



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

**DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE,
AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ,
ALTA VERAPAZ**

Rony Danilo González Torres

Asesorado por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, julio de 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE,
AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ,
ALTA VERAPAZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

Rony Danilo González Torres

ASESORADO POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JULIO DE 2020

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. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin amador Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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 LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE,
AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y
DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ,
ALTA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 15 de octubre de 2018.

Rony Danilo González Torres



Guatemala, 07 de noviembre de 2019
REF.EPS.DOC.783.11.2019

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rony Danilo González Torres**, Registro Académico 201403869 y CUI 2533 85040 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.**

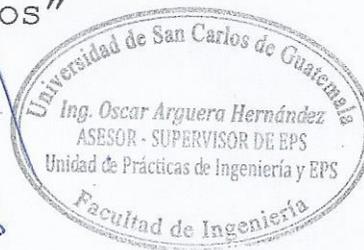
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

~~Ing. Oscar Argueta Hernández
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil~~



c.c. Archivo
OAH/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 22 de noviembre de 2019

Ingeniero
 Pedro Antonio Aguilar Polanco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Aguilar:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación “DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ” desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rony Danilo González Torres con registro académico 201403869 y CUI 2533 85040 0101, quien contó con la asesoría de la Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Mario Estuardo Arriola Avila
 Coordinador del Área de Topografía y Transportes



FACULTAD DE INGENIERÍA
ÁREA
DE TOPOGRAFÍA
Y TRANSPORTES
COORDINACIÓN





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
11 de marzo de 2020

Ingeniero
Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

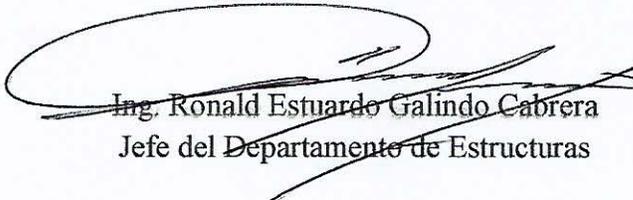
Estimado Ingeniero Aguilar.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rony Danilo Gozález Torres, con Registro Estudiantil No. 201403869, quien contó con la asesoría del Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.



Mas de 136 años de Trabajo y Mejora Continua

Universidad de San Carlos de
Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de EPS

Guatemala, 13 de marzo de 2020
REF.EPS.D.197.11.2020

Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Aguilar Polanco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rony Danilo González Torres, CUI 2533 85040 0101 y Registro Académico 201403869**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Oscar Argueta Hernández.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández
Director Unidad de EPS

OAH/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

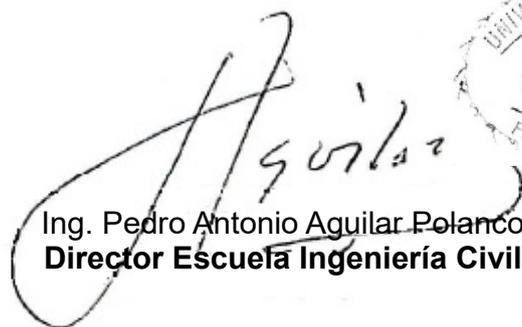
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala, 08 de octubre de 2020
DEIC-TG-EPS-016-2020/paap

El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer los dictámenes del Asesor-Supervisor y Director Unidad de EPS, Ingeniero Oscar Argueta Hernández, del Coordinador del Área de Topografía y Transporte, Ingeniero Mario Estuardo Arriola Ávila y del Jefe del Departamento de Estructuras, Ingeniero Ronald Estuardo Galindo Cabrera, al trabajo de graduación correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) del estudiante Rony Danilo González Torres, **DISEÑO DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Director Escuela Ingeniería Civil



Interesado
Asesor-Supervisor de EPS
Director Unidad EPS
Jefe del Departamento de Topografía y Transporte
Jefe del Departamento de Estructuras

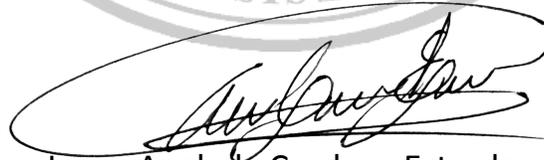


Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua

DTG. 286.2020.

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 LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ A ALDEA CHACALTE, AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ Y DISEÑO DEL CENTRO DE CAPACITACIÓN EN CASCO URBANO, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Rony Danilo González Torres**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana



Guatemala, octubre de 2020

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien es el centro de vida, por ser mi fortaleza en momentos de debilidad y por darme la vida.
Mis padres	Catalino González y Sara Torres. Por sus enseñanzas, consejos y apoyo.
Mis hermanas	Aida, Andrea, Nancy y Angela González. Por ser dos ángeles a mi vida.
Mi sobrina	Heydi Soc. Por regalarme su sonrisa en todo momento.
Mi tío	Eulalio. Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis amigos	Por hacer de mi trayectoria universitaria una linda experiencia.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi *alma máter*. Querida casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por formarme profesionalmente brindándome una enseñanza de calidad.

**Mis amigos de la
Facultad**

Por compartir momentos inolvidables, forjando nuestra vida hacia la realización personal.

Toda mi familia

Por su aprecio y apoyo que siempre me han manifestado.

A mi asesor

Ing. Oscar Argueta Hernández, por el tiempo y apoyo que me brindó.

**Municipalidad de San
Pedro Carchá**

Por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ, ALDEA CHACALTE, Y MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.....	1
1.1. Generalidades	1
1.1.1. Límites y localización.....	1
1.1.2. Acceso y comunicaciones.....	2
1.1.3. Topografía e hidrología.....	2
1.1.4. Aspectos climáticos	3
1.1.5. Actividades económicas	3
1.1.6. Servicios con los que cuenta	4
1.1.7. Población.....	4
1.2. Principales necesidades de la comunidad.....	4
1.2.1. Localización	4
1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias.....	5
1.2.3. Reseña histórica	5
1.2.4. Fiesta titular	6
1.2.5. Clima	6
1.2.6. Turismo.....	6

1.2.7.	Situación demográfica	7
1.2.8.	Idioma.....	7
1.2.9.	Religión	7
1.3.	Investigación diagnóstica	7
1.3.1.	Descripción de necesidades.....	8
1.3.2.	Priorización de necesidades.....	9
2.	DISEÑO DE CARRETERA Y PAVIMENTO RÍGIDO DE CASERÍO SANTA CRUZ HACIA ALDEA CHACALTE	11
2.1.	Descripción del proyecto por desarrollar	11
2.2.	Especificaciones de diseño	11
2.3.	Definiciones.....	13
2.4.	Topografía.....	13
2.4.1.	Planimetría	13
2.4.2.	Altimetría	13
2.5.	Ensayos de suelos	14
2.5.1.	Ensayo de granulometría	14
2.5.2.	Límites de atterberg	14
2.5.2.1.	Límite líquido	15
2.5.2.2.	Límite plástico	15
2.5.2.3.	Índice plástico.....	15
2.5.3.	Ensayo de compactación o proctor modificado	15
2.5.4.	Ensayo de valor soporte (CBR).....	16
2.5.5.	Análisis de resultados	16
2.6.	Tránsito promedio diario.....	17
2.7.	Diseño geométrico de una carretera	17
2.7.1.	Alineamiento horizontal	17
2.7.1.1.	Línea preliminar.....	18
2.7.1.2.	Diseño de localización.....	18

	2.7.1.3.	Tangentes.....	18
	2.7.1.4.	Elementos de curvas horizontales	19
	2.7.1.5.	Curva de transición.....	23
	2.7.1.6.	Sobreancho	24
	2.7.1.7.	Peralte	26
	2.7.2.	Alineamiento vertical.....	30
	2.7.2.1.	Elementos de curvas verticales	31
	2.7.2.2.	Correcciones.....	33
2.8.		Movimiento de tierras	36
	2.8.1.	Secciones transversales y típica.....	36
	2.8.2.	Cálculo de áreas en secciones transversales.....	37
	2.8.3.	Cálculo de volúmenes	38
	2.8.4.	Balance y diagrama de masas.....	42
2.9.		Diseño de pavimento rígido	42
	2.9.1.	Sub-rasante	43
	2.9.2.	Sub-base	44
	2.9.3.	Diseño de carpeta de rodadura por el método PCA simplificado.....	47
	2.9.4.	Diseño de mezcla	48
	2.9.5.	Juntas de pavimento de concreto	53
	2.9.5.1.	Juntas transversales.....	53
	2.9.5.2.	Juntas longitudinales de contracción ...	55
2.10.		Drenajes de vías pavimentadas	56
	2.10.1.	Consideraciones de drenaje en vías pavimentadas	56
	2.10.1.1.	Corriente de agua	56
	2.10.1.2.	Gradiente hidráulico.....	56
	2.10.1.3.	Diseño hidráulico	57
	2.10.1.4.	Pendiente crítica	57

2.10.2.	Drenajes transversales.....	57
2.10.3.	Drenajes longitudinales	62
2.11.	Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimento rígido.....	65
2.12.	Presupuesto	65
2.12.1.	Integración de precios unitarios.....	66
2.12.2.	Resumen de presupuesto	67
2.13.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	68
2.14.	Evaluación ambiental	69
3.	MEJORAMIENTO DE CARRETERA Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ.....	71
3.1.	Descripción del proyecto por desarrollar	71
3.2.	Especificaciones de diseño	71
3.3.	Definiciones.....	72
3.4.	Topografía.....	72
3.4.1.	Planimetría	72
3.4.2.	Altimetría	72
3.5.	Ensayos de suelos	73
3.5.1.	Ensayo de granulometría	73
3.5.2.	Límites de atterberg	74
3.5.2.1.	Límite líquido	74
3.5.2.2.	Límite plástico	74
3.5.2.3.	Índice plástico.....	74
3.5.3.	Ensayo de compactación o proctor modificado	75
3.5.4.	Ensayo de valor soporte (CBR).....	75
3.5.5.	Análisis de resultados	75
3.6.	Tránsito promedio diario.....	76
3.7.	Diseño geométrico de una carretera	77

3.7.1.	Alineamiento horizontal	77
3.7.1.1.	Línea preliminar	77
3.7.1.2.	Diseño de localización	78
3.7.1.3.	Tangentes.....	78
3.7.1.4.	Elementos de curvas horizontales	79
3.7.1.5.	Curva de transición.....	81
3.7.1.6.	Sobreancho	81
3.7.1.7.	Peralte	82
3.7.2.	Alineamiento vertical.....	85
3.7.2.1.	Elementos de curvas verticales	86
3.7.2.2.	Correcciones.....	86
3.8.	Movimiento de tierras	89
3.8.1.	Secciones transversales y típica.....	89
3.8.2.	Cálculo de áreas en secciones transversales.....	90
3.8.3.	Cálculo de volúmenes	90
3.8.4.	Balance y diagrama de masas.....	93
3.9.	Diseño de pavimento rígido	93
3.9.1.	Sub-rasante	93
3.9.2.	Sub-base	94
3.9.3.	Diseño de carpeta de rodadura por el método PCA Simplificado	94
3.9.4.	Diseño de mezcla	95
3.9.5.	Juntas de pavimento de concreto	95
3.9.5.1.	Juntas transversales de contracción....	95
3.9.5.2.	Juntas longitudinales de contracción ...	97
3.10.	Drenajes de vías pavimentadas	98
3.10.1.	Consideraciones de drenaje en vías pavimentadas	98
3.10.1.1.	Corriente de agua	98

	3.10.1.2.	Gradiente hidráulico	98
	3.10.1.3.	Diseño hidráulico	99
	3.10.1.4.	Pendiente crítica.....	99
	3.10.2.	Drenajes transversales.....	99
	3.10.3.	Drenajes longitudinales	100
3.11.		Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimento rígido.....	104
3.12.		Presupuesto	104
	3.12.1.	Integración de precios unitarios.....	105
	3.12.2.	Resumen de presupuesto	106
3.13.		Cronograma de ejecución físico y financiero.....	107
3.14.		Evaluación ambiental	108
4.		DISEÑO DE EDIFICIO PARA CENTRO DE CAPACITACIÓN DEL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ	109
4.1.		Descripción del proyecto	109
4.2.		Normas.....	109
4.3.		Levantamiento topográfico	110
	4.3.1.	Planimetría	111
	4.3.2.	Altimetría	111
4.4.		Estudio de suelos	111
	4.4.1.	Ensayo triaxial	111
4.5.		Diseño arquitectónico.....	114
	4.5.1.	Diseño de los ambientes	114
	4.5.2.	Altura del edificio	115
	4.5.3.	Selección del sistema estructural por utilizar.....	115
4.6.		Análisis estructural	115
	4.6.1.	Predimensionamiento estructural	116
	4.6.2.	Modelo matemático de marcos rígidos.....	119

4.6.3.	Cargas aplicadas a marcos rígidos.....	123
4.6.4.	Cargas verticales	124
4.6.5.	Cargas horizontales.....	131
4.6.6.	Método de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).....	133
4.6.7.	Análisis de marcos dúctiles y nudos rígidos con software y comparación con el método numérico.	154
4.6.8.	Momento último por envolvente de momentos	167
4.6.9.	Cálculos de corte	169
4.7.	Diseño estructural.....	178
4.7.1.	Diseño de losa.....	179
4.7.2.	Diseño de viga.....	181
4.7.3.	Diseño de columnas	189
4.7.4.	Diseño de cimientos	206
4.7.5.	Diseño de nudo sísmico	211
4.7.6.	Diseño del módulo de gradas	218
4.7.7.	Diseño de instalaciones.....	224
4.7.7.1.	Diseño de sistema de agua potable...	224
4.7.7.2.	Diseño de drenaje pluvial y sanitario .	225
4.7.7.3.	Diseño de energía eléctrica	225
4.8.	Planos.....	226
4.8.1.	Planos arquitectónicos.....	226
4.8.2.	Planos estructurales	226
4.8.3.	Planos de instalaciones generales	226
4.9.	Presupuesto	226
4.9.1.	Cronograma de ejecución física y financiera	228
4.9.2.	Estudio de impacto ambiental de edificio.....	228

CONCLUSIONES.....231
RECOMENDACIONES233
BIBLIOGRAFÍA.....235
APÉNDICE237
ANEXOS.....239

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Límites del Municipio de San Pedro Carchá	2
2.	Elementos de curvas circulares simples	20
3.	Curva de transición	24
4.	Tipos de curvas verticales	31
5.	Tipos de secciones transversales	37
6.	Cálculo de área de una sección transversal por determinantes	38
7.	Volumen del prismoide por áreas medias	39
8.	Volumen entre sección de corte y relleno	40
9.	Diagrama de masas	42
10.	Relaciones entre clasificaciones de suelos y los valores soporte	45
11.	Espesor de pavimento rígido por método PCA simplificado	47
12.	Área de la cuenca	61
13.	Elementos geométricos e hidráulicos de sección triangular	63
14.	Área de la cuenca	103
15.	Factores de capacidad	113
16.	Distribución de los módulos	116
17.	Planta típica de primer y segundo nivel del módulo 2	120
18.	Elevación marco crítico, sentido Y módulo 2	121
19.	Elevación marco crítico, sentido X módulo 2	121
20.	Elevación marcos críticos, módulo 3	122
21.	Elevación marcos críticos, módulo 1	122
22.	Áreas tributarias del módulo 2	125
23.	Espectro de respuesta	138

24.	Fuerzas sobre marco 4 módulo 2	153
25.	Fuerzas aplicadas a marco E módulo 2.....	154
26.	Análisis marco E carga muerta módulo 2	161
27.	Carga muerta marco E módulo 2.....	162
28.	Carga viva marco E módulo 2.....	162
29.	Carga de sismo marco E módulo 2.....	163
30.	Módulo 2 ETABS	163
31.	Diagrama de momentos carga muerta marco E módulo 2.....	164
32.	Diagrama de momentos carga viva marco E módulo 2	164
33.	Diagrama de momentos carga sismo marco E módulo 2	165
34.	Diagrama de corte carga muerta marco E módulo 2	165
35.	Diagrama de corte carga viva marco E módulo 2	166
36.	Diagrama de corte carga sismo marco E módulo 2	166
37.	Combinación de cargas AGIES	168
38.	Momentos últimos marco E módulo 2.....	172
39.	Cortante último en vigas de marco E módulo 2	173
40.	Cortante último en columnas marco E	173
41.	Momentos últimos marco 4 módulo 2	175
42.	Cortante último en vigas de marco 4 módulo 2.....	175
43.	Cortante último en columnas de marco 4 módulo 2.....	176
44.	Cotización de losa en Megaproductos	180
45.	Sección de viga D-E módulo 2.....	188
46.	Armado de columna.....	205
47.	Tipos de nudos	212
48.	Nudo interior	218
49.	Dimensiones de huellas y contrahuellas en m.....	219

TABLAS

I.	Clasificación de la carretera	12
II.	Longitudes de tramos en tangentes	19
III.	Sobreechancho recomendado para carreteras.....	25
IV.	Peralte recomendado para carreteras.....	27
V.	Resultados de las curvas horizontales	30
VI.	Valores mínimos de K	32
VII.	Corrección curva No.1.....	35
VIII.	Resultado de las curvas verticales	36
IX.	Categoría de eje por carga.....	43
X.	Efectos de la sub-base no tratadas sobre los valores de k	46
XI.	Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k	46
XII.	Asentamientos recomendados para diferentes construcciones	48
XIII.	Relación agua/cemento para diferentes resistencias de compresión ..	49
XIV.	Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado	49
XV.	Volumen del agregado grueso por volumen unitario del concreto	50
XVI.	Parámetros de ajuste	59
XVII.	Coeficientes de escorrentía.....	60
XVIII.	Precios unitarios.....	66
XIX.	Resumen de presupuesto	67
XX.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	68
XXI.	Resultados de las curvas horizontales.....	85
XXII.	Corrección curva No.3.....	88
XXIII.	Resultado de las curvas verticales	89
XXIV.	Integración de precio unitario	105
XXV.	Resumen de presupuesto	107
XXVI.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	108

XXVII.	Resultados de predimensionamiento.....	119
XXVIII.	Amenaza sísmica.....	133
XXIX.	Resultados de fuerzas por nivel módulo 2.....	140
XXX.	Resultados de fuerzas por nivel.....	140
XXXI.	Centro de masa módulo 2 sentido X primer nivel.....	142
XXXII.	Centro de masa módulo 2 sentido Y primer nivel.....	142
XXXIII.	Centro de rigidez módulo 2 eje X.....	145
XXXIV.	Centro de rigidez módulo 2 eje Y.....	145
XXXV.	Resultados de centro de masa y rigidez.....	146
XXXVI.	Cortantes por torsión módulo 2 eje X.....	149
XXXVII.	Cortantes por torsión módulo 2 eje Y.....	150
XXXVIII.	Cortantes por torsión módulo 1 eje X.....	151
XXXIX.	Cortantes por torsión módulo 1 eje Y.....	151
XL.	Cortantes por torsión módulo 3 eje X.....	152
XLI.	Cortantes por torsión módulo 3 eje Y.....	153
XLII.	Comparación del método numérico con el software Etabs.....	167
XLIII.	Envolvente de momentos del marco E módulo 2.....	171
XLIV.	Envolvente de momentos del marco 4 módulo 2.....	174
XLV.	Envolvente de momentos del marco I módulo 3.....	176
XLVI.	Envolvente de momentos del marco 4 módulo 3.....	177
XLVII.	Envolvente de momentos del marco 2 módulo 1.....	177
XLVIII.	Envolvente de momentos del marco A módulo 1.....	178
XLIX.	Resultados de vigas.....	215
L.	Presupuesto.....	227
LI.	Cronograma de ejecución físico y financiero.....	228

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área por drenar de la cuenca
As	Área de acero
As_{max}	Área de acero máximo
As_{min}	Área de acero mínimo
As_{tem}	Área de acero por temperatura
Ac	Área de corte
Ar	Área de relleno
At	Área tributaria
Az	Azimut
V	Carga cortante
Cm	Carga muerta
P	Carga puntual
W	Carga distribuida lineal
Q	Caudal por drenar
CM	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
C	Coefficiente de escorrentía
Cs	Coefficiente sísmico
ψ	Coefficiente de grado de empotramiento
Vc	Corte resistente
Vu	Corte último
Vc	Corte resistente
Cm	Cuerda máxima

Δ	Deflexión
t	Espesor
E	External y esbeltés de columna
e	Excentricidad
Kp	Factor de longitud efectiva
G	Grado de curvatura
I	Inercia
i	Intensidad de lluvia
kg	Kilogramo
L	Longitud
Lb	Libra
f'c	Límite de fluencia a compresión del concreto
fy	Límite de fluencia a tensión del acero
L	Longitud
Lc	Longitud de curva
m	Metro
M	Momento
Mu	Momento último
M	Ordenada media
S	Pendiente de tangente
d	Peralte efectivo
PC	Principio de curva
PCV	Principio de curva vertical
PT	Principio de tangente
PTV	Principio de tangente vertical
PI	Punto de intersección
PIV	Punto de intersección vertical
R	Radio
σ	Radio de giro

S	Separación de estribos
St	Subtangente
tc	Tiempo de concentración
Ton	Tonelada métrica
Vs	Valor soporte del suelo
Vc	Volumen de corte
Vr	Volumen de relleno

GLOSARIO

ACI	<i>American Concrete Institute</i> (Instituto Americano del Concreto).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Alcantarilla	También llamado drenaje transversal, tiene el objetivo de trasladar el caudal recolectado del agua superficial de un lado de la carretera hacia el otro extremo.
Bombeo	Pendiente transversal del carril que se da en los tramos de tangencia en la carretera.
Carretera	Vía de comunicación construida para la circulación de vehículos y camiones.
Cuneta	Canal abierto construido longitudinalmente a la carretera, con el fin de evacuar el agua pluvial de los taludes y de la carpeta de rodadura.
Columna	Elemento estructural vertical que su función es transmitir las cargas verticales y horizontales a la cimentación.

DGC	Dirección General de Caminos.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
Insivumeh	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
NSE	Normas de Seguridad Estructural.
PCA	<i>Portland Cement Association</i> (Asociación del cemento Portland).
Rigidez	Capacidad de un elemento a resistir fuerzas exteriores que actúan sobre él.
Sección típica	Representación gráfica transversal de la carretera, la cual muestran los elementos que la integran.
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana.
Talud	Inclinación de un terreno que forma parte de la sección típica, delimitando los volúmenes de corte y de relleno.
TPD	Tránsito promedio diario.

Viga

Elemento estructural horizontal, que tiene como función transmitir las cargas horizontales y verticales de la losa a las columnas.

RESUMEN

El municipio de San Pedro Carchá del departamento de Alta Verapaz, muestra según su monografía que el 92 % de su área geográfica es rural, por lo que existen pocos accesos a tramos carreteros y carecen de infraestructura en centros educativos, considerando las necesidades de los habitantes se realizó el planteamiento viable que dé solución a las siguientes problemáticas: falta de carretera de la aldea Chacalte hacia el caserío Santa Cruz, camino de herradura que comunica con la aldea Siguanha Pocolá y la ausencia en el casco urbano de un centro de capacitación.

Basados en lo antes descrito se procede al diseño de la carretera que comunicará con el caserío Santa Cruz, realizando los alineamientos horizontales y verticales lo más unido al terreno natural para obtener un proyecto viable. Así también se diseñó un mejoramiento para el camino de herradura que comunica a la aldea Siguanha Pocolá, con el objetivo de reducir el tiempo de transportación de productos agrícolas cultivados en dichos lugares para comercio a otras comunidades, utilizando los criterios y especificaciones de las normativas vigentes, con el fin de brindar una carretera segura a los usuarios.

Luego se realizó el diseño del centro de capacitación y formación humana, el cual se planificó con un sistema de marcos dúctiles de concreto armado, el cual albergará a más de 250 estudiantes, favoreciendo el desarrollo de la comunidad de San Pedro Carchá, formando profesionales en el ámbito técnico y fortalecer, a su vez, el movimiento económico municipal.

OBJETIVOS

General

Diseñar la carretera de caserío Santa Cruz hacia aldea Chacalte, ampliación y mejoramiento de carretera de Siguanha Pocolá y diseño del centro de capacitación en casco urbano de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica que permita diagnosticar las necesidades prioritarias que carece el caserío Santa Cruz, aldea Siguanha Pocolá y el casco urbano del municipio de San Pedro Carchá.
2. Diseñar la apertura de la carretera de caserío Santa Cruz hacia aldea Chacalte y el mejoramiento de la carretera hacia Siguanha Pocolá de acuerdo con las Especificaciones Generales de la Dirección General de Caminos y utilizando el método PCA simplificado.
3. Diseñar el edificio de dos niveles que albergará al centro de capacitación y formación humana en el casco urbano de San Pedro Carchá, en base al normativo ACI 318S-14 y AGIES.
4. Elaborar planos, presupuesto, cronograma de ejecución, cronograma financiero y evaluación de impacto ambiental de los proyectos.

INTRODUCCIÓN

Ante las necesidades de infraestructura básicas que surgen en los diferentes departamentos del país, el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), establecido por la Universidad de San Carlos de Guatemala como modalidad de graduación pretende apoyar a las comunidades del interior de la República de Guatemala con diseños factibles, económicos y competentes, que coadyuven al mejorando del nivel de vida de sus habitantes, especialmente a la población de escasos recursos.

El presente informe de EPS se realizó en el municipio de San Pedro Carchá, del departamento de Alta Verapaz, considerando como localidades, el caserío Santa Cruz, aldea Siguanha Pocolá y el casco urbano, se realizó una investigación diagnóstica la cual permitió determinar tres problemáticas específicas que debían realizarse en beneficio de sus habitantes.

Se identificó la falta de carretera que comunica el caserío Santa Cruz hacia aldea Chacalte, con el objetivo de reducir el tiempo en transportación de productos agrícolas cultivados en dicho lugar para comercio a otras comunidades. Seguido se encontró un camino de herradura que conecta a Siguanha Pocola, el cual carece de infraestructura correcta a las normativas vigentes que regulan la construcción de carreteras en Guatemala, provocando inseguridad vial a los habitantes de dicho sector y, a su vez, la movilidad y paso adecuado para los vehículos que transitan por ella. Por último, el municipio carece de infraestructura para un centro educativo técnico en el casco urbano, que le permita formar profesionales en el ámbito técnico y fortalecer el movimiento económico municipal, departamental o a nivel regional.

Posteriormente a la problemática estudiada se realizaron diseños de alineamiento horizontal y vertical adecuado para ambas carreteras conforme a las normativas vigentes, con el objetivo de obtener el menor movimiento de tierras y lograr el aprovechamiento máximo de los recursos económicos, añadiendo el diseño un edificio de marcos estructurales de concreto armado de dos niveles que albergará 250 personas para el Centro de Capacitación y Formación Humana, beneficiando así a la población económicamente activa, tanto del sector formal como informal.

El presente trabajo profesional consta de diferentes capítulos en los cuales se presenta la propuesta de diseños antes mencionados y formular una solución a los mismos. El primer capítulo muestra la monografía de las aldeas estudiadas y del municipio en general.

El segundo capítulo propone el diseño geométrico y pavimento rígido de la carretera de Santa Cruz hacia aldea Chacalte, seguido el tercer capítulo muestra el estudio de mejoramiento de la carretera que conecta con la aldea Siguanha Pocola, determinando el tipo de terreno a trabajar por medio de estudios topográficos realizando el alineamiento horizontal y vertical, para obtener el movimiento de tierras y diseño de drenajes, estudios de suelos que conforman la estructura de pavimento. Por último, la realización de planos constructivos con la finalidad de generar el presupuesto y cronograma físico y financiero.

Por último, el cuarto capítulo muestra el diseño de infraestructura del Centro de Capacitación Humana con sede en caso urbano de San Pedro Carchá, planteando el diseño arquitectónico para realizar el análisis estructural y posteriormente el diseño estructural de cada elemento que lo integra, adjuntando planos constructivos, presupuesto y cronograma físico y financiero.

1. MONOGRAFÍA DE LA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ, ALDEA CHACALTE, Y MUNICIPIO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ

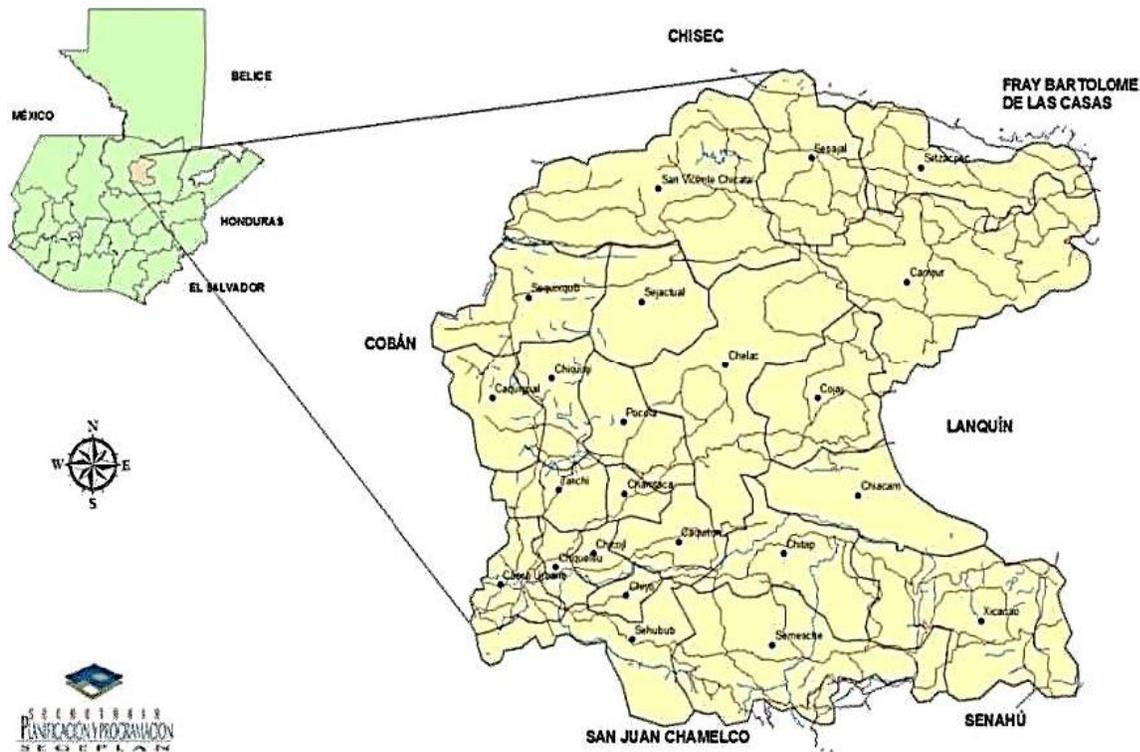
1.1. Generalidades

Entre las generalidades del municipio de San Pedro Carchá se encuentran las siguientes:

1.1.1. Límites y localización

El municipio de San Pedro Carchá se localiza al este de la cabecera departamental, con una extensión territorial de 1 082 kilómetros cuadrados, con una altura de 1 282 metros sobre el nivel del mar. La cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas 15⁰ 28'38" latitud norte y una longitud oeste de 90⁰ 18'30". Limita al norte con los municipios de Chisec y Fray Bartolomé de las Casas; al este con Cahabón, Lanquín y Senahú; al sur con Senahú, Tucurú y San Juan Chamelco; y al oeste con Cobán y Chisec, todos los municipios son del departamento de Alta Verapaz.

Figura 1. Límites del Municipio de San Pedro Carchá



Fuente: Consejo de Desarrollo. *Plan de desarrollo San Pedro Carchá Alta Verapaz*. p.11.

1.1.2. Acceso y comunicaciones

Se encuentra a 216 kilómetros desde la ciudad de Guatemala, transitando por la carretera CA-14 hasta El Rancho Guastatoya, El Progreso, luego se desvía a la carretera RN-14 hasta la cabecera departamental Cobán y se encuentra a 8 kilómetros el municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.

1.1.3. Topografía e hidrología

Como resultado del estudio del reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala, San Pedro Carchá se encuentra dentro de la división

fisiográfica de cerros de caliza que se caracterizan por las pendientes inclinadas, suelos poco profundos y rocosos en algunas partes. El suelo es ideal para para la agricultura. En el municipio se encuentran 12 montañas y cuatro cerros.

El municipio está irrigado por 26 ríos, 13 riachuelos y 4 quebradas, el principal río del municipio es Cahabón el cual es la fuente hídrica del lugar.

1.1.4. Aspectos climáticos

El clima en San Pedro Carchá es cálido y húmedo, la temperatura media anual varía entre 17 °C y 25 °C, de acuerdo con la altura, se determina la presencia de la masa forestal conformada por bosques de coníferas, mixtos y latifoliados. Se encontró que la época lluviosa es de junio a octubre.

Por ser un municipio extenso se encuentra dividido en 26 regiones, que poseen climas variados de acuerdo con la ubicación geográfica. Entre las áreas cálidas se encuentran: Chitap, Chiyó, Cojaj, Sejactual, Campur, Sesajal, San Vicente Campur, San Juan Bosco, Setzapec, San Vicente Chicatal, Chiquixji, Tanchi, Sequixquib, Chiacam, Chiqueleu, Caquigual, Chijojl, Pocolá, Caquitón, Chantaca, Chacalte. En el casco urbano predomina el clima templado y en las zonas de Semesché, Chelac y Xicacao la temperatura es fría.

1.1.5. Actividades económicas

En San Pedro Carchá existen pequeñas industrias artesanales entre las cuales se puede mencionar: carpinterías, platerías, alfarerías, zapaterías y tejidos, otra actividad de los sampedranos es la crianza de ganado bovino y porcino y a la siembra de café y cardamomo.

1.1.6. Servicios con los que cuenta

El municipio de San Pedro Carchá cuenta con los servicios básicos, entre los cuales se puede mencionar: energía eléctrica, agua potable, drenajes, mercado municipal, Bomberos Voluntarios, agencias bancarias, Policía Nacional, Hospital de ojos y oídos, Juzgado de Paz y algunos servicios preventivos como jornadas de vacunación periódicas.

1.1.7. Población

El municipio de San Pedro Carchá tiene una población total de 201 341 habitantes, de los cuales 100 671 son mujeres (50 %) y 100 670 son hombres (50 %). Considerando la extensión territorial del municipio, se determina una densidad poblacional de 186 habitantes por cada kilómetro cuadrado.

La mayor parte de la población del municipio reside en el área rural con un total de 185 236 habitantes (92 %) y la urbana con 16 105 habitantes (8 %).

1.2. Principales necesidades de la comunidad

A continuación, se muestran las necesidades de la aldea Chacalte y aldea Siguanha Pocolá:

1.2.1. Localización

La aldea Pocolá de la microrregión Pocolá y la aldea Chacalte de la microrregión Chitap, se encuentran en el municipio de San Pedro Carchá, en el departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

1.2.2. Ubicación geográfica y colindancias

La aldea Chacalte tiene las siguientes coordenadas 15⁰ 27'06" latitud norte y una longitud oeste de 90⁰ 10'58" y se ubicada a una distancia de 23 kilómetros de la cabecera municipal.

La aldea Siguanha Pocolá se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas 15⁰ 33'02" latitud norte y una longitud oeste de 90⁰ 14'40" y se situada a una distancia de 13 kilómetros de la cabecera municipal.

1.2.3. Reseña histórica

No se tiene preciso el año exacto de la existencia de San Pedro Carchá, pues el pueblo ha existido desde hace mucho tiempo. Se encontraron algunos fragmentos del *Popol Vuh*, versión de Adrián Recinos, el cual hace referencia a un patio de pelota por la Gran Carchá, centro importante de la población, donde parece que los Quichés ubicaron hechos mitológicos "En el juego de pelota que se llama Xob-carchah."¹

Así como también era camino a Xibalbá, según menciona el referirse a los hermanos hijos Ixpiyaxic e Ixmucané. "Enseguida se fueron Hun Hunahpúh y Vucub Hunapúb y los mensajeros los llevaban por el camino de Xibalbá, por unas escaleras muy inclinadas."² *En el Memorial de Tecpán Atitlán o Anales de los Cakchiqueles* aparece que los quichés, llegaron al actual territorio, Nigah Carchah, según el manuscrito; los nombres antiguos todavía posibles de ser identificados en parte.

¹ Muni Carchá. (s.f.). Monografía San Pedro Carchá. <http://municarcha.gt/wp-content/uploads/2016/02/MONOGRAFIA.pdf>

² *Ibíd.*

1.2.4. Fiesta titular

La fiesta titular a nivel del municipio se celebra el 29 de junio con actividades y eventos en honor a su santo patrono; San Pedro Apóstol.

1.2.5. Clima

El clima según la estación meteorológica de Cobán, la cual es la más cercana a San Pedro Carchá según el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología, da como resultado los siguientes valores:

- Temperatura media: 22 ° C
- Temperatura máxima: 26 ° C
- Temperatura mínima: 14,3 ° C
- Lluvia: 1589,3 mm anuales
- Nubosidad: 8 octas
- Humedad relativa media: 83 %
- Presión atmosférica: 652,2 mm de mercurio
- Velocidad del viento promedio: 5 km/hora

1.2.6. Turismo

Entre los lugares turísticos de San Pedro Carchá se encuentra el balneario Las Islas, el cual es visitado por nacionales y extranjeros, se encuentra ubicado a una distancia de un kilómetro del parque. El museo de la Verapaz es otro lugar visitado por sus fuentes históricas, entre las cuales se pueden mencionar: documentos antiguos, monolitos, vasijas, y otros. Este museo se localiza en el centro parroquial, a un costado del palacio municipal. Otros lugares de atractivo

turístico son: las cuevas Okebá en la finca Sasís- Chicuc; el centro de Cagua Cojaj que se localiza en la aldea del mismo nombre, en este mismo cerro se localizan las grutas de Xaltenamit y de Santa Isabel; En San Pedro Carchá, los turistas pueden encontrar variedad de hoteles, comedores y cafeterías.

1.2.7. Situación demográfica

En la aldea de Siguanha Pocolá del municipio de San Pedro Carchá, se estima una población de 1 348 habitantes y la aldea Chacalte tiene una población de 2 298 habitantes, según la oficina de trabajo social de la Municipalidad de dicha localidad.

1.2.8. Idioma

En el casco urbano de San Pedro Carchá se habla español y q'eqchi, en las aldeas de Chacalte y Siguanha Pocolá la mayoría de los pobladores habla solo q'eqchi.

1.2.9. Religión

En las aldeas de Siguanha Pocolá y Chacalte solo se tienen iglesias católicas y evangélicas. En el casco urbano han venido a disminuir en parte el número de fieles católicos, pero estos aun ocupan el primer lugar en cuanto al número de seguidores.

1.3. Investigación diagnóstica

A continuación, se presentan la descripción y la priorización de las necesidades de cada aldea analizada:

1.3.1. Descripción de necesidades

Realizando un diagnóstico en San Pedro Carchá, se encontraron escuelas de nivel primario, secundario y medio, centro de salud, agua potable y drenajes en el casco urbano y algunas aldeas aledañas, centro comercial Gran Carchá, estación de bomberos, entre otras. En general, las necesidades básicas son cubiertas en la cabecera municipal, pero en el área rural carece de servicios y de vías de acceso.

Se encontró que la aldea Siguanha Pocolá no cuenta con servicios de agua potable, drenajes y la vía de acceso cuenta con camino de terracería; el cual provoca grandes dificultades al transitar en los meses de invierno por dicho tramo, provocando atascamiento de los vehículos y demora en tiempo para llegar al lugar.

El caserío Santa Cruz que se encuentra a tres kilómetros de distancia de la aldea Chacalte. Actualmente, no cuenta con servicios de agua potable, drenajes, energía eléctrica y carece de vía de acceso para ingresar a ella, provocando que los pobladores de dicha localidad se dificulten para transportar sus cultivos hacia las aldeas cercanas y les lleve más de una hora y media de tiempo en llegar a su lugar de destino.

Al analizar la situación actual de los institutos de estudio en el casco urbano del municipio de San Pedro Carchá, Alta Verapaz se determinó que el municipio no cuenta con centro de capacitación especializado. Lo anterior ocasiona que los habitantes tengan que trasladarse a otros municipios o aldeas cercanas, con el fin de capacitarse en cursos técnicos, ya que la mayoría de sus pobladores realiza el oficio, pero no posee un diploma que acredite el estudio avalado por dicha institución, razón por la cual los habitantes de la

comunidad no pueden encontrar un trabajo fuera de la ella. Al obtener dicha acreditación las oportunidades de trabajo a otras regiones del país alcanzarán mejores ingresos a las familias y obtendrán una mejora económicamente para la comunidad.

1.3.2. Priorización de necesidades

Debido a la inseguridad vial de los caminos de San Pedro Carchá, en especial sus regiones rurales donde se cuenta únicamente con caminos de herradura, se producen problemas en los vehículos y demora en tiempo de traslado hacia su destino. En tal sentido, se ha fijado el objetivo de diseñar el tramo carretero que comunique con aldea Siguanha Pocolá, la cual brindará una seguridad vial a los habitantes, disminuirá el tiempo al transitar por ella y permitirá el desarrollo de la aldea y caseríos cercanos.

Los pobladores de caserío Santa Cruz sufren de falta de carretera, lo cual afecta para transitar hacia sus hogares, llevándose más de una hora de camino. Por este problema se ha fijado el objetivo de diseñar la carretera de caserío Santa Cruz hacia aldea Chacalte, brindando un desarrollo a la aldea, ya que en la actualidad la escuela y viviendas son edificadas con madera por la problemática del transporte de materiales de construcción.

La falta de estructura que albergue al centro de capacitación ha causado ausencia de técnicos en el municipio de San Pedro Carchá, con el fin de cambiar la situación se diseñará un centro de capacitación en dicha cabecera, el cual brindará una educación a nivel técnico, con el fin que los pobladores egresados de dichos cursos puedan optar a un empleo acorde con la especialización y, de la misma manera, contribuir a la generación de ingresos para cubrir las necesidades básicas en el núcleo familiar.

2. DISEÑO DE CARRETERA Y PAVIMENTO RÍGIDO DE CASERÍO SANTA CRUZ HACIA ALDEA CHACALTE

2.1. Descripción del proyecto por desarrollar

El proyecto trata sobre la apertura del tramo vial con una longitud de 2,4 kilómetros aproximados, el cual unirá el caserío Santa Cruz con la aldea Chacalte del municipio de San Pedro Carchá del departamento de Alta Verapaz. Se realizaron pruebas de suelo de la subrasante para el diseño del pavimento, un estudio topográfico para el diseño geométrico y drenajes. Con dichos resultados se realizará el presupuesto y cronograma de actividades.

2.2. Especificaciones de diseño

Se emplearon los parámetros de diseño del libro de Especificaciones Generales para Construcción de Puentes y Carreteras de la Dirección General de Camino (DGC), Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) y método de la *Portland Cement Association* (PCA).

En este caso por ser una apertura no se tiene un valor de tránsito promedio diario, por lo cual se estimó por ser una carretera rural pasarán de 10 a 100 vehículos diarios, siendo una carretera tipo F según la Dirección General de Caminos de Guatemala.

Tabla I. Clasificación de la carretera

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CARRETERAS 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 N (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

ESTRUCTURAS:

ESFUERZOS UNITARIOS

* DISTANCIA DE VISIBILIDAD DE PARADA= LONGITUD MÍNIMA DE CURVA VERTICAL

CARGA: H-15-S-12
ALTURA LIBRE:4,75m
ANCHO RODADURA: 7,90 m

CONCRETO CLASE "A"
ACERO DE REFUERZO
ACERO ESTRUCTURAL

NOTAS:

- 1) T.P.D.: Promedio de Tráfico Diario.
- 2) La sección típica para carreteras tipo "A", incluye isla central de 1,5 m de ancho.
- 3) Las características de las estructuras son generales para todos los tipos de carreteras, con excepción de la tipo "A", en donde el ancho es el doble.
- 4) La calidad de la capa de recubrimiento para calzada podrá ser para carreteras "A": Hormigón, Concreto asfáltico (caliente o frío) o tratamiento superficial Múltiple; para tipo "B" y "C" Concreto asfáltico (frío o caliente) o tratamiento superficial doble; para tipo "D": Trat. Sup. Doble; para tipo "E", Trat. Sup. Simple, y para tipo "F": Recubrimiento de material selecto.

Fuente: Dirección General de Caminos. Características geométricas de las carreteras en estado

Final. p. 40.

2.3. Definiciones

A continuación, se mostrarán los conceptos utilizados para el diseño de la carretera y se colocarán un ejemplo de cálculo:

2.4. Topografía

El estudio topográfico se llevó a cabo mediante el levantamiento de una poligonal abierta utilizando una estación total Trimble M3, efectuando mediciones transversales a cada 20 metros de longitud, el tramo que se midió fue asignado por el COCODE del caserío, el cual tramitó los permisos a las fincas por donde pasará el camino. Por las pendientes obtenidas se determinó que el terreno es montañoso.

2.4.1. Planimetría

El proceso consiste en la medición de una poligonal abierta del terreno, formando una superficie plana horizontal con las coordenadas norte y este, las cuales fueron referenciadas al norte con ayuda de una brújula. El instrumento que se manejó fue una estación total Trimble M3, utilizando el método de conservación de azimut.

2.4.2. Altimetría

Se realizó mediante una poligonal abierta, tomando un punto de referencia al inicio de la medición, encontrando las diferentes alturas a lo largo del tramo, usadas para realizar el perfil del terreno y diseñar el alineamiento vertical y drenajes en la carretera. El instrumento que se manipuló es una estación total

Trimble M3, la cual utiliza el método de nivelación trigonométrica con el fin de encontrar la cota de altura en los diferentes puntos tomados.

2.5. Ensayos de suelos

Para el diseño de un tramo de carretera es de suma importancia realizar estudios de suelos, los cuales determinan las características físicas y mecánicas. Para ello se realizaron los siguientes ensayos: granulometría, límites de atterberg, proctor modificado y valor soporte CBR.

2.5.1. Ensayo de granulometría

El ensayo por el método de tamizado consiste en colocar la muestra de suelo seco por un conjunto de tamices, los cuales se ordenan de mayor a menor tamaño de abertura, luego se verte al conjunto de tamices y colocándolo en la tamizadora, quedando retenidas las partículas de mayor diámetro en los tamices con menor diámetro de abertura. Dando como resultado el análisis granulométrico, el cual se refiere a la cantidad en porcentaje de los diferentes tamaños de partículas que conforman el suelo.

Resultando como descripción de suelo: arena limosa color café, clasificación; S.C.U.: SM y P.R.A.: A-4 y con el porcentaje de partículas siguientes: grava: 0,13, arena: 53,84 y finos: 46,04.

2.5.2. Límites de atterberg

El ensayo consiste en determinar las propiedades plásticas de los suelos cuando las partículas finas entran en contacto directo con el agua.

2.5.2.1. Límite líquido

Está definido por el contenido de humedad en porcentaje al peso seco de la muestra, con el cual pasa de estado líquido a plástico.

Realizando el ensayo se determinó que el suelo no contiene límite líquido.

2.5.2.2. Límite plástico

Es delimitado por el contenido de humedad, indicado en porcentaje del peso de la muestra la cual fue secada en horno, donde los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a plástico. Resultando para el suelo ensayado que no tiene límite plástico.

2.5.2.3. Índice plástico

Está dado por la diferencia de los valores entre el límite líquido y plástico, dependiendo generalmente por la cantidad de arcilla que posee la muestra que se está analizando. Para este caso la diferencia algebraica da como resultado cero, por no ser un suelo plástico.

2.5.3. Ensayo de compactación o proctor modificado

El ensayo de proctor modificado se define como la cantidad de peso por unidad de volumen de la muestra, se ensaya el suelo a diferentes humedades, resultando la humedad óptima, densidad máxima y el peso volumétrico seco máximo del suelo.

Como resultado de realizar el ensayo de proctor modificado regido por la norma A.A.S.H.T.O. T-180, se obtiene que el suelo tiene una densidad seca máxima de 1 487,62 kg/m³ o 92,86 lb/pie³ y humedad óptima (Hop) de 25,38 %.

2.5.4. Ensayo de valor soporte (CBR)

Es el índice de la resistencia del suelo ante el esfuerzo contante, estando en condiciones diferentes de humedad y compactación, resultando la relación del porcentaje de la carga necesaria para que penetre un pistón de sección circular la muestra de suelo, respecto de la carga que se necesita para que el mismo pistón penetre la misma profundidad en piedra triturada.

Se realizó el ensayo bajo la norma A.A.S.H.T.O. T-193, en el cual se obtuvo que el suelo a una humedad de 25,38 % y con una contracción de 95 %; da como resultado un C.B.R. de 3,35 %.

2.5.5. Análisis de resultados

A continuación, se presentan un resumen de los resultados de estudios de suelos y las gráficas obtenidas se encuentran en los anexos.

Resultados de suelos:

- Descripción del suelo: arena limosa color café
- Porcentaje de partículas: grava: 0,13, arena: 53,84 y finos: 46,04
- Clasificación: S.C.U.: SM y P.R.A.: A-4
- Límite líquido: no posee
- Límite plástico: no posee
- Índice plástico: 0

- Densidad seca máxima: 1 487,62 kg/m³ o 92,86 lb/pie³
- Humedad óptima (Hop): 25,38 %
- CBR al 95 % de compactación: 3,35 %

2.6. Tránsito promedio diario

El diseño de la carretera debe basarse en información real, uno de los factores más importantes para el proyecto es el tránsito promedio diario, ya que de este valor indica; las necesidades geométricas, número de carriles, alineamientos, anchos y pendientes.

En este caso, por ser una apertura no se tiene un valor de tránsito promedio diario, por lo cual se estimó por ser una carretera rural que pasarán de 10-100 vehículos diarios, siendo una carretera tipo F según la Dirección General de Caminos de Guatemala (tabla I).

2.7. Diseño geométrico de una carretera

El diseño geométrico de una carretera se basa en los siguientes factores: topografía del terreno, tránsito promedio diario, velocidad de diseño, la geología y el tipo de suelo, parámetros que se utilizan para planificar una infraestructura cómoda y segura.

2.7.1. Alineamiento horizontal

Está definido por una serie de rectas tangentes que se enlazan entre sí, las cuales son unidas por curvas horizontales, formando en conjunto una proyección en el plano horizontal.

2.7.1.1. Línea preliminar

La línea preliminar es la poligonal previa del eje de vía que debe pasar por los puntos obligatorios del proyecto, conservando una adecuada pendiente y que merezca un análisis más profundo, se le efectúa una topografía de precisión a lo ancho del derecho de vía.

Para este proyecto se traza la línea preliminar más viable a la cual se realiza el estudio topográfico, fue indicada por el COCODE del caserío que solicitó los permisos de las diferentes fincas que cruzará el camino en su planificación y construcción.

2.7.1.2. Diseño de localización

La línea de localización se realiza mediante la topografía obtenida de la línea preliminar pasando por los puntos obligados como; puentes y casas. En este proyecto es similar a la preliminar, ya que varía alrededor de un metro en algunos tramos, ocasionado por los permisos de los propietarios de las fincas donde pasará la carretera.

2.7.1.3. Tangentes

Son segmentos de rectas que unen curvas horizontales, es decir que empiezan en el principio de tangente (PT) y finalizan en el principio de curva (PC), resultando un punto de intersección (PI) al prolongar las rectas y forman un ángulo de deflexión (Δ) al prolongar una recta sobre la otra.

Para este diseño se utilizaron tangentes mínimas de 42 m obtenidas de la tabla 2 y donde no cumplía se colocaron curvas de transición.

Tabla II. **Longitudes de tramos en tangentes**

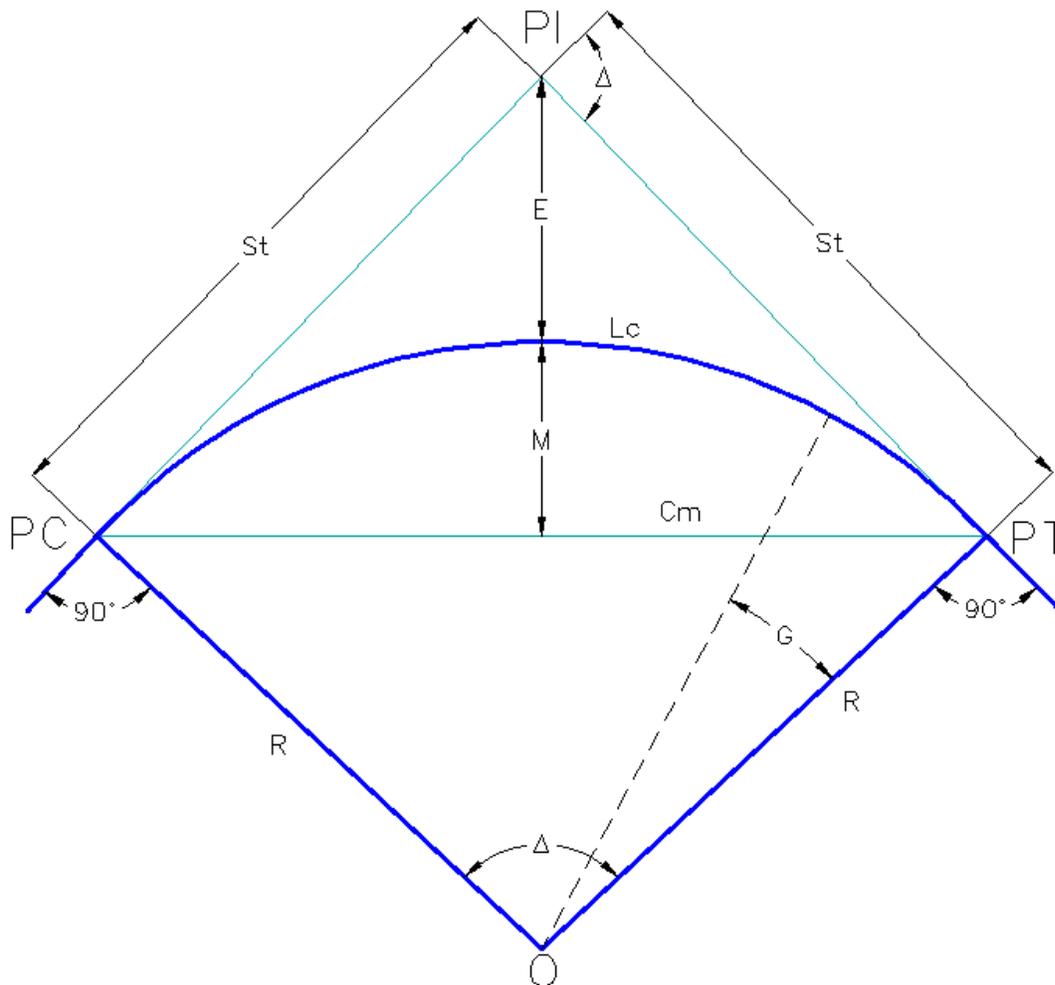
V (km/hr)	L min.s (m)	L min.o (m)	L máx (m)
30	42	84	500
40	56	111	668
50	69	139	835
60	83	167	1 002
70	97	194	1 169
80	111	222	1 336
90	125	250	1 503
100	139	278	1 670
110	153	306	1 837
120	167	333	2 004
130	180	362	2 171

Fuete: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*, p. 127.

2.7.1.4. Elementos de curvas horizontales

Las curvas horizontales son utilizadas para unir rectas tangentes consecutivas y darle así una suavidad a la carretera, brindando seguridad para transitar por ella. A continuación, se presentan los elementos de una curva horizontal:

Figura 2. **Elementos de curvas circulares simples**



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. *Diseño y cálculo geométrico de viales-alineamiento Horizontal*. p.17.

Los elementos de la curva horizontal son:

- PI: punto de intersección de la prolongación de las tangentes
- PC: punto de comienzo de curva
- PT: punto de termino
- O: centro de curva

- Δ : ángulo central de curva circular
- G: grado de curvatura
- R: radio de la curva
- St: subtangente
- E: external
- M: ordenada media
- Cm: cuerda máxima
- Lc: longitud de curva circular

A continuación, se presentará una breve descripción de los componentes de una curva horizontal:

- Radio (R)

Está dado por la distancia del principio o final de curva (PC oPT) hacia el centro de la curva. Basados en la tabla I se determinó que la carretera es tipo F y topografía montañosa, se estableció que el radio mínimo es de 18 metros.

- Deflexión (Δ)

Es el ángulo que va de la proyección de la tangente de entrada y la tangente de salida, también se puede encontrar realizando la diferencia de los azimut que corresponden a las tangentes que se intersectan para formar un PI, está dado en grados y es utilizado para definir el ángulo central de la curva.

$$\Delta = Azimut_{salida} - Azimut_{entrada}$$

- Grado de curvatura (G)

Ángulo central que subtiende un arco que posee una longitud variable, el arco es diferente en las regiones, en Guatemala se utiliza 20 metros de longitud. Un grado mayor de curvatura provoca que la carretera se vuelva insegura para los usuarios que transitarán por ella.

Véase la muestra la expresión matemática para realizar el cálculo del grado de curvatura:

$$G = \frac{1145.9156}{R}$$

- Longitud de curva (Lc)

Es la longitud de arco entre el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT), se calcula con la siguiente expresión:

$$Lc = \frac{20\Delta}{G}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el punto de intersección (PI) y el principio de curva (PC) o el principio de tangente (PT), medida en prolongación de la recta tangente a la curva. En curvas circulares ambas subtangentes son iguales.

La subtangente se calcula en base a la siguiente ecuación:

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

- Cuerda máxima (CM)

Es la distancia de la recta que une dos puntos de una curva, donde los puntos son el principio de curva (PC) y el principio de tangente (PT). Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$CM = 2 * R * \text{sen}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- External (E)

Se define por la distancia entre el punto de intersección (PI) y el punto medio de la curva. Se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$E = R * \left[\frac{1}{\text{Cos}(\Delta)} - 1 \right]$$

- Ordenada media (M)

Es la longitud entre el centro de la cuerda máxima y el punto medio de la curva. Es obtenido a través de la siguiente expresión:

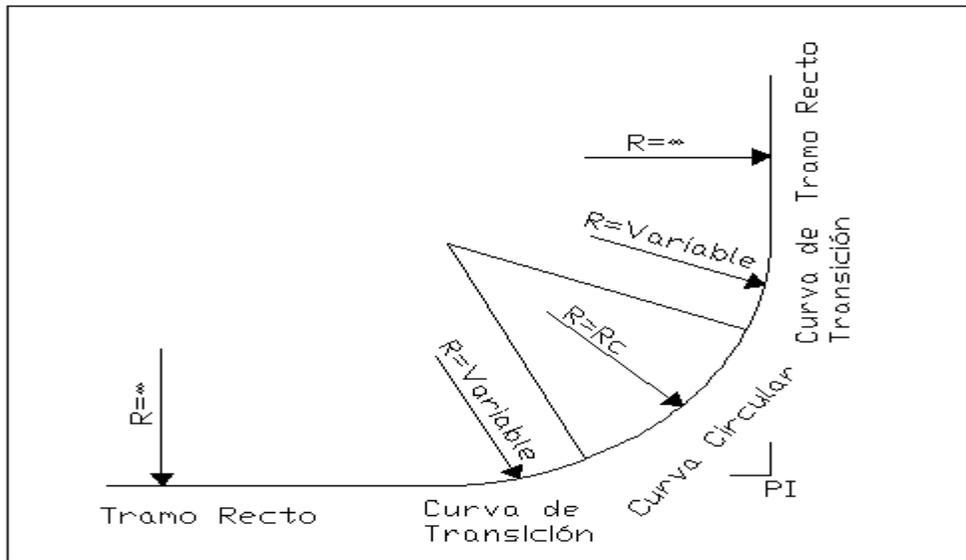
$$M = R * \left[1 - \text{Cos}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \right]$$

2.7.1.5. Curva de transición

Busca ligar una tangente con una curva circular, a modo de permitir un cambio gradual de curvatura y mejorar la comodidad, seguridad y estética vial.

En el transcurso de la curva se efectúan cambios graduales al valor de radio de curvatura, empezando desde infinito hasta el radio de la curva circular.

Figura 3. **Curva de transición**



Fuente: NAVARRO HUDIEL, Sergio. *Diseño y cálculo geométrico de viales-alineamiento horizontal*. p.52.

2.7.1.6. **Sobrecancho**

Al transitar un vehículo en una curva es necesario tener más ancho de calzada que en una tangente, debido a esta situación es difícil para el conductor mantener el vehículo en el centro de la carretera y realizar las maniobras. Por esta razón es importante aumentar el ancho en las curvas dependiendo del radio. Esta ayuda para que los vehículos siempre transiten en el carril, siendo seguro y cómodo para los usuarios.

En la tabla III, se muestran las medidas de sobrecancho que debe aplicarse según los datos de curvas circulares como: grado de curvatura, tipo de carreta y velocidad de diseño.

Tabla III. Sobrancho recomendado para carreteras

ANGHO CALZADA	VALORES DE DISEÑO PARA SOBRE-ANCHOS DE PAVIMENTO EN CURVAS PARA CARRETERAS DE DOS VIAS																									
	TIPICA "E" 5.50						TIPICA "D" 6.00						TIPICA "C" 6.50						TIPICA "B" 7.20							
	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80	30	40	50	60	70	80		
1°	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
2°	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
3°	0,60	0,60	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
4°	0,60	0,60	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
5°	0,70	0,70	0,80	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
6°	0,80	0,80	0,90	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
7°	0,80	0,90	1,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
8°	0,90	1,00	1,00	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
9°	0,90	1,00	1,10	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
10°	1,00	1,10	1,20	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
11°	1,00	1,10	1,20	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
12°	1,10	1,20	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
13°	1,10	1,20	1,30	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
14°	1,20	1,30	1,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
15°	1,20	1,40	1,50	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
16°	1,30	1,40		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
17°	1,30	1,50		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
18°	1,40	1,50		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
19°	1,40	1,60		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
20°	1,50	1,60		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
21°	1,50	1,70		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
22°	1,60	1,70		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
23°	1,60	1,80		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
24°	1,70	1,80		0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
25°	1,70			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
26°	1,80			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
27°	1,80			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
28°	1,90			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
29°	1,90			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
30°	2,00			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
31°	2,00			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
32°	2,10			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
33°	2,10			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
34°	2,20			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
35°	2,20			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
36°	2,30			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
37°	2,30			0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

- 1.- LOS SOBREANCHOS FUERON CALCULADOS DE ACUERDO A ESPECIFICACIONES DE LA AASHO
- 2.- EL SOBRENCHO SE REPARTIRA PROPORCIONALMENTE A LA LONGITUD DE LA ESPIRAL USADA, DEBIENDO SER EL PC O PT EL PUNTO MEDIO DE DICHA ESPIRAL
- 3.- SOBRE LAS LINEAS HORIZONTALES LOS VALORES CALCULADOS FUERON MENORES DE 0,60 m. PERO MAYORES QUE 0,30m. EN CASO DE SER MENORES DE 0,30 m. NO SE USARA SOBRENCHO.-
- 4.- PARA ANCHO DE CALZADA DE 7,20m. Y VELOCIDADES MAYORES DE 70 KPH LAS CURVAS NO SERAN SOBRENCHADAS
- 5.- ANCHOS DE CALZADA Y SOBREANCHOS EN METROS. VELOCIDADES EN KPH= KILOMETROS POR HORA.
- 6.- AN= ANCHO NORMAL

Fuente: Dirección General de Caminos. *Valores de diseños para sobre-anchos de pavimento en curvas para carreteras de dos vías.* p. 45.

2.7.1.7. Peralte

El peralte o llamado sobreelevación es la pendiente que se le aplica a la corona desde el centro de la curva, con el fin de contrarrestar parcialmente el efecto de la fuerza centrífuga que actúa sobre los vehículos al transitar por las curvas horizontales.

En la tabla IV se muestran las medidas de peralte que se deben aplicar según los datos de curvas circulares como: grado de curvatura, radio y velocidad de diseño.

