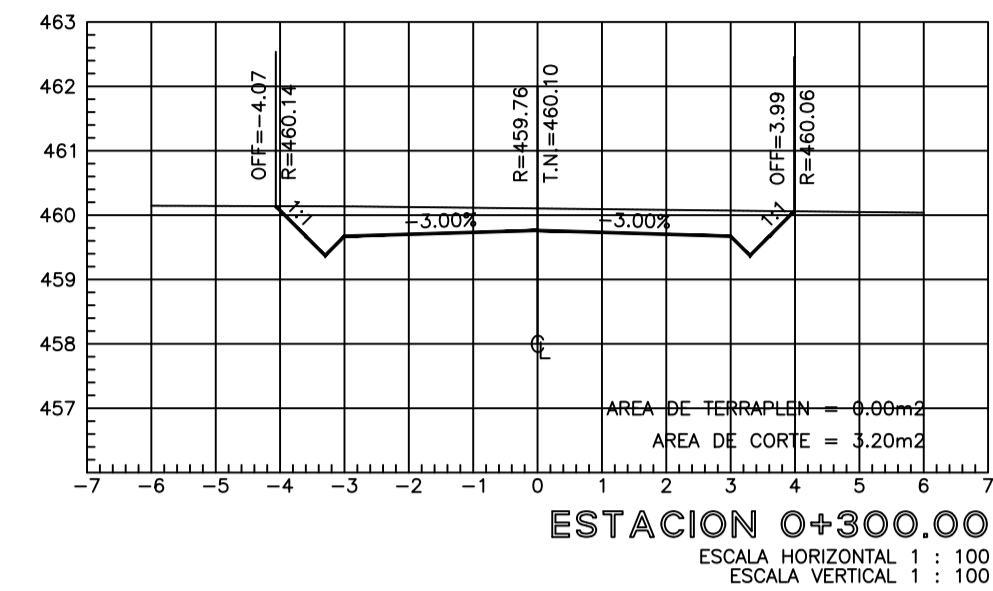
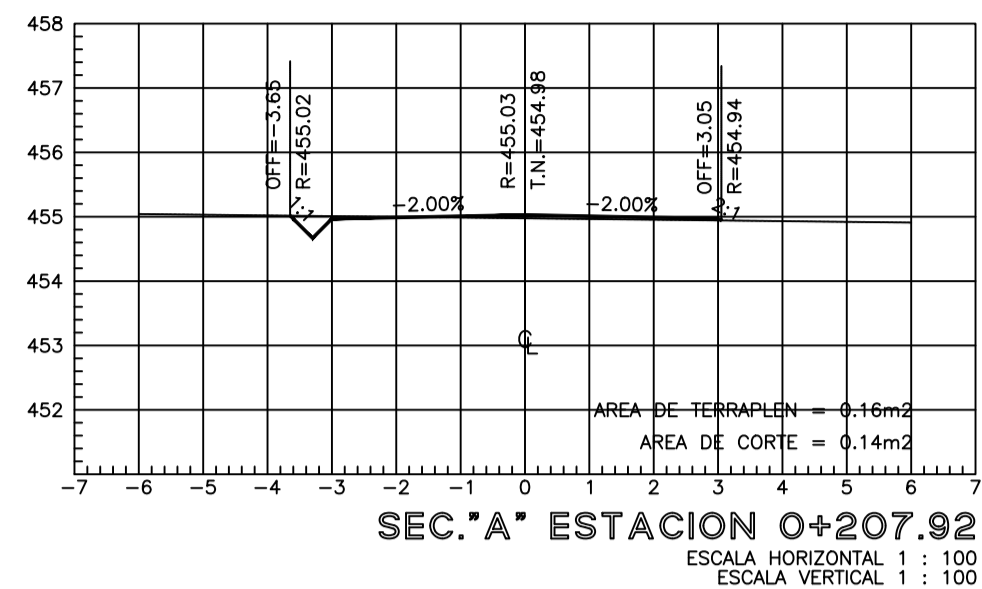
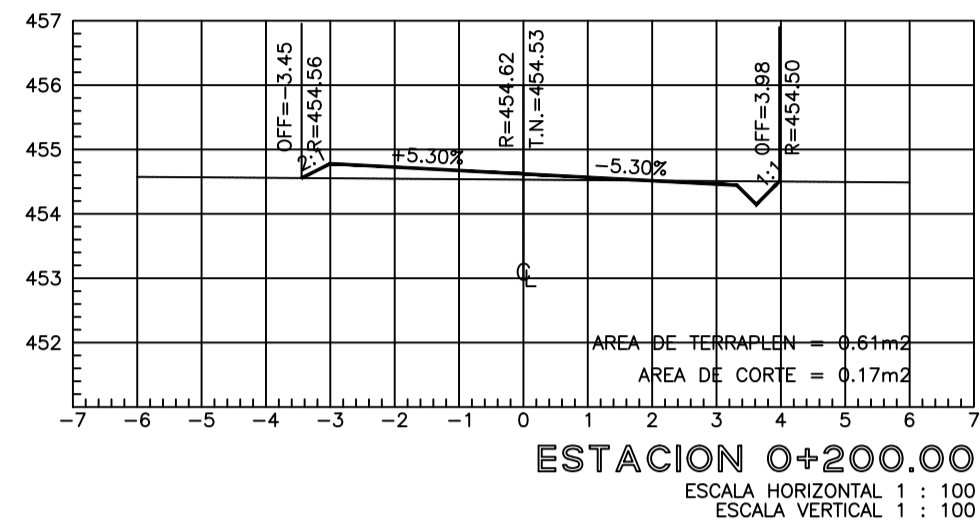
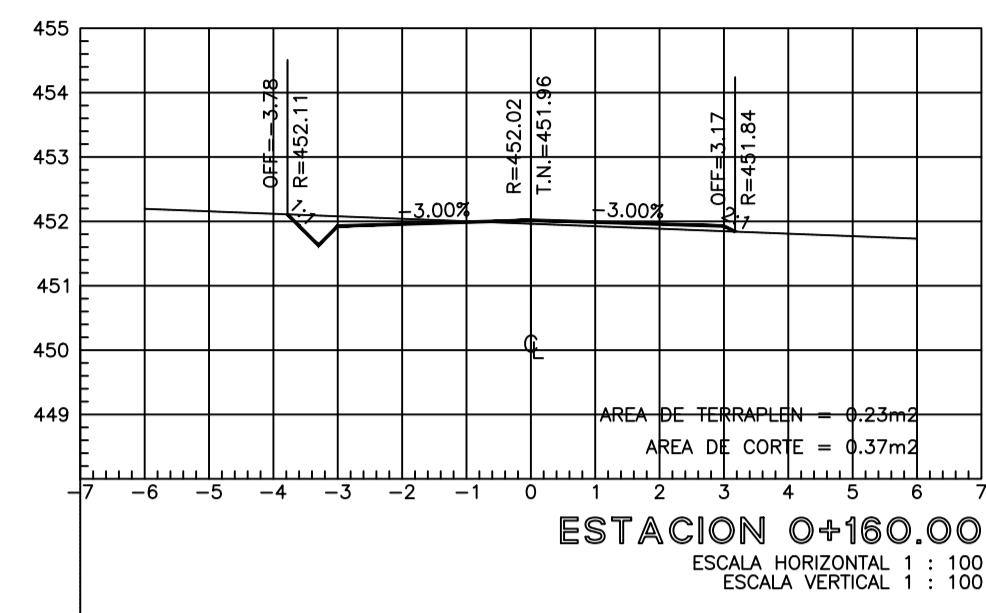
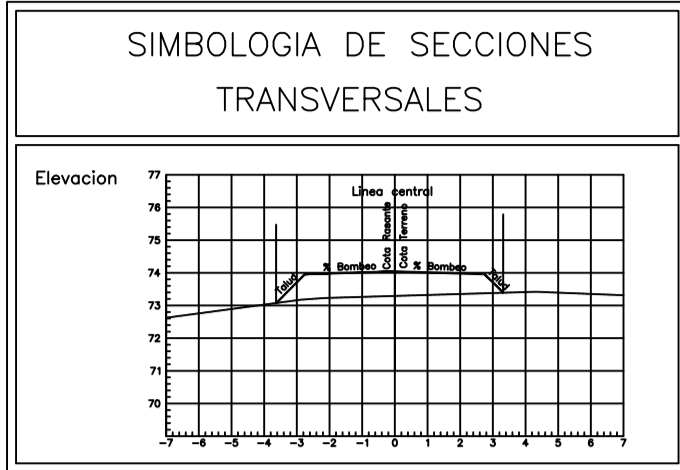
13

ESCALA:

INDICADA

Vo.Bo.

FECHA:



SECCIONES TRANSVERSALES 0+120 A 0+280

ESCALA 1:1500

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO,
CHIQUMILLA-CHIQUMILLA.

DISEÑO:

CONTENIDO:

- SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA

CALCULO:

10

DIBUJO:

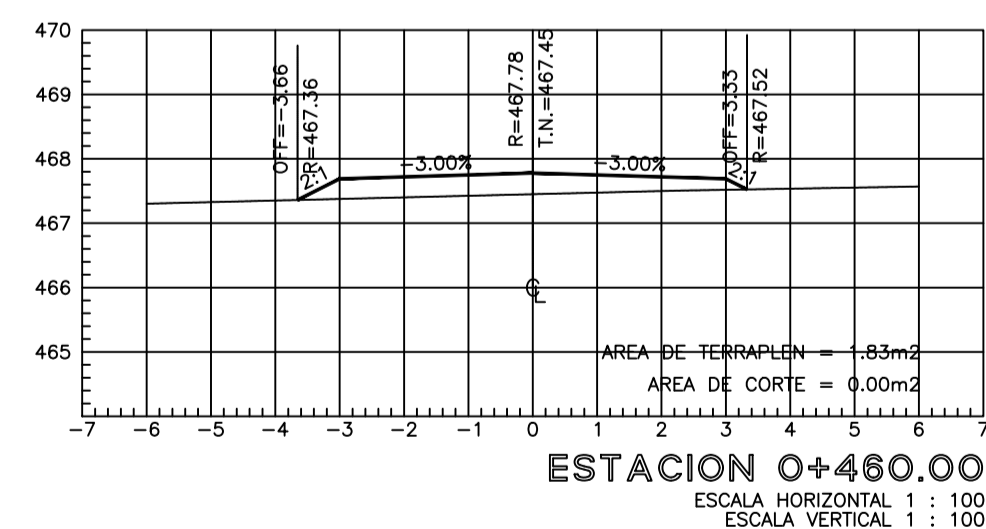
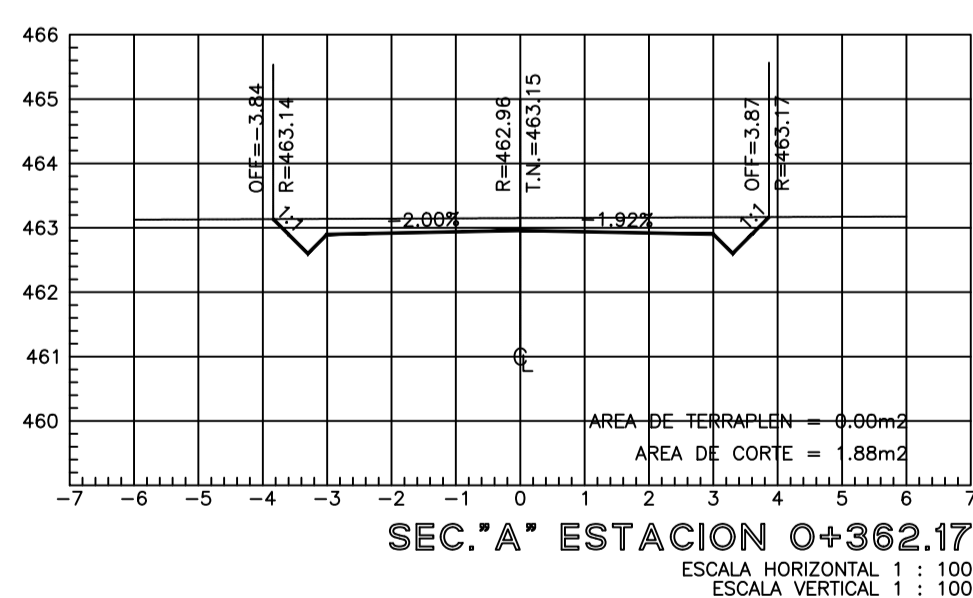
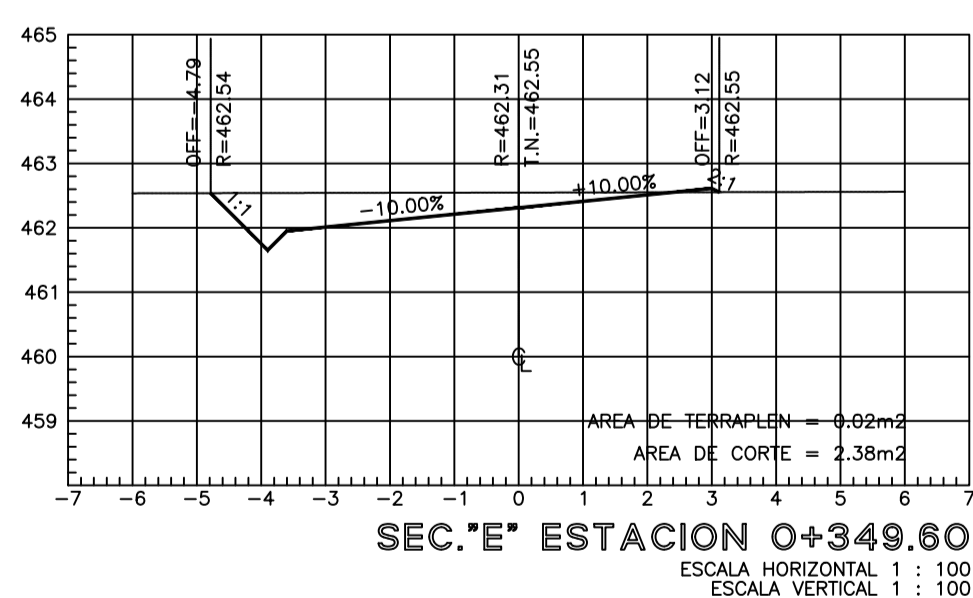
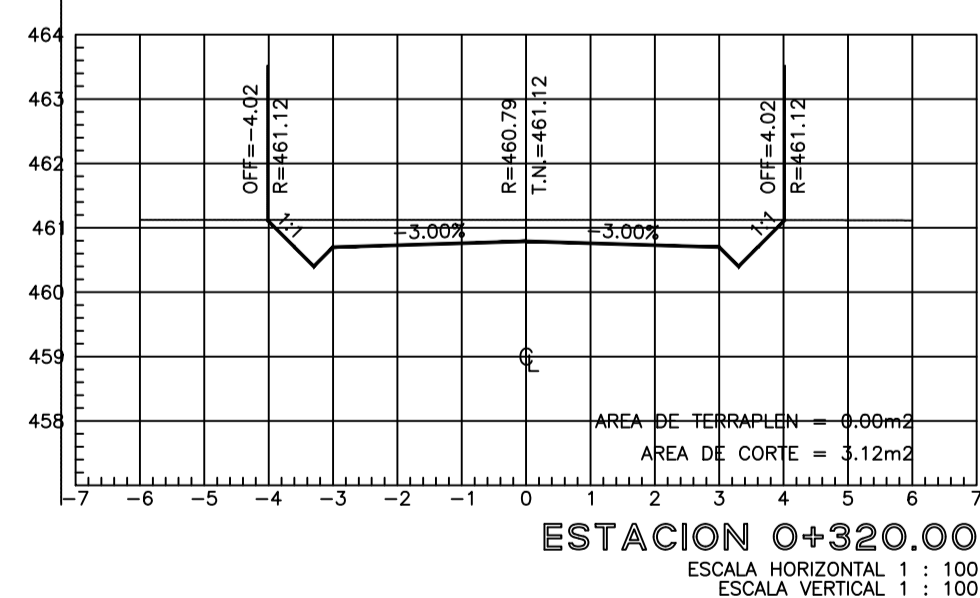