Tabla IV. Peralte recomendado para carreteras

VELOCIDAD	30			40			50			60			70			80			90			100			110			120																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	G°	RADIO	DB=27	I:125	DB=30	I:140	DB=33	I:155	DB=37	I:170	DB=40	I:185	DB=43	I:200	DB=46	I:215	DB=50	I:230	DB=53	I:245	DB=56	I:260	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ	e%	Ls	Δ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
1°	1145.92	BN 17	0'51"	BN 23	1'09"	BN 28	1'24"	BN 34	1'42"	BN 39	1'57"	BN 45	2'15"	BN 51	2'30"	BN 56	2'48"	BN 62	3'06"	BN 67	3'21"	BN 73	3'41"	BN 79	3'54"	BN 85	4'12"	BN 91	4'24"	BN 97	4'42"	BN 103	4'54"	BN 109	5'12"	BN 115	5'24"	BN 121	5'42"	BN 127	5'54"	BN 133	6'12"	BN 139	6'24"	BN 145	6'42"	BN 151	6'54"	BN 157	7'12"	BN 163	7'24"	BN 169	7'42"	BN 175	7'54"	BN 181	8'12"	BN 187	8'24"	BN 193	8'42"	BN 199	8'54"	BN 205	9'12"	BN 211	9'24"	BN 217	9'42"	BN 223	9'54"	BN 229	10'12"	BN 235	10'24"	BN 241	10'42"	BN 247	10'54"	BN 253	11'12"	BN 259	11'24"	BN 265	11'42"	BN 271	11'54"	BN 277	12'12"	BN 283	12'24"	BN 289	12'42"	BN 295	12'54"	BN 301	13'12"	BN 307	13'24"	BN 313	13'42"	BN 319	13'54"	BN 325	14'12"	BN 331	14'24"	BN 337	14'42"	BN 343	14'54"	BN 349	15'12"	BN 355	15'24"	BN 361	15'42"	BN 367	15'54"	BN 373	16'12"	BN 379	16'24"	BN 385	16'42"	BN 391	16'54"	BN 397	17'12"	BN 403	17'24"	BN 409	17'42"	BN 415	17'54"	BN 421	18'12"	BN 427	18'24"	BN 433	18'42"	BN 439	18'54"	BN 445	19'12"	BN 451	19'24"	BN 457	19'42"	BN 463	19'54"	BN 469	20'12"	BN 475	20'24"	BN 481	20'42"	BN 487	20'54"	BN 493	21'12"	BN 499	21'24"	BN 505	21'42"	BN 511	21'54"	BN 517	22'12"	BN 523	22'24"	BN 529	22'42"	BN 535	22'54"	BN 541	23'12"	BN 547	23'24"	BN 553	23'42"	BN 559	23'54"	BN 565	24'12"	BN 571	24'24"	BN 577	24'42"	BN 583	24'54"	BN 589	25'12"	BN 595	25'24"	BN 601	25'42"	BN 607	25'54"	BN 613	26'12"	BN 619	26'24"	BN 625	26'42"	BN 631	26'54"	BN 637	27'12"	BN 643	27'24"	BN 649	27'42"	BN 655	27'54"	BN 661	28'12"	BN 667	28'24"	BN 673	28'42"	BN 679	28'54"	BN 685	29'12"	BN 691	29'24"	BN 697	29'42"	BN 703	29'54"	BN 709	30'12"	BN 715	30'24"	BN 721	30'42"	BN 727	30'54"	BN 733	31'12"	BN 739	31'24"	BN 745	31'42"	BN 751	31'54"	BN 757	32'12"	BN 763	32'24"	BN 769	32'42"	BN 775	32'54"	BN 781	33'12"	BN 787	33'24"	BN 793	33'42"	BN 799	33'54"	BN 805	34'12"	BN 811	34'24"	BN 817	34'42"	BN 823	34'54"	BN 829	35'12"	BN 835	35'24"	BN 841	35'42"	BN 847	35'54"	BN 853	36'12"	BN 859	36'24"	BN 865	36'42"	BN 871	36'54"	BN 877	37'12"	BN 883	37'24"	BN 889	37'42"	BN 895	37'54"	BN 901	38'12"	BN 907	38'24"	BN 913	38'42"	BN 919	38'54"	BN 925	39'12"	BN 931	39'24"	BN 937	39'42"	BN 943	39'54"	BN 949	40'12"	BN 955	40'24"	BN 961	40'42"	BN 967	40'54"	BN 973	41'12"	BN 979	41'24"	BN 985	41'42"	BN 991	41'54"	BN 997	42'12"	BN 1003	42'24"	BN 1009	42'42"	BN 1015	42'54"	BN 1021	43'12"	BN 1027	43'24"	BN 1033	43'42"	BN 1039	43'54"	BN 1045	44'12"	BN 1051	44'24"	BN 1057	44'42"	BN 1063	44'54"	BN 1069	45'12"	BN 1075	45'24"	BN 1081	45'42"	BN 1087	45'54"	BN 1093	46'12"	BN 1099	46'24"	BN 1105	46'42"	BN 1111	46'54"	BN 1117	47'12"	BN 1123	47'24"	BN 1129	47'42"	BN 1135	47'54"	BN 1141	48'12"	BN 1147	48'24"	BN 1153	48'42"	BN 1159	48'54"	BN 1165	49'12"	BN 1171	49'24"	BN 1177	49'42"	BN 1183	49'54"	BN 1189	50'12"	BN 1195	50'24"	BN 1201	50'42"	BN 1207	50'54"	BN 1213	51'12"	BN 1219	51'24"	BN 1225	51'42"	BN 1231	51'54"	BN 1237	52'12"	BN 1243	52'24"	BN 1249	52'42"	BN 1255	52'54"	BN 1261	53'12"	BN 1267	53'24"	BN 1273	53'42"	BN 1279	53'54"	BN 1285	54'12"	BN 1291	54'24"	BN 1297	54'42"	BN 1303	54'54"	BN 1309	55'12"	BN 1315	55'24"	BN 1321	55'42"	BN 1327	55'54"	BN 1333	56'12"	BN 1339	56'24"	BN 1345	56'42"	BN 1351	56'54"	BN 1357	57'12"	BN 1363	57'24"	BN 1369	57'42"	BN 1375	57'54"	BN 1381	58'12"	BN 1387	58'24"	BN 1393	58'42"	BN 1399	58'54"	BN 1405	59'12"	BN 1411	59'24"	BN 1417	59'42"	BN 1423	59'54"	BN 1429	60'12"	BN 1435	60'24"	BN 1441	60'42"	BN 1447	60'54"	BN 1453	61'12"	BN 1459	61'24"	BN 1465	61'42"	BN 1471	61'54"	BN 1477	62'12"	BN 1483	62'24"	BN 1489	62'42"	BN 1495	62'54"	BN 1501	63'12"	BN 1507	63'24"	BN 1513	63'42"	BN 1519	63'54"	BN 1525	64'12"	BN 1531	64'24"	BN 1537	64'42"	BN 1543	64'54"	BN 1549	65'12"	BN 1555	65'24"	BN 1561	65'42"	BN 1567	65'54"	BN 1573	66'12"	BN 1579	66'24"	BN 1585	66'42"	BN 1591	66'54"	BN 1597	67'12"	BN 1603	67'24"	BN 1609	67'42"	BN 1615	67'54"	BN 1621	68'12"	BN 1627	68'24"	BN 1633	68'42"	BN 1639	68'54"	BN 1645	69'12"	BN 1651	69'24"	BN 1657	69'42"	BN 1663	69'54"	BN 1669	70'12"	BN 1675	70'24"	BN 1681	70'42"	BN 1687	70'54"	BN 1693	71'12"	BN 1699	71'24"	BN 1705	71'42"	BN 1711	71'54"	BN 1717	72'12"	BN 1723	72'24"	BN 1729	72'42"	BN 1735	72'54"	BN 1741	73'12"	BN 1747	73'24"	BN 1753	73'42"	BN 1759	73'54"	BN 1765	74'12"	BN 1771	74'24"	BN 1777	74'42"	BN 1783	74'54"	BN 1789	75'12"	BN 1795	75'24"	BN 1801	75'42"	BN 1807	75'54"	BN 1813	76'12"	BN 1819	76'24"	BN 1825	76'42"	BN 1831	76'54"	BN 1837	77'12"	BN 1843	77'24"	BN 1849	77'42"	BN 1855	77'54"	BN 1861	78'12"	BN 1867	78'24"	BN 1873	78'42"	BN 1879	78'54"	BN 1885	79'12"	BN 1891	79'24"	BN 1897	79'42"	BN 1903	79'54"	BN 1909	80'12"	BN 1915	80'24"	BN 1921	80'42"	BN 1927	80'54"	BN 1933	81'12"	BN 1939	81'24"	BN 1945	81'42"	BN 1951	81'54"	BN 1957	82'12"	BN 1963	82'24"	BN 1969	82'42"	BN 1975	82'54"	BN 1981	83'12"	BN 1987	83'24"	BN 1993	83'42"	BN 1999	83'54"	BN 2005	84'12"	BN 2011	84'24"	BN 2017	84'42"	BN 2023	84'54"	BN 2029	85'12"	BN 2035	85'24"	BN 2041	85'42"	BN 2047	85'54"	BN 2053	86'12"	BN 2059	86'24"	BN 2065	86'42"	BN 2071	86'54"	BN 2077	87'12"	BN 2083	87'24"	BN 2089	87'42"	BN 2095	87'54"	BN 2101	88'12"	BN 2107	88'24"	BN 2113	88'42"	BN 2119	88'54"	BN 2125	89'12"	BN 2131	89'24"	BN 2137	89'42"	BN 2143	89'54"	BN 2149	90'12"	BN 2155	90'24"	BN 2161	90'42"	BN 2167	90'54"	BN 2173	91'12"	BN 2179	91'24"	BN 2185	91'42"	BN 2191	91'54"	BN 2197	92'12"	BN 2203	92'24"	BN 2209	92'42"	BN 2215	92'54"	BN 2221	93'12"	BN 2227	93'24"	BN 2233	93'42"	BN 2239	93'54"	BN 2245	94'12"	BN 2251	94'24"	BN 2257	94'42"	BN 2263	94'54"	BN 2269	95'12"	BN 2275	95'24"	BN 2281	95'42"	BN 2287	95'54"	BN 2293	96'12"	BN 2299	96'24"	BN 2305	96'42"	BN 2311	96'54"	BN 2317	97'12"	BN 2323	97'24"	BN 2329	97'42"	BN 2335	97'54"	BN 2341	98'12"	BN 2347	98'24"	BN 2353	98'42"	BN 2359	98'54"	BN 2365	99'12"	BN 2371	99'24"	BN 2377	99'42"	BN 2383	99'54"	BN 2389	100'12"	BN 2395	100'24"	BN 2401	100'42"	BN 2407	100'54"	BN 2413	101'12"	BN 2419	101'24"	BN 2425	101'42"	BN 2431	101'54"	BN 2437	102'12"	BN 2443	102'24"	BN 2449	102'42"	BN 2455	102'54"	BN 2461	103'12"	BN 2467	103'24"	BN 2473	103'42"	BN 2479	103'54"	BN 2485	104'12"	BN 2491	104'24"	BN 2497	104'42"	BN 2503	104'54"	BN 2509	105'12"	BN 2515	105'24"	BN 2521	105'42"	BN 2527	105'54"	BN 2533	106'12"	BN 2539	106'24"	BN 2545	106'42"	BN 2551	106'54"	BN 2557	107'12"	BN 2563	107'24"	BN 2569	107'42"	BN 2575	107'54"	BN 2581	108'12"	BN 2587	108'24"	BN 2593	108'42"	BN 2599	108'54"	BN 2605	109'12"	BN 2611	109'24"	BN 2617	109'42"	BN 2623	109'54"	BN 2629	110'12"	BN 2635	110'24"	BN 2641	110'42"	BN 2647	110'54"	BN 2653	111'12"	BN 2659	111'24"	BN 2665	111'42"	BN 2671	111'54"	BN 2677	112'12"	BN 2683	112'24"	BN 2689	112'42"	BN 2695	112'54"	BN 2701	113'12"	BN 2707	113'24"	BN 2713	113'42"	BN 2719	113'54"	BN 2725	114'12"	BN 2731	114'24"	BN 2737	114'42"	BN 2743	114'54"	BN 2749	115'12"	BN 2755	115'24"	BN 2761	115'42"	BN 2767	115'54"	BN 2773	116'12"	BN 2779	116'24"	BN 2785	116'42"	BN 2791	116'54"	BN 2797	117'12"	BN 2803	117'24"	BN 2809	117'42"	BN 2815	117'54"	BN 2821	118'12"	BN 2827	118'24"	BN 2833	118'42"	BN 2839	118'54"	BN 2845	119'12"	BN 2851	119'24"	BN 2857	119'42"	BN 2863	119'54"	BN 2869	120'12"	BN 2875	120'24"	BN 2881	120'42"	BN 2887	120'54"	BN 2893	121'12"	BN 2899	121'24"	BN 2905	121'42"	BN 2911	121'54"	BN 2917	122'12"	BN 2923	122'24"	BN 2929	122'42"	BN 2935	122'54"	BN 2941	123'12"	BN 2947	123'24"	BN 2953	123'42"	BN 2959	123'54"	BN 2965	124'12"	BN 2971	124'24"	BN 2977	124'42"	BN 2983	124'54"	BN 2989	125'12"	BN 2995	125'24"	BN 3001	125'42"	BN 3007	125'54"	BN 3013	126'12"	BN 3019	126'24"	BN 3025	126'42"	BN 3031	126'54"	BN 3037	127'12"	BN 3043	127'24"	BN 3049	127'42"	BN 3055	127'54"	BN 3061	128'12"	BN 3067	128'24"	BN 3073	128'42"	BN 3079	128'54"	BN 3085	129'12"	BN 3091	129'24"	BN 3097	129'42"	BN 3103	129'54"	BN 3109	130'12"	BN 3115	130'24"	BN 3121	130'42"	BN 3127	130'54"	BN 3133	131'12"	BN 3139	131'24"	BN 3145	131'42"	BN 3151	131'54"	BN 3157	132'12"	BN 3163	132'24"	BN 3169	132'42"	BN 3175	132'54"	BN 3181	133'12"	BN 3187	133'24"	BN 3193	133'42"	BN 3199	133'54"	BN 3205	134'12"	BN 3211	134'24"	BN 3217	134'42"	BN 3223	134'54"	BN 3229	135'12"	BN 3235	135'24"	BN 3241	135'42"	BN 3247	135'54"	BN 3253	136'12"	BN 3259	136'24"	BN 3265	136'42"	BN 3271	136'54"	BN 3277	137'12"	BN 3283	137'24"	BN 3289	137'42"	BN 3295	137'54"	BN 3301	138'12"	BN 3307	138'24"	BN 3313	138'42"	BN 3319	138'54"	BN 3325	139'12"	BN 3331	139'24"	BN 3337	139'42"	BN 3343	139'54"	BN 3349	140'12"	BN 3355	140'24"	BN 3361	140'42"	BN 3367	140'54"	BN 3373	141'12"	BN 3379	141'24"	BN 3385	141'42"	BN 3391	141'54"	BN 3397	142'12"	BN 3403	142'2

A continuación, se ejemplificará el cálculo de una curva horizontal, tomando los datos de la curva No.3:

- Datos:
 - R: 160 m
 - Rumbo entrada: S 83° 44' 06" E
 - Rumbo salida: S 67° 05' 06" E
 - PC: 0+123.57 m

- Grado de curvatura

$$G = \frac{1145,915}{160} = 7,16$$

- Deflexión

$$\Delta = 83^{\circ} 44' 06 - 67^{\circ} 05' 06 = 16^{\circ} 39' 00'' = 16,65$$

- Longitud de curva

$$Lc = \frac{20 * 16,65}{7,16} = 46,50 \text{ m}$$

- Subtangente

$$St = 160 * \text{Tan}\left(\frac{16,65}{2}\right) = 23,41 \text{ m}$$

- External

$$E = 160 \left[\sec\left(\frac{16,65}{2}\right) - 1 \right] = 1,70 \text{ m}$$

- Ordenada media

$$OM = 160 \left[1 - \cos\left(\frac{16,65}{2}\right) \right] = 1,69 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2 * 160 * \sin\left(\frac{16,65}{2}\right) = 46,33 \text{ m}$$

- Punto de intersección

$$PI = PC + St = (0 + 123,57) + (0 + 23,41) = 0 + 146,98 \text{ m}$$

- Punto de principio de tangente

$$PT = PC + Lc = (0 + 123,57) + (0 + 46,50) = 0 + 170,07 \text{ m}$$

- Sobreancho

Se obtuvo de la tabla III; colocando el grado de curvatura y la velocidad de diseño, resultando: 0,8 m.

- Peralte

Se obtuvo de la tabla IV; colocando el grado de curvatura, la velocidad de diseño y el radio de la curva, resultando: e%: 2,4 y Ls: 17 m.

- Resultados de las curvas horizontales

Tabla V. **Resultados de las curvas horizontales**

ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES																
NO. CURVA	RUMBO DE ENTRADA	RUMBO DE SALIDA	RADIO DE CURVA	GRADO DE CURVATURA	DEFLEXION	LONGITUD DE CURVA	SUBTANGENTE	EXTERNAL	ORDENADA MEDIA	CUERDA MAXIMA	PC	PI	PT	SA	e%	Ls
1	S60° 35' 51"E	S42° 43' 52"E	88	13,02	17,87	27,44	13,83	1,08	1,07	27,33	0+012.74m	0+026.58m	0+040.19m	1,1	4,5	20
2	S42° 43' 52"E	S83° 44' 06"E	96	11,94	41,00	68,70	35,90	6,49	6,08	67,25	0+040.23m	0+076.12m	0+108.93m	1	3,8	17
3	S83° 44' 06"E	S67° 05' 06"E	160	7,16	16,65	46,50	23,41	1,70	1,69	46,33	0+123.57m	0+146.98m	0+170.07m	0,8	2,4	17
4	S67° 05' 06"E	S25° 50' 45"E	50	22,92	41,24	35,99	18,81	3,42	3,20	35,22	0+227.20m	0+246.01m	0+263.18m	1,6	7,2	32
5	S25° 50' 45"E	N44° 23' 35"E	19	60,31	109,76	36,40	27,01	14,03	8,07	31,08	0+275.61m	0+302.62m	0+312.00m	0	0	0
6	N44° 23' 35"E	S65° 41' 32"E	112	10,23	69,91	136,67	78,30	24,66	20,21	128,34	0+344.80m	0+423.09m	0+481.46m	1	3,5	17
7	S65° 41' 32"E	S55° 12' 32"E	200	5,73	10,48	36,59	18,35	0,84	0,84	36,54	0+598.51m	0+616.86m	0+635.11m	0,8	2,1	17
8	S55° 12' 32"E	N10° 19' 59"E	22	52,09	114,46	43,95	34,18	18,64	10,09	37,00	0+681.43m	0+715.61m	0+725.38m	0	0	0
9	N10° 19' 59"E	S64° 59' 21"E	34	33,70	104,68	62,12	44,05	21,65	13,23	53,83	0+787.79m	0+831.84m	0+849.91m	2,1	9,3	42
10	S64° 59' 21"E	S77° 44' 39"E	200	5,73	12,75	44,52	22,35	1,25	1,24	44,43	0+891.26m	0+913.62m	0+935.79m	0,8	2,1	17
11	S77° 44' 39"E	S67° 40' 13"E	200	5,73	10,07	35,16	17,63	0,78	0,77	35,12	0+970.31m	0+987.93m	1+005.47m	0,8	2,1	17
12	S67° 40' 13"E	S57° 24' 21"E	200	5,73	10,26	35,83	17,96	0,81	0,80	35,78	1+099.86m	1+117.82m	1+135.69m	0,8	2,1	17
13	S57° 24' 21"E	N87° 27' 41"E	148	7,74	35,13	90,75	46,85	7,24	6,90	89,34	1+186.49m	1+233.34m	1+277.24m	0,9	2,8	17
14	N87° 27' 41"E	S45° 39' 55"E	126	9,09	46,87	103,08	54,62	11,33	10,39	100,23	1+299.89m	1+354.51m	1+402.97m	1	3,1	17
15	S45° 39' 55"E	N62° 47' 11"E	40	28,65	71,55	49,95	28,82	9,30	7,55	46,77	1+403.23m	1+432.05m	1+453.18m	1,8	8,5	38
16	N62° 47' 11"E	S88° 42' 53"E	167	6,86	28,50	83,07	42,41	5,30	5,14	82,21	1+470.88m	1+513.29m	1+553.95m	0,8	2,4	17
17	S88° 42' 53"E	S57° 22' 51"E	200	5,73	31,33	109,38	56,09	7,72	7,43	108,02	1+646.01m	1+702.10m	1+755.38m	0,8	2,1	17
18	S57° 22' 51"E	S51° 44' 41"E	255	4,49	5,64	25,08	12,55	0,31	0,31	25,07	1+844.33m	1+856.89m	1+869.42m	0,7	1,7	17
19	S51° 44' 41"E	S77° 18' 04"E	72	15,92	25,56	32,12	16,33	1,83	1,78	31,85	1+896.71m	1+913.04m	1+928.82m	1,3	5,5	25
20	S77° 18' 04"E	S74° 15' 54"E	472	2,43	3,04	25,01	12,51	0,17	0,17	25,01	1+982.37m	1+994.87m	2+007.38m	0,6	3	17
21	S74° 15' 54"E	N80° 35' 33"E	233	4,92	25,14	102,24	51,96	5,72	5,59	101,43	2+074.27m	2+126.22m	2+176.51m	0,7	1,7	17
22	N80° 35' 33"E	N52° 08' 19"E	71	16,14	28,45	35,26	18,00	2,25	2,18	34,90	2+193.28m	2+211.28m	2+228.54m	1,3	5,5	25
23	N52° 08' 19"E	N71° 01' 15"E	200	5,73	18,88	65,91	33,26	2,75	2,71	65,61	2+249.96m	2+283.22m	2+315.87m	0,8	2,1	17

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Alineamiento vertical

Está dado por la proyección vertical de eje de la carretera, resultando el perfil longitudinal. El alineamiento vertical está conformado por el perfil del terreno natural y el perfil de la subrasante.

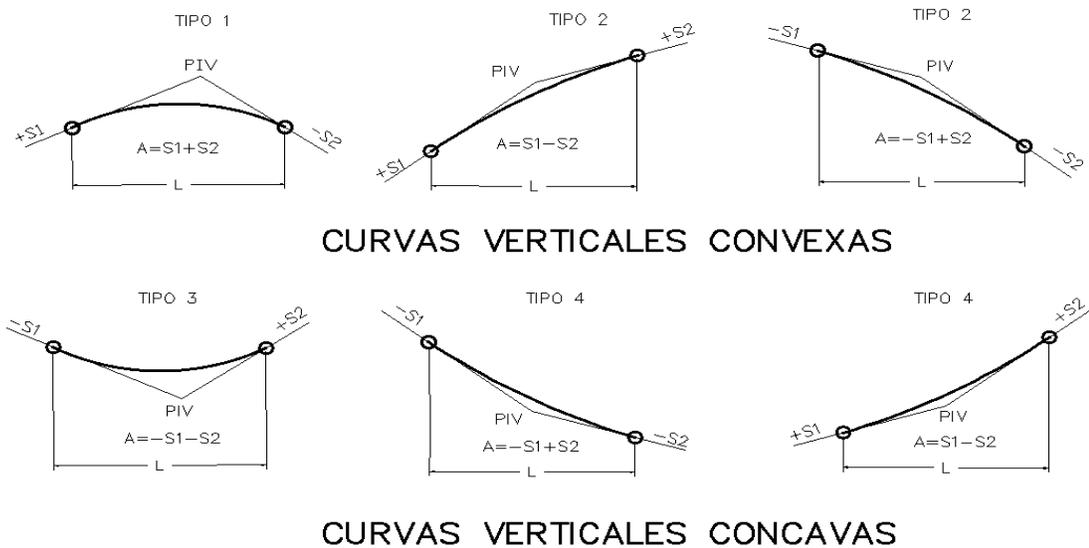
El alineamiento vertical es formado por tangentes y curvas, siendo las tangentes limitadas por su pendiente de diseño y longitud de parada; medida entre dos curvas verticales consecutivas. La longitud de las tangentes está

dada por la distancia horizontal del principio de tangente vertical (PTV) de la curva y el principio de curva vertical (PCV) de la siguiente curva.

2.7.2.1. Elementos de curvas verticales

La principal función de la curva vertical es suavizar los cambios de las pendientes en el alineamiento, donde la longitud de la curva da un cambio gradual de la pendiente de entrada y la de salida, resultando un camino seguro y confortable a los usuarios, agradable apariencia y características de drenaje adecuada para la evacuación del agua superficial.

Figura 4. Tipos de curvas verticales



Fuente: Instituto Nacional de Vías. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. p. 132.

Los componentes de las curvas verticales son los siguientes:

- PCV= principio de curva vertical
- PIV= punto de intersección de las curvas verticales

- PTV= terminación de la curva vertical
- LCV= longitud de curva vertical
- S1= pendiente de la tangente de entrada
- S2= pendiente de la tangente de salida
- A= diferencia algebraica de pendientes
- K= relación entre longitud de curva y cambio de pendientes
- y= corrección de la curva vertical

En la siguiente tabla se muestran los valores mínimos de k, para las diferentes velocidades de diseño, tomando en cuenta la distancia de parada, criterio de comodidad, drenaje y seguridad para el diseño de curvas verticales.

Tabla VI. **Valores mínimos de K**

Velocidad Específica (km/h)	Distancia de Visibilidad de Parada (m)	VALORES DE Kmin				Longitud Mínima Según Criterios de Operación (m)
		CURVA CONVEXA		CURVA CÓNCAVA		
		Calculado	Redondeado	Calculado	Redondeado	
20	20	0,6	1	2,1	3	20
30	35	1,9	2	5,1	6	20
40	50	3,8	4	8,5	9	24
50	65	6,4	7	12,2	13	30
60	85	11	11	17,3	18	36
70	105	16,8	17	22,6	23	42
80	130	25,7	26	29,4	30	48
90	160	38,9	39	37,6	38	54
100	185	52	52	44,6	45	60
110	220	73,6	74	54,4	55	66
120	250	95	95	62,8	63	72
130	285	123,4	124	72,7	73	78

Fuete: Instituto Nacional de Vías. *Manual de diseño geométrico de carreteras*. p. 142.

2.7.2.2. Correcciones

Ya definidas la longitud de curvas verticales se procede a suavizarlas con las correcciones de la subrasante de diseño, debido a la inseguridad que es provocado por el cambio de pendientes. Para el cálculo de las correcciones en cualquier parte de la curva se realiza con la siguiente expresión:

$$Y = \frac{A * L^2}{200 * LCV}$$

$$OM = \frac{A}{800} * LCV$$

Se ejemplificará los cálculos de corrección de curvas verticales, tomando en cuenta los datos de la curva No.1:

- Datos
 - Pendiente de entrada: -4,58
 - Pendiente de salida: 5,91
 - Tipo de curva: cóncava
 - Velocidad: 20 km/hora
 - Estación PIV: 0+088,36 m

- Diferencia de pendientes

$$A = P_s - P_e$$

$$A = |5.91 - (-4,58)| = 10,49$$

- Cálculo de longitud de curva vertical

Se tomará en cuenta la constante “K” de la tabla V para curvas cóncavas, la cual es de 3 redondeado.

$$LCV = KA$$

Proponiendo una constante K de 4,21 por las condiciones del terreno, el resultado es el siguiente:

$$LCV = 4.21 * 10,49 = 44,15 \text{ m}$$

- Principio de curva vertical

$$PCV = PIV - \frac{LCV}{2}$$

$$PCV = 0 + 088,36 - \frac{44,15}{2} = 0 + 066,28 \text{ m}$$

- Principio de tangente vertical

$$PCV = PIV + \frac{LCV}{2}$$

$$PCV = 0 + 088,36 + \frac{44,15}{2} = 0 + 110,44 \text{ m}$$

- Corrección de la subrasante en el PIV

$$Y = \frac{A * L^2}{200 * LCV}$$

$$Y = \frac{10,49 * \left(\frac{44,15}{2}\right)^2}{200 * 44,15} = -0,58 \text{ m}$$

- Resultados de la corrección de la curva No.1

Tabla VII. **Corrección curva No.1**

CORRECCIÓN CURVA NO.1				
EST	LINEA	ELEVACIÓN SUBRASANTE	CORRECCIÓN	CORREGIDA
0+066.28	-4,58	96,77	0,00	96,77
0+080.00		96,14	-0,22	95,92
0+088.36	X	95,76	-0,58	95,18
0+100.00	5,91	96,45	-0,13	96,32
0+110.44		97,06	0,00	97,06

Fuente: elaboración propia.

- Resultado de las curvas verticales

Tabla VIII. Resultado de las curvas verticales

RESULTADO DE CURVAS VERTICALES															
No. CURVA	Pendiente entrada %	Pendiente salida %	A %	TIPO DE CURVA	LCV	K Calculado LCV/K	k de diseño	CUMPLEN	Estación PCV	Estación PIV	Estación PTV	RADIO	Elevación Subrasante PIV (m)	Corrección Y	Subrasante Corregida PIV
1	-4,58	5,91	10,49	Cóncava	44,15	4,21	3	SI	0+066.28	0+088.36m	0+110.44	421.010m	95,76	-0,58	95,18
2	5,91	-9,32	15,23	Convexa	44,20	2,90	1	SI	0+142.42	0+164.52m	0+186.62	290.252m	100,26	0,84	101,11
3	-9,32	1,41	10,73	Cóncava	46,56	4,34	3	SI	0+300.04	0+323.32m	0+346.60	434.022m	85,47	-0,62	84,84
4	1,41	11,91	10,5	Cóncava	47,61	4,53	3	SI	0+467.66	0+491.46m	0+515.26	453.643m	87,84	-0,62	87,22
5	11,91	-6,44	18,35	Convexa	50,92	2,77	1	SI	0+579.54	0+605.00m	0+630.46	277.602m	101,36	1,17	102,53
6	-6,44	14,02	20,46	Cóncava	61,38	3,00	3	SI	0+657.54	0+688.23m	0+718.92	300.000m	96,00	-1,57	94,43
7	14,02	-3,52	17,54	Convexa	97,55	5,56	1	SI	0+979.64	1+028.42m	1+077.19	556.127m	143,71	2,14	145,85
8	-3,52	9,19	12,71	Cóncava	40,07	3,15	3	SI	1+159.13	1+179.16m	1+199.19	315.221m	138,41	-0,64	137,77
9	9,19	-8,21	17,4	Convexa	26,10	1,50	1	SI	1+216.05	1+229.10m	1+242.15	150.000m	143,00	0,57	143,57
10	-8,21	14,03	22,24	Cóncava	53,36	2,40	3	NO	1+246.74	1+273.42m	1+300.10	240.000m	139,36	-1,48	137,88
11	14,03	-8,17	22,2	Convexa	33,30	1,50	1	SI	1+355.38	1+372.03m	1+388.67	150.000m	153,19	0,92	154,12
12	-8,17	13,93	22,1	Cóncava	53,06	2,40	3	SI	1+393.23	1+419.76m	1+446.29	240.000m	149,29	-1,47	147,83
13	13,93	-8,75	22,68	Convexa	45,36	2,00	1	SI	1+781.25	1+803.93m	1+826.61	200.000m	202,83	1,29	204,11
14	-8,75	13,08	21,83	Cóncava	65,48	3,00	3	SI	1+875.20	1+907.94m	1+940.68	300.000m	193,73	-1,79	191,94
15	13,08	1,29	11,79	Convexa	51,95	4,41	1	SI	1+991.73	2+017.71m	2+043.68	440.369m	208,09	0,77	208,85
16	1,29	-9,65	10,94	Convexa	16,40	1,50	1	SI	2+146.99	2+155.19m	2+163.39	150.000m	209,86	0,22	210,08
17	-9,65	13,71	23,36	Cóncava	56,06	2,40	3	NO	2+172.73	2+200.76m	2+228.79	240.000m	205,46	-1,64	203,82
18	13,71	-8,44	22,15	Convexa	44,30	2,00	1	SI	2+291.99	2+314.15m	2+336.30	200.000m	221,00	1,23	222,23

Fuente: elaboración propia.

2.8. Movimiento de tierras

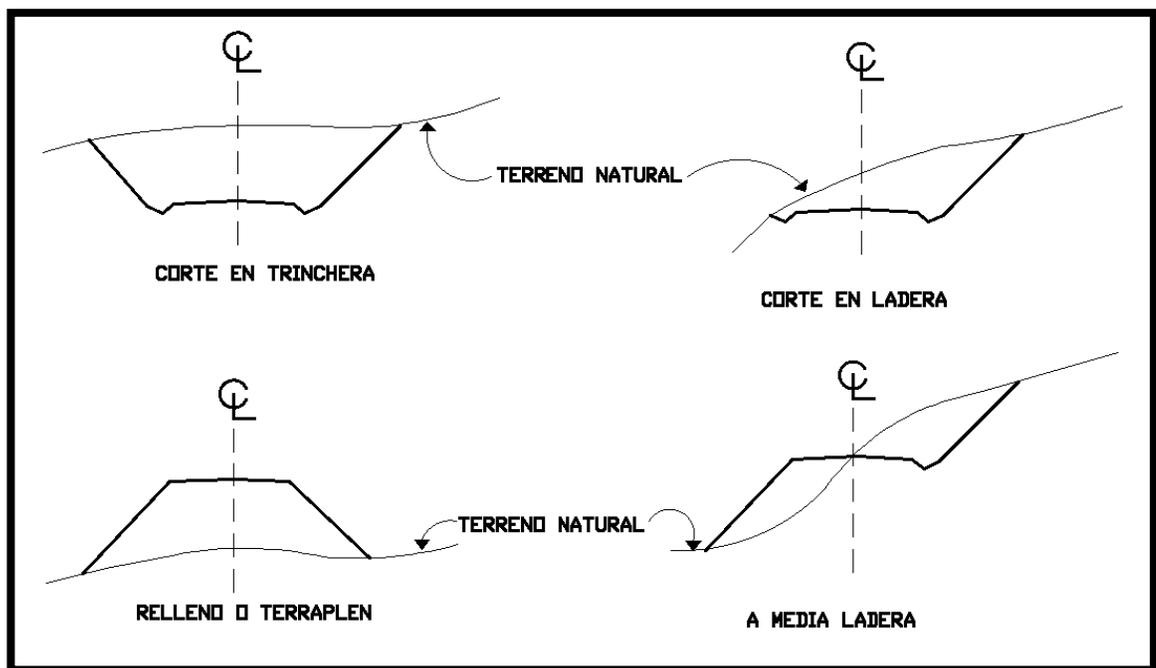
Está delimitado por la diferencia de la subrasante con el perfil natural, resultando el volumen de materiales a cortar o rellenar. Es de suma importancia realizar una subrasante pegada al terreno natural para que resulte viable el proyecto, ya que en carreteras el renglón de trabajo con más valor económico es el de movimiento de tierras.

2.8.1. Secciones transversales y típica

Las secciones transversales de una carretera son cortes verticales que se realizan en el eje del alineamiento vertical, están formadas por: ancho de carril, hombros, taludes, bermas, cunetas, entre otros.

Según la topografía del terreno y el diseño de la rasante existirán cuatro tipos de secciones: sección de corte en trinchera, corte en ladera, sección de relleno y sección en media ladera. Las secciones se proyectan a cada 20 metros en tangente y 10 metros en curva ambas en el eje horizontal.

Figura 5. Tipos de secciones transversales



Fuente: CASANOVA M. Leonardo. *Elementos de geometría*. p.24.

Para el diseño de este proyecto por la TPA se determinó mediante la tabla I, que la carretera es tipo F, con un ancho de calzada de 5,50 metros.

2.8.2. Cálculo de áreas en secciones transversales

El cálculo del área en las secciones transversales se debe calcular cada 20 m en tangentes y en curvas a cada 10 metros.

Existen diversos métodos para calcular el área en una sección transversal, uno de los más usados es el método de determinantes, el cual trata sobre las coordenadas de los puntos que delimitan la sección.

Figura 6. **Cálculo de área de una sección transversal por determinantes**

X	Y
X ₀	Y ₀
X ₁	Y ₁
X ₂	Y ₂
X ₃	Y ₃
X _n	Y _n
X ₀	Y ₀

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de área de la figura 7 viene dada por la siguiente expresión matemática:

$$A = \frac{1}{2} \sum [X_n * Y_{n+1} - Y_n * X_{n+1}]$$

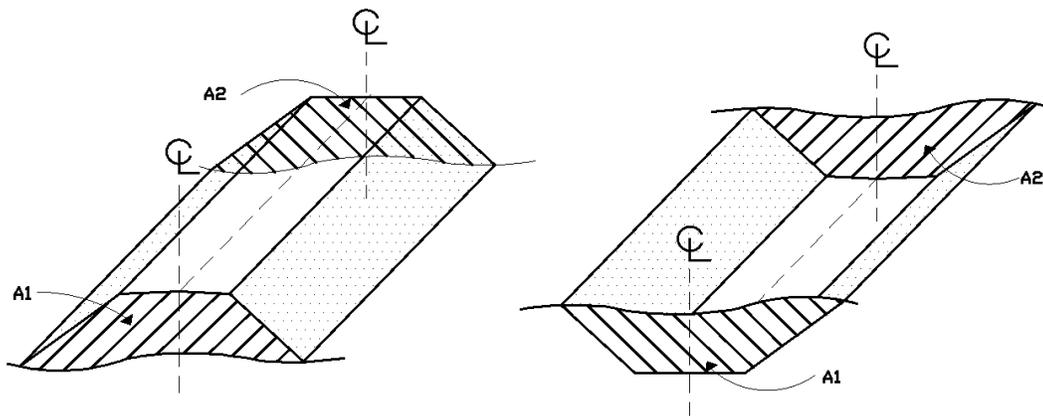
Para el diseño de este proyecto se realizaron los cálculos de áreas por el uso del software Civil 3D 2018, donde se realizaron las secciones en tangente a 20 m y en curvas a cada 10 metros.

2.8.3. Cálculo de volúmenes

El método más empleado para el cálculo de volúmenes en movimiento de tierras de carretera es el método áreas media, el cual está basado en promediar dos secciones transversales consecutivas y multiplicarlas por la distancia entre

ellas, no es recomendado utilizarlo en terrenos que tienen cambios bruscos en topografía.

Figura 7. **Volumen del prismoide por áreas medias**



Fuente: NAVARRO H, Sergio J. *Diseño y cálculo geométrico de viales*. p.179.

Se realiza el cálculo de volúmenes por el método de áreas media, a través de la siguiente ecuación:

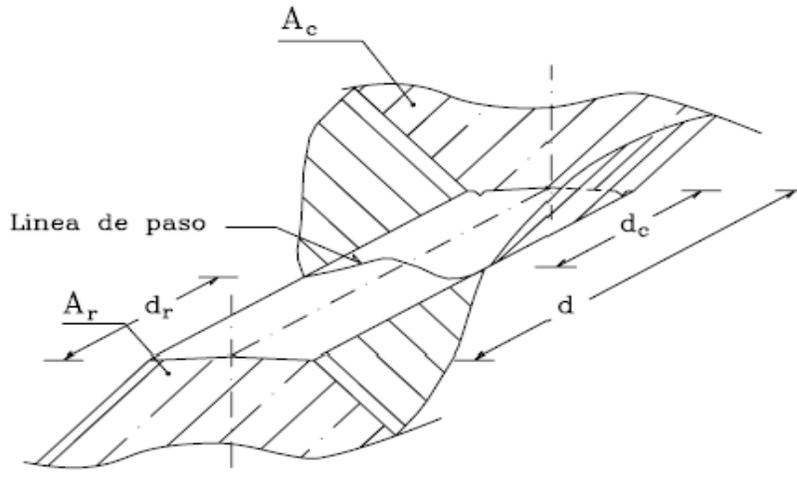
$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * L$$

Donde:

- A_1 : área de la primera sección transversal
- A_2 : área de la segunda sección transversal
- L: longitud entre las secciones

En caso de que las secciones sea una de corte y otra de relleno, se procede a calcular la distancia de corte y de relleno, para que el resultado sea preciso y real. La siguiente figura describe esta situación.

Figura 8. **Volumen entre sección de corte y relleno**



Fuente: NAVARRO H, Sergio J. *Diseño y cálculo geométrico de viales*. p.180.

El primer paso para el caso de calcular el volumen entre sección de corte y relleno, es encontrar las distancias respectivas. A continuación, se muestran las expresiones matemáticas para calcularlas:

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

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

Donde:

- A_c : área de corte
- A_r : área de relleno
- d_c : distancia de corte
- d_r : distancia de relleno

Con las distancias encontradas anteriormente se procede a calcular los volúmenes a través de las siguientes expresiones:

$$V_r = \frac{A_r}{2} * d_r$$

$$V_c = \frac{A_c}{2} * d_c$$

Para este proyecto se realizaron los cálculos de volúmenes de corte y de relleno por medio del software Civil 3D 2018, el cual lo realiza por el método de interpolación.

Ejemplo del cálculo de volumen para la estación 0+030 a 0+040:

- Datos
 - Área de corte de la estación 0+030: 10,98 m²
 - Área de corte de la estación 0+040: 6,70 m²
 - Longitud: 10 metros

- Cálculo de volumen de la estación 0+030-0+040

$$V = \frac{\text{área est } 0 + 030 + \text{área est } 0 + 040}{2} * L$$

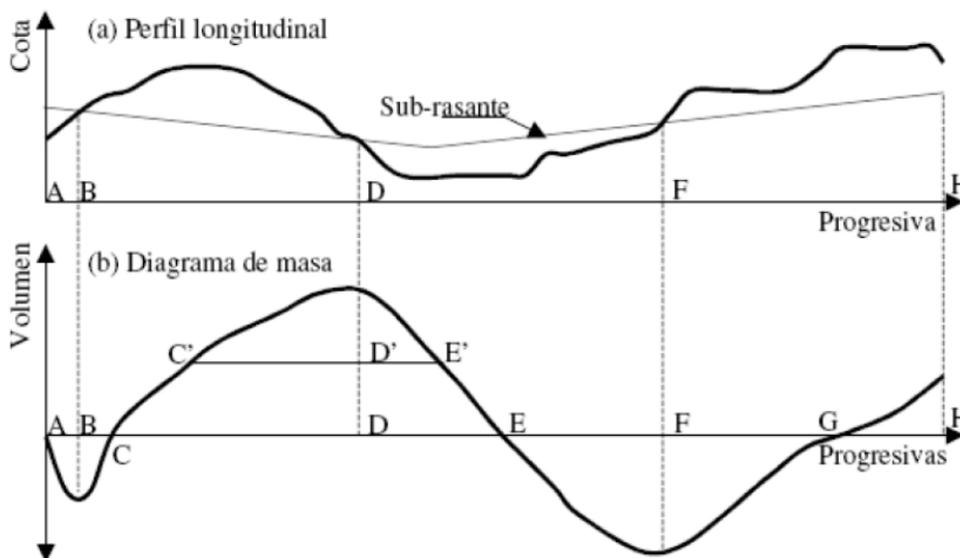
$$V = \frac{10,98 + 6,70}{2} * 10 = 88,40 \text{ m}^3$$

El resultado del volumen de corte para el tramo de la estación 0+030 a 0+040, es de 88,40 m³ de suelo, el resto de resultados se encuentra en plano No.13.

2.8.4. Balance y diagrama de masas

Luego de calcular los volúmenes entre las secciones transversales a lo largo del eje de la carretera, se procede a realizar el balance y diagrama de masas, el cual se encarga de determinar la cantidad de material faltante o sobrante al realizar el movimiento de tierras. Es de suma importancia que el balance sea cero para que el proyecto sea lo más económico posible, es decir, que el material que se corte se utilice de relleno.

Figura 9. Diagrama de masas



Fuente: NAVARRO H, Sergio J. *Diseño y cálculo geométrico de viales*. p.195.

2.9. Diseño de pavimento rígido

Es el diseño de una estructura conformado por varios elementos, que buscan distribuir las cargas unitarias del tránsito sobre el suelo. El pavimento está construido por un conjunto de elementos los cuales son: sub-rasante, sub-base y carpeta de rodadura.

En este caso para el diseño de cada uno de los elementos se utilizará el método PCA simplificado, el cual consiste en clasificar la carretera por categoría de eje-carga, siendo un tránsito promedio diario (ADT) de 100 vehículos proyectado a 20 años, tomando en cuenta un tránsito diario de 8 a 10 camiones, en base a la tabla IX se determina que la carretera por categoría eje carga es número 1 (calles, residenciales, rurales y secundarias).

Tabla IX. **Categoría de eje por carga**

Cat. Carga por Eje	Descripción	Tráfico			Cargas por Eje máximas, kips	
		ADT	ADTT		Eje Simp.	Eje tand.
			%	Por día		
1	Calles, residenciales. Carreteras rurales y secundarias (baja a mediana) Calles colectoras.	200-800	1 a 3	hasta 25	22	36
2	Calles rurales y secundarias (altas). Calles arteriales y carreteras primarias (baja).	700-5000	5 a 18	40-10000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (mediana). Vías expresa e interestatales urbanos y rurales (baja a mediana).	3000-12000 2 Carr. 3000-50000 4 Carr. Ó más	8 a 30	500-50000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, vías expresa (altas). Interestatales urbanos y rurales (mediana a alta).	3000-20000 2 Carr. 3000-150000 4 Carr. Ó más	8 a 30	1500-8000	34	60
Nota: Las descripciones alta, mediana o baja: se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera. Así, "baja" para una interestatal rural representaría una carga más pesada que "baja" para una carretera secundaria.						
ADTT: Camiones, excluyendo los de dos ejes y cuatro ruedas						

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 23.

2.9.1. Sub-rasante

Es la superficie terminada luego del movimiento de tierras (corte o relleno), la cual va a soportar el pavimento.

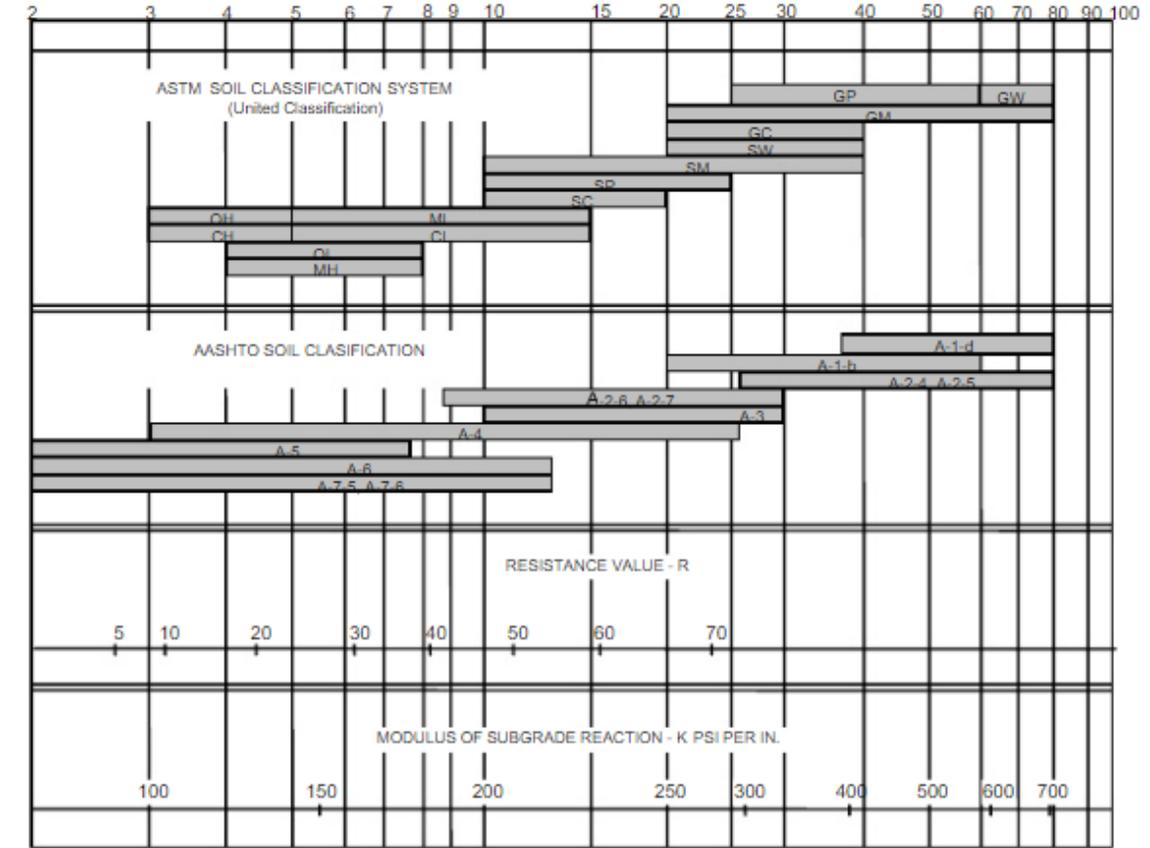
A través del ensayo de CBR resultó que el suelo al 95 % de compactación da un 3,35 % de valor soporte.

2.9.2. Sub-base

Capa que conforma el pavimento, está situada por debajo de la carpeta de rodadura y su función es transmitir las cargas a la subrasante.

Para su diseño se encuentra el valor “k” de la subrasante, el cual se obtiene mediante el resultado de ensayo del valor de CBR en el esquema de la figura 10, el cual resulta 106,82 lb/plg³ de valor de “k” con un 3,35 % de CBR.

Figura 10. **Relaciones entre clasificaciones de suelos y los valores soporte**



Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 7.

Se utilizará una sub-base de 4 plg (10cm) para aumentar el valor de “k”, el cual resulta de 138,87 lb/plg³, basándose a la tabla X. Luego se procede a ubicar el tipo de soporte del suelo con el valor “k” encontrado, en este caso el soporte es “medio”, obtenido en la tabla XI.

Tabla X. **Efectos de la sub-base no tratadas sobre los valores de k**

Valor k de la Subrasante pci	Valor k de la subbase, pci			
	4 pulg.	6 pulg.	9 pulg.	12 pulg.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 6.

Tabla XI. **Tipos de suelos de subrasante y valores aproximados de k**

Tipo de suelo	Soporte	Valores k, pci
Suelos de grano fino con predominio de limos y arcillas.	Bajo	75-120
Arenas y mezclas de arena-gravas, con moderadas cantidades de limos y arcillas.	Mediano	130-170
Arenas y mezclas de arena-grava, relativamente libre de plásticos finos.	Alto	180-220
Sub bases tratadas con cemento.	Muy alto	250-400

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 24.

2.9.3. Diseño de carpeta de rodadura por el método PCA simplificado

Con el valor soporte encontrado en conjunto de la subrasante y la subbase, se procede a diseñar el peralte de la carpeta de rodadura, siendo una carretera categoría eje-carga tipo 1, soporte mediano, sin hombros, con juntas de trabe por agregados y un módulo de ruptura de 600 psi (42 kg/cm²).

Figura 11. **Espesor de pavimento rígido por método PCA simplificado**

ADTT permisible, Categoría 1 de Carga por Eje-Pavimentos con Trabazón de Agregados en las Juntas							
Sin Berna de Concreto o Sarinel				Con Berna de Concreto o Sarinel			
Espesor de los (pulg.)	Soporte de Subrasante-Subbase			Espesor de losa (pulg.)	Soporte de Subrasante-Subbase		
	Bajo	Mediano	Alto		Bajo	Mediano	Alto
MR=650 PSI	4,5	0,1			4	0,2	0,9
	5	0,1	0,8	3	4,5	2	8
	5,5	3	15	45	5	30	130
	6	40	160	430	5,5	320	130
	6,5	330					
MR=600 PSI	5		0,1	0,4	4		0,1
	5,5	0,5	3	9	4,5	0,2	1
	6	8	36	98	5	6	27
	6,5	76	300	760	5,5	73	290
	7	520			6	610	
MR=550 PSI	5,5	0,1	0,3	1	4,5	0,2	0,6
	6	1	6	18	5	0,8	4
	6,5	13	60	160	5,5	13	57
	7	110	400		6	130	480
	7,5	620					

Nota: El análisis por fatiga controla el diseño.
Un ADTT fraccional indica que el pavimento puede soportar ilimitados carros de pasajeros y camiones de los ejes-cuatro ruedas, pero solo unos pocos camiones por semana (ADTT de 0,3*7 días, indica dos camiones pesados por semana).

Fuente: Portland Cement Association. *Thickness design for concrete highway and street pavements*. p. 24.

Se determinó un peralte de 6 plg (15 cm) para la carpeta de rodadura en pavimento rígido, con un módulo de ruptura de 42 kg/cm², resistiendo el paso de ADTT de 36; es mayor a 10 camiones diarios, se obtuvo a través de la figura 11.

2.9.4. Diseño de mezcla

Se escogió el módulo de ruptura para el pavimento de 42,18 kg/cm², está definido por el *American Concrete Institute* (ACI) que el módulo de ruptura es igual a 2,58 por la raíz cuadrada de la resistencia a compresión, lo que resulta:

$$Mr = 2,58\sqrt{f'c} \rightarrow f'c = \left(\frac{Mr}{2,58}\right)^2$$

$$f'c = \left(\frac{42,18}{2,58}\right)^2 = 267,28 \frac{kg}{cm^2} \rightarrow 280 \frac{kg}{cm^2}$$

Se utilizó la resistencia a compresión de 280 kg/cm², por cuestiones de seguridad. Para el diseño de la mezcla se basó en el método del ACI 211.1-91. Para la fluidez del concreto por ser la construcción de pavimento se utilizó un asentamiento (Slump) de 7,5 centímetros, según la tabla XII.

Tabla XII. **Asentamientos recomendados para diferentes construcciones**

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de subestructura sencillos, zapatas, muros y cajones de cimentación.	7,5	2,5
Vigas y muros reforzados	10	2,5
Columnas para edificios	10	2,5
Pavimentos y losas	7,5	2,5
Concreto masivo	7,5	2,5

Fuente: ACI 211.1-91. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. p. 211.1-7.

Se determinó la relación agua cemento para el diseño de la mezcla, ya que de ella depende llegar a la resistencia a los 28 días. Se utilizó para el diseño una compresión de 280 kg/cm² y concreto sin aire incluido. A través de la tabla XIII se establece que la relación agua/cemento es de 0,57.

Tabla XIII. **Relación agua/cemento para diferentes resistencias de compresión**

Resistencia a la compresión a los 28 días (kg/cm ²)	Relación agua/cemento (a partir del peso)	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
420	0,41	
350	0,48	0,4
280	0,57	0,48
210	0,68	0,59
140	0,82	0,74

Fuente: ACI 211.1-91. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.* p.211.1-9.

Tabla XIV. **Requisitos aproximados de agua de mezclado y contenido de aire para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregado**

Revenimiento (cm)	Tamaño máximo del agregado grueso (mm)							
	9,5	12,5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2,5-5	207	199	190	179	166	154	130	113
7,5-10	228	216	205	193	181	169	145	124
15-17,5	243	228	216	202	190	178	160	
Aire atrapado aprox. (%)	3	2,5	2	1,5	1	0,5	0,3	0,2
Concreto con aire incluido								
2,5-5	181	175	168	160	150	142	122	107
7,5-10	202	193	184	174	165	157	133	119
15-17,5	216	205	197	174	174	166	154	
Promedio recomendado de aire incluido según el tipo de exposición (%)								
Exposición ligera	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1
Exposición moderada	6	5,5	4,5	4,5	4,5	4	3,5	3
Exposición severa	7,5	7	6	6	5,5	5	1,5	4

Fuente: ACI 211.1-91. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.* p. 211.1-8.

El tamaño del agregado máximo grueso según el ACI 211.1-91 determina que debe de ser 1/3 del peralte de la losa, por lo que resulta:

$$AG = \frac{15cm}{3} = 5 cm \cong 2 plg$$

Por razones de comercio se utilizó un agregado grueso máximo de una pulgada para el diseño de mezcla para pavimento. Se propuso un módulo de finura de 2,60 para el agregado fino y 25 mm del agregado grueso según la tabla XV, obteniendo el factor de agregado grueso de 0,69 respecto del volumen unitario del concreto.

Tabla XV. **Volumen del agregado grueso por volumen unitario del concreto**

Tamaño máximo del agregado grueso (mm)	Módulo de finura del agregado fino			
	2,4	2,6	2,8	3
9,5	0,5	0,48	0,46	0,44
12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
19	0,66	0,64	0,62	0,6
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	0,8	0,78	0,76
150	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: ACI 211.1-91. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete.* pag.211.1-12.

Para determinar la cantidad de peso de cemento por metro cúbico, se obtuvo mediante la relación del valor obtenido en la tabla XIV y la relación de agua, el cual resulta:

$$Cemento = \frac{193 \text{ kg/m}^3}{0,57} = 338,60 \text{ kg/m}^3$$

Como siguiente paso se procede a calcular el peso volumétrico del agregado grueso, donde $1\ 600 \text{ kg/m}^3$ es el promedio de dicho material, para calcular el peso del agregado grueso por un metro cúbico, se realiza mediante el factor que se obtuvo de la tabla XV, el procedimiento es el siguiente:

$$AG = 1\ 600 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,69 = 1\ 104 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Luego se procede a calcular el peso volumétrico del agregado fino, el cual se encuentra por medio de la resta del peso volumétrico del concreto y la suma de los pesos volumétricos del agua, cemento y agregado grueso. A continuación, se muestra el procedimiento:

$$AF = W_{CONCRETO} - (W_{AGUA} + W_{CEMENTO} + W_{AG})$$

$$AF = 2\ 380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - \left(193 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 338,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + 1\ 104 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 744,4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Por último, se procede a realizar las proporciones del diseño de mezcla, que es la relación del peso de cada material entre el peso del cemento. A continuación, se muestra la relación por pesos de cada material:

$$CEMENTO = \frac{338,60 \text{ kg}}{338,60 \text{ kg}} = 1$$

$$Agregado Fino = \frac{744,40 \text{ kg}}{338,60 \text{ kg}} = 2,20$$

$$Agregado Grueso = \frac{1\ 104,40 \text{ kg}}{338,60 \text{ kg}} = 3,26$$

$$AGUA = \frac{193 \text{ kg}}{338,60 \text{ kg}} = 0,57$$

La proporción por peso obtenida para el diseño de mezcla para el pavimento es la siguiente: 1 : 2,20 : 3,26 : 0,57.

Por razones de campo se procede a realizar las proporciones volumétricas de la mezcla, obteniendo el volumen de cada material mediante la relación del peso de cada material entre su peso volumétrico. A continuación, se muestra la cantidad de cada material:

$$CEMENTO = \frac{338,60 \text{ kg}}{1\,520 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,22 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{744,40 \text{ kg}}{1\,460 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,51 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{1\,104,40 \text{ kg}}{1\,630 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,68 \text{ m}^3$$

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

Después se procede a determinar las proporciones volumétricas del diseño de mezcla, que es la relación del volumen de cada material entre el volumen del cemento. Ahora se muestra la relación volumétrica de cada material:

$$CEMENTO = \frac{0,22 \text{ m}^3}{0,22 \text{ m}^3} = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{0,51 \text{ m}^3}{0,22 \text{ m}^3} = 2,32$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{0,68 \text{ m}^3}{0,22 \text{ m}^3} = 3,09$$

$$AGUA = \frac{0,19 \text{ m}^3}{0,22 \text{ m}^3} = 0,86$$

La proporción volumétrica obtenida para el diseño de mezcla para el pavimento es la siguiente: 1 : 2,32 : 3,09 : 0,86.

2.9.5. Juntas de pavimento de concreto

En el diseño de pavimentos se realizan dos tipos de juntas, una es la longitudinal y la otra es la transversal. Tienen el propósito para que falle en dichas juntas y no en otro lado, ya que es común que el concreto se agriete por los cambios de clima al pasar de calor a frío, por dicho fenómeno se contrae y se expanden las losas.

2.9.5.1. Juntas transversales

Las juntas transversales de contracción son construidas perpendicularmente al eje de la carretera, su función es evitar el agrietamiento de la carpeta de rodadura, por las cargas del tráfico y cambio de temperatura. Se debe cortar con una profundidad de 1/3 del espesor de la losa y un ancho de 3 milímetros, realizado con discos para cortar concreto.

Para el cálculo del espaciamiento de las juntas la AASHTO recomienda que el espaciamiento entre juntas en pies no debe ser mayor al doble del espesor de la losa. Dicho de otra forma, no debe ser mayor a 21-24 veces el espesor de losa, se determina mediante la siguiente expresión matemática obtenida del *Manual de diseño y construcción de juntas* de Samuel Trejo:

$$S = F * D$$

Donde:

- S = espaciamiento entre juntas transversales de contracción (m).
- F = factor de fricción entre la subbase y la losa de concreto. Este factor varía en un rango de 21-24, según la guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos escrita por Aurelio Salazar.
- D = Espesor de losa (m).

El factor de fricción entre la subbase y la losa de concreto es inversamente proporcional entre ellas. El factor es 21 para bases cementadas y 24 para bases granulares, en este caso usaremos 24 como factor.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para las juntas transversales:

- Espaciamiento

$$S = 24 * 0,15 = 3,6 \text{ m}$$

- Profundidad de corte

$$h_{\text{corte}} = \frac{1}{3}(0,15) = 0,05\text{m} \cong 5 \text{ centrimetros}$$

- Ancho de corte

$$A_{\text{corte}} = 3 \text{ mm}$$

2.9.5.2. Juntas longitudinales de contracción

Estas juntas son construidas paralelamente al eje de la carretera y se determinan por el ancho de calzada, su función es evitar las grietas en la carpeta de rodadura por tráfico y cambios de temperatura. La separación máxima para este tipo de juntas es de 3,8 metros y se debe cortar con una profundidad de $\frac{1}{4}$ del espeso de la losa, colocando un material flexible de relleno en la sisa, el cual evite el ingreso del agua.

Para esta carretera se clasificó por la tabla I, donde se obtuvo una carretera tipo F, la cual consta de un ancho de 5,50 metros, ya que por ser un camino rural no es necesario colocar bermas. Los resultados para dichas juntas se muestran a continuación:

- Espaciamiento

$$S = \frac{\text{Ancho de calzada}}{2} = \frac{5,50}{2} = 2,75 \text{ metros}$$

- Profundidad de corte

$$h_{\text{Corte}} = \frac{0,15}{4} = 0,0375 \text{ m} \cong 3,75 \text{ centímetros}$$

- Chequeo de relación entre largo y ancho de losas basada en el *Manual de diseño y construcción de juntas* de Samuel Trejo:

$$0,71 < \frac{x}{y} < 1,40$$

$$0,71 < \frac{3,60}{2,75} < 1,40$$

$$0,71 < 1,31 < 1,40; \text{ SI CHEQUEA}$$

2.10. Drenajes de vías pavimentadas

Los drenajes son de suma importancia para evacuar las lluvias que caen sobre el pavimento, ya que provoca grandes daños a la estructura, reduciendo el tiempo de vida útil y hace a la carretera insegura para los usuarios.

2.10.1. Consideraciones de drenaje en vías pavimentadas

Véanse las consideraciones tomadas para el diseño de los drenajes en la carretera.

2.10.1.1. Corriente de agua

Una corriente de agua es el desplazamiento de un volumen constante en una dirección, estos pueden ser ríos, mares y lagos. Para el diseño del tramo carretero no se tiene ningún cruce de ríos y lagos, por lo cual solo se evacuará el agua llovediza de la superficie de la carretera y taludes de corte.

2.10.1.2. Gradiente hidráulico

Es la pérdida de energía que se da a lo largo del recorrido del agua; es decir, representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud, es medida en el sentido del flujo del agua.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

- i : gradiente hidráulico adimensional
- Δh : cambio de altura entre dos puntos
- L : distancia en dirección del flujo entre los dos puntos

2.10.1.3. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico en carreteras consiste en determinar el tipo de sección y material, que sea capaz de evacuar el caudal de diseño, colocando criterios para el arrastre de sedimentos y así sea factible el tránsito del agua y su mantenimiento.

Se utilizó una sección transversal triangular para el diseño del drenaje longitudinal, por sus características de retirar sedimentos y su facilidad para la construcción.

2.10.1.4. Pendiente crítica

Para el diseño del drenaje longitudinal se utilizó la pendiente del perfil de la subrasante, siendo 14 % la pendiente crítica durante algunos tramos y 1,29 % la pendiente mínima.

2.10.2. Drenajes transversales

El objetivo de colocar drenajes transversales es de trasportar el agua de un lado del camino hacia el otro, desviándola rápidamente para que no se traslade por encima de la carretera y provoque infiltración en la estructura, realizando daños e inseguridad a los usuarios. Los drenajes transversales se

clasifican por la longitud de luz, los cuales pueden ser: puentes, cajas, bóvedas y alcantarillas. A continuación, se muestra el cálculo de la alcantarilla ubicada en la estación 0+703,41, el cual reúne el caudal de la microcuenca crítica de la carretera.

- Tiempo de concentración

Es el tiempo que le lleva una gota de agua de escorrentía llegar a un punto de desagüe. Se obtiene mediante la expresión matemática propuesta por Kirpich, porque es adecuado para Guatemala.

$$t_c = \frac{3L^{1,15}}{154H^{0,38}}$$

Donde:

- L: longitud del cauce en metros
- H: desnivel del cauce en metros
- t_c : tiempo de concentración en minutos

La microcuenca tiene una longitud de 733 metros y una diferencia de altura de 120 metros.

$$t_c = \frac{3 * 733^{1,15}}{154 * 120^{0,38}} = 6,23 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia

Es el volumen de precipitación por unidad de tiempo, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n}$$

Donde A, B y n son parámetros de ajuste y se obtienen mediante la tabla XVI, utilizando un periodo de retorno de 25 años.

Tabla XVI. **Parámetros de ajuste**

COBÁN								
Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
A	1 302	2 770	46 840	39 560	39 060	38 020	36 470	35 420
B	12	16	45	45	45	45	45	45
N	0,868	0,968	1,43	1,385	1,381	1,374	1,362	1,353
R2	0,997	0,989	0,996	0,995	0,995	0,995	0,995	0,995

Fuente: INSIVUMEH. *Informe de intensidades de lluvia*. www.insivumeh.gob.gt. Consulta: 1 de abril de 2019.

$$i = \frac{39\,060,00}{(45 + 6,23)^{1,381}} = 170,17 \text{ mm/hr}$$

- Coeficiente de escorrentía

Se define mediante el uso del suelo, pendiente y la permeabilidad. Se realizó mediante la tabla XVII, donde se encontró un coeficiente ponderado de 0,48, tomando en cuenta que la mitad de la microcuenca es tierra agrícola y la otra mitad es bosque.

Tabla XVII. **Coeficientes de escorrentía**

Uso del suelo	Pendiente del terreno (%)	Capacidad de infiltración del suelo		
		Alto (suelos arenosos)	Medio (suelos francos)	Bajos (suelos arcillosos)
Tierra agrícola	< 5	0,3	0,5	0,6
	5 a 10	0,4	0,6	0,7
	10 a 30	0,5	0,7	0,8
Potreros	< 5	0,1	0,3	0,4
	5 a 10	0,15	0,35	0,55
	10 a 30	0,2	0,4	0,6
Bosques	< 5	0,1	0,3	0,4
	5 a 10	0,25	0,35	0,5
	10 a 30	0,3	0,5	0,6

Fuente: Insivumeh. *Informe de intensidades de lluvia*. www.insivumeh.gob.gt. Consulta: 1 de abril de 2019.

- Caudal de diseño

Es el flujo de agua máxima que recolecta entre el drenaje superficial y la microcuenca. Se calcula mediante el método racional, a través de la siguiente expresión:

$$Q_d = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

- C: coeficiente de escorrentía
- A: área de la cuenca en hectáreas
- i: intensidad de lluvia en mm/hr

Figura 12. Área de la cuenca



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

De la figura 12 se obtuvo el área de la microcuenca la cual es de 17,63 hectáreas, con dicha área se calcula el caudal por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_d = \frac{0,48 * 170,17 * 17,63}{360} = 4,0 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Con el caudal encontrado se calcula el diámetro de la tubería a través de la siguiente expresión:

$$D = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Donde:

- D: diámetro en metros
- Q: caudal m³/seg
- n: rugosidad de tubería de concreto

- S: pendiente de tubería 2 %

$$D = \left(\frac{4,0 * 0,013 * 4^{5/3}}{0,02^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 1,06 \text{ m} \cong 41,88 \text{ plg}$$

Para el drenaje transversal de la estación 0+703,41 se propone una tubería de 42 pulgadas de diámetro por cuestiones de comercio y limpieza. El resto de los drenajes transversales se calculó mediante el procedimiento anteriormente descrito, determinando las áreas de las microcuencas y resultando tuberías de 36 pulgadas de diámetro suficientes para evacuar el caudal de diseño.

2.10.3. Drenajes longitudinales

Están basados en conductos abiertos paralelamente a la carretera, con la finalidad de drenar el agua superficial de la misma carreta y taludes. Las secciones transversales de las cunetas son de forma variables y dimensiones diferentes debido a su diseño. La pendiente de ellas, en la mayoría de casos, es la misma que la de subrasante. El caudal del drenaje longitudinal o cunetas son depositados en los drenajes transversales, con el fin de evacuar el agua de la estructura.

Para este proyecto se realizaron cunetas en forma de sección transversal triangular o tipo L, a continuación, se presenta el cálculo del tramo 0+800-1+000:

- Tiempo de concentración

El tramo 0+800-1+000 tiene una longitud de 233 metros y una diferencia de altura de 40 metros.

$$t_c = \frac{3 * 233^{1.15}}{154 * 40^{0.38}} = 2,53 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia

Se calculó mediante los valores obtenidos de la tabla XVI y el tiempo de concentración obtenido anteriormente:

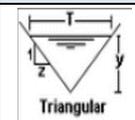
$$i = \frac{39\,060,00}{(45 + 2,53)^{1.381}} = 188,73 \text{ mm/hr}$$

- Caudal de diseño

Es el flujo de agua máxima que recolecta el drenaje superficial (cuneta) y taludes. Se calcula mediante el método racional, a través de la siguiente expresión Para el tramo 0+800-1+000 se tiene un área tributaria de talud y carretera de 0,80 hectáreas, coeficiente de escorrentía de 0,48 y una intensidad de lluvia de 188,73 mm/h.

$$Q_d = \frac{0,48 * 188,73 * 0,80}{360} = 0,20 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Figura 13. **Elementos geométricos e hidráulicos de sección triangular**

Sección	Área hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
	zy^2	$2y^2\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$

Fuente: Chow. *Elementos geométricos e hidráulicos de la sección transversal del canal triangular*. p 37.

De la figura 13 se determina la siguiente ecuación para el cálculo del caudal:

$$Q = \frac{A}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

De donde se obtiene la altura al despejando Y:

$$Y = \left[\frac{Q * n * (2^{\frac{2}{3}} \sqrt{1 + z^2})^{\frac{2}{3}}}{S^{\frac{1}{2}} * z} \right]^{\frac{3}{8}}$$

Con la expresión matemática anterior se procederá a sustituir los valores y encontrar la altura de la cuneta.

- Z: 1
- S: 14 %
- Q: 0,20 m³/seg

$$Y = \left[\frac{0,20 * 0,013 * (2^{\frac{2}{3}} \sqrt{1 + 1^2})^{\frac{2}{3}}}{0,14^{\frac{1}{2}} * 1} \right]^{\frac{3}{8}} = 0,20 \text{ m}$$

Luego se procede a calcular el ancho de la cuneta:

$$T = 2zy$$

$$T = 2(1)(0,20) = 0,40 \text{ m}$$

Para la cuneta de la carretera se proponen las siguientes dimensiones:
 Altura Y: 0,25 m, ancho T: 0,50 metros.

2.11. Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimento rígido

En la sección 502 de las Especificaciones Generales para Construcción de Carreteras y Puentes, regula el mantenimiento que se debe de dar al pavimento rígido, en los cuales se puede mencionar:

- Reparación de espesor parcial: consiste en colocar bacheo en astilladuras, esquinas faltantes, baches y otras superficies que se encuentren afectadas.
- Reparación de juntas: se debe de limpiar las juntas, removiendo los residuos existentes y luego se procede a colocar el resellado.
- Reparación de grietas: en las grietas existentes se realiza la limpieza, luego es reparada mediante la colocación de sello.
- Elevación del pavimento: este trabajo consiste en la nivelación del pavimento, perforando agujeros e insertando cemento hidráulico.

2.12. Presupuesto

Es la estimación del costo total de la obra, en el cual se incluirá los gastos de mano de obra, materiales y transporte necesario para llevar a cabo la ejecución.

En base a los planos constructivos de la carretera se obtuvieron la determinación de cantidades necesarias para realizar el tramo, luego aplicando el precio a cada uno de ellos resulta un valor aproximado en un momento dado.

2.12.1. Integración de precios unitarios

Está dado por un desglose de renglones que contienen la actividad, unidad y cantidad de materiales por utilizar, con el fin de encontrar el precio unitario y luego encontrar el valor estimado de la obra.

Tabla XVIII. Precios unitarios

PRECIO UNITARIO				
Renglón	0	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE		
Rendimiento	0,566	ha/día	Precio	Q15 934,21
				Q/ha
EQUIPO				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
16	Retroexcavadora	hora	264	Q4 224,00
4	Camión de volteo	día	1408	Q5 632,00
			Total	Q9 856,00
MANO DE OBRA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
6	Ayudantes	día	95	Q570,00
	Prestaciones		84,67 %	Q482,62
			Total	Q1 052,62
MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
15	Combustible	galón	22	Q330,00
			Total	Q330,00
Herramienta			5 %	Q52,63
Costo directo (equipo+mano de obra+herramientas)				Q11 291,25
Costo indirecto			26 %	Q2 935,72
Subtotal del renglón				Q14 226,97

Continuación de la tabla XVIII.

IVA	12 %	Q1 707,24
Costo Total		Q15 934,21
Costo Total por Hectárea		Q15 934,21

Fuente: elaboración propia.

2.12.2. Resumen de presupuesto

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los renglones de trabajo que se llevarán a cabo para la realización de la carretera que comunicará del Caserío Santa Cruz hacia aldea Chacalte.

Tabla XIX. Resumen de presupuesto

PRESUPUESTO APERTURA DE LA CARRETERA DE CASERÍO SANTA CRUZ HACIA ALDEA CHACALTE					
No	Descripción del renglon	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Renglon
	Trabajos preliminares				
0	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	1,77	Q15 934,21	Q28 203,56
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	km	2,43	Q3 533,45	Q8 586,29
	Subtotal				Q36 789,85
	Movimiento de tierras				
2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	m3	11476,32	Q33,57	Q385 305,03
3	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA CON DESPERDICIO	m3	3855,23	Q37,85	Q145 936,44
	Subtotal				Q531 241,47
	PAVIMENTO				
4	Conformación y reacondicionamiento de la subrasante	m2	13608	Q21,19	Q288 289,38
5	Conformación y reacondicionamiento de base granular	m3	1360,8	Q139,73	Q190 149,62
6	Carpeta de rodadura rigida espesor 6"	m3	2004,75	Q1 620,15	Q3 247 993,52
	Subtotal				Q3 726 432,53
	Drenaje				
7	Cuneta	ml	1420	Q178,94	Q254 099,26
8	Excavación de alcantarilla	m3	176	Q64,81	Q11 406,24
9	Tubería drenaje transversal 36"	ml	66	Q1 495,94	Q98 732,15
10	Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida	m3	22	Q2 535,36	Q55 777,86
	Subtotal				Q420 015,51
Total					Q4 714 479,35
Total por kilometro					Q1 940,11

Fuente: elaboración propia.

2.13. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tiene la finalidad de llevar un control del proyecto a la hora de la ejecución en cuestión del tiempo con el avance físico y financiero, se muestra a continuación:

Tabla XX. Cronograma de ejecución físico y financiero

RENGLÓN	MES 1				MES 2				MES 3			
0	Q28 203,56											
1	Q8 586,29											
2		Q385 305,03										
3		Q145 936,44										
4					Q288 289,38							
5						Q190 149,62						
6							Q3 247 993,52					
7								Q254 099,26				
8			Q11 406,24									
9			Q98 732,15									
10					Q55 777,86							
Total	Q36 789,85	Q177 080,49	Q232 149,68	Q232 149,68	Q123 985,39	Q187 368,60	Q971 478,05	Q875 381,59	Q875 523,20	Q875 523,20	Q63 524,82	Q63 524,82
Total Acumulado	Q36 789,85	Q213 870,33	Q446 020,02	Q678 169,70	Q802 155,09	Q989 523,69	Q1 961 001,74	Q2 836 383,32	Q3 711 906,52	Q4 587 429,72	Q4 650 954,53	Q4 714 479,35

Fuente: elaboración propia.

2.14. Evaluación ambiental

Es el estudio de los factores ambientales afectados en el inicio de la construcción del tramo carretero de la aldea Chacalte hacia el caserío Santa Cruz.

El estudio de impacto ambiental se encuentra en el anexo 2 con el formato que define el formulario DVGA-GA-002 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

3. MEJORAMIENTO DE CARRETERA Y DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ

Este inciso detalla el procedimiento que se ha realizado para el diseño de la carretera pavimentada que comunica con la aldea Siguanha Pocolá, en el municipio de San Pedro Carchá.

3.1. Descripción del proyecto por desarrollar

El proyecto trata sobre el mejoramiento del tramo vial con una longitud de tres kilómetros aproximados, el cual conducirá a aldea Siguanha Pocolá del municipio de San Pedro Carchá en el departamento de Alta Verapaz.

Consiste en pavimentar el camino de herradura que se tiene, realizando el diseño de la carpeta de rodadura rígida y una base granular, las cuales serán propuestas en base al resultado del estudio de suelos. Con el diseño de la carretera se pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes y así tener un crecimiento económico para la aldea.

3.2. Especificaciones de diseño

Para el diseño del tramo carretero se emplearon los parámetros de diseño del libro de Especificaciones Generales para Construcción de Puentes y Carreteras de la Dirección General de Camino (DGC), Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras (SIECA) y método de la *Portland Cement Association* (PCA).

En base al tránsito promedio diario proyectado a veinte años se tiene que la carretera rural pasará menos de 100 vehículos diarios, siendo una carretera tipo F según la tabla No.1 obtenida de la Dirección General de Caminos de Guatemala.

3.3. Definiciones

En breve se mostrarán los conceptos utilizados para el diseño de la carretera y se colocarán un ejemplo de cálculo:

3.4. Topografía

Se realizó un levantamiento topográfico de una poligonal abierta a través de una estación total Trimble M3, orientando al norte con la ayuda de una brújula en la primera estación, para luego realizar mediciones transversales a cada 20 metros de longitud en tangente y a cada 10 metros en curvas.

3.4.1. Planimetría

El estudio del terreno se procedió en la medición de una poligonal abierta, formando una superficie plana horizontal con las coordenadas X y Y, las cuales fueron referenciadas al norte con ayuda de una brújula. El equipo que se utilizó fue una estación total Trimble M3, la cual trabaja con el método de conservación de azimut.

3.4.2. Altimetría

Para el estudio de altimetría se realizó mediante la medición de la poligonal abierta, tomando un punto de referencia al inicio de la medición y en

base a ella obtener el resto de alturas en lo largo del tramo y así realizar el perfil del terreno, para el diseño del alineamiento vertical de la carretera y diseñar los drenajes. El instrumento que se utilizó es una estación total Trimble M3, que utiliza el método de nivelación trigonométrica para encontrar la cota en los diferentes puntos.