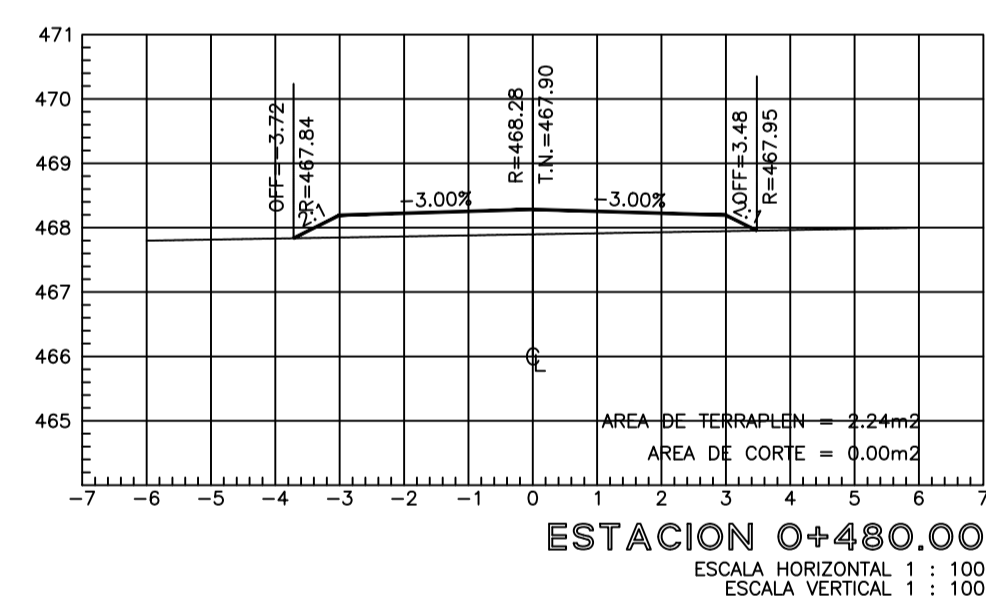
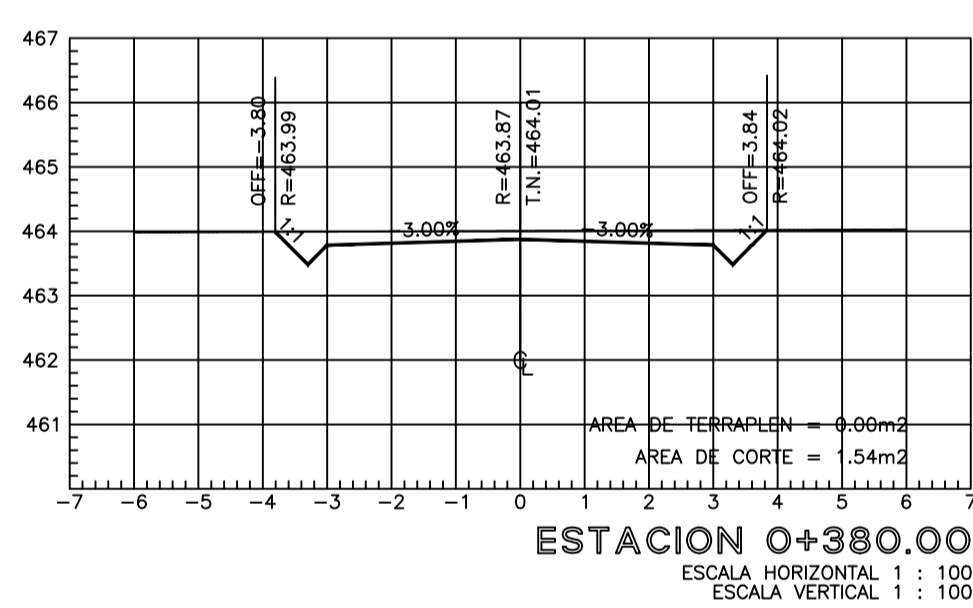
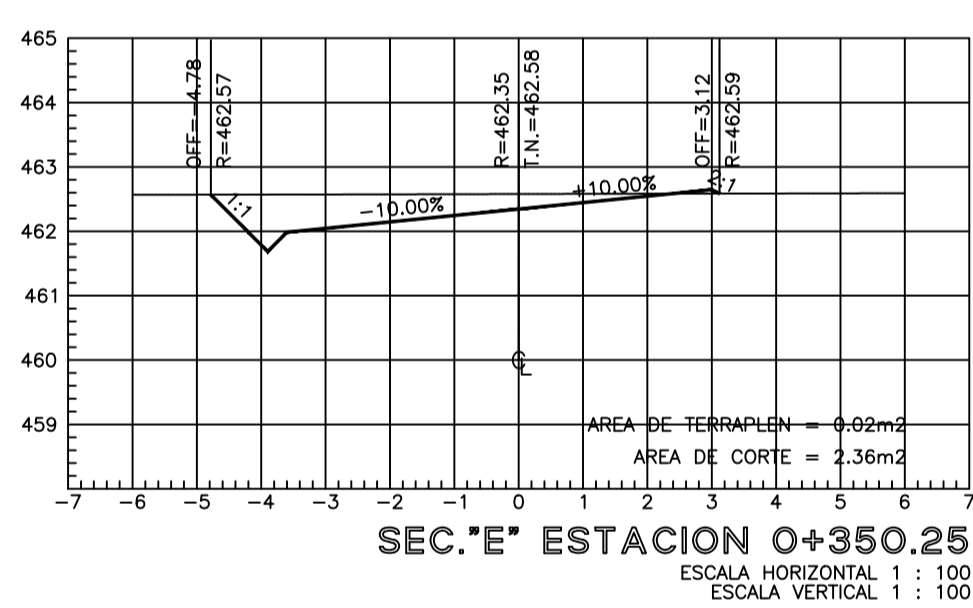
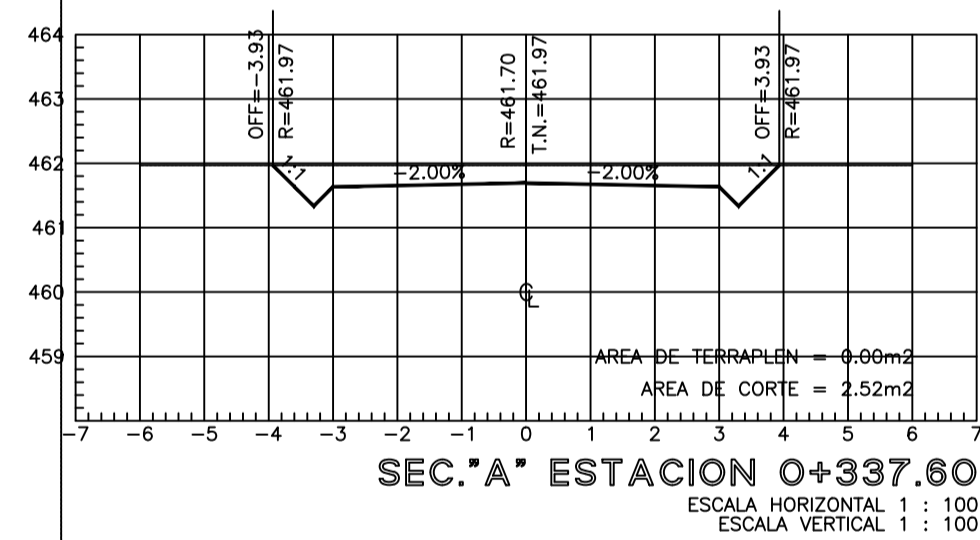
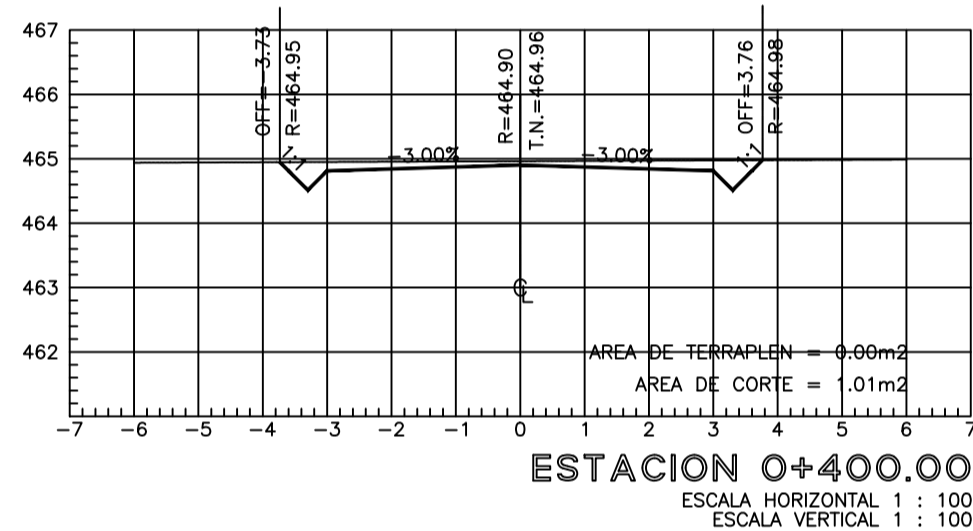
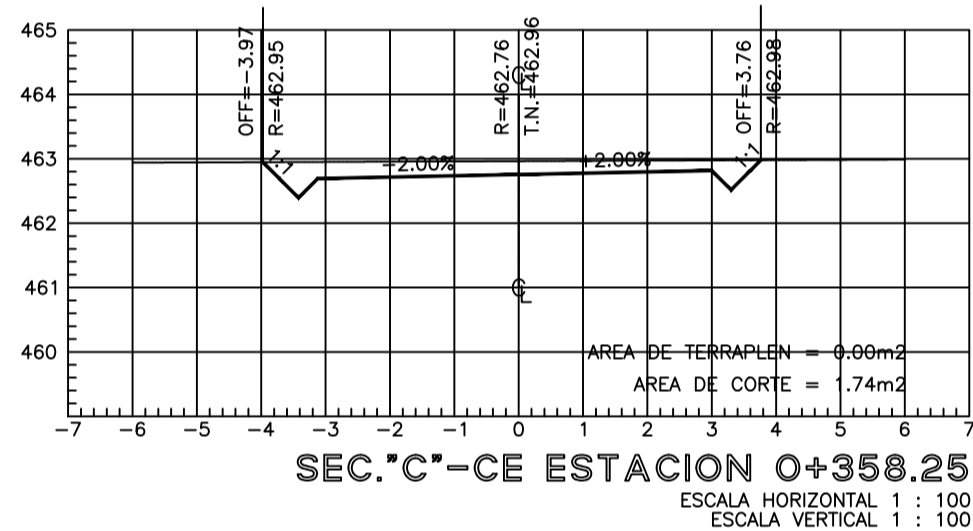
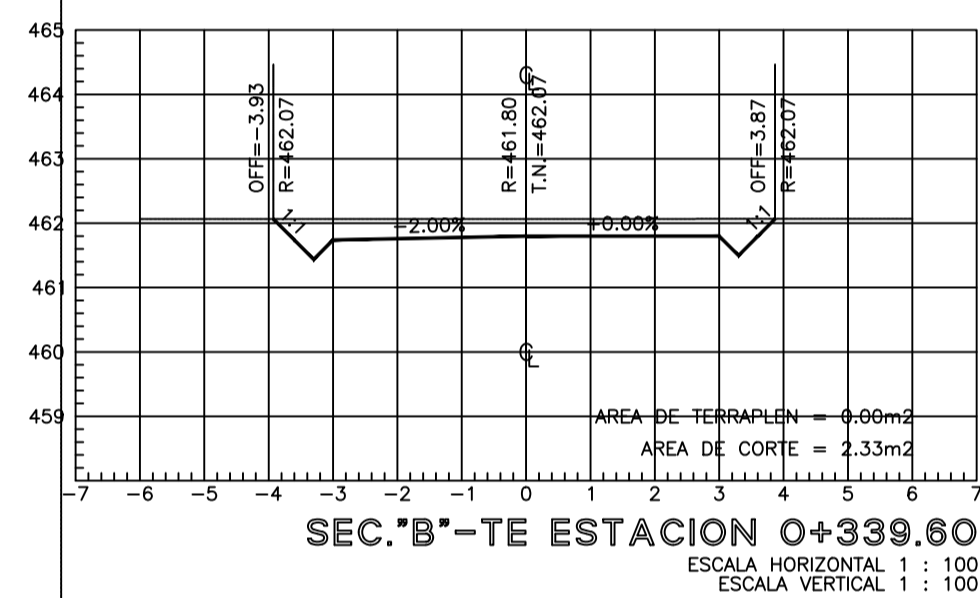
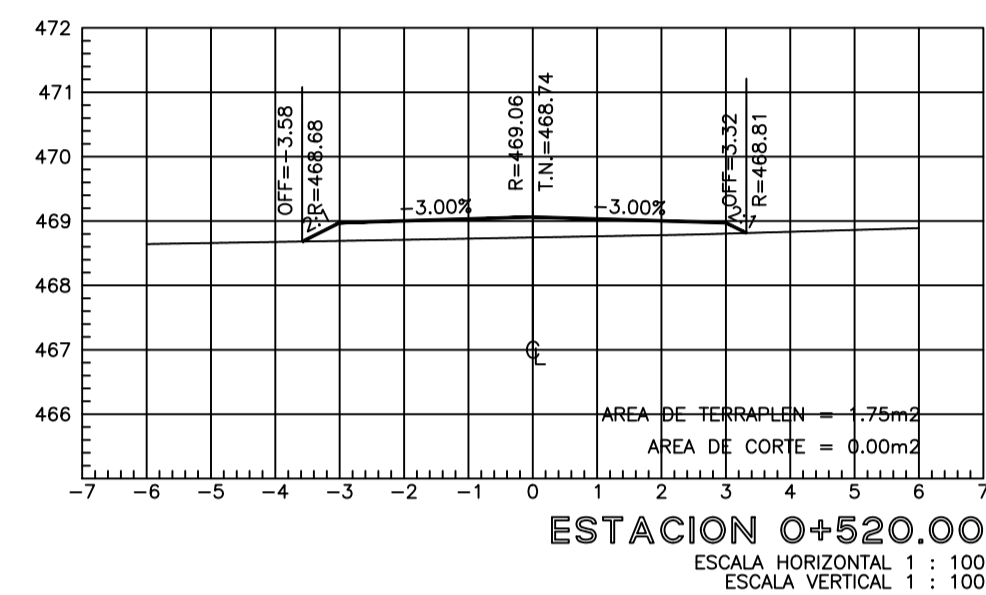
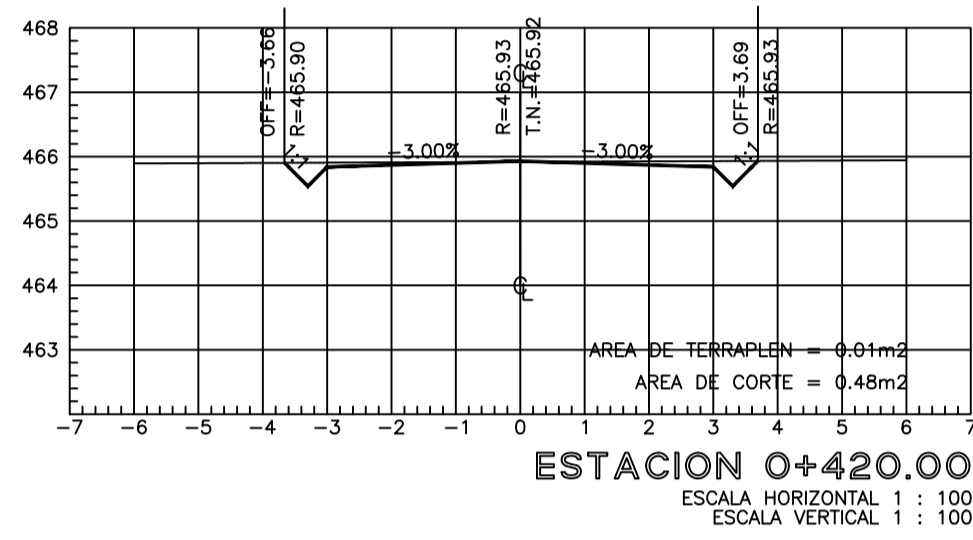
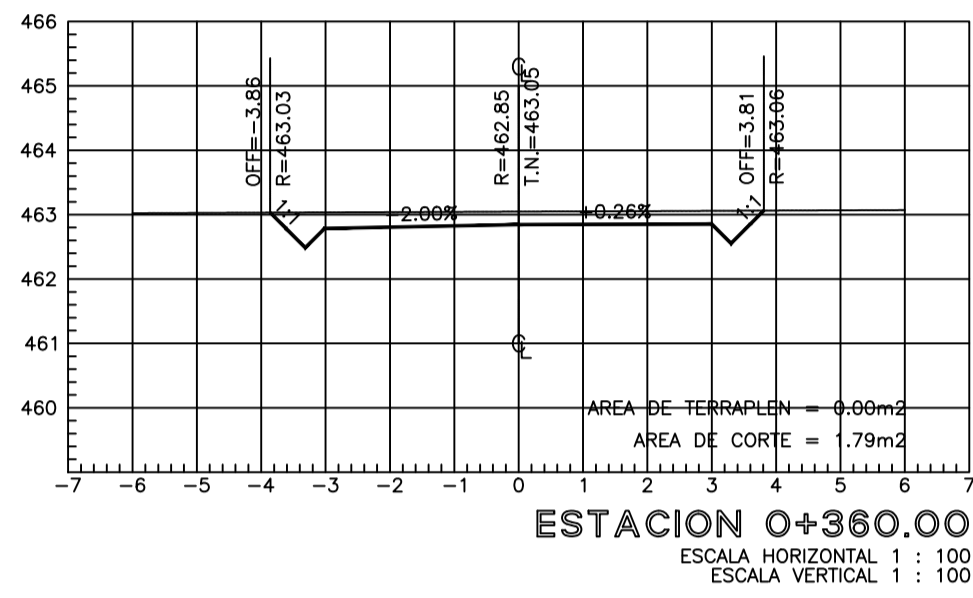
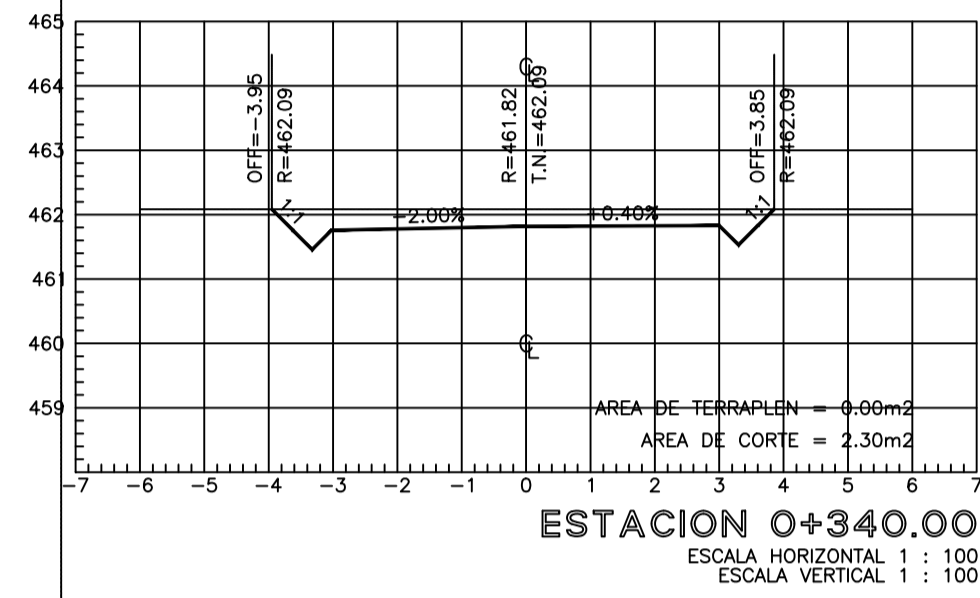
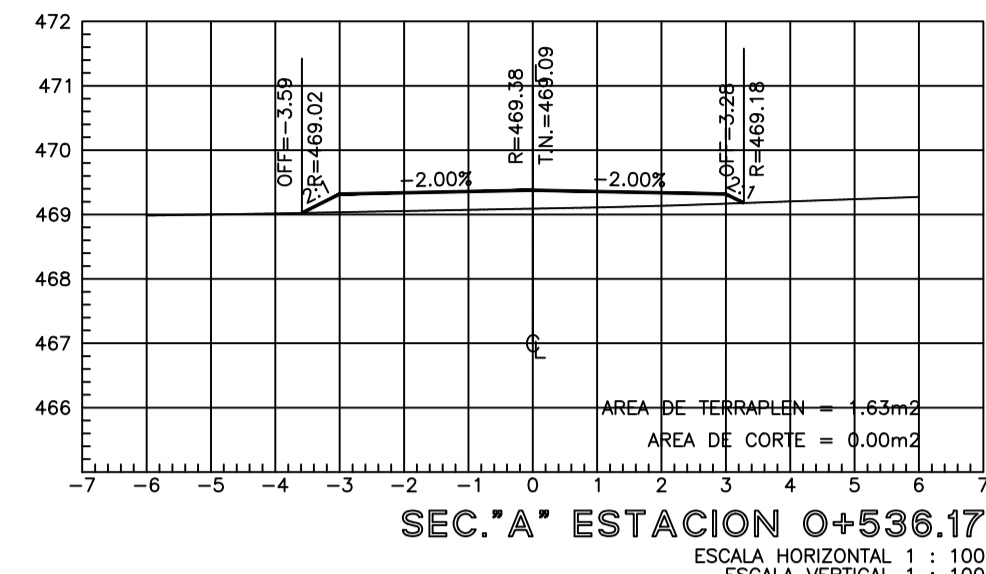
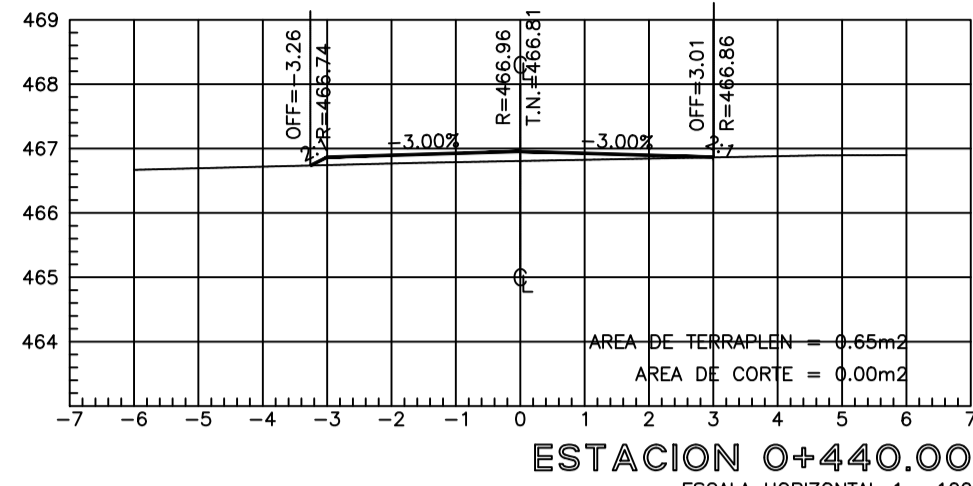
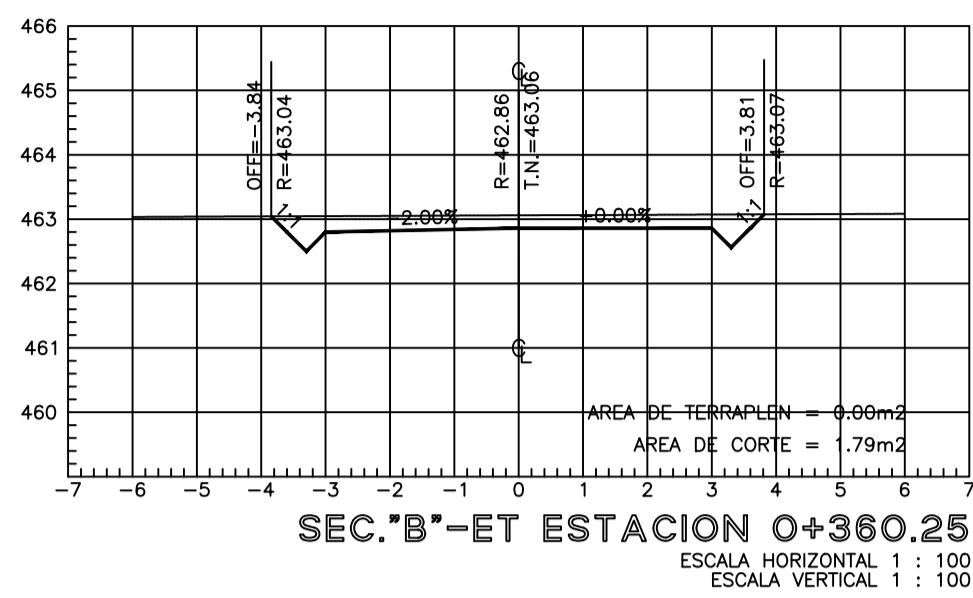
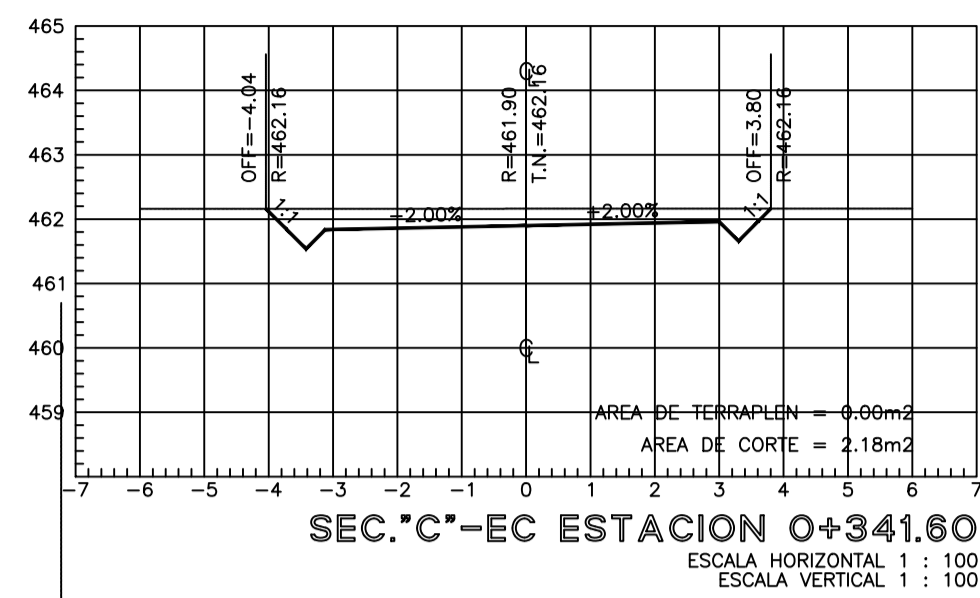
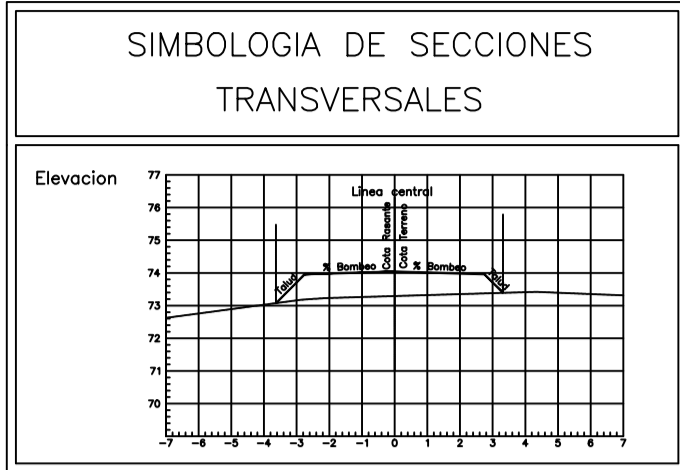
13

ESCALA:

Vo.Bo.

INDICADA

FECHA:



SECCIONES TRANSVERSALES 0+300 A 0+536

ESCALA 1:1500

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO,
CHIQUMILA-CHIQUMILA.

DISEÑO:

CONTENIDO:

- SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA

CALCULO:

11

DIBUJO:

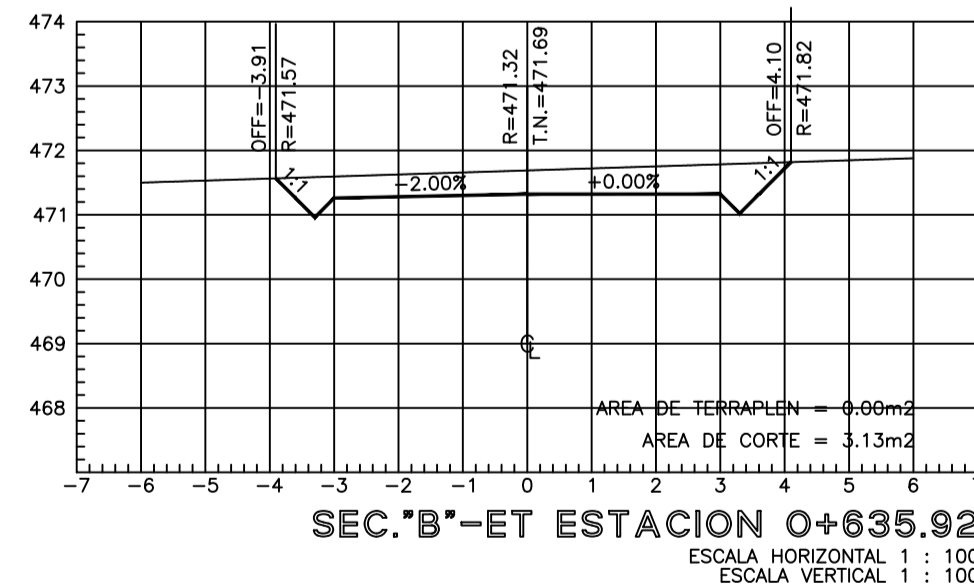
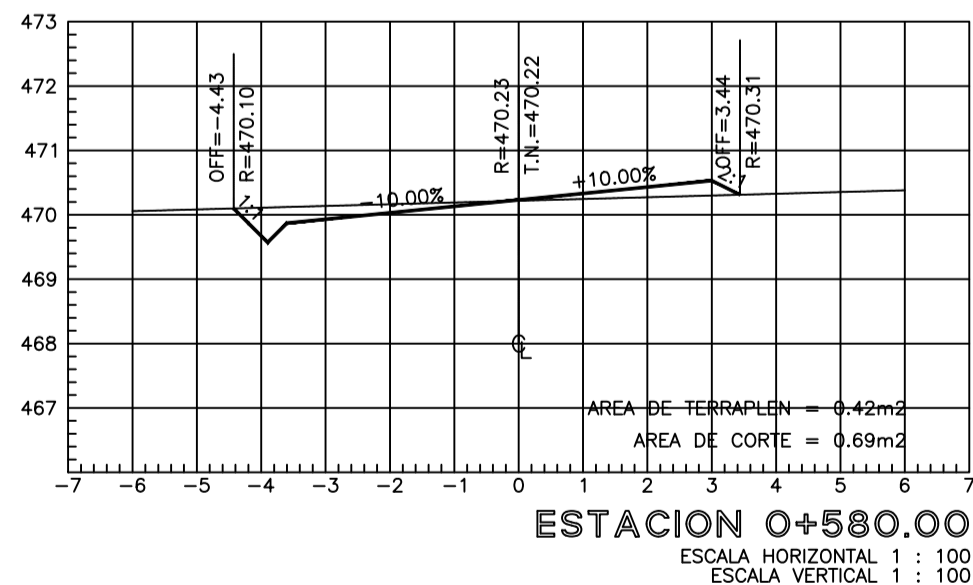
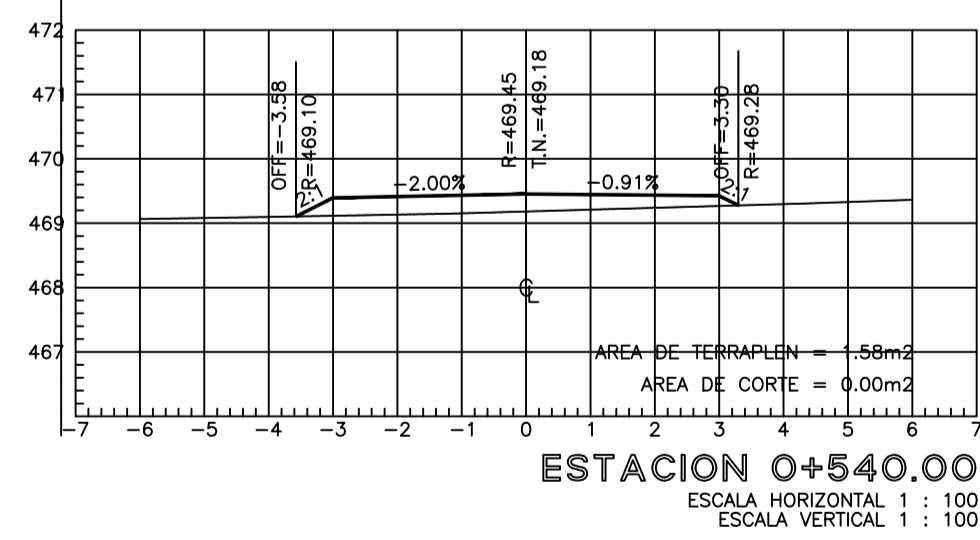
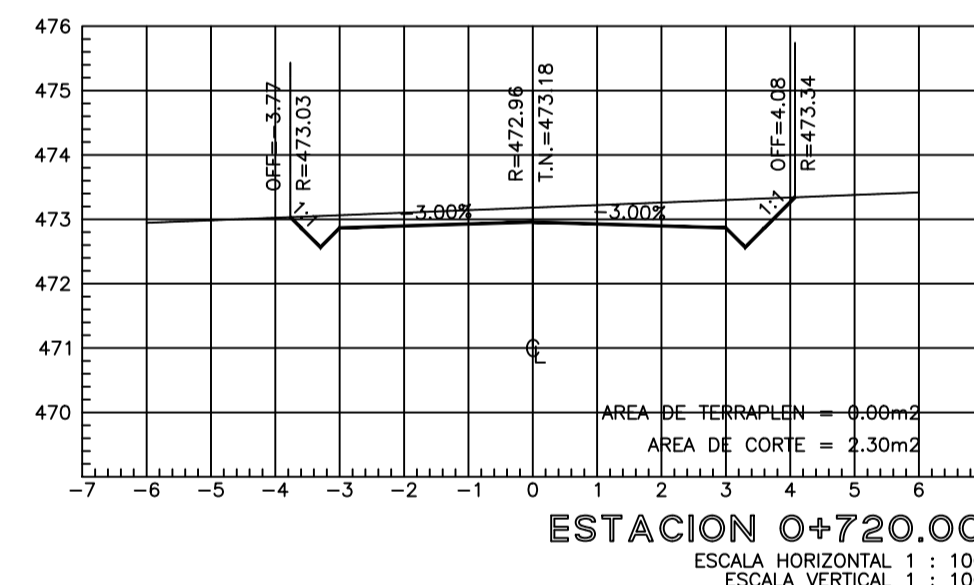
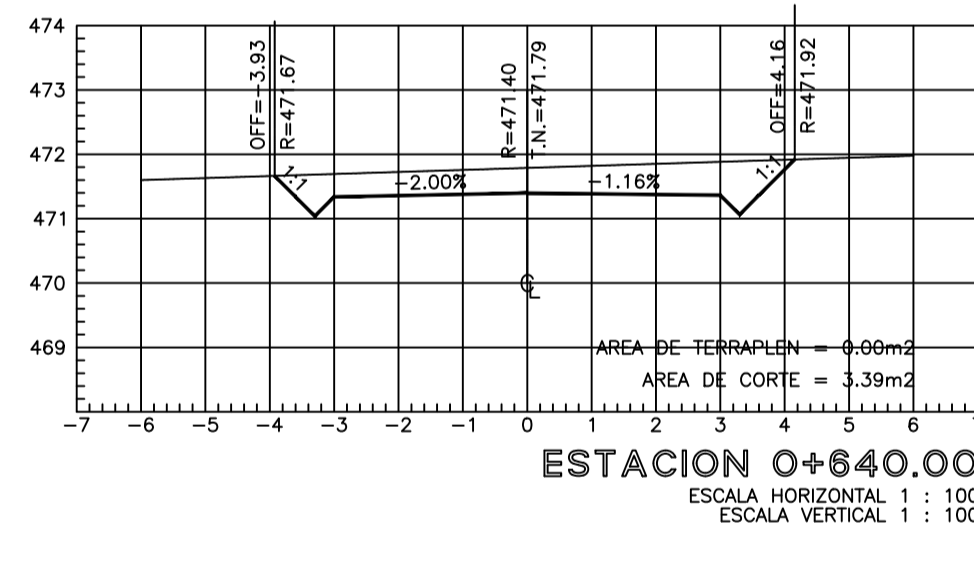
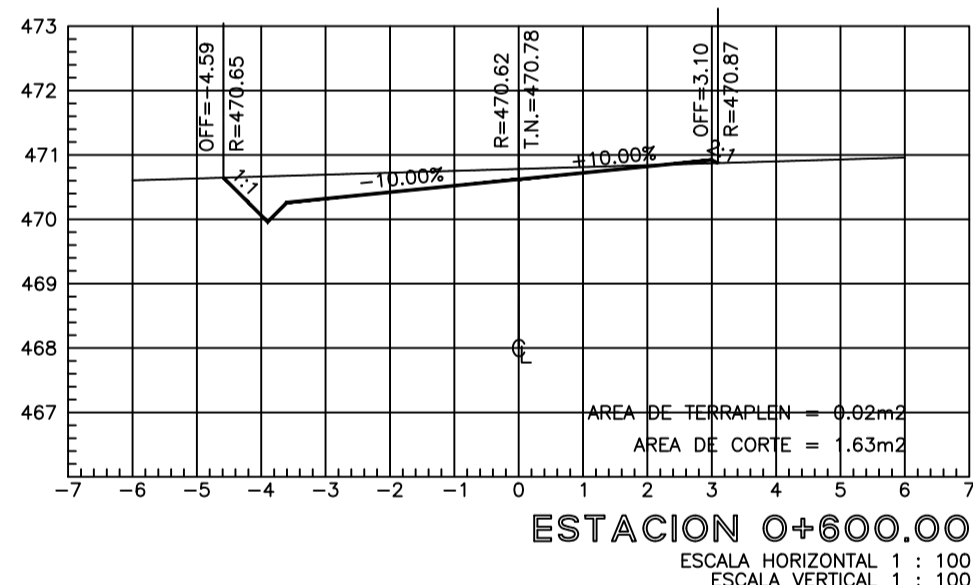
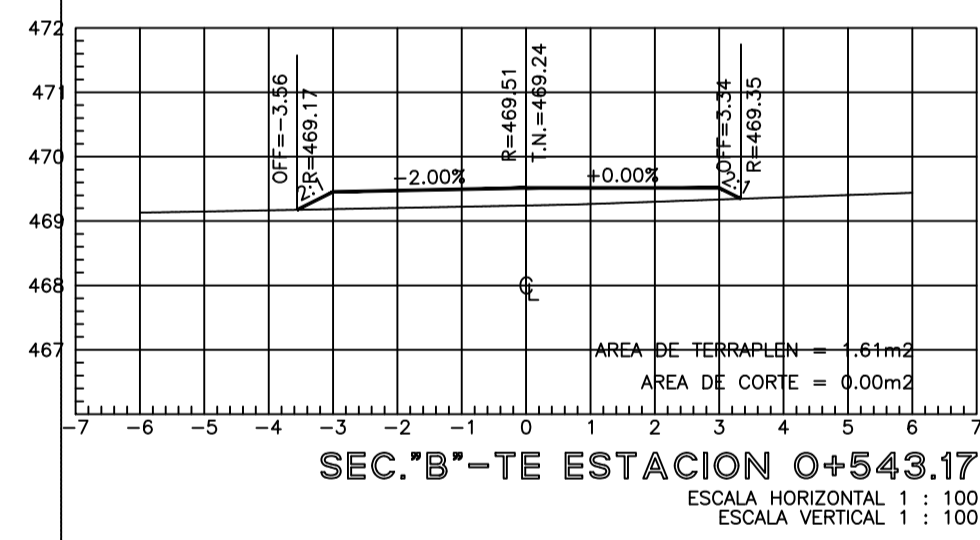
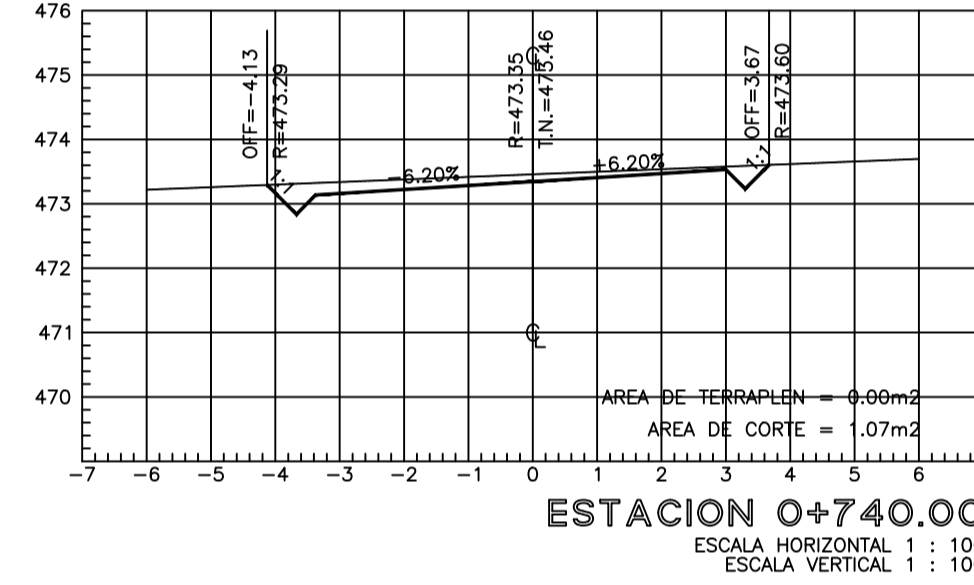
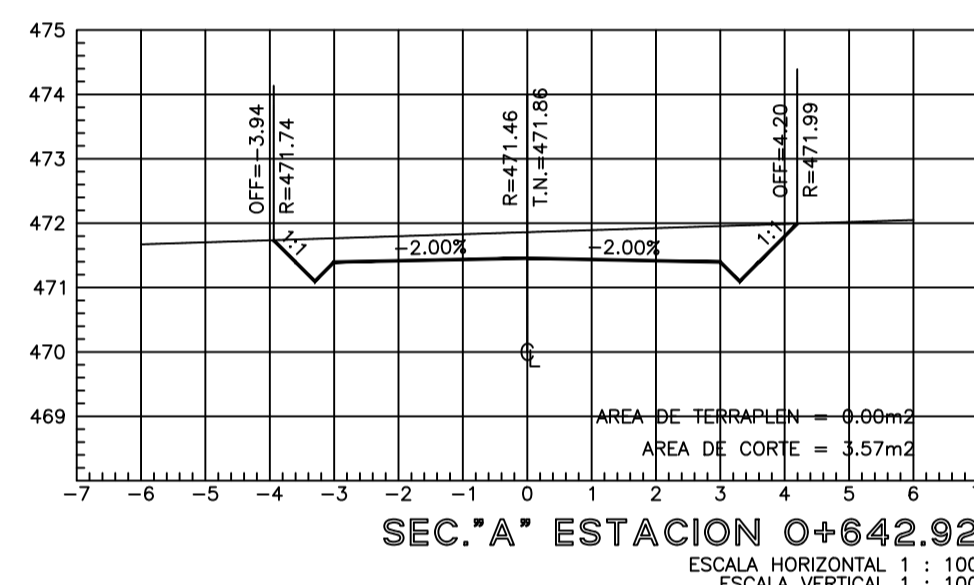
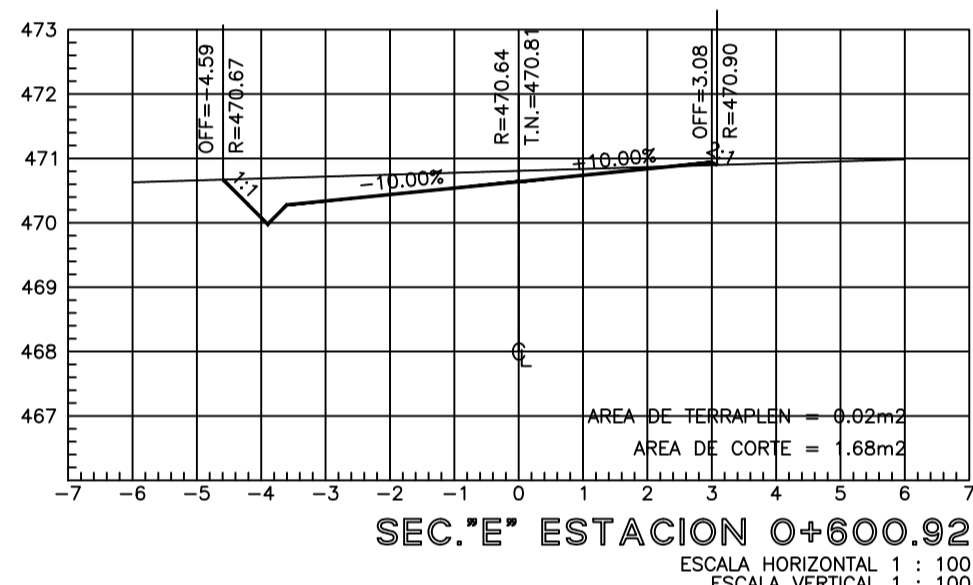
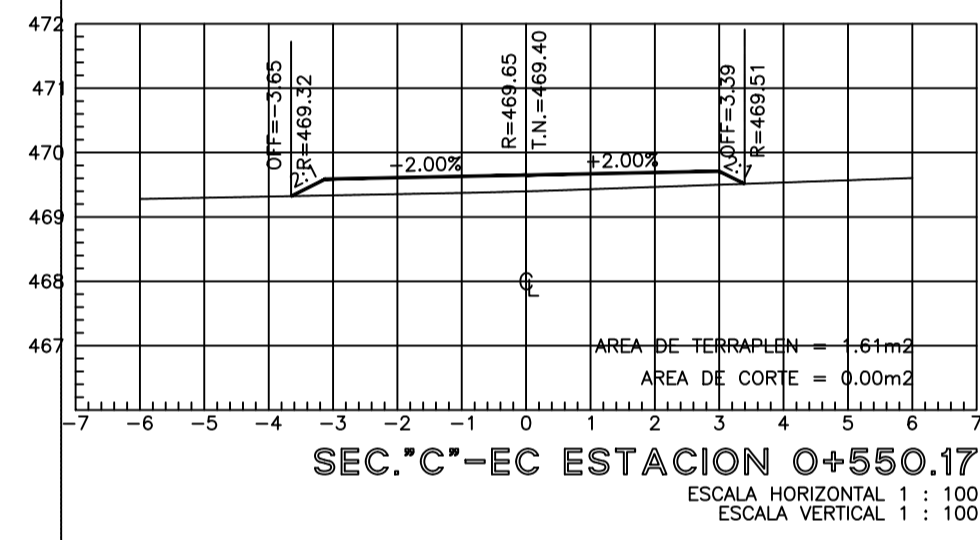
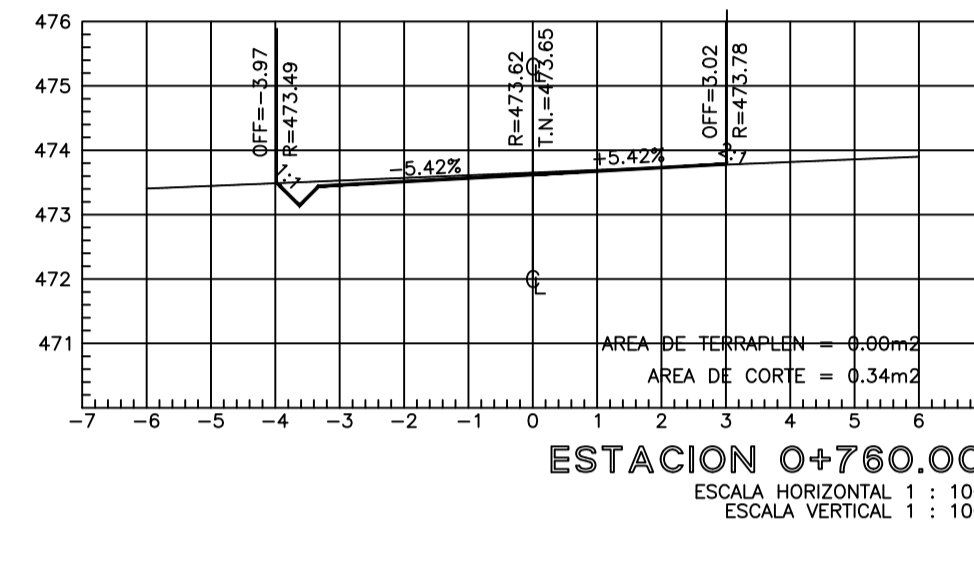
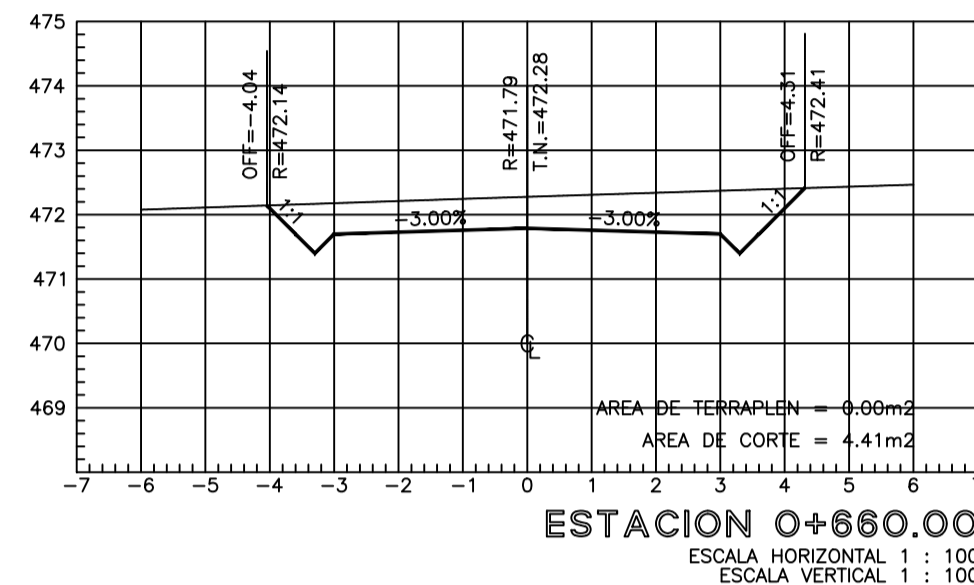
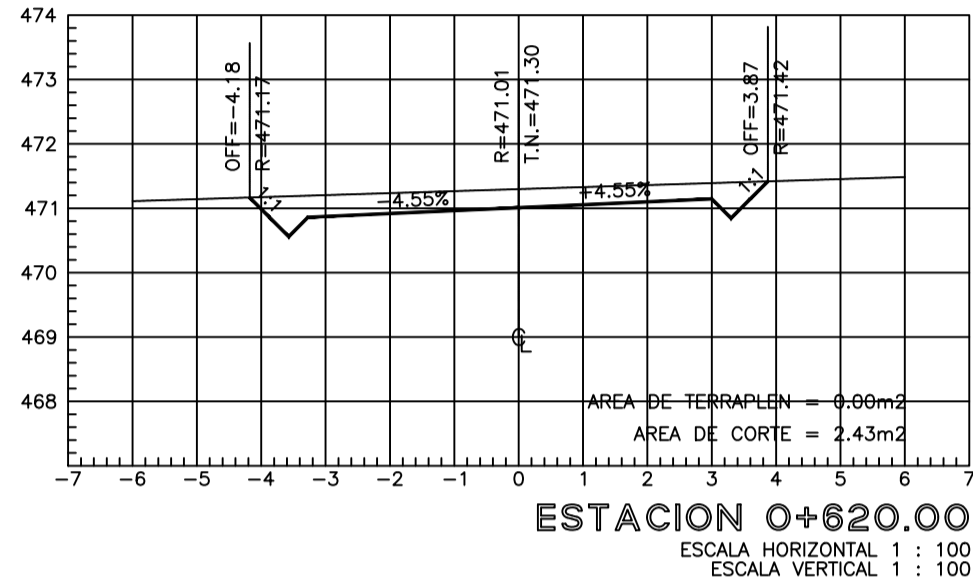
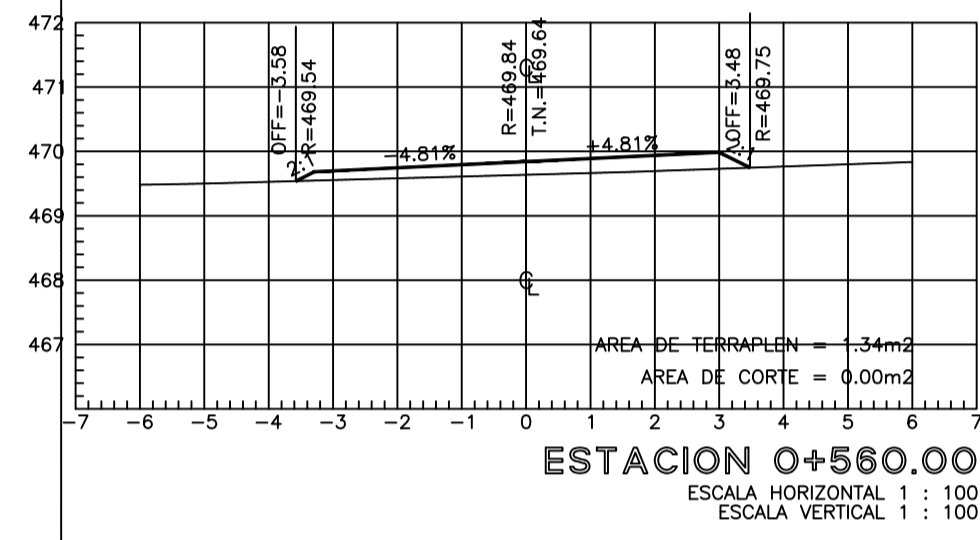
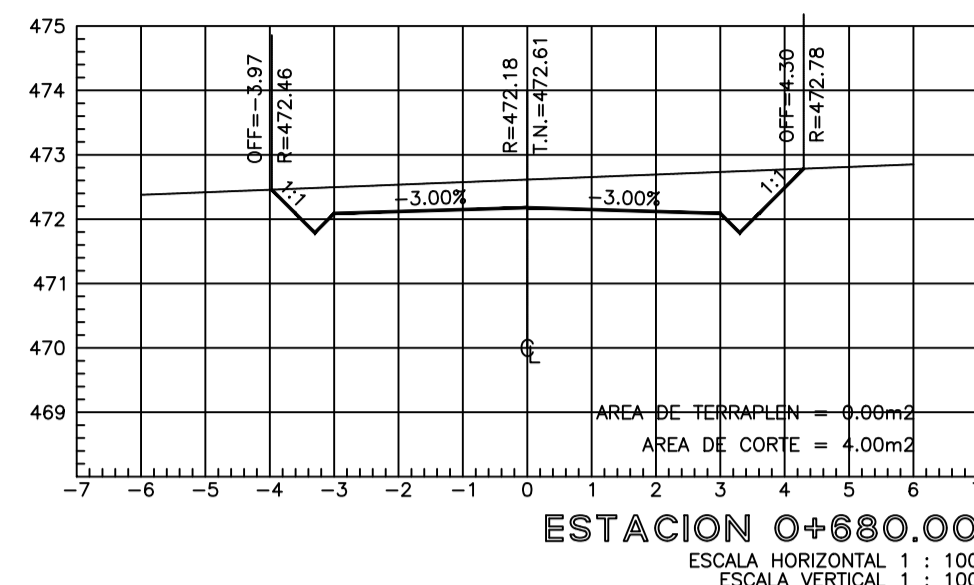
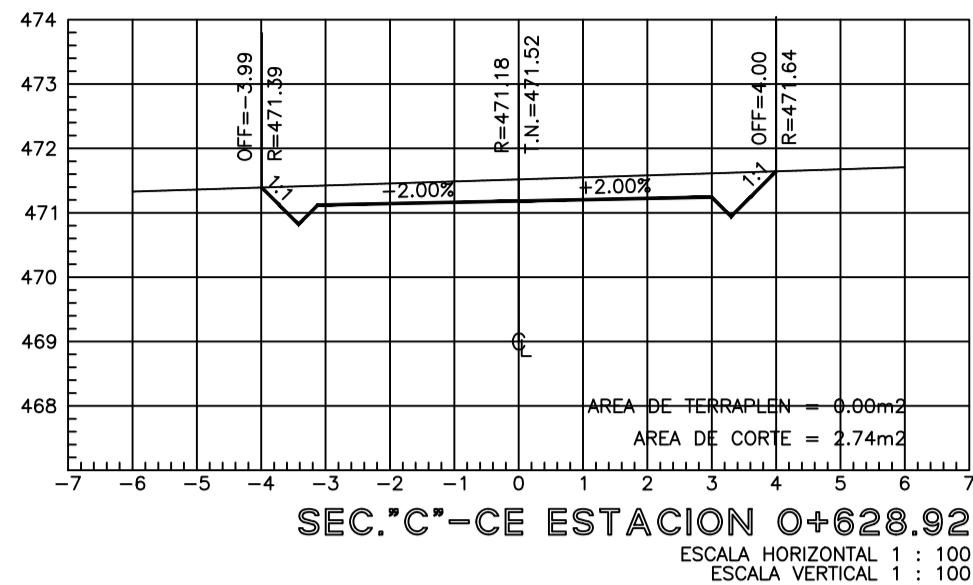
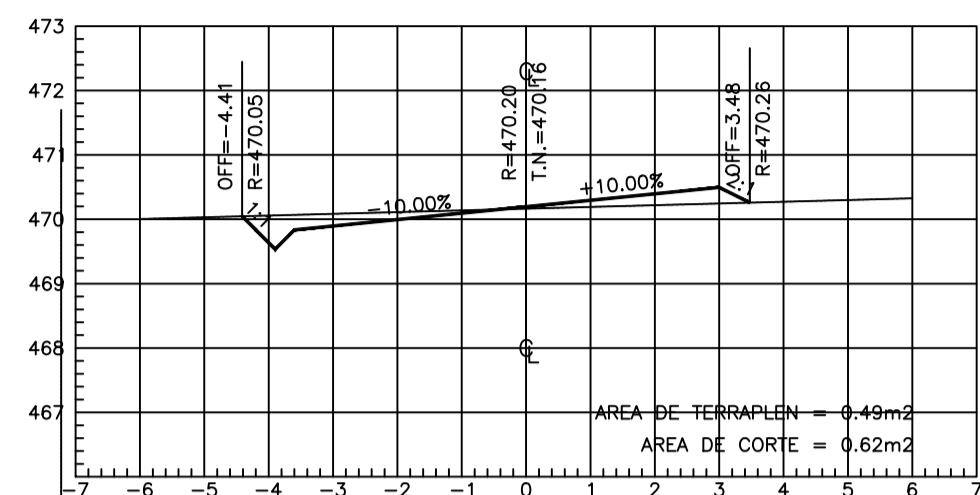
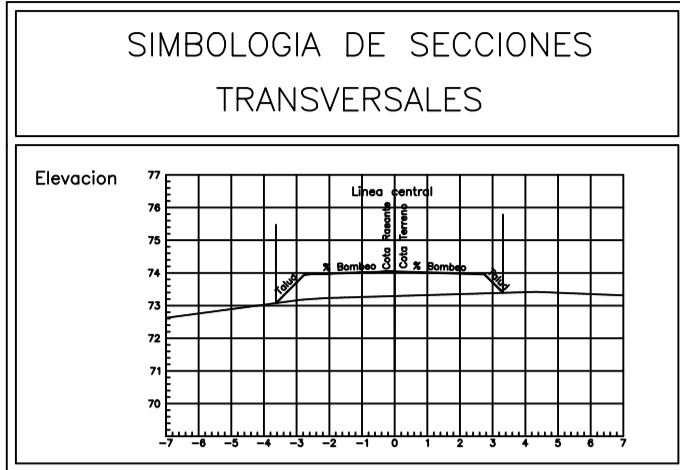
13

ESCALA:

Vo.Bo.

INDICADA

FECHA:



SECCIONES TRANSVERSALES 0+540 A 0+700

ESCALA 1:1500

PROYECTO:
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIQUMILLA-CHIQUIMILLA.

DISEÑO:

CONTENIDO:

- SECCIONES TRANSVERSALES

HOJA

12
13

CALCULO:

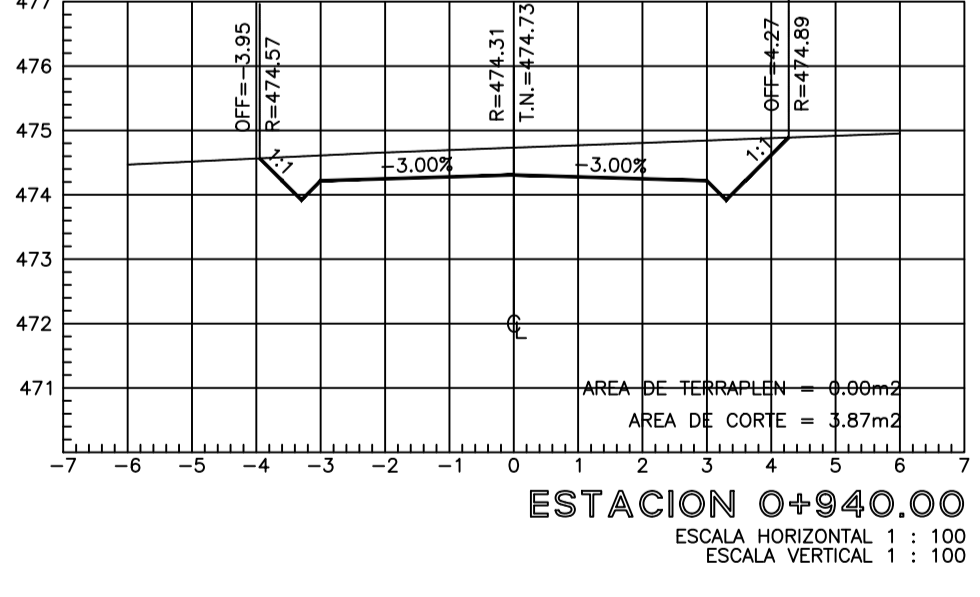
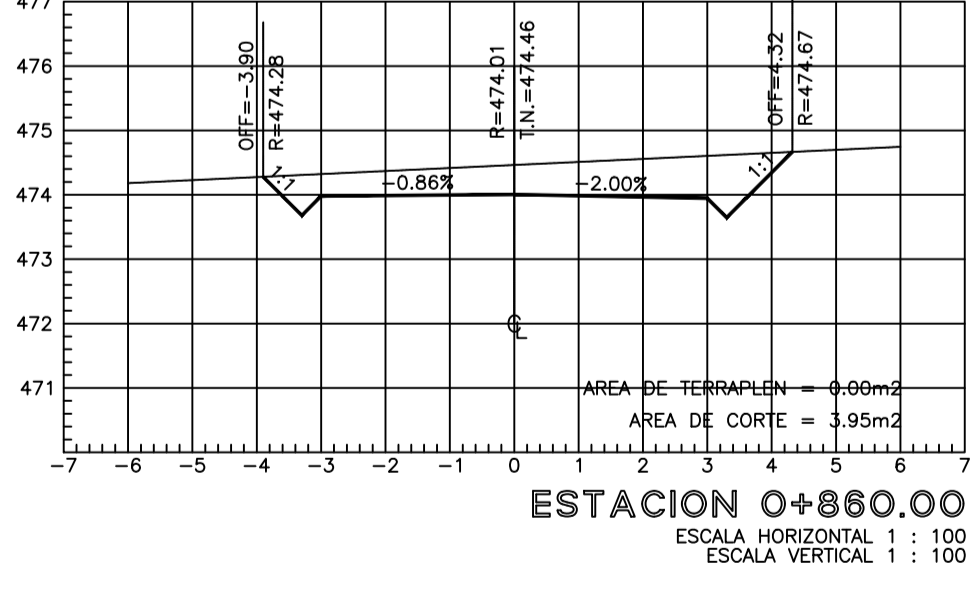
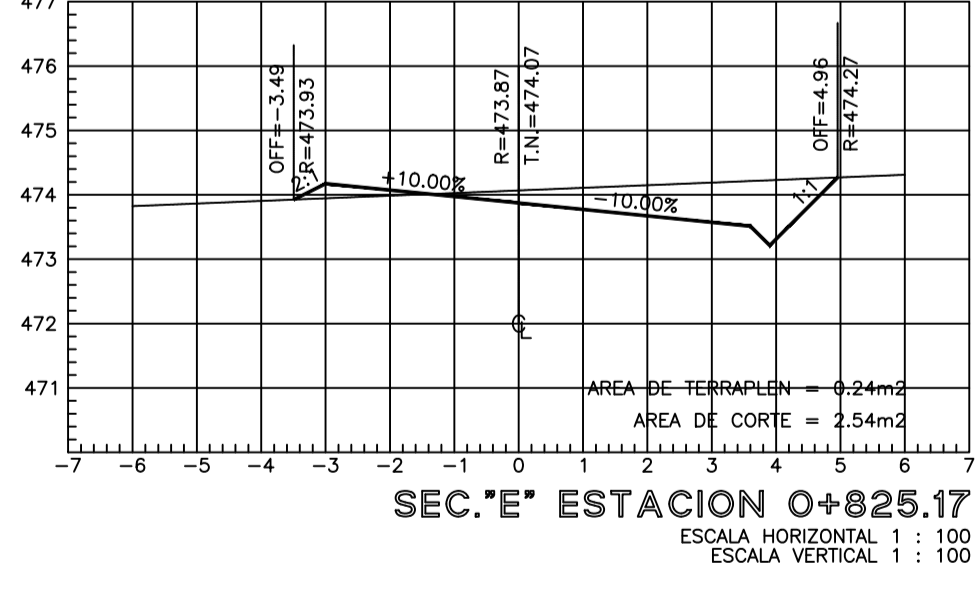
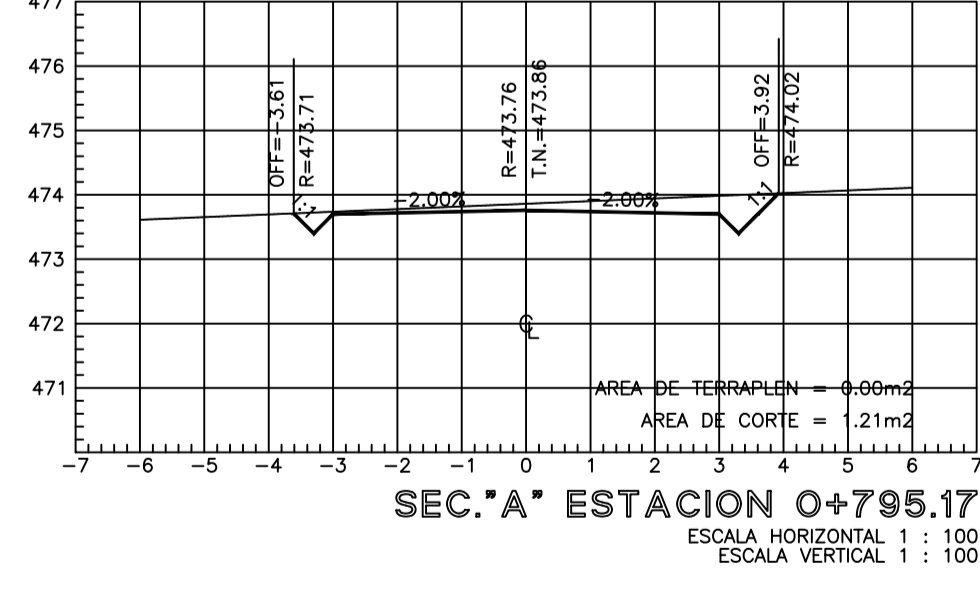
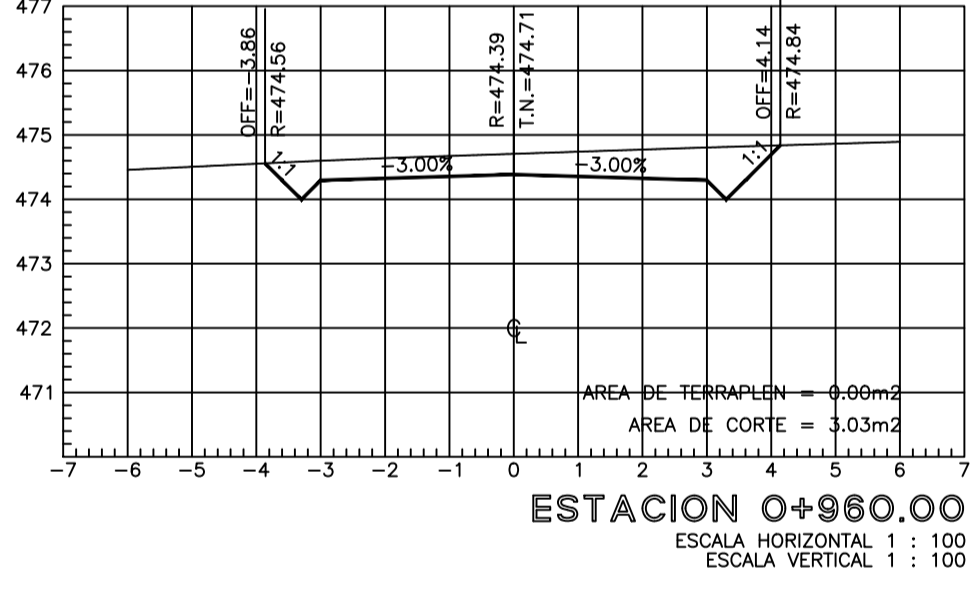
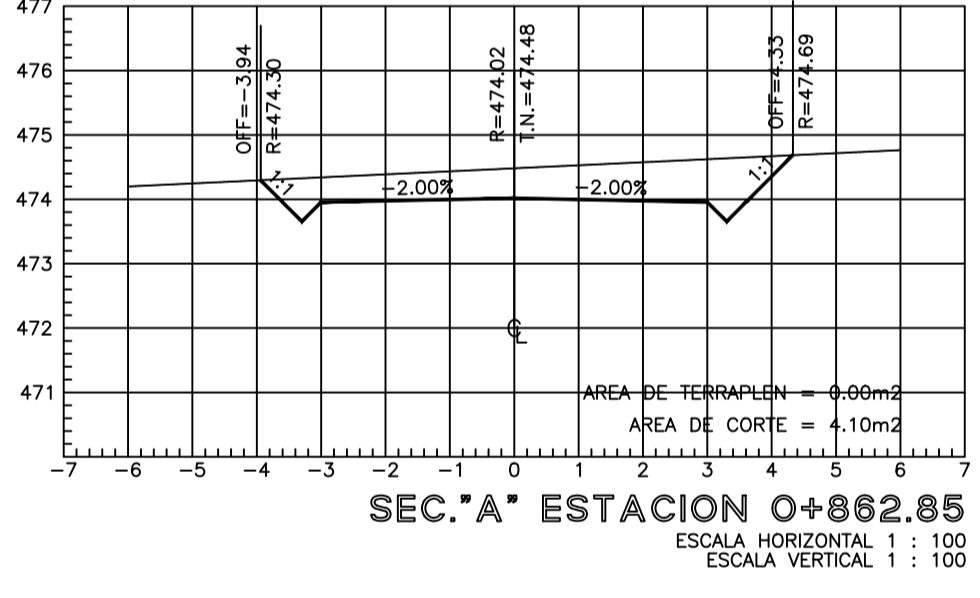
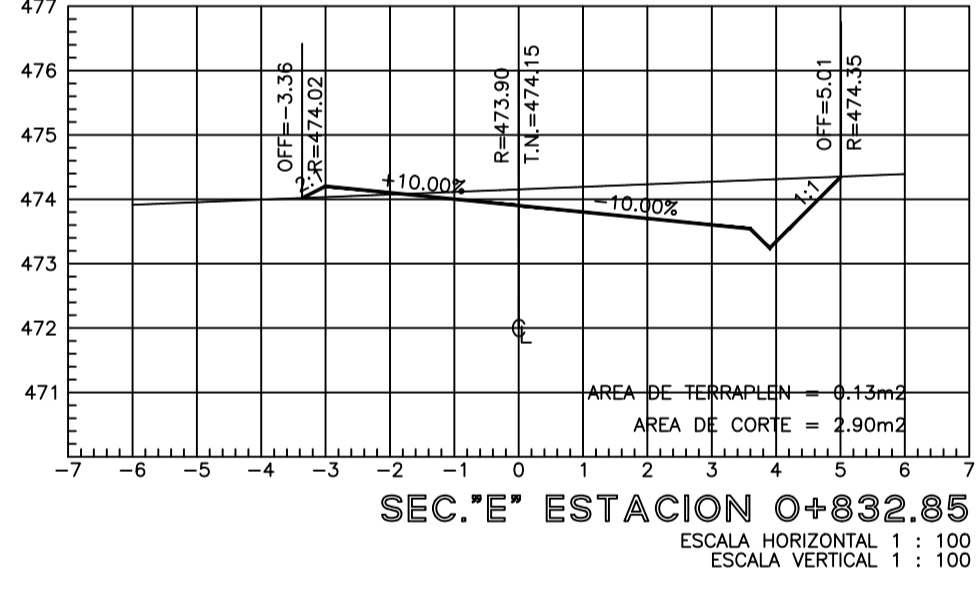
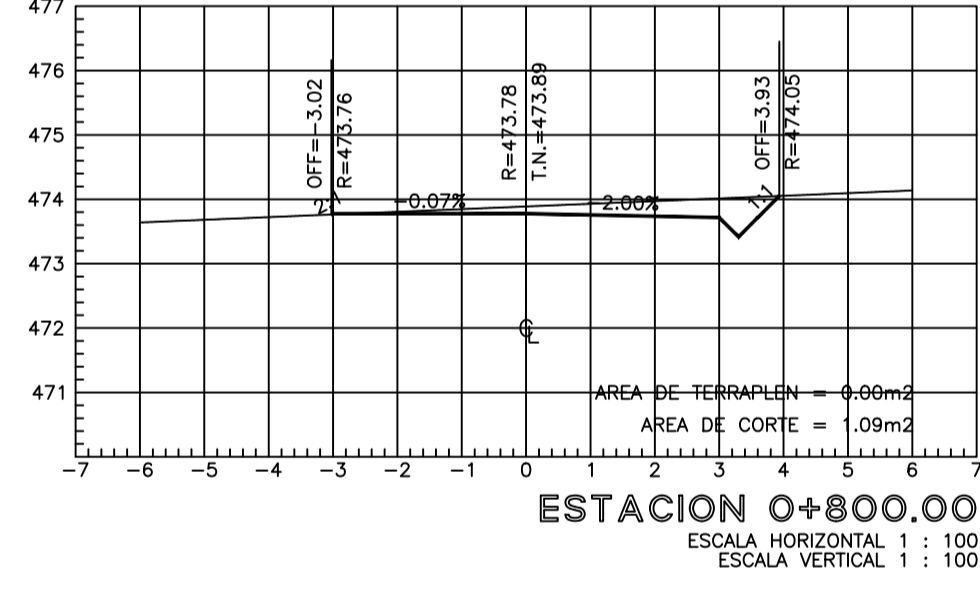
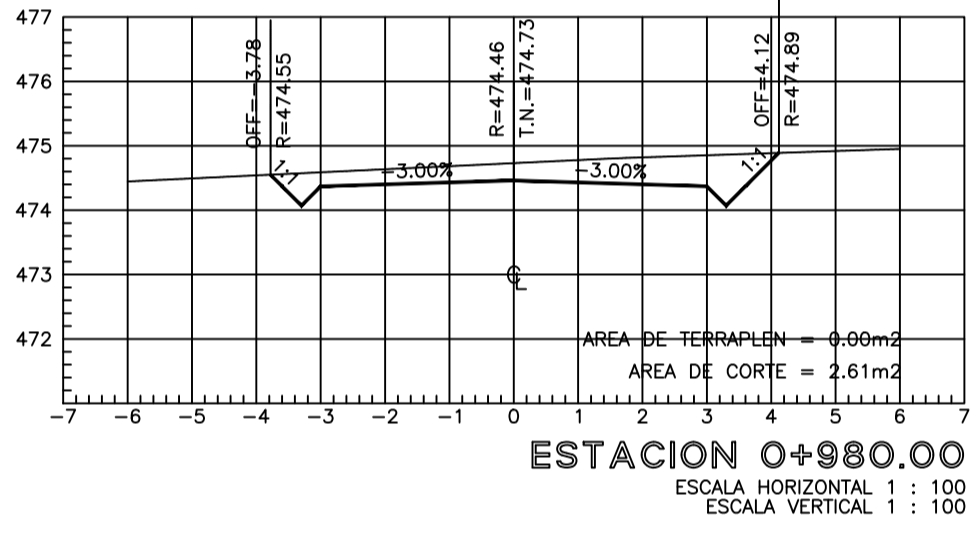
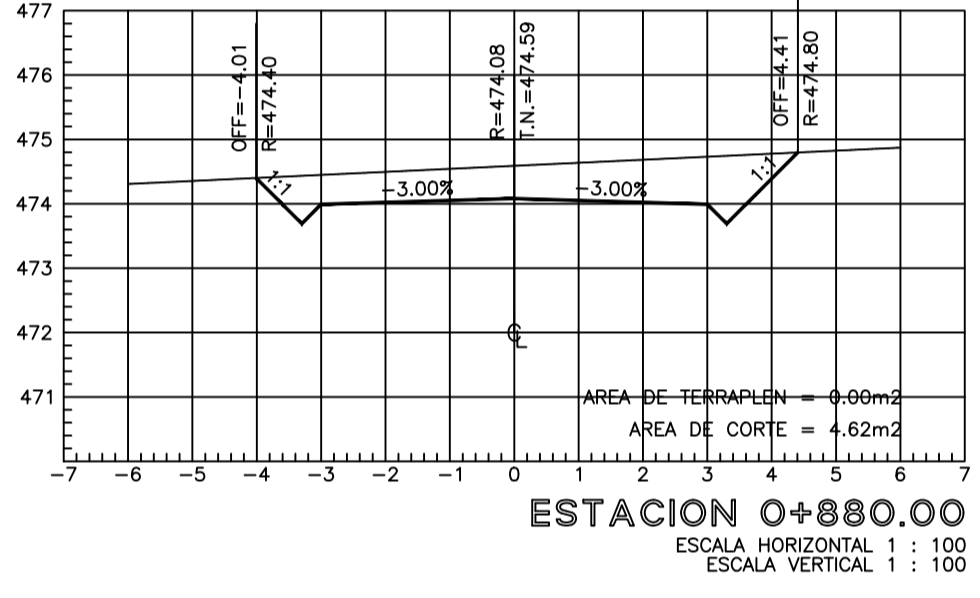
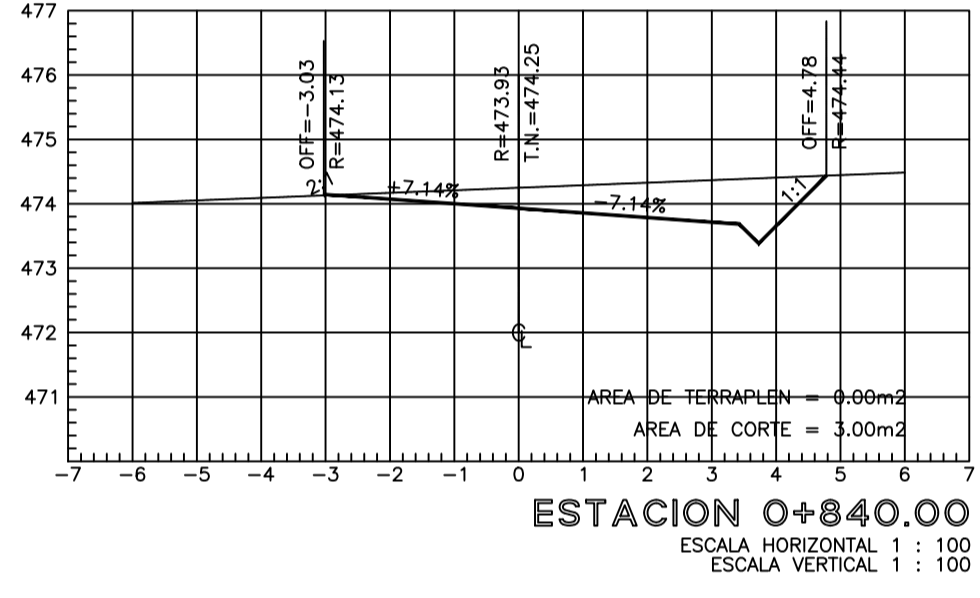
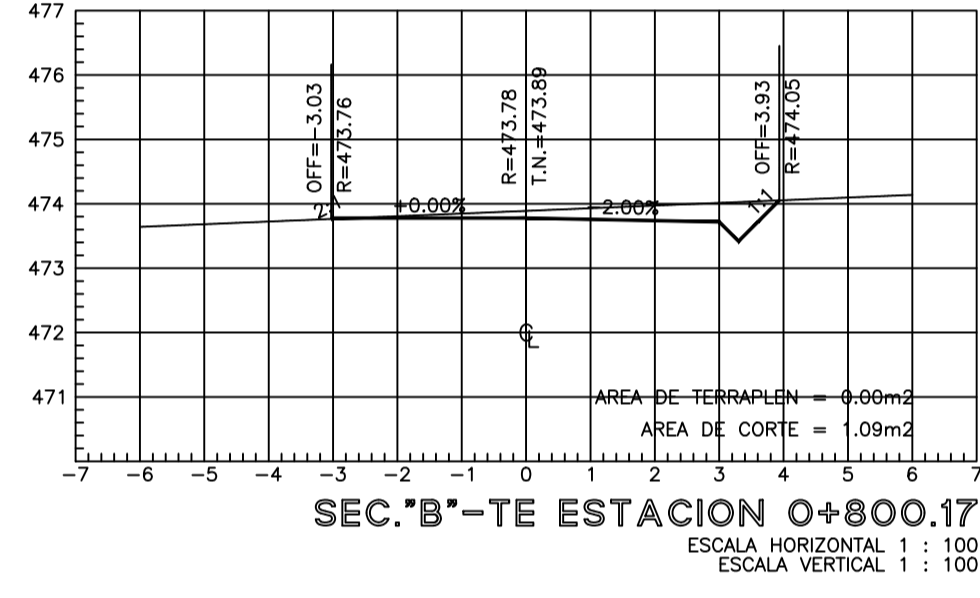
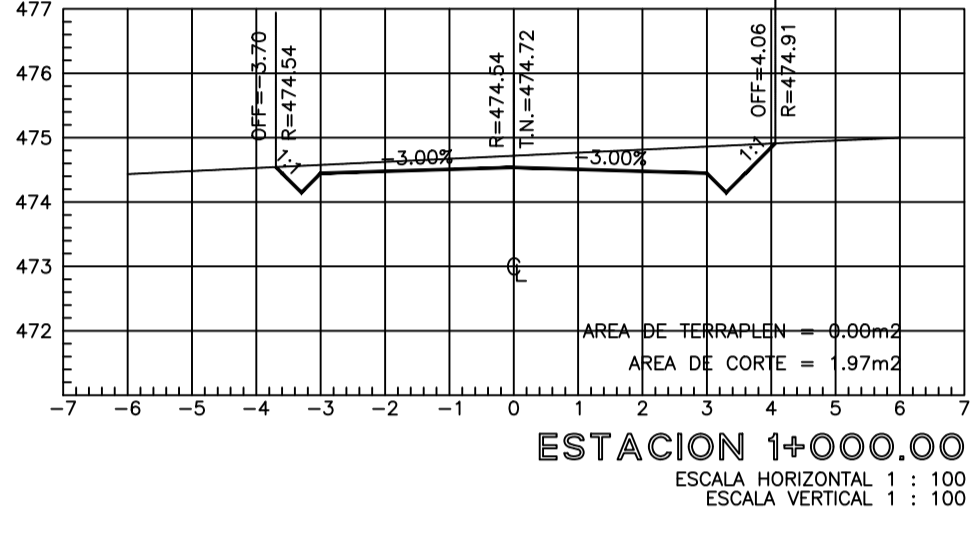
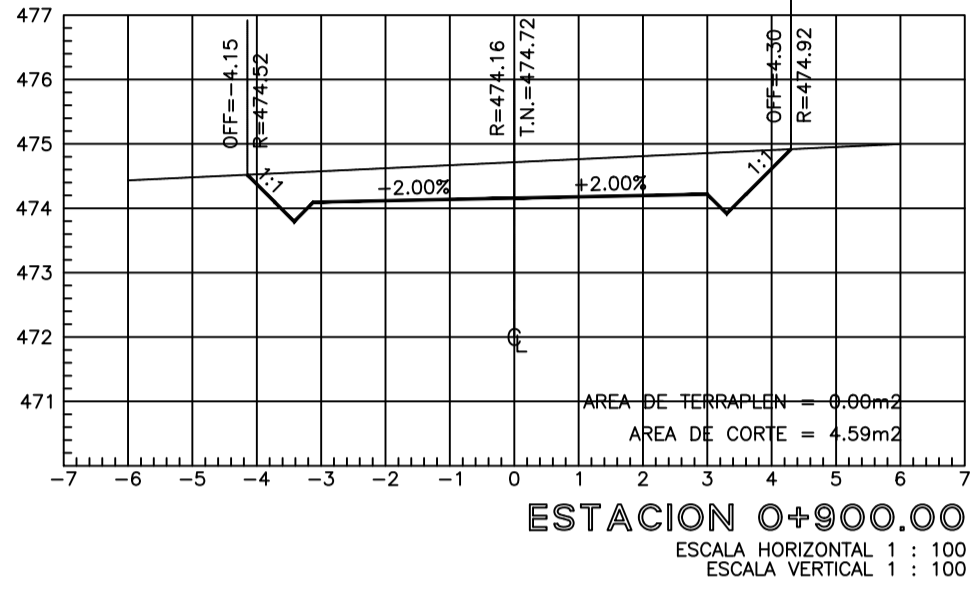
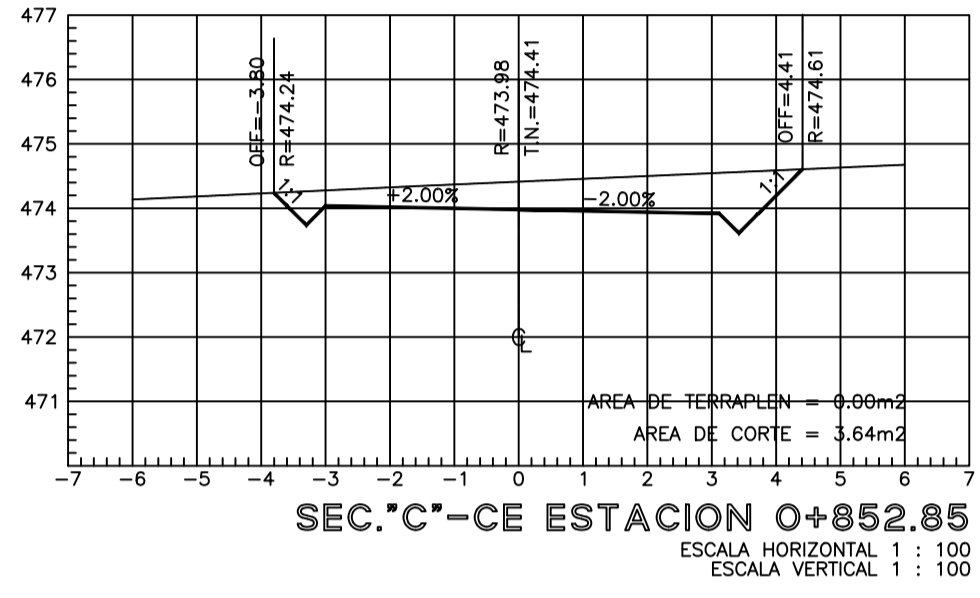
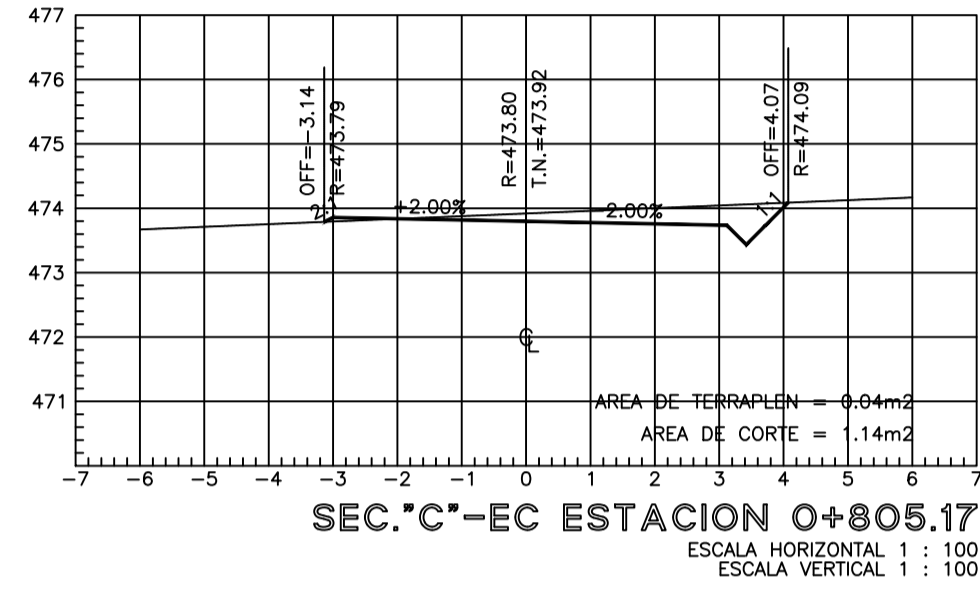
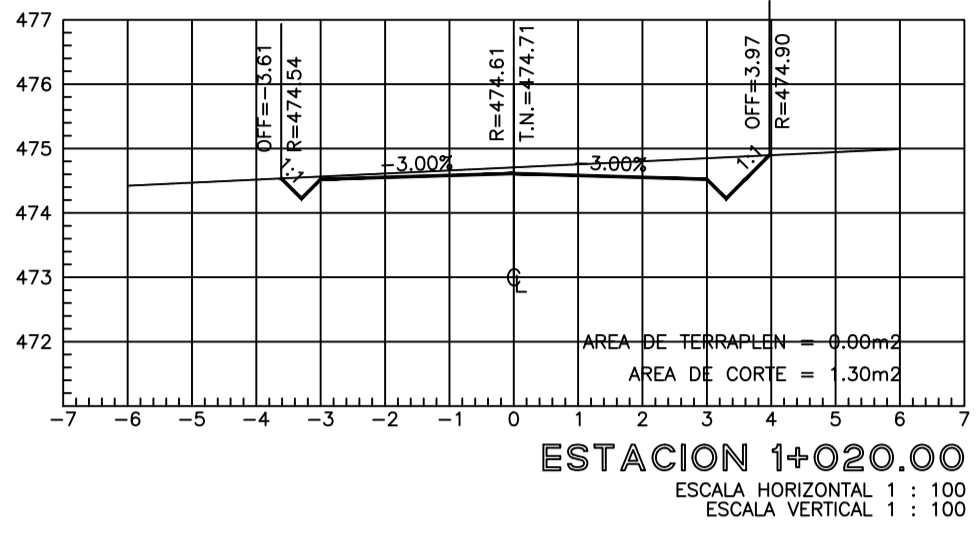
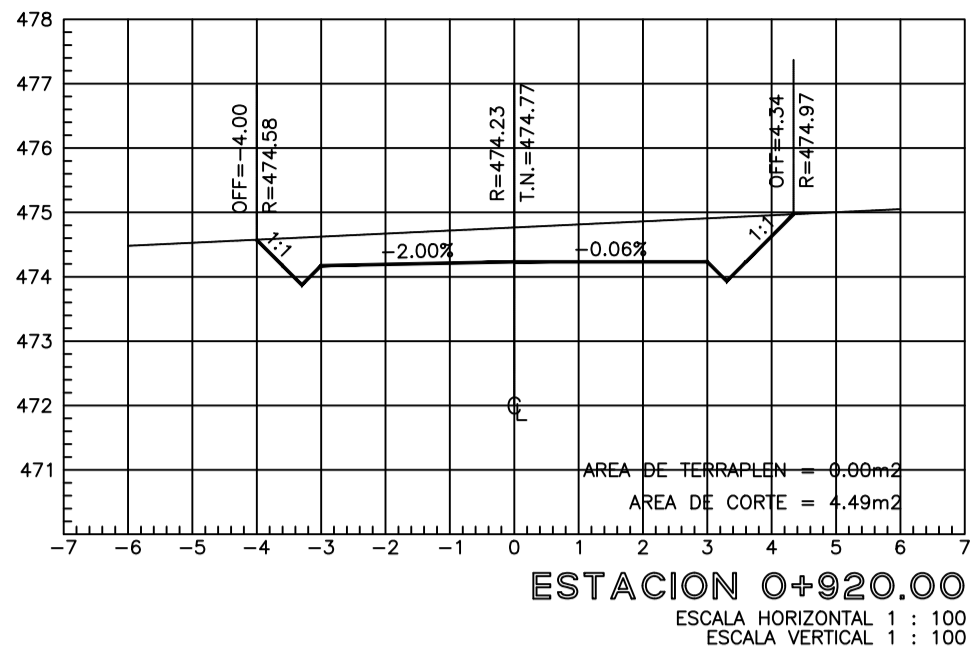
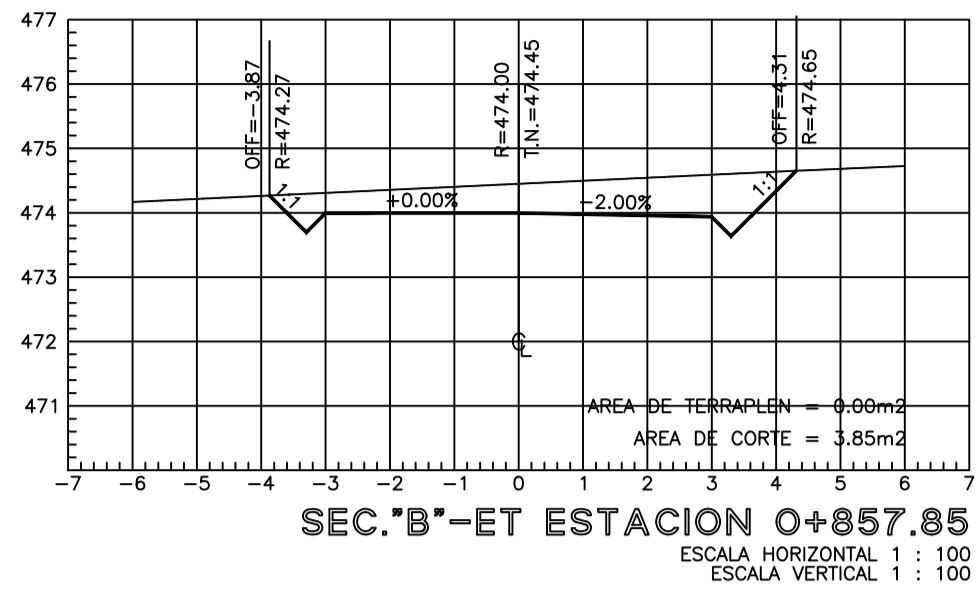
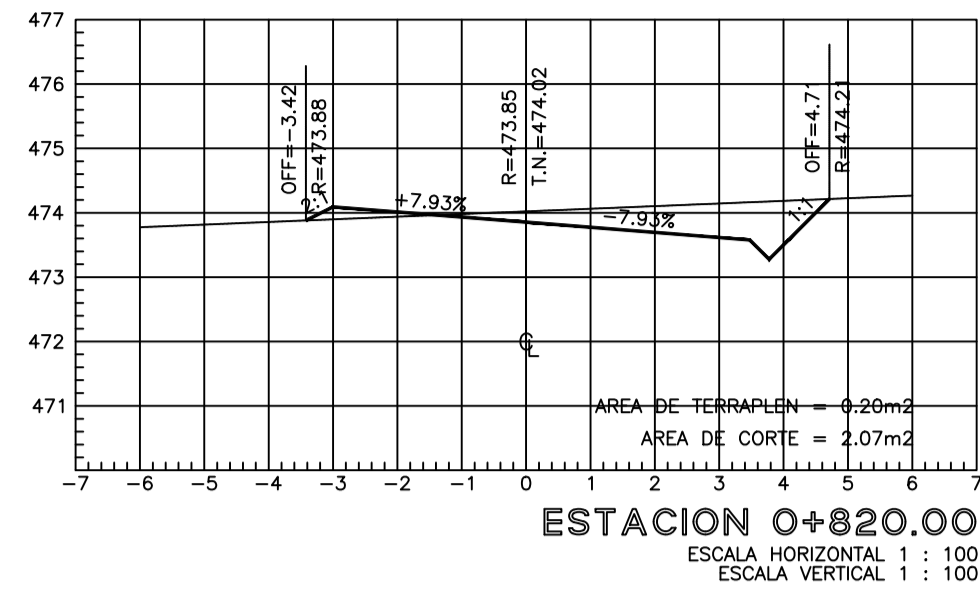
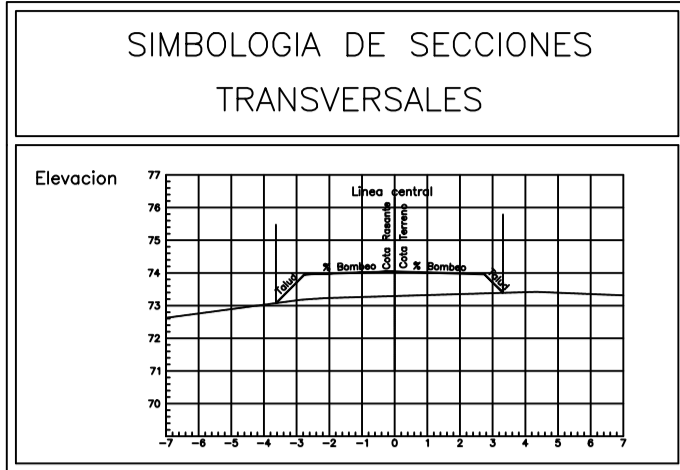
DIBUJO:

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

V.O.