3.5. Ensayos de suelos

En el diseño de un tramo de carretera es de suma importancia realizar estudios de suelos de la subrasante, para lo cual se tomó una muestra alterada del suelo y se llevó al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se realizaron los ensayos con el fin de determinar las características físicas y mecánicas del suelo.

3.5.1. Ensayo de granulometría

El ensayo de granulometría por el método de tamizado consiste en colocar la muestra de suelo seco por un conjunto de tamices, los cuales se ordenan de mayor a menor tamaño de abertura, luego se ingresa la muestra de suelo a los tamices quedando retenidas las partículas de mayor diámetro en los tamices con menor diámetro de abertura. Dando como resultado el análisis granulométrico, el cual se refiere a la cantidad en porcentaje de los diferentes tamaños de partículas que conforman al suelo.

Resultando como descripción de suelo: arena limosa color café, clasificación; S.C.U.: ML y P.R.A.: A-4 y con el porcentaje de partículas siguientes: grava: 0,00, arena: 46,77 y finos: 53,23.

3.5.2. Límites de atterberg

El contenido de agua para que el suelo pase de un estado a otro es llamado límites de consistencia o atterberg, el cual está dado por valores de humedad.

3.5.2.1. Límite líquido

Está definido por el contenido de humedad en porcentaje al peso seco de la muestra, con el cual la muestra pasa de estado líquido a plástico.

Realizando el ensayo se determinó que el suelo no contiene límite líquido.

3.5.2.2. Límite plástico

Se define por el contenido de humedad, indicado en porcentaje del peso de la muestra la cual fue secada en horno, donde los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a plástico. Resultando para la muestra ensayada que el suelo no tiene límite plástico.

3.5.2.3. Índice plástico

Se define por la diferencia de los valores entre el límite líquido y plástico, dependiendo generalmente por la cantidad de arcilla que posee la muestra que se está analizando. Para este caso la diferencia algebraica da como resultado cero, por no ser un suelo plástico.

3.5.3. Ensayo de compactación o proctor modificado

El ensayo de proctor modificado consiste en compactar el suelo con un martillo en caída libre en diferentes capas, donde el suelo se encuentra dentro de un molde cilíndrico, se ensaya el suelo a diferentes humedades con el fin de encontrar la humedad óptima y densidad seca máxima del suelo.

Como resultado de realizar el ensayo de proctor modificado regido por la norma A.A.S.H.T.O. T-180, se obtiene que el suelo tiene una densidad seca máxima de $1\ 515,49\text{ kg/m}^3$ o $94,60\text{ lb/pie}^3$ y humedad óptima (Hop) de 22,80 %.

3.5.4. Ensayo de valor soporte (CBR)

Es el índice de la resistencia del suelo ante el esfuerzo contante, estando en condiciones diferentes de humedad y compactación, resultando el porcentaje de la carga que se necesita para que penetre un pistón de sección circular la muestra de suelo, respecto de la carga que se necesita para que el mismo pistón penetre la misma profundidad en piedra triturada.

Se realizó el ensayo bajo la norma A.A.S.H.T.O. T-193, en el cual se obtuvo que el suelo a una humedad de 22,80 % y con una contracción de 95 %; da como resultado un C.B.R. de 5,63 %.

3.5.5. Análisis de resultados

A continuación, se presentan un resumen de los resultados de estudios de suelos y las gráficas obtenidas se encuentran en los anexos.

Resultados de suelos:

- Descripción del suelo: limo arenoso color café
- Porcentaje de partículas: grava: 0,00, arena: 46,77 y finos: 53,23
- Clasificación: S.C.U.: ML y P.R.A.: A-4
- Límite líquido: no posee
- Límite plástico: no posee
- Índice plástico: 0
- Densidad seca máxima: 1 515,49 kg/m³ o 94,60 lb/pie³
- Humedad óptima (Hop): 22,80 %
- CBR al 95 % de compactación: 5,63 %

3.6. Tránsito promedio diario

Para el diseño de la carretera es de suma importancia realizar el conteo de vehículos que transitan por ella diariamente, obteniendo la cantidad de vehículos se procede a determinar; las necesidades geométricas, número de carriles, alineamientos, anchos y pendientes.

Para esta carretera se realizó el tránsito promedio diario (TPD) en octubre de 2018, el cual resulto con 36 vehículos, entre ellos camiones C-2 de 15,5 toneladas, carros sedan, pickups, motocicletas y bicicletas. Realizando una proyección con un periodo de diseño de 20 años y con una tasa de crecimiento de 3,5 % se obtiene el siguiente resultado:

$$TPD = 36(1 + 0,035)^{20} = 72 \text{ veh\u00edculos}$$

Con el tránsito promedio diario obtenido se determinó el tipo de carretera a través de la tabla I, la cual será una “tipo F”, con un ancho de calzada de

5,50 metros, por las condiciones de la topografía se determinó una velocidad de 20 kilómetros por hora, con radios mínimos de 18 metros y una pendiente máxima del 14 %.

3.7. Diseño geométrico de una carretera

El diseño geométrico de una carretera se basa en ubicar el trazo de la carretera en el terreno disponible para la construcción, para lo cual se realiza el alineamiento horizontal y vertical, con el fin de cumplir las normas y obtener una carretera segura a los usuarios.

El diseño está limitado por los factores como: topografía del terreno, tránsito promedio diario, velocidad de diseño y el tipo de suelo, para que sea una infraestructura vial cómoda y segura.

Se realizaron los alineamientos geométricos a través del software AutoCAD Civil 3D 2018, en base a los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico.

3.7.1. Alineamiento horizontal

Es el diseño de la carretera vista desde la proyección de la planta, la cual está conformada por rectas tangentes, curvas circulares y curvas espirales.

3.7.1.1. Línea preliminar

La línea preliminar es la poligonal previa del eje de vía que debe pasar por los puntos obligatorios del proyecto conservando una adecuada pendiente y que merezca un análisis más profundo, a la línea preliminar se efectúa una

topografía de precisión a lo ancho del derecho de vía para el diseño de la carretera.

La línea preliminar o la línea que tiene el camino de herradura es la que se utilizará, solo se mejorarán los radios de curvatura y se colocarán curvas de transición para hacer más segura la carretera.

3.7.1.2. Diseño de localización

La línea de localización se realiza mediante la topografía y los puntos obligados como puentes y casas, en parte es igual a la línea preliminar y en otras ocasiones es diferente por cumplir con las normas y evitar cortes y rellenos excesivos.

Para realizar el diseño de localización de carretera se tomó como base el camino de herradura ya que este pasa por los puntos obligatorios y no tiene pendientes tan grandes, por lo cual no se moverá demasiado la línea preliminar con la de localización.

3.7.1.3. Tangentes

Son segmentos de rectas que unen curvas horizontales, es decir que empiezan en el PT y finalizan en el PC. Al prolongar las rectas resulta un punto PI formando un ángulo de deflexión (Δ).

Para este diseño se utilizaron tangentes mínimas de 42 m obtenidas de la figura 2 y donde no cumplía con dicha tangente se colocaron curvas de transición.

3.7.1.4. Elementos de curvas horizontales

Una curva horizontal es utilizada para unir rectas tangentes consecutivas, dándoles suavidad y seguridad a los usuarios. En la figura 3 se muestra los elementos de una curva horizontal.

A continuación, se presentará una breve descripción de los componentes de una curva horizontal:

- Radio (R)

Es la distancia del principio de curva (PC) o principio de tangente (PT) con el centro de la curva. Para el diseño de esta carretera se utilizarán radios mínimos de 18 metros, obtenidos en la tabla I, ya que es una carretera tipo F.

- Deflexión (Δ)

Se obtiene con la diferencia del azimut de entrada con el azimut de salida, los cuales se encuentran en los puntos de intersección (PI), es definido por ser el ángulo central de la curva.

$$\Delta = Azimut_{salida} - Azimut_{entrada}$$

- Grado de curvatura (G)

Es el ángulo central que subtiende un arco que posee una longitud variable, el arco es inconstante en las diferentes regiones, en Guatemala se utiliza 20 m de longitud. Se obtiene mediante la siguiente expresión matemática:

$$G = \frac{1145,9156}{R}$$

- Longitud de curva (Lc)

Es la longitud de arco entre el principio de curva PC y el principio de tangente PT, se calcula con la siguiente expresión:

$$Lc = \frac{20\Delta}{G}$$

- Subtangente (St)

Es la distancia entre el punto de intersección PI y el principio de tangente PT o el principio de curva PC, medida en prolongación de la recta tangente a la curva. Se calcula en base a la siguiente ecuación:

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

- Cuerda máxima (CM)

Es la recta que une dos puntos de una curva, donde un punto es el principio de curva PC y el otro el principio de tangente PT. Se expresa mediante la siguiente expresión:

$$CM = 2 * R * \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

- External (E)

Se define por la distancia entre el punto de intersección PI y el punto medio de la curva. Se expresa por medio de la siguiente ecuación:

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

- Ordenada media (M)

Es la longitud de entre el centro de la cuerda máxima y el punto medio de la curva. Es expresado a través de la siguiente expresión:

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

3.7.1.5. Curva de transición

Estas curvas tienen la función de unir una tangente con la curva circular, resultando un cambio gradual al pasar de tangente a curva, obteniendo una mayor comodidad, seguridad y estética vial. Son utilizadas en curvas horizontales con radios pequeños o mínimos, ya que con ellas se obtienen cambios graduales de radios, empezando en infinito en tangente y terminando con el radio de la curva circular.

3.7.1.6. Sobreechancho

En las curvas es de suma importancia tener más ancho que en las tangentes, ya que para el conductor es difícil mantener el carro en el centro de carril cuando pasa por la curva a la velocidad de diseño. El sobreechancho está

dado por el radio de curva, siendo en las curvas de radios pequeños mayor y en curvas de radios grandes menor, esto ayuda a que la carretera sea segura y cómoda.

En la tabla II, se muestran las medidas de sobreelevación que debe aplicarse según los datos de curvas circulares como: grado de curvatura, tipo de carretera y velocidad de diseño.

3.7.1.7. Peralte

La sobreelevación es el cambio gradual del bombeo el cual ayuda a los vehículos a girar más cómodamente, esto se debe a la inclinación que toma la carretera formando una fuerza normal a la superficie que contrarreste la aceleración centrífuga.

En la tabla III, se muestran las medidas de peralte que deben aplicarse según los datos de curvas circulares como: grado de curvatura, radio y velocidad de diseño.

A continuación, se ejemplificará el cálculo de una curva horizontal, tomando los datos de la curva No.2:

- Datos
 - R: 200 m
 - Rumbo entrada: N47° 34' 13"W
 - Rumbo salida: N63° 23' 02"W
 - PC: 0+177,82 m

- Grado de curvatura

$$G = \frac{1\,145,915}{200} = 5,73$$

- Deflexión

$$\Delta = 63^\circ 23' 02'' - 47^\circ 34' 13'' = 15^\circ 48' 49'' = 15,81$$

- Longitud de curva

$$Lc = \frac{20 * 15,81}{5,73} = 55,20 \text{ m}$$

- Subtangente

$$St = 200 * \tan\left(\frac{15,81}{2}\right) = 27,78 \text{ m}$$

- External

$$E = 200 \left[\sec\left(\frac{15,81}{2}\right) - 1 \right] = 1,92 \text{ m}$$

- Ordenada media

$$OM = 200 \left[1 - \cos\left(\frac{15,81}{2}\right) \right] = 1,90 \text{ m}$$

- Cuerda máxima

$$CM = 2 * 200 * \text{Sen}\left(\frac{15,81}{2}\right) = 55,02 \text{ m}$$

- Punto de intersección

$$PI = PC + St = (0 + 177,82) + (0 + 27,78) = 0 + 205,59 \text{ m}$$

- Punto de principio de tangente

$$PT = PC + Lc = (0 + 177,82) + (0 + 55,20) = 0 + 233,02 \text{ m}$$

- Sobreancho

Se obtuvo de la tabla No.II; colocando el grado de curvatura y la velocidad de diseño, resultando: 0,8 m.

- Peralte

Se obtuvo de la tabla No.III; colocando el grado de curvatura, la velocidad de diseño y el radio de la curva, resultando: e%: 2,1 y Ls: 17 m.

- Resultados de las curvas horizontales

Tabla XXI. Resultados de las curvas horizontales

ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES																
NO. CURVA	RUMBO DE ENTRADA	RUMBO DE SALIDA	RADIO DE CURVA	GRADO DE CURVATURA	DEFLEXION	LONGITUD DE CURVA	SUBTANGENTE	EXTERNAL	ORDENADA MEDIA	CUERDA MAXIMA	PC	PI	PT	SA	e%	Ls
1	N33° 08' 36" W	N47° 34' 13" W	200	5,73	14,43	50,36	25,31	1,60	1,58	50,23	0+054.98m	0+080.29m	0+105.34m	0,8	2,1	17
2	N47° 34' 13" W	N63° 23' 02" W	200	5,73	15,81	55,20	27,78	1,92	1,90	55,02	0+177.82m	0+205.59m	0+233.02m	0,8	2,1	17
3	N63° 23' 02" W	N15° 56' 02" W	60	19,10	47,45	49,69	26,37	5,54	5,07	48,28	0+302.70m	0+329.07m	0+352.39m	1,4	6,4	29
4	N15° 56' 02" W	N43° 13' 28" W	91,59	12,51	27,29	43,62	22,23	2,66	2,59	43,21	0+361.81m	0+384.04m	0+405.43m	1,1	4,5	20
5	N43° 13' 28" W	N16° 18' 32" E	60	19,10	59,53	62,34	34,32	9,12	7,92	59,58	0+499.29m	0+533.61m	0+561.63m	1,4	6,4	29
6	N16° 18' 32" E	N36° 36' 36" W	40	28,65	52,92	36,94	19,91	4,68	4,19	35,65	0+674.53m	0+694.43m	0+711.47m	1,9	8,7	39
7	N36° 36' 36" W	N11° 12' 53" E	80	14,32	47,82	66,78	35,47	7,51	6,87	64,85	0+713.02m	0+748.49m	0+779.80m	1,2	4,8	22
8	N11° 12' 53" E	N33° 41' 24" E	139,8	8,20	22,48	54,82	27,77	2,73	2,68	54,47	0+874.52m	0+902.29m	0+929.34m	0,9	2,8	17
9	N33° 41' 24" E	N9° 56' 48" W	149,8	7,65	43,64	114,11	59,98	11,56	10,73	111,37	0+945.78m	1+005.76m	1+059.89m	0,9	2,8	17
10	N9° 56' 48" W	N29° 43' 11" E	100	11,46	39,67	69,23	36,07	6,31	5,93	67,86	1+063.07m	1+099.14m	1+132.30m	1	3,8	17
11	N29° 43' 11" E	N39° 04' 37" E	200	5,73	9,36	32,66	16,37	0,67	0,67	32,63	1+200.98m	1+217.35m	1+233.65m	0,8	2,1	17
12	N39° 04' 37" E	N18° 00' 28" E	200	5,73	21,07	73,55	37,19	3,43	3,37	73,13	1+247.45m	1+284.64m	1+321.00m	0,8	2,1	17
13	N18° 00' 28" E	N73° 13' 44" E	98,5	11,63	55,22	94,93	51,52	12,66	11,22	91,30	1+322.80m	1+374.32m	1+417.74m	1,1	3,8	17
14	N73° 13' 44" E	N2° 04' 16" E	145,3	7,88	71,16	180,49	103,97	33,36	27,13	169,11	1+440.50m	1+544.47m	1+621.00m	0,9	2,8	17
15	N2° 04' 16" E	N17° 46' 28" E	495,7	2,31	5,70	49,34	24,69	0,61	0,61	49,32	1+637.69m	1+706.05m	1+773.55m	0,6	BN	38
16	N17° 46' 28" E	N23° 30' 31" W	96,27	11,90	41,28	69,36	36,27	6,60	6,18	67,87	1+874.19m	1+910.45m	1+943.55m	1,1	4,2	19
17	N23° 30' 31" W	N50° 59' 08" E	120,3	9,52	74,49	156,46	91,50	30,83	24,54	145,67	1+962.90m	2+054.40m	2+119.36m	1	3,5	17
18	N50° 59' 08" E	N59° 27' 18" E	200	5,73	8,47	29,56	14,81	0,55	0,55	29,54	2+198.82m	2+213.63m	2+228.38m	0,8	2,1	17
19	N59° 27' 18" E	N39° 08' 18" E	200	5,73	20,32	70,92	35,84	3,19	3,14	70,55	2+274.51m	2+310.35m	2+345.43m	0,8	2,1	17
20	N39° 08' 18" E	N16° 53' 19" W	55,22	20,75	56,03	54,00	29,38	7,33	6,47	51,87	2+358.44m	2+387.82m	2+412.44m	1,5	7	32
21	N16° 53' 19" W	N29° 14' 19" E	76,47	14,99	46,13	61,56	32,56	6,64	6,11	59,91	2+443.29m	2+475.85m	2+504.85m	1,2	5,2	23
22	N29° 14' 19" E	N17° 30' 07" W	90	12,73	46,74	73,42	38,89	8,04	7,38	71,40	2+540.73m	2+579.62m	2+614.15m	1,1	4,5	20
23	N17° 30' 07" W	N54° 35' 08" E	21,9	52,33	72,09	27,55	15,93	5,18	4,19	25,77	2+623.15m	2+639.09m	2+650.70m	0	0	0
24	N54° 35' 08" E	N1° 32' 12" W	31,11	36,83	56,12	30,47	16,58	4,14	3,66	29,27	2+719.26m	2+735.95m	2+749.93m	2,3	9,6	43

Fuente: elaboración propia.

3.7.2. Alineamiento vertical

Es la proyección vista desde el perfil de la carretera, observando el perfil del terreno natural y sobre ella diseñar la subrasante final.

Está dado por las curvas verticales y tangentes, siendo las tangentes limitadas por la pendiente de diseño.

3.7.2.1. Elementos de curvas verticales

Son utilizadas para suavizar los cambios de pendientes consecutivas del alineamiento vertical, resultando un camino seguro y confortable a los usuarios, agradable apariencia y características de drenaje adecuada para la evacuación del agua superficial. En la figura 4 se muestran los elementos que conforman una curva vertical, así como los nombres.

En la tabla VI se muestran los valores mínimos de k, para las diferentes velocidades de diseño, tomando en cuenta la distancia de parada, criterio de comodidad, drenaje y seguridad para diseño de curvas verticales.

3.7.2.2. Correcciones

Son aplicadas a la línea de la subrasante diseñada, con el fin de obtener las elevaciones o cotas de la curva formada entre el cambio de pendientes. Se determinan mediante la siguiente expresión:

$$Y = \frac{A * L^2}{200 * LCV}$$

$$OM = \frac{A}{800} * LCV$$

Se ejemplificarán los cálculos de corrección de curvas verticales, tomando en cuenta los datos de la curva No.3:

- Datos
 - Pendiente de entrada: 1,81

- Pendiente de salida: -9,01
 - Tipo de curva: Cóncava
 - Velocidad: 20 km/hora
 - Estación PIV: 0+620,00 m
- Diferencia de pendientes

$$A = P_s - P_e$$

$$A = |1,81 - (-9,01)| = 10,82$$

- Cálculo de longitud de curva vertical

Se tomará en cuenta la constante "K" de la tabla No.V para curvas cóncavas, la cual es de 3 redondeado.

$$LCV = KA$$

Proponiendo una constante K de 12 por las condiciones del terreno, el resultado es el siguiente:

$$LCV = 12 * 10,82 = 129,84 \text{ m}$$

- Principio de curva vertical

$$PCV = PIV - \frac{LCV}{2}$$

$$PCV = 0 + 620,00 - \frac{129,84}{2} = 0 + 555,08 \text{ m}$$

- Principio de tangente vertical

$$PCV = PIV + \frac{LCV}{2}$$

$$PTV = 0 + 620,00 + \frac{129,84}{2} = 0 + 684,92 \text{ m}$$

- Corrección de la subrasante en el PIV

$$Y = \frac{A * L^2}{200 * LCV}$$

$$Y = \frac{10,82 * \left(\frac{129,84}{2}\right)^2}{200 * 129,84} = -1,76 \text{ m}$$

- Resultados de la corrección de la curva No.3

Tabla XXII. **Corrección curva No.3**

CORRECCIÓN CURVA NO.3				
EST	LINEA	ELEVACIÓN SUBRASANTE	CORRECCIÓN	CORREGIDA
0+555,08	1,81	186,79	0	186,79
0+560		186,69	-0,01	186,68
0+580		186,33	-0,25	186,08
0+600		185,97	-0,84	185,13
0+620	X	185,61	-1,76	183,85
0+640	-9,01	183,81	-0,84	182,97
0+660		182	-0,25	181,75
0+680		180,2	-0,01	180,19
0+684,92		179,76	0	179,76

Fuente: elaboración propia.

- Resultado de las curvas verticales

Tabla XXIII. Resultado de las curvas verticales

RESULTADO DE CURVAS VERTICALES															
No. CURVA	Pendiente entrada %	Pendiente salida %	A %	TIPO DE CURVA	LCV	K Calculado LCV/A	k de diseño	CUMPLEN	Estación PCV	Estación PIV	Estación PTV	RADIO	Elevación Subrasante PIV (m)	Corrección Y	Subrasante Corregida PIV
1	5,06	-3,92	8,98	Cóncava	214,88	23,9	3	SI	0+087.56	0+195.00m	0+302.44	2392.901m	191,00	-2,41	188,59
2	-3,92	1,81	5,73	Convexa	176,24	30,8	1	SI	0+335.13	0+423.25m	0+511.37	3075.833m	182,05	1,26	183,32
3	1,81	-9,01	10,82	Cóncava	129,84	12	3	SI	0+555.08	0+620.00m	0+684.92	1200.000m	185,61	-1,76	183,85
4	-9,01	3,64	12,65	Convexa	121,88	9,64	1	SI	0+699.06	0+760.00m	0+820.94	963.549m	173,00	1,93	174,93
5	3,64	9,14	5,5	Convexa	98,08	17,8	1	SI	0+875.96	0+925.00m	0+974.04	1783.343m	179,00	0,67	179,67
6	9,14	-5,24	14,38	Cóncava	133,72	9,3	3	SI	1+028.22	1+095.08m	1+161.94	929.852m	194,54	-2,40	192,14
7	-5,24	6,1	11,34	Convexa	50,12	4,42	1	SI	1+163.44	1+188.50m	1+213.56	442.017m	189,64	0,71	190,35
8	6,1	-0,98	7,08	Cóncava	84,96	12	3	SI	1+238.04	1+280.52m	1+323.00	1200.000m	195,25	-0,75	194,50
9	-0,98	-7,76	6,78	Cóncava	74,21	10,9	3	SI	1+383.75	1+420.86m	1+457.97	1094.599m	193,88	-0,63	193,25
10	-7,76	4,73	12,49	Convexa	73,37	5,87	1	SI	1+463.31	1+500.00m	1+536.68	588.793m	187,74	1,15	188,89
11	4,73	-11	15,74	Cóncava	71,76	4,56	3	SI	1+539.65	1+575.53m	1+611.41	455.869m	191,32	-1,41	189,90
12	-11,01	-3,96	7,05	Convexa	47,95	6,8	1	SI	1+628.76	1+652.74m	1+676.71	680.229m	182,81	0,42	183,23
13	-3,96	11,05	15,01	Convexa	54,16	3,61	1	SI	1+709.05	1+736.13m	1+763.21	362.498m	179,51	1,02	180,53
14	11,05	-13,8	24,85	Cóncava	103,90	4,18	3	SI	1+763.60	1+815.55m	1+867.49	418.143m	188,29	-3,23	185,06
15	-13,8	-6,96	6,84	Convexa	82,08	12	1	SI	2+013.86	2+054.90m	2+095.94	1200.000m	155,27	0,70	155,97
16	-6,96	-5,26	1,7	Convexa	64,92	38,2	1	SI	2+227.54	2+260.00m	2+292.46	3818.850m	141,00	0,14	141,14
17	-5,26	-13,4	8,1	Cóncava	97,20	12	3	SI	2+522.57	2+571.17m	2+619.77	1200.000m	124,62	-0,98	123,64

Fuente: elaboración propia.

3.8. Movimiento de tierras

Consiste en determinar la cantidad de volúmenes de corte o relleno que se obtienen con la diferencia entre la subrasante y el terreno natural. Esta parte es de suma importancia para el costo del proyecto, por lo cual es adecuado colocar la subrasante pegada al terreno natural, resultando un proyecto viable.

3.8.1. Secciones transversales y típica

Están dados por cortes transversales verticales al eje horizontal de la carretera, en las cuales se muestra el ancho de carril, hombros, taludes, bermas, cunetas, entre otros.

Durante el movimiento de tierras se forman cuatro tipos de secciones transversales la cuales se muestran en la figura 5. Para este proyecto se realizaron secciones a 20 m en tangente y a cada 10 en curvas.

A través del TPA se determinó mediante la tabla I, que la carretera es tipo F, con un ancho de calzada de 5,50 metros.

3.8.2. Cálculo de áreas en secciones transversales

Es el cálculo del área del material en la sección, tanto de corte como de relleno o de ambas dependiendo el tipo sección.

Para determinar las áreas en las secciones se utilizó el método de determinantes, consiste en obtener las coordenadas de los puntos que delimitan la sección y con ellas encontrar el área como se ejemplifica en la figura 6.

Se utiliza la siguiente expresión para determinar el área de la figura 6.

$$A = \frac{1}{2} \sum [X_n * Y_{n+1} - Y_n * X_{n+1}]$$

Para el diseño de este proyecto se realizaron los cálculos de áreas por el uso del software Civil 3D 2018, donde se realizaron las secciones en tangente a 20 m y en curvas a cada 10 metros.

3.8.3. Cálculo de volúmenes

Consiste en determinar el volumen entre dos secciones transversales consecutivas, pueden darse prismoides de corte o de relleno como se muestra

en la figura 7 o se puede dar el caso de obtener volumen de corte y de relleno entre dos secciones la cual se muestra en la figura 8.

Para el primer caso se emplea el método de áreas media, a través de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} * L$$

Donde:

- A_1 : área de la primera sección transversal
- A_2 : área de la segunda sección transversal
- L : longitud entre las secciones

En el segundo caso donde se tiene una sección de corte y otra de relleno, se procede a calcular la distancia de corte y de relleno, para que el resultado sea preciso y real. A continuación, se muestran las ecuaciones para el cálculo de la distancia de relleno o de corte:

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

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

Donde:

- A_c : área de corte
- A_r : área de relleno
- d_c : distancia de corte
- d_r : distancia de relleno

Encontradas las distancias se procede a calcular los volúmenes a través de las siguientes expresiones:

$$V_r = \frac{A_r}{2} * d_r$$

$$V_c = \frac{A_c}{2} * d_c$$

Para este proyecto se realizaron los cálculos de volúmenes de corte y de relleno por medio del software Civil 3D 2018, el cual lo realiza por el método de interpolación. Ejemplo del cálculo de volumen para la estación 0+090 a 0+100:

- Datos
 - Área de relleno de la estación 0+090: 16,84 m²
 - Área de relleno de la estación 0+100: 17,81 m²
 - Longitud: 10 metros

- Cálculo de volumen de la estación 0+090-0+100

$$V = \frac{\text{área est } 0 + 090 + \text{área est } 0 + 100}{2} * L$$

$$V = \frac{16,84 + 17,81}{2} * 10 = 173,25 \text{ m}^3$$

El resultado del volumen de relleno para el tramo de la estación 0+090 a 0+100, es de 346,50 m³ de suelo, el resto de resultados se encuentra en el plano No.12.

3.8.4. Balance y diagrama de masas

Con los volúmenes encontrados en el movimiento de tierras se procedió a realizar el diagrama de masas, con el fin de determinar la cantidad de material faltante o sobrante, es de suma importancia lograr el menor movimiento de tierra en el proyecto. En la figura 9 se muestra un ejemplo del diagrama de masas.

3.9. Diseño de pavimento rígido

Está formado por un conjunto de elementos que trasladan las cargas unitarias del tránsito al suelo, los elementos son los siguientes: subrasante, subbase y carpeta de rodadura.

En este caso para el diseño de cada uno de los elementos se utilizará el método PCA simplificado, el cual consiste en clasificar la carretera por categoría de eje-carga, siendo un tránsito promedio diario (ADT) de 72 vehículos proyectado a 20 años, tomando en cuenta un tránsito de camiones diario de 12 a 14. Basándose en la tabla IX se determina que la carretera por categoría eje carga es número 1 (calles, residenciales, rurales y secundarias).

3.9.1. Sub-rasante

Se obtiene luego de realizar el movimiento de tierras (corte o relleno), la capa es compactada para que soporte las cargas transmitidas de la su-base.

A través del ensayo de CBR resultó que el suelo al 95 % de compactación da un 5,63 % de valor soporte.

3.9.2. Sub-base

Elemento conformado por una capa que forma parte del pavimento, está situada por debajo de la carpeta de rodadura y su función es transmitir las cargas unitarias del tránsito a la subrasante.

El diseño se realizó encontrando el valor “k” de la subrasante, el cual se obtiene mediante el resultado de ensayo del valor de CBR en el esquema de la figura 10, el cual resulta 150 lb/plg³ de valor de “k” con un 5,63 % de CBR.

Se propone utilizar una subbase de 4 pulgadas (10 cm) para aumentar el valor de “k”, el cual resulta de 195 lb/plg³, basándose en la tabla X. Luego se procedió a ubicar el tipo de suelo con el valor “k” encontrado, mediante la tabla XI se determina que el soporte es alto.

3.9.3. Diseño de carpeta de rodadura por el método PCA Simplificado

Encontrando el resultado del valor soporte del suelo formado por el conjunto de la subrasante y la subbase, se procede a diseñar el peralte de la carpeta de rodadura, siendo una carretera categoría eje-carga tipo 1, soporte alto, sin hombros, con juntas de trabe por agregados y un módulo de ruptura de 600 psi (42 kg/cm²).

Para el diseño de la carpeta de rodadura se propone un peralte de 6 pulgadas (15 cm), con un módulo de ruptura de 42 kg/cm² y resistiendo un paso de 98 ADTT; siendo mayor a 14 camiones, se obtuvo basándose en la figura 11.

3.9.4. Diseño de mezcla

Para el diseño de mezcla se propuso un módulo de ruptura de 42,18 kg/cm², resultando una resistencia a compresión de 280 kg/cm².

Se utilizó el método del ACI 211.1-91 para realizar el diseño de mezcla, el procedimiento se muestra en la sección 2.9.4 del informe, obteniendo la siguiente proporción por pesos:

1 : 2,30 : 3,26 : 0,57

La proporción volumétrica obtenida para el diseño de mezcla para el pavimento es la siguiente:

1 : 2,32 : 3,09 : 0,86

3.9.5. Juntas de pavimento de concreto

Son utilizadas para que las grietas del pavimento ocurran en las juntas y no en otra parte de las losas, estas se construyen transversalmente al eje de la carretera y longitudinalmente para dividir los carriles.

3.9.5.1. Juntas transversales de contracción

Son construidas transversalmente al eje de la carretera, con el fin de contrarrestar el agrietamiento por las contracciones causadas por los cambios de temperatura y humedad. La profundidad adecuada de corte se da a una profundidad de 1/3 del espesor de la losa y un ancho de 3 milímetros, realizado con discos para cortar concreto.

Para el cálculo del espaciamiento de las juntas la AASHTO recomienda que el espaciamiento entre juntas en pies no debe ser mayor al doble del espesor de la losa, dicho de otra forma, no debe ser mayor a 21-24 veces el espesor de losa, se determina mediante la siguiente expresión matemática obtenida del *Manual de diseño y construcción de juntas* de Samuel Trejo:

$$S = F * D$$

Donde:

- S = espaciamiento entre juntas transversales de contracción (m).
- F = factor de fricción entre la subbase y la losa de concreto. Este factor varía en un rango de 21-24, según la guía para el diseño y construcción de pavimentos rígidos escrita por Aurelio Salazar.
- D = espesor de losa (m).

El factor de fricción entre la subbase y la losa de concreto es inversamente proporcional entre ellas. El factor es 21 para bases cementadas y 24 para bases granulares, en este caso usaremos 24 como factor.

Véase los resultados obtenidos para las juntas transversales:

- Espaciamiento

$$S = 24 * 0,15 = 3,6 \text{ m}$$

- Profundidad de corte

$$h_{\text{corte}} = \frac{1}{3}(0,15) = 0,05\text{m} \cong 5 \text{ centrimetros}$$

- Ancho de corte

$$A_{Corte} = 3 \text{ mm}$$

3.9.5.2. Juntas longitudinales de contracción

Se colocan paralelamente al eje de la carretera, con el propósito de separar en carriles, su función es evitar las grietas en cualquier parte de la carpeta de rodadura, haciendo que las grietas de contracción se formen en dicha junta. La profundidad adecuada es de $\frac{1}{4}$ del espeso de la losa, colocando un material flexible de relleno de la sisa, el cual evite el ingreso del agua.

Para esta carretera se clasificó por la tabla I, donde se obtuvo una carretera tipo F, la cual consta de un ancho de 5,50 metros, ya que por ser un camino rural no es necesario colocar bermas. Los resultados para dichas juntas se muestran a continuación:

- Espaciamiento

$$S = \frac{\text{Ancho de calzada}}{2} = \frac{5,50}{2} = 2,75 \text{ metros}$$

- Profundidad de corte

$$h_{Corte} = \frac{0,15}{4} = 0,0375 \text{ m} \cong 3,75 \text{ centímetros}$$

- Chequeo de relación entre largo y ancho de losas basada en el *Manual de diseño y construcción de juntas* de Samuel Trejo:

$$0,71 < \frac{x}{y} < 1,40$$

$$0,71 < \frac{3,60}{2,75} < 1,40$$

$$0,71 < 1,31 < 1,40; SI CHEQUEA$$

3.10. Drenajes de vías pavimentadas

Los drenajes en carreteras están formados por un conjunto de obras, que tienen la finalidad de captar, conducir y evacuar los fluidos de la superficie. El exceso de agua causa efectos en las propiedades mecánicas de pavimento, provocando el deterioro prematuro de la infraestructura vial.

3.10.1. Consideraciones de drenaje en vías pavimentadas

A continuación, se tomaron las siguientes consideraciones para el diseño del drenaje en la carretera:

3.10.1.1. Corriente de agua

Una corriente de agua es el desplazamiento de un volumen constante en una dirección, estos pueden ser ríos, mares y lagos. Para el diseño del tramo carretero no se tiene ningún cruce de ríos y lagos, por lo cual solo se evacuará el agua llovediza de la superficie de la carretera y taludes de corte.

3.10.1.2. Gradiente hidráulico

Es la pérdida de energía que se da a lo largo del recorrido del agua; es decir, representa la pérdida o cambio de potencial hidráulico por unidad de longitud, es medida en el sentido del flujo del agua.

$$i = \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

- i : gradiente hidráulico adimensional
- Δh : cambio de altura entre dos puntos
- L : distancia en dirección del flujo entre los dos puntos

3.10.1.3. Diseño hidráulico

El diseño hidráulico en carreteras consiste en determinar el área tributaria que aporta el caudal de escorrentía y diseñar el canal abierto para evacuar dicho caudal de la superficie de la carretera. Se utilizó una sección transversal triangular para el diseño del drenaje longitudinal, por sus características de retirar sedimentos y su facilidad para la construcción.

3.10.1.4. Pendiente crítica

La pendiente que se utilizó para el diseño del drenaje longitudinal es la obtenida del perfil de la subrasante, siendo 13,80 % la pendiente crítica durante y 0,98 % la pendiente mínima.

3.10.2. Drenajes transversales

Los drenajes transversales tienen la función de transportar el agua de un lado hacia el otro, desviando el caudal de agua rápidamente para que no se transporte por encima de la carretera.

A continuación, se muestra el cálculo de la alcantarilla ubicada en la estación 1+960, el cual reúne el caudal del tramo 1+800-1+960 del drenaje superficial.

$$D = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S^{1/2} * \pi} \right)^{3/8}$$

Donde:

- D: diámetro en metros
- Q: caudal m³/seg (encontrado en la sección 3.10.3)
- n: rugosidad de tubería de concreto
- S: pendiente de tubería 2 %

$$D = \left(\frac{0,21 * 0,013 * 4^{5/3}}{0,02^{1/2} * \pi} \right)^{3/8} = 0,35m \cong 13,62 \text{ plg}$$

Para el drenaje transversal de la estación 1+960 se propone una tubería de 36 pulgadas de diámetro por cuestiones de comercio y limpieza.

El resto de los drenajes transversales se calcularon mediante el procedimiento anteriormente descrito, determinando las áreas de las microcuencas y resultando tuberías de 36 pulgadas de diámetro suficientes para evacuar el caudal de diseño.

3.10.3. Drenajes longitudinales

Son canales abiertos paralelamente a la carretera, tienen la función de drenar las aguas de la superficie de rodadura y taludes. Existen diversas secciones transversales de las cunetas y dimensiones diferentes debido a su

diseño, la pendiente de ellas, en la mayoría de casos, es la misma que la de subrasante.

Para este proyecto se realizaron cunetas en forma de sección transversal triangular o tipo L. Véase el cálculo del tramo 1+800-1+960:

- Tiempo de concentración

Es el tiempo que le lleva al agua de esorrentía llegar a un punto de desagüe. Se obtiene mediante la expresión matemática propuesta por Kirpich, porque es adecuado para Guatemala.

$$t_c = \frac{3L^{1.15}}{154H^{0.38}}$$

Donde:

- L: longitud del cauce en metros
- H: desnivel del cauce en metros
- tc: tiempo de concentración en minutos

El tramo 1+800-1+960 tiene una longitud de 160 metros y una diferencia de altura de 19 metros.

$$t_c = \frac{3 * 160^{1.15}}{154 * 19^{0.38}} = 2,18 \text{ min}$$

- Intensidad de lluvia

Es el volumen de precipitación por unidad de tiempo, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{A}{(B + t_c)^n}$$

Donde A, B y n son parámetros de ajuste y se obtienen mediante la tabla XVI, utilizando un periodo de retorno de 25 años.

$$i = \frac{39,060}{(45 + 2,18)^{1.381}} = 190,66 \text{ mm/hr}$$

- Coeficiente de escorrentía

Se define mediante el uso del suelo, pendiente y la permeabilidad. Se realizó mediante la tabla XVII, donde se encontró un coeficiente ponderado de 0,48.

- Caudal de diseño

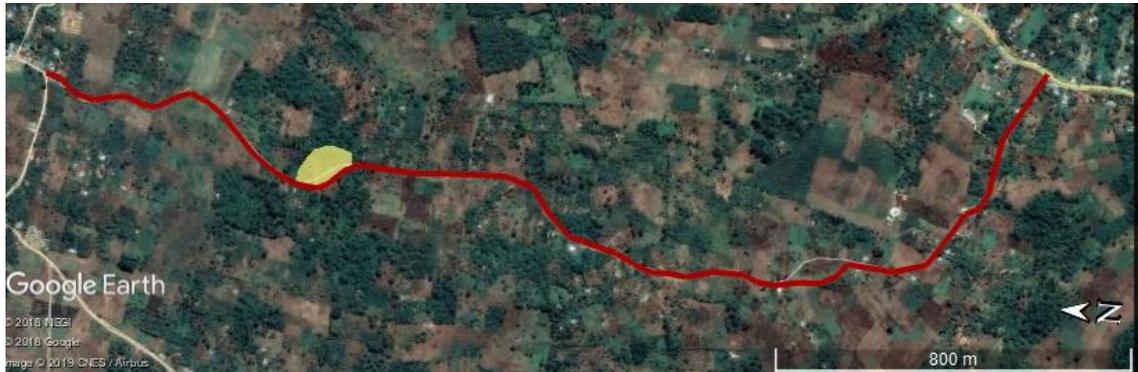
Es el flujo de agua máxima que recolecta el drenaje superficial (cuneta). Se calcula mediante el método racional, a través de la siguiente expresión:

$$Q_d = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

- C: coeficiente de escorrentía
- A: área de la cuenca en hectáreas
- i: intensidad de lluvia en mm/hr

Figura 14. Área de la cuenca



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

Para el tramo 1+800-1+960 se tiene un área de 0,85 hectáreas mostrada en la figura 14, se determinó un coeficiente de escorrentía de 0,48 en la sección 2.10.3 y una intensidad de lluvia de 190,66 mm/hr.

$$Q_d = \frac{0,48 * 190,66 * 0,85}{360} = 0,21 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Donde se obtiene:

$$Q = \frac{A}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Despejando Y:

$$Y = \left[\frac{Q * n * (2\sqrt{1+z^2})^{\frac{2}{3}}}{S^{\frac{1}{2}} * z} \right]^{\frac{3}{8}}$$

- Z: 1
- S: 0,138 %
- Q: 0,21 m³/seg

$$Y = \left[\frac{0,21 * 0,013 * (2\sqrt{1 + 1^2})^{\frac{2}{3}}}{0,138^{\frac{1}{2}} * 1} \right]^{\frac{3}{8}} = 0,20 \text{ m}$$

Dimensiones de la cuneta propuesta: altura Y: 0,25, ancho T: 0,50

3.11. Consideraciones de operación y mantenimiento de pavimento rígido

La sección 502 de las especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes, regula el mantenimiento del pavimento rígido:

- Reparación de espesor parcial: consiste en colocar bacheo en astilladuras, esquinas faltantes, baches y otras superficies que se encuentren afectadas.
- Reparación de juntas: se debe limpiar las juntas, removiendo los residuos existentes y luego se procede a colocar el resellado.
- Reparación de grietas: en las grietas existentes se realiza la limpieza, luego es reparada mediante la colocación de sello.
- Elevación del pavimento: este trabajo consiste en la nivelación del pavimento, perforando agujeros e insertando cemento hidráulico.

3.12. Presupuesto

Estimación del costo total de la obra, incluye los gastos de mano de obra, materiales y transporte que se necesiten para llevar a cabo la ejecución.

3.12.1. Integración de precios unitarios

Dado por un desglose de renglones que contienen la actividad, unidad y cantidad de materiales por utilizar, con el fin de encontrar el precio unitario de cada renglón para encontrar el valor estimado de la obra.

Tabla XXIV. Integración de precio unitario

PRECIO UNITARIO				
Renglón	2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA		
Rendimiento	1 088	m3/día	Precio	Q33,57
				Q/m3
EQUIPO				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
0,04	Excavadora	hora	264	Q10,56
0,005	Camión de volteo	día	1 408	Q7,04
0,005	Motoniveladora	hora	396	Q1,98
0,005	Rodocompactdor	hora	308	Q1,54
0,005	Cisterna 2000 galones	viaje	350	Q1,75
			Total	Q22,87
MANO DE OBRA				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
0,005	Ayudante	día	95	Q0,48
				Q0,00
	Prestaciones		84,67 %	Q0,40
			Total	Q0,88

Continuación de la tabla XXIV.

MATERIALES				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	SUB-TOTAL
				Q0,00
			Total	Q0,00
Herramienta			5 %	Q0,04
Costo directo (equipo+mano de obra+herramientas)				Q23,79
Costo indirecto			26 %	Q6,19
Subtotal del renglón				Q29,98
IVA			12 %	Q3,60
Costo Total				Q33,57
Costo Total por metro cúbico				Q33,57

Fuente: elaboración propia.

3.12.2. Resumen de presupuesto

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los renglones de trabajo.

Tabla XXV. Resumen de presupuesto

PRESUPUESTO MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA HACIA ALDEA SIGUANHA POCOLÁ					
No	Descripción del renglon	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Renglon
	Trabajos preliminares				
0	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	Ha	1,93	Q15 934,21	Q30 753,03
1	REPLANTEO TOPOGRÁFICO	km	2,76	Q3 533,45	Q9 752,33
	Subtotal				Q40 505,36
	Movimiento de tierras				
2	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA	m3	13011,96	Q33,57	Q436 862,48
3	EXCAVACIÓN NO CLASIFICADA CON DESPERDICIO	m3	629,32	Q37,85	Q23 822,37
	Subtotal				Q460 684,85
	PAVIMENTO				
4	Conformación y reacondicionamiento de la subrasante	m2	17914	Q21,19	Q379 513,23
5	Conformación y reacondicionamiento de base granular	m3	1791,4	Q139,73	Q250 318,95
6	Carpeta de rodadura rígida espesor 6"	m3	2273,7	Q1 620,15	Q3 683 732,57
	Subtotal				Q4 313 564,75
	Drenaje				
7	Cuneta	ml	1776	Q178,94	Q317 803,02
8	Excavación de alcantarilla	m3	190,13	Q64,81	Q12 321,98
9	Tubería drenaje transversal 36"	ml	78	Q1 495,94	Q116 683,45
10	Concreto ciclópeo para caja receptora y cabezal de salida	m3	26	Q2 535,36	Q65 919,29
	Subtotal				Q512 727,73
Total					Q5 327 482,69
Total por kilometro					Q2 192,38

Fuente: elaboración propia.

3.13. Cronograma de ejecución físico y financiero

Tiene la finalidad de llevar un control del proyecto a la hora de la ejecución en cuestión del tiempo con el avance físico y financiero.

Tabla XXVI. **Cronograma de ejecución físico y financiero**

RENGLÓN	MES 1				MES 2				MES 3			
0	Q30 753,03											
1	Q9 752,33											
2		Q436 862,48										
3		Q23 822,37										
4					Q379 513,23							
5					Q250 318,95							
6						Q3 683 732,57						
7								Q317 803,02				
8			Q12 321,98									
9			Q116 683,45									
10					Q65 919,29							
Total	Q40 505,36	Q153 561,62	Q218 064,33	Q218 064,33	Q159 464,05	Q242 903,70	Q1 130 877,20	Q1 004 372,79	Q1 000 383,90	Q1 000 383,90	Q79 450,75	Q79 450,75
Total Acumulado	Q40 505,36	Q194 066,98	Q412 131,30	Q630 195,63	Q789 659,69	Q1 032 563,39	Q2 163 440,59	Q3 167 813,39	Q4 168 197,29	Q5 168 581,18	Q5 248 031,94	Q5 327 482,69

Fuente: elaboración propia.

3.14. Evaluación ambiental

Es el estudio de los factores ambientales afectados en el inicio de la ejecución del mejoramiento del tramo carretero hacia aldea Siguanha Pocolá.

El estudio de impacto ambiental se encuentra en el anexo 2 con el formato que define el formulario DVGA-GA-002 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

4. DISEÑO DE EDIFICIO PARA CENTRO DE CAPACITACIÓN DEL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ

4.1. Descripción del proyecto

Consiste en el diseño de una edificación de dos niveles que albergará al centro de capacitación y formación humana, teniendo en el primer nivel los talleres de máquinas y en el segundo nivel aulas de aprendizaje y salón de computación. El sistema estructural del edificio cumple con la clasificación de la sección 1.6.2 de NSE 3-2018 como un E-1; siendo un sistema integrado con marcos de columna y viga, los cuales resisten las cargas verticales y horizontales, contruidos de concreto reforzado y de alta ductilidad basándose en la tabla 1.6.14-1 de NSE 3-2018.

Para el diseño se utilizó la filosofía LRFD (*Load and Resistance Factor Desing*), siendo un método de diseño en donde se “mayoran” las cargas de diseño y la resistencia se minora, además, son multiplicadas por factores mayores o menores a la unidad respectivamente.

4.2. Normas

Para el diseño de la edificación se utilizaron los reglamentos y códigos vigentes de normas para la construcción, los cuales se describen a continuación:

- Norma de seguridad estructural para Guatemala, generalidades, administración de las normas y supervisión técnica (NSE 1-2018): capítulo 3.
- Norma de seguridad estructural para Guatemala, demandas estructurales y condiciones de sitio (NSE 2-2018): capítulos 2, 3, 4 y 8. Anexos A y B.
- Norma de seguridad estructural para Guatemala, estudios geotécnicos (NSE 2.1-2018): capítulo 4.
- Norma de Seguridad Estructural para Guatemala, Diseño Estructural de Edificaciones (NSE 3-2018): capítulos 1 y 2.
- *American Concrete Institute* (ACI 318S-2014): capítulos 5, 6, 8, 9, 10, 11 y 18.
- Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales 2016: capítulo 5.

4.3. Levantamiento topográfico

Es la medición del terreno donde se va a diseñar el proyecto, siendo de gran utilidad en el área de gabinete ya que forma la superficie del terreno. Para este proyecto se realizó el levantamiento por el método de radiaciones con la ayuda del aparato Trimble M3.

4.3.1. Planimetría

Es el estudio del terreno desde la parte plana, siendo vista desde la proyección horizontal. Se hizo el levantamiento con el método de radiaciones, colocando una estación en el centro del terreno y luego se realizaron radiaciones hacia los linderos y a los puntos donde la pendiente era variable, se realizó con la ayuda de la estación total Trimble M3.

4.3.2. Altimetría

Es el estudio de las alturas del terreno, visto desde el perfil del terreno, es de gran utilidad ya que se obtienen las curvas de nivel. Se realizó el levantamiento por el método de radiación, colocando una estación y en base a ella se realizaron las radiaciones hacia los puntos donde la pendiente variaba, se utilizó la estación Trimble M3, la cual trabaja con el método de nivelación trigonométrica para obtener las alturas.

4.4. Estudio de suelos

Es de suma importancia conocer las características físicas y mecánicas del suelo, para diseñar la cimentación óptima que de la seguridad e integridad a la estructura.

4.4.1. Ensayo triaxial

Este ensayo ayuda a conocer la resistencia al cortante que tiene el suelo, para ellos se realizó un pozo a cielo abierto en el terreno, obteniendo un suelo firme a una profundidad de 1,70 metros. Luego de obtener la muestra se colocó parafina y se trasladó hacia el Centro de Investigaciones de Ingeniería, estando

en el laboratorio se talló un cilindro de 2,5 x 5 pulgadas de suelo y se ensayó, el resultado fue:

Descripción del suelo: arcilla color café de cementación fuerte y consistencia media.

- Ángulo de fricción interna: 12,49°
- Cohesión: 2,60 Ton/m²
- Peso específico del suelo: 1,17 Ton/m³
- Desplante: 1,70 m
- Capacidad soporte del suelo

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

$$q_d = 1,3 * c * N_c + \gamma * Z * N_q + 0,4 * \gamma * B * N_w$$

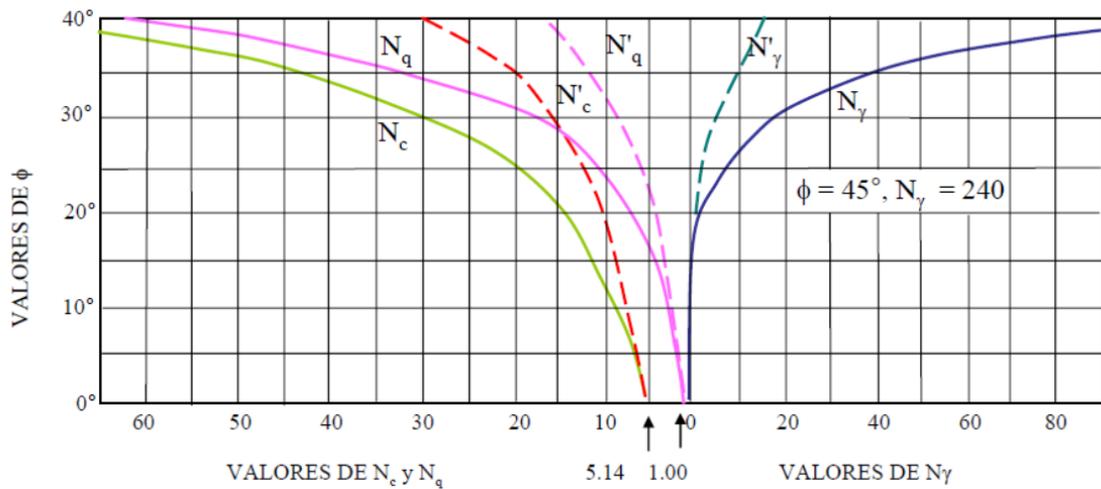
Donde:

- C= cohesión del suelo
- N_c= factor de capacidad de carga debido a la cohesión
- γ = peso específico del suelo
- Z= desplante de cimentación
- N_q= factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga
- B= base de zapata
- N_w= factor de capacidad de carga debido al peso del suelo

Los valores de factores de capacidad se obtuvieron de la gráfica de curvas de trazo continuo figura 13, siendo los siguientes:

- $N_c = 10$
- $N_q = 4$
- $N_w = 0$

Figura 15. Factores de capacidad



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

Sustituyendo valores y encontrando el esfuerzo límite:

$$q_d = 1,3 * 2,60 * 10 + 1,17 * 1,7 * 4 + 0,4 * 1,17 * B * 0$$

$$q_d = 41,76 \text{ Ton}/m^2$$

El valor soporte del suelo se encuentra a través de la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{q_d}{F.S.}$$

Donde:

- q_d = esfuerzo limite
- F.S. = factor de seguridad de 2-5

Determinando el valor soporte del suelo:

$$V_s = \frac{41,76}{3} = 13,92 \text{ Ton}/m^2$$

4.5. Diseño arquitectónico

Es la distribución de los diferentes ambientes del edificio, para obtener una forma adecuada y obtener espacios cómodos a las necesidades.

Se realizó la distribución de ambientes en base al número aproximado de personas por salón, cantidad de aulas y talleres, ubicándolo en la parte de mejor topografía del terreno, con el fin de obtener una construcción óptima.

Por su diseño en planta se decidió separar el edificio en 3 módulos, con el fin de evitar la concentración de esfuerzos en sus vértices. Se colocaron juntas de construcción de 10 centímetros entre cada módulo, las cuales se muestran en la figura 16.

4.5.1. Diseño de los ambientes

En el primer nivel se conforma por los siguientes ambientes: un área administrativa, taller de tejido y confección, taller de cocina y repostería, batería de sanitarios y gradas. El segundo nivel está conformado por: tres salones, salón de computación y batería de baños.

4.5.2. Altura del edificio

La altura de cada nivel es de 3,6 m con el fin de colocar las instalaciones debajo de la losa y obtener un ambiente agradable. En total el edificio tendrá una altura de 7,20 metros.

4.5.3. Selección del sistema estructural por utilizar

A continuación, se describe el sistema estructural por utilizar:

- Sistema de marcos estructurales E1, el cual lo regula NSE 3-2018 en la sección 1.6.2; como un conjunto de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y horizontal, con marcos dúctiles de concreto reforzado.
- Muros exteriores de mampostería y muros interiores de tabla yeso y tabiques.
- Losa prefabricada con vigueta y bovedilla.
- Periodo de diseño 30 años (Vida útil de edificios ISO 15686).

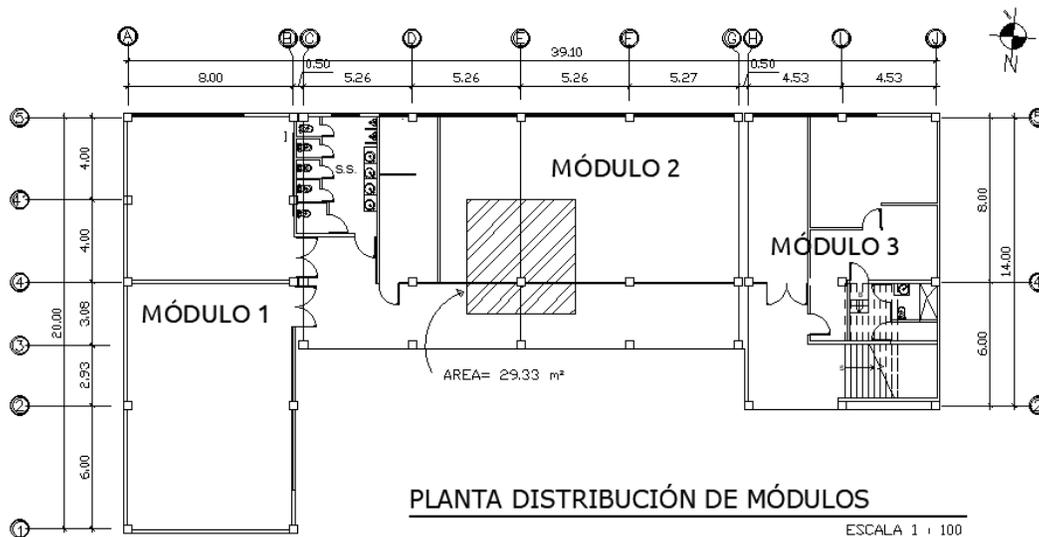
4.6. Análisis estructural

Es de suma importancia realizar un estudio técnico para el diseño de estructuras, los cuales den garantía de la integridad del edificio ante acontecimientos naturales, por dichas razones es necesario realizar un análisis de tipo estructural.

4.6.1. Predimensionamiento estructural

Previo al diseño de los elementos estructurales, es de suma importancia proponer dimensiones preliminares para cada elemento, los cuales ayudaron para realizar el análisis estructural y de esa manera comprobar si las dimensiones propuestas cumplen con las cargas o se necesita rediseñar la estructura cambiando las medidas a los elementos.

Figura 16. Distribución de los módulos



Fuente: elaboración propia.

- Columna

Datos preliminares:

- $f'c = 280 \text{ kg/m}^2$
- $f_y = 2\,810 \text{ kg/m}^2$
- $A_s = 1 \%$
- $A_t = 29,33 \text{ m}^2$

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

Para determinar la sección de la columna es necesario realizar la integración de carga axial de la columna crítica.

Carga muerta:

$$P_{columna} = Base_{col} * Altura_{col} * Longitud_{col} * \gamma_{concreto}$$

$$P_{columna} = 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 3,6 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,382,4 \text{ kg}$$

$$P_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$P_{viga} = \left(0,25 \text{ m} * 0,60 \text{ m} * 10,76 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 2 = 7\,747,2 \text{ kg}$$

$$P_{losa} = A_{tributaria} * \gamma_{losa \text{ prefabricad}}$$

$$P_{losa} = \left(29,33 \text{ m}^2 * 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * 2 = 20\,531 \text{ kg}$$

Carga viva:

$$CV = A_{tributaria} * CV$$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = 29,33 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2\,933 \text{ kg}$$

$$CV_{1mer \text{ nivel}} = 29,33 \text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 14\,665 \text{ kg}$$

$$CU = 1,2CM + 1,6CV \text{ (Combinación CR2 NSE 2 – 2018)}$$

$$CU = 1,2(1\,382,4 + 7\,747,2 + 20\,531) + 1,6(2\,933 + 14\,665) = 63\,749,52 \text{ kg}$$

Con el resultado obtenido anteriormente se procede a encontrar el área gruesa de la columna a través de la expresión matemática que regula el ACI 318S-14 para carga axial pura en la sección 22.4.2.2 y se utilizó el factor para

columnas no preesforzadas según la tabla 22.4.2.1, los cuales se muestran a continuación:

$$A_g = \frac{P}{0,80 * [(0,225 * f'c) + (fy * As)]}$$
$$A_g = \frac{63\,749,52\text{ kg}}{0,80 * [(0,225 * 210\text{ kg/m}^2) + (2\,810\text{ kg/m}^2 * 0,01)]} = 1\,057,56\text{ cm}^2$$

Se utilizará una sección de 0,40 * 0,40 cm, equivalente a área de 1 600 cm².

- Viga

Para determinar la sección de la viga se utilizó la tabla 9.3.1.1 del ACI 318-14, utilizando una viga con un extremo continuo. La ecuación obtenida en la tabla es la siguiente:

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

En la viga principal se utilizó la viga más crítica que tiene una longitud de 8 metros.

$$h_{viga} = \frac{8}{18,5} = 0,43\text{ m}$$

Por cuestiones de seguridad se propone una altura de 0,55 metros y una base de 0,30 metros.

- Losa

Por cuestiones de tiempo de ejecución y preferencia en la oficina de planificación de la Municipalidad de San Pedro Carchá, se propone utilizar losa prefabricada.

Datos preliminares:

- Luz máxima = 6,0 m
- Lado largo módulo 2 = 5,26 m

En base a las especificaciones de diseño de la empresa Megaproductos para el largo de luz se debe utilizar una losa prefabricada de 25 centímetros de espesor terminada.

Tabla XXVII. **Resultados de predimensionamiento**

Resultados de Pre-dimensionamiento		
Elemento	Base (m)	Altura (m)
Columna	0,4	0,4
Viga	0,3	0,55
Losa	0,25 m espesor	

Fuente: elaboración propia.

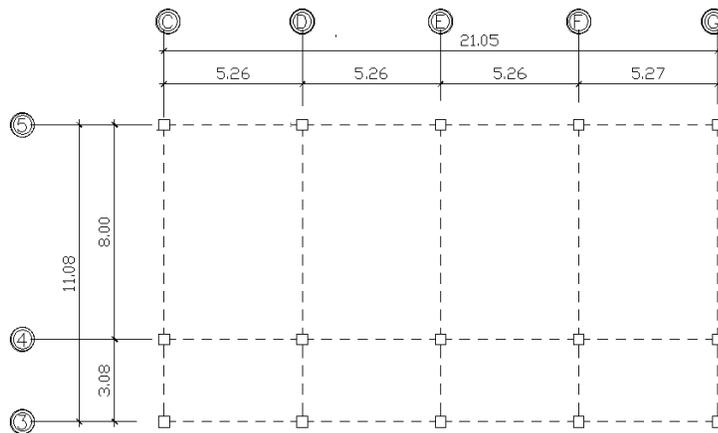
4.6.2. Modelo matemático de marcos rígidos

Un sistema de marcos dúctiles está formado por vigas y columnas de concreto armado. El modelo representa gráficamente la forma que actúan las cargas sobre la estructura, con el objetivo de dar paso al análisis estructural de la edificación.

Con el fin de ejemplificar el análisis, se considera la similitud y magnitud de las cargas aplicadas, resultando modelos matemáticos formados por los

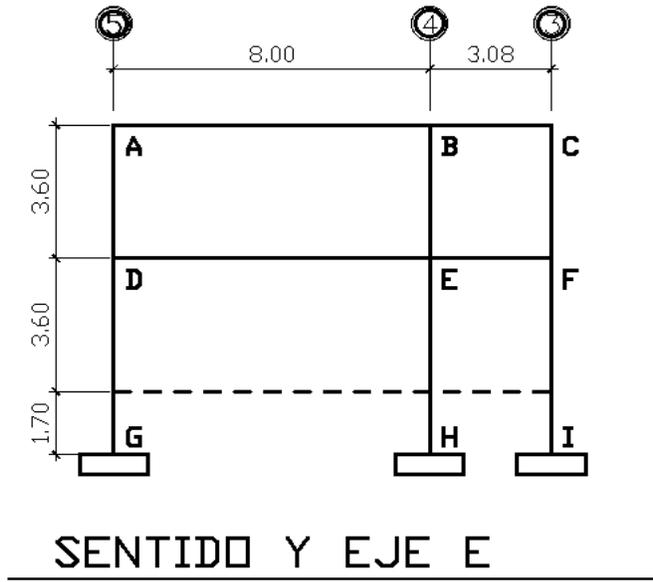
marcos críticos de la estructura, tanto en sentido Y como en el sentido X del módulo 2.

Figura 17. **Planta típica de primer y segundo nivel del módulo 2**



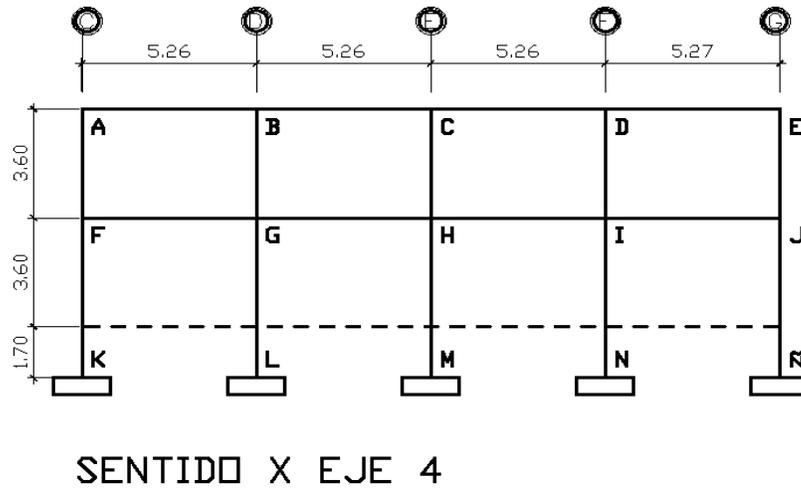
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 18. Elevación marco crítico, sentido Y módulo 2



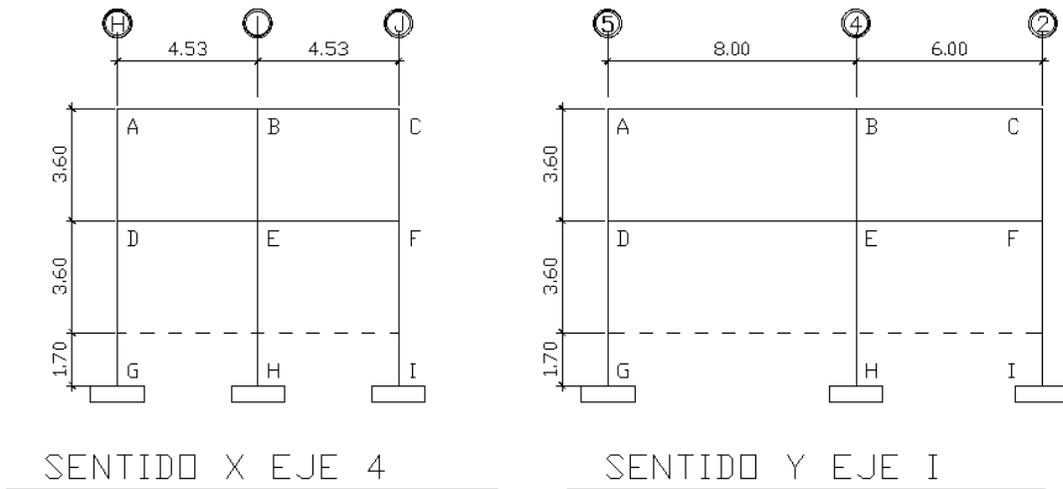
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 19. Elevación marco crítico, sentido X módulo 2



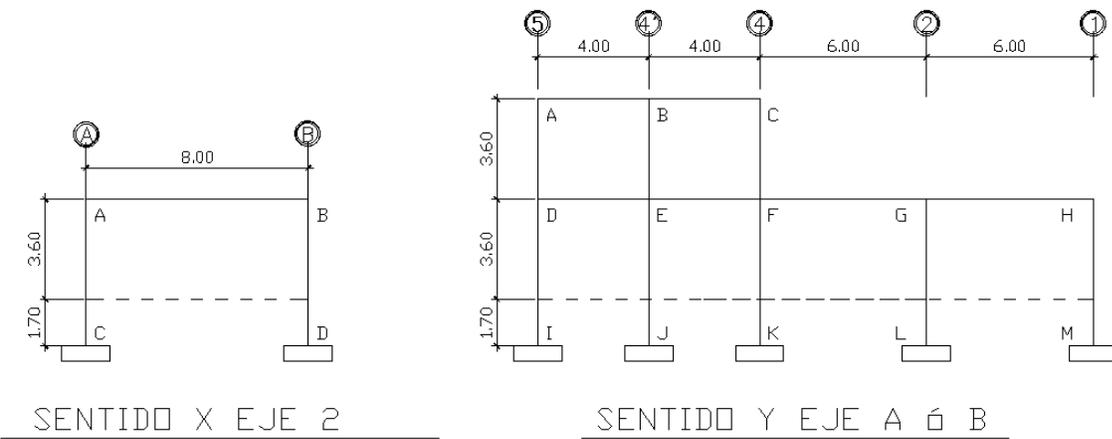
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 20. **Elevación marcos críticos, módulo 3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 21. **Elevación marcos críticos, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.6.3. Cargas aplicadas a marcos rígidos

Los marcos dúctiles se encuentran sometidos a cargas las cuales son usadas para el análisis estructural. Las cargas se catalogan en dinámicas y estáticas, cada una de ellas es de suma importancia para obtener el efecto que le causan a la edificación.

- Carga estática

Son las cargas que se pueden calcular al 100 %, ya que no varían su magnitud en el transcurso del tiempo, estas se pueden clasificar en:

- Verticales: son las cargas permanentes generadas por el peso propio de la estructura, mobiliario y personal.
- Horizontales: son las cargas accidentales que ocurren por su uso y el clima donde está ubicado el edificio, entre ellas se puede mencionar: carga de viento y lluvia.

- Carga dinámica

Son las cargas que no se pueden calcular al 100 %, ya que son fuerzas externas de magnitud variable que se impactan repentinamente sobre el edificio. Ocurren la mayoría por los fenómenos naturales en los cuales se puede mencionar la carga de sismo.

4.6.4. Cargas verticales

Para el análisis del edificio se utilizaron las cargas verticales que se conforman por la carga viva y carga muerta, estas actúan a los marcos estructurales a través de la gravedad.

Las cargas muertas son fuerzas provocadas por el peso propio de la construcción y de los elementos no estructurales, como; revestimientos, muros divisorios, ventanería y todos aquellos elementos que conservan una posición fija en la estructura.

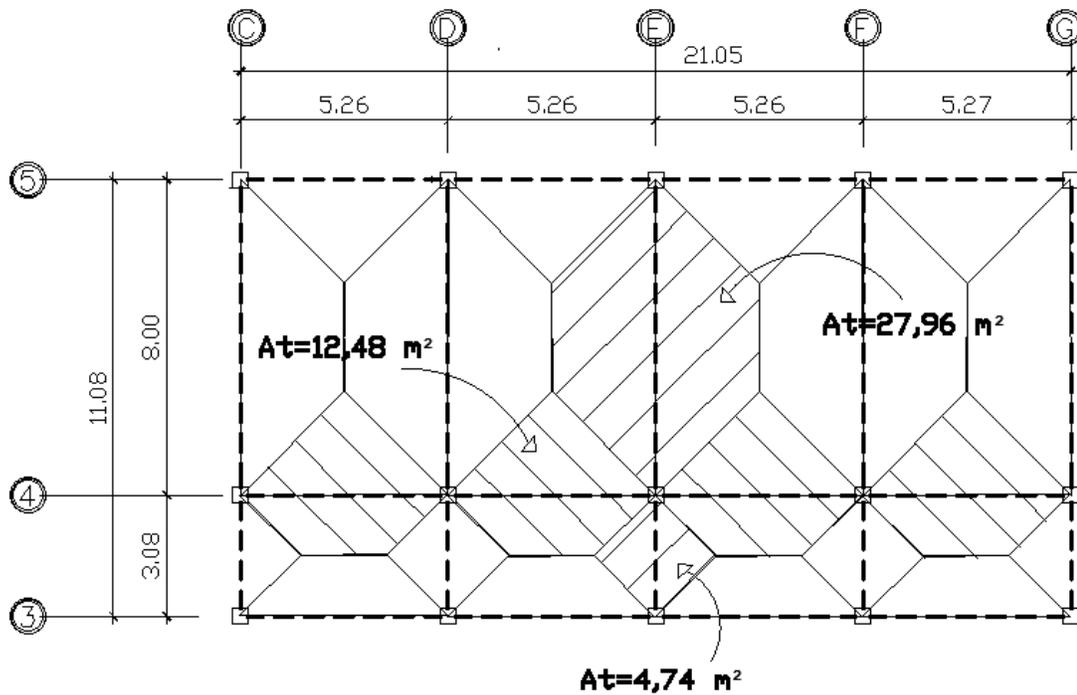
Según su uso existen diferentes cargas vivas para las edificaciones, ya que es según su operación y lo que albergará la estructura, dichas cargas incluye todos los pesos que no permanecen en una posición fija, se puede mencionar a los muebles, equipos y personas. Estas cargas son de suma importancia para el diseño de la estructura, ya que varía bastante de un uso a otro.

Para el análisis de las cargas se utilizarán los valores que regula el capítulo 3 de NSE 2 de AGIES 2018, a continuación, se muestran dichos datos:

- Carga muerta (CM) y carga viva (CV)
- Peso de muro tabique = 75 kg/m² (sección 2.4.3 NSE 2-2018)
- Peso de concreto = 2 400 kg/m³ (tabla B1 NSE 2-2018)
- Peso de losa = 340 kg/m² (especificaciones de megaproductos)
- Peso de sobrecarga e instalaciones = 100 kg/m² (tabla B1 NSE 2-2018)
- Peso de muros exteriores = 180 kg/m² (tabla B3 NSE 2-2018)
- Peso de aulas = 200 kg/m² (tabla 3.7.1-1 NSE 2-2018)
- Peso de pasillo y gradas = 500 kg/m² (tabla 3.7.1-1 NSE 2-2018)

- Peso de azotea sin acceso = 100 kg/m² (tabla 3.7.1-1 NSE 2-2018)

Figura 22. **Áreas tributarias del módulo 2**



Fuente: elaboración propia.

Para la integración de cargas verticales se tomaron las áreas tributarias de la figura 22, la cual contiene la planta del módulo 2 y la clasificación de corte de las diferentes superficies. Se tomarán los ejes críticos del marco los cuales se muestran en la figura 19 para el sentido X y en la figura 18 para el marco Y.

- Segundo nivel sentido X
 - Carga muerta:

$$W_{Losa} = A_{Tributaria} * W_{losa\ prefabricad}$$

$$W_{Losa} = 12,48 \text{ m}^2 * 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 4\,243,20 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,3 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 5,26 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 1\,704,24 \text{ kg}$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Tributaria} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = 12,48 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1\,248 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{W_{Losa} + W_{viga} + W_{Sobrecarga} + W_{Muros}}{Longitud_{viga}}$$

$$CM = \frac{4\,243,20 \text{ kg} + 1\,420,2 \text{ kg} + 1\,248 \text{ kg}}{5,26 \text{ m}} = 1\,313,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

$$CV = \frac{A_{tributaria} * CV_{Techo}}{Longitud_{viga}}$$

$$CV_{2do\ nivel} = \frac{12,48 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{5,26 \text{ m}} = 237,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Primer nivel sentido X

- Carga muerta:

$$W_{Losa} = A_{Tributaria} * W_{losa\ prefabricad}$$

$$W_{Losa} = 12,48 \text{ m}^2 * 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 4\,243,20 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,3 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 5,26 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 1\,704,24 \text{ kg}$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Tributaria} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = 12,48 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1\,248 \text{ kg}$$

$$W_{Muros} = A_{Muro} * W_{Muro}$$

$$W_{Muros} = (5,26 * 3,6) \text{ m}^2 * 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1\,420,2 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{W_{Losa} + W_{viga} + W_{Sobrecarga} + W_{Muros}}{Longitud_{viga}}$$

$$CM = \frac{4\,243,20 \text{ kg} + 1\,420,2 \text{ kg} + 1\,248 \text{ kg} + 1\,420,2 \text{ kg}}{5,26 \text{ m}} = 1\,637,95 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

$$CV = \frac{A_{tributaria} * CV_{Aula \text{ ó } pasillo}}{Longitud_{viga}}$$

$$CV_{1mer \text{ nivel}} = \frac{\left(6,79 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) + \left(5,69 \text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right)}{5,26 \text{ m}} = 799,05 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Segundo nivel sentido Y (L=8 m)

- Carga muerta:

$$W_{Losa} = A_{Tributaria} * W_{losa \text{ prefabricad}}$$

$$W_{Losa} = 27,96 \text{ m}^2 * 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 9\,506,4 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,3 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 8 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 2\,592 \text{ kg}$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Tributaria} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = 27,96 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2\,796 \text{ kg}$$

$$CM = \frac{W_{Losa} + W_{viga} + W_{Sobrecarga} + W_{Muros}}{Longitud_{viga}}$$

$$CM = \frac{9\,506,4\,kg + 2\,160\,kg + 2\,796\,kg}{8,0\,m} = 1\,861,8\,\frac{kg}{m}$$

- Carga viva:

$$CV = \frac{A_{tributaria} * CV_{Techo}}{Longitud_{viga}}$$

$$CV_{2do\,nivel} = \frac{27,96\,m^2 * 100\,\frac{kg}{m^2}}{8,0\,m} = 349,50\,\frac{kg}{m}$$

- Primer nivel sentido Y (L=8 m)

- Carga muerta:

$$W_{Losa} = A_{Tributaria} * W_{losa\,prefabricad}$$

$$W_{Losa} = 27,96\,m^2 * 340\,\frac{kg}{m^2} = 9\,506,4\,kg$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,3\,m * 0,45\,m * 8\,m * 2\,400\,\frac{kg}{m^3}\right) = 2\,592\,kg$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Tributaria} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = 27,96\,m^2 * 100\,\frac{kg}{m^2} = 2\,796\,kg$$

$$W_{Muros} = A_{Muro} * W_{Muro}$$

$$W_{Muros} = (8,0 * 3,6)m^2 * 75\,\frac{kg}{m^2} = 2\,160\,kg$$

$$CM = \frac{W_{Losa} + W_{viga} + W_{Sobrecarga} + W_{Muros}}{Longitud_{viga}}$$

$$CM = \frac{9\,506,4\text{ kg} + 2\,160\text{ kg} + 2\,796\text{ kg} + 2\,160\text{ kg}}{8,0\text{ m}} = 2\,131,80 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

$$CV = \frac{A_{\text{tributaria}} * CV_{\text{Aula ó pasillo}}}{\text{Longitud}_{\text{viga}}}$$

$$CV_{1\text{mer nivel}} = \frac{\left(27,96\text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right)}{8,0\text{ m}} = 699\text{ kg}$$

- Segundo nivel sentido Y (L=3,08 m)

- Carga muerta:

$$W_{\text{Losa}} = A_{\text{Tributaria}} * W_{\text{losa prefabricad}}$$

$$W_{\text{Losa}} = 4,74\text{ m}^2 * 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1\,611,60\text{ kg}$$

$$W_{\text{viga}} = \text{Base}_{\text{viga}} * \text{Altura}_{\text{viga}} * \text{Longitud}_{\text{viga}} * \gamma_{\text{concreto}}$$

$$W_{\text{viga}} = \left(0,3\text{ m} * 0,45\text{ m} * 3,08\text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 997,92\text{ kg}$$

$$W_{\text{Sobrecarga}} = A_{\text{Tributaria}} * W_{\text{SC}}$$

$$W_{\text{Sobrecarga}} = 4,74\text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 474\text{ kg}$$

$$CM = \frac{W_{\text{Losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{Sobrecarga}} + W_{\text{Muros}}}{\text{Longitud}_{\text{viga}}}$$

$$CM = \frac{1\,611,60\text{ kg} + 831,6\text{ kg} + 474\text{ kg}}{3,08\text{ m}} = 1\,001,14 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

- Carga viva:

$$CV = \frac{A_{tributaria} * CV_{Techo}}{Longitud_{viga}}$$

$$CV_{2do nivel} = \frac{4,74 m^2 * 100 \frac{kg}{m^2}}{3,08 m} = 153,89 \frac{kg}{m}$$

- Primer nivel sentido Y (L=3,08 m)

- Carga muerta:

$$W_{Losa} = A_{Tributaria} * W_{losa prefabricad}$$

$$W_{Losa} = 4,74 m^2 * 340 \frac{kg}{m^2} = 1 611,60 kg$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,3 m * 0,45 m * 3,08 m * 2 400 \frac{kg}{m^3} \right) = 997,92 kg$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Tributaria} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = 4,74 m^2 * 100 \frac{kg}{m^2} = 474 kg$$

$$CM = \frac{W_{Losa} + W_{viga} + W_{Sobrecarga} + W_{Muros}}{Longitud_{viga}}$$

$$CM = \frac{1 611,60 kg + 831,6 kg + 474 kg}{3,08 m} = 1 001,14 \frac{kg}{m}$$

- Carga viva:

$$CV = \frac{A_{tributaria} * CV_{Aula \acute{o} pasillo}}{Longitud_{viga}}$$

$$CV_{1mer nivel} = \frac{4,74 m^2 * 500 \frac{kg}{m^2}}{3,08 m} = 769,48 \frac{kg}{m}$$

4.6.5. Cargas horizontales

Es de suma importancia para el análisis estructural colocar las acciones provocadas por condiciones naturales del lugar donde está ubicada la edificación, para el caso de Guatemala la carga horizontal más grande que afecta la estructura proviene de la fuente sísmica, esta es usada para el análisis y diseño estructural. Existen otras diferentes cargas como viento, nieve, entre otras, las cuales no predominan en nuestro país.

Para el cálculo de las fuerzas sísmicas que afectaran a la estructura se procedió primero a calcular los pesos sísmicos de la estructura, a continuación, se detalla el cálculo con el módulo 2:

Segundo nivel:

$$W_{columna} = Base_{col} * Altura_{col} * Longitud_{col} * \gamma_{concreto} * \#_{col}$$

$$W_{columna} = 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 1,8 \text{ m} * 2,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 15 = 10\,368 \text{ kg}$$

$$W_{Losa} = A_{Losa} * W_{losa \text{ prefabricad}}$$

$$W_{Losa} = (21,45 * 11,44) \text{ m}^2 * 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 83\,431,92 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,30 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 118,55 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) = 38\,410,2 \text{ kg}$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Losa} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = (21,45 * 11,44) \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 24\,538,8 \text{ kg}$$

$$W_{Muros} = A_{Muro} * W_{Muro}$$

$$W_{Muros} = (21,05 * 1,8) \text{ m}^2 * 180 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + (65,37 * 1,8) \text{ m}^2 * 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 15\,771,51 \text{ kg}$$

$$CV = A_{Losa} * CV_{Techo}$$

$$CV_{2do\ nivel} = 245,39\ m^2 * 100 \frac{kg}{m^2} = 24\ 538,80\ kg$$

$$WS_{2do\ nivel} = CM + 0,25CV * \frac{1\ Ton}{1\ 000\ kg}$$

$$WS_{2do\ nivel} = (172\ 520,43\ kg + 0,25 * 24\ 538,80\ kg) * \frac{1\ Ton}{1\ 000\ kg} = 178,66\ Ton$$

Primer nivel:

$$W_{columna} = Base_{col} * Altura_{col} * Longitud_{col} * \gamma_{concreto} * \#_{col}$$

$$W_{columna} = 0,40\ m * 0,40\ m * 7,1\ m * 2,400 \frac{kg}{m^3} * 15 = 40\ 896\ kg$$

$$W_{Losa} = A_{Losa} * W_{losa\ prefabricad}$$

$$W_{Losa} = (21,45 * 11,44)\ m^2 * 340 \frac{kg}{m^2} = 83\ 431,92\ kg$$

$$W_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$W_{viga} = \left(0,30\ m * 0,45\ m * 118,55\ m * 2\ 400 \frac{kg}{m^3}\right) = 38\ 410,2\ kg$$

$$W_{Sobrecarga} = A_{Losa} * W_{SC}$$

$$W_{Sobrecarga} = (21,45 * 11,44)\ m^2 * 100 \frac{kg}{m^2} = 24\ 538,8\ kg$$

$$W_{Muros} = A_{Muro} * W_{Muro}$$

$$W_{Muros} = (21,05 * 7,1)\ m^2 * 180 \frac{kg}{m^2} + (65,37 * 5,4)\ m^2 * 75 \frac{kg}{m^2} = 53\ 875,17\ kg$$

$$CV = A_{Losa} * CV_{VIVA}$$

$$CV_{2do\ nivel} = \left(175,89\ m^2 * 200 \frac{kg}{m^2}\right) + \left(70,35\ m^2 * 500 \frac{kg}{m^2}\right) = 70\ 356\ kg$$

$$WS_{2do\ nivel} = CM + 0,25CV * \frac{1\ Ton}{1\ 000\ kg} \text{ (Peso sismico sección 1.11.3 NSE 3 – 18)}$$

$$WS_{2do\ nivel} = (241\ 223,41\ kg + 0,25 * 70\ 353\ kg) * \frac{1\ Ton}{1\ 000\ kg} = 258,82\ Ton$$

El peso sísmico total del módulo 2 es de 437,47 toneladas.

4.6.6. Método de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES)

Está basado en el cálculo de la carga lateral en la base de la edificación, es llamado corte basal. Proviene de los elementos de la estructura en base a sus formas, rigideces, posiciones y tamaños, tomados en cuenta en planta y elevación.

Con los datos de la tabla XXVII, se procedió a iniciar el cálculo del coeficiente sísmico del municipio, ya que con él se encontró el cortante basal.

Tabla XXVIII. Amenaza sísmica

NO.	Municipio	Departamento	Amenaza sísmica			velocidad básica del viento (kph)
			lo	Scr	S1r	
250	San Pedro Carchá	Alta Verapaz	3,2	1,10 g	0,43 g	100

Fuente: Norma AGIES, Anexo A Tabla A-1 NSE 2-2018

El sistema por utilizar será un E-1, el cual lo regula NSE 3 que lo describe como; conjunto de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y horizontal, con marcos dúctiles de concreto reforzado. Para el cálculo del periodo emperico fundamental se utilizó el sistema descrito anteriormente con fachadas livianas o abiertas, la ecuación es la siguiente:

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

Donde:

- hn= altura total del edificio en metros

- $K_T = 0,047$ $\alpha = 0,90$; para sistema E-1 abiertos o fachadas livianas

Sustituyendo los valores anteriores a la ecuación se obtiene:

$$T_a = 0,047(8,9)^{0,9} = 0,329 \text{ seg}$$

Según AGIES NSE 1-2018, en el capítulo 3 regula la clasificación de obras, obteniendo que edificios educativos se clasifican como Categoría III Obras Importantes.

Basado en la tabla 4.2.2-1 de NSE 2-2018, muestra la matriz de nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad de sismo de diseño, donde se tiene un índice de sismicidad $I_0=3$ y clase de obra importante, con dichos datos se obtiene una probabilidad de sismo C de 5 % en 50 años, lo que resulta como un sismo severo.

Luego de tener los datos anteriores se procede a realizar los ajustes de clase de sitio según el perfil de suelo, donde se ajustaron los valores S_{cr} y S_{1r} y también se ajustaron por intensidades incrementadas en vibración de sitio en base a las siguientes expresiones matemáticas reguladas en NSE 2-2018 sección 4.5.3:

$$S_{CS} = S_{cr} * F_a * N_a$$

$$S_{1S} = S_{1r} * F_v * N_v$$

Para el ajuste de clase de sitio, se tiene que la clase de sitio es E=suelo suave y los ajustes de valores espectrales se encuentran en NSE 2-2018 en las tablas 4.5-1 y 4.5-2, los cuales se muestran a continuación:

$$F_a = 1, \quad F_v = 2,4$$

Se continúa con el ajuste de intensidades incrementales en vibración de sitio, para el cual se utilizó el tipo de fuente sísmica tipo A y la distancia a la falla geológica más cercana, en este caso es la falla de Polochic y se encuentra aproximadamente mayor de 15 km, los ajustes de valores espectrales se encuentran en NSE 2-2018 en las tablas 4.6.2-2 y 4.6.2-3, los cuales se muestran a continuación:

$$N_a = 1, \quad N_v = 1$$

Con los datos encontrados anteriormente se procede a reemplazarlos en la ecuación y resulta:

$$S_{cs} = 110 \text{ g} * 1 * 1 = 1,10 \text{ g}$$
$$S_{1s} = 0,43 \text{ g} * 2,4 * 1 = 1,032 \text{ g}$$

En seguida se realizarán la calibración de los parámetros de espectro a la probabilidad de que exista el sismo de diseño, se realizó mediante la siguiente expresión matemática:

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

Luego se procede a calcular el factor de escala que es proveniente de la probabilidad de que ocurra el sismo de diseño, en este caso se tiene un sismo severo y de acuerdo con la tabla 4.5.5-1 de NSE 2-2018 se obtiene un $K_d=0,80$ y se procede a sustituirlo en las ecuaciones anteriores:

$$S_{cd} = 0,80 * 1,10 \text{ g} = 0,88 \text{ g}$$

$$S_{1d} = 0,80 * 1,032 \text{ g} = 0,826 \text{ g}$$

Para el cálculo del periodo de vibración de transición se realizó mediante la expresión que se encuentra en NSE 2-2018 sección 4.5.4, las cuales se muestran a continuación:

$$T_S = \frac{S_{1d}}{S_{cd}}$$

$$T_o = 0,2 * T_S$$

Sustituyendo los datos en las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$T_S = \frac{0,826 \text{ g}}{0,88 \text{ g}} = 0,94 \text{ seg}$$

$$T_o = 0,2 * 0,94 = 0,19 \text{ seg}$$

En la sección 4.5.6 de NSE 2-2018 se muestra cómo se obtiene el espectro genérico de diseño probable para el municipio, siendo la inecuación siguiente:

$$S_a(T) = S_{cd} \text{ cuando; } T_o \leq T \leq T_S$$

$$S_a(T) = 0,88 \text{ g Cumple } \rightarrow 0,19 \leq 0,33 \leq 0,94$$

Para determinar el coeficiente sísmico de diseño del municipio de San Pedro Carchá se utilizó la ecuación de la sección 2.1.3 de NSE 3-2018, la cual se muestra a continuación:

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

Donde:

- $S_a(T)$ = demanda sísmica de diseño.
- R = factor de reducción el cual es 8 para marcos estructurales de concreto reforzado, indicado en la sección 1.5.2 de NSE 3-2018.

Reemplazando los datos en la ecuación anterior se obtiene el siguiente resultado:

$$C_s = \frac{0,88 g}{8} = 0,11$$

Como último paso se procede a verificar si el coeficiente sísmico de diseño encontrado anteriormente cumple con los valores mínimos de coeficiente que regula NSE 3-2018 en la sección 2.1.4 con las siguientes inecuaciones:

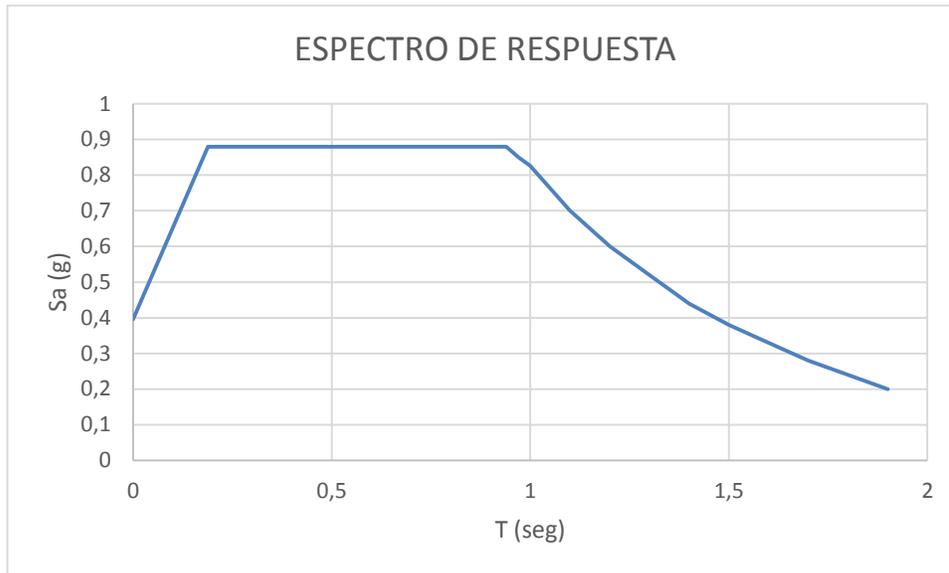
$$C_s \geq 0,044S_{cd}$$
$$C_s \geq \frac{0,75K_dS_{1r}}{R}$$

Al sustituir los datos en las ecuaciones anteriores se encuentra el coeficiente sísmico de diseño, el cual será:

$$C_s \geq 0,044 * 0,88 g = 0,039 \leq 0,11$$
$$C_s \geq \frac{0,75 * 0,80 * 0,43}{8} = 0,032 \leq 0,11$$

Por los resultados obtenidos anteriormente se determinó que el coeficiente sísmico para el municipio el cual resulta de 0,11 y a continuación se muestra el espectro de respuesta sísmica:

Figura 23. **Espectro de respuesta**



Fuente: elaboración propia.

Ahora se procederá a calcular el corte basal mediante la ecuación que describe AGIES NSE 3-2018, sección 2.1.2, se muestra a continuación:

$$V_B = C_s * W_s$$

Donde:

- V= corte basal
- Cs= coeficiente sísmico
- Ws= peso sísmico de la estructura

Reemplazando los datos en la ecuación anterior, tomando el peso sísmico calculado anteriormente y el coeficiente sísmico se tiene el siguiente resultado:

$$V_B = 0,11 * 437,47 \text{ Ton} = 48,12 \text{ Ton}$$

Ya encontrado el cortante basal este se distribuyó en el alto total del edificio, en este caso se repartirá en los dos niveles que tendrá la estructura, siendo el segundo nivel el que soporte mayor fuerza sísmica, las ecuaciones que se usaron se encuentran en la sección 2.2.1 de NSE 3-2018, las cuales se muestran a continuación:

$$F_x = C_{yx} V_B$$

$$C_{yx} = \frac{W_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (W_i h_i^k)}$$

Donde:

- F_x = cortante de cadencia en el nivel x de la estructura
- h_x = es la altura del nivel x desde la base sísmica
- $k=1$, para $T \leq 0,5$ según NSE 3-2018; donde $0,33 \leq 0,5$
- W_i = peso sísmico para el nivel i
- h_i = es la altura del nivel i desde la base sísmica

Como primer paso para encontrar las fuerzas por nivel encontraremos los coeficientes por nivel (C_{xy}), y luego los multiplicaremos por el contante basal, resultando:

$$C_{xy \text{ nivel1}} = \frac{258,66 \text{ ton} * (5,3)^1 \text{ m}}{2 \ 961,75 \text{ ton} * \text{ m}} = 0,47$$

$$C_{xy \text{ nivel2}} = \frac{178,66 \text{ ton} * (8,9)^1 \text{ m}}{2 \ 961,75 \text{ ton} * \text{ m}} = 0,53$$

$$F_{X \text{ nivel } 1} = 0,47 * 43,74 \text{ ton} = 25,83 \text{ ton}$$

$$F_{X \text{ nivel } 2} = 0,53 * 43,74 \text{ ton} = 22,29 \text{ ton}$$

Tabla XXIX. **Resultados de fuerzas por nivel módulo 2**

CÁLCULOS DE FUERZAS HORIZONTALES MÓDULO 2						
NIVEL	Wi (T)	hi	Wi*hi	Cxy	F (ton)	V
2	178,66	8,9	1 590,03	0,53	25,83	25,83
1	258,82	5,3	1 371,72	0,47	22,29	48,12
Total	437,47		2 961,75	1,00	48,12	

Fuente: elaboración propia.

Obsérvense los resultados de las fuerzas por nivel de cada módulo:

Tabla XXX. **Resultados de fuerzas por nivel**

RESULTADOS DE FUERZAS POR NIVEL (TON)			
	MÓDULO 1	MÓDULO 2	MÓDULO 3
NIVEL 2	17,77	25,83	14,92
NIVEL 1	16,47	22,29	13,70
CORTE BASAL	34,24	48,12	28,62

Fuente: elaboración propia.

- Distribución de fuerzas por marcos

Es de suma importancia realizar la distribución de fuerzas por marco, ya que la estructura no es simétrica y esto conlleva a tener fuerzas de torsión. Para determinar dichas fuerzas se debe realizar el análisis de centro de masa, centro de rigidez, corte directo y corte total.

- Centro geométrico

Para dar inicio al cálculo del módulo 2 se debe obtener el centro geométrico, que no es nada más que la mitad del largo y del ancho de la edificación por ser un rectángulo. A continuación, se muestra el procedimiento:

$$\bar{x} = \frac{\textit{longitud}}{2} = \frac{21,05}{2} = 10,53 \textit{ m}$$

$$\bar{y} = \frac{\textit{ancho}}{2} = \frac{11,08}{2} = 5,54 \textit{ m}$$

- Centro de masa

También llamado centro de gravedad de la edificación, se considera que es el punto donde se concentra toda la masa, es allí donde el sismo actúa directamente. Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$C_m = \frac{\sum W_i * X_i}{\sum W_i}$$

Donde:

- W_i = es el peso de la losa i
- X_i = es la distancia del eje al centro geométrico de la losa i

Tabla XXXI. **Centro de masa módulo 2 sentido X primer nivel**

CENTRO DE MASA X PRIMER NIVEL						
Losa	Area	Wlosa+sc (kg)	Wv (kg)	Wi total (kg)	Li (m)	Wi*Li
1	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	2,63	70 829,06
2	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	7,89	212 487,17
3	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	13,15	354 145,28
4	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	18,41	495 803,39
5	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	2,63	40 051,62
6	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	7,89	120 154,85
7	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	13,15	200 258,09
8	16,20	7 128,35	8 100,4	15 228,75	18,41	280 361,32
Muros				32 008,5	10,53	337 049,51
				Total	200 648,308	Total 2 111 140,29

Fuente: elaboración propia.

Para calcular el centro de masa se utilizó la ecuación anterior y se reemplazaron los valores de la tabla XXXI, lo cual resultó:

$$C_{m \times 1mer} = \frac{2\ 111\ 140,29}{200\ 648,31} = 10,52\ m$$

Tabla XXXII. **Centro de masa módulo 2 sentido Y primer nivel**

CENTRO DE MASA Y PRIMER NIVEL						
Losa	Area	Wlosa+sc (kg)	Wv (kg)	Wi total (kg)	Li (m)	Wi*Li
1	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	7,08	19 0672,90
2	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	7,08	19 0672,90
3	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	7,08	19 0672,90
4	42,08	18 515,20	8 416,00	26 931,20	7,08	19 0672,90
5	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	1,54	23 452,28
6	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	1,54	23 452,28
7	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	1,54	23 452,28
8	16,20	7 128,35	8 100,40	15 228,75	1,54	23 452,28
Muros				32 008,50	5,54	177 327,09
				Total	200 648,308	Total 1 033 827,79

Fuente: elaboración propia.

Se calculó el centro de masa se utilizando la ecuación anterior y se sustituyeron los valores de la tabla XXXII, lo cual resultó:

$$C_{m \text{ y } 1^{er}} = \frac{1\ 033\ 827,79}{200\ 648,31} = 5,20 \text{ m}$$

Los resultados de los centros de masa para el módulo 2 encontrados son los siguientes:

- Centro de masa primer nivel eje x = 10,52 m
 - Centro de masa segundo nivel eje x = 10,52 m
 - Centro de masa primer nivel eje y = 5,20 m
 - Centro de masa segundo nivel eje x= 5,54 m
- Centro de rigidez

Se define como el punto central vertical de una edificación, el cual es sometido a cargas laterales. Como parte del cálculo se procedió a determinar la rigidez de las columnas (k_c), tomando en cuenta los siguientes criterios:

Para columnas de último nivel o llamadas columnas en voladizo, se tomó para nuestro caso la columna del segundo nivel, obteniendo la rigidez mediante la siguiente ecuación de Wilbur:

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

En caso de la columna del primer nivel por estar doblemente empotrada se utilizó la siguiente ecuación de Wilbur:

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

Donde:

- Kc= rigidez de la columna
- F= fuerza actuante en el nivel analizado
- h= luz libre de la columna
- Ec= módulo de elasticidad del concreto, donde E= $15\ 100^2 \sqrt{f'c}$
- I= inercia de la sección
- A= área de la sección
- G= módulo de cortante, donde G=0,4*E

Sustituyendo los valores en las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$K_{c\ 2nivel} = \frac{1}{\frac{23\ 025,75 * 360^3}{3 * 15\ 100^2 \sqrt{210} * \frac{40 * 40^3}{12}} + \frac{1,2 * 23\ 025,75 * 360}{40 * 40 * 0,4 * 15\ 100^2 \sqrt{210}}} = 0,129\ cm^{-1}$$

$$K_{c\ 1nivel} = \frac{1}{\frac{20\ 681,62 * 530^3}{12 * 15\ 100^2 \sqrt{210} * \frac{40 * 40^3}{12}} + \frac{1,2 * 20\ 681,62 * 530}{40 * 40 * 0,4 * 15\ 100^2 \sqrt{210}}} = 0,18\ cm^{-1}$$

Teniendo las rigideces de las columnas se procede a multiplicarlas por el número de columnas que conforman el marco, luego se tomará la medida desde el eje neutro hacia cada eje y con la sumatoria de estos últimos datos se calculará el centro de rigidez a través de la siguiente ecuación:

$$CR_X = \frac{\sum Km_x * Li}{\sum Km_x} \quad CR_Y = \frac{\sum Km_y * Li}{\sum Km_y}$$

Tabla XXXIII. Centro de rigidez módulo 2 eje X

CENTRO DE RIGIDEZ X SEGUNDO NIVEL					
Marco	# Col	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
C	3	0,13	0,39	0	0
D	3	0,13	0,39	5,26	2,04
E	3	0,13	0,39	10,52	4,07
F	3	0,13	0,39	15,78	6,11
G	3	0,13	0,39	21,04	8,15
		Total	1,94	Total	20,37
CENTRO DE RIGIDEZ X PRIMER NIVEL					
Marco	# Col	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
C	3	0,18	0,54	0,00	0,00
D	3	0,18	0,54	5,26	2,82
E	3	0,18	0,54	10,52	5,65
F	3	0,18	0,54	15,78	8,47
G	3	0,18	0,54	21,04	11,29
		Total	2,68	Total	28,23

Fuente: elaboración propia.

Con los datos de la tabla XXXIII y la ecuación anterior se procede a calcular los centros de rigidez:

$$CR_{x\ 2nivel} = \frac{20,37}{1,94} = 10,52\ m$$

$$CR_{x\ 1nivel} = \frac{28,23}{2,68} = 10,52\ m$$

Tabla XXXIV. Centro de rigidez módulo 2 eje Y

CENTRO DE RIGIDEZ Y SEGUNDO NIVEL					
Marco	# Col	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
3	5	0,13	0,65	0,00	0,00
4	5	0,13	0,65	3,08	1,99

Continuación tabla XXXIV.

5	5	0,13	0,65	11,08	7,15
		Total	1,94	Total	9,14
CENTRO DE RIGIDEZ Y PRIMER NIVEL					
Marco	# Col	Kc (cm-1)	Km (cm-1)	L (m)	Km*L
3	5	0,18	0,89	0,00	0,00
4	5	0,18	0,89	3,08	2,75
5	5	0,18	0,89	11,08	9,91
		Total	2,68	Total	12,66

Fuente: elaboración propia.

Reemplazando los datos de la tabla XXXIIV en la ecuación anterior se procede a calcular los centros de rigidez:

$$CR_{Y\ 2nivel} = \frac{9,14}{1,94} = 4,72\ m$$

$$CR_{x\ 1nivel} = \frac{12,66}{2,68} = 4,72\ m$$

Tabla XXXV. **Resultados de centro de masa y rigidez**

RESULTADOS DE CENTRO DE MASA Y RIGIDEZ								
	CM 2do. X	CM 1ro. X	CM 2do. Y	CM 1ro. Y	CR 2do. X	CR 1ro. X	CR 2do. Y	CR 1ro. Y
Módulo 1	4	4	16	9,42	4	4	16	10,8
Módulo 2	10,52	10,52	5,54	5,15	10,52	10,52	4,72	4,72
Módulo 3	4,20	4,08	7,00	736,00	4,53	4,53	6,67	6,67

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidad

Está dado por la distancia que separa al centro de masa del centro de rigidez, donde esa distancia tanto vertical como horizontal forma esfuerzos de torsión sobre la estructura. Existen dos tipos de excentricidades las cuales son:

Excentricidad directa: es el valor absoluto de la diferencia algebraica entre el centro de masa y el centro de rigidez, se encontró por medio de la siguiente ecuación:

$$e_{directa\ xy} = |CM_{xy} - CR_{xy}|$$

Excentricidad accidental: es también llamada excentricidad de diseño, se encuentra sumándole o restándole el 5 % de la base de la estructura a la excentricidad directa, esta regula en la sección 3.2.2 de NSE 3-2017 mediante la siguiente expresión matemática:

$$e_{directa\ xy} = |CM_{xy} - CR_{xy}| \pm 0,05 B_{xy}$$

Donde:

- B= dimensión perpendicular a la fuerza considerada

Con la ecuación anterior y los datos encontrados de centro de masa y centro de rigidez de los niveles, a continuación, el procedimiento:

$$e_{diseño\ x\ 1nivel} = |10,5217 - 10,52| \pm 0,05 * 21,05 = \pm 1,05\ m$$

$$e_{diseño\ x\ 2nivel} = |10,52 - 10,52| \pm 0,05 * 21,05 = \pm 1,05\ m$$

$$e_{diseño\ y\ 1nivel} = |5,195 - 4,72| + 0,05 * 11,08 = 1,03\ m$$

$$e_{diseño\ y\ 1nivel} = |5,195 - 4,72| - 0,05 * 11,08 = -0,079\ m$$

$$e_{diseño\ y\ 2nivel} = |5,54 - 4,72| + 0,05 * 11,08 = 1,37\ m$$

$$e_{diseño\ y\ 2nivel} = |5,54 - 4,72| - 0,05 * 11,08 = 0,266\ m$$

Continuando con el cálculo se procederá a calcular el corte por sismo, corte torsional y corte total, se encontrarán a través de las siguientes ecuaciones obtenidas de la sección 2.3 NSE 3-2018:

$$V_S = \frac{K_m * F_x}{\sum K_m}, \quad V_t = \frac{e_{162} K_m * F_x * d_i}{\sum K_m * d_i^2}, \quad V_T = V_S + V_t$$

Donde:

- Vs= corte por sismo
- Vt= corte torsional
- VT= corte total
- Km= rigidez del marco analizado
- Fx= fuerza del nivel analizado
- e= excentricidad de diseño del nivel analizado
- di= distancia del centro geométrico al eje analizado

Con las ecuaciones anteriores se proceder hacer el cálculo para determinar el corte total por marco; ahora se muestra el procedimiento para determinar el cortante por torsión del segundo nivel eje X del módulo 2:

$$V_{S\ X\ 2nivel} = \frac{10\ 005,66}{1,94} = 5\ 166,88\ kg$$

$$V_{t\ X\ 2nivel} = \frac{1,05 * 25\ 834,39 * -4,08}{107,24} = -1\ 031,12\ kg$$

$$V_{T\ X\ 2nivel} = 5\ 166,88 + (-1\ 031,12) = 4\ 135,76\ kg$$

Los resultados del análisis para encontrar los cortantes de torsión máximos por nivel se encuentran en las siguientes tablas:

Tabla XXXVI. Cortantes por torsión módulo 2 eje X

SEGUNDO NIVEL X MÓDULO 2											
Eje	e		Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di ²	Vs	Vt	VT
C	e1x	1,05								-1 031,12	4 135,76
	e2x	-1,05	25 834,39	0,39	-10,53	10 005,66	-4,08	42,90	5 166,88	1 031,12	6 198,00
D	e1x	1,05								-515,31	4 651,56
	e2x	-1,05	25 834,39	0,39	-5,26	10 005,66	-2,04	10,72	5 166,88	515,31	5 682,19
E	e1x	1,05								0,00	5 166,88
	e2x	-1,05	25 834,39	0,39	0,00	10 005,66	0,00	0,00	5 166,88	0,00	5 166,88
F	e1x	1,05								515,31	5 682,19
	e2x	-1,05	25 834,39	0,39	5,26	10 005,66	2,04	10,72	5 166,88	-515,31	4 651,56
G	e1x	1,05								1 031,12	6 198,00
	e2x	-1,05	25 834,39	0,39	10,53	10 005,66	4,08	42,90	5 166,88	-1 031,12	4 135,76
			TOTAL	1,94				Total	107,24		

PRIMER NIVEL X MÓDULO 2											
Eje	e		Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di ²	Vs	Vt	VT
C	e1x	1,05								-889,55	3 567,93
	e2x	-1,05	22 287,37	0,54	-10,53	11 959,62	-5,65	59,44	4 457,47	889,55	5 347,02
D	e1x	1,05								-444,56	4 012,91
	e2x	-1,05	22 287,37	0,54	-5,26	11 959,62	-2,82	14,85	4 457,47	444,56	4 902,04
E	e1x	1,05								0,00	4 457,47
	e2x	-1,05	22 287,37	0,54	0,00	11 959,62	0,00	0,00	4 457,47	0,00	4 457,47
F	e1x	1,05								444,56	4 902,04
	e2x	-1,05	22 287,37	0,54	5,26	11 959,62	2,82	14,85	4 457,47	-444,56	4 012,91
G	e1x	1,05								889,55	5 347,02
	e2x	-1,05	22 287,37	0,54	10,53	11 959,62	5,65	59,44	4 457,47	-889,55	3 567,93
			TOTAL	2,68				Total	148,58		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. Cortantes por torsión módulo 2 eje Y

SEGUNDO NIVEL Y MÓDULO 2											
Eje	e		Fx	Km	di	km*Fx	km*di	dm*di 2	Vs	Vt	VT
3	e1 y	1,37	25 834,39	0,6455	-5,54	16 676,10	-3,58	19,81	8611,46	-2 907,67	5 703,80
	e2 y	0,26 6								-564,55	8 046,91
4	e1 y	1,37	25 834,39	0,6455	-2,46	16 676,10	-1,59	3,91	8611,46	-1291,13	7 320,33
	e2 y	0,26 6								-250,69	8 360,78
5	e1 y	1,37	25 834,39	0,6455	5,54	16 676,10	3,58	19,81	8611,46	2 907,67	11 519,13
	e2 y	0,26 6								564,55	9 176,02
TOTAL			1,94	Total			43,53				

PRIMER NIVEL Y											
Eje	e		Fx	Km	di	km*Fx	km*di	dm*di 2	Vs	Vt	VT
3	e1 y	1,03	22 287,37	0,89435	-5,54	19 932,71	-4,95	27,45	7429,12	-	5543,21
	e2 y	0,079								1885,91	7573,77
4	e1 y	1,03	22 287,37	0,89435	-2,46	19 932,71	-2,20	5,41	7429,12	-837,43	6591,70
	e2 y	0,079								64,23	7493,35
5	e1 y	1,03	22 287,37	0,89435	5,54	19 932,71	4,95	27,45	7429,12	1885,91	9315,04
	e2 y	0,079								-144,65	7284,47
TOTAL			2,68	Total			60,31				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Cortantes por torsión módulo 1 eje X

SEGUNDO NIVEL X MÓDULO 1											
Eje	e		Fx	km	Di	km*Fx	km*di	dm*di2	Vs	Vt	VT
A	e1x	0,42								-932,93	7 952,13
	e2x	-0,42	17 770,11	0,39	-4,00	6 882,37	-1,55	6,20	8 885,06	932,93	9 817,99
B	e1x	0,42								932,93	9 817,99
	e2x	-0,42	17 770,11	0,39	4,00	6 882,37	1,55	6,20	8 885,06	-932,93	7 952,13
			TOTAL	0,77				Total	12,39		

PRIMER NIVEL X MÓDULO 1											
Eje	e		Fx	km	Di	km*Fx	km*di	dm*di2	Vs	Vt	VT
A	e1x	0,42								-864,50	7 368,80
	e2x	-0,42	16 466,59	0,89	-4,00	14 721,13	-3,58	14,30	8 233,30	864,50	9 097,79
B	e1x	0,42								864,50	9 097,79
	e2x	-0,42	16 466,59	0,89	4,00	14 721,13	3,58	14,30	8 233,30	-864,50	7 368,80
			TOTAL	1,79				Total	28,61		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. Cortantes por torsión módulo 1 eje Y

SEGUNDO NIVEL Y MÓDULO 1											
Eje	e		Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di2	Vs	Vt	VT
4	e1y	1,02								258,94	6 182,31
	e2y	-1,02	17 770,11	0,2582	2	4 588,24	0,52	1,03	5 923,37	-258,94	5 664,44
4,1	e1y	1,02								776,81	6 700,18
	e2y	-1,02	17 770,11	0,2582	6	4 588,24	1,55	9,30	5 923,37	-776,81	5 146,56
5	e1y	1,02								1294,68	7 218,05
	e2y	-1,02	17 770,11	0,2582	10	4 588,24	2,58	25,82	5 923,37	-1294,68	4 628,69
			TOTAL	0,77				Total	36,15		

PRIMER NIVEL Y MÓDULO 1											
Eje	e		Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di2	Vs	Vt	VT
1	e1y	2,396								-1 541,17	1 752,15
	e2y	0,356	16 466,59	0,357	-10	58 78,57	-3,57	35,70	3 293,32	-228,99	3 064,33
2	e1y	2,396								-616,47	2 676,85
	e2y	0,356	16 466,59	0,357	-4	58 78,57	-1,43	5,71	3 293,32	-91,60	3 201,72
4	e1y	2,396								308,23	308,23
	e2y	0,356	16 466,59	0,357	2	58 78,57	0,71	1,43	3 293,32	45,80	3 339,12

Continuación de la tabla XXXIX.

4,1	e1y	2,396	16 466,59	0,357	6	58 78,57	2,14	12,85	3 293,32	924,70	4 218,02
	e2y	0,356								137,39	3 430,71
5	e1y	2,396	16 466,59	0,357	10	58 78,57	3,57	35,70	3 293,32	1 541,17	4 834,49
	e2y	0,356								228,99	3 522,31
			TOTAL	1,79			Total	91,39			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Cortantes por torsión módulo 3 eje X**

SEGUNDO NIVEL X MÓDULO 3											
Eje	e		Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di ²	Vs	Vt	VT
H	e1x	0,797	14 917,18	0,39	-4,53	5 777,43	-1,75	7,95	4 972,39	-1 312,25	3 660,14
	e2x	-0,149								245,33	5 217,72
I	e1x	0,797	14 917,18	0,39	0,00	5 777,43	0,00	0,00	4 972,39	0,00	4 972,39
	e2x	-0,149								0,00	4 972,39
J	e1x	0,797	14 917,18	0,39	4,53	5 777,43	1,75	7,95	4 972,39	1 312,25	6 284,65
	e2x	-0,149								-245,33	4 727,07
			TOTAL	1,16			Total	15,90			

PRIMER NIVEL X MÓDULO 3											
Eje	e		Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di ²	Vs	Vt	VT
H	e1x	0,927	13 698,58	0,54	-4,53	7 350,79	-2,43	11,01	4 566,19	-1 401,61	3 164,58
	e2x	-0,02								30,24	4 596,43
I	e1x	0,927	13 698,58	0,54	0,00	7 350,79	0,00	0,00	4 566,19	0,00	4 566,19
	e2x	-0,02								0,00	4 566,19
J	e1x	0,927	13 698,58	0,54	4,53	7 350,79	2,43	11,01	4 566,19	1 401,61	5 967,80
	e2x	-0,02								-30,24	4 535,95
			TOTAL	1,61			Total	22,02			

Fuente: elaboración propia.

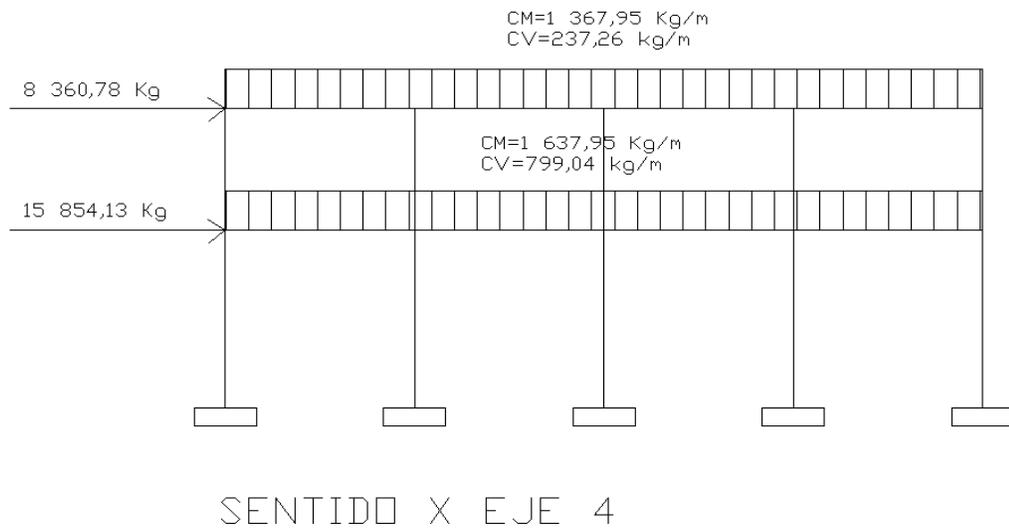
Tabla XLI. Cortantes por torsión módulo 3 eje Y

SEGUNDO NIVEL Y										
Eje	e	Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di ²	Vs	Vt	VT
2	e1y	1,053							-1 110,65	3 861,74
	e2y	-0,386	14 917,18	0,3873	-7	5 777,43	-2,71	18,98	4 972,39	407,13
4	e1y	1,053							-158,66	4 813,73
	e2y	-0,386	14 917,18	0,3873	-1	5 777,43	-0,39	0,39	4 972,39	58,16
5	e1y	1,053							1 110,65	6 083,05
	e2y	-0,386	14 917,18	0,3873	7	5 777,43	2,71	18,98	4 972,39	-407,13
TOTAL			1,16			Total	38,34			

PRIMER NIVEL Y										
Eje	E	Fx	km	di	km*Fx	km*di	dm*di ²	Vs	Vt	VT
2	e1y	1,409							-1 364,74	3 201,45
	e2y	-0,031	13 698,58	0,536	-7	7 342,44	-3,75	26,26	4 566,19	30,03
4	e1y	1,409							-194,96	4 371,23
	e2y	-0,031	13 698,58	0,536	-1	7 342,44	-0,54	0,54	4 566,19	4,29
5	e1y	1,409							1 364,74	5 930,93
	e2y	-0,031	13 698,58	0,536	7	7 342,44	3,75	26,26	4 566,19	-30,03
TOTAL			1,61			Total	53,06			

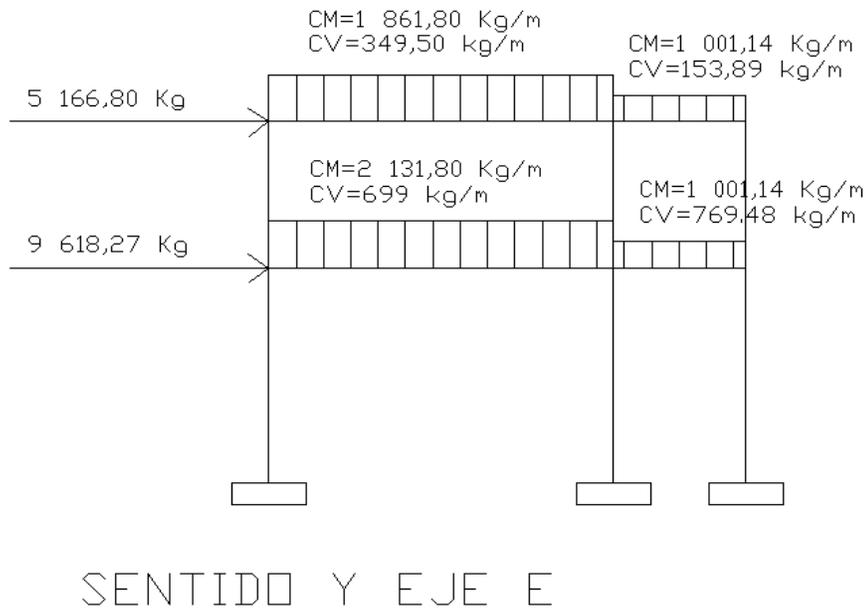
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Fuerzas sobre marco 4 módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 25. **Fuerzas aplicadas a marco E módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.6.7. **Análisis de marcos dúctiles y nudos rígidos con software y comparación con el método numérico**

Para el análisis estructural del edificio se utilizó el método numérico de Kani, con el cual obtenemos las fuerzas internas a las que están sometidos los elementos estructurales, dado a las cargas externas que están afectando la edificación, estas son cargas horizontales y verticales, luego de encontrar los momentos se realizó la comparación con el software ETABS 2016, para determinar el porcentaje de error entre los dos resultados.

Al utilizar el método de Kani, haremos dos suposiciones: la primera es que para analizar cargas verticales tendremos nudos rígidos (marcos sin lado) y la segunda es que para analizar cargas horizontales suponemos que tenemos nudos desplazables (marcos con lado).

Previo a realizar el análisis estructural se determinarán las ecuaciones y procedimiento a utilizar en base al libro de texto: *Cálculo de pórticos de varios pisos*, traducido por Enrique Rodón de la Editorial Reverté. S.A.

- Momentos fijos (MFik): son utilizadas cuando existan cargas distribuidas verticalmente sobre el marco.

$$MF_{ik} = \pm \frac{W * L^2}{12}$$

Donde:

- MFik= momentos fijos en los extremos de las vigas
 - W= carga distribuida uniformemente vertical
 - L= longitud de la viga
- Momentos de sujeción (M_s): esta dado a la sumatoria de los momentos fijos en el nudo.

$$M_s = \sum MF_{ik}$$

- Fuerzas de sujeción (H): son fuerzas horizontales que se emplean en los marcos por nivel, se utiliza para análisis por sismo.
- Fuerza cortante de piso (Q_n): es la sumatoria de las fuerzas de sujeción tomándolas desde los niveles inferiores.

$$Q_n = \sum H$$

- Momentos de piso (M_n): se encuentra por medio de la altura y fuerza horizontal aplicada al marco.

$$M_n = \frac{Q_n * h_n}{3}; h_n = \text{altura del edificio}$$

- Rigideces de los elementos (K_{ik}): son fuerzas horizontales que se emplean en los marcos por nivel, se utiliza para análisis por sismo.

$$K_{ik} = \frac{I}{L_{ik}}$$

- I = inercia
- L_{ik} = longitud del elemento
- Factores de giro o coeficientes de reparto (μ_{ik}): se calcula a través de la siguiente ecuación.

$$\mu_{ik} = -\frac{1}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

- Factores de corrimiento (v_{ik}): es utilizado cuando existe ladeo en la estructura o cuando se analiza carga de sismo.

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \left(\frac{K_{ik}}{\sum K_{ik}} \right)$$

- Iteraciones, influencia de giro (M'_{ik}).

$$M''_{ik} = \mu_{ik} * (M_s + \sum M'_{ni}); \text{ Sin ladeo}$$

$$M'_{ik} = \mu_{ik} * (M_s + \sum M'_{ni} + \sum M''_{in}); \text{ Con ladeo}$$

- Iteraciones, influencia de desplazamiento (M''_{ik}).

$$M''_{ik} = v_{ik} * (\sum M'_{ik} + M'_{ki}); \text{ Ladeo por asimetría}$$

$$M''_{ik} = v_{ik} * (M_n + \sum (M'_{ik} + M'_{ki})); \text{ Ladeo por fuerza horizontal}$$

- Momentos finales (M_{ik}): se calculan en los extremos de los elementos.

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}; \text{ Sin ladeo}$$

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik}; \text{ Con ladeo}$$

- Se ejemplifica el método de Kani con el marco E afectado por carga muerta.

- Momentos fijos

$$MF_{AB} = \frac{1\,861,8\text{ kg/m} * 8^2}{12} = +9\,929,6\text{ kg} * m$$

$$MF_{DE} = \frac{2\,131,8\text{ kg/m} * 8^2}{12} = +11\,369,6\text{ kg} * m$$

$$MF_{BC \text{ y } EF} = \frac{1\,001,14\text{ kg/m} * 3,08^2}{12} = +791,43\text{ kg} * m$$

- Rigideces de los elementos

- Cálculo de las inercias

$$I_{viga} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{(0,30)(0,55)^3}{12} = 0,004159 \text{ m}^4$$

$$I_{columna} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{(0,40)(0,40)^3}{12} = 0,002133 \text{ m}^4$$

- Inercias relativas

$$I_{viga} = \frac{0,004159}{0,002133} = 1,95$$

$$I_{columna} = \frac{0,002133}{0,002133} = 1,0$$

- Cálculo de rigideces

$$K_{AB \text{ y } DE} = \frac{1,95}{8} = 0,24$$

$$K_{BC \text{ y } EF} = \frac{1,95}{3,08} = 0,63$$

$$K_{AD, BE \text{ y } CF} = \frac{1,0}{3,60} = 0,28$$

$$K_{DG, EH \text{ y } FI} = \frac{1,0}{5,30} = 0,19$$

- Factores de giro

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,24}{0,24 + 0,28} \right) = -0,23$$

$$\begin{aligned}
\mu_{AD} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,28}{0,24 + 0,28} \right) = -0,27 \\
\mu_{BA} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,24}{0,24 + 0,28 + 0,63} \right) = -0,11 \\
\mu_{BE} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,28}{0,24 + 0,28 + 0,63} \right) = -0,12 \\
\mu_{BC} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,63}{0,24 + 0,28 + 0,63} \right) = -0,27 \\
\mu_{CB} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,63}{0,63 + 0,28} \right) = -0,35 \\
\mu_{CF} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,28}{0,63 + 0,28} \right) = -0,15 \\
\mu_{DA} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,28}{0,24 + 0,28 + 0,19} \right) = -0,20 \\
\mu_{DG} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,19}{0,24 + 0,28 + 0,19} \right) = -0,13 \\
\mu_{DE} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,24}{0,24 + 0,28 + 0,19} \right) = -0,17 \\
\mu_{ED} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,24}{0,24 + 0,28 + 0,19 + 63} \right) = -0,09 \\
\mu_{EB} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,28}{0,24 + 0,28 + 0,19 + 63} \right) = -0,10 \\
\mu_{EF} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,63}{0,24 + 0,28 + 0,19 + 63} \right) = -0,24 \\
\mu_{EH} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,19}{0,24 + 0,28 + 0,19 + 63} \right) = -0,07 \\
\mu_{FC} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,28}{0,19 + 0,28 + 0,63} \right) = -0,13 \\
\mu_{FE} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,63}{0,19 + 0,28 + 0,63} \right) = -0,29 \\
\mu_{FI} &= -\frac{1}{2} \left(\frac{0,19}{0,19 + 0,28 + 0,63} \right) = -0,09
\end{aligned}$$

- En las iteraciones se utilizó el ciclo de la siguiente forma: D-E-F-C-B-A.

$$M''_{DA} = 11\,369,6 * -0,20 = -2\,223,57$$

$$M''_{DE} = 11\,369,6 * -0,17 = -1\,950,89$$

$$M''_{DG} = 11\,369,6 * -0,13 = -1\,510,35$$

$$M''_{ED} = (-10\,578,17 + (-1\,950,89)) * -0,09 = 1136,66$$

$$M''_{EH} = (-10\,578,17 + (-1\,950,89)) * -0,07 = 879,98$$

$$M''_{EF} = (-10\,578,17 + (-1\,950,89)) * -0,24 = 2\,952,36$$

$$M''_{EB} = (-10\,578,17 + (-1\,950,89)) * -0,10 = 1\,295,53$$

$$M''_{FE} = (-791,43 + 2\,952,36) * -0,29 = -622,07$$

$$M''_{FI} = (-791,43 + 2\,952,36) * -0,09 = -185,42$$

$$M''_{FC} = (-791,43 + 2\,952,36) * -0,13 = -272,97$$

$$M''_{CF} = (-791,43 + (-272,97)) * -0,15 = 162,31$$

$$M''_{CB} = (-791,43 + (-272,97)) * -0,55 = 369,89$$

$$M''_{BC} = (-9\,138,17 + 369,89) * -0,27 = 2\,403,83$$

$$M''_{BE} = (-9\,138,17 + 369,89) * -0,12 = 1\,054,83$$

$$M''_{BA} = (-9\,138,17 + 369,89) * -0,11 = 925,48$$

$$M''_{AB} = (9\,929,60 + 925,48) * -0,23 = -2\,536,50$$

$$M''_{AD} = (9\,929,60 + 925,48) * -0,27 = -2\,891,04$$

$$M''_{DA} = (11\,369,6 + 1\,136,66 + (-2\,891,04)) * -0,20 = -1\,880,46$$

- Momentos finales

$$M_{AB} = 9\,929,60 + 2 * (-2\,129,18) + 1\,135,11 = 6\,806,34 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{BA} = -9\,929,60 + 2 * 1\,135,11 + (-2\,129,18) = -9\,788,56 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{BC} = 791,43 + 2 * 2\,948,34 + (-674,89) = 6\,013,22 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{CB} = -791,43 + 2 * (-674,89) + 2\,948,34 = 807,12 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{DE} = 11\,369,60 + 2 * (-1\,713,30) + 1\,042,14 = 8\,985,15 \text{ kg} * \text{m}$$

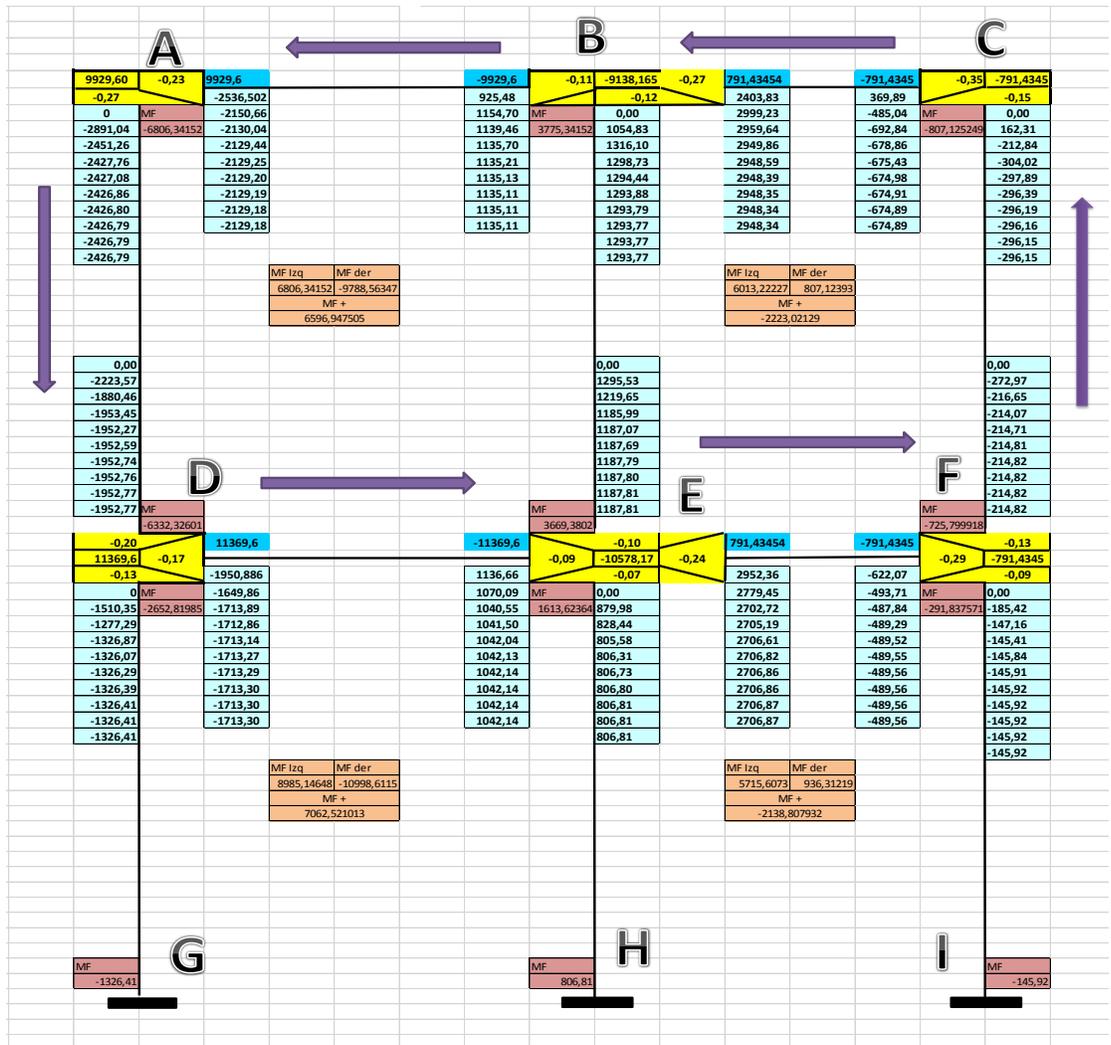
$$M_{ED} = -11\,369,60 + 2 * 1\,042,14 + (-1\,713,3) = -10\,998,6 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{EF} = 791,43 + 2 * 2\,706,87 + (-489,56) = 5\,715,60 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{FE} = -791,43 + 2 * (-489,56) + 2\,706,87 = 936,31 \text{ kg} * \text{m}$$

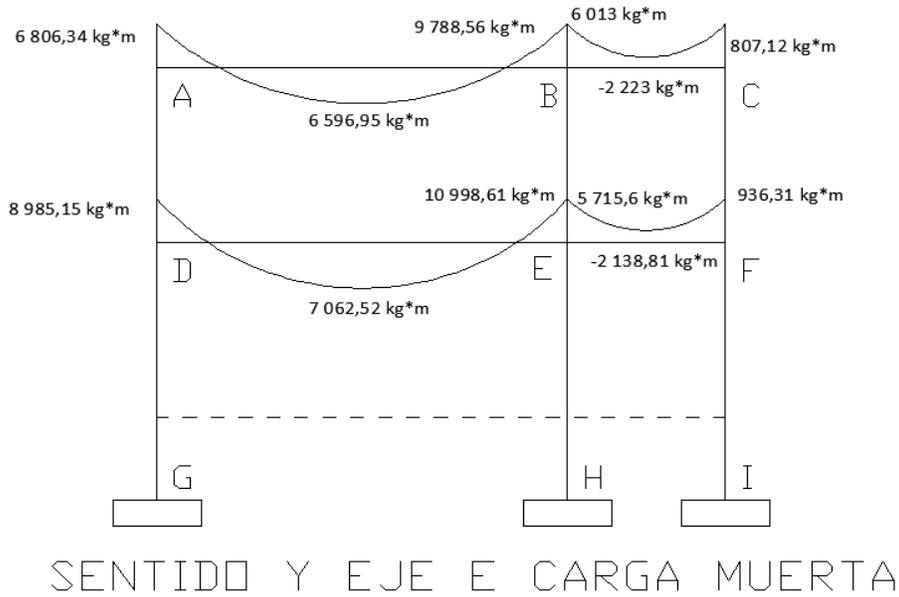
A continuación, el resto de iteración en la siguiente figura:

Figura 26. Análisis marco E carga muerta módulo 2



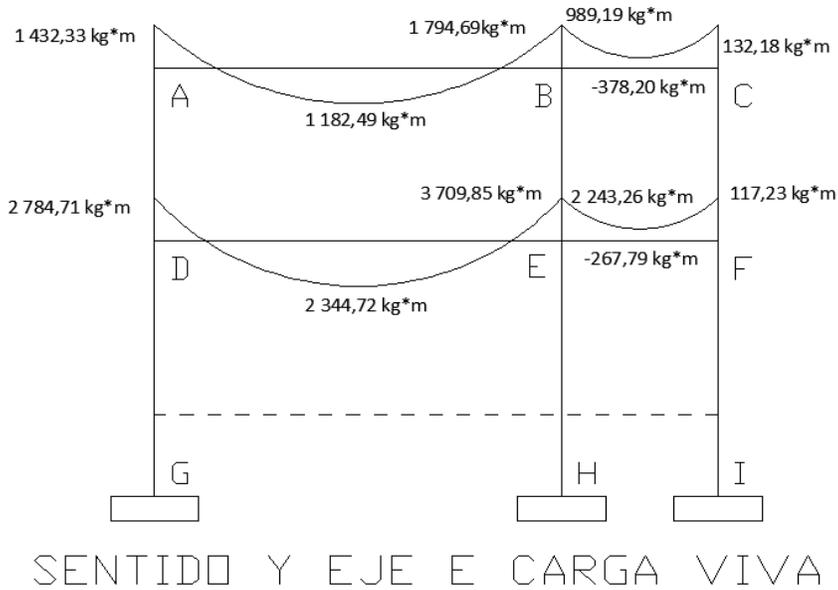
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Carga muerta marco E módulo 2**



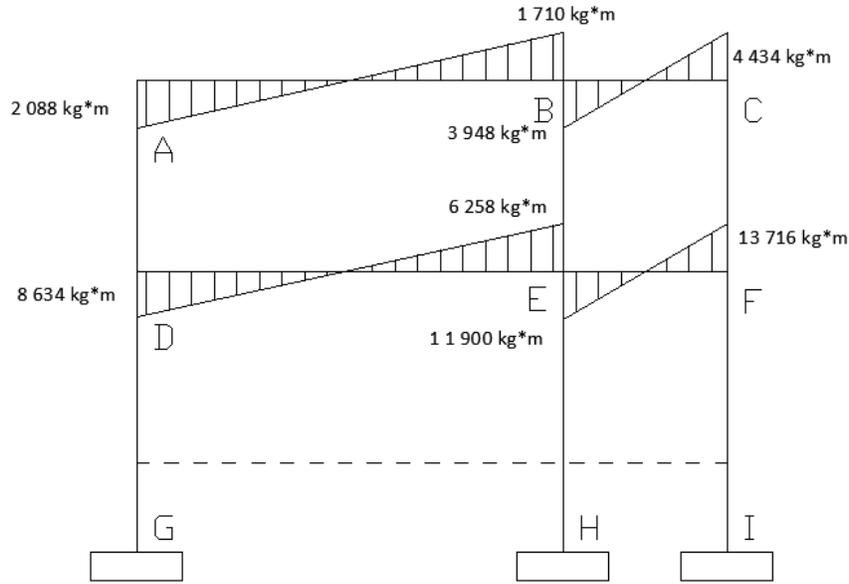
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. **Carga viva marco E módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 29. **Carga de sismo marco E módulo 2**

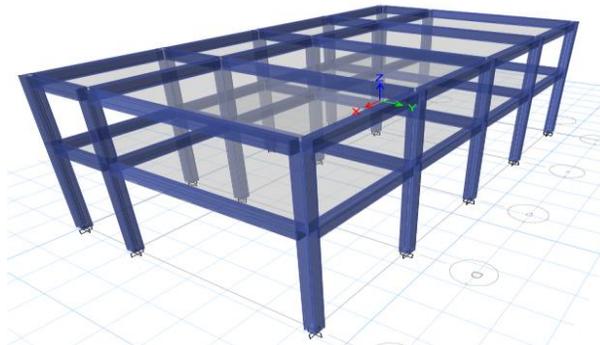


SENTIDO Y EJE E CARGA DE SISMO

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

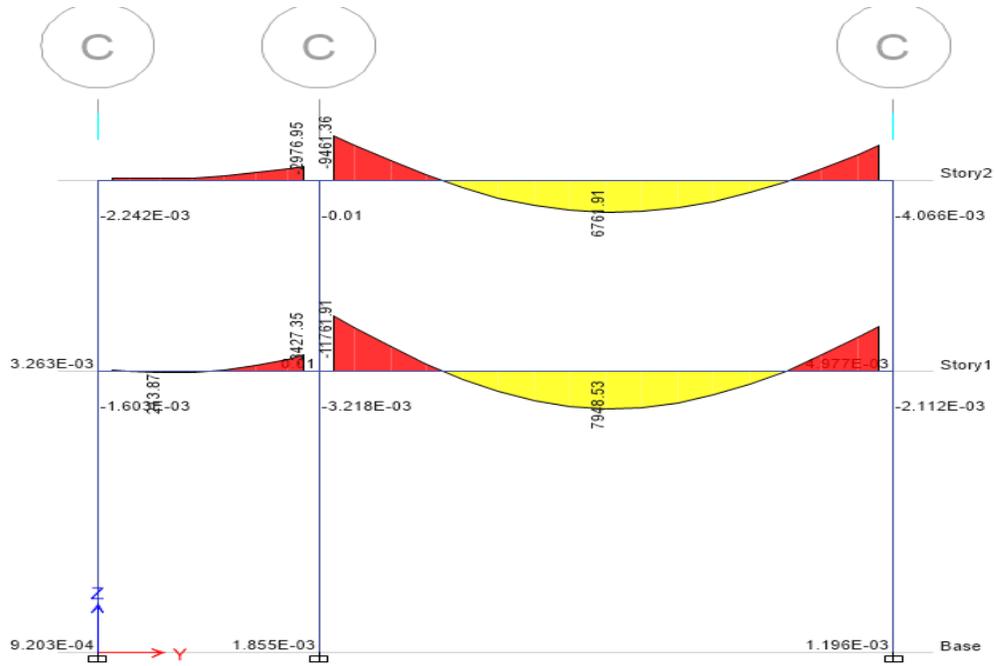
Para efecto del análisis estructural se utilizó el software ETABS 2 016, con el fin de obtener resultados y realizar la comparación con el método numérico Kani, a continuación, se muestran los resultados para el marco E del módulo 2:

Figura 30. **Módulo 2 ETABS**



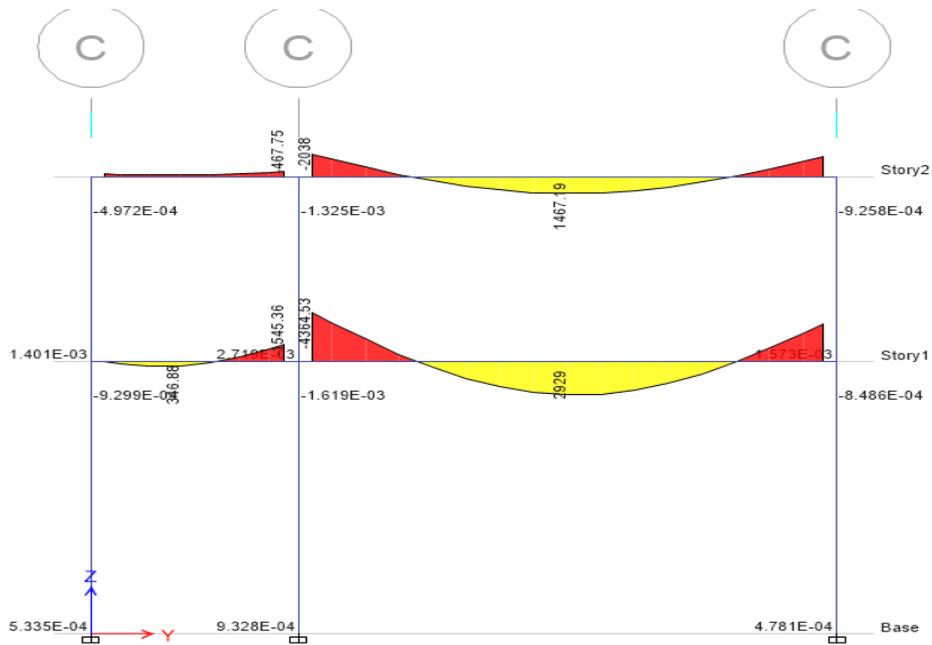
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 31. Diagrama de momentos carga muerta marco E módulo 2



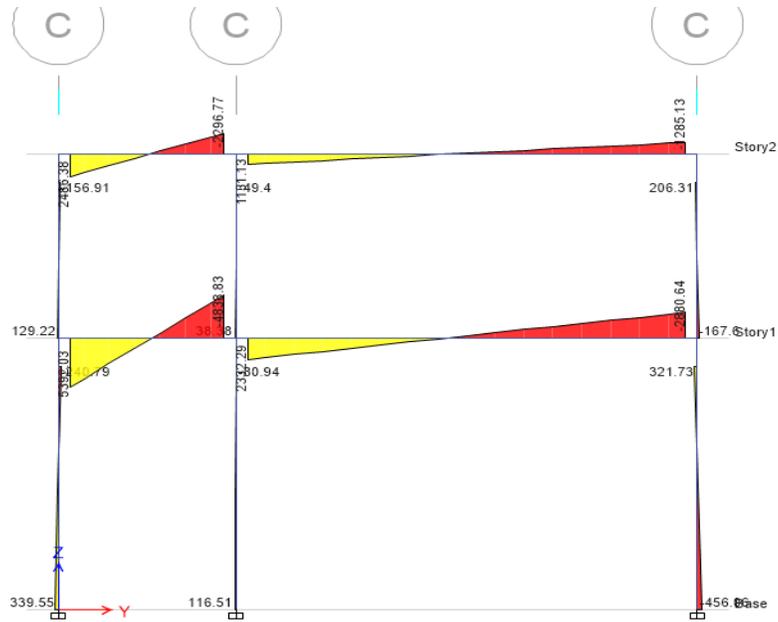
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 32. Diagrama de momentos carga viva marco E módulo 2



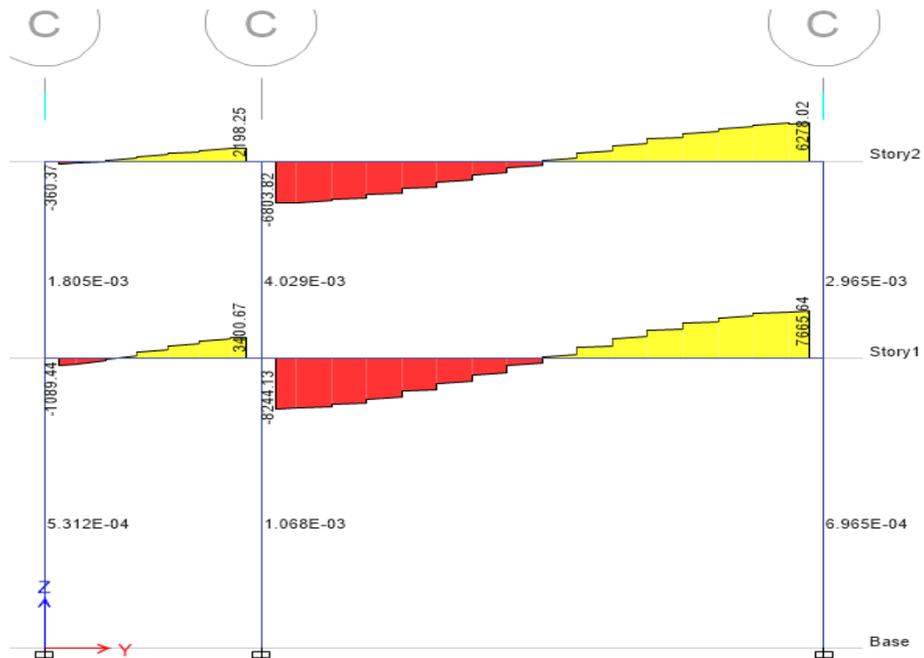
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 33. Diagrama de momentos carga sismo marco E módulo 2



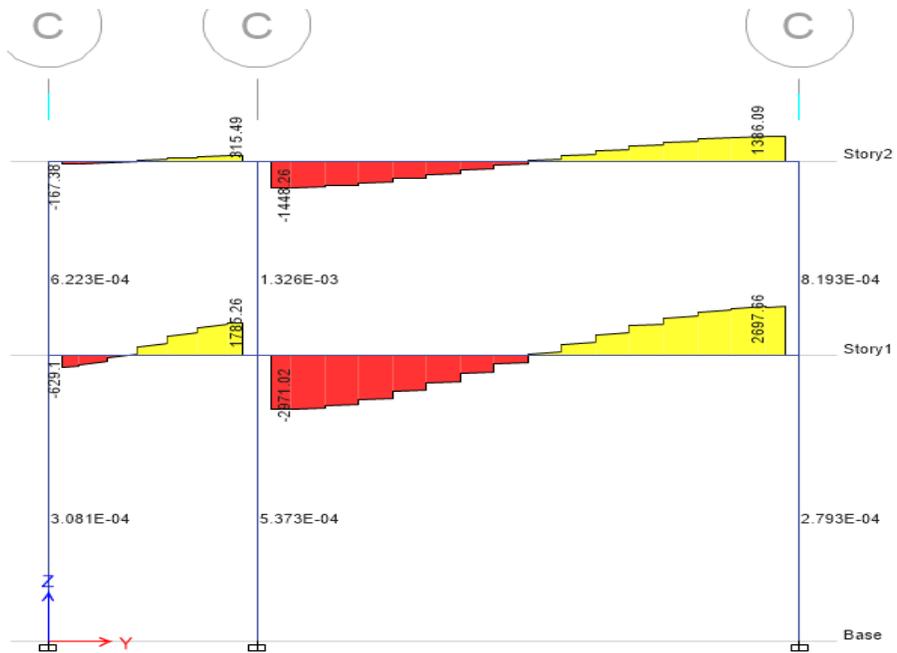
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 34. Diagrama de corte carga muerta marco E módulo 2



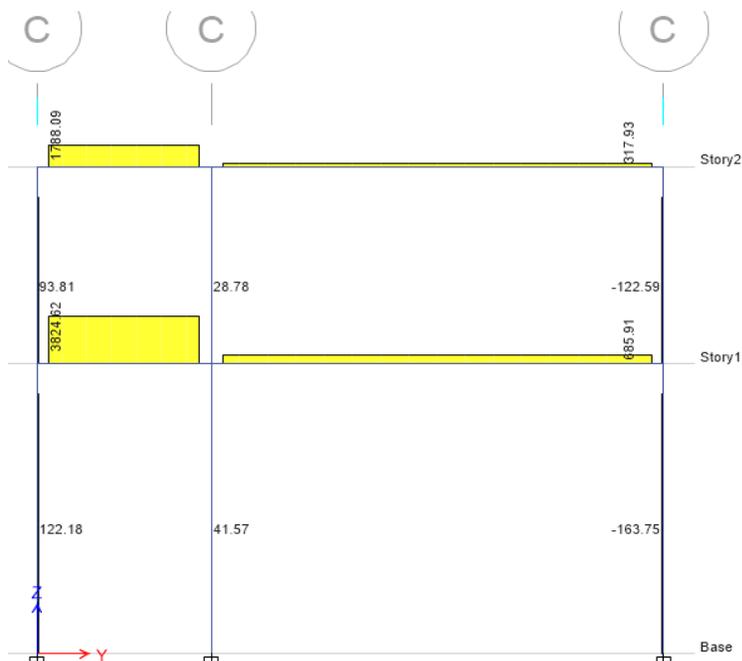
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 35. Diagrama de corte carga viva marco E módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Figura 36. Diagrama de corte carga sismo marco E módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Para realizar la comparación de los resultados obtenidos en el análisis estructural de método numérico Kani se toma la figura 27 y la figura 31 para el software ETABS 2016, se procede con los datos de la viga D-E del marco E módulo 2, siendo el resultado el siguiente:

Tabla XLII. **Comparación del método numérico con el software Etabs**

MOMENTOS DE CARGA MUERTA MARCO E MÓDULO 2			
VIGA D-E	M (Izq)	M (+)	M (der)
KANI	8 985,14	7 062,52	10 998,61
ETABS	9 563,64	7 948,53	11 761,91
DIFERENCIA	578,50	886,01	763,30
VARIACIÓN %	6,05	11,15	6,49

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de las variaciones se tomaron con el 100 % los valores de ETABS y resultó la variación mayor de 11,15 %, por lo cual se utilizan los valores obtenidos del análisis estructural por el método de Kani para el diseño de cada elemento.