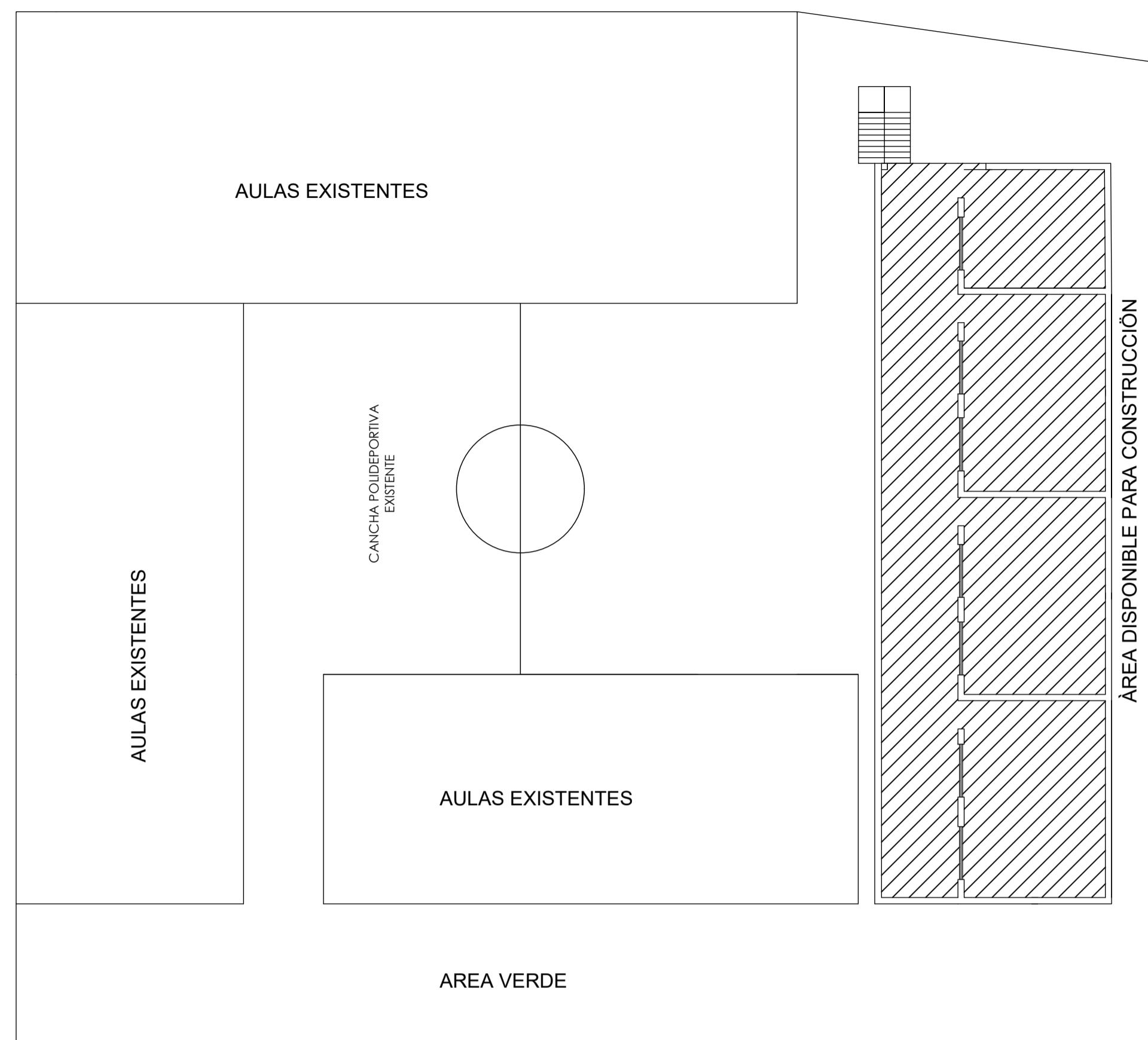
SECCIONES TRANSVERSALES 0+795 A 1+020

ESCALA 1:1500

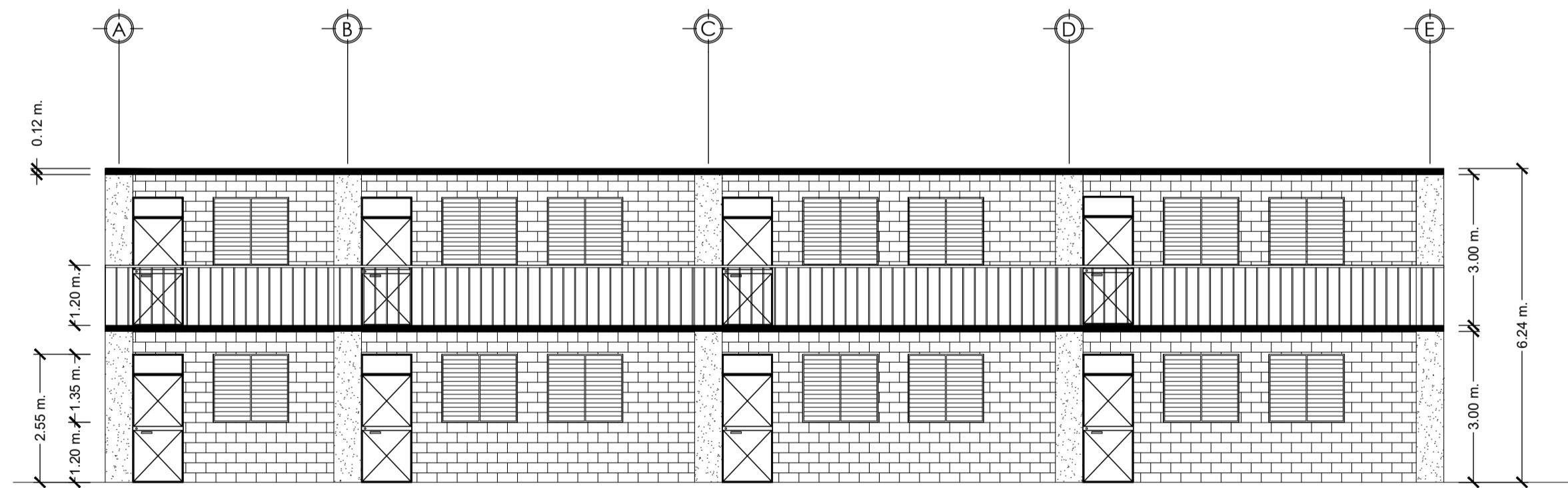
PROYECTO: DISEÑO DE PAVIMENTO RIGIDO PARA LA AVENIDA CENTRAL BARRIO EL MOLINO, CHIQUMILA-CHIQUIMULA.		HOJA 13 13
DISEÑO:	CONTENIDO: - SECCIONES TRANSVERSALES	
CALCULO:		
DIBUJO:		
ESCALA: INDICADA		
FECHA:		

Apéndice 2. **Planos de la ampliación de la escuela**

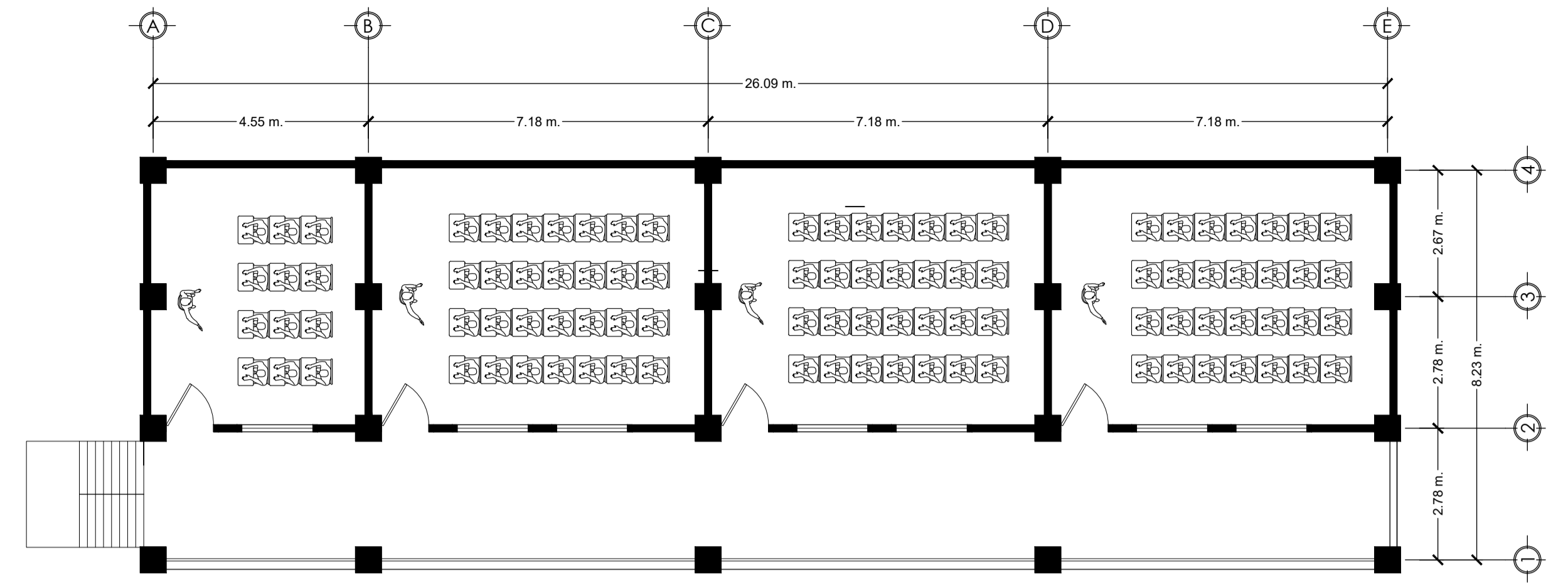
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2019.



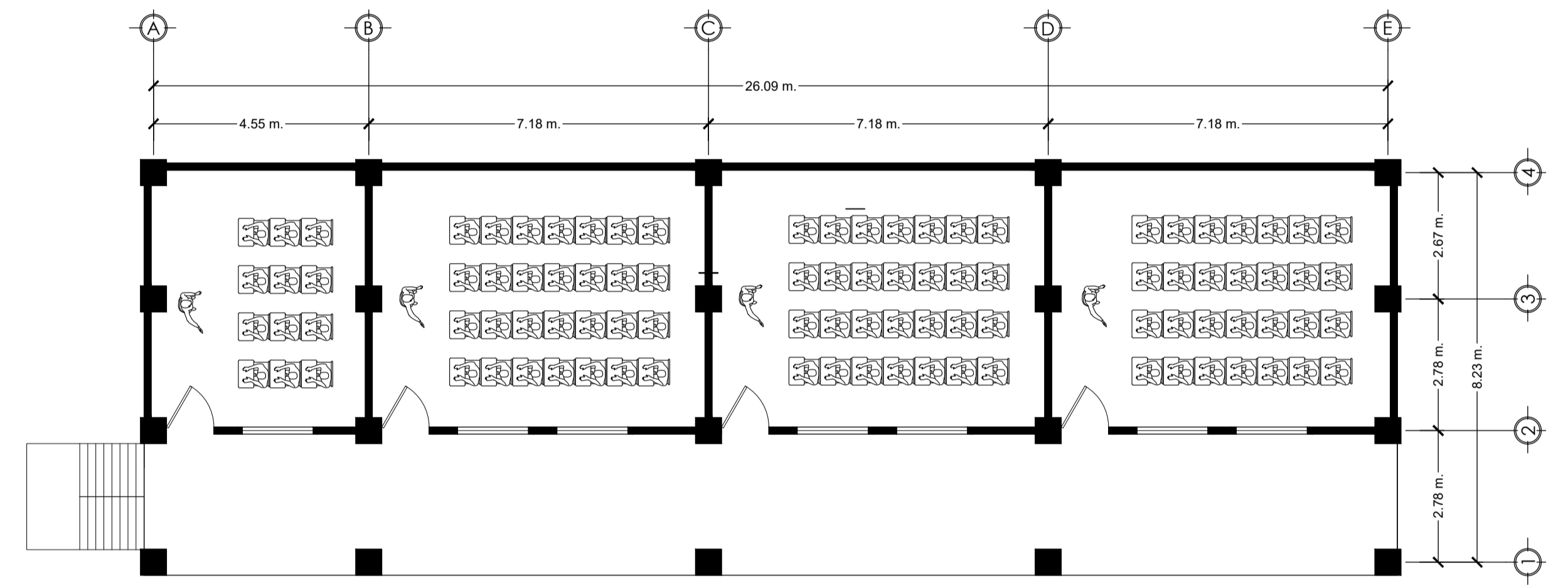
PLANO GENERAL
SIN ESCALA



ELEVACIÓN FRONTAL
ESCALA 1:100

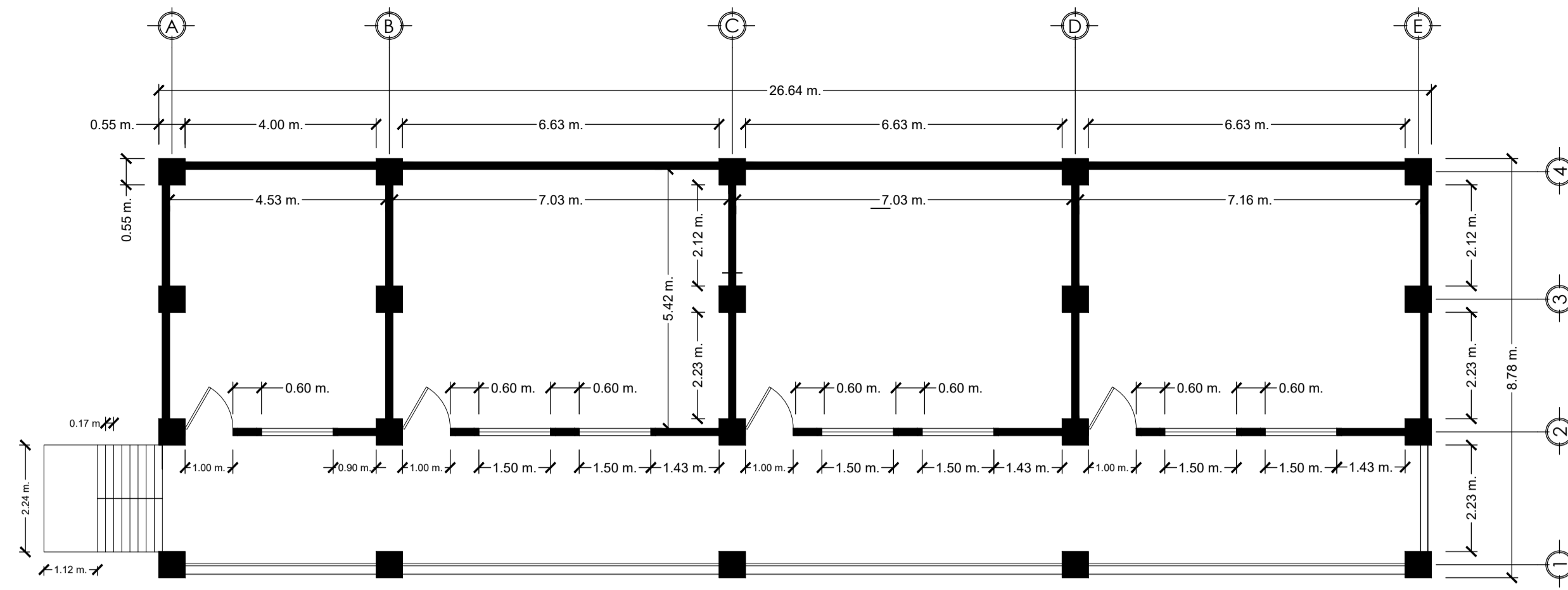


PLANO ARQUITECTONICO PLANTA ALTA
ESCALA 1:100

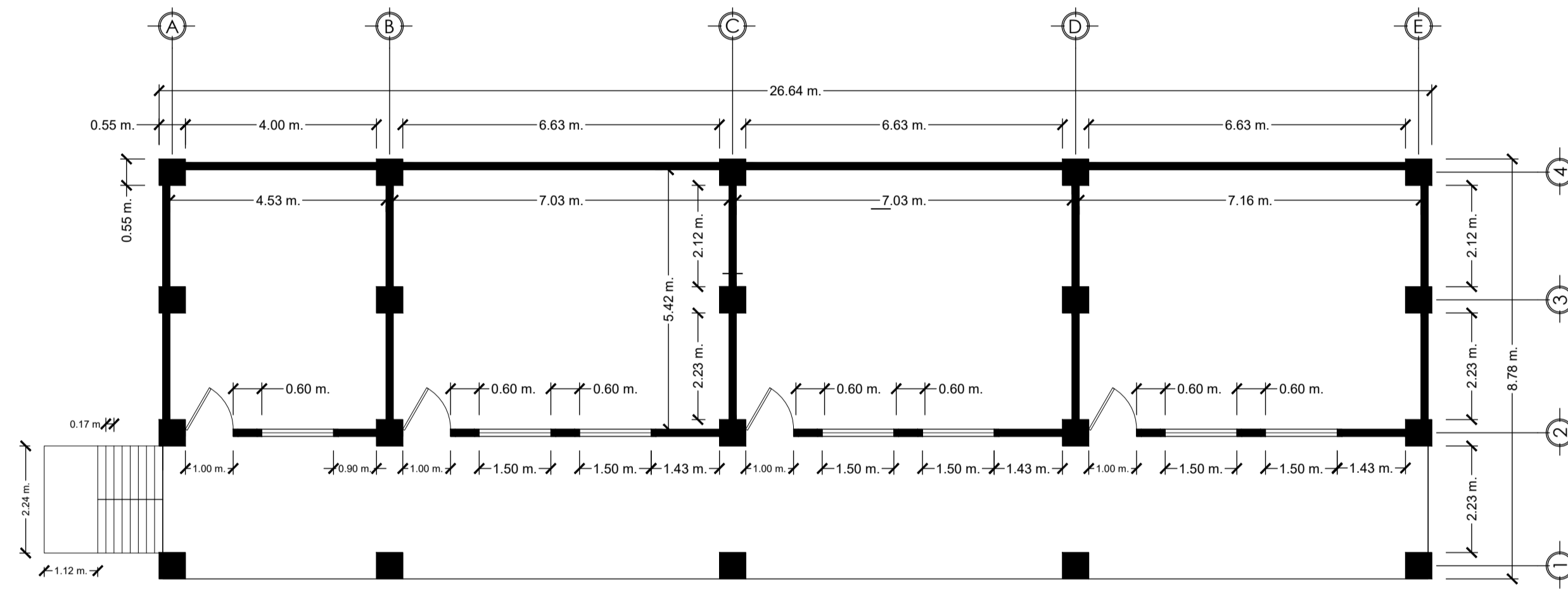


PLANO ARQUITECTONICO PLANTA BAJA
ESCALA 1:100

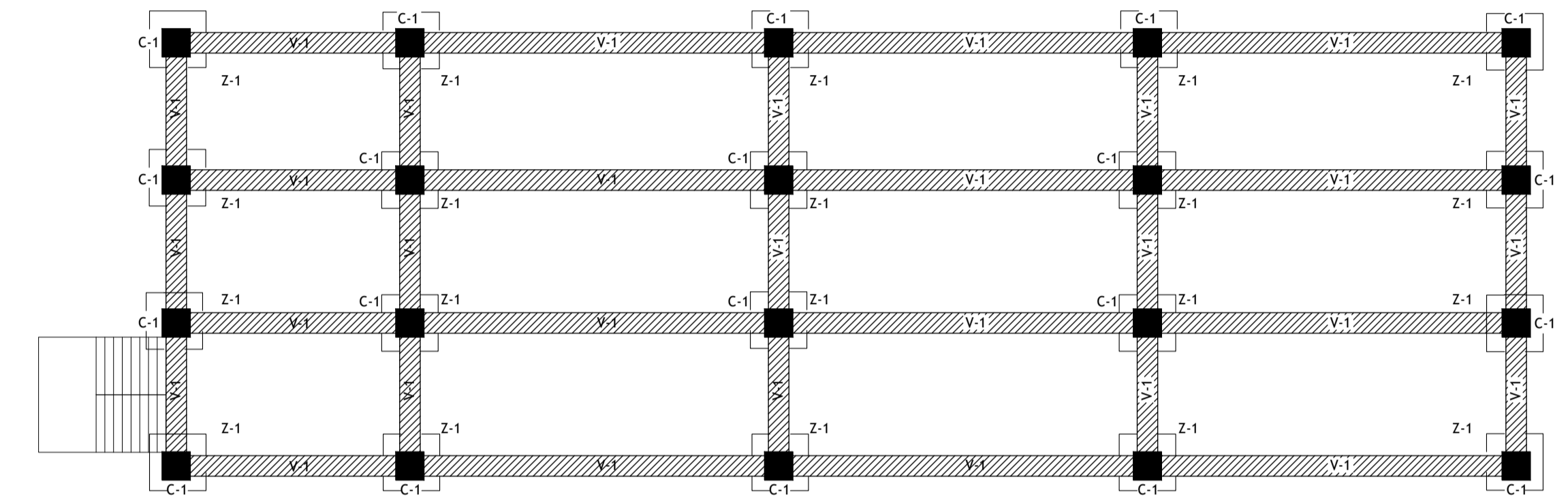
PROYECTO:		AMPLIACION ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
UBICACION:		ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
CONTIENE:		PLANO GENERAL + ARQUITECTONICO + ELEVACIONES	
ESCALA:	INDICADA	HOJA	DE:
INTERESADO	INGENIERO	1	6
TOPOGRAFIA			
DISEÑO			
DBUJO			
CALCULO			



PLANO ACOTADO PLANTA ALTA
ESCALA 1:100

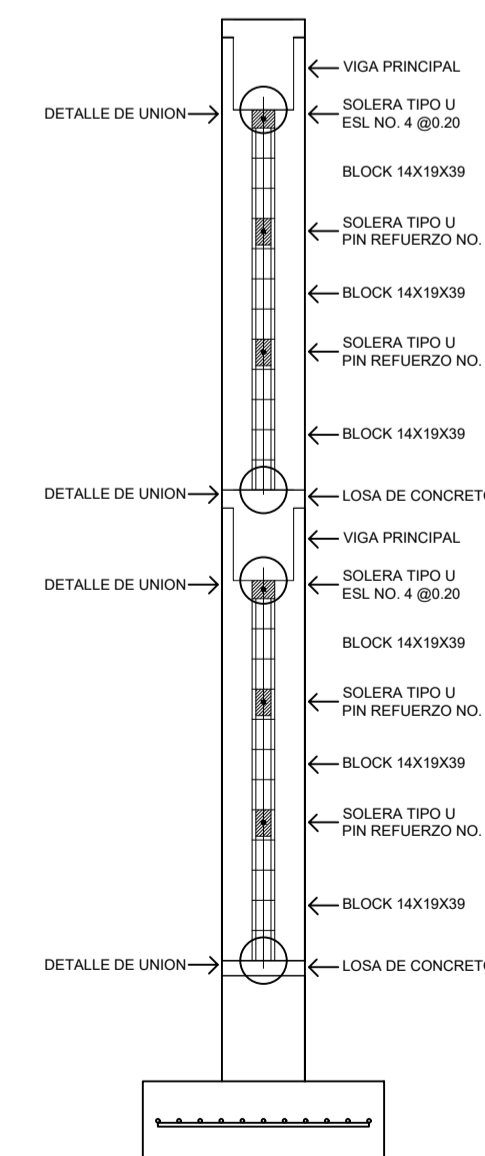
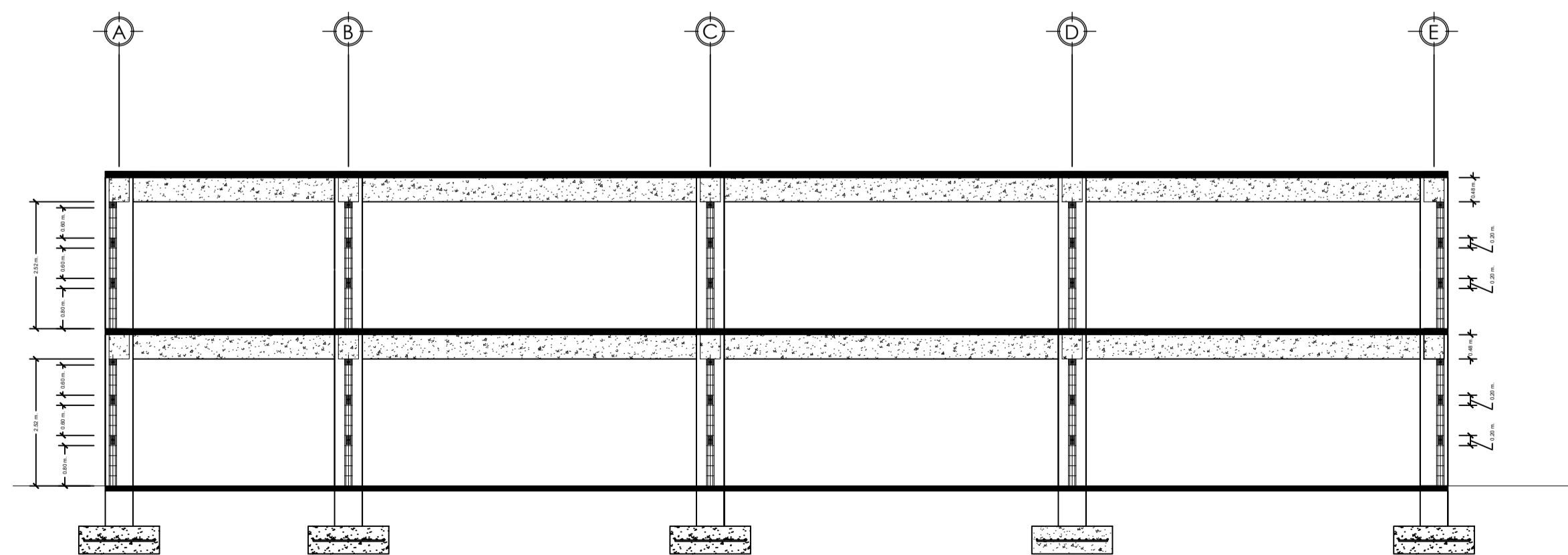


PLANO DE CIMENTACIÓN PLANTA ALTA
ESCALA 1:100

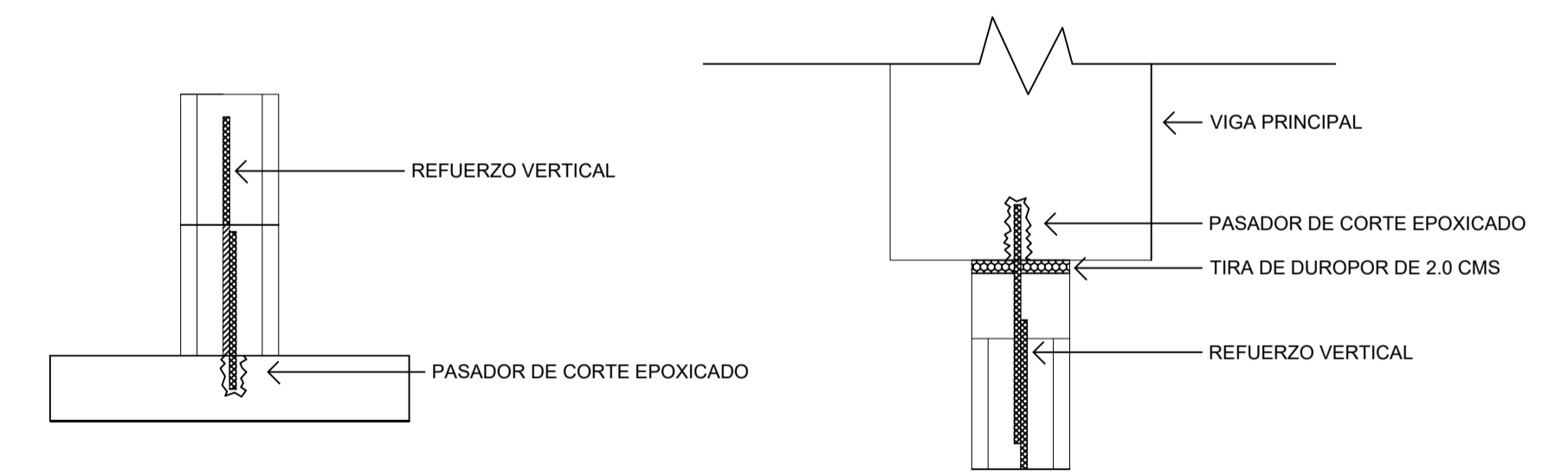


PLANO DE CIMENTACIÓN PLANTA BAJA
ESCALA 1:100

PLANO ACOTADO PLANTA BAJA
ESCALA 1:100



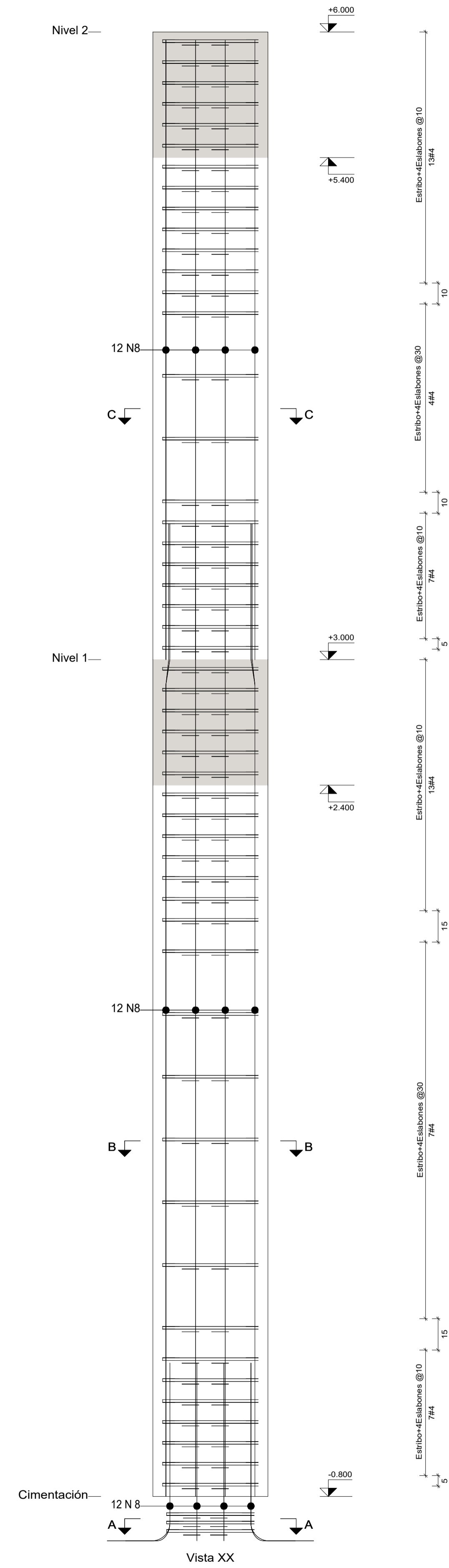
CORTE DE MURO
ESCALA 1:50



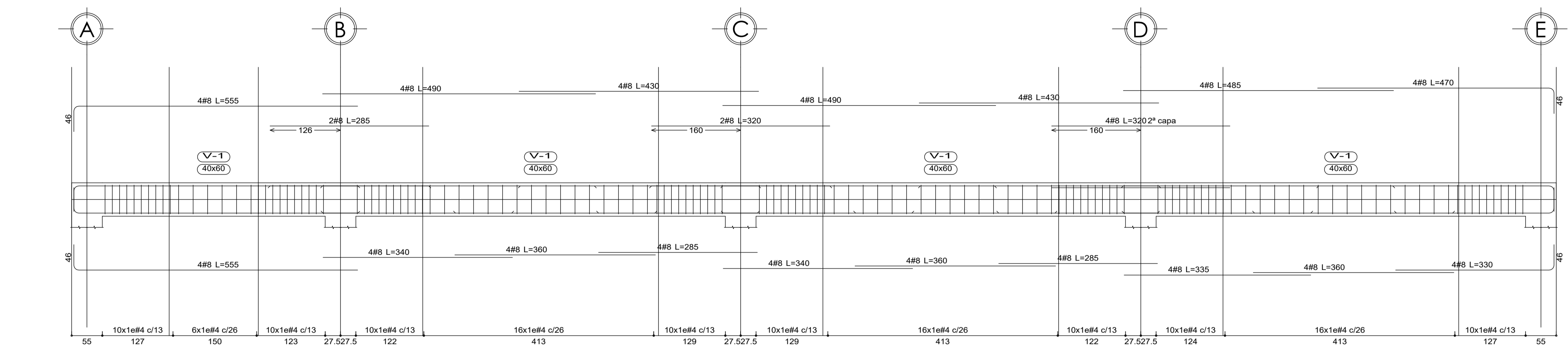
DETALLE DE UNION
ESCALA 1:10

DETALLE DE MURO DE RELLENO
ESCALA 1:100

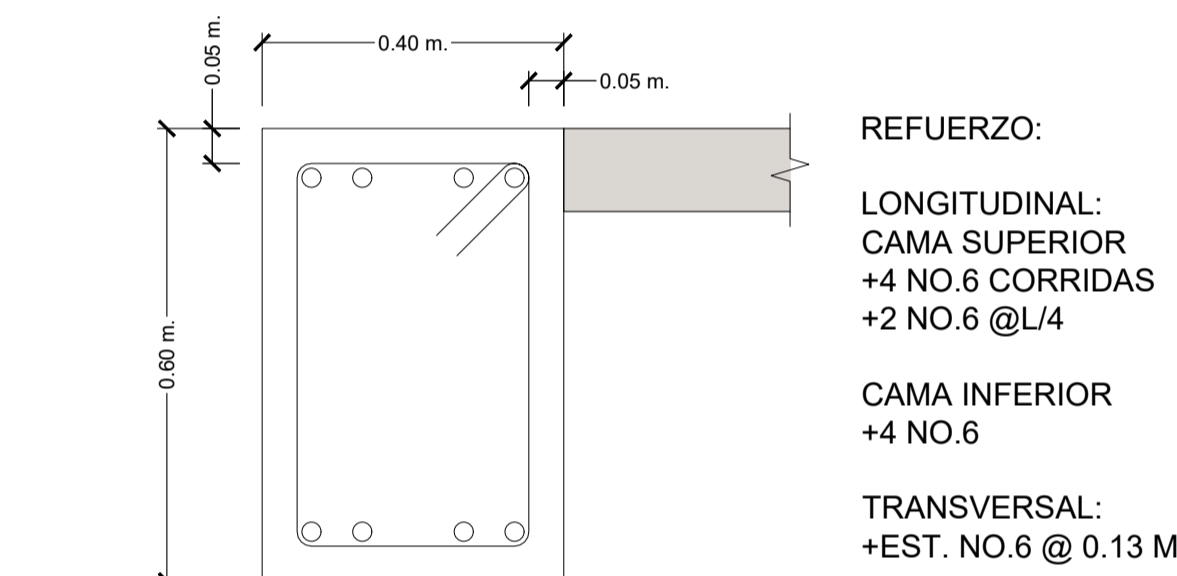
PROYECTO:		AMPLIACION ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
UBICACION:		ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
CONTIENE:		PLANO ACOTADO + CIMENTACIÓN	
ESCALA:	INDICADA	HOJA:	DE:
INTERESADO	INGENIERO	2	6
DISEÑO			
DBUJO			
CALCULO			



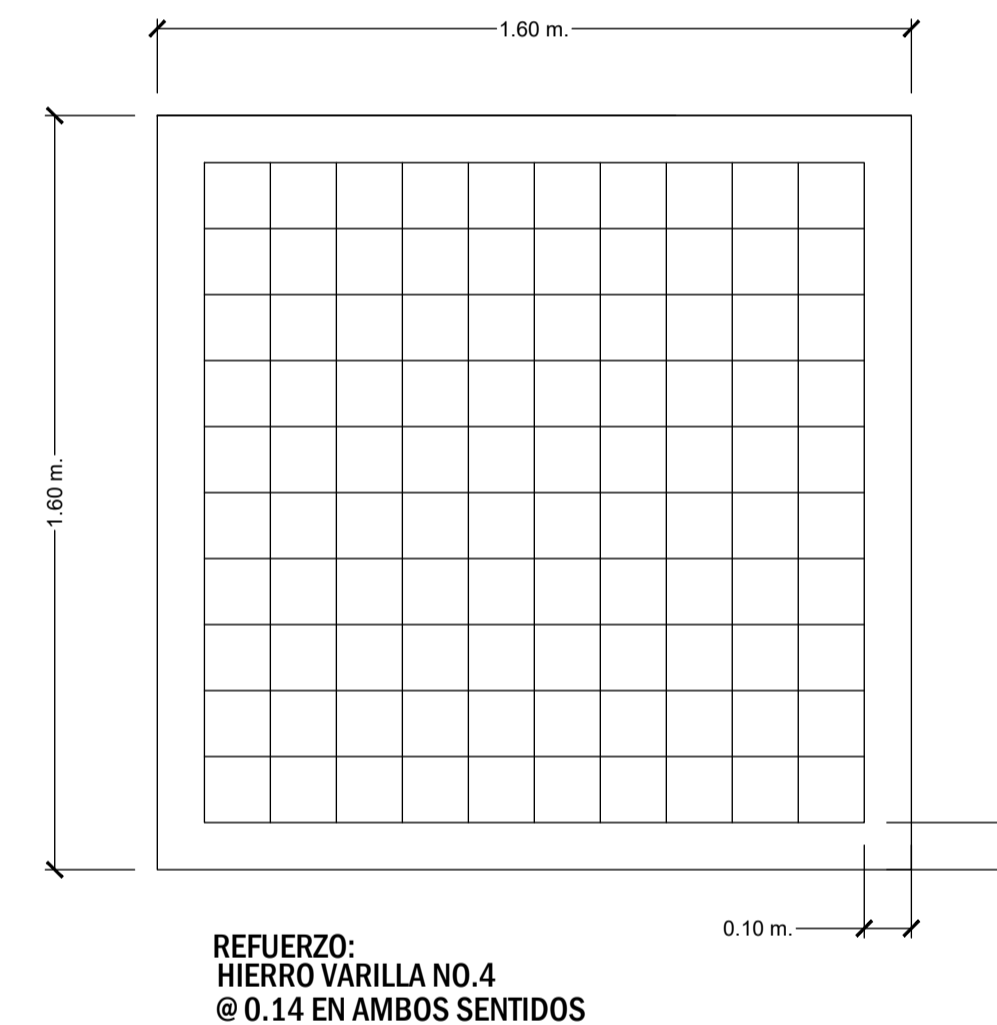
DETALLE ARMADO COL. TIPO C-1
ESCALA 1:100