4.6.8. Momento último por envolvente de momentos

La gráfica de envolvente de momentos es el resultado de los esfuerzos máximos que se concentran al superponer los efectos de las cargas muerta, viva y sismo, en vigas y columnas. Para este caso por ser concreto armados se utilizó el código AGIES NSE 2-2018, encontrando en el capítulo 8 las siguientes combinaciones de cargas:

Figura 37. **Combinación de cargas AGIES**

Combinación de carga	Ecuación
U=1,4M	CR1
U=1,2M + 1,6V + 0,5(v ó P ó A)	CR2
U=1,2M + V + 1,6(v ó P ó A)	CR3
U=1,2M + V ± S	CR4
U=0,9M ± S	CR5

Fuente: AGIES. *Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala NS2-2018*. p 8-3.

De las combinaciones de cargas descritas en la figura 33 se utilizará para el diseño la que resulte con mayor valor.

Para explicar el procedimiento se utiliza la viga D-E del marco E del módulo 2, luego el resto de resultados se encuentra tabulado en la tabla XLII.

Tramo D-E:

Momento del lado izquierdo:

$$U = 1,4(8\ 985,14) = 12\ 579,21\ kg * m$$

$$U = 1,2(8\ 985,14) + 1,6(2\ 784,71) = 16\ 136,23\ kg * m$$

$$U = 1,2(8\ 985,14) + (2\ 784,71) = 14\ 465,40\ kg * m$$

$$U = 1,2(8\ 985,14) + (2\ 784,71) + 8\ 634,08 = 22\ 000,97\ kg * m$$

$$U = 1,2(8\ 985,14) + (2\ 784,71) - 8\ 634,08 = 4\ 932,80\ kg * m$$

$$U = 0,9(8\ 985,14) + 8\ 634,08 = 16\ 720,72\ kg * m$$

$$U = 0,9(8\ 985,14) - 8\ 634,08 = -547,45 * m$$

Momento en el centro:

$$U = 1,4(7\ 062,52) = 9\ 887,53\ kg * m$$

$$U = 1,2(7\ 062,52) + 1,6(2\ 344,72) = 12\ 932,83\ kg * m$$

$$U = 1,2(7\ 062,52) + 2\ 344,72 = 11\ 525,99\ kg * m$$

$$U = 1,2(7\ 062,52) + 2\ 344,72 + 0 = 10\ 819,74\ kg * m$$

$$U = 1,2(7\ 062,52) + 2\ 344,72 - 0 = 10\ 819,74\ kg * m$$

$$U = 0,9(7\ 062,52) + 0 = 6\ 356,27\ kg * m$$

$$U = 0,9(7\ 062,52) - 0 = 6\ 356,27\ kg * m$$

Momento del lado derecho:

$$U = 1,4(10\ 998,61) = 15\ 398,06\ kg * m$$

$$U = 1,2(10\ 998,61) + 1,6(3\ 709,85) = 20\ 233,95\ kg * m$$

$$U = 1,2(10\ 998,61) + 3\ 709,85 = 18\ 008,04\ kg * m$$

$$U = 1,2(10\ 998,61) + 3\ 709,85 + 6\ 258,35 = 23\ 166,53\ kg * m$$

$$U = 1,2(10\ 998,61) + 3\ 709,85 - 6\ 258,35 = 10\ 649,84\ kg * m$$

$$U = 0,9(10\ 998,61) + 6\ 258,35 = 16\ 157,09\ kg * m$$

$$U = 0,9(10\ 998,61) - 6\ 258,35 = 3\ 640,40\ kg * m$$

4.6.9. Cálculos de corte

Para determinar el esfuerzo de corte que afecta las vigas por los efectos de la carga muerta, viva y sismo, se obtiene mediante las ecuaciones que se encuentran en el ACI-318-14 en el apéndice B, las cuales se muestran a continuación:

$$V_v = 1,4 \left(\frac{W_{CM} * L}{2} \right)$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{W_{CM} * L}{2} \right) + 1,6 \left(\frac{W_{CV} * L}{2} \right)$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{W_{CM} * L}{2} \right) + 1,0 \left(\frac{W_{CV} * L}{2} \right)$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{W_{CM} * L}{2} \right) + 1,0 \left(\frac{W_{CV} * L}{2} \right) \pm 1,0 \left(\frac{M_{CS \text{ izq}} + M_{CS \text{ der}}}{L} \right)$$

$$V_v = 0,9 \left(\frac{W_{CM} * L}{2} \right) \pm 1,0 \left(\frac{M_{CS \text{ izq}} + M_{CS \text{ der}}}{L} \right)$$

Para modelar de la forma más crítica el marco se utilizó de las combinaciones descritas anteriormente la que resulten con mayor valor.

Para explicar el procedimiento se utiliza la viga D-E del marco E, luego el resto de resultados se encuentra tabulado en la tabla XLII.

Tramo C-D:

$$V_v = 1,4 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) = 11 \ 938,08 \text{ kg}$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) + 1,6 \left(\frac{699 * 8}{2} \right) = 15 \ 558,96 \text{ kg}$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) + 1,0 \left(\frac{699 * 8}{2} \right) = 13 \ 881,36 \text{ kg}$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) + \left(\frac{699 * 8}{2} \right) + \left(\frac{8 \ 634,09 + 6 \ 258,35}{8} \right) = 14 \ 890,19 \text{ kg}$$

$$V_v = 1,2 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) + \left(\frac{699 * 8}{2} \right) - \left(\frac{8 \ 634,09 + 6 \ 258,35}{8} \right) = 11 \ 167,09 \text{ kg}$$

$$V_v = 0,9 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) + 1,0 \left(\frac{8 \ 634,09 + 6 \ 258,35}{8} \right) = 9 \ 536,03 \text{ kg}$$

$$V_v = 0,9 \left(\frac{2 \ 131,80 * 8,0}{2} \right) - 1,0 \left(\frac{8 \ 634,09 + 6 \ 258,35}{8} \right) = 5 \ 812,93 \text{ kg}$$

En el caso de las columnas los esfuerzos cortantes en las columnas se obtienen de diferente manera, siguiendo la siguiente ecuación:

$$V_c = \frac{M_{superior} + M_{inferior}}{L}$$

Para ejemplificar el cálculo del corte se utiliza la columna A-D del marco E, a continuación, el procedimiento:

$$V_c = \frac{9\,528,88 + 8\,865,26}{3,6} = 5\,109,48 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{11\,139,97 + 11\,114,65}{3,6} = 6\,181,84 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{10\,280,57 + 10\,033,66}{3,6} = 5\,642,84 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{11\,689,29 + 10\,556,72}{3,6} = 6\,179,45 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{7\,510,58 + 8\,244,13}{3,6} = 4\,376,31 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{8\,215,06 + 6\,855,39}{3,6} = 4\,186,24 \text{ kg}$$

$$V_c = \frac{4\,036,35 + 4\,542,79}{3,6} = 2\,383,09 \text{ kg}$$

Véase las tablas y figuras de las envolventes de momentos para cada marco crítico de los diferentes módulos:

Tabla XLIII. **Envolvente de momentos del marco E módulo 2**

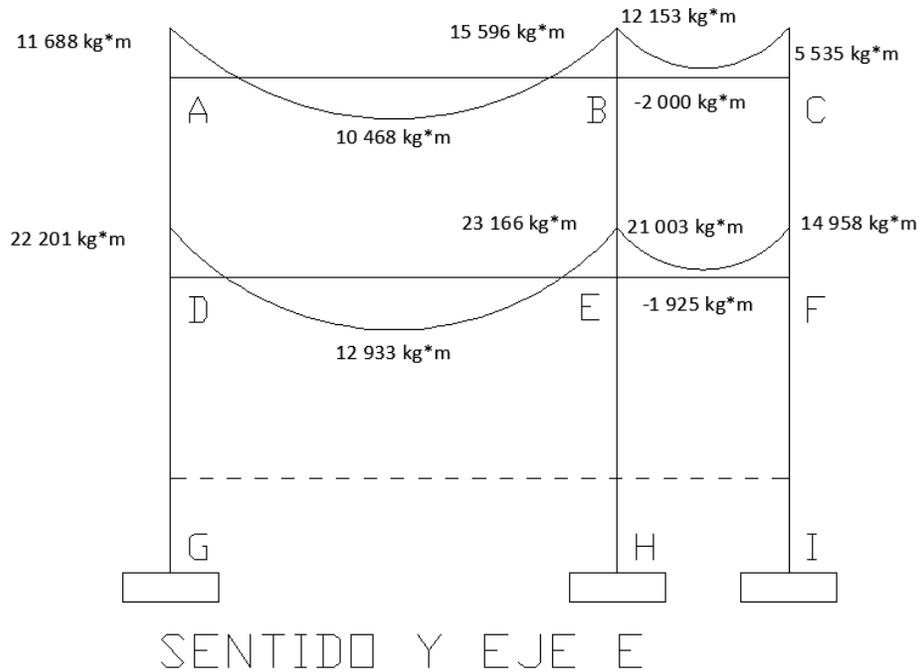
ENVOLVENTE DE MOMENTOS MARCO E MÓDULO 2				
VIGAS				
Tramos	M(-) izq	M(+)	M(-) der	CORTE
A-B	11 688,89	10 468,01	15 596,65	11 918,16
B-C	12 153,27	-2 000,72	5 535,33	4 808,79
D-E	22 200,97	12 932,83	23 166,53	15 558,96

Continuación de la tabla XLIII.

E-F	21 002,81	-1 924,93	14 957,76	11 352,57
COLUMNAS				
TRAMOS	M sup	M inf	CORTE	
A-D	11 689,29	11 114,65	6 181,84	
B-E	11 119,17	10 054,62	5 881,61	
C-F	5 535,98	3 860,43	2 610,11	
D-G	13 956,69	14 714,70	5 409,70	
E-H	15 326,24	16 263,92	5 960,41	
F-I	12 772,92	14 141,09	5 078,11	

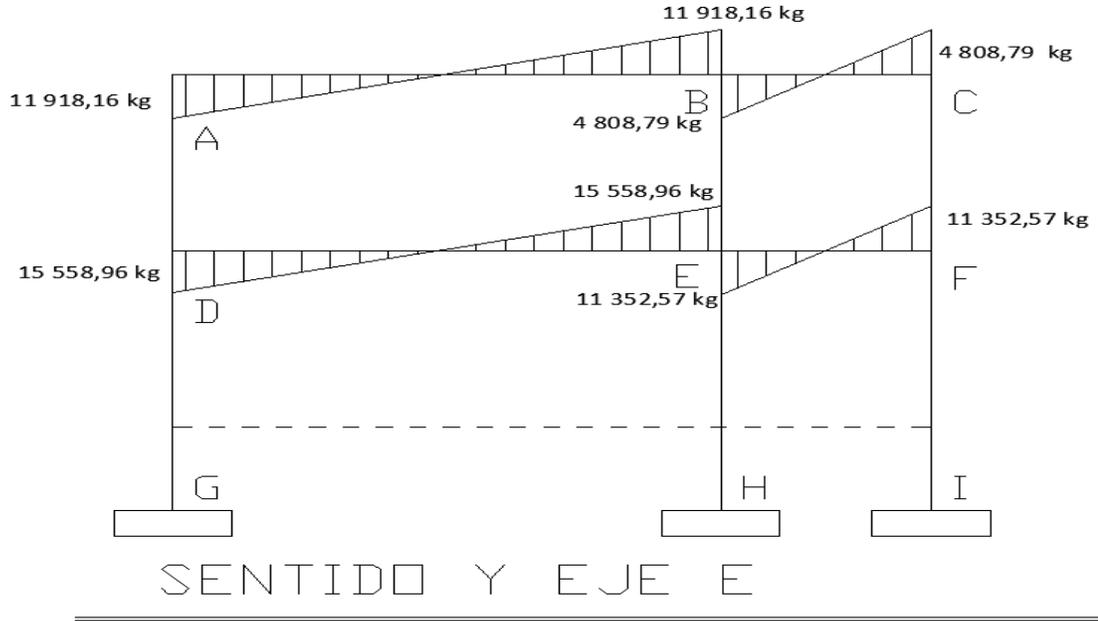
Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Momentos últimos marco E módulo 2**



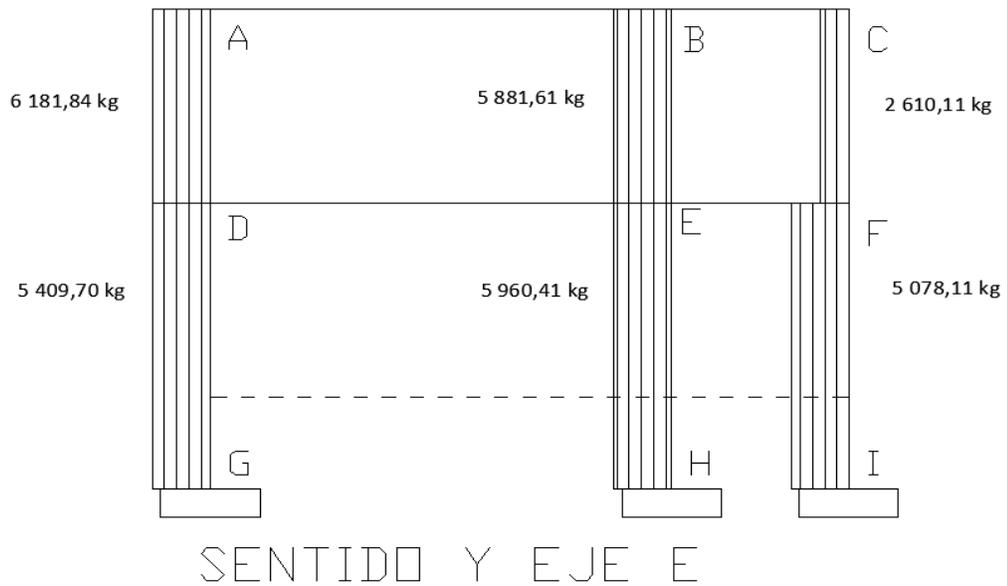
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

Figura 39. Cortante último en vigas de marco E módulo 2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

Figura 40. Cortante último en columnas marco E



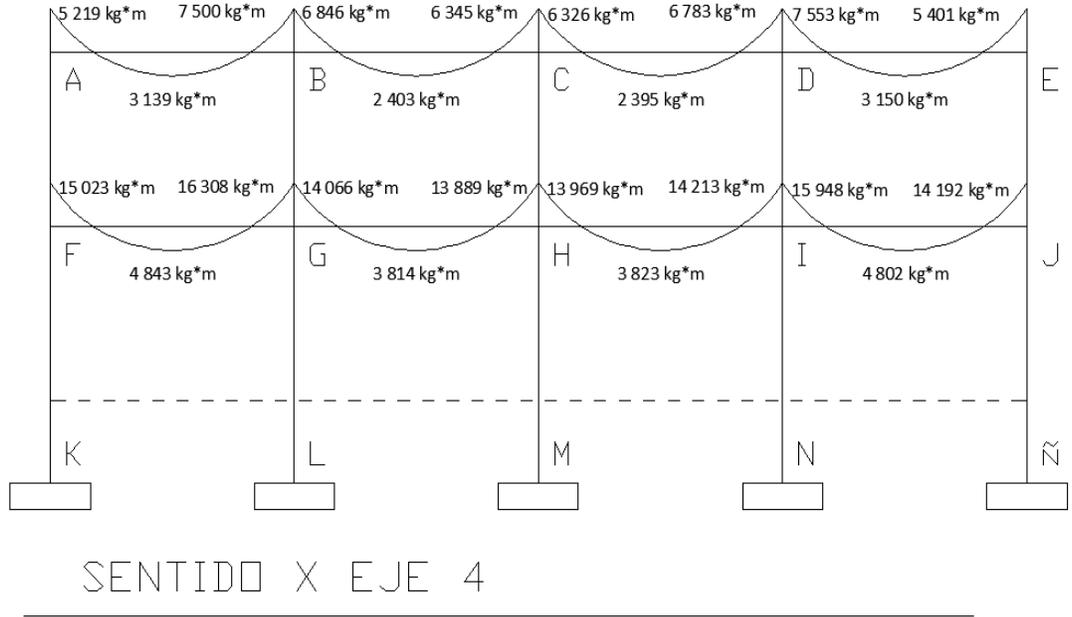
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD

Tabla XLIV. **Envolvente de momentos del marco 4 módulo 2**

ENVOLVENTE DE MOMENTOS MARCO 4 MÓDULO 2				
VIGAS				
Tramos	M(-) izq	M(+)	M(-) der	CORTE
A-B	5 219,94	3 138,59	7 500,82	5 934,35
B-C	6 846,18	2 403,77	6 345,34	5 772,76
C-D	6 326,03	2 394,94	6 783,34	5 754,75
D-E	7 553,34	3 150,39	5 401,29	5 981,51
F-G	15 022,63	4 842,97	16 307,89	11 081,66
G-H	14 065,70	3 814,16	13 888,63	10 127,43
H-I	13 968,59	3 822,80	14 212,63	10 172,53
I-J	15 948,26	4 801,95	14 192,22	10 846,35
COLUMNAS				
TRAMOS	M sup	M inf	CORTE	
A-F	5 219,97	3 247,31	2 260,00	
B-G	5 042,12	3 865,50	2 474,34	
C-H	4 340,79	2 797,08	1 982,74	
D-I	5 031,20	3 763,06	2 442,85	
E-J	5 401,52	3 513,92	2 476,51	
F-K	12 106,59	13 670,03	4 863,51	
G-L	13 047,04	14 140,25	5 129,68	
H-M	12 504,82	13 869,14	4 976,22	
I-N	12 876,76	14 055,11	5 081,49	
J-Ñ	12 565,89	13 899,68	4 993,50	

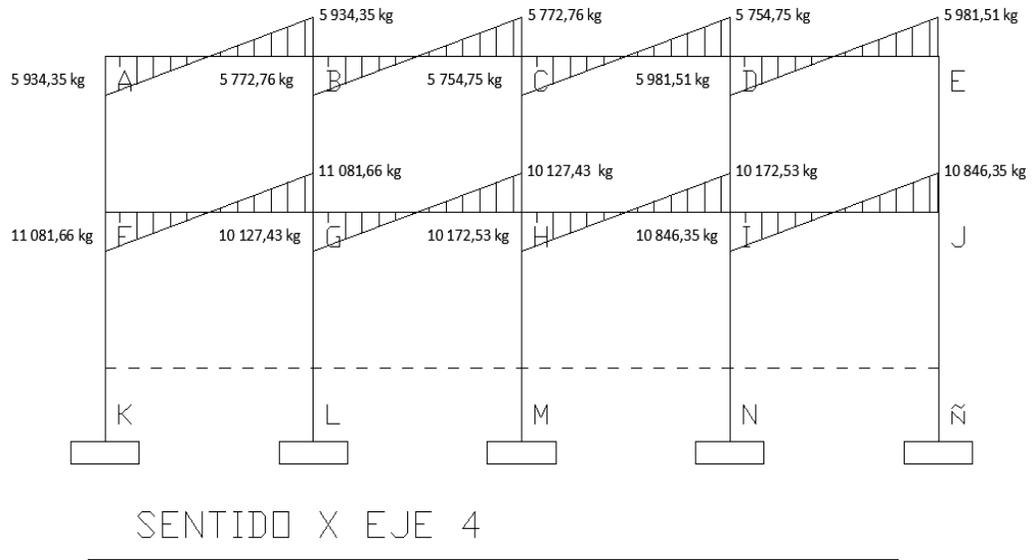
Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Momentos últimos marco 4 módulo 2**



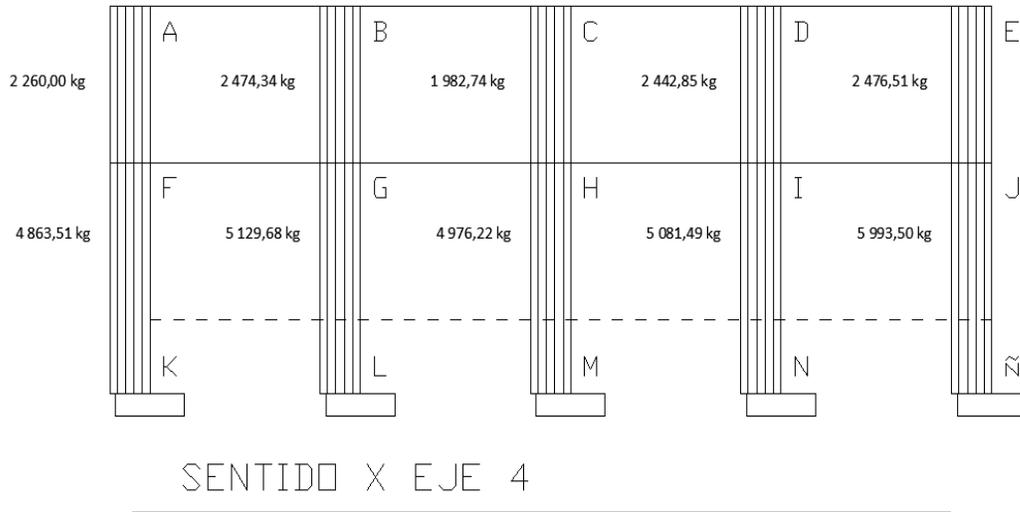
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 42. **Cortante último en vigas de marco 4 módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 43. **Cortante último en columnas de marco 4 módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para el módulo 3 la elevación de los marcos críticos por eje se muestra en la figura 20 y a continuación se muestran las resultantes de las envolventes:

Tabla XLV. **Envolvente de momentos del marco I módulo 3**

ENVOLVENTE DE MOMENTOS MARCO I MÓDULO 3				
VIGAS				
Tramos	M(-) izq	M(+)	M(-) der	CORTE
A-B	11 394,70	9 530,09	16 163,20	11 193,48
B-C	13 542,28	3 691,19	6 498,63	7 653,01
D-E	20 996,44	10 823,18	22 411,90	13 271,88
E-F	18 566,98	3 228,84	13 285,69	8 950,89
COLUMNAS				
TRAMOS	M sup	M inf	CORTE	
A-D	11 398,30	9 531,23	5 478,87	
B-E	9 373,84	7 894,16	4 796,67	
C-F	6 502,15	3 889,59	2 886,59	
D-G	13 268,88	14 519,56	5 243,10	
E-H	13 531,98	15 970,38	5 566,48	
F-I	12 009,50	14 081,34	4 922,80	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Envolvente de momentos del marco 4 módulo 3**

ENVOLVENTE DE MOMENTOS MARCO 4 MÓDULO 3				
VIGAS				
Tramos	M(-) izq	M(+)	M(-) der	CORTE
A-B	4 668,04	2 193,65	6 464,90	5 356,47
B-C	6 558,46	2 204,37	4 844,70	5 419,03
D-E	14 311,35	3 478,33	14 660,02	10 695,40
E-F	14 166,48	3 439,15	13 407,27	10 376,27
COLUMNAS				
TRAMOS	M sup	M inf	CORTE	
A-D	4 668,50	2 509,93	1 994,01	
B-E	4 817,25	4 417,94	2 565,33	
C-F	4 845,39	3 030,21	2 187,67	
D-G	11 801,29	13 453,68	4 765,09	
E-H	10 817,66	14 711,48	4 816,82	
F-I	12 192,33	13 772,09	4 898,95	

Fuente: elaboración propia.

Para el módulo 1 la elevación de los marcos críticos por eje se muestra en la figura 21 y a continuación se muestran las resultantes de las envolventes:

Tabla XLVII. **Envolvente de momentos del marco 2 módulo 1**

ENVOLVENTE DE MOMENTOS MARCO 2 MÓDULO 1				
VIGAS				
Tramos	M(-) izq	M(+)	M(-) der	CORTE
A-B	12 769,77	6 099,54	13 090,34	22 264,80
COLUMNAS				
TRAMOS	M sup	M inf	CORTE	
A-C	17 769,77	9 631,82	5 029,18	
B-D	17 088,20	9 575,49	4 836,28	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Envolvente de momentos del marco A módulo 1**

ENVOLVENTE DE MOMENTOS				
VIGAS				
Tramos	M(-) izq	M(+)	M(-) der	CORTE
A-B	2 547,90	1 081,82	2 946,77	2 869,47
B-C	2 981,85	277,03	5 053,36	3 140,79
D-E	14 306,52	1 980,44	12 833,13	9 591,34
E-F	10 787,76	1 040,63	13 335,38	8 420,56
F-G	12 096,59	3 621,93	13 915,22	9 223,61
G-H	16 830,94	4 987,58	14 386,17	10 492,17
COLUMNAS				
TRAMOS	M sup	M inf	CORTE	
A-D	2 547,90	1 833,86	1 217,16	
B-E	3 878,56	2 805,32	1 856,63	
C-F	5 611,98	5 390,64	3 056,28	
D-I	14 215,02	15 984,85	5 698,09	
E-J	16 070,26	16 912,47	6 223,16	
F-K	15 389,06	16 571,86	6 030,36	
G-L	15 810,22	16 782,44	6 149,56	
H-M	14 386,17	16 070,42	5 746,53	

Fuente: elaboración propia.

4.7. **Diseño estructural**

Consiste en diseñar cada elemento estructural que compone la edificación, dimensionándolos en base a los resultados obtenidos en el análisis estructural y así determinar los detalles y especificaciones para la construcción del proyecto.

4.7.1. Diseño de losa

Para el diseño de la losa el director de la oficina de planificación de la municipalidad de San Pedro Carchá solicitó losa prefabricada de Mega productos, por cuestión de ahorro en madera y reducción de tiempo de ejecución.

Al realizar la cotización de la losa ellos proveen la modulación de las viguetas y bovedillas, también integran el diseño de los bastones necesarios para soportar los momentos de las cargas que van a afectar la estructura, el diseño se encuentra en el plano de armado de losa. A continuación, se muestra la cotización:

Figura 44. Cotización de losa en Megaproductos



MEGAPRODUCTOS S.A.
 6 Ave. "A" 0-25 Zona 2 Col. El Tesoro Mixco, Guatemala
 Tel: 23263619 Fax: 23263613
 Fecha: 29/01/2020

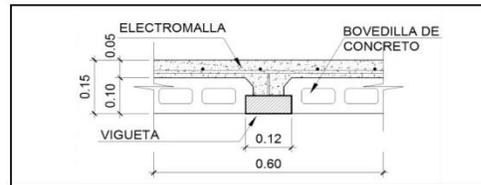


COTIZACION No.
180458

CLIENTE: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACION HUMANA
 DIRECCION: CARCHA, ALTA VERAPAZ
 ASUNTO: LOSA ENTREPISO

Especificaciones:

Peralte terminado	_____	0.25m
Fundición topping concreto	_____	0.05m
Carga viva	_____	500 kg/m ²
Peso propio de losa	_____	
Carga acabados	_____	
Sobre carga adicional	_____	-----



SECCION DE LOSA PREFABRICADA
SIN ESCALA

Cantidad	Descripción	P.unitario	Importe
Global	Bovedilla de 15cms		
Global	ESTRUCTOMALLA 6X6 7/7		
Global	VARILLAS 6.20mm (BASTONES)		
Global	ARMADURA G70 S1, 2 6.2 MM + ESL 4.5 @0.20 M (RIGIDIZANTE)		
Global	TAPA PARA RIGIDIZANTE AMATITLAN 10x48cm		
Variables	VIGUETA TI AUT JOIST 10 CV 500Kg/M2		
555.90 m²	Metro cuadrado de losa prefabricada peralte terminado 0.25m	Q 223.00	Q 123,965.70
0.00	SIKA - Antisol Pro Galón (curador de concreto)	Q 74.00	Q -
20.00	FLETE DE 200qq	Q 5,200.00	Q 104,000.00
		TOTAL	Q 227,965.70

Observaciones:

Asesor(a) de ventas: **ALEJANDRA MARTINEZ** Teléfono: **5528-7440**

Si esta cotización es de su agrado, por favor formalícela por medio de orden de compra o firma de aceptado.

Para la facturación es necesario completar los siguientes datos:

Facturar a: _____ NIT: _____
 Dirección fiscal: _____
 Dirección del proyecto: _____
 Nombre y teléfono de encargado en obra: _____

Se aceptan tarjetas de crédito y planes VISA CUOTAS

No se aceptan devoluciones, la calidad de nuestros productos es garantizada

Antes de autorizar la presente cotización y/o orden de compra, asegúrese de revisar toda la información.- Se cobrará recargo por refacturación.

Los precios incluyen IVA y están sujetos a variación sin previo aviso, principalmente en producto comercializado.

El máximo de distancia para la descarga de nuestros productos es de 3 metros de donde se ubique el camión (aplica únicamente para camiones de 10 y 15 toneladas)

La falta de pago en el tiempo estipulado acepta un recargo de interés del 2% mensual

Fuente: Megaproductos.

4.7.2. Diseño de viga

Las vigas se describen como elementos estructurales ubicados horizontalmente, los cuales transmiten las cargas de la losa hacia las columnas. Estas se encuentran sometidas a esfuerzos de corte, compresión y tensión, al ser construidas de concreto armado el área de acero resiste el esfuerzo de tensión y corte, mientras tanto el concreto resiste los esfuerzos de compresión.

Para el diseño de una viga se utilizan los momentos y cargas obtenidas mediante la envolvente de momentos encontrada anteriormente en el análisis estructural, con el fin de ejemplificar el diseño de viga se utilizar la viga D-E del marco E del módulo 2, esta viga es la más crítica del módulo y continuación los datos necesarios para su diseño:

- $F'c = 281 \text{ kg/cm}^2$
- $Fy = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $Yc = 2\,400 \text{ kg/cm}^3$
- $b = 30 \text{ cm}$
- $h = 55 \text{ cm}$
- Recubrimiento = 5 cm (propuesto)
- Peralte efectivo de la viga

El peralte efectivo está dado por la diferencia de la altura de la viga y el recubrimiento, donde el recubrimiento mínimo según ACI 318S-14 en la tabla 20.6.1.3.1 regula que para vigas no expuestas a la intemperie ni en contacto con el suelo es de 1,5 plg siendo aproximadamente a 4 cm, donde para este caso se propone un recubrimiento de 5 centímetros, obteniendo el siguiente peralte efectivo:

$$d_v = h - rec = 55 \text{ cm} - 5 \text{ cm} = 50 \text{ cm}$$

- Diseño por esfuerzo a flexión

Previo al cálculo del acero longitudinal que debe de llevar una viga, se debe verificar que cumpla entre el rango de los siguientes valores:

- Acero mínimo

Según el ACI 318S-14 regula que el acero no debe ser menor al de las siguientes expresiones obtenidas en la sección 9.6.1.2:

$$A_{S_{min}} = \frac{0,8 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d_v, \quad A_{S_{min}} = \frac{14}{fy} * b * d_v$$

Sustituyendo los datos se obtiene:

$$A_{S_{min}} = \frac{0,8 * \sqrt{281}}{4\ 200} * 30 * 50 = 4,79\ cm^2$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14}{4\ 200} * 30 * 50 = 5,0\ cm^2$$

Para el diseño de acero a flexión se tomará a 5,0 cm² de acero mínimo.

- Acero máximo

Para que la viga no sea muy dúctil se realiza el análisis obteniendo el valor de β de la tabla 22.2.2.4.3 del ACI 318S-14 y se sustituye en la siguiente expresión obtenida del libro de texto; *Diseño de estructuras de concreto* del autor Arthur H. Nilson, ecuación 3.24:

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * d_v$$

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * \beta * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\ 090}{f_y + 6\ 090} \right)$$

Donde:

- $\rho_{max} = 0,50 * \rho_{bal}$
- $\beta = 0,85$ para $f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$

Sustituyendo los valores en la expresión anterior resulta:

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * 0,85 * 281}{4\ 200} \right) * \left(\frac{6\ 090}{4\ 200 + 6\ 090} \right) = 0,0286$$

$$A_{s_{max}} = 0,5 * 0,0286 * 30 * 50 = 21,45 \text{ cm}^2$$

- Cantidad de refuerzo requerido para cada momento

En base a los momentos últimos obtenidos de la tabla XLIII del análisis estructural se realizó el cálculo del refuerzo necesario para la viga, se efectuó mediante la siguiente ecuación obtenida en el libro de texto; *Diseño de estructuras de concreto* del autor Arthur H. Nilson, ecuación 3.20a:

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

Momento negativo izquierdo: 22 200,97 kg * m

$$A_s = \frac{0,85 * 281}{4\ 200} * \left(30 * 50 - \sqrt{(30 * 50)^2 - \frac{22\ 200,97 * 30}{0,003825 * 281}} \right) = 11,6 \text{ cm}^2$$

Momento negativo derecho: 23 166,53 kg * m

$$A_s = \frac{0,85 * 281}{4 200} * \left(30 * 50 - \sqrt{(30 * 50)^2 - \frac{23 166,53 * 30}{0,003825 * 281}} \right) = 12,25 \text{ cm}^2$$

Momento positivo: 12 932,83 kg * m

$$A_s = \frac{0,85 * 281}{4 200} * \left(30 * 50 - \sqrt{(30 * 50)^2 - \frac{12 932,83 * 30}{0,003825 * 281}} \right) = 6,91 \text{ cm}^2$$

Se obtuvieron las áreas finales requeridas del refuerzo a flexión mediante las consideraciones del código ACI 318S-14, las cuales se muestran a continuación:

- Cama superior

Para distribuir el acero en la parte superior de la viga se utilizó los parámetros para pórticos especiales resistentes a momentos, donde el ACI 318S-14 regula en la sección 18.6.3.1 lo siguiente: debe tener al menos dos barras longitudinales continuas en la cara superior e inferior y la cuantía de refuerzo no debe de exceder a 0,025.

Para el diseño se debe de colocar la mayor área de las siguientes:

$$A_{s_{min}} = 5,0 \text{ c}^2$$

$$25\% A_{s_{(-)izq}} = 0,25 * 11,6 = 2,90 \text{ cm}^2$$

$$25\% A_{s_{(-)der}} = 0,25 * 12,25 = 3,06 \text{ cm}^2$$

Para colocar las barras continuas se utilizó el acero mínimo ya que es el mayor de los resultados anteriores, se propone colocar 2 varillas No.6 resultando un área de $5,67 \text{ cm}^2$, ya que con dicho acero no se cubre el área de acero requerida para los momentos negativos, se colocarán bastones a una longitud de $L/4$, donde L es la longitud de la viga medida entre los rostros de las columnas.

$$A_{s_{faltante \text{ izq}}} = 11,6 - 5,0 = 6,6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{faltante \text{ der}}} = 12,25 - 5,0 = 7,25 \text{ cm}^2$$

Para cubrir el área faltante, se propone colocar dos bastones No.6 y un bastón No.5, resultando un área de $7,66 \text{ cm}^2$.

- Cama inferior

Para el diseño se debe de colocar la mayor área de las siguientes:

$$A_{s_{min}} = 5,0 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s_{(-)izq}} = 0,5 * 11,6 = 5,80 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s_{(-)der}} = 0,5 * 12,25 = 6,13 \text{ cm}^2$$

$$50\% A_{s_{(+)}} = 0,5 * 6,91 = 3,46 \text{ cm}^2$$

Para colocar las barras continuas se utilizó el 50 % del acero negativo derecho que resultó $6,13 \text{ cm}^2$, ya que es el mayor de los resultados anteriores, se propone colocar 2 varillas No.6 y una varilla No.5, resultando un área de $7,66 \text{ cm}^2$, la cual es mayor al área requerida por el momento positivo, resultando no necesario colocar bastones.

- Refuerzo a corte

El refuerzo de corte o estribos tiene el objetivo de contrarrestar los esfuerzos cortantes causados por el sismo en la sección de concreto, también ayuda para que el acero longitudinal siga siempre en su posición. Se debería chequear si el concreto resiste el corte directo, de lo contrario se deberá calcular el acero transversal, a continuación, se muestran las inecuaciones:

Si $V_c > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado

Si $V_c < V_u$, se diseñaran estribos por corte

Ahora se procede a calcular el corte que resiste el concreto mediante la ecuación que regula ACI 318S-14 en la sección 9.6.3.1:

$$V_c = \phi * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d_v$$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 30 * 50 = 11\ 327,63\ kg$$

Comparación de la resistencia de corte de la sección del concreto y el cortante máximo de la viga, el cual se encuentra en la tabla XLIII.

$$V_c < V_u,$$

$$11\ 327,63\ kg < 15\ 558,96\ kg$$

Como el resultado de la resistencia a corte de la sección de concreto es menor a la requerida para la viga, se proceder a calcular estribos por corte, calculando la longitud de confinamiento y el espaciamiento.

- Longitud de confinamiento

Para el diseño de acero transversal se utilizaron las especificaciones de ACI 318S-14 para pórticos especiales resistentes a momentos, el cual regula en la sección 18.6.4.1 lo siguiente: confinar una longitud igual a dos veces la altura de la viga medida de los extremos hacia el centro.

$$L_{confinamiento} = 2 * h = 2 * 0,55m = 1,10 m$$

- Separación de los estribos

Para la separación del acero transversal se utilizaron las especificaciones de ACI 318S-14 para pórticos especiales resistentes a momentos, donde en la sección 18.6.4.4 regula que el primer estribo no debe estar situado a más de 5 cm medida desde la cara de la columna y el espaciamiento de los estribos cerrados no debe exceder el menor de las siguientes expresiones:

$$\frac{d}{4}, \quad \text{donde } \frac{55}{4} = 14 \text{ cm}$$

$$6 * \emptyset \text{ de barra menor a flexión}, \quad \text{donde } 6 * 1,90 = 11,43 \text{ cm}$$

$$6 \text{ plg}, \quad \text{donde } 15,24 \text{ cm}$$

El espaciamiento será de 11 cm por facilidad de campo en la longitud confinada de 1,10 metros.

Cuando no sea requerido colocar estribos por confinamiento, el ACI 318S-14 para pórticos especiales resistentes a momentos en la sección 18.6.4.6 regula que; se deben colocar estribos espaciados a $d/2$ en toda la longitud de la viga.

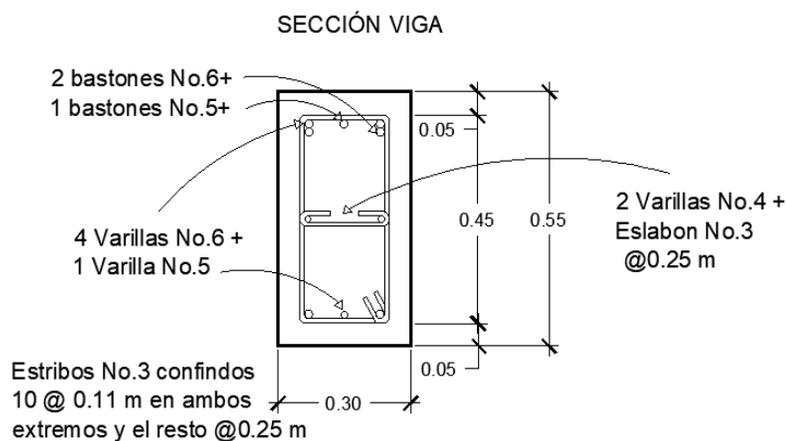
$$\frac{d}{2}, \quad \text{donde } \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

En el espaciamiento sin necesidad de confinamiento es de 25 cm por facilidad de campo.

El ACI 318S-14 para pórticos especiales resistentes a momentos en la sección 18.6.4.2 regula que, en la longitud de confinamiento, la separación de las barras longitudinales principales no debe de exceder a 35,56 cm, por lo cual se coloca una varilla en el centro de la viga, con el fin de contrarrestar los esfuerzos a corte del concreto.

El diseño del resto de vigas de los módulos se realizó mediante el procedimiento descrito anteriormente y los resultados se encuentran en los planos constructivos.

Figura 45. **Sección de viga D-E módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.7.3. Diseño de columnas

Son elementos verticales estructurales los cuales transmiten las cargas de las vigas hacia la cimentación, su función es resistir esfuerzos axiales y flexionantes. Las columnas pueden tener forma rectangular, cuadradas o redondas, depende de las necesidades y ubicación por su inercia.

Para la ejemplificación se utilizará la columna crítica del módulo 2, la cual se muestra en la figura 16, se encuentra entre el marco E y el marco 4, tiene un área tributaria de 29,33 m², el procedimiento es el siguiente:

- Diseño por compresión

Datos:

- H= 40 cm
- B= 40 cm
- At= 29,33 m²
- L= 3,6 m
- Viga= 30 cm * 55 cm
- Carga axial

Para el diseño de una columna se debe de encontrar las cargas axiales por nivel, no es nada más que integrar las cargas verticales que tributan sobre el área de la ella, luego se realiza la suma de los niveles para diseñar la columna crítica, a continuación, el procedimiento:

Integración carga muerta segundo nivel:

$$P_{columna} = Base_{col} * Altura_{col} * Longitud_{col} * \gamma_{concreto}$$

$$P_{columna} = 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 3,6 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,382,4 \text{ kg}$$

$$P_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$P_{viga} = \left(0,30 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 10,80 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 3\,499,2 \text{ kg}$$

$$P_{losa} = A_{tributaria} * \gamma_{losa \text{ prefabricad}}$$

$$P_{losa} = \left(29,33 \text{ m}^2 * 350 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 10\,265,5 \text{ kg}$$

$$P_{sc+acab} = A_{tributaria} * \gamma_{losa \text{ prefabricad}}$$

$$P_{sc+acab} = \left(29,33 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 2\,933 \text{ kg}$$

Integración carga viva segundo nivel:

$$CV = A_{tributaria} * CV_{Techo}$$

$$CV_{2do \text{ nivel}} = 29,33 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 2\,933 \text{ kg}$$

Carga última segundo nivel:

$$CU = 1,2CM + 1,6CV \text{ (Combinación CR2 NSE 2 - 2018)}$$

$$CU = 1,2(1\,382,4 + 3\,499,2 + 10\,265,5 + 2\,933) + 1,6(2\,933) = 29\,604,77 \text{ kg}$$

Integración carga muerta primer nivel:

$$P_{columna} = Base_{col} * Altura_{col} * Longitud_{col} * \gamma_{concreto}$$

$$P_{columna} = 0,40 \text{ m} * 0,40 \text{ m} * 3,6 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1\,382,4 \text{ kg}$$

$$P_{viga} = Base_{viga} * Altura_{viga} * Longitud_{viga} * \gamma_{concreto}$$

$$P_{viga} = \left(0,30 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 10,80 \text{ m} * 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 3\,499,2 \text{ kg}$$

$$P_{losa} = A_{tributaria} * \gamma_{losa \text{ prefabricad}}$$

$$P_{losa} = \left(29,33 \text{ m}^2 * 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 10\,265,5 \text{ kg}$$

$$P_{Muro} = A_{tributaria} * \gamma_{muro}$$

$$P_{Muro} = \left(38,88 \text{ m}^2 * 75 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 2\,916 \text{ kg}$$

$$P_{sc+acab} = A_{tributaria} * \gamma_{sobrecarga+acabados}$$

$$P_{sc+acab} = \left(29,33 \text{ m}^2 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 2\,933 \text{ kg}$$

Integración carga viva primer nivel:

$$CV = A_{tributaria} * CV_{Techo}$$

$$CV_{1mer \text{ nivel}} = 8,10 \text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 21,23 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 9\,357,5 \text{ kg}$$

Carga última primer nivel:

$$CU = 1,2CM + 1,6CV \text{ (Combinación CR2 NSE 2 - 2018)}$$

$$\begin{aligned} CU &= 1,2(1\,382,4 + 3\,499,2 + 10\,265,5 + 2\,916 + 2\,933) + 1,6(9\,357,5) = \\ &= 42\,266,54 \text{ kg} \end{aligned}$$

Carga axial del primer nivel:

$$P_{1mr} = CU_{2do} + CU_{1mer}$$

$$P_{1mer} = 29\,604,77 + 42\,266,54 = 71\,871,31 \text{ kg} \cong 71,87 \text{ Ton}$$

- Esbeltez

La esbeltez es causada por esfuerzos de compresión axial o flexo-compresión los cuales reducen la resistencia a la columna, esto se debe a que la longitud del elemento es mucho mayor que las dimensiones de la sección transversal.

Es utilizado para determinar el tipo de columna y así poder diseñar en base a su comportamiento al estar sometida a cargas.

- Columna corta ($E < 22$): se diseña en base a los datos obtenidos en el diseño estructural.
- Columna intermedia ($22 < E < 100$): se diseña magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): no se recomienda la construcción.

La esbeltez de las columnas se determina mediante la siguiente expresión matemática obtenida del ACI 318S-14 en la sección 6.2.5:

$$E = \frac{K_p * L_u}{\sigma}$$

Donde:

- K_p = factor de longitud efectiva de pandeo (ecuación de Furlong)
- L_u = longitud efectiva de pandeo
- σ = radio de giro; para columnas cuadradas $0,3 * \text{lado}$

- Factor de longitud efectiva de pandeo

El factor de longitud efectiva se puede encontrar de dos maneras, una a través del monograma de Jackson y Moreland y la segunda es mediante las ecuaciones propuestas por Furlong, obtenidas del libro de texto: *Aspectos fundamentales del concreto reforzado* de González Cuevas. A continuación, se muestran las expresiones matemáticas:

$$\Psi = \frac{\sum \left(E * \frac{I}{L_u} \right) Col}{\sum \left(E * \frac{I}{L_n} \right) Viga}; \quad \Psi = \frac{\sum(Kcol)}{\sum(Kviga)}; \quad \Psi_p = \frac{\Psi_A + \Psi_B}{2}$$

$$K_p = \frac{20 - \Psi_p}{20} * \sqrt[2]{1 + \Psi_p}; \quad \text{para } \Psi_p < 2$$

$$K_p = 0,9 * \sqrt[2]{1 + \Psi_p}; \quad \text{para } \Psi_p \geq 2$$

Donde:

- Ψ_p = coeficiente promedio de grado de empotramiento.
- Ψ_A ó Ψ_B = coeficiente de grado de empotramiento en el extremo de la columna.

- Cálculo de la esbeltez en el sentido X

$$I_{col} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,40 * 0,40^3}{12} = 0,002133 \text{ m}^4$$

$$I_{viga} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,30 * 0,55^3}{12} = 0,004159 \text{ m}^4$$

$$K_{col} = \frac{0,002133 \text{ m}^4}{3,60 \text{ m}} = 0,000592593$$

$$K_{viga} = \frac{0,004159 \text{ m}^4}{5,26 \text{ m}} = 0,000790756$$

$$\Psi_A = \frac{0,000592593 * 2}{0,000790756 * 2} = 0,749$$

$\Psi_B = 0$; *el extremo inferior por tratarse de empotrado*

$$\Psi_p = \frac{0,749 + 0}{2} = 0,3745$$

- Cálculo del factor de longitud efectiva

$$K_p = \frac{20 - 0,3745}{20} * \sqrt{1 + 0,3745} = 1,15$$

- Cálculo del radio de giro y esbeltez

$$\sigma = 0,3 * 0,4 = 0,12$$

$$E = \frac{1,15 * 3,10}{0,12} = 29,71$$

Por el resultado obtenido $22 < 29,71 < 100$ se determina que es una columna intermedia.

- Cálculo de la esbeltez en el sentido Y

$$I_{col} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,40 * 0,40^3}{12} = 0,002133 \text{ m}^4$$

$$I_{viga} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{0,30 * 0,55^3}{12} = 0,004159 \text{ m}^4$$

$$K_{col} = \frac{0,002133 \text{ m}^4}{3,60 \text{ m}} = 0,000592593$$

$$K_{viga} = \frac{0,004159 \text{ m}^4}{8 \text{ m}} = 0,000519922$$

$$K_{viga} = \frac{0,004159 \text{ m}^4}{3,08 \text{ m}} = 0,001350446$$

$$\Psi_A = \frac{0,000592593 * 2}{0,00052 + 0,0014} = 0,63$$

$\Psi_B = 0$; *el extremo inferior por tratarse de empotrado*

$$\Psi_p = \frac{0,63 + 0}{2} = 0,315$$

Cálculo del factor de longitud efectiva:

$$K_p = \frac{20 - 0,315}{20} * \sqrt{1 + 0,315} = 1,129$$

- Cálculo del radio de giro y esbeltez

$$\sigma = 0,3 * 0,4 = 0,12$$

$$E = \frac{0,129 * 3,10}{0,12} = 29,17$$

Por el resultado obtenido $22 < 29,17 < 100$ se determina que es una columna intermedia.

En base a los resultados obtenidos de esbeltez en el sentido X como Y, se debe de magnificar momentos por ser columnas intermedias.

- Magnificación de momentos

Para determinar la magnificación de momentos para estructuras se utiliza el código ACI 318S-14, sección 6.6.4.5, el cual describe el siguiente procedimiento:

- Factor de flujo plástico del concreto en el primer nivel

Está dado por la relación de la carga axial máxima última del piso y la carga axial máxima con la combinación de cargas:

$$\beta_{dn1} = \frac{CMu}{Cu} = \frac{1,4(525)}{1,4(525) + 1,7(319)} = 0,575$$

- El total del material

Para el cálculo de EI se realiza mediante el código ACI 318S-14, en la sección 6.6.4.4.4, que regula la siguiente ecuación:

$$EI = \frac{E_c * I_g}{2,5(1 + \beta_d)}$$

Donde:

- EI= rigidez a la flexión de un elemento sometido a compresión.
- Ec= módulo de elasticidad del concreto; Ec=252 671,328.
- Ig= inercia centroidal de la sección de la columna; Ig=213 333,33 cm⁴.
- βd= factor de flujo plástico del concreto.

$$EI = \frac{252\ 671,328 * 213\ 333,33}{2,5(1 + 0,575)} = 1,369 \times 10^{10} \text{ kg} * \text{cm}^2$$

- Cálculo de carga crítica de pandeo de Euler, obtenida en ACI 318S-14 en la sección 6.6.4.4.2.

$$P_{cr\ x-y} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K_{p\ x-y} \cdot L_u)^2}$$

$$P_{cr\ x} = \frac{\pi^2 \cdot 1,369 \times 10^{10}}{(1,15 \cdot 310)^2} = 1\ 395\ 608,42\ kg$$

$$P_{cr\ y} = \frac{\pi^2 \cdot 1,369 \times 10^{10}}{(1,129 \cdot 310)^2} = 1\ 395\ 796,83\ kg$$

- Magnificador de momentos

Es definido como un factor de seguridad de diseño el cual se multiplica por los momentos últimos de las columnas obtenidos en el análisis estructural, su función es evitar que exista el pandeo, se calcula mediante la ecuación que se encuentra en la sección 6.6.4.5.2 del ACI 318S-14, se muestra a continuación:

$$\delta_{s\ x-y} = \frac{1}{1 - \frac{P_{u\ total}}{\phi \cdot P_{cr\ x-y}}} \geq 1$$

Para estribos el valor $\phi=0,70$, sustituyendo los valores se obtiene:

$$\delta_{s\ x} = \frac{1}{1 - \frac{71\ 871,31}{0,70 \cdot 1\ 395\ 608,42}} = 1,07 \geq 1$$

$$\delta_{s\ y} = \frac{1}{1 - \frac{71\ 871,31}{0,70 \cdot 1\ 395\ 796,83}} = 1,08 \geq 1$$

- Momentos de diseño

Se tomarán los momentos obtenidos en el análisis estructural, colocando el mayor de los momentos entre el superior e inferior y luego se multiplica por el

factor de magnificación de momentos. Las ecuaciones se encuentran en la sección 6.6.4.6.1 del código ACI 318S-14.

$$M_{d\ x-y} = \delta_{s\ x-y} * M_{u\ x-y}$$

$$M_{d\ x} = 1,07 * 12\ 764,14 = 13\ 657,63\ \text{kg} * \text{m}$$

$$M_{d\ y} = 1,08 * 14\ 726,73 = 15\ 904,87\ \text{kg} * \text{m}$$

- Refuerzo longitudinal

- Acero límite

El código ACI 318S-14 establece en la sección 18.7.4.1, el rango del porcentaje de acero respecto a la sección de la columna, para marcos especiales resistentes a momento.

$$0,01A_g \leq A_s \leq 0,06A_g$$

- Acero mínimo

$$A_{s\ min} = 0,01A_g = 0,01(40)(40) = 16\ \text{cm}^2$$

- Acero máximo

$$A_{s\ max} = 0,06A_g = 0,06(40)(40) = 96\ \text{cm}^2$$

- Área de acero propuesto

Se propone un armado longitudinal de 8 varillas No.8, siendo un área de acero total de 40,768 cm² y resultando 2,548 % de acero respecto al área gruesa de la sección, se utilizará un recubrimiento de 4 cm.

- Método de cargas recíprocas

Es un método realizado por Bresler, se obtuvo del libro de texto; *Diseño de estructuras de concreto* del autor Arthur H. Nilson, sección 8.13: el cual se basa en formar un diagrama de interacción, donde se evaluará la columna con varios puntos; carga axial pura, carga con falla en excentricidad en X y falla con excentricidad Y, esto se realiza con el fin de verificar que el armado propuesto anteriormente cumpla con la carga axial y los momentos en ambos sentidos que estarán afectando al elemento.

Valor de la gráfica:

$$\gamma = \frac{b - 2 * rec}{h} = \frac{40 - 2 * 4}{40} = 0,80$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{40,768}{1\ 600} = 0,025$$

Valor de la curva:

$$\rho_u = \frac{A_s * f_y}{\phi * f'_c * A_g} = \frac{40,768 * 4\ 200}{0,85 * 281 * 1\ 600} = 0,45$$

Con los momentos magnificados y la carga axial encontrada se procede a calcular las excentricidades:

$$e_{x-y} = \frac{M_{d\ x-y}}{P_{u\ total}}$$

$$e_x = \frac{13\ 657,63\ \text{kg} \cdot \text{m}}{71\ 871,31\ \text{kg}} = 0,19\ \text{m}$$

$$e_y = \frac{15\ 904,87\ \text{kg} \cdot \text{m}}{71\ 871,31\ \text{kg}} = 0,22\ \text{m}$$

Luego de encontrar las excentricidades se procede a encontrar las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,19\ \text{m}}{0,40\ \text{m}} = 0,475$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,22\ \text{m}}{0,40\ \text{m}} = 0,55$$

A través del diagrama de interacción se encontraron los siguientes valores:

$$k'x = 0,49$$

$$k'y = 0,44$$

Luego se procede a calcular la carga con la cual fallará la columna:

$$P'_{uf} = \frac{P_{u\ total}}{0,70}$$

$$P'_{uf} = \frac{71\ 871,31\ \text{kg}}{0,70} = 102\ 673,30\ \text{kg}$$

Se procede a calcular las cargas resistentes de las columnas cuando estan siendo afectados por las excentricidades, al analizar el sentido X la excentricidad en Y es igual a cero y viceberza, a continuación el procedimiento:

$$P'_{x-y} = k'_x * f'c * A_g$$

$$P'_x = 0,49 * 281 * 1\ 600 = 220\ 304\ kg$$

$$P'_y = 0,44 * 281 * 1\ 600 = 197\ 824\ kg$$

Determinaremos la cantidad de carga que soporta la columna cuando no está sometida a excentricidades, es decir a carga axial pura:

$$P'_o = 0,7 * \left[(0,85 * f'c * (A_g - A_s)) + (A_s * fy) \right]$$

$$P'_o = 0,7 * \left[(0,85 * 281 * (1\ 600 - 40,768)) + (40,768 * 4\ 200) \right]$$

$$P'_o = 380\ 553,71\ kg$$

Ahora se calcula la carga resistente de la columna, a traves de la siguiente ecuación:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{220\ 304} + \frac{1}{197\ 824} - \frac{1}{380\ 553,71}} = 143\ 545,53\ kg$$

Como comprobación final se obtiene que 143 545,53 kg > 102 673,30 kg, dicho resultado nos indica que el armado propuesto es adecuado para la carga y el momento. Al no cumplir es necesario aumentar el area de acero, pero no debe ser mayor al acero maximo, de serlo se debe aumentar la sección de la

columna. Se diseñaron las columnas críticas y los resultados se utilizaron en el resto de columnas.

- Refuerzo transversal

Para contrarrestar los esfuerzos por corte se debe de colocar estribos y se debe de confinar los extremos de las columnas en base al código ACI 318S-14, con el fin de hacer lo suficientemente dúctil la columna y pueda absorber la energía que producen las cargas efectuadas por sismo.

- Chequeo por cortante

Se tomarán los cortantes encontrados en el análisis estructural y se compararán con el cortante máximo del concreto.

$$\begin{aligned} \text{Si } V_c > V_u; & \text{ se colocan estribos a } S = d/2 \\ \text{Si } V_c < V_u; & \text{ se diseñan los estribos por corte} \end{aligned}$$

Calculando el cortante máximo del concreto obtenido en el ACI 318S-14 en la sección 9.6.3.1:

$$\begin{aligned} V_c &= 0,85 * 0,53 * \sqrt[2]{f'c} * b * d \\ V_c &= 0,85 * 0,53 * \sqrt[2]{281} * 40 * 36 = 10\ 874,53\ kg \\ 10\ 874,53\ kg &> 6\ 818,89\ kg \end{aligned}$$

Con el resultado obtenido se tiene que $V_c > V_u$, por lo cual no es necesario realizar el diseño por corte, pero por estar en un país altamente sísmico se diseñará estribos por corte, con el fin de mantener la integridad de la estructura.

La separación máxima regula el ACI 318S-14 en la sección 25.7.2.1, es definida en base a la siguiente expresión:

$$S_{max} = 16\phi_{long} = 16 * 1pgl = 40,64 \text{ cm}$$

- Longitud de confinamiento

La longitud de confinamiento debe de ser medida desde el nudo y se debe de colocar a ambos lados de la columna, donde se pueda dar fluencia por flexión y resulten desplazamientos laterales fuera del rango elástico, por lo cual el código ACI 318S-14 regula en la sección 18.7.5.1, que se debe colocar bajo los siguientes parámetros:

La altura de la columna en la cara del nudo = 40 cm

$$\frac{1}{6} \text{ de la luz libre} = \frac{1}{6} * 310 = 54,67 \text{ cm}$$

45 cm

De los resultados anteriores se tomará el valor más grande siendo el de 54,67 centímetros, por cuestiones de campo se elegirá 55 cm.

- Cálculo de refuerzo fuera de la zona de confinamiento

El código ACI 318S-14 regula en la sección 18.7.5.3, que la separación de los estribos no debe de ser mayor a las siguientes condiciones:

$$\frac{1}{4} \text{ de dimencion menor} = \frac{1}{4} * 40 = 10 \text{ cm}$$

$$6 \text{ veces el diametro de la barra menor} = 6 * 2,54 = 15,24 \text{ cm}$$

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right) = 10 + \frac{35 - 21,08}{3} = 14,64 \text{ cm}$$

El resultado de S_o no debe de exceder a 15 cm y no se debe de tomar en cuenta si es menor a 10 cm.

- Cálculo de refuerzo en zona de confinamiento

Para la longitud de confinamiento se deben de colocar estribos cerrados y no debe de exceder al mayor de las siguientes ecuaciones que regula el código ACI 318S-14 en la sección 18.7.5.4.

$$A_{sh} = 0,3 * \frac{s * b * f'c}{fy} * \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 * \frac{s * b * f'c}{fy}$$

Donde:

- A_{sh} = área total colocada de refuerzo transversal.
- S = espaciamiento medido entre centros de estribos.
- b = longitud medida a centro entre ramas de refuerzo transversal.
- A_g = área gruesa de la sección trasversal.
- A_{ch} = área de la sección medida desde los bordes del refuerzo transversal.

$$A_s = 0,3 * \frac{s * 29,46 * 281}{4200} * \left[\left(\frac{1\ 600}{1\ 024} \right) - 1 \right] = 0,33 * S$$

$$A_{sh} = 0,09 * \frac{s * 29,46 * 281}{4200} = 0,177 * S$$

Para el estribo se propone hacerlo con barras No.3, con un área de 0,71 cm².

$$A_{sh} = 2 * 0,71 = 1,42 \text{ cm}^2$$

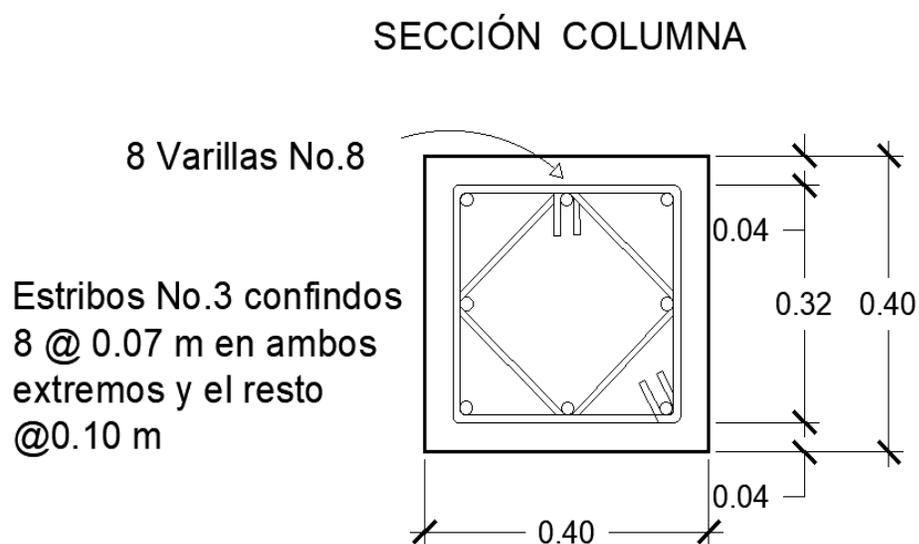
Resolviendo las ecuaciones anteriores:

$$A_{sh} = 1,42 \text{ cm}^2 = 0,33 * S; \text{ Donde } S = 4,30 \text{ cm}$$

$$A_{sh} = 1,42 \text{ cm}^2 = 0,177 * S; \text{ Donde } S = 8,02 \text{ cm}$$

Como armado final se propone una longitud de confinamiento de 55 cm, estribos No.3 en el área no confinada a cada 7 cm y en estribos No.3 a cada 10 cm para la longitud de confinamiento, la siguiente figura muestra el armado:

Figura 46. **Armado de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.7.4. Diseño de cimientos

Son elementos estructurales cuya función es transmitir las cargas de las columnas hacia el suelo. Para el diseño se busca que se económico, funcional y eficiente, para lo cual se propone realizar zapatas cuadradas aisladas concéntricas y de colindancia.

Para el caso de este proyecto se calculó el valor soporte en la sección 4.4.1 resultando 13,92 ton/m².

- Zapata concéntrica

Datos:

- $P_u = 71\,871,31 \text{ kg}$
- $M_x = 13\,657,63 \text{ kg}\cdot\text{m}$
- $M_y = 15\,904,87 \text{ kg}\cdot\text{m}$
- $V_s = 13,92 \text{ Ton/m}^2$
- $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
- $f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$
- $D_f = 1,70 \text{ m}$ (desplante)
- $Y_s = 1,17 \text{ Ton/m}^3$
- $Y_c = 2,40 \text{ Ton/m}^3$

Para el diseño de la cimentación se utilizó como base del procedimiento de la tesis: *Guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1* de Cabrera Seis Jadenon Vinicio, utilizando el capítulo 4 sección 2 y 3.