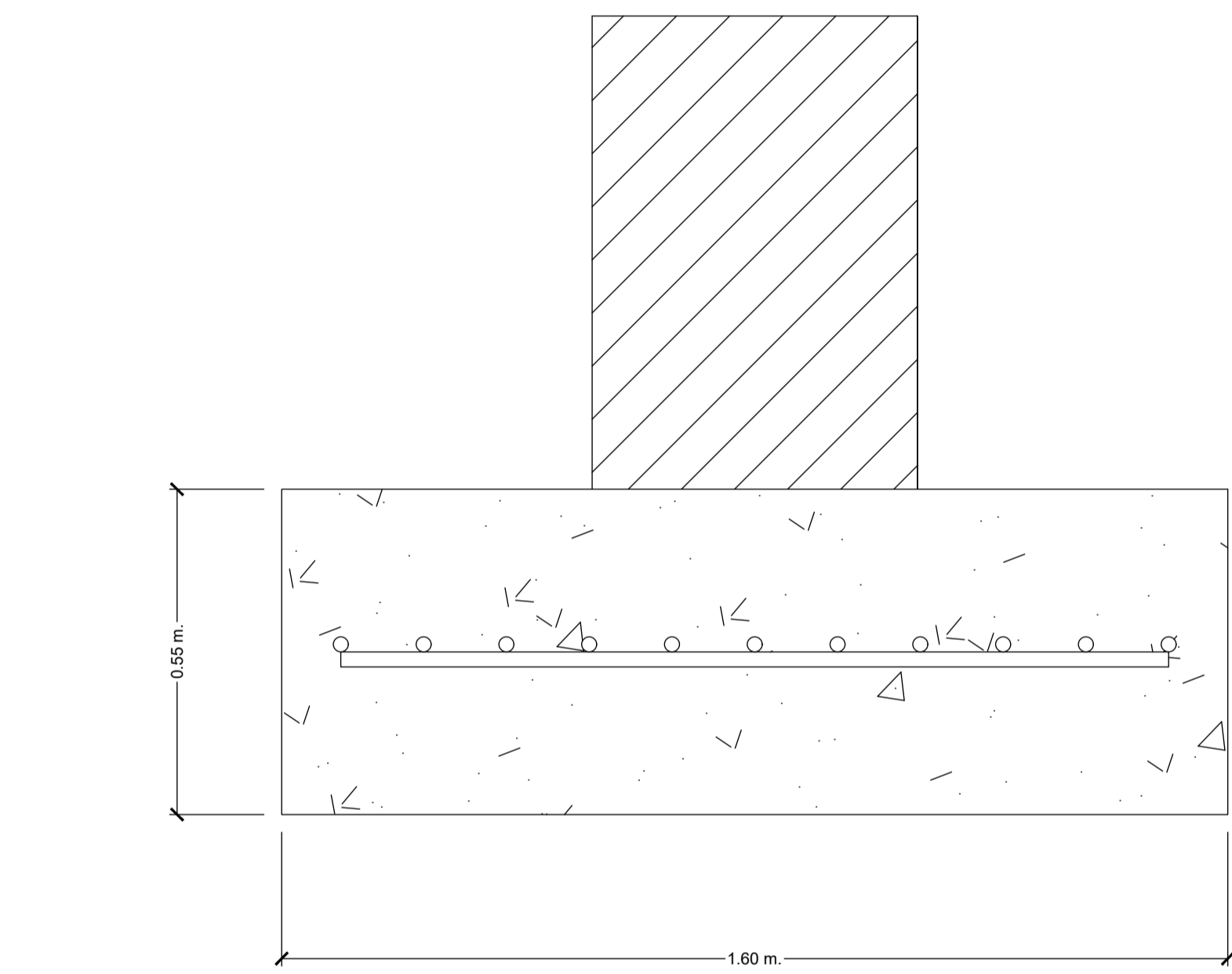
DETALLE ARMADO DE VIGA V-1
ESCALA 1:50



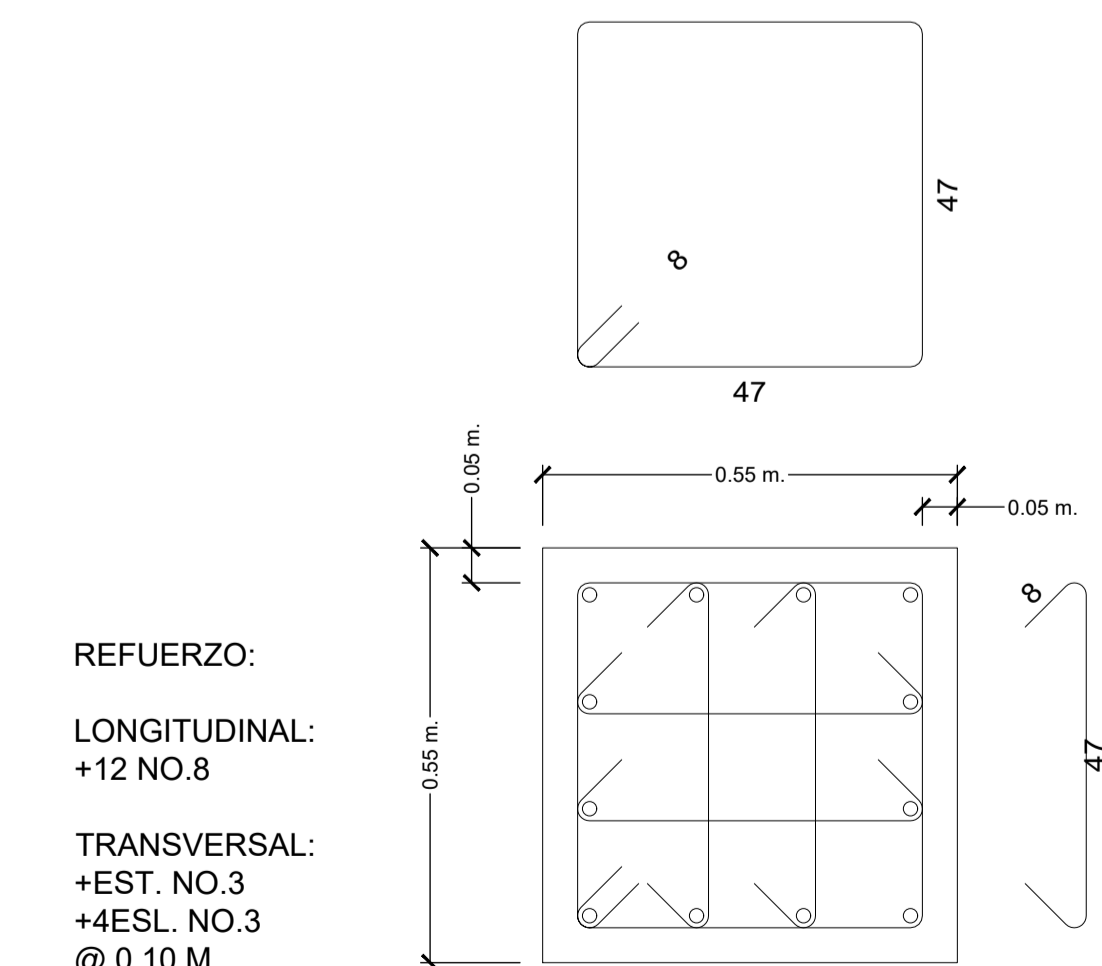
VIGA V-1
ESCALA 1:10



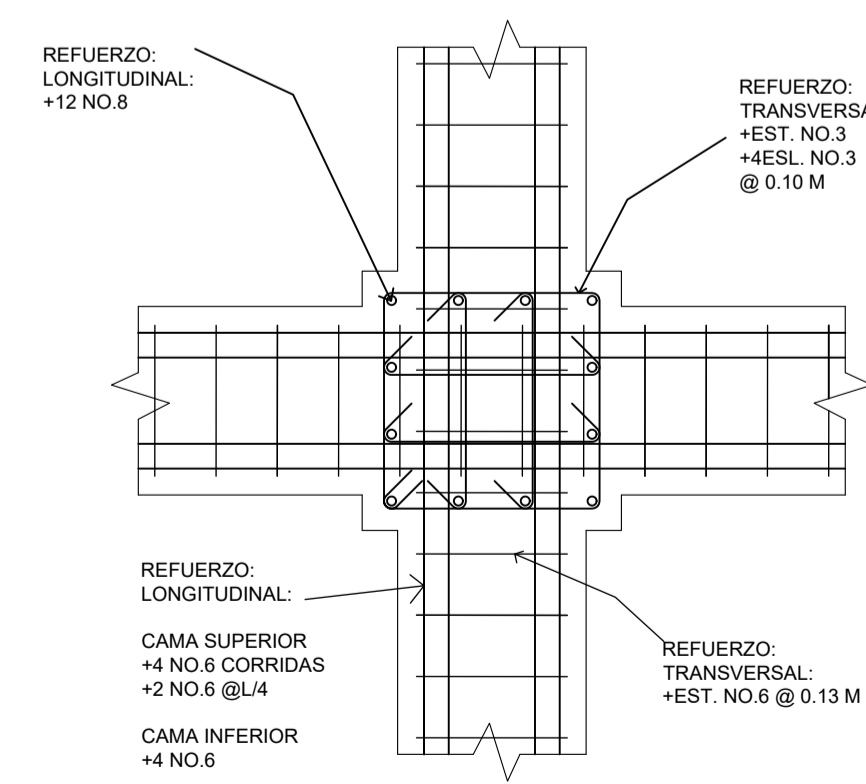
ZAPATA Z-1
ESCALA 1:10



DETALLE DE ARMADO DE ZAPATA Z-1
ESCALA 1:16

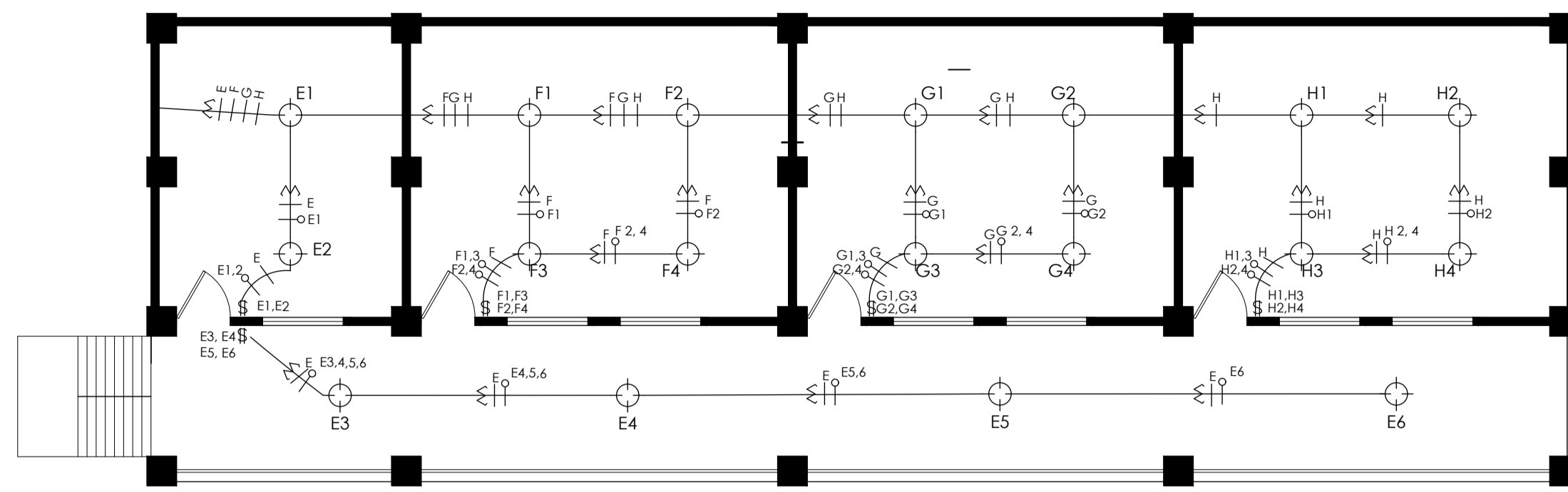


COLUMNA TIPO C-1
ESCALA 1:10

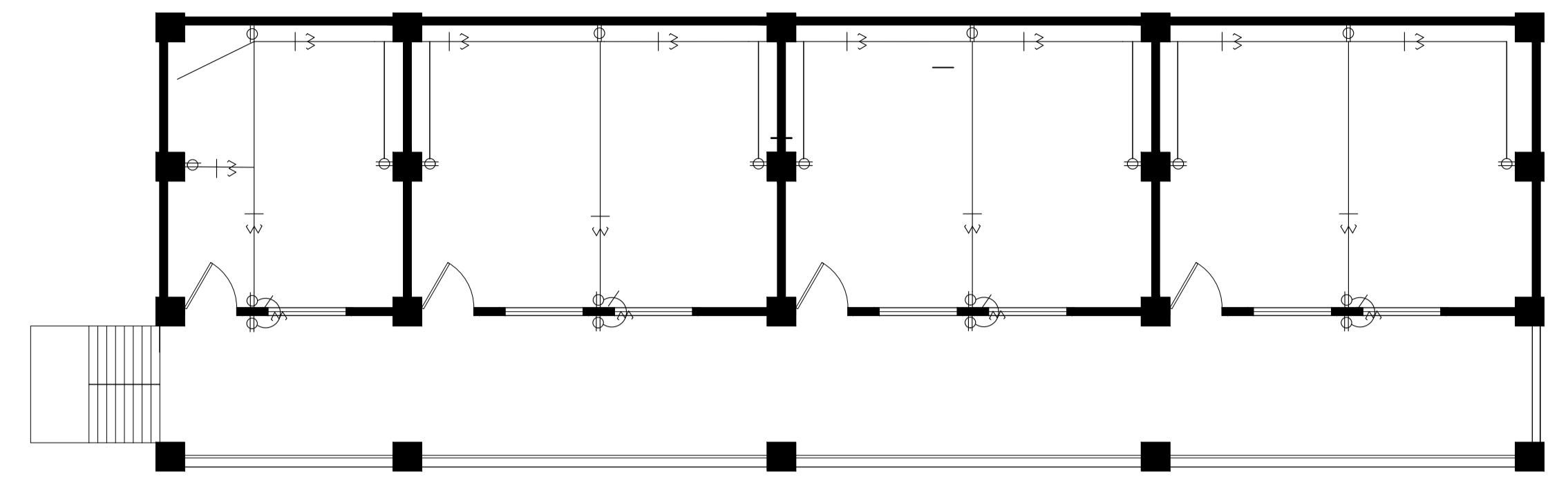


DETALLE NUDO SISMICO
ESCALA 1:16

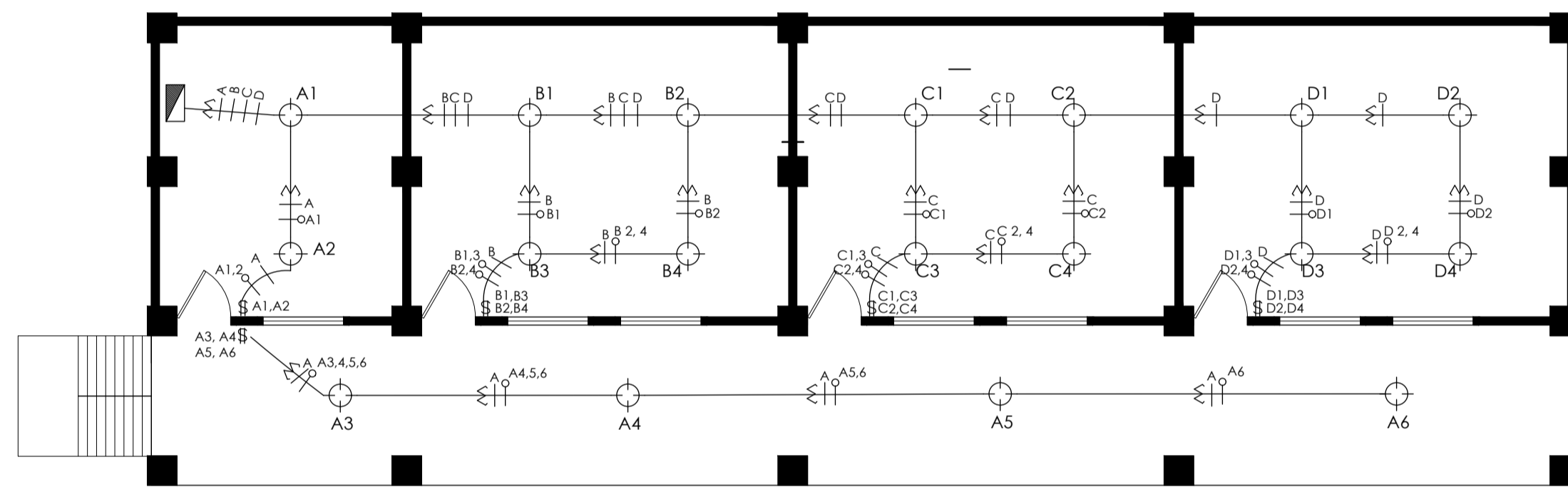
UBICACION: ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.		PROYECTO: AMPLIACION ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
INTERESADO		CONTIENE: DETALLES DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
INGENIERO	TOPOGRAFIA	ESCALA: INDICADA	HOJA DE: 3 / 6
DISEÑO			
DRUJO			
CALCULO			



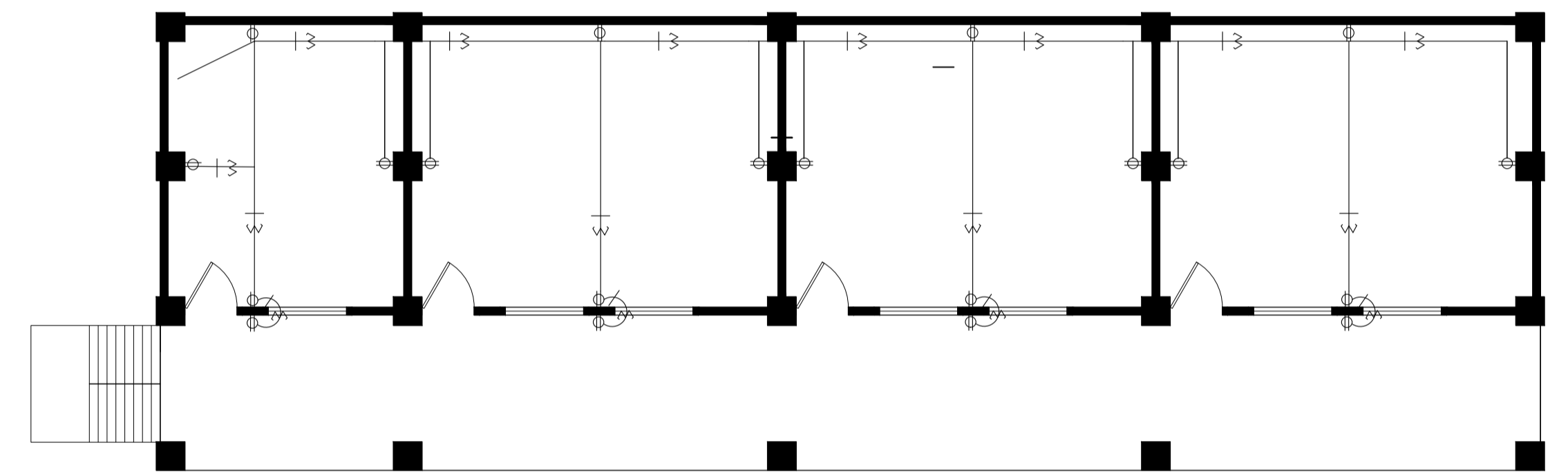
PLANO DE ILUMINACIÓN PLANTA ALTA
ESCALA 1:100



PLANO DE FUERZA PLANTA ALTA
ESCALA 1:100



PLANO DE ILUMINACIÓN PLANTA BAJA
ESCALA 1:100



PLANO DE FUERZA PLANTA BAJA
ESCALA 1:100

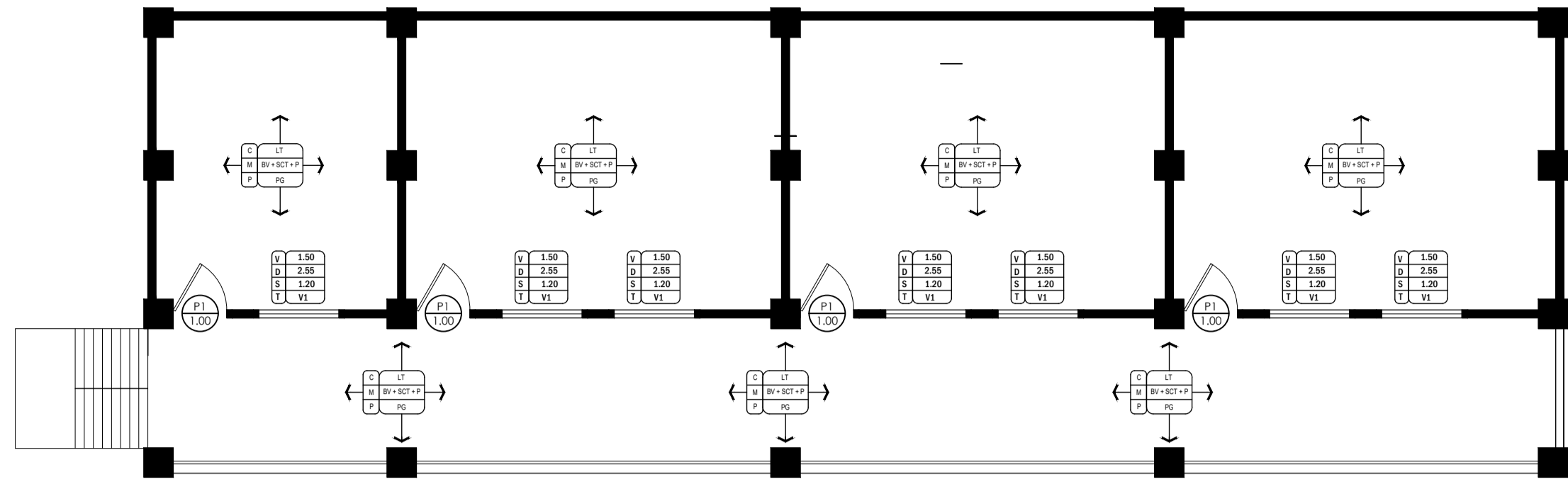
ESPECIFICACION:

- *El cable a utilizar para iluminación sera No.12 THHN.
- *El cable a utilizar para fuerza sera No.10 THHN
- *El cable a utilizar del contador al tablero sera No.6 THHN.
- *El forro del cable será color:
 - Rojo para activo
 - Blanco para neutro
 - Amarillo para retornos
 - Verde para tierra física
- *Se colocarán bombillas ahorradoras de 25 watts.
- *Altura del tablero de distribución 1.70m s.n.p.t.
- *Altura de swith de iluminación a 1.30m s.n.p.t.
- *Altura de tomacorrientes a 0.40m s.n.p.t. o lo que indique el plano.
- *La tubería a utilizar deberá ser P.V.C. eléctrico de Ø 3/4" para iluminación y fuerza.
- *El P.V.C. eléctrico a utilizar del contador hacia el tablero de distribuciones debera ser de Ø 1".

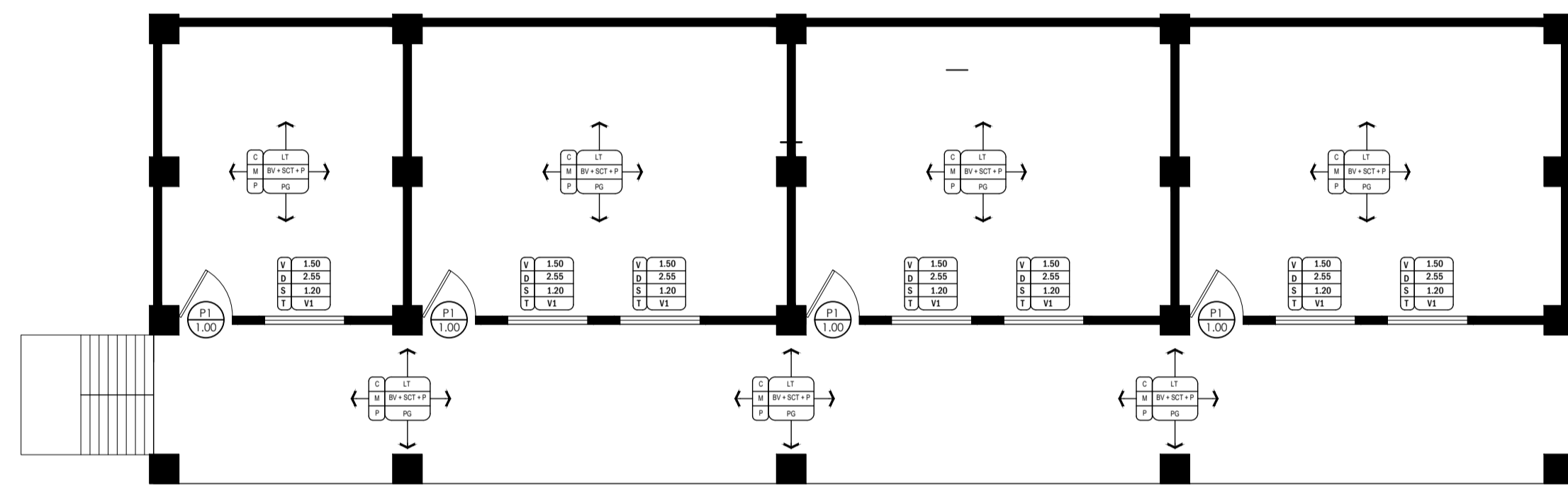
NOMENCLATURA ILUMINACION Y FUERZA

SIMBOLOGIA	DESCRIPCIÓN
	TUBERIA DE PVC ELECTRICO Ø 3/4"
	CONDUCTOR ACTIVO
	RETORNO
	CONDUCTOR NEUTRO
	TABLERO DE FLIPONES H= 1.70 SNPT
	PLAFONERA EN CIELO CON BOMBILLA AHORRADORA DE 25 WATTS
	INDICA INTERRUPTOR DOBLE A 1.30M SNPT
	INDICA TOMACORRIENTE DOBLE A 0.40M SNPT

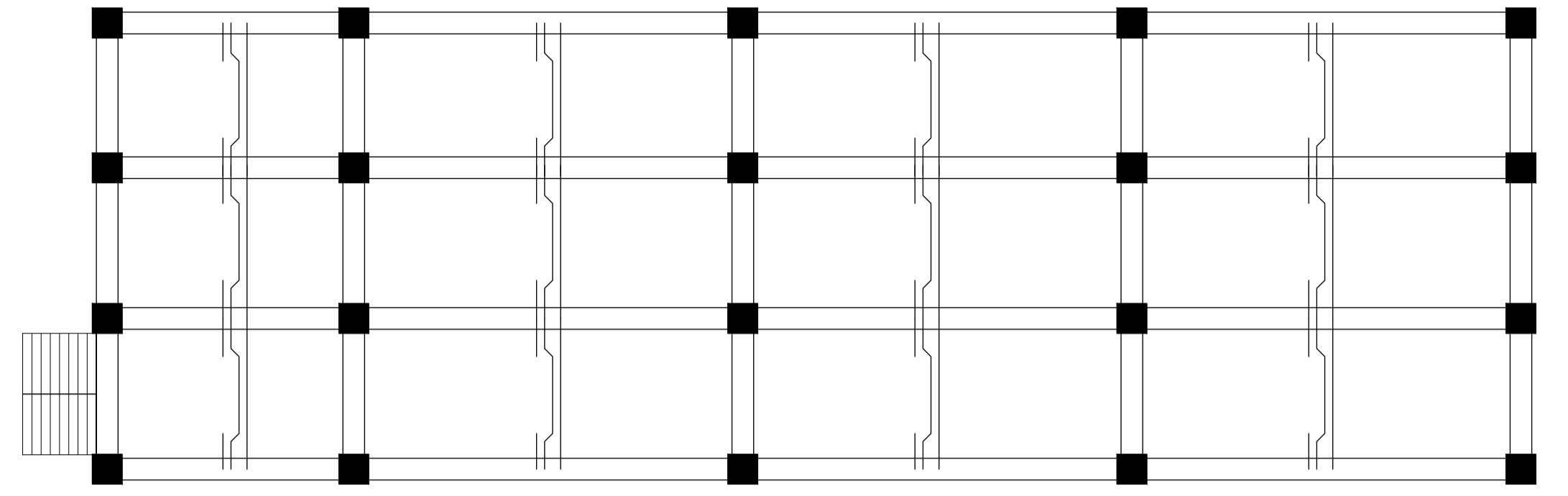
PROYECTO: AMPLIACION ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
CONTIENE: PLANO DE INSTALACIONES ELECTRICAS FUERZA + ILUMINACION	
UBICACION: ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	ESCALA: INDICADA
INTERESADO _____	INGENIERO _____
DISEÑO _____	HOJA 4
DIBUJO _____	DE 6
TOPOGRAFIA _____	CALCULO _____



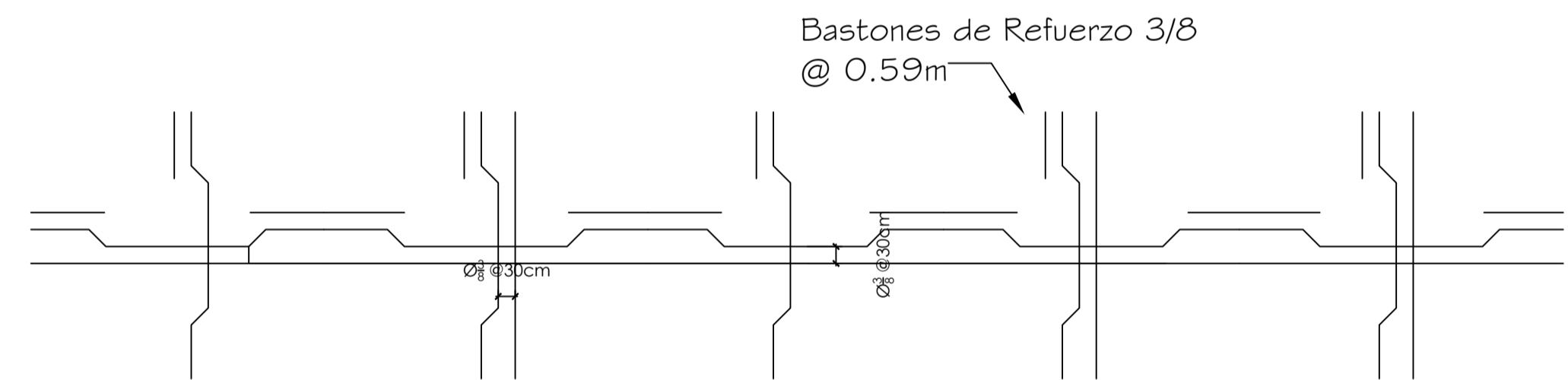
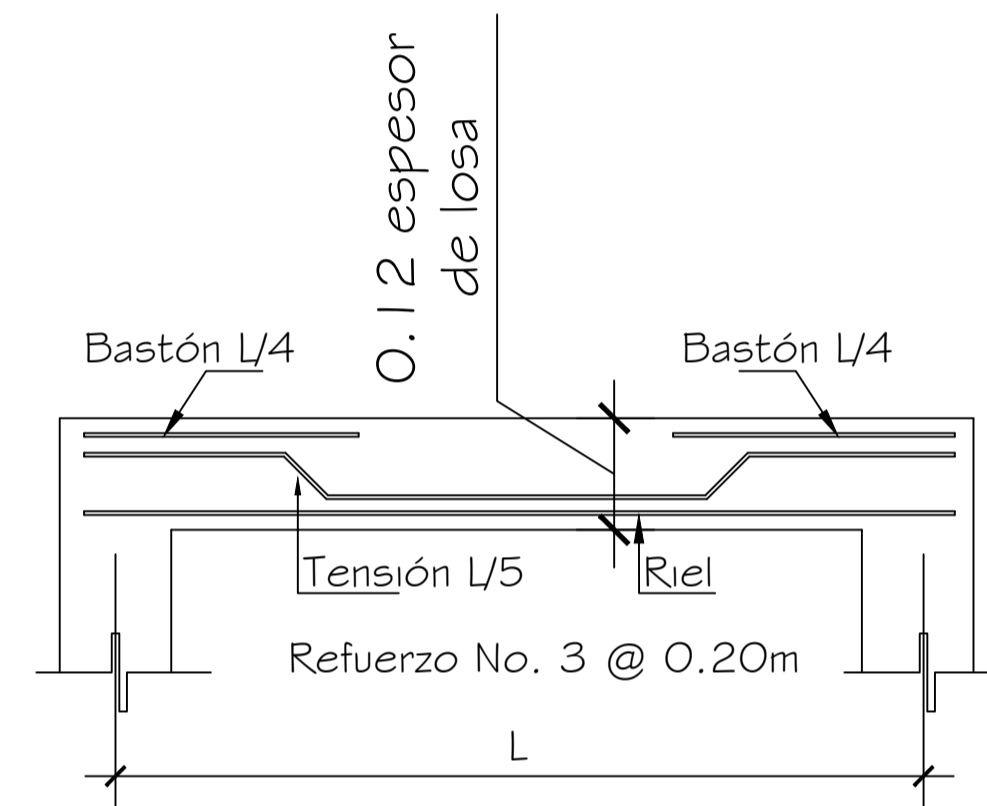
PLANO DE ACABADOS PLANTA ALTA
ESCALA 1:100



PLANO DE ACABADOS PLANTA BAJA
ESCALA 1:100



PLANO DE DETALLES DE ARMADO DE LOSA
ESCALA 1:100



DETALLE TÍPICO DE LOSA
SIN ESCALA

NOMENCLATURA	
PG	PISO DE GRANITO
P	PINTURA
BV	BLOCK VISTO SISADO
SCT	SOLERAS Y COLUMNAS TALLADAS
LT	LOSA TRADICIONAL

SIMBOLOGÍA

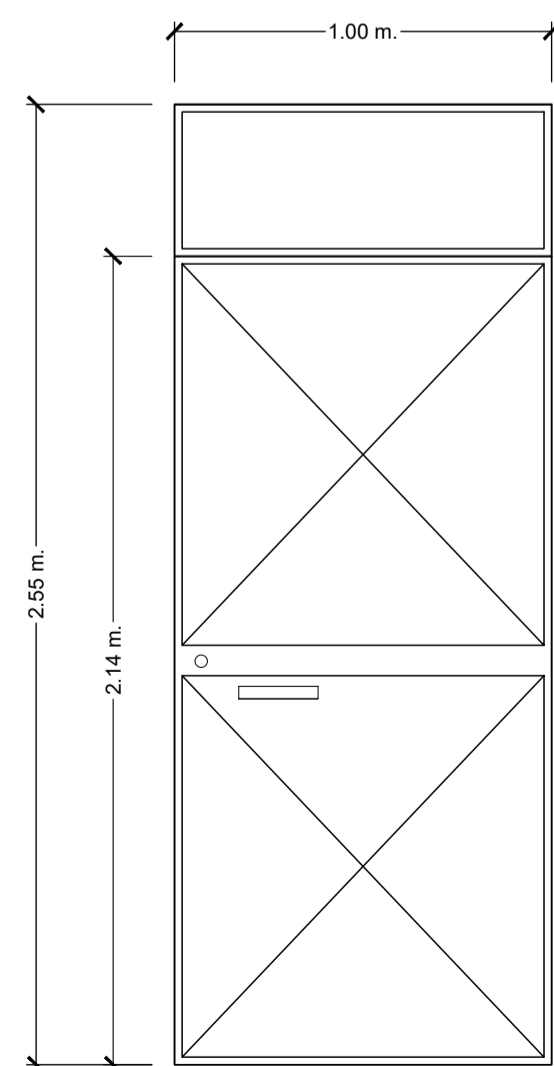
PUERTAS

P-1 — TIPO DE PUERTA
 ????? — ANCHO DE PUERTA

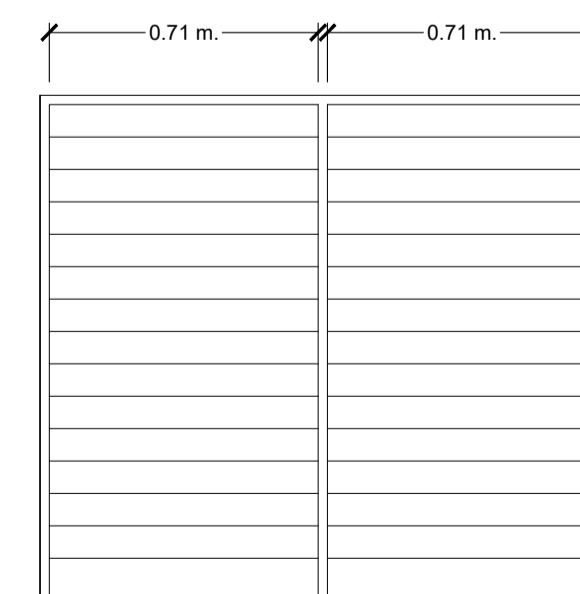
VENTANAS

V	0.00	— VANO
D	0.00	— DINTEL
S	0.00	— SILLAR
T	V1	— TIPO

— CIELO
 — MURO
 — PISO



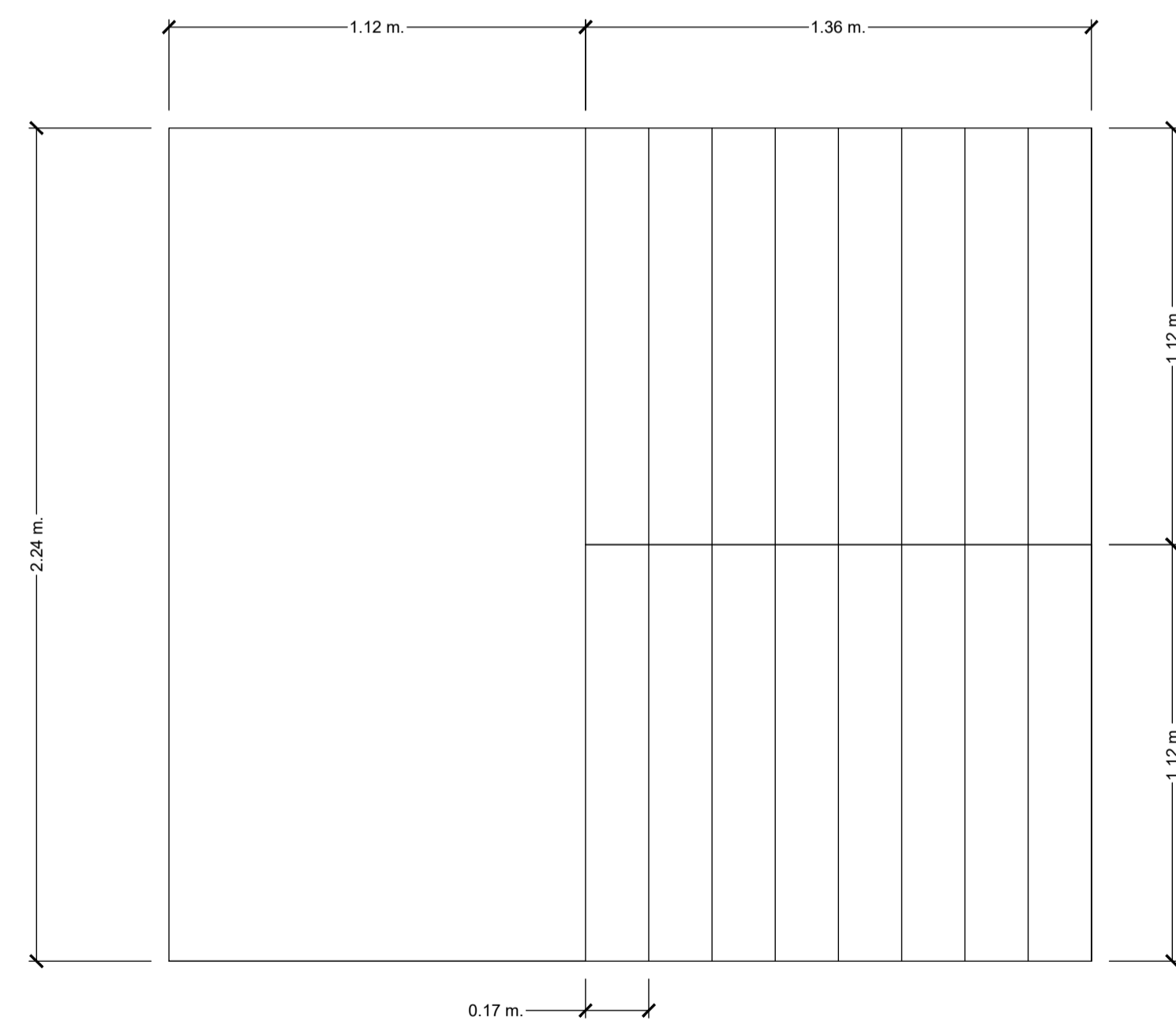
PUERTA P-1
ESCALA 1:20



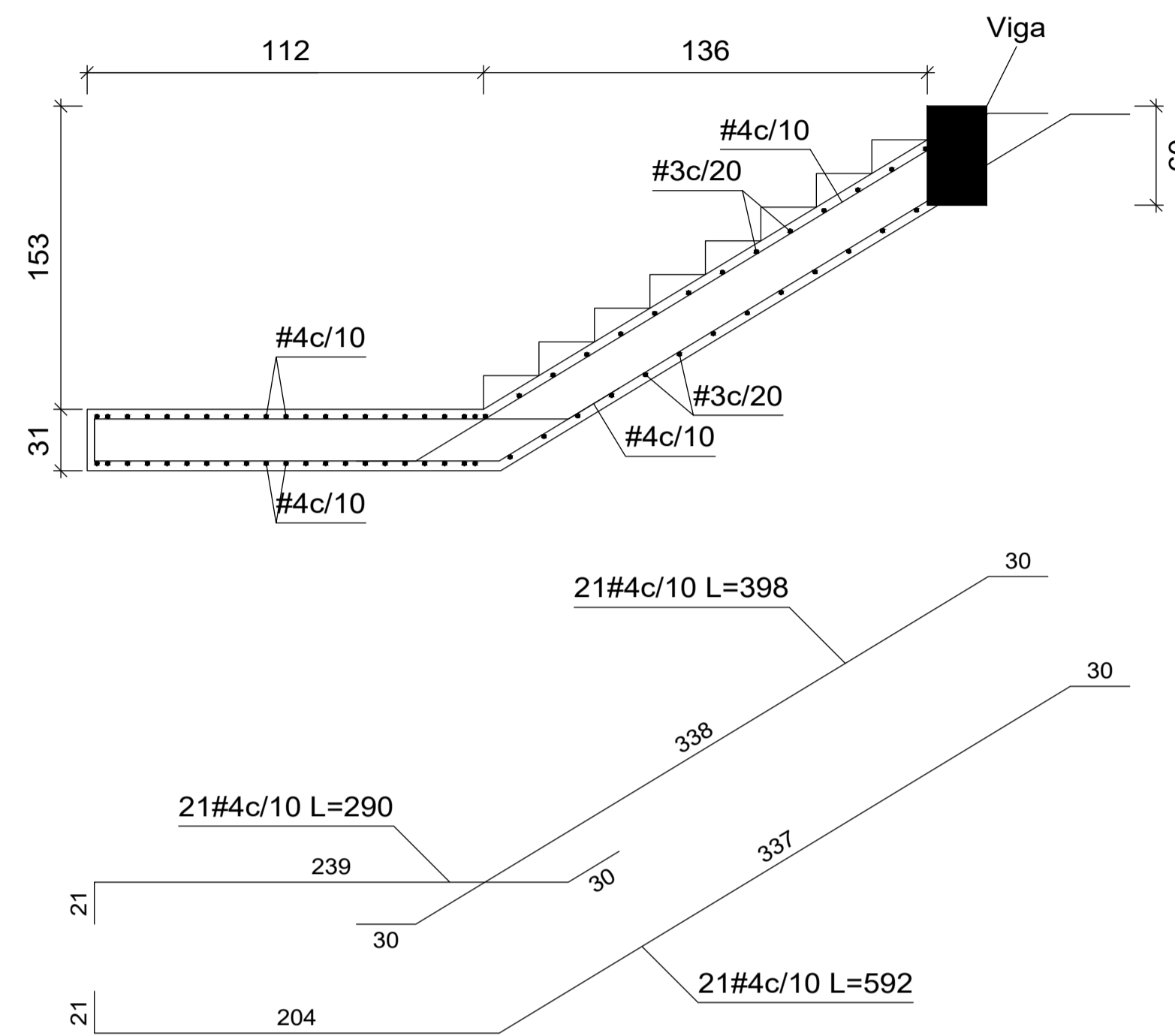
VENTANA V1
ESCALA 1:20

PROYECTO:		AMPLIACION ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
UBICACION:		ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
CONTIENE:		PLANO DE ACABADOS + ARMADO DE LOSA	
ESCALA:	INDICADA	HOJA	DE:
INTERESADO	INGENIERO	5	6
TOPOGRAFIA			

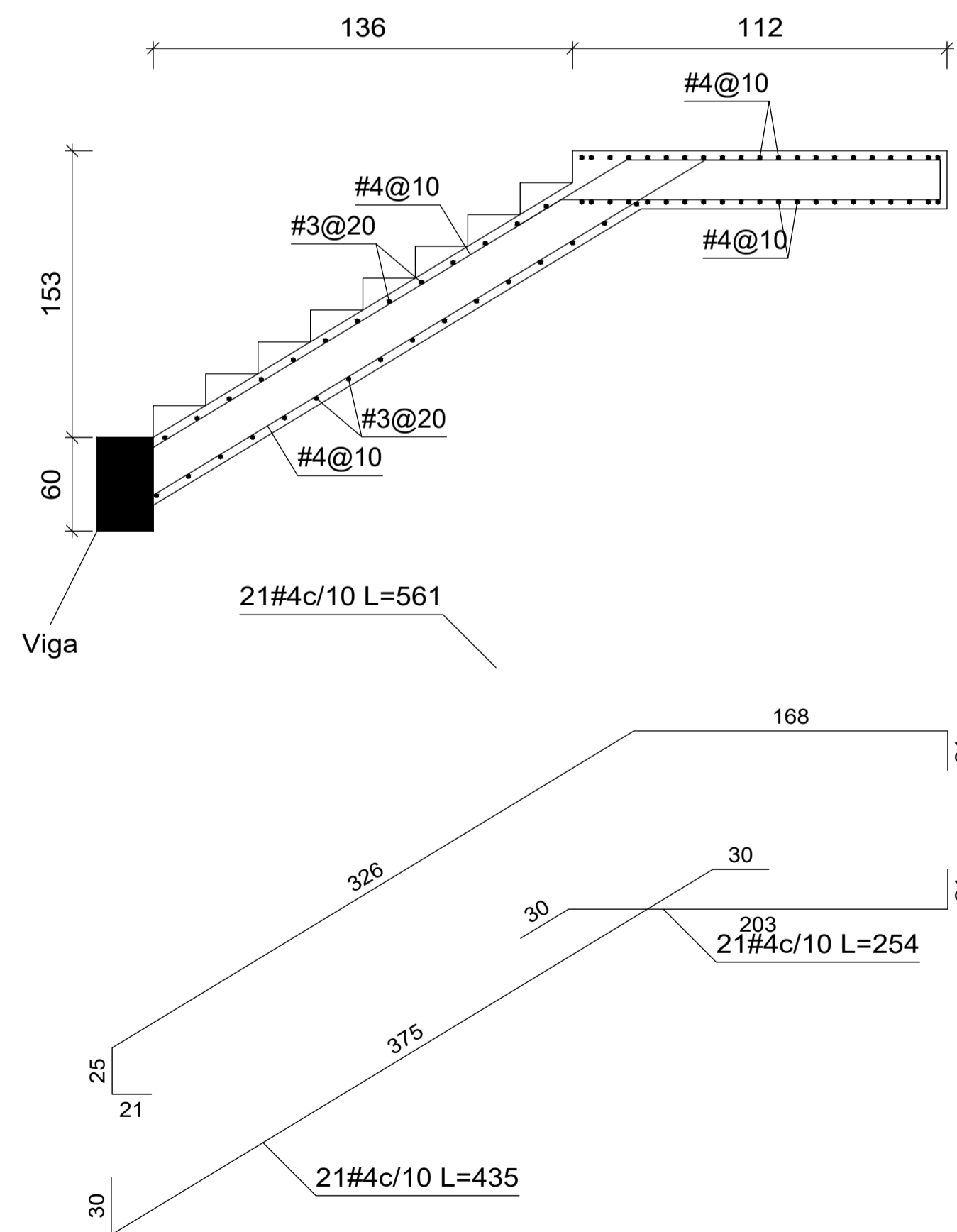
Tramo	
Ámbito	1.120 m
Espesor	0.31 m
Huella	0.280 m
Contrahuella	0.170 m
Desnivel que salva	3.06 m
Nº de escalones	18



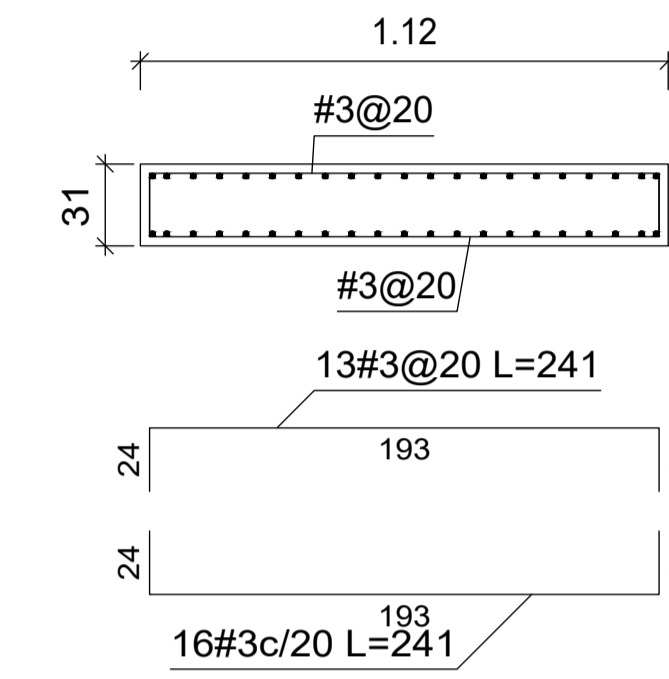
Sección C-C



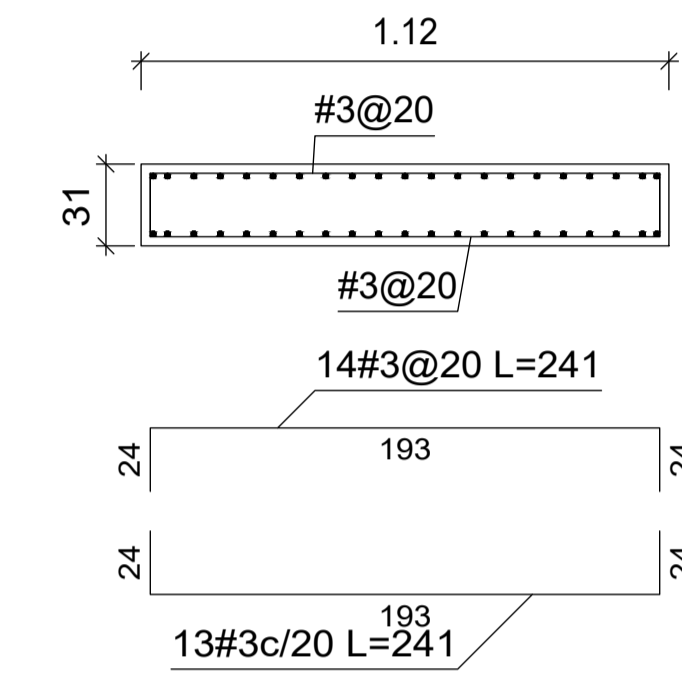
Sección A-A



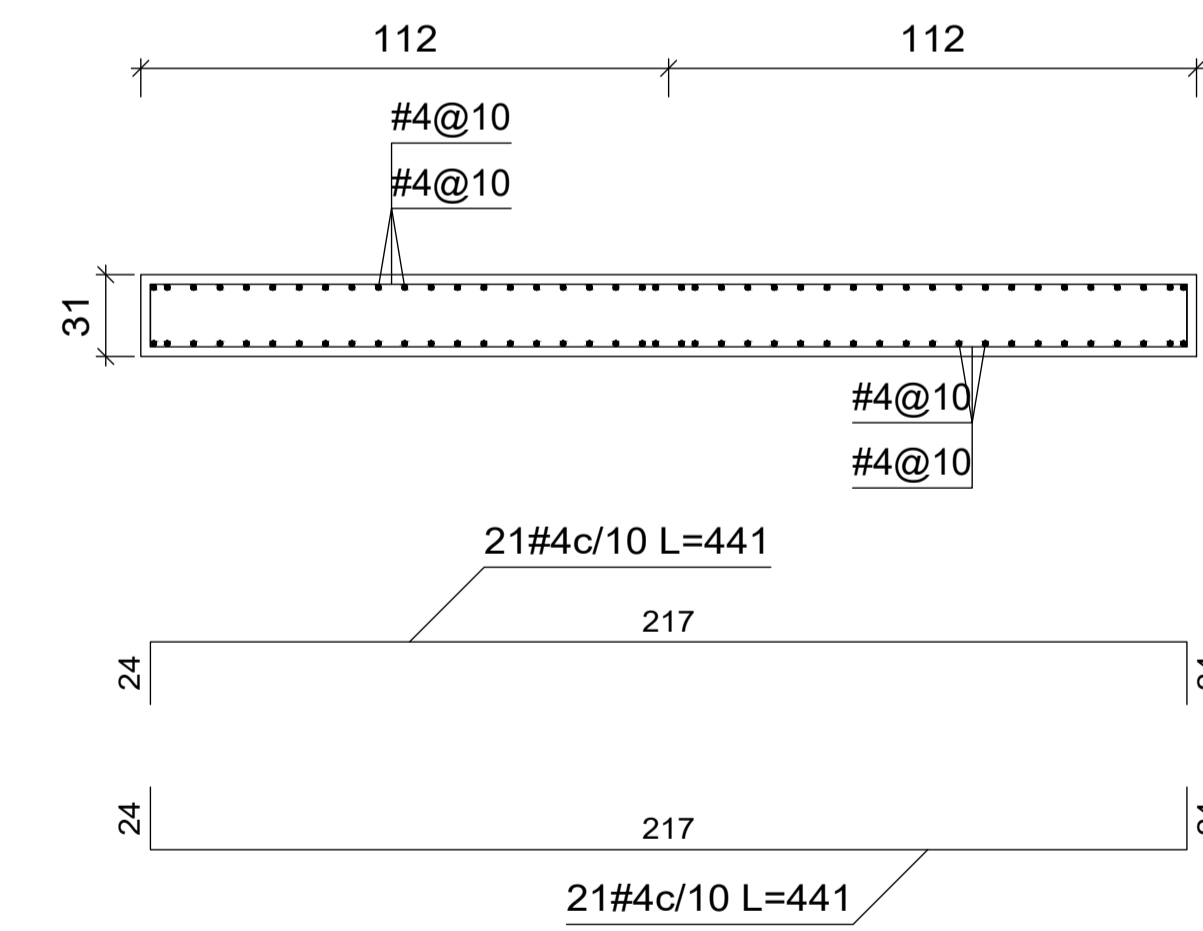
Sección D-D



Sección E-E



Sección B-B

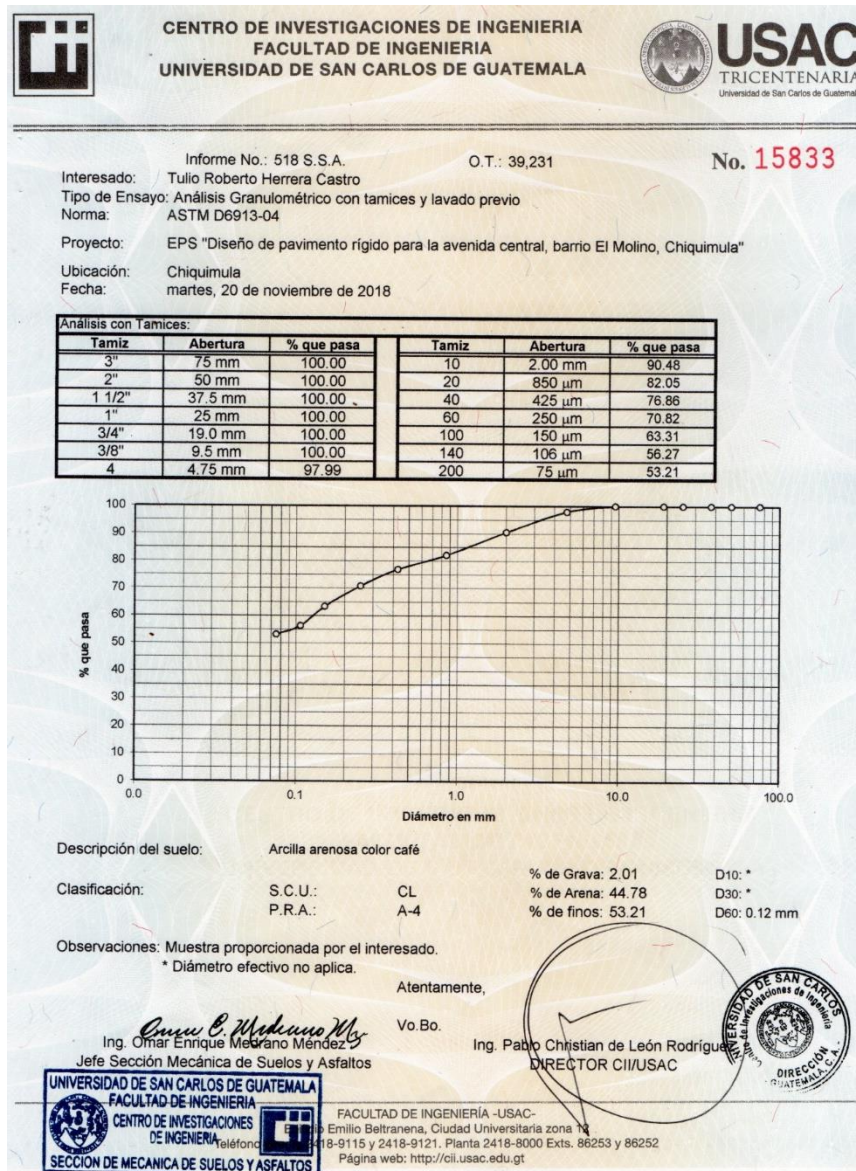


PLANO DE DETALLES DE ARMADO DE GRADAS
SIN ESCALA

PROYECTO:		AMPLIACION ESCUELA PRIMARIA ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
UBICACION:		ALDEA MARAXCO, CHIQUIMULA, CHIQUIMULA.	
CONTIENE:		MODULO DE GRADAS	
ESCALA:	INDICADA	HOJA	DE:
INTERESADO	INGENIERO	6	6
TOPOGRAFIA			


ANEXOS

Anexo 1. Granulometría del barrio El Molino, Chiquimula




Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 2. Ensayo de CBR del barrio El Molino, Chiquimula



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 520 S.S.A.

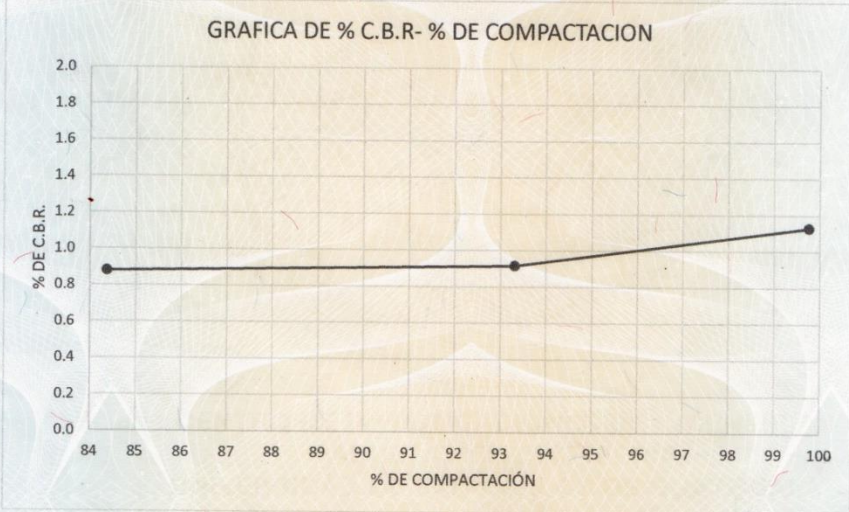
O.T. No. 39,231

No. 15835

Interesado: Tulio Roberto Herrera Castro
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O.T-193
 Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para la Avenida Central, Barrio El Molino, Chiquimula"
 Ubicación: Chiquimula
 Descripción del suelo: Arcilla arenosa color café
 Fecha: martes, 20 de noviembre de 2018

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pie ³)			
1	10	9.50	92.10	84.4	0.00	0.88
2	25	9.50	101.85	93.3	0.00	0.92
3	56	9.50	108.89	99.8	0.00	1.13

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION




Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.


Atentamente,


Vo. Bo.

Omar E. Medeiros MS
 Ing. Omar Enrique Medeiros Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos



Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
 DIRECTOR CII/USAC





FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
 Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 3. Límites de Atterberg del suelo del barrio El Molino, Chiquimula



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 517 S.S.A.

O.T.: 39,231

No. 15832

Interesado: Tulio Roberto Herrera Castro

Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para la avenida central, Barrio El Molino, Chiquimula"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Chiquimula

FECHA: martes, 20 de noviembre de 2018

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	34.4	10.6	CL	Arcilla arenosa color café

(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y ASFALTOS




Vo.Bo.
Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
DIRECTOR CII/USAC





FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 4. **Ensayo de proctor del suelo del barrio El Molino, Chiquimula**



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

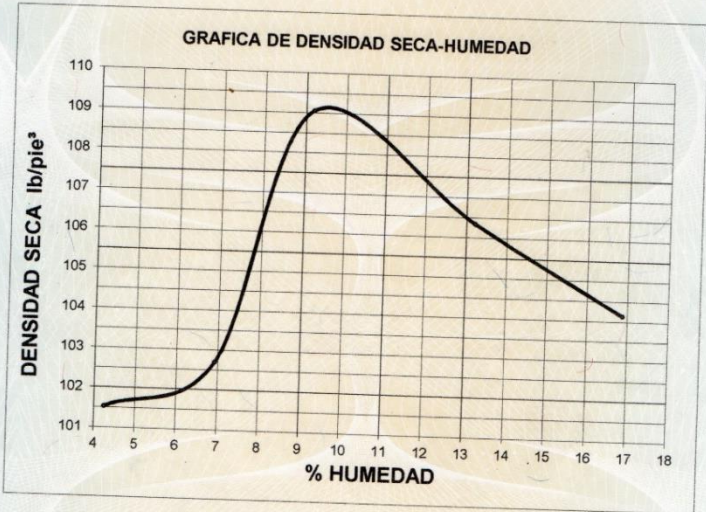


USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

INFORME No. 519 S.S.A.
O.T.: 39,231
No. 15834

Interesado: Tulio Roberto Herrera Castro Proctor Estándar: () Norma: A.A.S.H.T.O. T-99
 Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN. Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180
 Proyecto: EPS "Diseño de pavimento rígido para la Avenida Central, Barrio El Molino, Chiquimula"
 Ubicación: Chiquimula
 Fecha: martes, 20 de noviembre de 2018

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD




% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
4	101.5
5	101.8
6	102.2
7	103.5
8	106.5
9	109.0
9.50 (Hop)	109.15
10	108.5
11	107.5
12	106.5
13	105.5
14	104.5
15	103.5
16	102.5
17	101.5


Descripción del suelo: Arcilla arenosa color café
 Densidad seca máxima V_d : 1,748.58 Kg/m³ 109.15 lb/ft³
 Humedad óptima Hop.: 9.50 %
 Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Vo. Bo.
 Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
 DIRECTOR CII/USAC



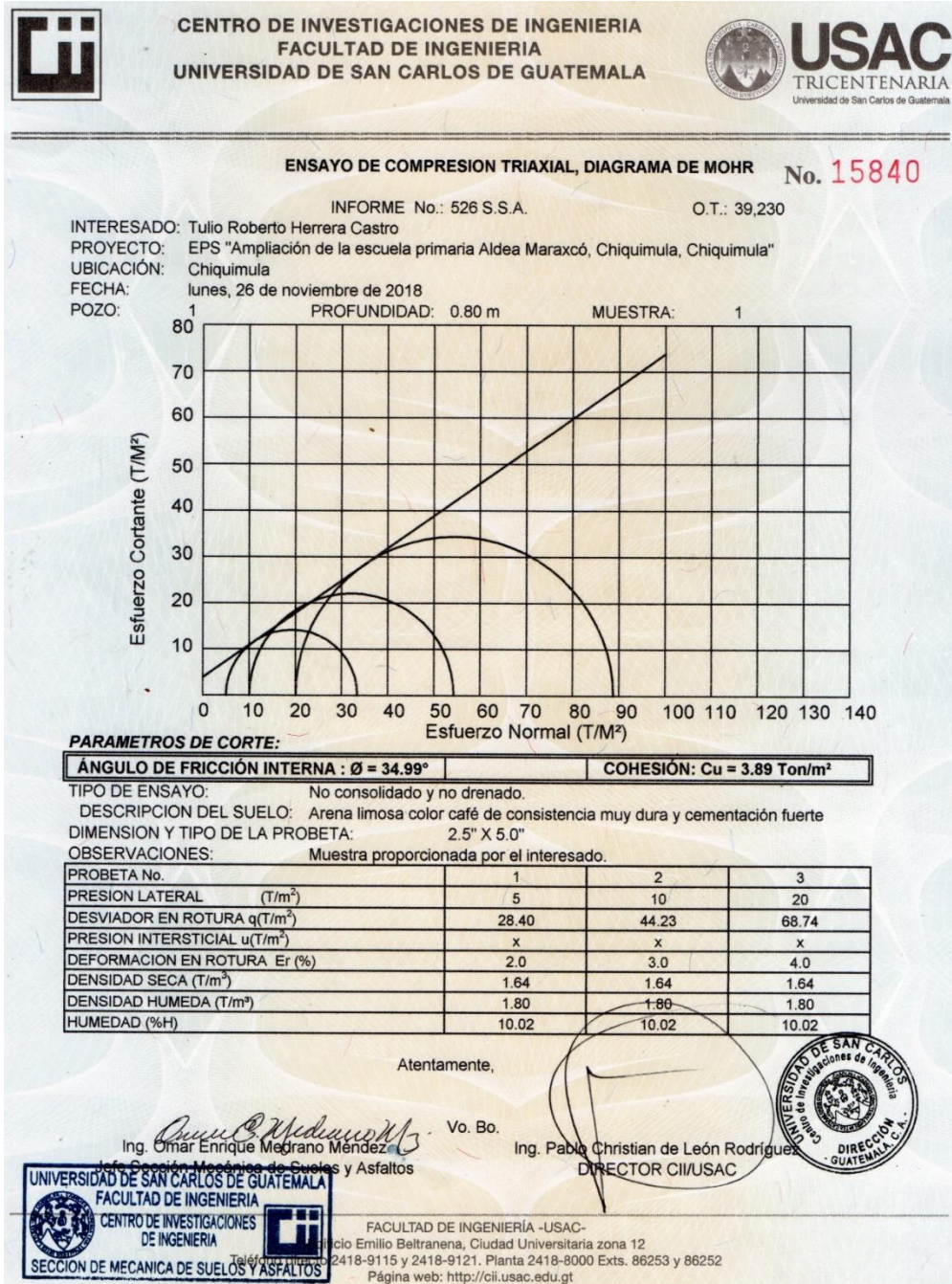


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio Emilio Beltrarena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 5. **Ensayo de capacidad de soporte o triaxial del suelo del barrio El Molino, Chiquimula**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, USAC.