A continuación, se calculan las cargas de trabajo mediante la siguiente ecuación:

$$P't = \frac{Pu}{Fcu}, \quad Mtx = \frac{Mx}{Fcu}, \quad Mty = \frac{My}{Fcu}$$

$$P't = \frac{71,87 \text{ ton}}{1,54} = 46,67 \text{ Ton}$$

$$Mtx = \frac{13,66 \text{ ton} * m}{1,54} = 8,87 \text{ ton} * m$$

$$Mty = \frac{15,90 \text{ ton} * m}{1,54} = 10,32 \text{ ton} * m$$

Luego de encontrar las cargas de trabajo se predimensiona la zapata:

$$Az = \frac{1,5 * P't}{Vs} = \frac{1,5 * 46,67}{13,92} = 5,029 \text{ m}^2$$

En base al area encontrada del predimensionamiento anteriormente se propone una zapata cuadrada de 3 m * 3 m, resultando una área de 9 m² y se propone un espesor de 0,50 m, con el área propuesta se procede a realizar los chequeos respectivos:

- Revisión de la presión sobre el suelo

La función de la zapata es transmitir las cargas verticales al suelo a través del área de contacto, ejerciendo una presión sobre el suelo calculada mediante la siguiente ecuación:

$$q_{\max \text{ ó } \min} = \frac{P_{total}}{Az} \pm \frac{Mtx}{Sx} \pm \frac{Mty}{Sy}, \quad S_x \text{ ó } y = \frac{b * h^2}{6},$$

$$P_{total} = P't + Wc + Ws + Wz$$

El resultado de la presión no debe de ser negativo ni tampoco debe de exceder al valor soporte de diseño, a continuación el cálculo:

$$S_{x-y} = \frac{3 * 3^2}{6} = 4,50$$

$$P_{total} = 46,67 + (0,4 * 0,4 * 3,6 * 2,4) + (9,0 * 1,7 * 1,17) + (9,0 * 0,5 * 2,4)$$

$$P_{total} = 76,75 \text{ Ton}$$

$$q_{\max \text{ ó } \min} = \frac{76,75}{9,0} \pm \frac{8,87}{4,50} \pm \frac{10,32}{4,50}, \quad q_{\max} = 12,79, \quad q_{\min} = 4,26$$

$$q_{\max} = 12,79 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 13,92; \text{ Si chequea}$$

$$q_{\min} = 4,26 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0; \text{ Si chequea}$$

- Cálculo por presión última

Por seguridad se multiplicara el factor de carga ultima por la carga maxima, con el fin de obtener una presión constante en cualquier parte por debajo de la zapata.

$$q_u = q_{\max} * FCU = 12,79 * 1,54 = 19,696 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Revisión del cortante simple

El cortante simple produce una falla a 45^0 producida a una distancia d que es equivalente al peralte efectivo, es medida desde el borde de la columna, por lo cual es necesario realizar el chequeo para ver si el peralte sea capaz de resistir el cortante actuante de la zapata.

Proponiendo utilizar varillas No.6, donde el diametro es 1,91 cm, resultando el siguiente peralte:

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

$$d = 50 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 41,55 \text{ cm}$$

Se procede a calcular la distancia donde actua el cortante simple:

$$x = \frac{B_{zapata} - B_{col}}{2} - d$$

$$x = \frac{3,0 - 0,40}{2} - 0,4155 = 0,8845 \text{ m}$$

Cálculo del corte actuante:

$$V_{act} = x * B_{zapata} * q_u$$

$$V_{act} = 0,8845 * 3,0 * 19,69 = 52,25 \text{ Ton}$$

Cálculo del corte resistente:

$$V_{res} = 0,53 * \emptyset * b * d * \sqrt[2]{f'c}$$

$$V_{res} = \frac{0,53 * 0,85 * 300 * 41,55 * \sqrt[2]{281}}{1000} = 94,13 \text{ Ton}$$

$$V_{res} > V_{act}, \quad \text{Si cumple}$$

- Revisión por cortante punzonante

Debido a que la columna se encuentra sobre la zapata, esta tiende a punzonarla por los esfuerzos de corte que se producen en el perímetro de la

columna. La falla es producida a una distancia de $d/2$ del perímetro de la columna.

Corte actuante:

$$V_{actuante} = qu * (A_{zapata} - A_{punzonada})$$

$$V_{actuante} = 19,69 * (3 * 3 - 0,61 * 0,61) = 169,88 \text{ Ton}$$

Corte resistente:

$$V_{res} = 1,06 * \phi * bo * d * \sqrt[2]{f'c}, \quad bo = 4(bcol + d)$$

$$bo = 4(40 + 41,55) = 326,2 \text{ cm}$$

$$V_{res} = \frac{1,06 * 0,85 * 326,2 * 41,55 * \sqrt[2]{281}}{1000} = 204,71 \text{ Ton}$$

$$V_{res} > V_{act}, \quad \text{Si cumple}$$

- Diseño del refuerzo

Se considera que la zapata trabaja como una losa en voladizo y se diseña a flexión, a continuación el cálculo:

$$M_u = \frac{qu * L^2}{2}$$

$$M_u = \frac{19,69 \left(\frac{3,0 - 0,40}{2} \right)^2}{2} = 16,64 \text{ Ton} * m$$

Para el cálculo de acero al trabajar como losa se utilizará la siguiente ecuación:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 281}{4 200} \left[(100 * 41,55) - \sqrt{(100 * 41,55)^2 - \frac{16 640 * 100}{0,003825 * 281}} \right] = 10,84 \text{ cm}^2$$

El acero mínimo se calculó de acuerdo con la expresión que regula el ACI-318S para losas:

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

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * 100 * 41,55}{4 200} = 13,85 \text{ cm}^2$$

En base a los resultados anteriores se obtiene que el $A_{min} > A_s$, por lo cual se utilizó el acero mínimo para el armado de la zapata. A continuación se muestra el cálculo del espaciamiento de las barras No.6:

$$13,85 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \%$$

$$2,83 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = \frac{2,83 * 100}{13,85} = 20,43 \text{ cm}$$

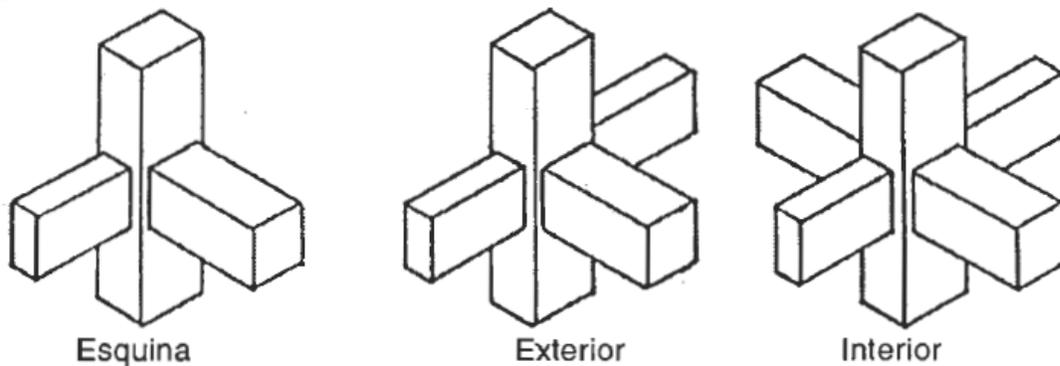
Resulta una zapata de 3 x 3 metros y con un armado se propuesto de varillas No.6 @ 20 cm, en ambos sentidos de las zapata.

4.7.5. Diseño de nudo sísmico

Un nudo sísmico es la unión de una columna con una viga, donde la porción de la columna pasa por las vigas que se unen con ella, donde es importante realizar el diseño del anclaje adecuado para cada elemento.

Por la cantidad de vigas que llegan al nudo se tienen tres tipos de nudos, los cuales se muestran en la siguiente figura:

Figura 47. Tipos de nudos



Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia. *Diseño en Concreto Armado*. p 314.

Para el diseño del nudo sísmico se utilizó el normativo ACI 352RS-02, que trata sobre recomendaciones para el diseño de conexiones viga-columna en estructuras monolíticas de concreto reforzado, regulando en la sección 4.4.2 el concepto de columna fuerte y viga débil a través de la siguiente inecuación:

$$\sum M_{n\text{ Col}} \geq 1,20 * \sum M_{n\text{ Viga}}$$

Como ejemplo se diseñará el nudo que intersecta el eje 4 y eje E del módulo 2, siendo un nudo interior, para iniciar se calcularán los momentos en la columna basándose en el anexo C del libro *Aspectos fundamentales del concreto reforzado* de Oscar M. González Cuevas, a continuación, se describe el procedimiento:

Para la integración de la carga última se tomó de la sección 4.7.3, donde resulta la P_u del segundo nivel de 29 604,77 kg y la P_u del primer nivel es de

71 871,31 kg. Luego de tener las cargas últimas se deben calcular los valores de K y q, para luego enlazarlos en la gráfica interacción de la columna y obtener el valor de r y así determinar el momento máximo probable, a continuación, se muestran las expresiones matemáticas:

$$K = \frac{Pu}{\phi bh f'c}, \text{ donde } \phi = 0,65$$

$$q = \frac{\rho fy}{0,85 * 0,80 * f'c}, \text{ donde } \rho = \frac{As}{Ag}$$

$$M_{pr} = R\phi bh^2 f'c$$

Sustituyendo los valores se obtienen los siguientes resultados:

$$K_{2do} = \frac{29\ 604,77}{0,65 * 40 * 40 * 281} = 0,10$$

$$K_{1mer} = \frac{71\ 871,31}{0,65 * 40 * 40 * 281} = 0,25$$

$$\rho = \frac{8 * 2,54}{40 * 40} = 0,013$$

$$q = \frac{0,013 * 4200}{0,85 * 0,80 * 281} = 0,29$$

Con los datos obtenidos se utiliza la gráfica de interacción del apéndice C del libro *Aspectos fundamentales del concreto reforzado* de Oscar M. González Cuevas para obtener los valores de R, a continuación, los resultados:

$$K_{2do} = 0,10 \text{ y } q = 0,29 \rightarrow R = 0,20$$

$$K_{1mer} = 0,25 \text{ y } q = 0,29 \rightarrow R = 0,21$$

Con los resultados anteriores se procede a calcular los momentos máximos permisibles de las columnas:

$$M_{pr2} = 0,65 * 0,20 * 40 * 40^2 * 281 = 23\,379,2 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{pr1} = 0,65 * 0,21 * 40 * 40^2 * 281 = 24\,548,16 \text{ kg} * \text{m}$$

Luego se procede a calcular los momentos máximos permisibles de las vigas que llegan al nudo, en este caso llegan cuatro vigas, las cuales son dos V-5, una V-1 y una V-3, para el cálculo de los momentos se utilizarán las siguientes expresiones obtenidas de la sección 4.4 del ACI 352RS-02:

$$M_{pr} = A_s \alpha f_y \left(d - \frac{a}{2} \right), \text{ donde } \alpha = 0,9$$

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

La viga V-5 tiene de acero superior de tres barras No.6, resultando un área de 5,71 cm², donde el bloque equivalente resulta:

$$a = \frac{5,71 * 4\,200}{0,85 * 281 * 30} = 3,34 \text{ cm}$$

Con el valor de bloque equivalente anteriormente calculado se realiza el cálculo del momento máximo permisible en la viga:

$$M_{pr\ v-5} = 5,71 * 0,9 * 4\,200 \left(50 - \frac{3,34}{2} \right) = 10\,430 \text{ kg} * \text{m}$$

Para el resto de vigas se realizó mediante el procedimiento anteriormente descrito resultando:

Tabla XLIX. **Resultados de vigas**

Resultado de Vigas			
Viga	As	a	Mpr
V-5	5,71	3,35	10 430,71
V-1	5,39	3,16	9 865,26
V-3	3,81	2,23	7 040,09

Fuente: elaboración propia.

Luego de obtener los resultados de los momentos máximos permisibles tanto en vigas como en columnas se procede a realizar el chequeo:

$$\sum M_{n\ Col} \geq 1,20 * \sum M_{n\ Viga}$$

$$23\ 379,2 + 24\ 548,16 \geq 1,20 * (10\ 430,71 + 9\ 865,26 + 7\ 040,09 + 10\ 430,71)$$

$$47\ 927,36 \geq 45\ 320,12, \quad \text{Si Chequea}$$

Luego se realiza el chequeo por corte donde se utiliza la sección 4.3 del ACI 352RS-02, el cual regula las siguientes expresiones matemáticas que se deben de cumplir:

$$V_{col} = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L}$$

$$V_u = \alpha f_y (\sum \text{Area de acero viga}) - V_{col}$$

$$V_{nudo} = 0,265 \gamma \sqrt{f'c} b_j h_c$$

$$V_{nudo} \geq \phi V_u, \quad \text{donde } \phi = 0,85$$

Sustituyendo los datos en las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$V_{col} = \frac{23\,379 + 24\,548}{3,60} = 13\,313 \text{ kg}$$

$$V_u = 1,25 * 4\,200(5,71 + 5,71 + 5,39 + 3,81) - 13\,313 = 94\,942 \text{ kg}$$

$$V_{nudo} = 0,265 * 76,8\sqrt{281} * 30 * 40 = 127\,872,41 \text{ kg}$$

$$127\,872,41 \text{ kg} \geq 0,85 * 94\,942 \text{ kg}$$

$$127\,872,41 \text{ kg} \geq 80\,700,70 \text{ kg, Si Cumple}$$

Basados en los cálculos anteriores se observa que el cortante en el nudo es mayor que el contante ultimo producido por las vigas, resultando no necesitar acero de confinamiento en el nudo extra, sino solo se debe colocar estribos de confinamiento de una viga en un sentido.

En la sección 18.8.2.2 del ACI 318S-14 regula que toda viga que termina en el nudo debe prolongarse hasta el núcleo confinado de la columna más distante y anclarse en tracción. Para vigas que tengan barras longitudinales No.3 a No.11 deben terminar con gancho y tener una longitud al menos de 15 centímetros o el resultado de las siguientes ecuaciones:

$$l_{ah} = \frac{f_y d_b}{17\lambda\sqrt{f'_c}}, \text{ donde } \lambda = 1$$

$$l_{dc} = \left(\frac{0,075 f_y \psi_r}{\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b, \quad \text{ donde } \lambda = 1 \text{ y } \psi = 0,75$$

$$l_{dc} = 0,0044 f_y \psi_r d_b, \quad \text{ donde } \lambda = 1 \text{ y } \psi = 0,75$$

Sustituyendo valores se obtiene:

$$l_{ah} = \frac{4\,200 * 1,91}{17 * 1 * \sqrt{281}} = 28,15 \text{ cm}$$

$$l_{dc} = \left(\frac{0,075 * 4\,200 * 0,75}{1 * \sqrt{281}} \right) * 1,91 = 14,09 \text{ cm}$$

$$l_{dc} = 0,0044 * 4\ 200 * 0,75 * 1 = 13,86\ cm$$

A las vigas que terminan en nudo se realizará un gancho de 30 centímetros colocado en el núcleo confinado de la columna y debe de ser doblado dentro del nudo.

En la sección 18.8.2.3 regula que cuando una viga atraviese un nudo viga-columna, la columna paralela no debe de ser menos a 20 veces el diámetro de la barra longitudinal de la viga.

$$b_{col} = 20d_b = 20 * 1,91 = 38,20\ cm < 40\ cm, Si\ Cumple$$

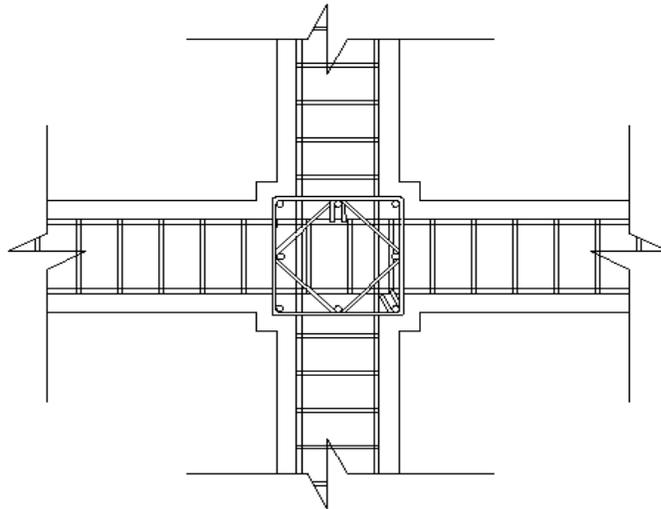
En la sección 18.8.5.4 regula que todas las barras rectas que terminan en el nudo deben de pasar por el núcleo confinado de la columna y la longitud de desarrollo de las barras que no pasen por el núcleo debe de incrementarse 1,6 veces.

Ahora se muestra el resultado del nudo interior en base a los parámetros descritos anteriormente:

Figura 48. **Nudo interior**

NUDO INTERIOR

SIN ESCALA



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

4.7.6. **Diseño del módulo de gradas**

Las gradas son elementos estructurales que tienen la principal función de unir dos ambientes que tienen una diferente altura vertical, estas son construidas por escalones o huellas; donde la huella es la parte donde se apoya el pie y la otra parte es la contrahuella, que es definida como la altura que une dos huellas consecutivas.

Para el diseño de gradas se utilizó como base del procedimiento del trabajo de graduación de Estuardo Morales, que tiene como título: *Criterio de análisis, diseño, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado*, basándonos en el capítulo 5 y sección 3.

En base al normativo de Mineduc para diseño arquitectónico de centros de capacitación se tiene las siguientes restricciones:

Figura 49. **Dimensiones de huellas y contrahuellas en m.**

Nivel de educación		Huella mínima	Contrahuella máxima
Preprimario y primario		0.25	0.15
Medio	Básico	0.30	0.20
	Diversificado		

Fuente: Mineduc (2011). *Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos*. p 135.

Se tomaron las huellas (h) de 30 cm y las contrahuellas (Ch) de 18 cm, a continuación, se calculan el total de cada una de ellas:

$$No. de Escalones = \frac{H_{entre plantas}}{Ch}$$

$$No. de Escalones = \frac{3,60}{0,18} = 20 \text{ escalones}$$

Se tomaron 10 escalones antes del descanso y el resto luego del descanso.

- Análisis estructural

Por simetría en la escalera se decidió trabajar por tramos siendo el primer tramo del inicio hasta el descanso y el otro del descanso hasta la losa, siendo la altura del descanso de 1,80 metros.

Para determinar la longitud de la losa del tramo inclinado se realiza mediante el teorema de Pitágoras, donde se encontrará la hipotenusa del triángulo:

$$L = \sqrt{(10 * 0,18)^2 + (9 * 0,30)^2} = 3,25 \text{ metros}$$

- Espesor de la losa

Basado en el código ACI 318S-14 en la tabla 7.3.1.1 para espesores de losas en una dirección con un extremo continuo, regula la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L}{24}, \quad t = \frac{3,25}{24} = 0,135 \cong 0,14 \text{ m}$$

- Carga muerta

$$CM = P_{gradas} + Acabados_{gradas}$$

$$CM = \left[\gamma_c \left(t_{gradas} + \frac{Ch}{2} \right) \right] + Acabados_{gradas}$$

$$CM = \left[2400 \left(0,14 + \frac{0,18}{2} \right) \right] + 100 = 652 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga viva

$$CV = 500 \frac{kg}{m^2}, \quad (\text{Tabla 3.7.1} - 1 \text{ NSE 2} - 2018)$$

- Carga última

$$CU_{gradas} = 1,2 * CM + 1,6 * CV \text{ (combinación CR2 NSE 2} - 2018)$$

$$CU_{gradas} = 1,2 * 652 + 1,6 * 500 = 1\ 647,6 \frac{kg}{m^2}$$

- Diseño estructural de gradas

Por cuestiones de diseño las losas se analizan por franjas unitarias que tienen un ancho de 1 metro, utilizaremos la carga lineal de 1 647,6 kg/m.

- Momentos actuantes

Para el cálculo del momento positivo y negativo se considera la losa como unidimensional apoyada sobre dos apoyos.

$$M_{(-)} = \frac{CU_{gradas} * L^2}{9} = \frac{1\ 647,6 * 3,25^2}{9} = 1\ 933,64\ kg * m$$

$$M_{(+)} = \frac{CU_{gradas} * L^2}{14} = \frac{1\ 647,6 * 3,25^2}{14} = 1\ 243,06\ kg * m$$

- Peralte efectivo

Se propone utilizar varillas No.4 para el armado, resultando el siguiente peralte:

$$d_{gradas} = t_{gradas} - rec - \frac{\phi_{varilla}}{2}$$

$$d_{gradas} = 14 - 2,5 - \frac{1,27}{2} = 10,87\ cm$$

- Acero mínimo

$$As_{min} = \frac{14 * b * d}{fy}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * 100 * 10,87}{4\ 200} = 3,62\ cm^2$$

- Acero máximo

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * d, \quad \rho_{max} = 0,50 * \rho_{bal}$$

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * \beta * f'c}{f_y} \right) * \left(\frac{6\ 090}{f_y + 6\ 090} \right), \quad \beta = 0,85$$

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$\rho_{bal} = \left(\frac{0,85 * 0,85 * 281}{4\ 200} \right) * \left(\frac{6\ 090}{4\ 200 + 6\ 090} \right) = 0,0286$$

$$A_{s_{max}} = 0,50 * 0,0286 * 100 * 10,87 = 15,54\ cm^2$$

- Cálculo de acero para los momentos

$$A_{s(\pm)} = \frac{0,85 * f'c}{f_y} * \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \left(\frac{Mu * b}{0,003825 * f'c} \right)} \right]$$

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$A_{s(-)} = \frac{0,85 * 281}{4\ 200} * \left[(100 * 10,87) - \sqrt{(100 * 10,87)^2 - \left(\frac{1\ 933,64 * 100}{0,003825 * 281} \right)} \right]$$

$$= 4,90\ cm^2$$

$$A_{s(+)} = \frac{0,85 * 281}{4\ 200} * \left[(100 * 10,87) - \sqrt{(100 * 10,87)^2 - \left(\frac{1\ 243,06 * 100}{0,003825 * 281} \right)} \right]$$

$$= 3,10\ cm^2$$

En base a los resultados se obtiene que el área de acero necesaria para el momento negativo es mayor al acero mínimo y la del momento positivo, entonces se diseñó con el área $4,90 \text{ cm}^2$.

- Espaciamiento

$$\begin{aligned} 4,90 \text{ cm}^2 &\rightarrow 100 \text{ cm} \\ 1,27 \text{ cm}^2 &\rightarrow S \\ S &= \frac{1,27 * 100}{4,90} = 25,92 \text{ cm} \end{aligned}$$

Para el armado de la cama inferior se propone colocar varillas No.4 @ 25 cm en ambos sentidos.

- Acero por temperatura

En los escalones se debe de colocar un armado de acero con el fin de resistir los esfuerzos por de contracción y expansión del concreto, a continuación, el cálculo:

$$\begin{aligned} A_{S_{temp}} &= 0,0018 * b * d \\ A_{S_{temp}} &= 0,0018 * 100 * 10,87 = 1,96 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

A través de la siguiente regla de tres se determina la separación para el acero a temperatura:

$$\begin{aligned} 1,96 \text{ cm}^2 &\rightarrow 100 \text{ cm} \\ 1,27 \text{ cm}^2 &\rightarrow S \end{aligned}$$

$$S = \frac{1,27 * 100}{1,96} = 54,79 \text{ cm}$$

La separación del acero a temperatura es mayor a la permitida por el código ACI 318S-14, por lo cual se propone colocar varillas No.4 @ 25 cm, formando cada uno de los escalones con la cama superior.

4.7.7. Diseño de instalaciones

En los edificios son de suma importancia las instalaciones, ya que son necesarias para realizar las actividades y necesidades a los que lo alberguen, se obtiene mediante acometidas de la red pública e introduciendo los servicios a las áreas donde se necesiten.

4.7.7.1. Diseño de sistema de agua potable

Las instalaciones hidráulicas se conforman de un conjunto de tuberías y conexiones de diferentes diámetros que alimentan y distribuyen agua en el interior y exterior del edificio. Con el fin de obtener presiones iguales en todos los servicios se implementó un circuito cerrado.

Para la distribución del agua se propone usar tuberías de policloruro de vinilo (PVC), colocando tuberías de 1 ½" para el circuito cerrado, 1" para la alimentación y de ½" para las acometidas hacia el artefacto. Estas tuberías se diseñaron para cumplir con la demanda de personas que albergaran el edificio.

4.7.7.2. Diseño de drenaje pluvial y sanitario

Para evacuar las aguas pluviales se han considerado colocar las bajadas de agua del techo ancladas a las columnas para evitar atravesar los elementos estructurales, estas serán de un diámetro de 4". Se considera transportarla fuera del edificio para limpiar las cajas de registro por las hojas que botan los árboles aledaños al edificio, se utilizará tubería de 6" entre cajas de registro y de 8" para depositarla a la candela municipal.

En el caso de las aguas sanitarias las cuales provienen de los servicios del edificio, se recolectarán con tubería de diámetro de 3" y se transportarán entre cajas unificadores con tubería de 6" y para la salida a la candela municipal se usará tubería de 8 pulgadas.

4.7.7.3. Diseño de energía eléctrica

Para el diseño de la instalación eléctrica del edificio se utilizó el *Manual de normas para acometidas de servicio eléctrico de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA)*, basándonos a los lineamientos de la sección V.

Se colocaron dos tableros eléctricos de distribución de 12 flipones cada uno ubicado uno por nivel, en los cuales se conectaron 7 circuitos para la iluminación y 6 para fuerza. Se transportarán los alambres calibre 12 por tuberías de $\frac{3}{4}$ " y 1", depende de la cantidad de alambres que conduce.

4.8. Planos

Luego de realizar el análisis estructura y diseñar cada elemento estructural, se realizan los detalles de los diferentes diseños y se colocan las especificaciones para la ejecución del proyecto.

4.8.1. Planos arquitectónicos

Los planos arquitectónicos son los que muestran los mobiliarios que llevará cada ambiente y el nombre de cada uno de ellos, así también lleva la vista del edificio, los cuales se muestran en los planos del 1 al 5.

4.8.2. Planos estructurales

Los planos estructurales muestran los detalles y especificaciones para la ejecución del proyecto y se encuentran en los planos del 6 al 9 del presente informe.

4.8.3. Planos de instalaciones generales

Los planos de instalaciones sanitarias, pluviales, agua potable, iluminación y fuerza, se muestran en los planos 10-13.

4.9. Presupuesto

Es la estimación del costo total de la obra, en el cual se incluirá los gastos de mano de obra, materiales y transporte que se necesiten para llevar a cabo la ejecución.

Tabla L. Presupuesto

No	Descripción del renglon	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Renglon
1	TRABAJOS PRELIMINRES				
1,1	LIMPIA, CHAPEO Y DESTRONQUE	m2	1526	Q13,68	Q20 878,47
1,2	BODEGA, GUARDIANIA Y LETRINA	Global	1	Q4 124,39	Q4 124,39
1,3	TRAZO Y ESTAQUEADO	ml	224,34	Q40,52	Q9 090,28
	Subtotal				Q34 093,14
2	CIMENTACIÓN				
2,1	EXCAVACIÓN DE CIMENTACIÓN PARA ZAPATAS	m3	637,5	Q64,86	Q41 350,11
2,2	EXCAVACIÓN PARA CIMIENTO CORRIDO	ml	224,34	Q38,70	Q8 682,89
2,3	RELLENO DE CIMENTACIÓN	ml	224,34	Q21,84	Q4 898,73
2,4	ZAPATA Z-1	unidad	19	Q9 914,05	Q188 367,04
2,5	ZAPATA Z-2	unidad	9	Q11 537,09	Q103 833,81
2,6	ZAPATA Z-3	unidad	6	Q5 805,10	Q34 830,58
2,7	CIMIENTO CORRIDO	ml	224,34	Q122,31	Q27 439,53
	Subtotal				Q409 402,69
3	SOLERAS HIDROFUGA, INTERMEDIA Y CORONA				
3,1	SOLERAS	ml	360,4	Q296,63	Q106 906,22
	Subtotal				Q106 906,22
4	COLUMNAS				
4,1	COLUMNA C-1	unidad	34	Q3 352,69	Q113 991,49
	Subtotal				Q113 991,49
5	MUROS				
5,1	MURO EXTERNO	m2	461,58	Q195,43	Q90 208,79
5,2	MURO TABIQUE	m2	435,31	Q251,18	Q109 343,23
	Subtotal				Q199 552,02
6	VIGAS				
6,1	VIGA V-1	unidad	10	Q5 663,95	Q56 639,48
6,2	VIGA V-2	unidad	14	Q5 303,87	Q74 254,15
6,3	VIGA V-3	unidad	5	Q2 439,32	Q12 196,62
6,4	VIGA V-4	unidad	5	Q2 331,36	Q11 656,78
6,5	VIGA V-5	unidad	28	Q4 098,27	Q114 751,58
6,6	VIGA V-6	unidad	21	Q3 944,37	Q82 831,83
	Subtotal				Q352 330,44
7	LOSA				
7,1	LOSA PREFABRICADA	m2	979,19	Q707,20	Q692 480,84
	Subtotal				Q692 480,84
8	ACABADOS				
8,1	REPELO Y CERNIDO	m2	923,16	Q133,45	Q123 197,19
8,2	PISO	m3	942,03	Q325,50	Q306 630,32
	Subtotal				Q429 827,51
9	PUERTAS Y VENTANAS				
9,1	PUERTA P-1	unidad	4	Q2 689,90	Q10 759,59
9,2	PUERTA P-2	unidad	10	Q1 968,77	Q19 687,75
9,3	VENTANA	m2	279,66	Q726,56	Q203 190,85
	Subtotal				Q233 638,19
10	GRADAS				
10,1	GRADAS	unidad	1	Q15 015,15	Q15 015,15
	Subtotal				Q15 015,15
11	INSTALACIONES				
11,1	DRENAJE PLUVIAL	Global	1	Q21 377,10	Q21 377,10
11,2	DRENAJE SANITARIO	Global	1	Q11 819,68	Q11 819,68
11,3	SISTEMA AGUA POTABLE	Global	1	Q35 528,67	Q35 528,67
11,4	ELECTRICIDAD	Global	1	Q49 052,20	Q49 052,20
	Subtotal				Q117 777,65
Total					Q2 705 015,34
Total por metro cuadrado					Q2 760,22

Fuente: elaboración propia.

4.9.1. Cronograma de ejecución física y financiera

Tiene la finalidad de llevar un control del proyecto a la hora de la ejecución en cuestión del tiempo con el avance físico y financiero.

Tabla LI. Cronograma de ejecución físico y financiero

RENGLÓN	DESCRIPCIÓN	MES 1			MES 2			MES 3			MES 4			MES 5			MES 6			TOTAL POR RENG LÓN
1	Trabajos preliminares																		Q34 093,14	
2	Cimentación																		Q409 402,69	
3	Soleras																		Q106 906,22	
4	Columnas																		Q113 991,49	
5	Muros																		Q199 552,02	
6	Vigas																		Q352 330,44	
7	Losa																		Q692 480,84	
8	Acabados																		Q429 827,51	
9	Puertas y ventanas																		Q233 638,19	
10	Gradas																		Q15 015,15	
11	Instalaciones																		Q117 777,65	

Fuente: elaboración propia.

4.9.2. Estudio de impacto ambiental de edificio

Es el estudio de los factores ambientales afectados en el inicio de la ejecución para la construcción del edificio que albergará al Centro de Capacitación y Formación Humana en el casco urbano de San Pedro Carchá.

El estudio de evaluación ambiental inicial se realiza con el formulario DVGA-GA-002 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), en los cuales presenta los siguientes aspectos:

- Consumo de agua: superficial o de pozo.
- Consumo de combustible: gasolina, diésel o búnker.
- Gases o partículas: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado.
- Ruido y vibraciones: maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos.
- Aguas residuales: disposición de lodos y cantidad de descarga final.
- Consumo de energía: forma de suministrar la energía.

CONCLUSIONES

1. La municipalidad de San Pedro Carchá por medio de su Plan Operativo Anual (POA) debe considerar los proyectos de infraestructura viables, necesarios y prioritarios, con el objetivo de satisfacer las necesidades básicas y fortalecer el desarrollo económico regional de sus habitantes
2. Los diseños del alineamiento geométrico horizontal y vertical propuestos se realizaron utilizando las especificaciones de la Dirección General de Caminos, garantizando la movilización segura y eficiente de los vehículos, considerando se cumpla con la velocidad que se diseñó.
3. La propuesta de infraestructura del edificio para el Centro de Capacitación y Formación Humana en el casco urbano de San Pedro Carchá, se diseñó estructuralmente bajo las Normas de Seguridad Estructural de AGIES y el reglamento *American Concrete Institute*, con el fin de obtener una edificación segura ante acontecimiento telúricos.
4. De acuerdo con el análisis previo y planteamiento de mejoras para el municipio de San Pedro Carchá, se integran planificaciones para la ejecución de los proyectos trabajos, con el fin de fortalecer el desarrollo económico de las aldeas y el municipio en general.

RECOMENDACIONES

1. Al ejecutar los proyectos la municipalidad de San Pedro Carchá debe disponer de personal calificado tanto en ejecución como en supervisión, con el objetivo de lograr el cumplimiento de normativas de calidad con las que fueron diseñados los proyectos en beneficio de sus habitantes.
2. Brindar mantenimiento en tramos carreteros y concientizar a los habitantes de San Pedro Carchá sobre la limpieza de cunetas y alcantarillas, previo a época de lluvia para evitar accidentes viales.
3. La municipalidad de San Pedro Carchá debe velar por la estricta supervisión de la obra en el periodo de ejecución, considerando el cumplimiento de los procesos constructivos y que los mismos se realicen conforme al diseño y normas vigentes establecidas, cumpliendo con los planos constructivos y técnicas correspondientes a cada uno de los proyectos planteados.
4. Es necesario realizar actualizaciones constantes en precios estimados y materiales de los proyectos propuestos, previos a su ejecución, considerando el bienestar de la población en general.

BIBLIOGRAFÍA

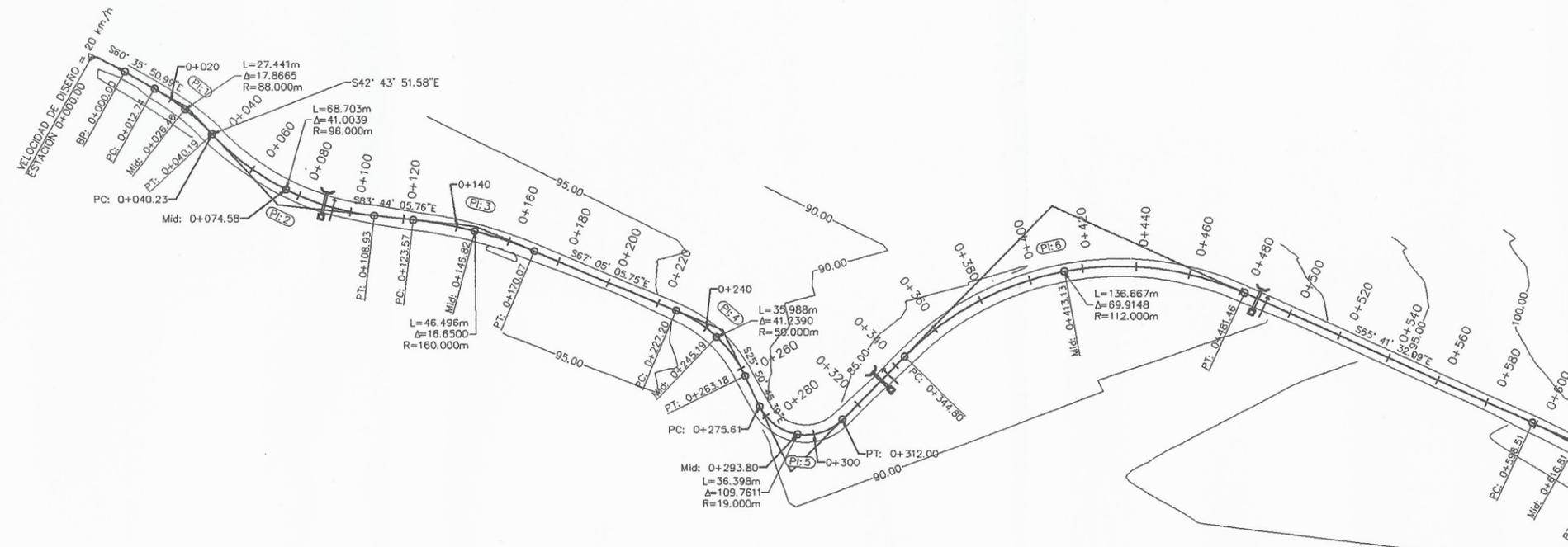
1. *American Concrete Institute. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-14)*. Michigan, Estados Unidos de América: ACI 318, 2014. 291 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2010. 75 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 5a ed. México: Limusa, 2004. 295 p.
4. Dirección General de Caminos. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: MICIVI. 2001. 502 p.
5. MEZA NAVARRO, Juan José. *Diseño del tramo carretero que comunica la ciudad de Cuilapa con la aldea los pinos finalizando en el río los Esclavos, municipio de Cuilapa, departamento de Santa Rosa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 245 p.
6. SIECA. *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*. 3a ed. 2011. 127 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Planos constructivos**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

ALDEA CHACALTE



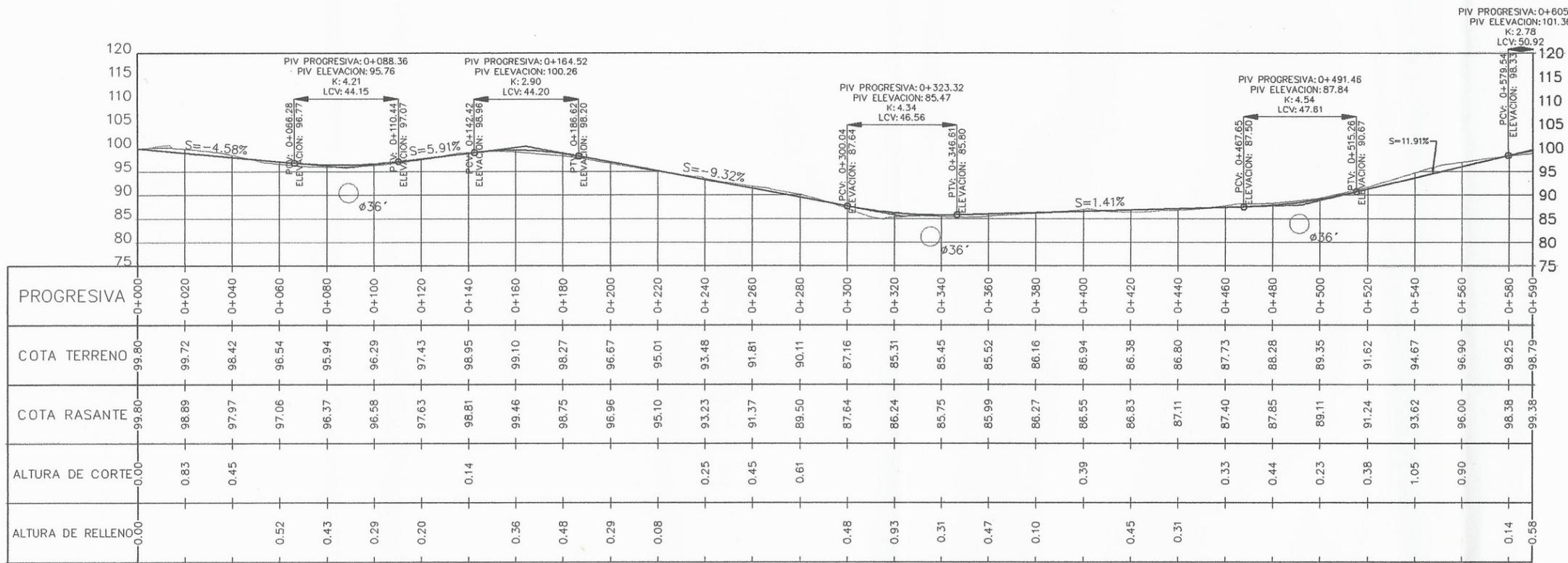
PLANTA-PERFIL EST: 0+000 - 0+590.00

Apertura de Carretera Caserio Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carcha Alta Verapaz.

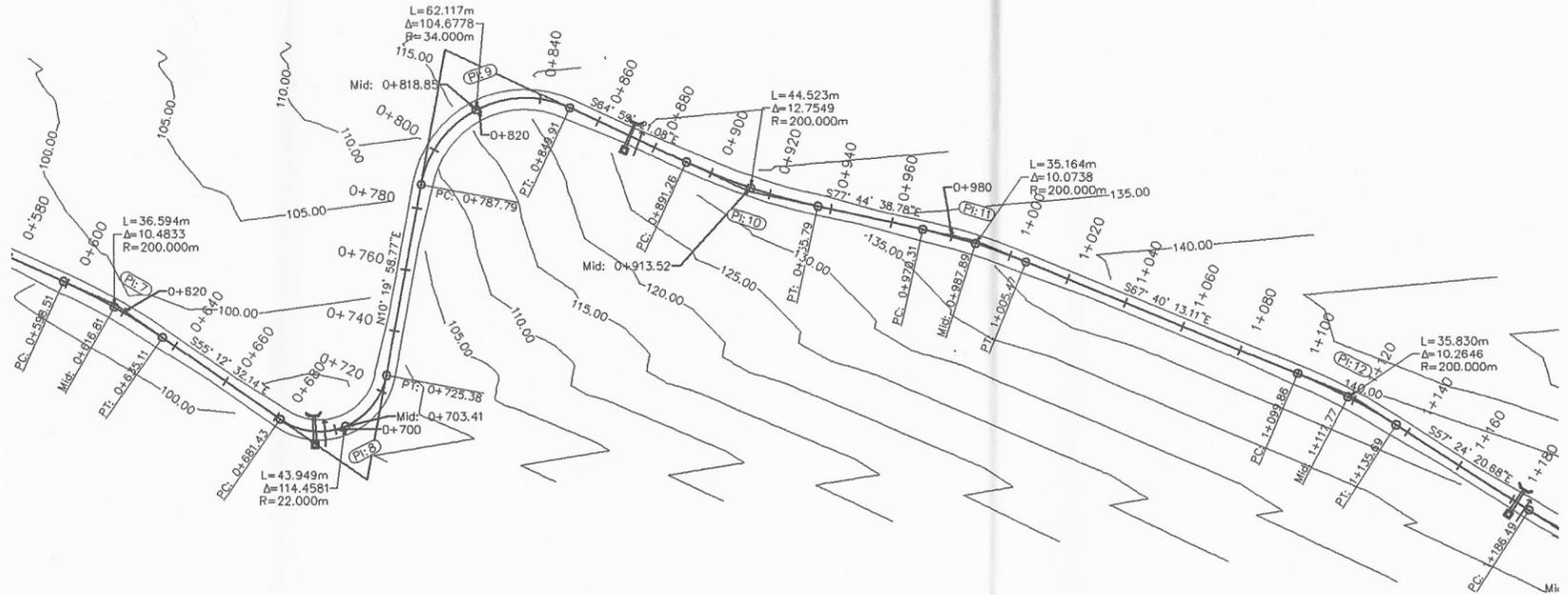
ESCALA. H 1 : 1000
ESCALA. V 1 : 500

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHA		
PROYECTO: APERTURA DE LA CARRETERA DE CASERIO SANTA CRUZ HACIA ALDEA CHACALTE SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE: PLANTA PERFIL 0+000.00-0+590.00		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA:	FECHA:	HOJA
INDICADA	NOVIEMBRE 2019	02
ASESOR EPS:	ESTUDIANTE:	28
ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	RONY GONZÁLEZ	
	CARNE: 201403889	

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	HORTE		PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL		PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL		PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL		COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA		PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL		LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
	CAMMINENTO ACUMULADO		PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
	LARTE DE CAMBIO + CUENTA Y LINEA CENTRAL		SERIALIZACION VERTICAL
	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO		LINEA DE RASANTE
	D.T. T.M.C		DRENAJE TRANSVERSAL DIAMETRO INDICADO
	DRENAJE TRANSVERSAL		D.T. T.M.C
	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO		DATOS DE CURVA VERTICAL:
	COMANDADO		P.I.V. INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL
	EMPEDRADO		P.C.V. INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL
	CORTE DE PIEDRA		P.T.V. INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguera Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



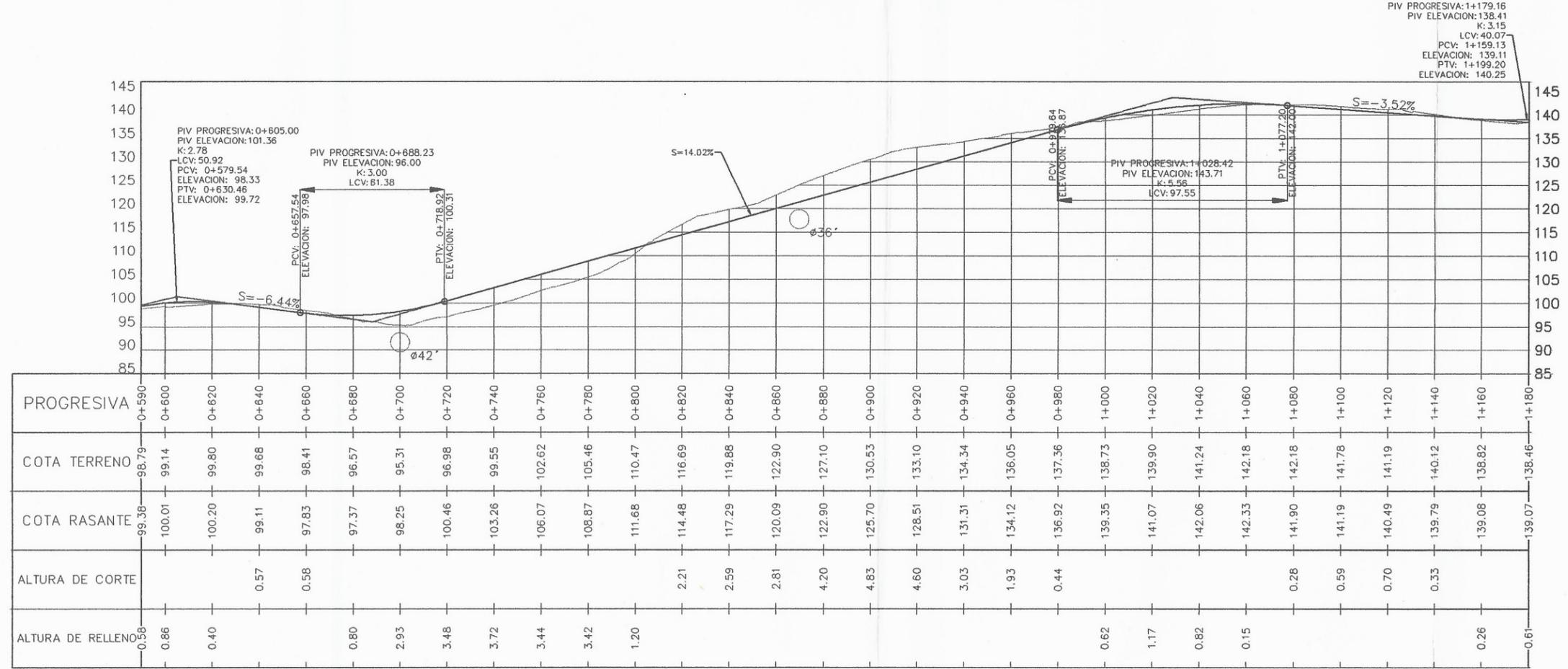
PLANTA-PERFIL EST: 0+590 - 1+180.00

Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chicalte, San Pedro Carchá Alta Verapaz.

ESCALA: H 1 : 1000

ESCALA: V 1 : 500

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	+ 10.32 %	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
	CAMMINAMIENTO ACUMULADO		PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
	LÍMITE DE CAMINO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL		SERIALIZACIÓN VERTICAL
	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO		LÍNEA DE RASANTE
	DRENAJE TRANSVERSAL		DRENAJE TRANSVERSAL DIAMETRO INDICADO
	DRENAJE TRANSVERSAL		DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO
	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA		DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO
	COMUNIDAD		DATOS DE CURVA VERTICAL:
	EMPEDRADO		P.I.V. = INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL
	CORTE DE PIEDRA		P.C.V. = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL
			P.T.V. = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL



PIV PROGRESIVA: 1+179.16

PIV ELEVACION: 138.41

K: 3.15

LCV: 40.07

PCV: 1+159.13

ELEVACION: 139.11

PTV: 1+199.20

ELEVACION: 140.25

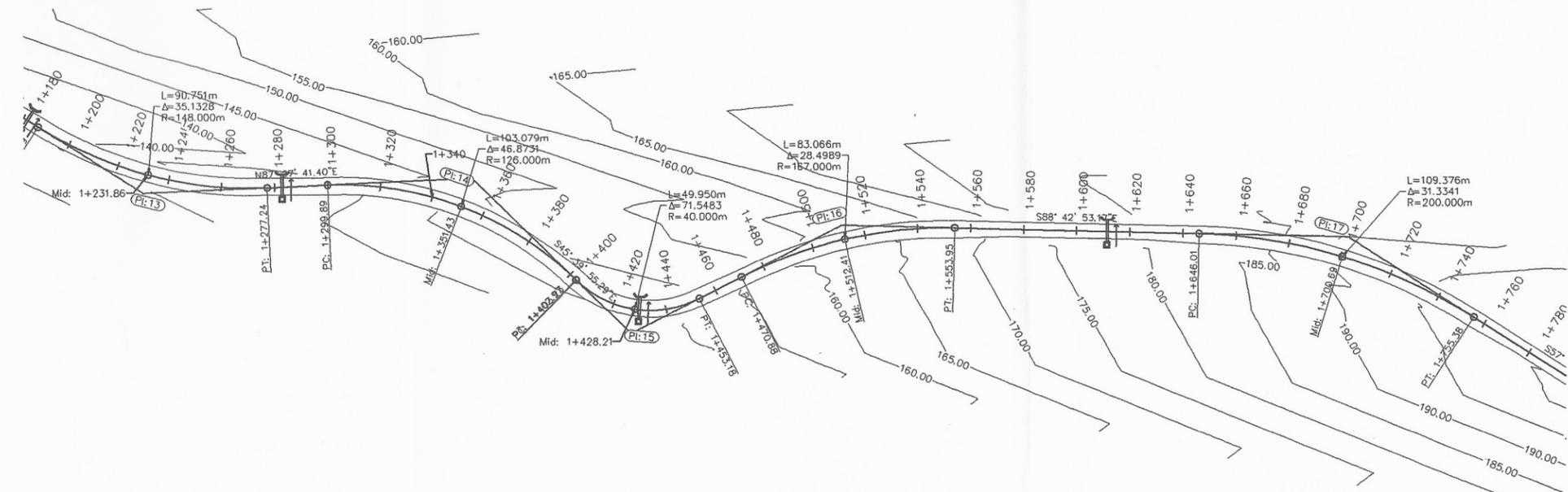
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Oscar Argueta Hernández

ASESOR - SUPERVISOR DE EPS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

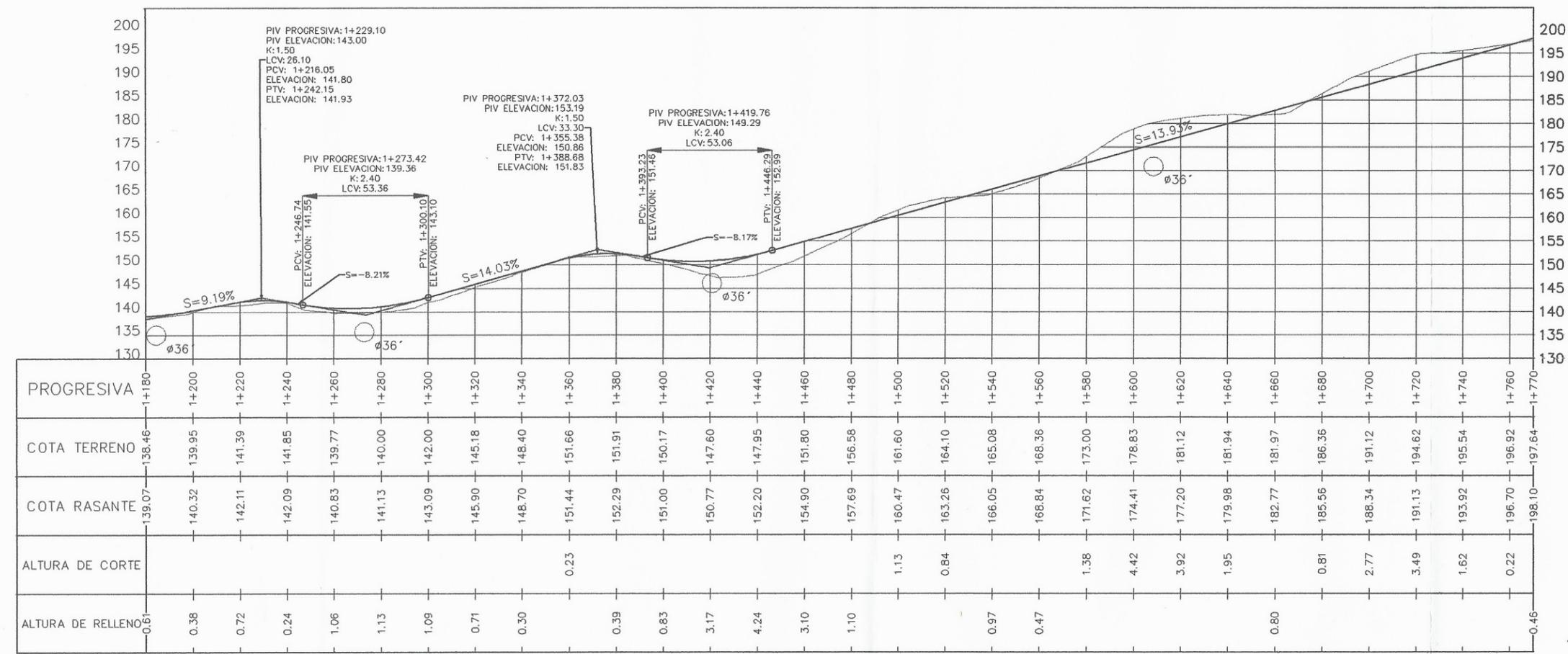
Facultad de Ingeniería



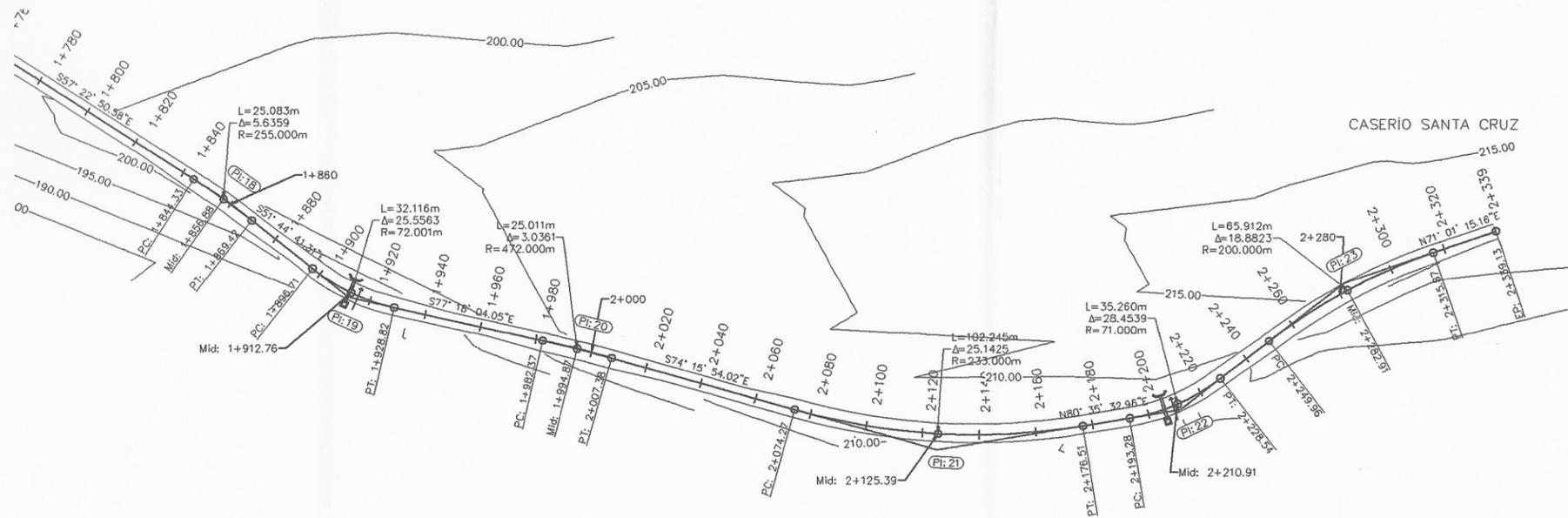
PLANTA-PERFIL EST: 1+180 - 1+770.00
 Apertura de Carretera Caserio Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 1000
 ESCALA. V 1 : 500

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
◊	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PVI	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
R	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PVI
C42	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	+ 10.32 %	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
SP-300	CAMBIAMIENTO ACUMULADO	+	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
—	LÍMITE DE CAMBIO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL	⊙	SEÑALIZACIÓN VERTICAL
D.T. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO	—	LÍNEA DE RASANTE
—	DRENAJE TRANSVERSAL	○	DRENAJE TRANSVERSAL DIAMETRO INDICADO
—	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA	D.T. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERIA METALICA CORRUGADA DIAMETRO INDICADO
—	COMUNIDAD	—	DATOS DE CURVA VERTICAL:
—	EMPEDRADO	—	PVI+ INDICA PUNTO DE INTERSECCION VERTICAL EN PERFIL
—	CORTE DE PIEDRA	—	PCV+ INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL
		—	PTV+ INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Arguero Hernández
 ASESOR SUPERVISOR DE
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

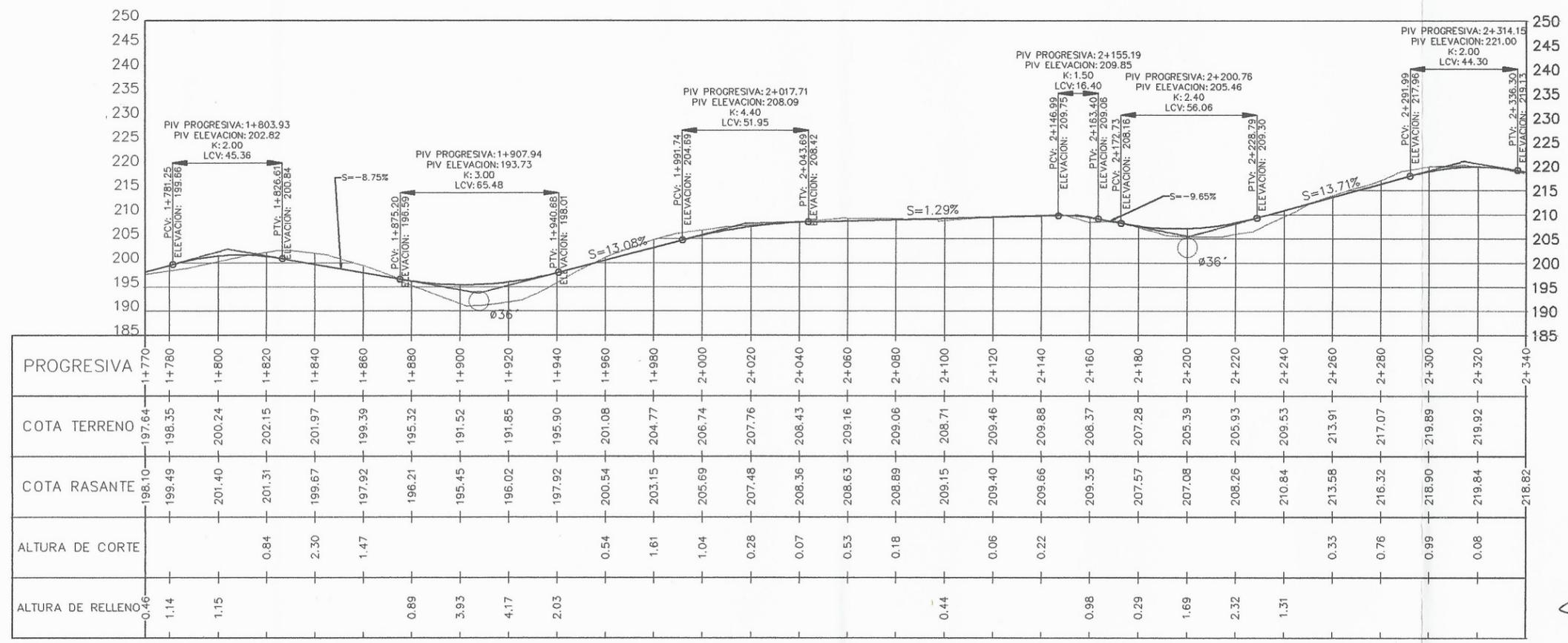


PLANTA-PERFIL EST: 1+770 - 2+340.00

Apertura de Carretera Caserio Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 1000
ESCALA. V 1 : 500

SIMBOLOGÍA	
SIMBOLÓGIA EN PLANTA	SIMBOLÓGIA EN PERFIL



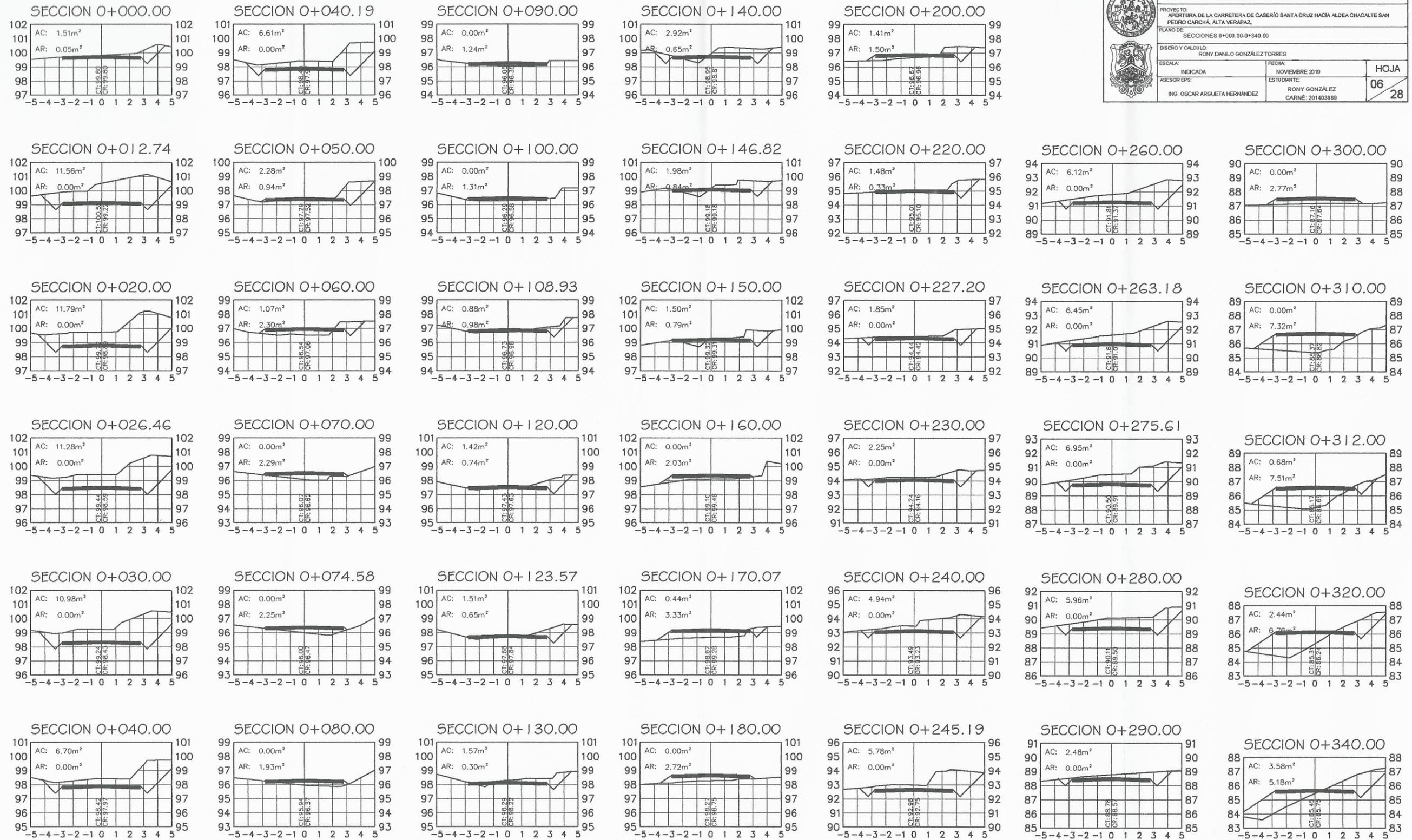
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Oscar Argueta Hernández

ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

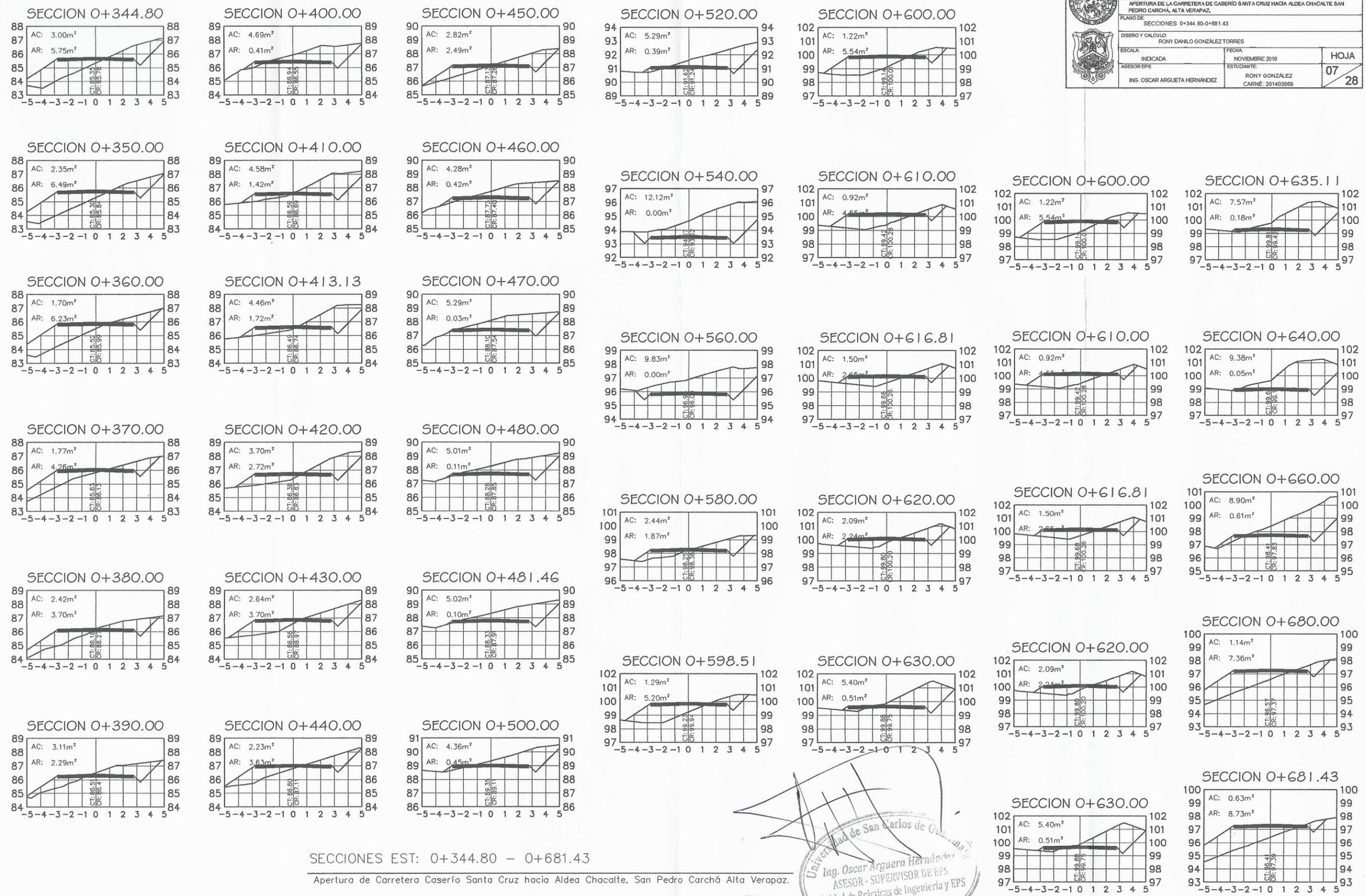
Facultad de Ingeniería



SECCIONES EST: 0+000 - 0+340
 Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carchá Alta Verapaz.

ESCALA: H 1 : 125
 ESCALA: V 1 : 125

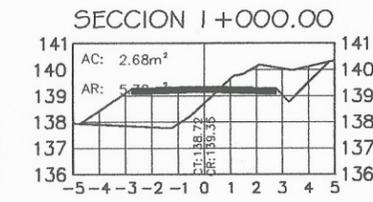
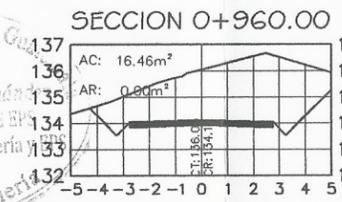
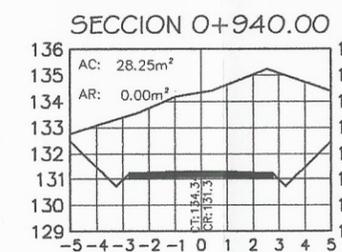
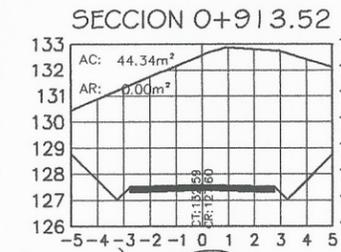
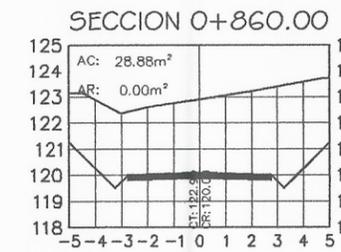
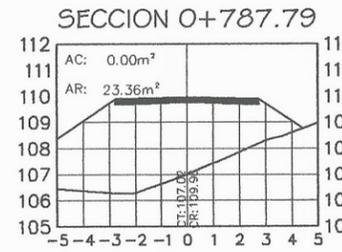
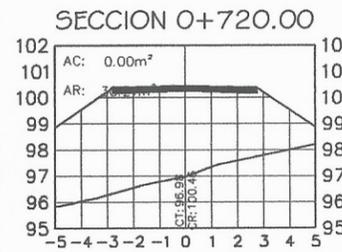
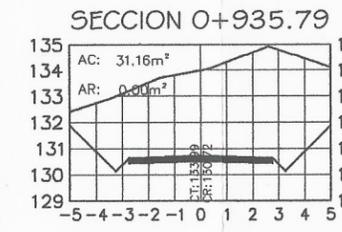
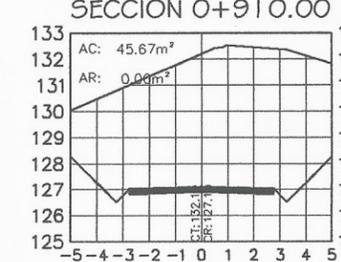
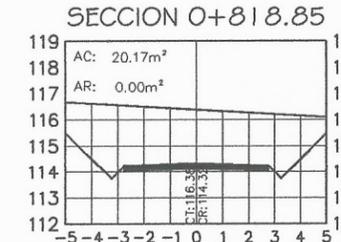
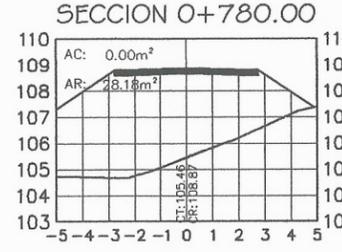
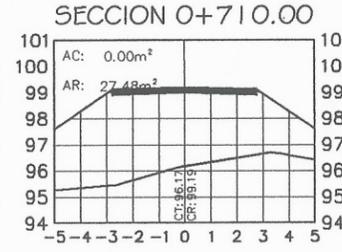
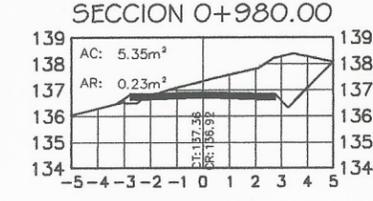
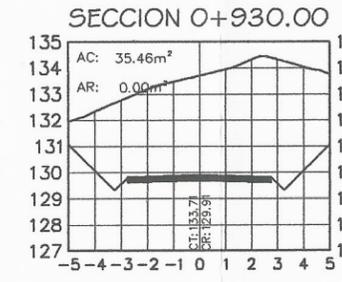
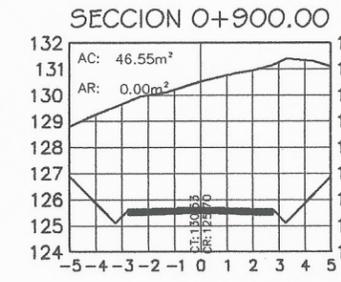
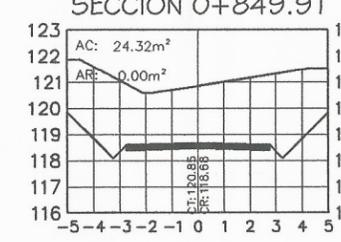
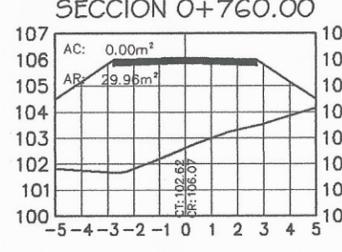
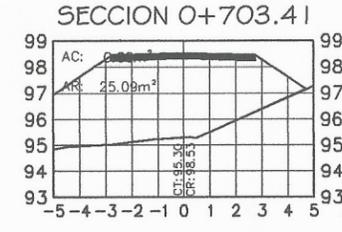
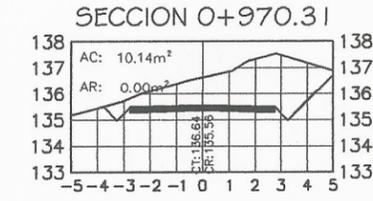
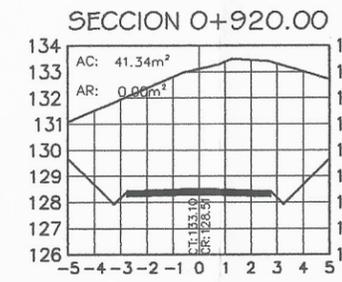
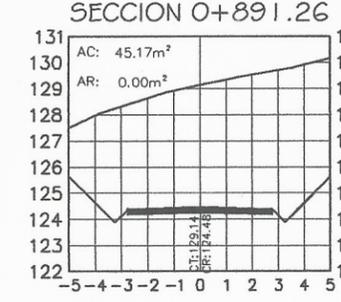
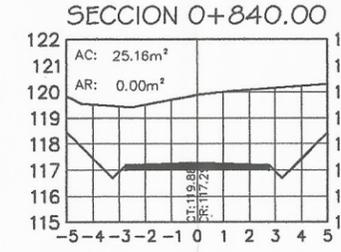
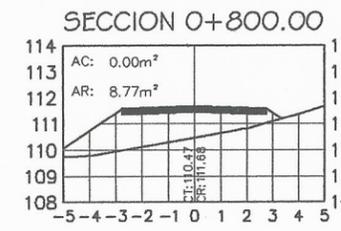
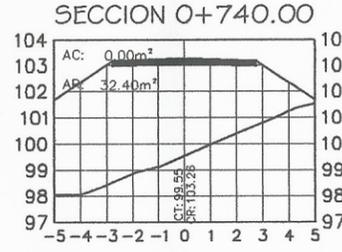
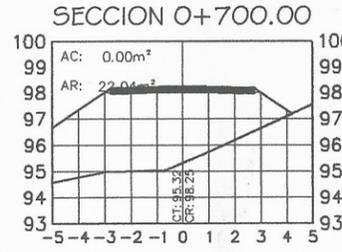
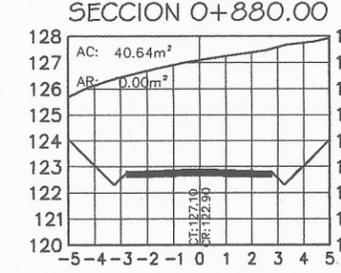
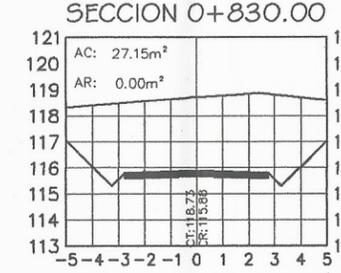
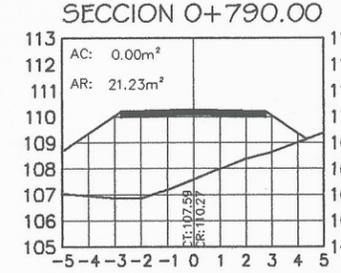
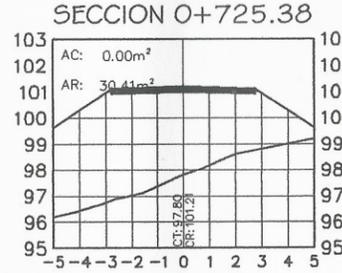
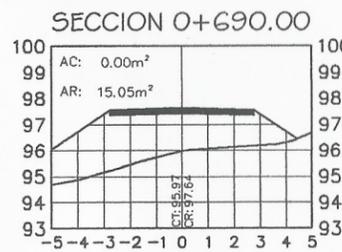
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR D.
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



SECCIONES EST: 0+344.80 - 0+681.43
Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carchá Alta Verapaz.

ESCALA, H 1 : 125
ESCALA, V 1 : 125



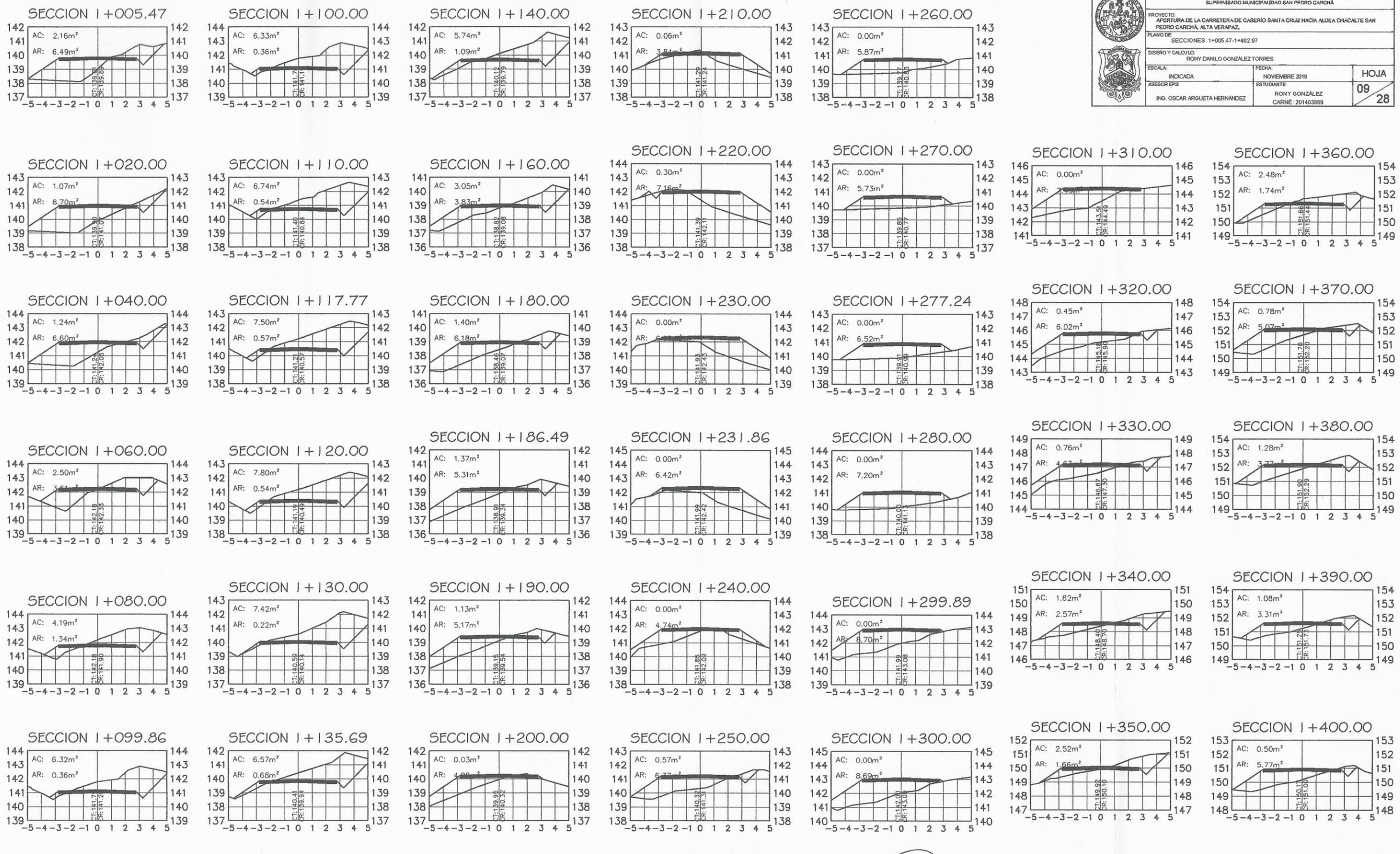


SECCIONES EST: 0+690.00 - 1+000.00

Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carchá Alta Verapaz.

ESCALA: H 1 : 125
 ESCALA: V 1 : 125

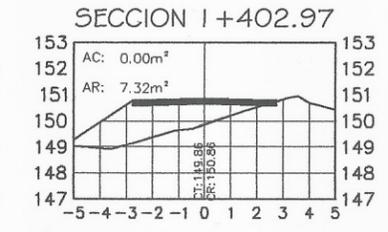
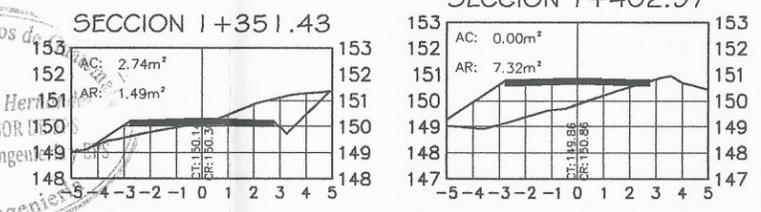


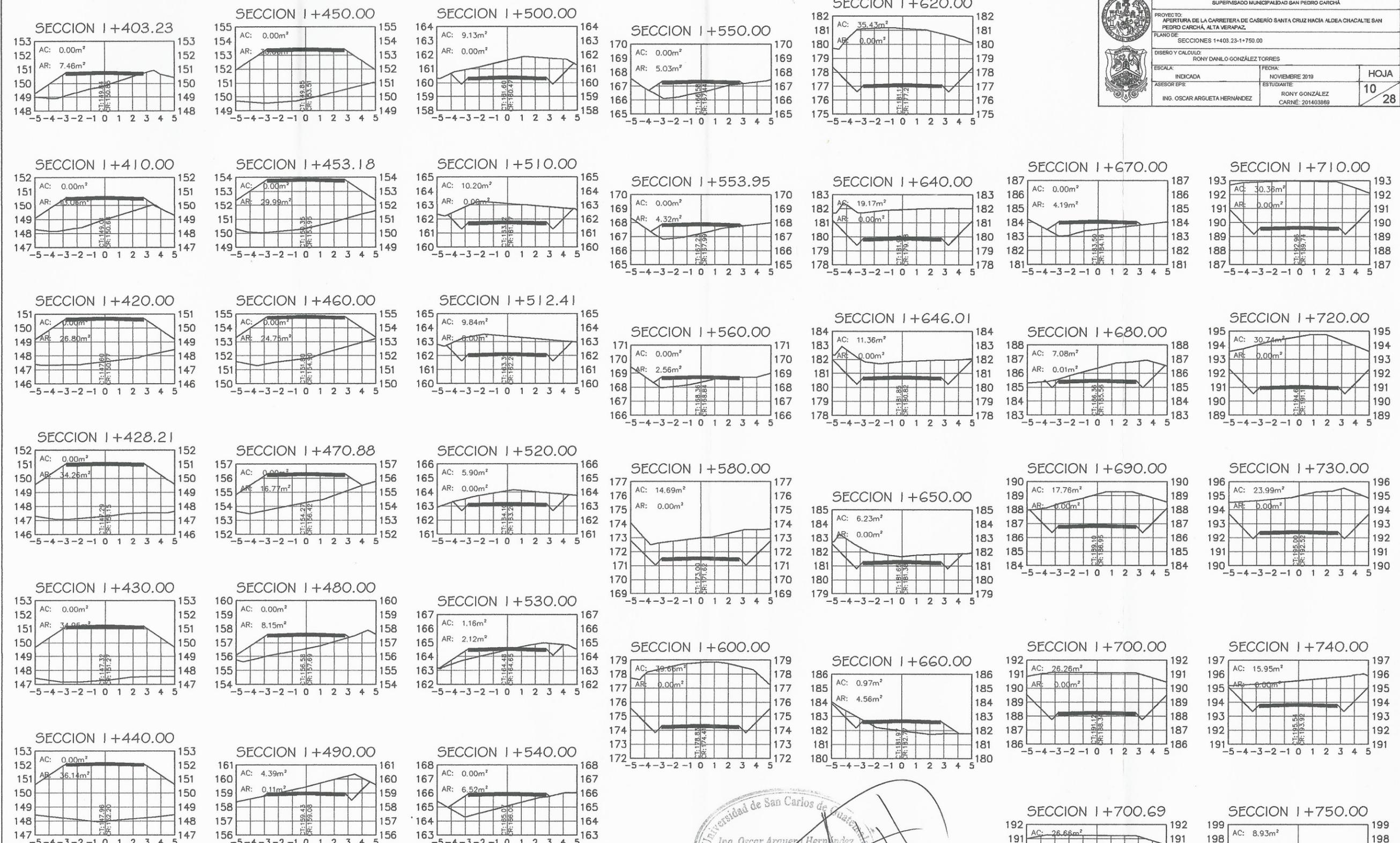


SECCIONES EST: 1+005.47 - 1+402.97

Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carchá Alta Verapaz

ESCALA: H 1 : 125
ESCALA: V 1 : 125

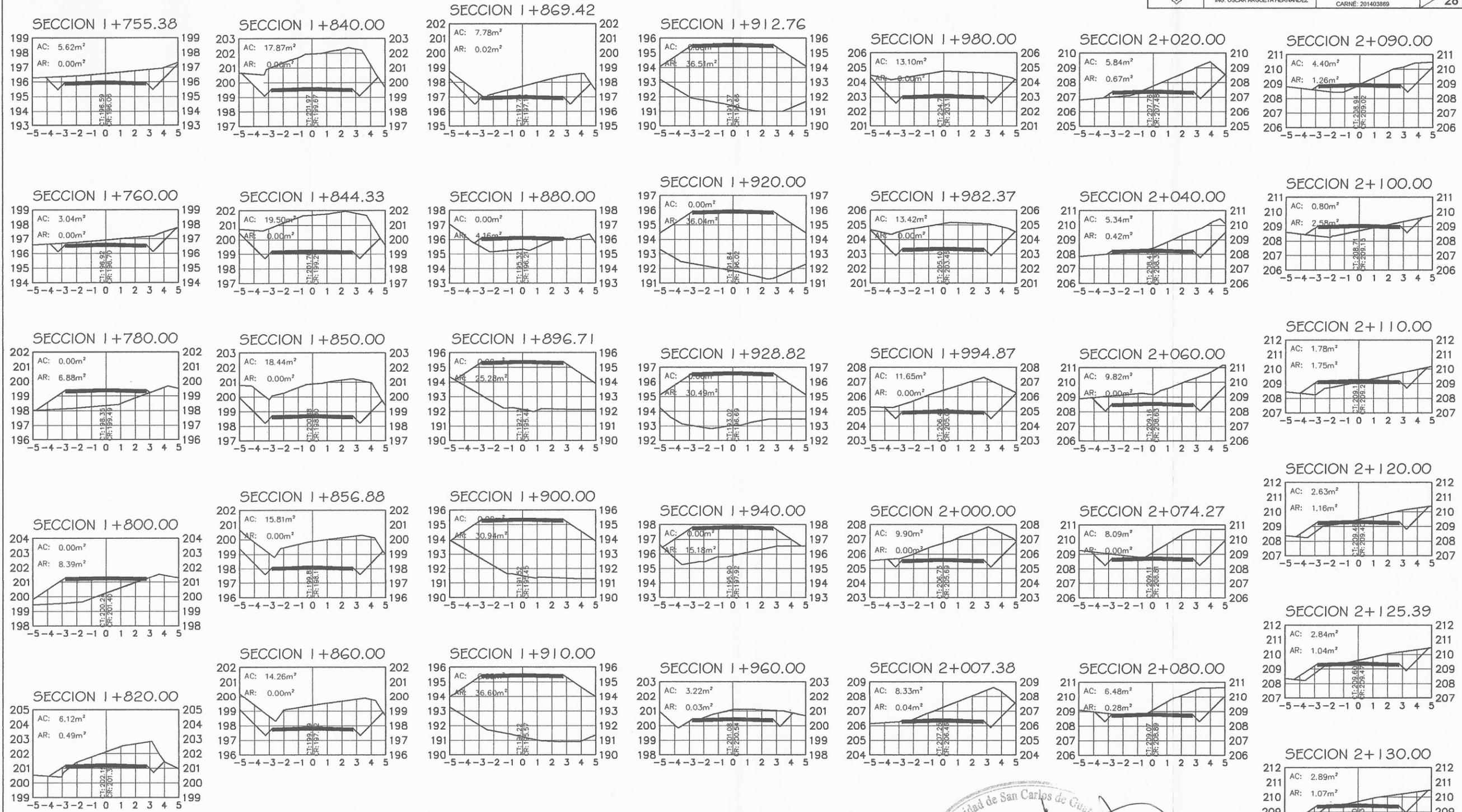





 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería EPS
 Facultad de Ingeniería

SECCIONES EST: 1+403.23 - 1+750.00
 Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA: H 1 : 200
 ESCALA: V 1 : 200

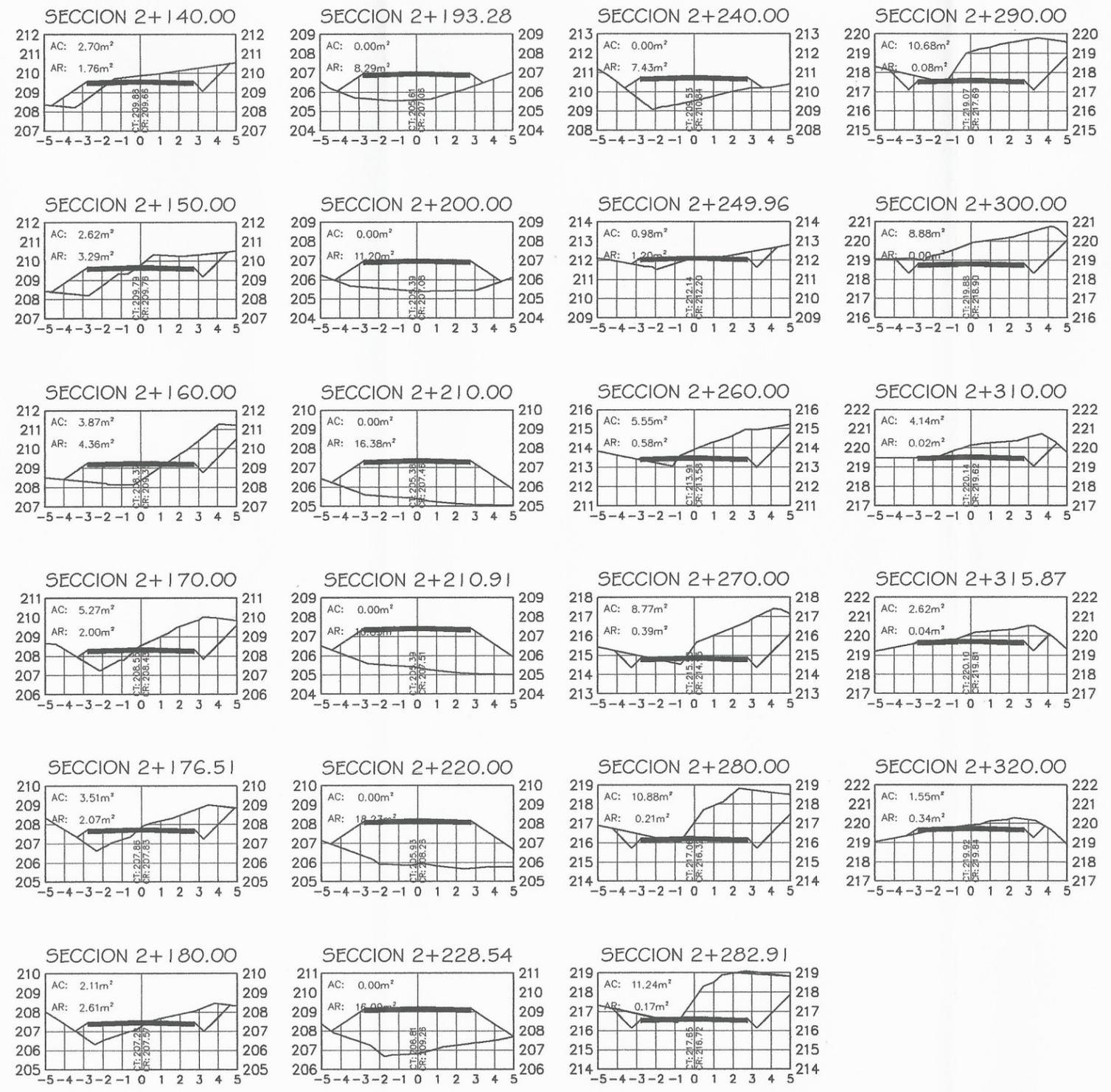


SECCIONES EST: 1+755.38 - 2+130.00

Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA: H 1 : 200
 ESCALA: V 1 : 200





SECCIONES EST: 2+140.00 - 2+340.00
 Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, San Pedro Carcha Alta Verapaz.
 ESCALA: H 1 : 200
 ESCALA: V 1 : 200

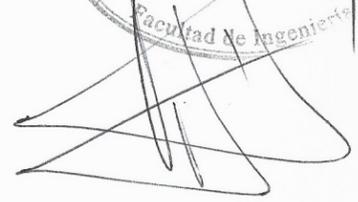

 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernandez
 ASESOR - SUPERVISOR
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

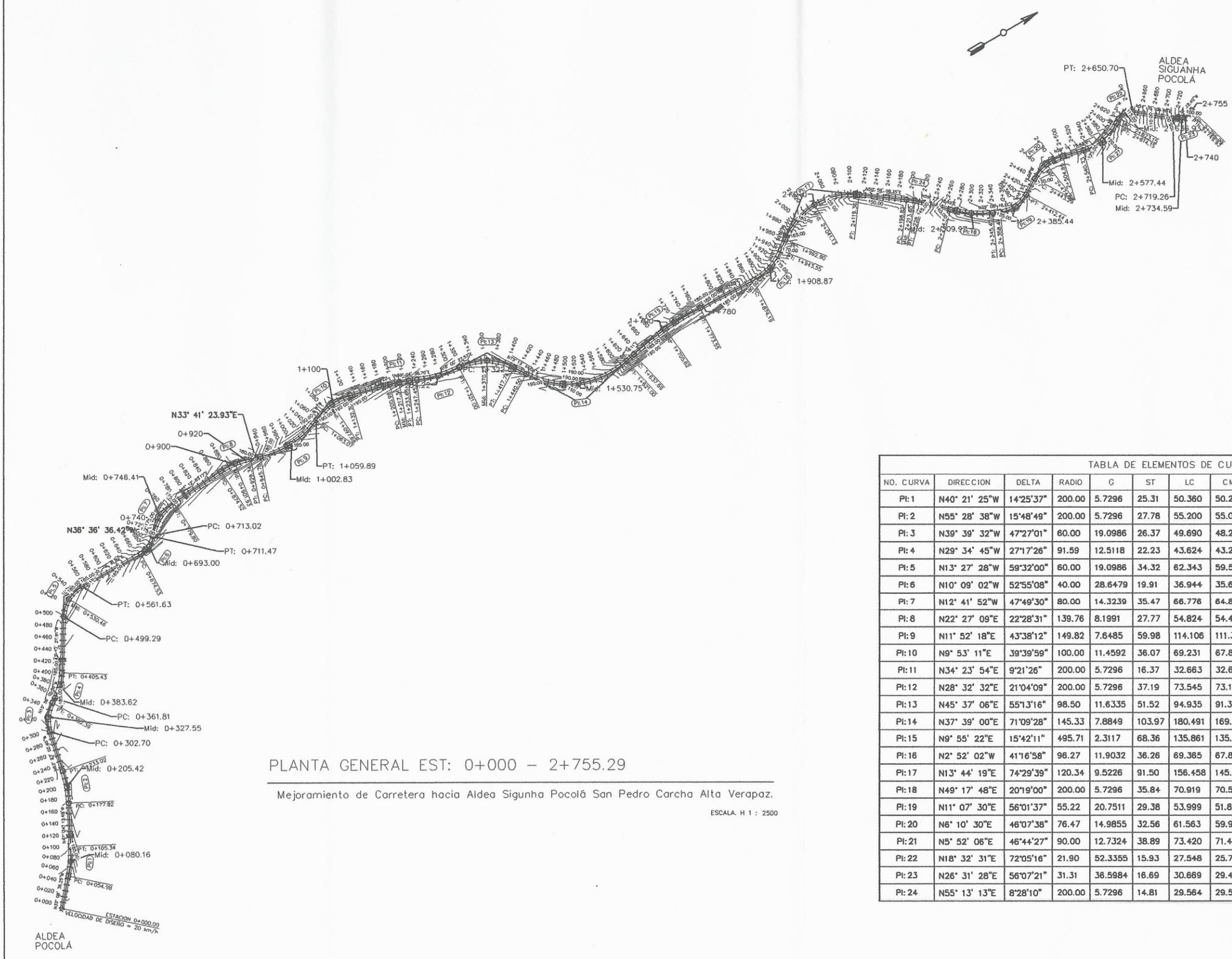
TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+000.00	0.05	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00
0+012.74	0.00	11.56	0.33	83.32	0.33	83.32
0+020.00	0.00	11.79	0.00	83.59	0.33	166.91
0+026.46	0.00	11.28	0.00	73.49	0.33	240.40
0+030.00	0.00	10.98	0.00	38.76	0.33	279.16
0+040.00	0.00	6.70	0.00	86.87	0.33	366.02
0+040.19	0.00	6.61	0.00	1.23	0.33	367.26
0+050.00	0.94	2.28	4.59	44.65	4.92	411.90
0+060.00	2.30	1.07	16.14	17.33	21.06	429.24
0+070.00	2.29	0.00	22.95	5.53	44.01	434.77
0+074.58	2.25	0.00	10.43	0.00	54.44	434.77
0+080.00	1.93	0.00	11.40	0.00	65.84	434.77
0+090.00	1.24	0.00	15.96	0.00	81.80	434.77
0+100.00	1.31	0.00	12.78	0.00	94.57	434.77
0+108.93	0.98	0.88	10.17	4.07	104.74	438.84
0+120.00	0.74	1.42	9.49	12.72	114.23	451.56
0+123.57	0.65	1.51	2.48	5.23	116.71	456.79
0+130.00	0.30	1.57	3.10	9.71	119.81	466.50
0+140.00	0.65	2.92	4.83	22.17	124.64	488.67
0+146.82	0.84	1.98	5.12	18.51	129.76	505.18
0+150.00	0.79	1.50	2.61	5.45	132.37	510.63
0+160.00	2.03	0.00	14.19	7.37	146.56	518.00
0+170.07	3.33	0.44	27.10	2.19	173.66	520.19
0+180.00	2.72	0.00	30.06	2.20	203.72	522.39
0+200.00	1.50	1.41	42.21	14.14	245.93	536.54
0+220.00	0.33	1.48	18.28	28.90	264.21	565.43
0+227.20	0.00	1.85	1.17	11.95	265.38	577.38
0+230.00	0.00	2.25	0.00	5.54	265.38	582.93
0+240.00	0.00	4.94	0.00	34.72	265.38	617.65
0+245.19	0.00	5.78	0.00	26.85	265.38	644.49
0+250.00	0.00	6.11	0.00	27.56	265.38	672.05
0+260.00	0.00	6.12	0.00	58.91	265.38	730.96
0+263.18	0.00	6.45	0.00	19.32	265.38	750.28
0+275.61	0.00	6.95	0.00	83.24	265.38	833.52
0+280.00	0.00	5.96	0.00	30.54	265.38	864.06
0+290.00	0.00	2.48	0.01	45.13	265.39	909.19
0+293.80	0.14	0.63	0.25	6.42	265.64	915.61
0+300.00	2.77	0.00	8.93	2.24	274.57	917.84
0+310.00	7.32	0.00	49.02	0.00	323.59	917.84
0+312.00	7.51	0.68	14.19	0.80	337.78	918.65
0+320.00	6.76	2.44	57.07	12.49	394.85	931.13
0+340.00	5.18	3.58	119.41	60.20	514.26	991.33
0+344.80	5.75	3.00	26.20	15.77	540.46	1007.10
0+350.00	6.49	2.35	32.59	13.51	573.05	1020.61
0+360.00	6.23	1.70	65.11	19.63	638.16	1040.24
0+370.00	4.26	1.77	53.71	16.82	691.87	1057.06
0+380.00	3.70	2.42	40.78	20.39	732.65	1077.45
0+390.00	2.29	3.11	30.72	27.01	763.37	1104.46
0+400.00	0.41	4.69	13.84	38.17	777.21	1142.63
0+410.00	1.42	4.58	9.33	45.25	788.54	1187.88
0+413.13	1.72	4.46	4.99	13.75	791.53	1201.62
0+420.00	2.72	3.70	15.48	27.24	807.01	1228.86
0+430.00	3.70	2.64	32.62	30.82	839.63	1259.68
0+440.00	3.63	2.23	37.33	23.69	876.97	1283.37
0+450.00	2.49	2.82	31.23	24.58	908.20	1307.95
0+460.00	0.42	4.28	14.87	34.69	923.07	1342.64
0+470.00	0.03	5.29	2.30	46.92	925.37	1389.56
0+480.00	0.11	5.01	0.69	50.50	926.06	1440.06
0+481.46	0.10	5.02	0.15	7.33	926.21	1447.40
0+500.00	0.45	4.36	5.08	86.93	931.29	1534.33
0+520.00	0.39	5.29	8.37	96.48	939.65	1630.81
0+540.00	0.00	12.12	3.87	174.11	943.53	1804.92
0+560.00	0.00	9.83	0.00	219.51	943.53	2024.43

TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+580.00	1.87	2.44	18.69	122.65	962.21	2147.09
0+598.51	5.20	1.29	65.47	34.54	1027.66	2181.63
0+600.00	5.54	1.22	7.98	1.86	1035.66	2183.49
0+610.00	4.55	0.92	50.82	10.50	1086.48	2194.00
0+616.81	2.65	1.50	24.67	8.10	1111.14	2202.10
0+620.00	2.24	2.09	7.80	5.72	1118.94	2207.82
0+630.00	0.51	5.40	13.87	36.92	1132.81	2244.74
0+635.11	0.18	7.57	1.78	32.89	1134.60	2277.43
0+640.00	0.05	9.38	0.58	41.45	1135.18	2318.88
0+660.00	0.61	8.90	6.64	182.79	1141.82	2501.67
0+680.00	7.36	1.14	79.72	100.36	1221.53	2602.03
0+681.43	8.73	0.63	11.54	1.27	1233.08	2603.29
0+690.00	15.05	0.00	95.41	3.11	1328.49	2606.40
0+700.00	22.04	0.00	177.01	0.00	1505.50	2608.40
0+703.41	25.09	0.00	77.10	0.00	1582.60	2608.40
0+710.00	27.48	0.00	168.35	0.00	1750.95	2608.40
0+720.00	30.21	0.00	280.62	0.00	2031.57	2608.40
0+725.38	30.41	0.00	157.24	0.00	2188.80	2608.40
0+740.00	32.40	0.00	458.99	0.00	2647.79	2608.40
0+760.00	29.96	0.00	623.59	0.00	3271.38	2608.40
0+780.00	28.18	0.00	581.45	0.00	3852.84	2608.40
0+787.79	23.36	0.00	200.78	0.00	4053.62	2608.40
0+790.00	21.23	0.00	50.76	0.00	4104.38	2606.40
0+800.00	8.77	0.00	154.69	0.00	4259.08	2606.40
0+810.00	0.00	8.27	45.35	41.01	4304.42	2647.42
0+818.85	0.00	20.17	0.00	126.17	4304.42	2773.58
0+820.00	0.00	21.61	0.00	24.23	4304.42	2797.81
0+830.00	0.00	27.15	0.00	244.11	4304.42	3041.92
0+840.00	0.00	25.16	0.00	259.90	4304.42	3301.81
0+849.91	0.00	24.32	0.00	243.88	4304.42	3545.69
0+850.00	0.00	24.31	0.00	2.26	4304.42	3547.95
0+860.00	0.00	28.88	0.00	265.90	4304.42	3813.85
0+880.00	0.00	40.64	0.00	695.18	4304.42	4509.03
0+891.28	0.00	45.17	0.00	483.23	4304.42	4992.26
0+900.00	0.00	46.55	0.00	401.58	4304.42	5393.85
0+910.00	0.00	45.67	0.00	462.08	4304.42	5855.93
0+913.52	0.00	44.34	0.00	158.92	4304.42	6014.85
0+920.00	0.00	41.34	0.00	277.98	4304.42	6292.83
0+930.00	0.00	35.48	0.00	384.91	4304.42	6677.74
0+935.79	0.00	31.16	0.00	193.28	4304.42	6871.02
0+940.00	0.00	28.25	0.00	125.19	4304.42	6996.21
0+960.00	0.00	16.46	0.00	447.10	4304.42	7443.31
0+970.31	0.00	10.14	0.00	137.07	4304.42	7580.38
0+980.00	0.23	5.35	1.12	74.39	4305.54	7654.77
0+987.89	1.88	3.79	8.41	35.80	4313.95	7690.37
0+990.00	2.48	3.59	4.60	7.80	4318.56	7698.18
1+000.00	5.32	2.68	39.35	30.96	4357.91	7729.13
1+005.47	6.49	2.16	32.60	13.04	4390.51	7742.17
1+020.00	8.70	1.07	110.35	23.43	4500.86	7765.60
1+040.00	6.60	1.24	152.97	23.10	4853.83	7788.70
1+060.00	3.51	2.50	101.07	37.45	4754.89	7826.15
1+080.00	1.34	4.19	48.54	66.96	4803.43	7893.11
1+099.86	0.36	6.32	16.86	104.40	4820.30	7997.51
1+100.00	0.36	6.33	0.05	0.90	4820.35	7998.42
1+110.00	0.54	6.74	4.55	64.54	4824.90	8062.96
1+117.77	0.57	7.50	4.38	54.89	4829.28	8117.65
1+120.00	0.54	7.80	1.24	17.04	4830.51	8134.69
1+130.00	0.22	7.42	3.84	75.17	4834.36	8209.87
1+135.69	0.68	6.57	2.60	39.28	4836.95	8249.15
1+140.00	1.09	5.74	3.82	26.54	4840.78	8275.89
1+160.00	3.83	3.05	49.21	87.86	4889.99	8363.55
1+180.00	6.18	1.40	100.04	44.55	4990.03	8408.10
1+186.49	5.31	1.37	37.26	8.98	5027.29	8417.09

TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
1+190.00	5.17	1.13	18.09	4.47	5045.38	8421.56
1+200.00	4.82	0.03	49.08	5.92	5094.47	8427.48
1+210.00	3.84	0.06	43.11	0.47	5137.58	8427.95
1+220.00	7.16	0.30	55.79	1.78	5193.37	8429.73
1+230.00	6.96	0.00	71.65	1.48	5265.02	8431.21
1+231.86	6.42	0.00	12.44	0.00	5277.46	8431.21
1+240.00	4.74	0.00	45.59	0.00	5323.06	8431.21
1+250.00	8.37	0.57	54.99	2.91	5378.05	8434.12
1+260.00	5.87	0.00	80.68	2.91	5438.73	8437.02
1+270.00	5.73	0.00	57.80	0.00	5496.54	8437.02
1+277.24	6.52	0.00	44.21	0.00	5540.74	8437.02
1+280.00	7.20	0.00	18.96	0.00	5559.70	8437.02
1+299.89	8.70	0.00	158.08	0.00	5717.78	8437.02
1+300.00	8.69	0.00	0.93	0.00	5718.71	8437.02
1+310.00	7.49	0.00	82.04	0.00	5800.75	8437.02
1+320.00	6.02	0.45	68.55	2.18	5869.30	8439.21
1+330.00	4.63	0.76	54.06	5.90	5923.36	8445.11
1+340.00	2.57	1.62	36.60	11.64	5959.96	8456.75
1+350.00	1.66	2.52	21.52	20.22	5981.48	8476.97
1+351.43	1.49	2.74	2.26	3.77	5983.74	8480.74
1+360.00	1.74	2.48	14.10	21.87	5997.84	8502.61
1+370.00	5.07	0.78	34.70	15.97	6032.54	8518.57
1+380.00						

SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
→	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
R	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	CORDADA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
C42	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	%	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	L	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
→	CAMBIAMIENTO ACUMULADO	→	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
→	LÍMITE DE CAMBIO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL	→	SERIALIZACIÓN VERTICAL
D.1. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	→	LÍNEA DE RASANTE
→	DRENAJE TRANSVERSAL	→	DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO
→	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA	D.1. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
→	COMUNIDAD	→	DATOS DE CURVA VERTICAL:
→	EMPEDRADO	→	PIV= INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL
→	CORTE DE PIEDRA	→	PCV= INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL
		→	PTV= INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL

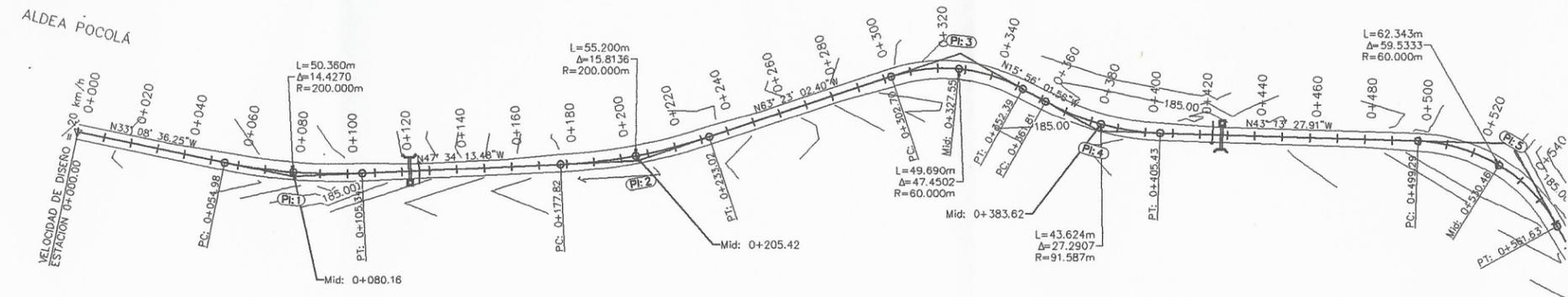


PLANTA GENERAL EST: 0+000 - 2+755.29
Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Siguanha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.
ESCALA: H 1 : 2500

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA

NO. CURVA	DIRECCION	DELTA	RADIO	G	ST	LC	CM	E	DM	PI	PC	PT
PI: 1	N40° 21' 25"W	14°25'37"	200.00	5.7296	25.31	50.360	50.23	1.60	1.58	0+080.29	0+054.98	0+105.34
PI: 2	N55° 28' 38"W	15°48'49"	200.00	5.7296	27.78	55.200	55.02	1.92	1.90	0+205.59	0+177.82	0+233.02
PI: 3	N39° 39' 32"W	47°27'01"	60.00	19.0986	26.37	49.690	48.28	5.54	5.07	0+329.07	0+302.70	0+352.39
PI: 4	N29° 34' 45"W	27°17'26"	91.59	12.5118	22.23	43.624	43.21	2.66	2.59	0+384.04	0+361.81	0+405.43
PI: 5	N13° 27' 28"W	59°32'00"	60.00	19.0986	34.32	62.343	59.58	9.12	7.92	0+533.61	0+499.29	0+561.63
PI: 6	N10° 09' 02"W	52°55'08"	40.00	28.6479	19.91	36.944	35.65	4.68	4.19	0+694.43	0+674.53	0+711.47
PI: 7	N12° 41' 52"W	47°49'30"	80.00	14.3239	35.47	66.776	64.85	7.51	6.87	0+748.49	0+713.02	0+779.80
PI: 8	N22° 27' 09"E	22°28'31"	139.76	8.1991	27.77	54.824	54.47	2.73	2.68	0+902.29	0+874.52	0+929.34
PI: 9	N11° 52' 18"E	43°38'12"	149.82	7.6485	59.98	114.106	111.37	11.56	10.73	1+005.76	0+945.78	1+059.89
PI: 10	N9° 53' 11"E	39°39'59"	100.00	11.4592	36.07	69.231	67.86	6.31	5.93	1+099.14	1+063.07	1+132.30
PI: 11	N34° 23' 54"E	9°21'26"	200.00	5.7296	16.37	32.663	32.63	0.67	0.67	1+217.35	1+200.98	1+233.65
PI: 12	N28° 32' 32"E	21°04'09"	200.00	5.7296	37.19	73.545	73.13	3.43	3.37	1+284.64	1+247.45	1+321.00
PI: 13	N45° 37' 06"E	55°13'16"	98.50	11.6335	51.52	94.935	91.30	12.66	11.22	1+374.32	1+322.80	1+417.74
PI: 14	N37° 39' 00"E	71°09'28"	145.33	7.8849	103.97	180.491	169.11	33.36	27.13	1+544.47	1+440.50	1+621.00
PI: 15	N9° 55' 22"E	15°42'11"	495.71	2.3117	68.36	135.861	135.44	4.69	4.65	1+706.05	1+637.69	1+773.55
PI: 16	N2° 52' 02"W	41°16'58"	96.27	11.9032	36.28	69.365	67.87	6.60	6.18	1+910.45	1+874.19	1+943.55
PI: 17	N13° 44' 19"E	74°29'39"	120.34	9.5226	91.50	156.458	145.67	30.83	24.54	2+054.40	1+962.90	2+119.36
PI: 18	N49° 17' 48"E	20°19'00"	200.00	5.7296	35.84	70.919	70.55	3.19	3.14	2+310.35	2+274.51	2+345.43
PI: 19	N11° 07' 30"E	56°01'37"	55.22	20.7511	29.38	53.999	51.87	7.33	6.47	2+387.82	2+358.44	2+412.44
PI: 20	N6° 10' 30"E	46°07'38"	76.47	14.9855	32.56	61.563	59.91	6.64	6.11	2+475.85	2+443.29	2+504.85
PI: 21	N5° 52' 06"E	46°44'27"	90.00	12.7324	38.89	73.420	71.40	8.04	7.38	2+579.62	2+540.73	2+614.15
PI: 22	N18° 32' 31"E	72°05'16"	21.90	52.3355	15.93	27.548	25.77	5.18	4.19	2+639.09	2+623.15	2+650.70
PI: 23	N26° 31' 28"E	56°07'21"	31.31	38.5984	16.69	30.869	29.46	4.17	3.68	2+735.95	2+719.28	2+749.93
PI: 24	N55° 13' 13"E	8°28'10"	200.00	5.7296	14.81	29.564	29.54	0.55	0.55	2+213.63	2+198.82	2+228.38

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS
Unidad de Práctica de Ingeniería
Facultad de Ingeniería



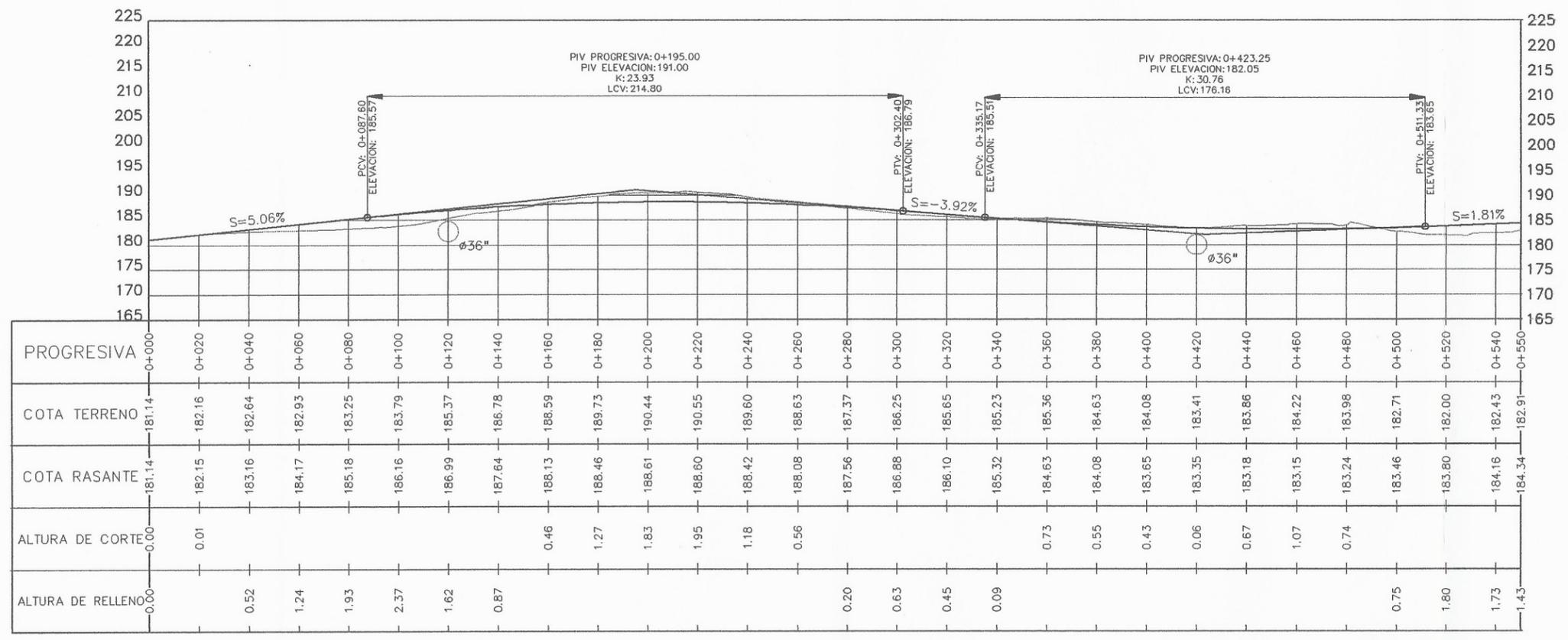
SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
NORTE	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	± 10.32 %	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
CAMBIAMIENTO ACUPLADO		SEÑALIZACIÓN VERTICAL	SEÑALIZACIÓN VERTICAL
LÍMITE DE CAMBIO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL		LÍNEA DE RASANTE	LÍNEA DE RASANTE
DRENAJE TRANSVERSAL: TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO		DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO	DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO
DRENAJE TRANSVERSAL		DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA		D.T. T.M.C.	D.T. T.M.C.
COMUNIDAD		DATOS DE CURVA VERTICAL:	DATOS DE CURVA VERTICAL:
EMPEDRADO		PIV = INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL	PIV = INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL
CORTE DE PIEDRA		PCV = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL	PCV = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL
		PTV = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL	PTV = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL

PLANTA-PERFIL EST: 0+000 - 0+550.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 1000
ESCALA. V 1 : 500



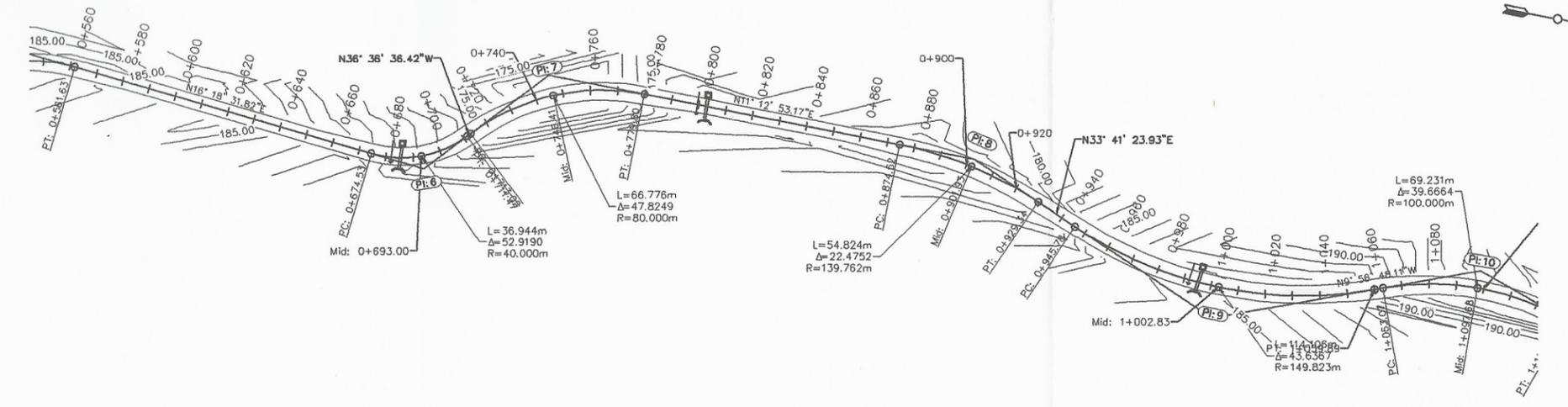
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Oscar Argueta Hernández

ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS

Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Facultad de Ingeniería



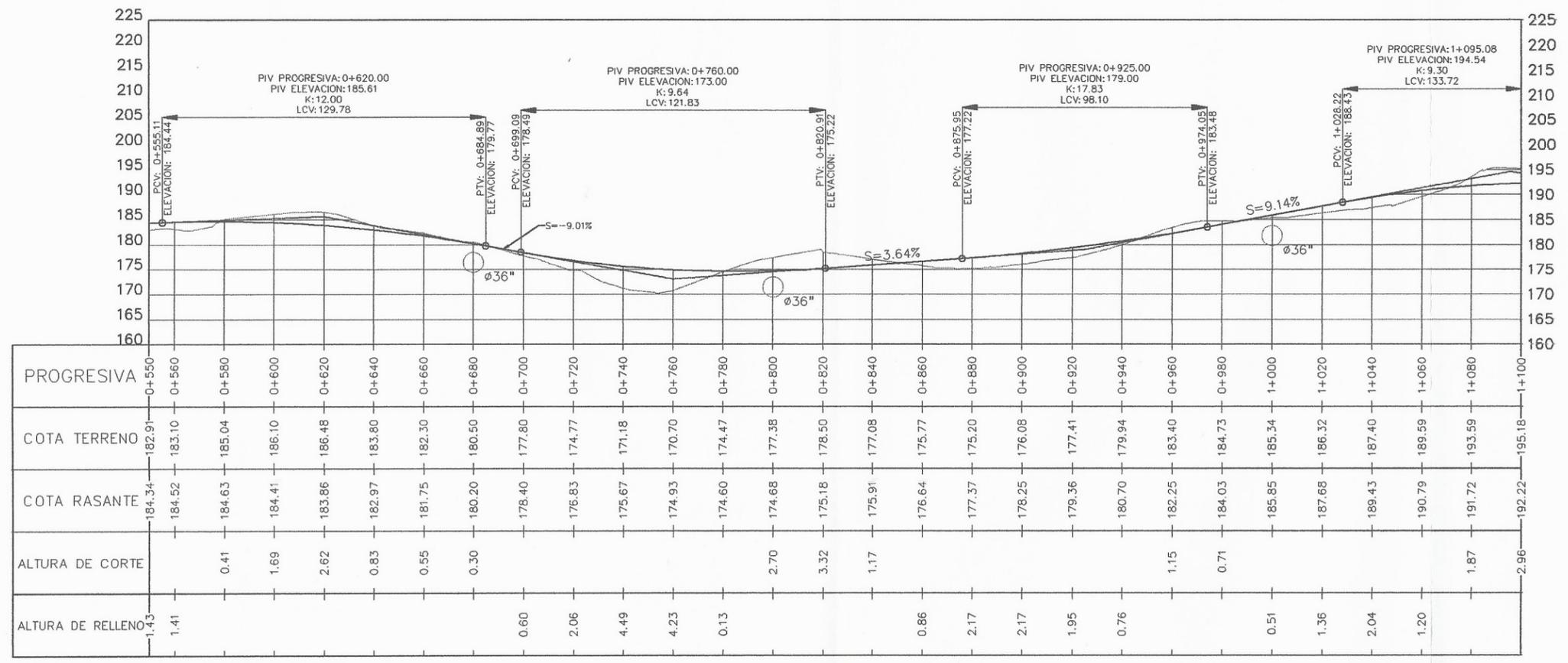
SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
NORTE	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
R	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
C42	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	+ 10.32 %	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
PI	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
22.000	CAMBIAMIENTO ACUMULADO	→	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
---	LÍMITE DE CAMINO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL	↕	SERIALIZACIÓN VERTICAL
---	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	---	LÍNEA DE RASANTE
---	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	○	DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO
---	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	D.T. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
---	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA	---	DATOS DE CURVA VERTICAL:
---	COMUNIDAD	---	P.I.V. = INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL.
---	EMPEDRAO	---	P.C.V. = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL.
---	CORTE DE PIEDRA	---	P.T.V. = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL.

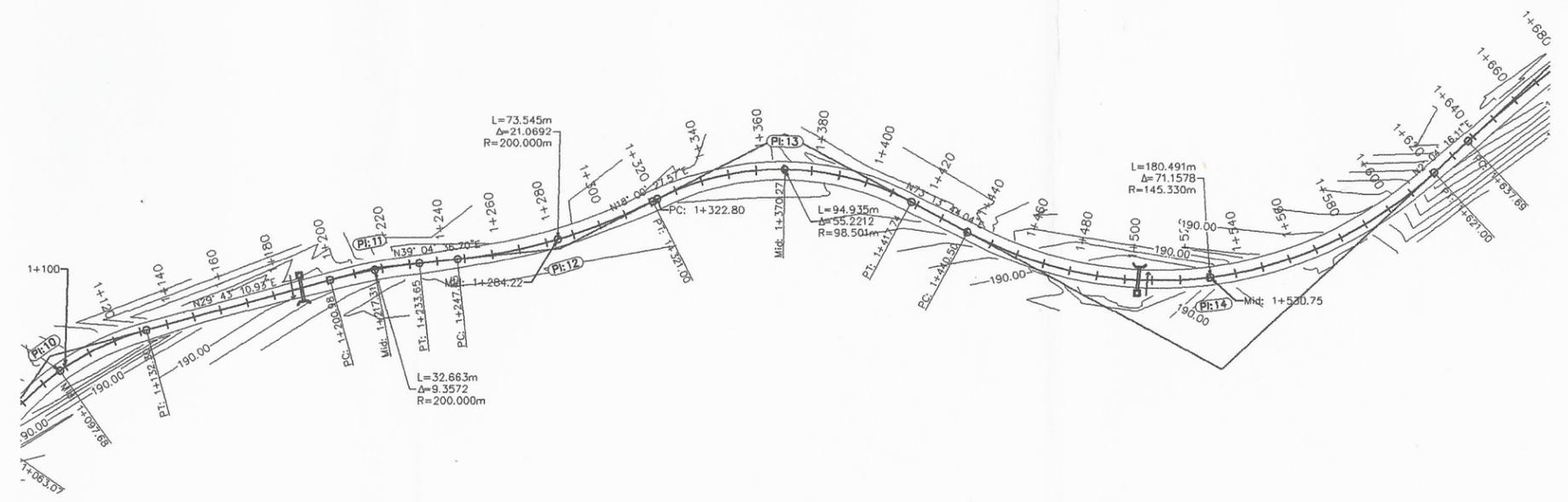
PLANTA-PERFIL EST: 0+550 - 1+100.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 1000
ESCALA. V 1 : 500



Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR
Unidad de Prácticas de Ingeniería y Artes
Escuela de Ingeniería

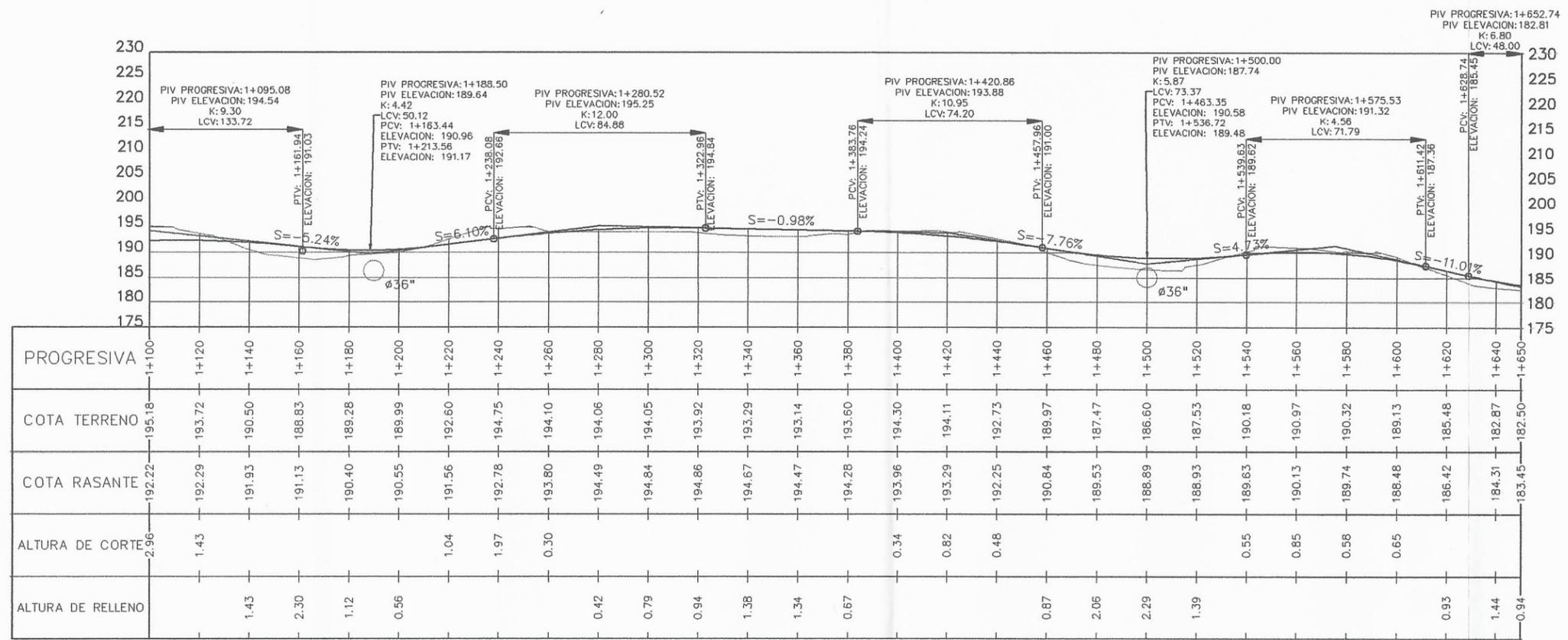


SIMBOLOGÍA

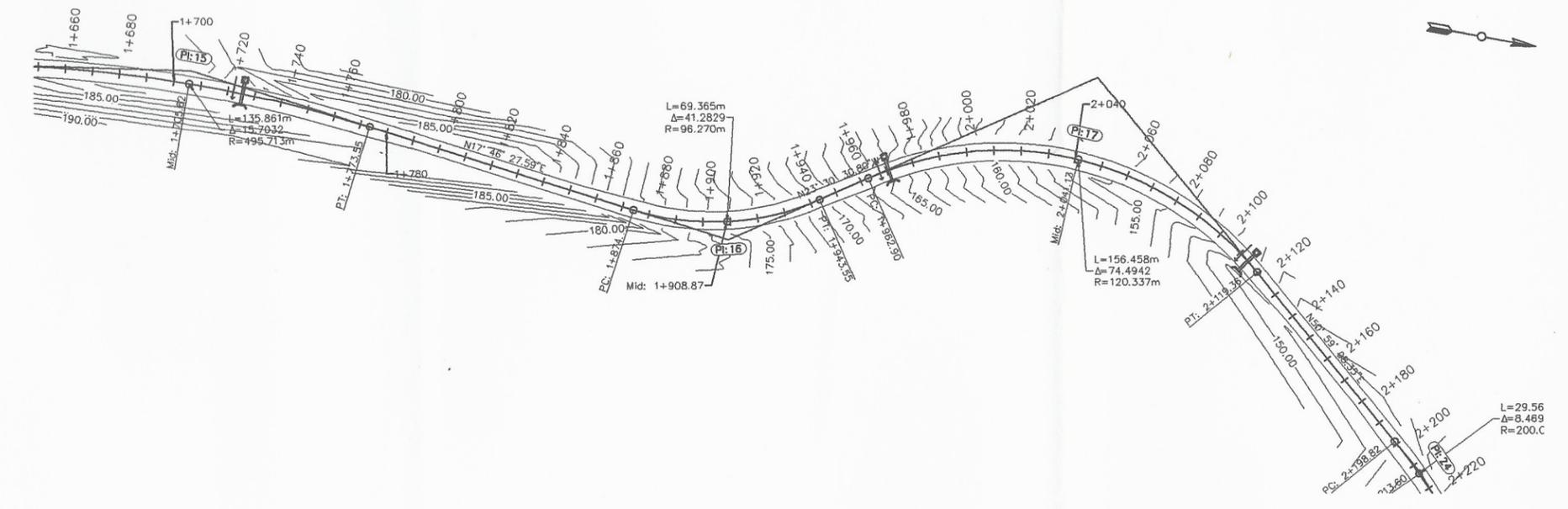
SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
◀	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
R	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
C42	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	+ 10.32 %	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
PC	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
Σ	CAMBIAMIENTO ACUMULADO	↕	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
—+—	LÍNEA DE CAMBIO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL	—	SERIALIZACIÓN VERTICAL
—	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	—	LÍNEA DE RASANTE
D.T. T.M.C	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	⊙	DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO
—	DRENAJE TRANSVERSAL	⊙	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
—	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA	D.T. T.M.C	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
—	COMUNIDAD		DATOS DE CURVA VERTICAL:
—	EMPEDRADO		P.I.V. = INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL
—	CORTE DE PIEDRA		P.C.V. = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL
			P.T.V. = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL

PLANTA-PERFIL EST: 1+100 - 1+650.00
Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocoló San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 1000
ESCALA. V 1 : 500



Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



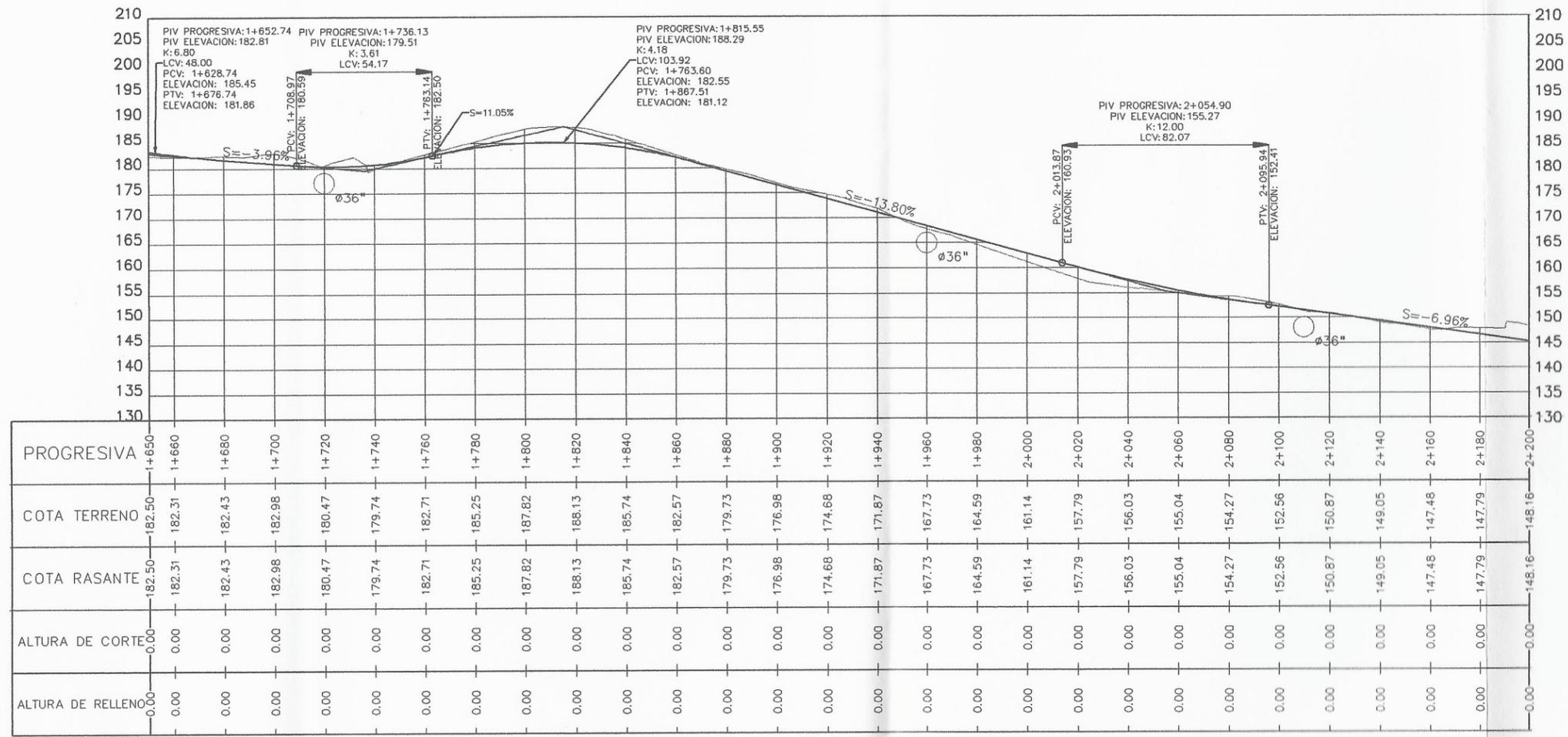
SIMBOLOGÍA

SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
→	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
⊙	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
⊙	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
→	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
⊙	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	+ 10.32 %	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
⊙	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
→	CAMINAMIENTO ACUMULADO	→	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
→	LÍMITE DE CAMINO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL	→	SERIALIZACIÓN VERTICAL
→	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	→	LÍNEA DE RASANTE
→	DRENAJE TRANSVERSAL	→	DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO
→	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA	D.T. T.M.C	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
→	COMUNIDAD		
→	EMPEDRADO		
→	CORTE DE PIEDRA		

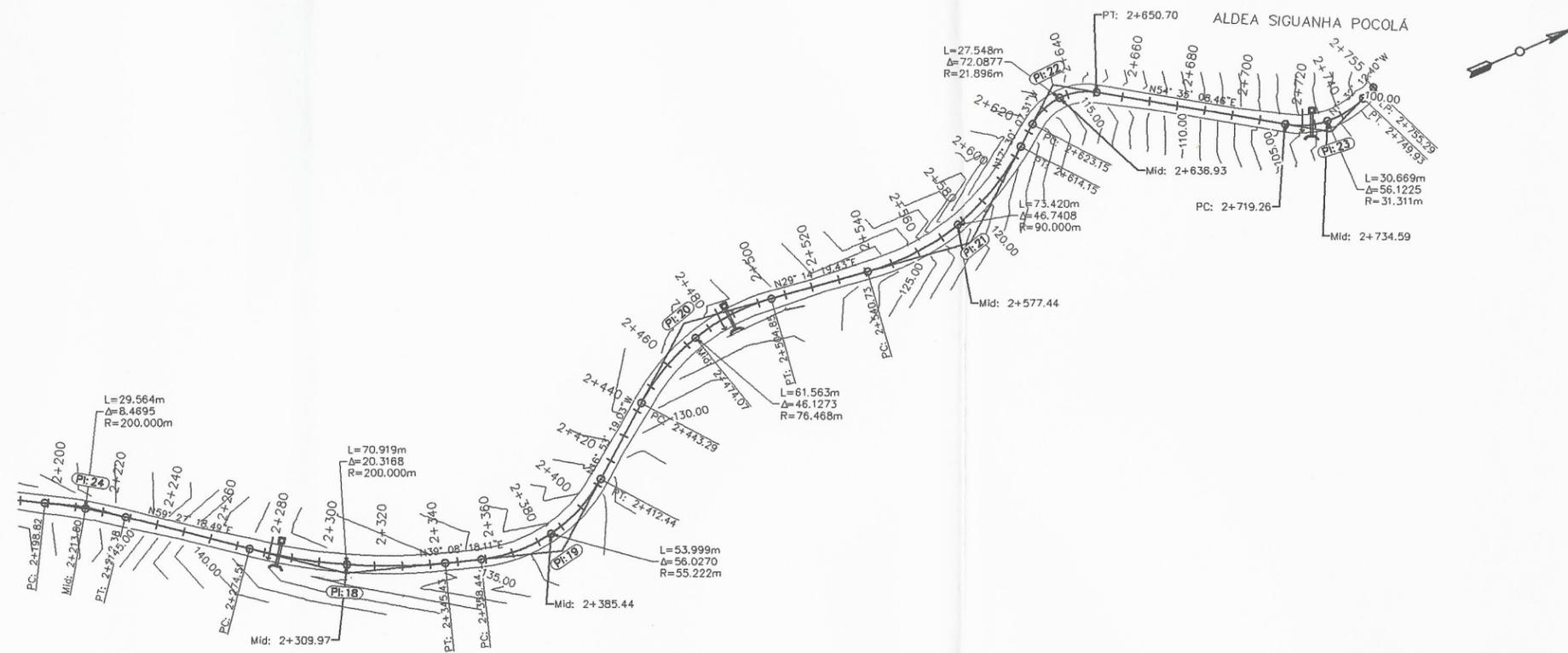
DATOS DE CURVA VERTICAL:
 P.I.V. = INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL.
 P.C.V. = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL.
 P.T.V. = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL.

PLANTA-PERFIL EST: 1+650 - 2+200.00
 Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 1000
 ESCALA. V 1 : 500



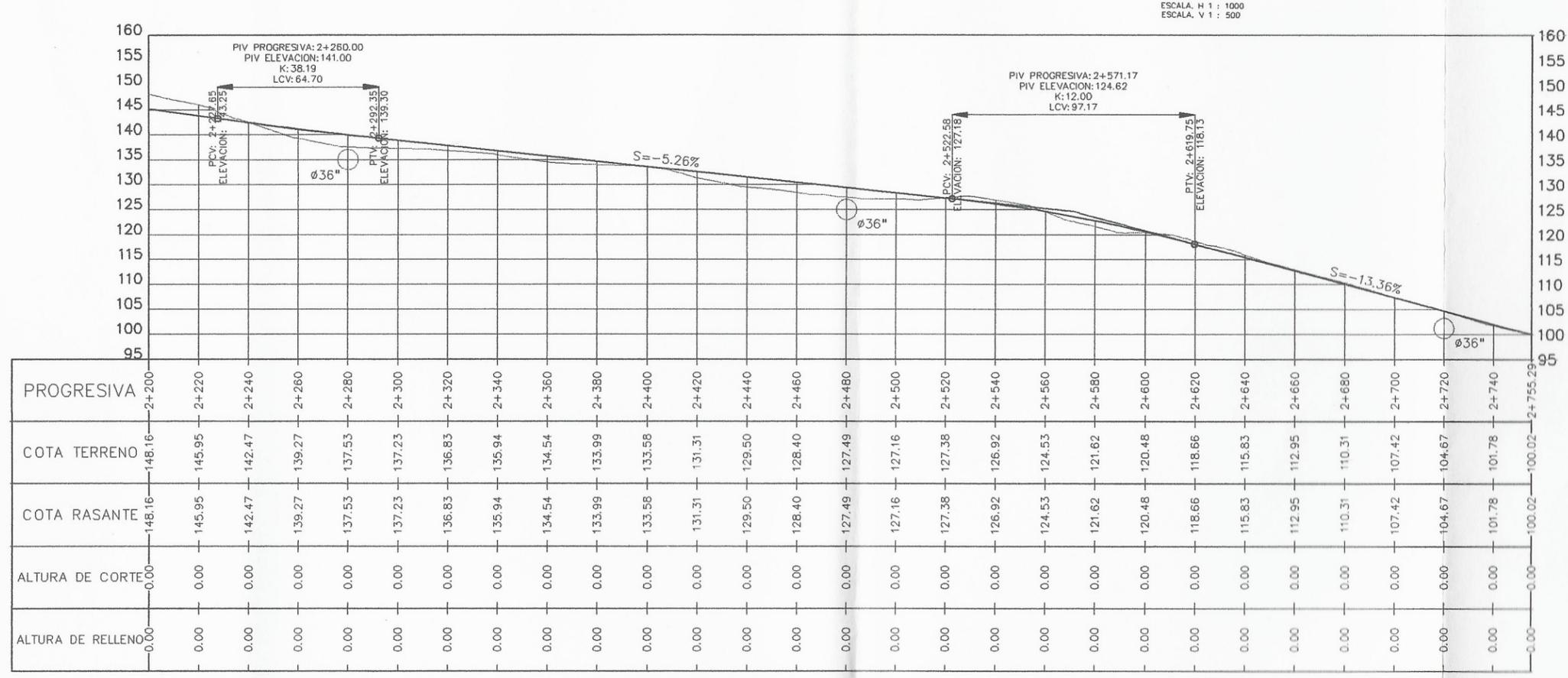
Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería



SIMBOLOGÍA

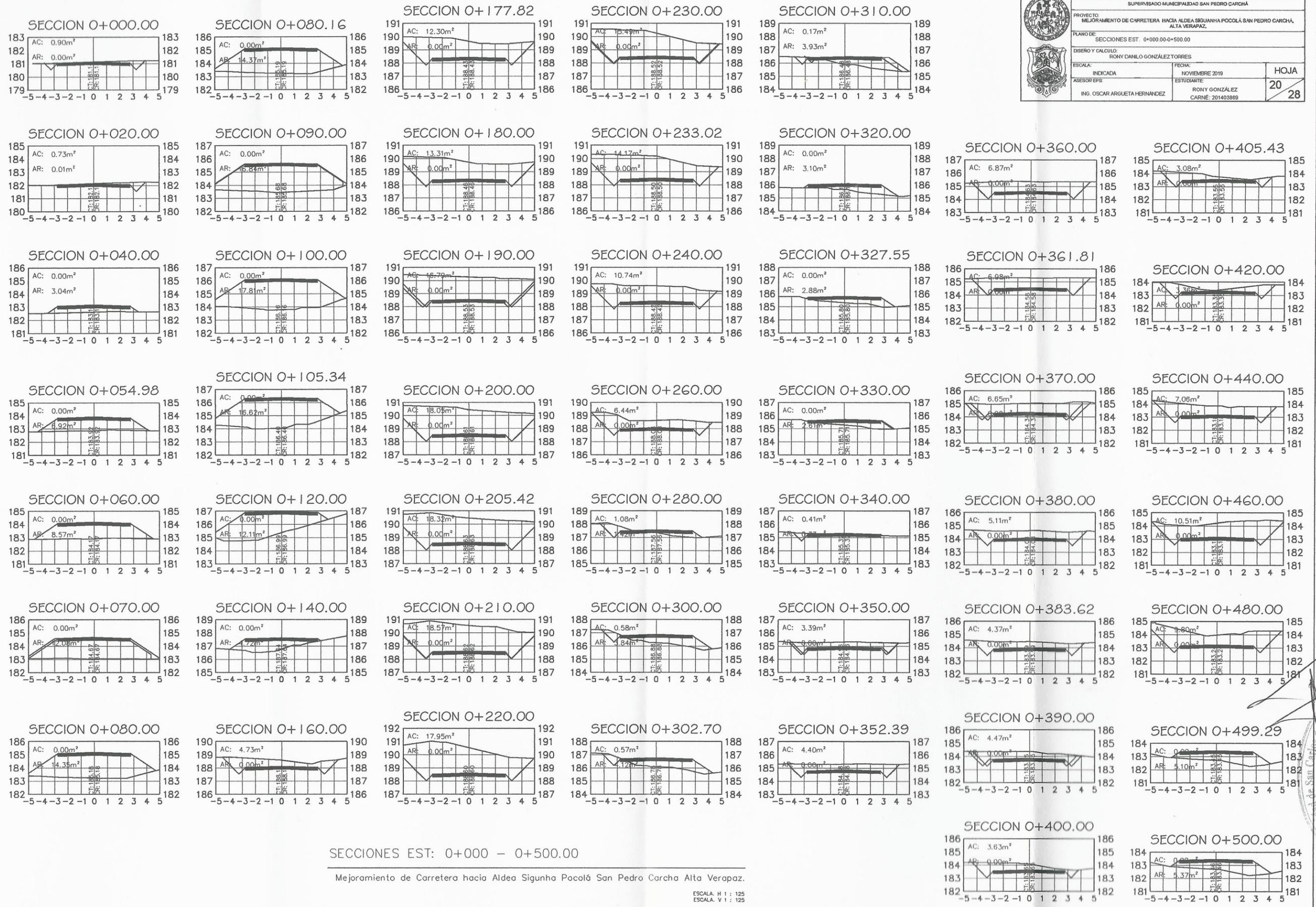
SIMBOLOGÍA EN PLANTA		SIMBOLOGÍA EN PERFIL	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
↑	NORTE	PCV	PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL
PC	PRINCIPIO DE CURVA HORIZONTAL	PTV	PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL
PT	PRINCIPIO DE TANGENTE HORIZONTAL	PIV	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
N	RUMBO Y LONGITUD DE TANGENTE HORIZONTAL	ELEV	COTA DE RASANTE PARA PCV, PTV, PIV
C42	NÚMERO DE CURVA HORIZONTAL EN PLANTA	+ 10.32 %	PENDIENTE DE TANGENTE VERTICAL
→	PUNTO DE INTERSECCIÓN HORIZONTAL	32.90 m	LONGITUD DE TANGENTE VERTICAL
→	CAMBIAMIENTO ACUMULADO	→	PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL
→	LÍMITE DE CAMBIO + CUENTA Y LÍNEA CENTRAL	↕	SERIALIZACIÓN VERTICAL
D.1. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO	—	LÍNEA DE RASANTE
○	DRENAJE TRANSVERSAL	○	DRENAJE TRANSVERSAL DIÁMETRO INDICADO
→	DRENAJE TRANSVERSAL	D.1. TMC	DRENAJE TRANSVERSAL TUBERÍA METÁLICA CORRUGADA DIÁMETRO INDICADO
→	NÚMERO DE ESTACIONAMIENTO EN PLANTA	→	DATOS DE CURVA VERTICAL:
→	COMUNIDAD	→	PIV: INDICA PUNTO DE INTERSECCIÓN VERTICAL EN PERFIL.
→	EMPEDRADO	→	P.C.V. = INDICA PRINCIPIO DE CURVA VERTICAL EN PERFIL.
→	CORTE DE PIEDRA	→	P.T.V. = INDICA PRINCIPIO DE TANGENTE VERTICAL EN PERFIL.

PLANTA-PERFIL EST: 2+200 - 2+755.29
Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Siguanha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.



ESCALA. H 1 : 1000
ESCALA. V 1 : 500





SECCIONES EST: 0+000 - 0+500.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

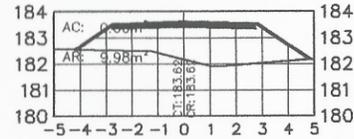
ESCALA: H 1 : 125
 ESCALA: V 1 : 125



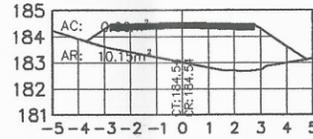


UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA. FACULTAD DE INGENIERÍA. EJERCICIO PROFESIONAL. SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUNHA POCOLÁ SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE: SECCIONES EST. 0+510.00-0+950.00		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA:	FECHA: NOVIEMBRE 2019	HOJA
INDICADA	ESTUDIANTE: RONY GONZÁLEZ	21
ASESOR E.P.S:	ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	28
	CARNÉ: 201403889	

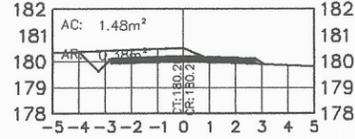
SECCION 0+510.00



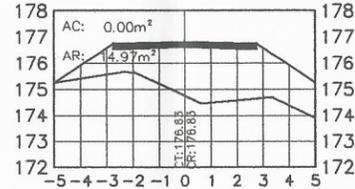
SECCION 0+561.63



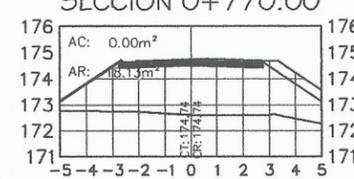
SECCION 0+680.00



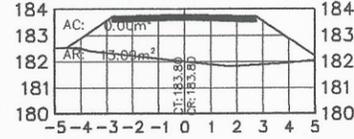
SECCION 0+720.00



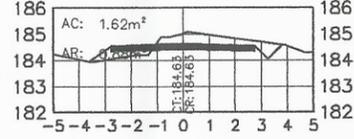
SECCION 0+770.00



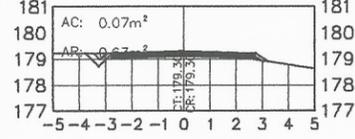
SECCION 0+520.00



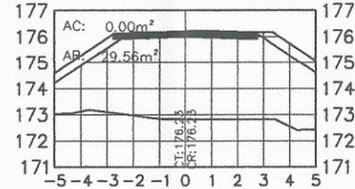
SECCION 0+580.00



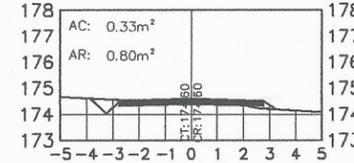
SECCION 0+690.00



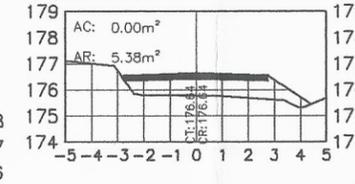
SECCION 0+730.00



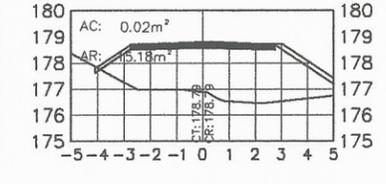
SECCION 0+779.80



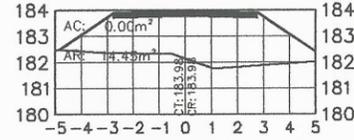
SECCION 0+860.00



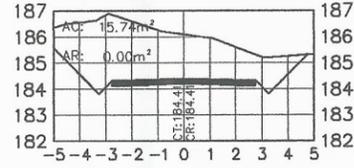
SECCION 0+910.00



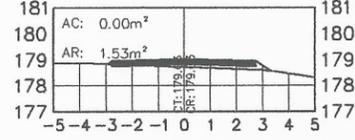
SECCION 0+530.00



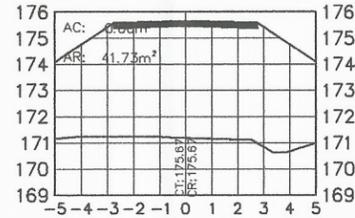
SECCION 0+600.00



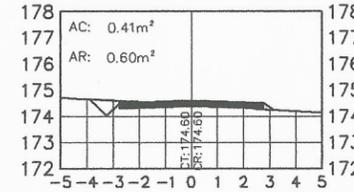
SECCION 0+693.00



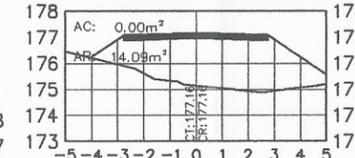
SECCION 0+740.00



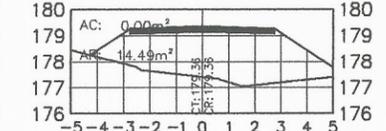
SECCION 0+780.00



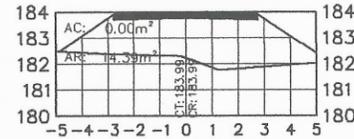
SECCION 0+874.52



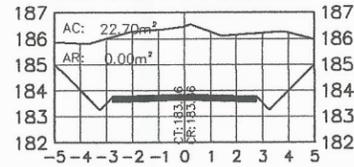
SECCION 0+920.00



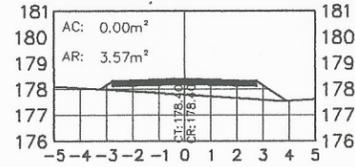
SECCION 0+530.46



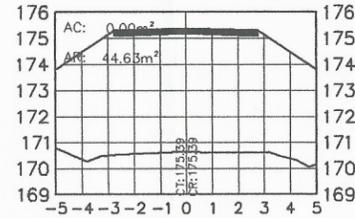
SECCION 0+620.00



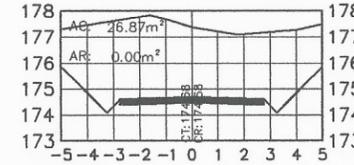
SECCION 0+700.00



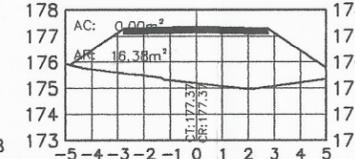
SECCION 0+746.41



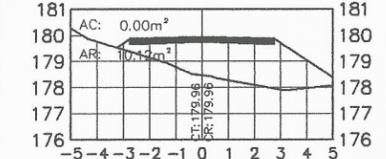
SECCION 0+800.00



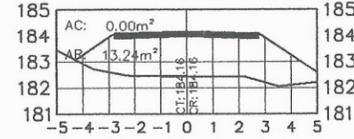
SECCION 0+880.00



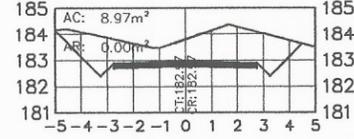
SECCION 0+929.34



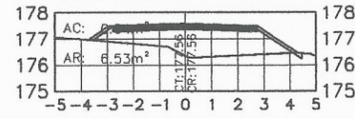
SECCION 0+540.00



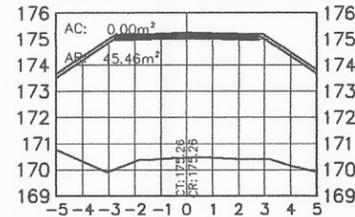
SECCION 0+640.00



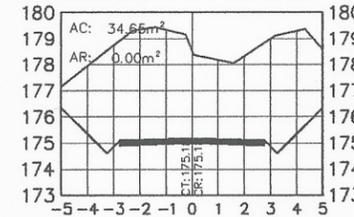
SECCION 0+710.00



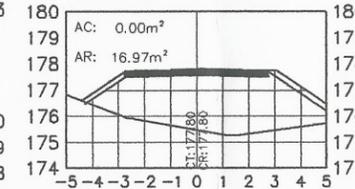
SECCION 0+750.00



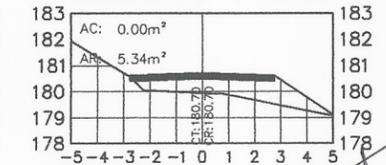
SECCION 0+820.00



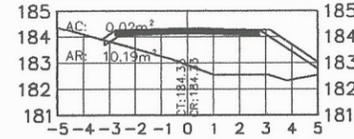
SECCION 0+890.00



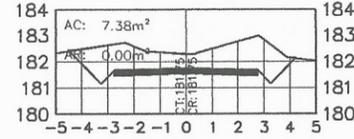
SECCION 0+940.00



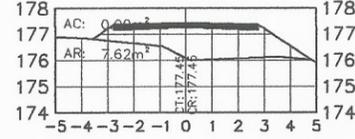
SECCION 0+550.00



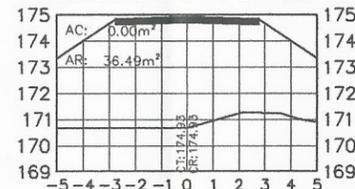
SECCION 0+660.00



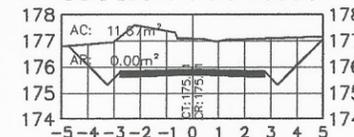
SECCION 0+711.47



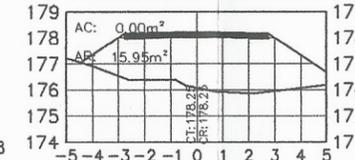
SECCION 0+760.00



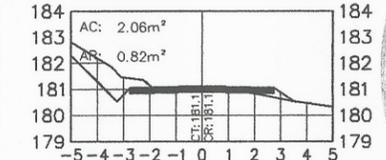
SECCION 0+840.00



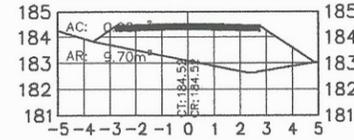
SECCION 0+900.00



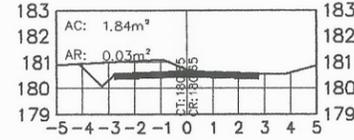
SECCION 0+945.78



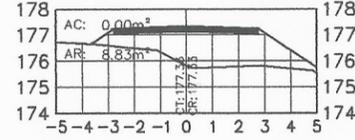
SECCION 0+560.00



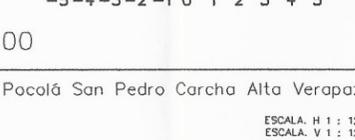
SECCION 0+674.53



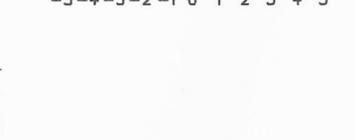
SECCION 0+713.02



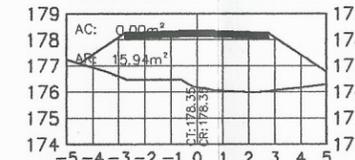
SECCION 0+760.00



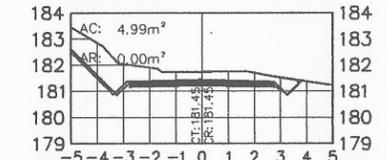
SECCION 0+840.00



SECCION 0+901.93



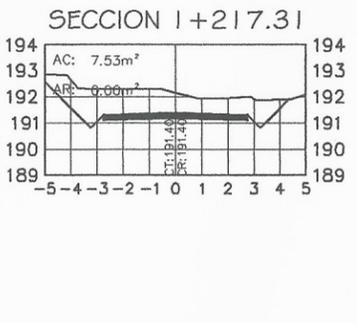
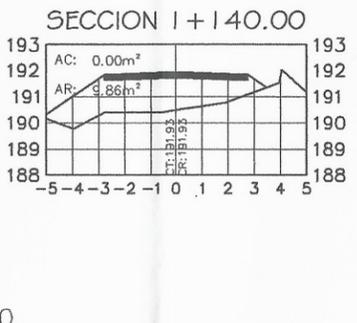
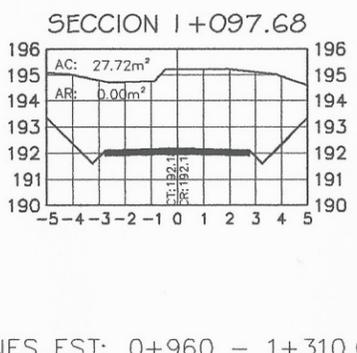
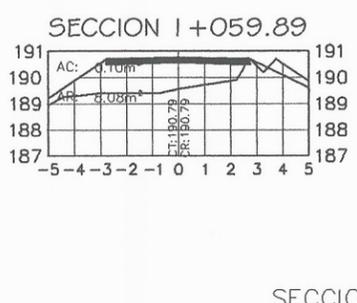
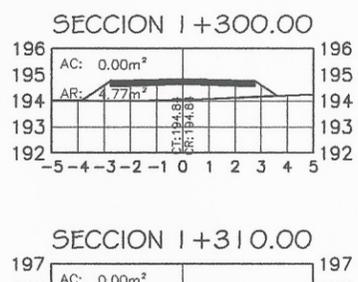
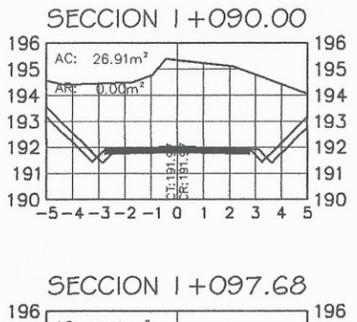
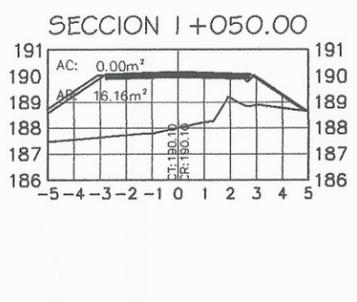
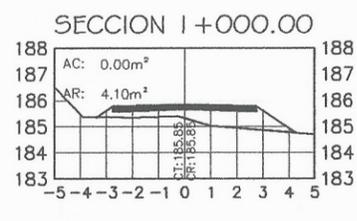
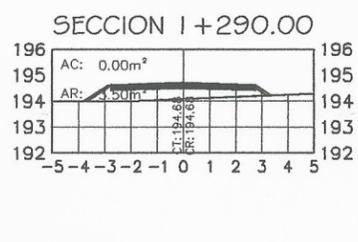
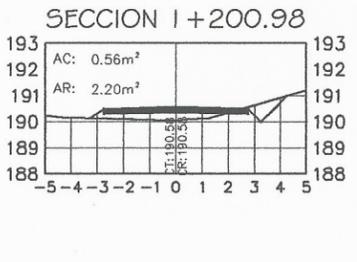
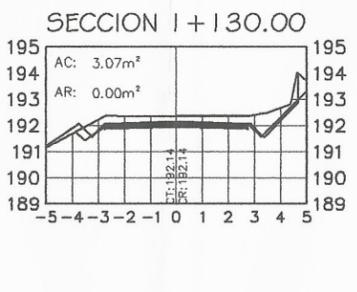
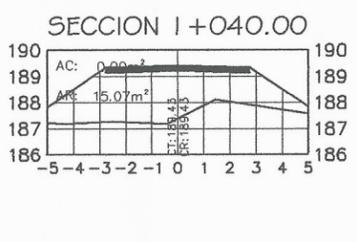
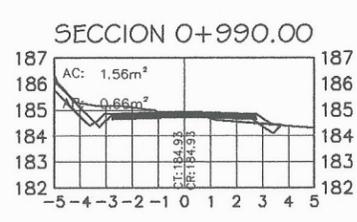
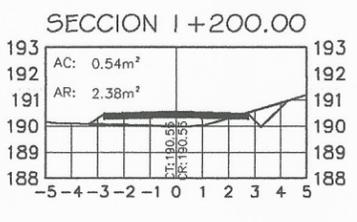
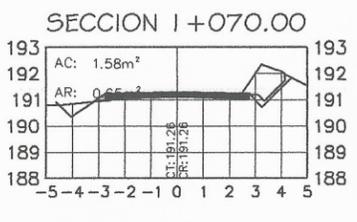
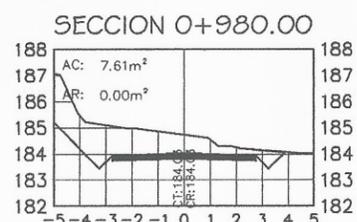
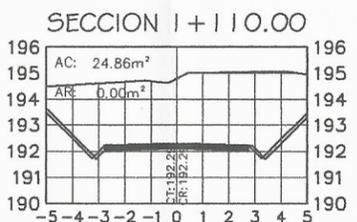
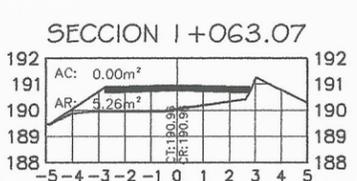
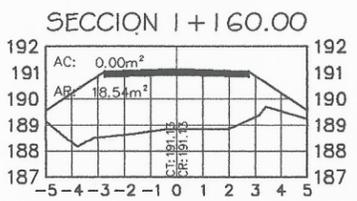
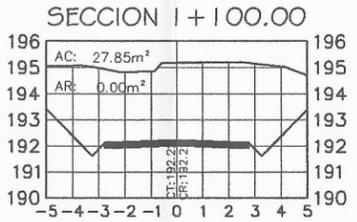
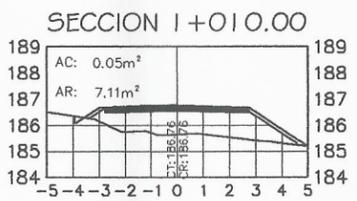
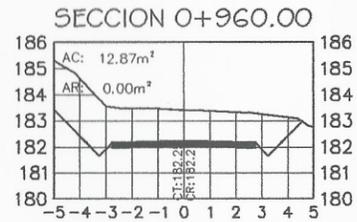
SECCION 0+950.00



SECCIONES EST: 0+510 - 0+950.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

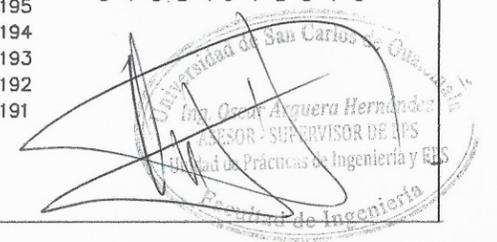
ESCALA: H 1 : 125
ESCALA: V 1 : 125



SECCIONES EST: 0+960 - 1+310.00

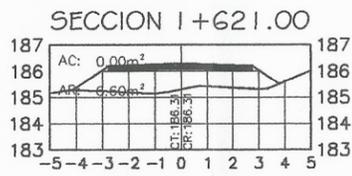
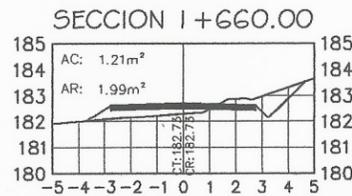
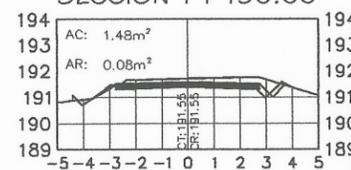
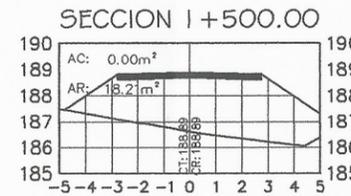
Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA H 1 : 125
ESCALA V 1 : 125





UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE CARRETERA HACIA ALDEA SIGUNHA POCOLÁ SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE SECCIONES EST. 1+320.00-1+680.00		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA:	FECHA: NOVIEMBRE 2019	HOJA
INDICADA	ESTUDIANTE: RONY GONZÁLEZ	23
ASESOR E.P.S: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	CARNE: 201403889	28

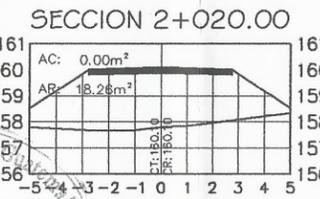
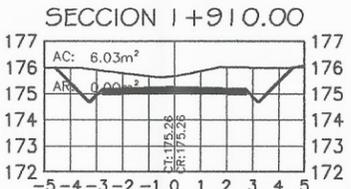
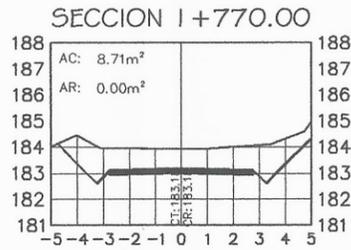
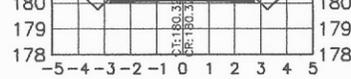
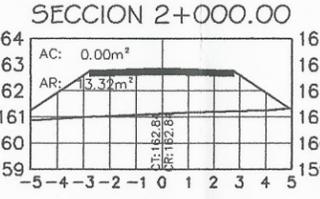
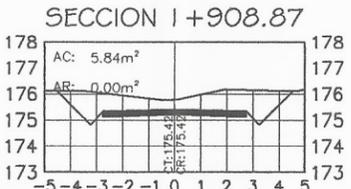
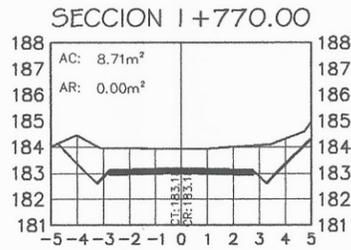
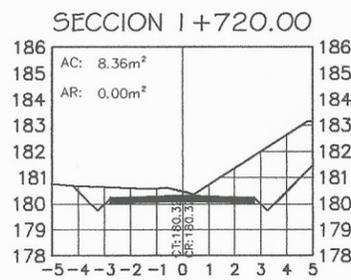
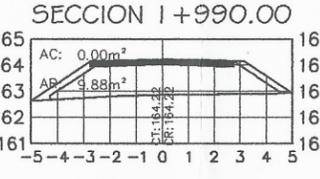
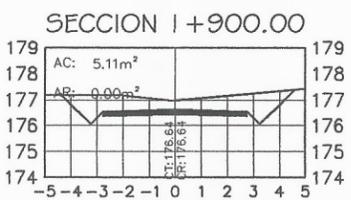
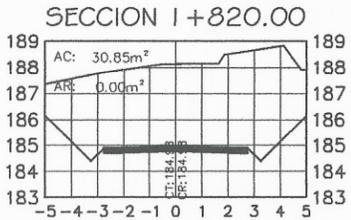
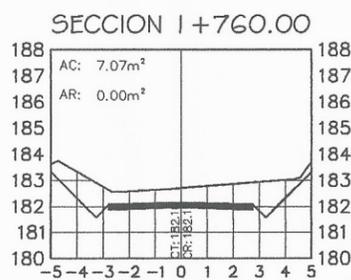
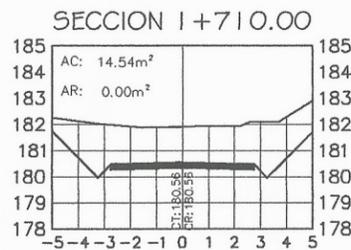
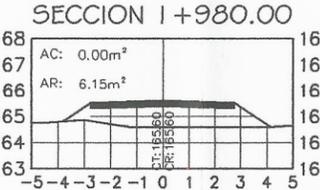
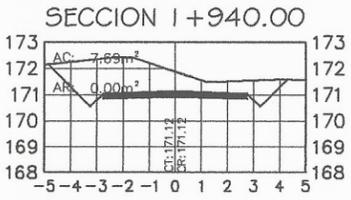
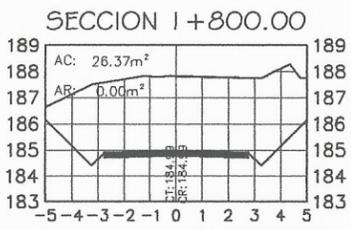
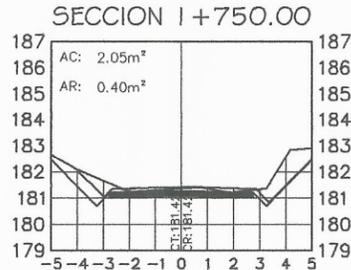
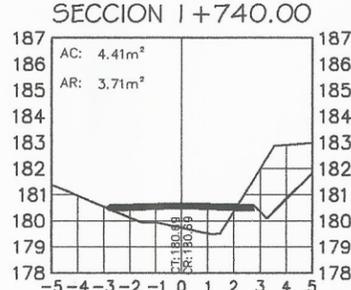
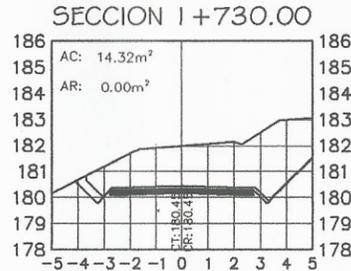


SECCIONES EST: 1+320 - 1+680.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA H 1 : 125
ESCALA V 1 : 125

[Handwritten Signature]
Oscar Argueta Hernández
SUPERVISOR DE E.P.S.
Municipalidad de Ingenieros

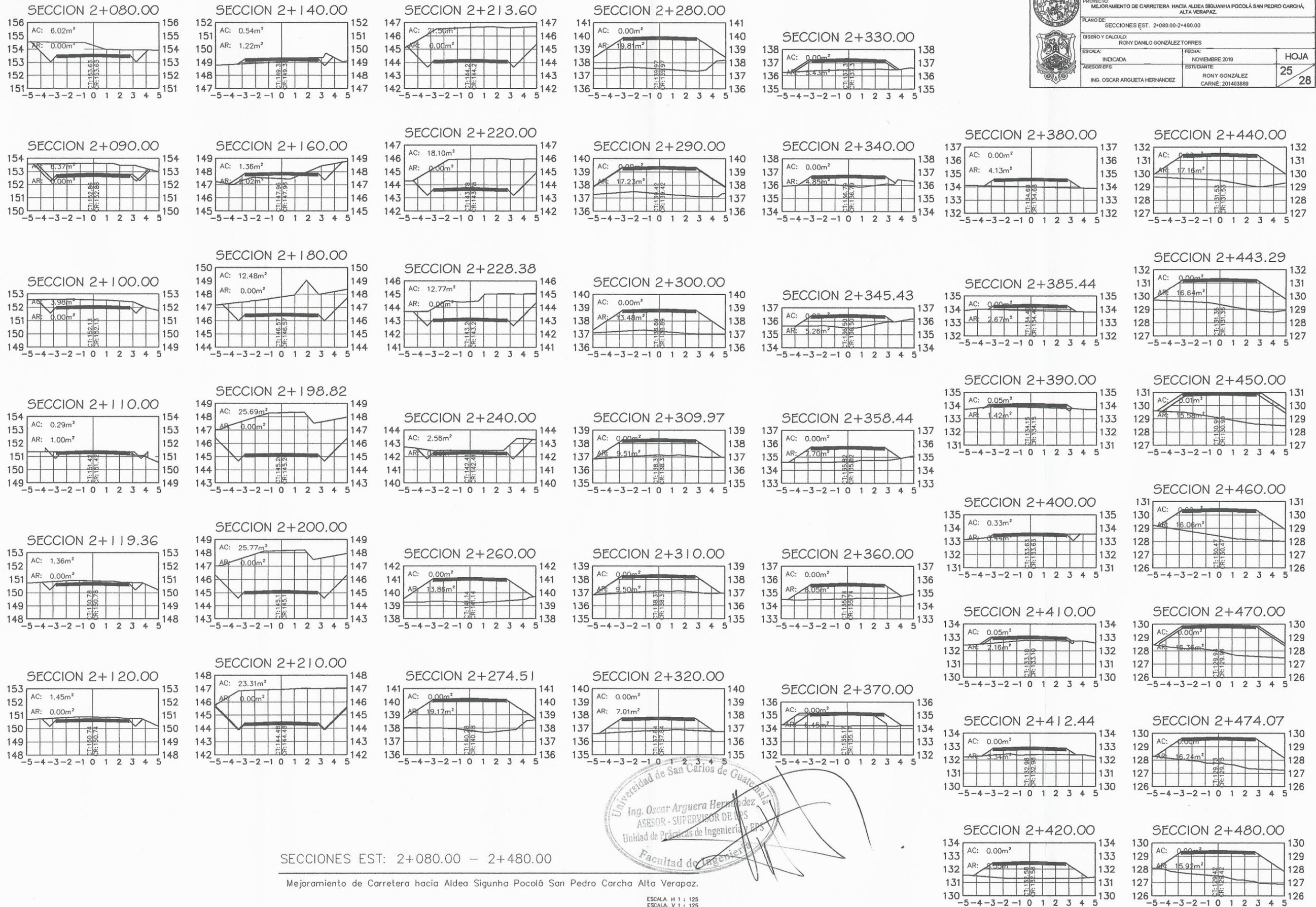


SECCIONES EST: 1+690.00 - 2+070.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA: H 1 : 125
ESCALA: V 1 : 125

[Handwritten Signature]
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería
 Universidad de San Carlos de Guatemala



SECCIONES EST: 2+080.00 - 2+480.00

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 125
ESCALA. V 1 : 125

Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE LOS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

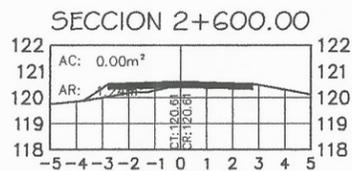
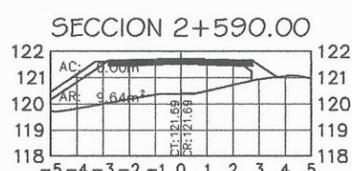


TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+000.00	0.00	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.01	0.73	0.07	16.26	0.07	16.26
0+040.00	3.04	0.00	30.50	7.31	30.58	23.57
0+054.98	6.92	0.00	74.64	0.00	105.22	23.57
0+060.00	8.57	0.00	38.89	0.00	144.11	23.57
0+070.00	12.08	0.00	103.21	0.00	247.32	23.57
0+080.00	14.35	0.00	132.03	0.00	379.36	23.57
0+080.16	14.37	0.00	2.29	0.00	381.65	23.57
0+090.00	16.84	0.00	153.48	0.00	535.13	23.57
0+100.00	17.81	0.00	173.12	0.00	708.25	23.57
0+105.34	16.62	0.00	91.76	0.00	800.01	23.57
0+120.00	12.11	0.00	210.58	0.00	1010.59	23.57
0+140.00	4.72	0.00	168.37	0.00	1178.96	23.57
0+160.00	0.00	4.73	47.25	47.32	1226.20	70.89
0+177.82	0.00	12.30	0.00	151.74	1226.20	222.63
0+180.00	0.00	13.31	0.00	27.98	1226.20	250.59
0+190.00	0.00	16.79	0.00	150.16	1226.20	400.75
0+200.00	0.00	18.05	0.00	173.87	1226.20	574.62
0+205.42	0.00	18.32	0.00	98.33	1226.20	672.95
0+210.00	0.00	18.57	0.00	84.39	1226.20	757.33
0+220.00	0.00	17.95	0.00	182.08	1226.20	939.42
0+230.00	0.00	15.49	0.00	166.56	1226.20	1105.98
0+233.02	0.00	14.17	0.00	44.72	1226.20	1150.70
0+240.00	0.00	10.74	0.00	86.97	1226.20	1237.67
0+260.00	0.00	6.44	0.00	171.79	1226.20	1409.46
0+280.00	1.42	1.08	14.24	75.22	1240.44	1484.68
0+300.00	3.84	0.58	52.81	16.59	1293.05	1501.27
0+302.70	4.12	0.57	10.75	1.56	1303.80	1502.83
0+310.00	3.93	0.17	28.64	2.86	1332.43	1505.69
0+320.00	3.10	0.00	34.32	0.90	1366.75	1506.59
0+327.55	2.88	0.00	22.24	0.00	1388.99	1506.59
0+330.00	2.61	0.00	6.62	0.00	1395.61	1506.59
0+340.00	0.33	0.41	14.43	2.15	1410.05	1508.74
0+350.00	0.00	3.39	1.61	19.06	1411.66	1527.79
0+352.39	0.00	4.40	0.00	9.32	1411.66	1537.11
0+360.00	0.00	6.87	0.00	42.88	1411.66	1579.99
0+361.81	0.00	6.98	0.00	12.53	1411.66	1592.52
0+370.00	0.00	6.65	0.00	55.75	1411.66	1648.27
0+380.00	0.00	5.11	0.00	58.63	1411.66	1706.90
0+383.62	0.00	4.37	0.00	17.12	1411.66	1724.02
0+390.00	0.00	4.47	0.00	28.03	1411.67	1752.05
0+400.00	0.00	3.63	0.00	40.09	1411.67	1792.14
0+405.43	0.00	3.08	0.00	18.01	1411.67	1810.15
0+420.00	0.00	3.36	0.00	46.96	1411.67	1857.11
0+440.00	0.00	7.06	0.00	104.19	1411.67	1961.30
0+460.00	0.00	10.51	0.00	175.63	1411.67	2136.93
0+480.00	0.00	8.80	0.00	203.09	1411.67	2340.02
0+499.29	5.10	0.00	49.24	94.56	1460.91	2434.57
0+500.00	5.37	0.00	3.72	0.00	1464.63	2434.57
0+510.00	9.98	0.00	75.97	0.00	1540.60	2434.57
0+520.00	13.09	0.00	114.44	0.00	1655.04	2434.57
0+530.00	14.45	0.00	136.74	0.00	1791.79	2434.57
0+530.46	14.39	0.00	6.66	0.00	1798.45	2434.57
0+540.00	13.24	0.00	130.82	0.00	1929.27	2434.57
0+550.00	10.19	0.02	115.45	0.09	2044.73	2434.67
0+560.00	9.70	0.00	97.59	0.09	2142.31	2434.76
0+561.63	10.15	0.00	16.01	0.00	2158.32	2434.76
0+580.00	0.88	1.62	101.27	14.85	2259.59	2449.61
0+600.00	0.00	15.74	8.81	173.53	2268.40	2623.15

Universidad de San Carlos de Guatemala
 Ing. Oscar Argueta Hernández
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

SECCIONES EST: 2+490.00 - 2+755.29

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

ESCALA. H 1 : 125
 ESCALA. V 1 : 125

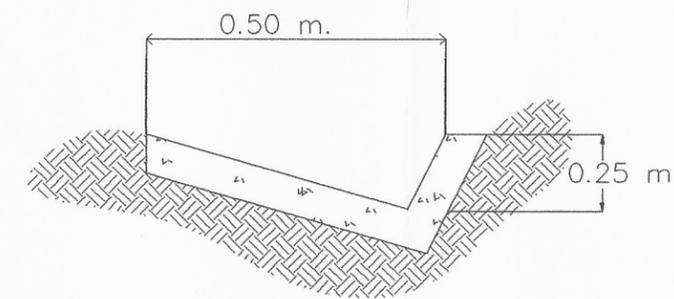
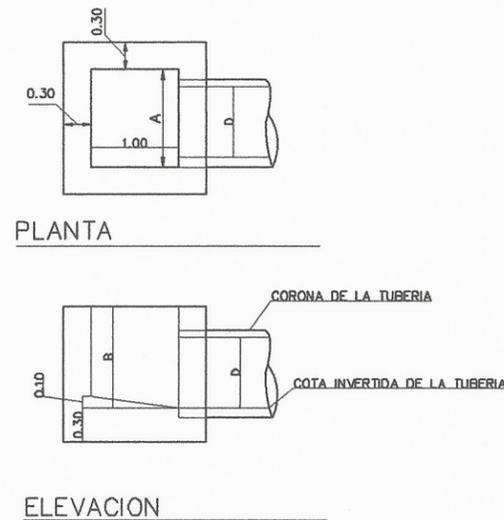
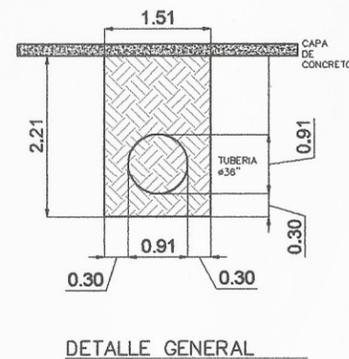
MOVIMIENTO DE TIERRAS EST: 0+000 - 0+600

Mejoramiento de Carretera hacia Aldea Sigunha Pocolá San Pedro Carcha Alta Verapaz.

TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
0+620.00	0.00	22.70	0.00	384.33	2268.40	3007.47
0+640.00	0.00	8.97	0.00	316.83	2268.40	3324.11
0+660.00	0.00	7.38	0.00	163.45	2268.40	3487.56
0+674.53	0.03	1.84	0.21	66.94	2268.61	3554.50
0+680.00	0.38	1.48	1.16	8.60	2269.77	3563.10
0+690.00	0.63	0.07	5.20	7.35	2274.97	3570.45
0+693.00	1.53	0.00	3.30	0.09	2278.27	3570.54
0+700.00	3.57	0.00	18.11	0.00	2296.38	3570.54
0+710.00	6.53	0.04	51.06	0.22	2347.44	3570.76
0+711.47	7.62	0.00	10.55	0.03	2358.00	3570.80
0+713.02	8.83	0.00	12.75	0.00	2370.75	3570.80
0+720.00	14.97	0.00	82.17	0.00	2452.91	3570.80
0+730.00	29.56	0.00	221.09	0.00	2674.01	3570.80
0+740.00	41.73	0.00	355.42	0.00	3029.42	3570.80
0+746.41	44.63	0.00	276.55	0.00	3305.97	3570.80
0+750.00	45.46	0.00	161.63	0.00	3467.60	3570.80
0+760.00	36.49	0.00	409.86	0.00	3877.46	3570.80
0+770.00	18.13	0.00	273.03	0.00	4150.49	3570.80
0+779.80	0.80	0.33	92.31	1.69	4242.80	3572.48
0+780.00	0.60	0.41	0.14	0.07	4242.94	3572.56
0+800.00	0.00	26.87	6.00	272.81	4248.94	3845.36
0+820.00	0.00	34.65	0.00	615.21	4248.94	4460.58
0+840.00	0.00	11.67	0.00	463.16	4248.94	4923.74
0+860.00	5.38	0.00	53.80	116.68	4302.74	5040.43
0+874.52	14.09	0.00	141.33	0.00	4444.07	5040.43
0+880.00	16.38	0.00	83.18	0.00	4527.25	5040.43
0+890.00	16.97	0.00	166.11	0.01	4693.36	5040.44
0+900.00	15.95	0.00	163.84	0.01	4857.20	5040.45
0+901.93	15.94	0.00	30.79	0.00	4887.99	5040.45
0+910.00	15.18	0.02	124.98	0.10	5012.97	5040.56
0+920.00	14.49	0.00	147.63	0.13	5160.60	5040.68
0+929.34	10.12	0.00	114.26	0.00	5274.87	5040.68
0+940.00	5.34	0.00	82.34	0.00	5357.21	5040.68
0+945.78	0.82	2.06	17.81	5.95	5375.02	5046.64
0+950.00	0.00	4.99	1.75	14.63	5376.77	5061.27
0+960.00	0.00	12.87	0.00	88.61	5376.77	5149.88
0+970.00	0.00	19.16	0.00	158.78	5376.77	5308.66
0+980.00	0.00	7.61	0.00	132.38	5376.77	5441.04
0+990.00	0.66	1.56	3.31	45.23	5380.09	5486.27
1+000.00	4.10	0.00	23.92	7.67	5404.01	5493.94
1+002.83	5.07	0.00	13.07	0.00	5417.08	5493.94
1+010.00	7.11	0.05	43.82	0.18	5460.90	5494.12
1+020.00	10.43	0.00	87.85	0.25	5548.75	5494.37
1+030.00	13.07	0.00	117.48	0.00	5666.23	5494.37
1+040.00	15.07	0.00	140.38	0.00	5806.61	5494.37
1+050.00	16.16	0.00	155.38	0.00	5961.99	5494.37
1+059.89	8.08	0.10	119.16	0.50	6081.15	5494.86
1+060.00	7.98	0.11	0.90	0.01	6082.05	5494.88
1+063.07	5.26	0.00	20.30	0.17	6102.35	5495.04
1+070.00	0.65	1.58	20.60	5.38	6122.95	5500.42
1+080.00	0.00	16.96	3.24	92.26	6126.20	5592.68
1+090.00	0.00	26.91	0.00	218.77	6126.20	5811.45
1+097.68	0.00	27.72	0.00	209.63	6126.20	6021.08
1+100.00	0.00	27.85	0.00	64.33	6126.20	6085.42
1+110.00	0.00	24.86	0.00	263.17	6126.20	6348.58
1+120.00	0.00	17.43	0.00	210.60	6126.20	6559.18
1+130.00	0.00	3.07	0.00	101.87	6126.20	6661.05
1+132.30	0.86	0.44	1.00	3.99	6127.20	6665.04
1+140.00	9.86	0.00	41.30	1.70	6168.50	6666.75

TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
1+160.00	18.54	0.00	284.06	0.00	6452.56	6666.75
1+180.00	6.74	0.00	252.80	0.00	6705.36	6866.75
1+200.00	2.38	0.54	91.20	5.43	6796.56	6672.17
1+200.98	2.20	0.56	2.25	0.54	6798.82	6672.72
1+210.00	0.02	1.50	10.04	9.23	6808.86	6681.95
1+217.31	0.00	7.53	0.09	33.12	6808.95	6715.07
1+220.00	0.00	10.02	0.00	23.57	6808.95	6738.64
1+230.00	0.00	19.08	0.00	148.02	6808.95	6884.66
1+233.65	0.00	21.38	0.00	73.94	6808.95	6958.60
1+240.00	0.00	19.07	0.00	128.50	6808.95	7087.10
1+247.45	0.00	15.27	0.00	127.92	6808.95	7215.03
1+250.00	0.00	14.20	0.00	37.57	6808.95	7252.60
1+260.00	0.00	3.93	0.00	90.47	6808.95	7343.07
1+270.00	0.39	0.36	1.94	21.42	6810.89	7364.48
1+280.00	2.17	0.00	12.75	1.80	6823.64	7366.29
1+284.22	2.81	0.00	10.49	0.00	6834.13	7366.29
1+290.00	3.50	0.00	18.19	0.00	6852.32	7366.29
1+300.00	4.77	0.00	41.25	0.00	6893.57	7366.29
1+310.00	5.21	0.00	49.83	0.00	6943.40	7366.29
1+320.00	5.74	0.00	54.71	0.00	6998.11	7366.29
1+321.00	5.89	0.00	5.79	0.00	7003.90	7366.29
1+322.80	6.19	0.00	10.93	0.00	7014.82	7366.29
1+330.00	7.67	0.00	49.91	0.01	7064.73	7366.30
1+340.00	8.87	0.00	82.63	0.02	7147.36	7366.32
1+350.00	9.74	0.00	92.85	0.00	7240.21	7366.32
1+360.00	9.13	0.00	94.21	0.00	7334.42	7366.32
1+370.00	4.88	0.00	69.77	0.00	7404.19	7366.32
1+370.27	4.79	0.00	1.31	0.00	7405.50	7366.32
1+380.00	3.49	0.00	39.89	0.00	7445.39	7366.32
1+390.00	0.00	2.06	17.37	10.22	7462.76	7376.54
1+400.00	0.16	3.25	0.87	26.24	7463.63	7402.78
1+410.00	0.03	5.82	1.01	44.71	7464.64	7447.49
1+417.74	0.00	8.00	0.12	52.84	7464.77	7500.32
1+420.00	0.00	8.40	0.00	18.54	7464.77	7518.86
1+440.00	0.00	4.33	0.00	127.27	7464.77	7646.14
1+440.50	0.00	4.17	0.00	2.14	7464.77	7648.28
1+450.00	0.08	1.48	0.39	26.92	7465.16	7675.20
1+460.00	4.26	0.00	21.48	7.47	7486.63	7682.67
1+470.00	12.32	0.00	82.59	0.00	7569.22	7682.67
1+480.00	15.23	0.00	137.96	0.00	7707.18	7682.67
1+490.00	17.98	0.00	166.66	0.00	7873.86	7682.67
1+500.00	18.21	0.00	181.73	0.00	8055.59	7682.67
1+510.00	17.82	0.00	180.73	0.00	8236.31	7682.67
1+520.00	10.99	0.00	143.99	0.00	8380.30	7682.67
1+530.00	1.96	0.55	64.50	2.81	8444.80	7685.48
1+530.75	1.33	0.78	1.24	0.50	8446.04	7685.98
1+540.00	0.00	8.64	6.13	43.92	8452.17	7729.90
1+550.00	0.00	12.45	0.00	105.73	8452.17	7835.63
1+560.00	0.00	7.92	0.00	101.94	8452.17	7937.57
1+570.00	0.08	5.62	0.44	67.83	8452.60	8005.40
1+580.00	0.00	4.44	0.44	50.53	8453.04	8055.93
1+590.00	0.00	9.85	0.00	71.98	8453.04	8127.91
1+600.00	0.00	6.09	0.00	80.29	8453.04	8208.20
1+610.00	0.70	0.97	3.46	35.65	8456.50	8243.85
1+620.00	5.97	0.00	33.27	4.95	8489.77	8248.80
1+621.00	6.60	0.00	6.25	0.00	8496.03	8248.80
1+637.69	9.27	0.00	132.48	0.00	8628.51	8248.80
1+640.00	8.45	0.00	20.50	0.00	8649.00	8248.80
1+650.00	5.37	0.35	69.28	1.75	8718.29	8250.55

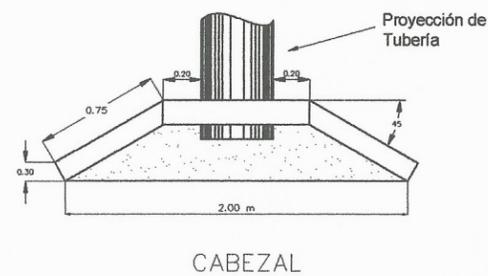
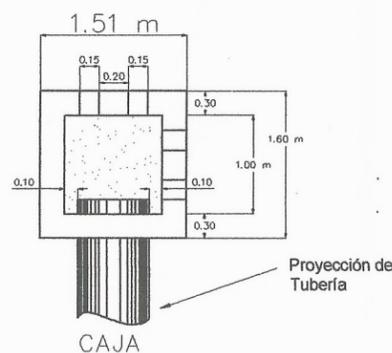
TABLA DE MOVIMIENTO DE TIERRA						
ESTACION	AREA RELLENO	AREA CORTE	VOLUMEN RELLENO	VOLUMEN CORTE	VOLUMEN ACUMULADO RELLENO	VOLUMEN ACUMULADO CORTE
1+660.00	1.99	1.21	36.91	7.75	8755.19	8258.31
1+670.00	0.01	2.74	10.05	19.63	8765.24	8277.94
1+680.00	0.00	6.07	0.06	43.93	8765.31	8321.87
1+690.00	0.00	10.35	0.00	82.03	8765.31	8403.90
1+700.00	0.00	19.32	0.00	148.27	8765.31	8552.16
1+705.62	0.00	18.12	0.00	105.17	8765.31	8657.33
1+710.00	0.00	14.54	0.00	71.55	8765.31	8728.88
1+720.00	0.00	8.36	0.00	114.26	8765.31	8843.14
1+730.00	0.00	14.32	0.00	113.04	8765.31	8956.18
1+740.00	3.71	4.41	18.54	93.34	8783.85	9049.51
1+750.00	0.40	2.05	20.56	32.08	8804.41	9081.60
1+760.00	0.00	7.07	2.02	45.52	8806.43	9127.11
1+770.00	0.00	8.71	0.00	78.85	8806.43	9205.97
1+773.55	0.00	9.64	0.00	32.55	8806.43	9238.52
1+780.00	0.00	13.16	0.00	73.56	8806.43	9312.08
1+800.00	0.00	26.37	0.00	395.37	8806.43	9707.46
1+820.00	0.00	30.85	0.00	572.21	8806.43	10279.67
1+840.00	0.00	19.31	0.00	501.58	8806.43	10781.25
1+860.00	0.00	4.94	0.00	242.46	8806.43	11023.71
1+874.19	0.00	2.51	0.00	52.82	8806.43	11076.54
1+880.00	0.00	3.33	0.00	17.00	8806.43	11093.54
1+890.00	0.00	4.61	0.00	39.66	8806.43	11133.20
1+900.00	0.00	5.11	0.00	48.56	8806.44	11181.76
1+908.87	0.00	5.84	0.00	48.64	8806.44	11230.40
1+910.00	0.00	6.03	0.00	6.70	8806.44	11237.09
1+920.00	0.00	8.34	0.00	72.00	8806.44	11309.09
1+930.00	0.00	8.85	0.00	85.88	8806.44	11384.77
1+940.00	0.00	7.69	0.00	81.88	8806.44	11476.65
1+943.55	0.00	5.72	0.00	23.52	8806.44	11500.17
1+960.00	3.37	0.00	27.70	47.03	8834.14	11547.21
1+962.90	3.70	0.00	10.24	0.00	8844.38	11547.21
1+970.00	4					



DETALLE DE CUNETTA REVESTIDA

SIN ESCALA

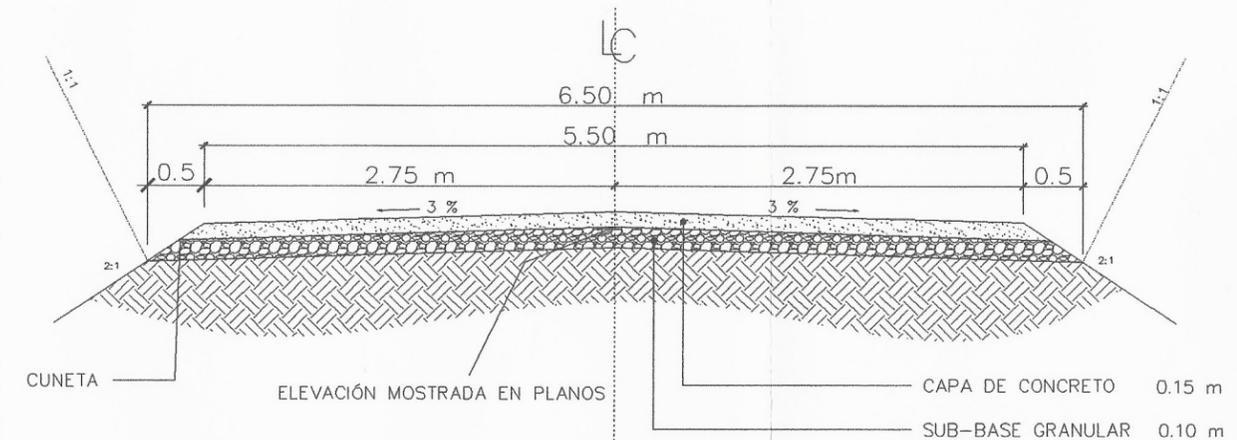
DETALLE DE CAJA Y MURO CABEZAL EN TUBERÍAS



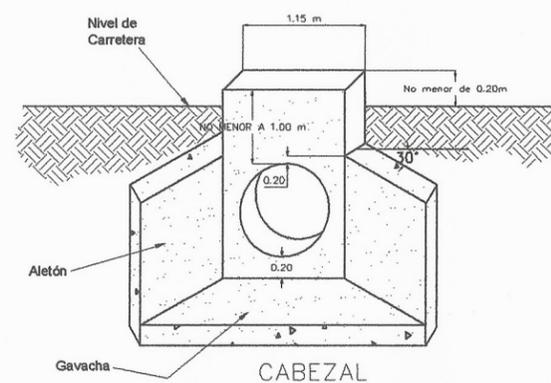
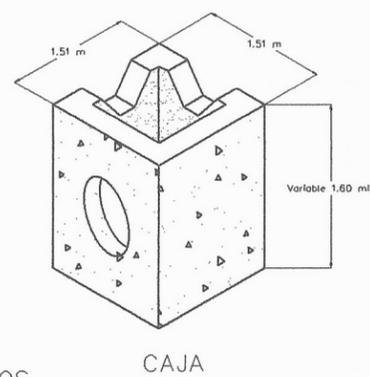
PLANTA

CABEZAL

SIN ESCALA



SECCIÓN TÍPICA
SIN ESCALA



ISOMETRICOS

CAJA

CABEZAL

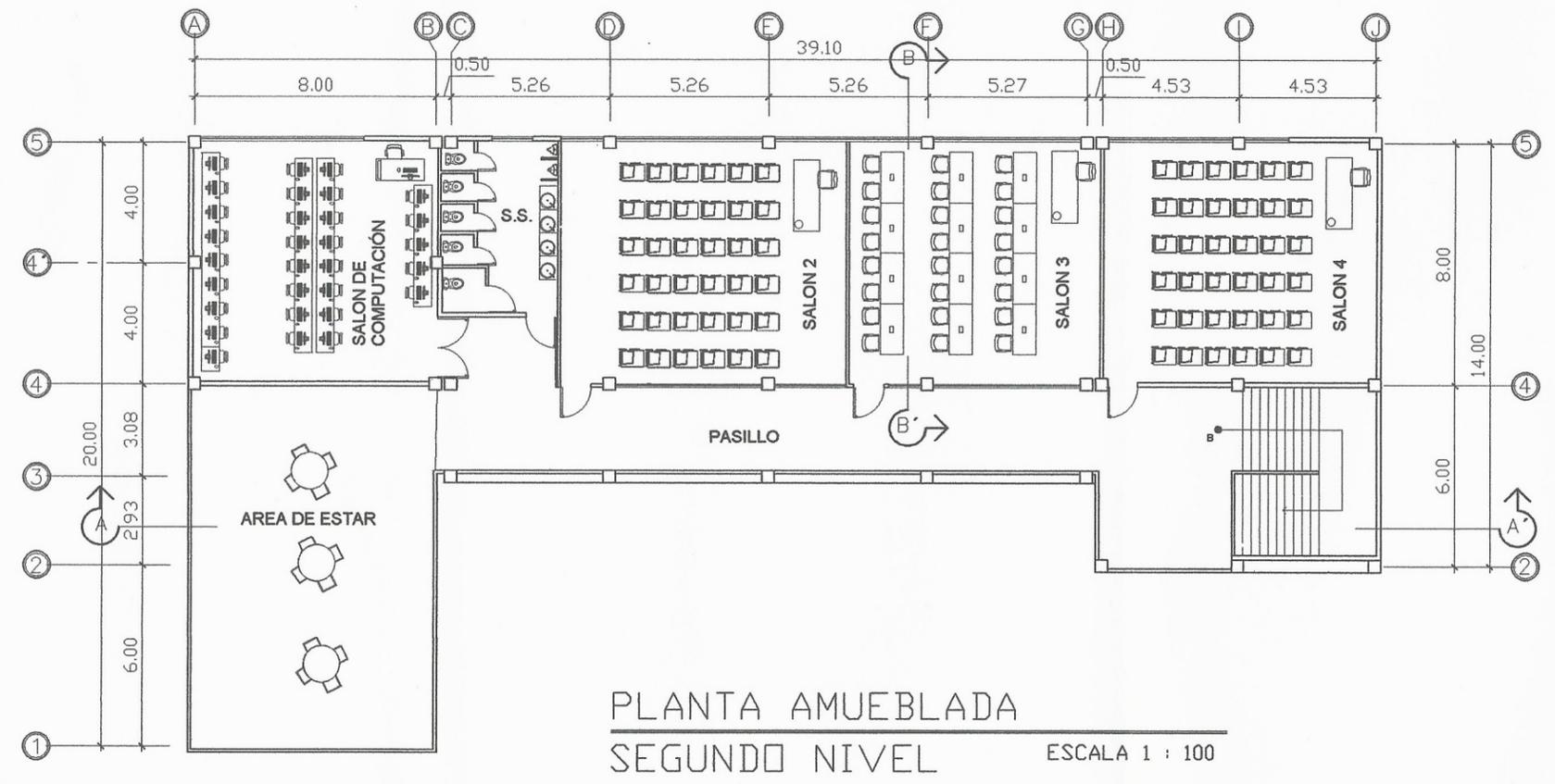
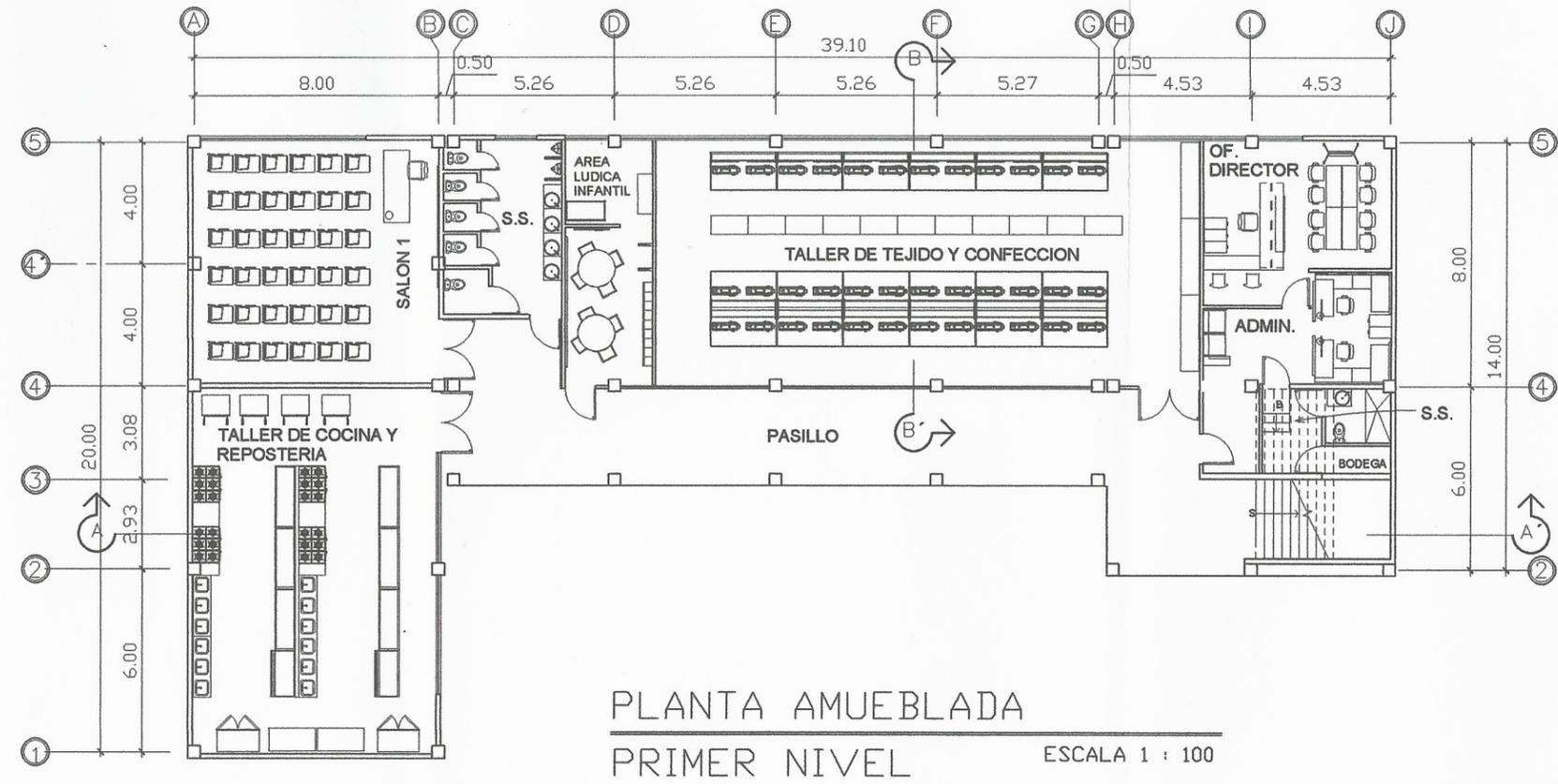
SIN ESCALA

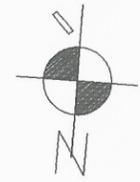
DETALLES DE DRENAJES Y SECCIÓN TÍPICA

Apertura de Carretera Caserío Santa Cruz hacia Aldea Chacalte, Y Mejoramiento de la Carretera Hacia la Aldea Siguanha Pocoló San Pedro Carchá Alta Verapaz.

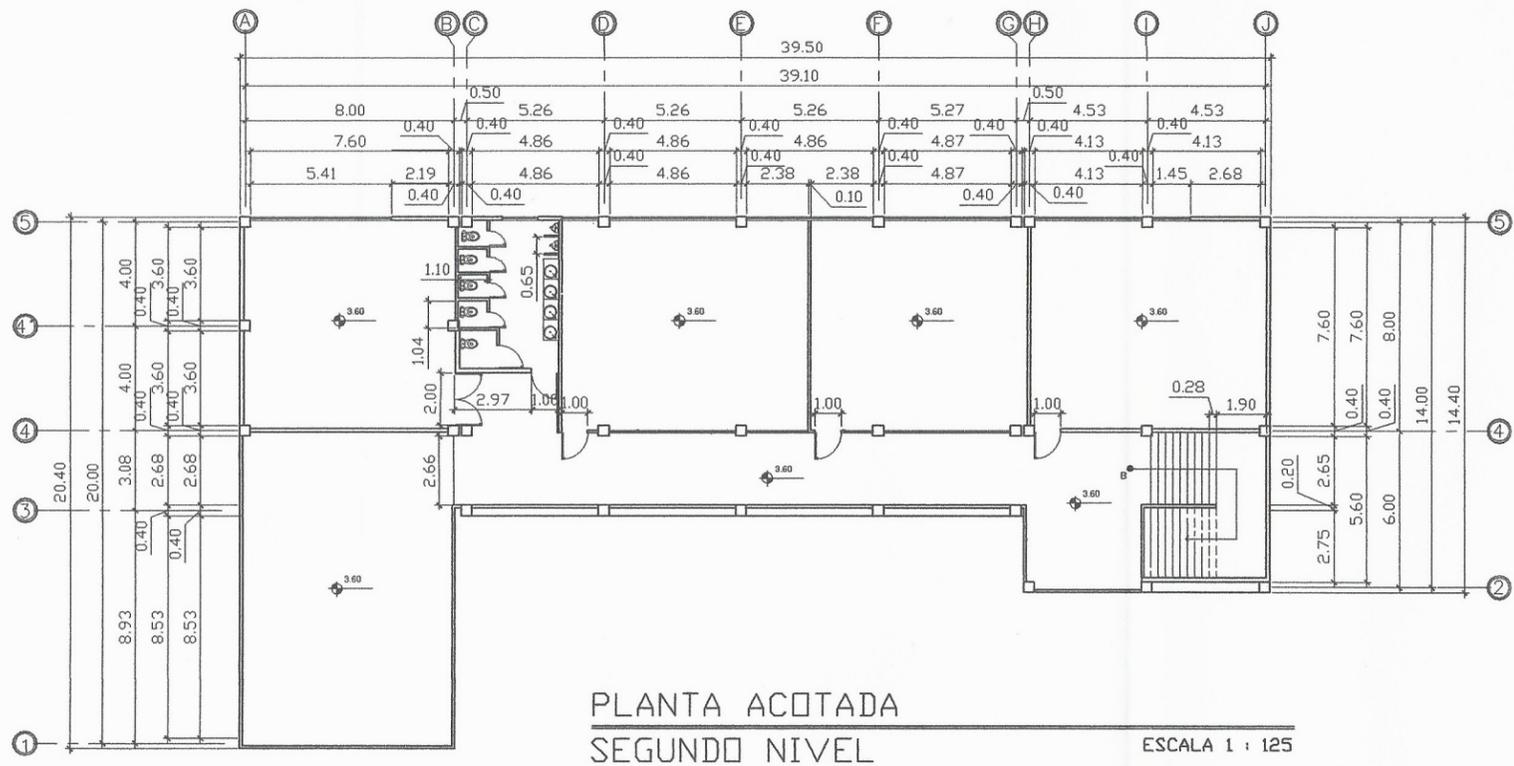
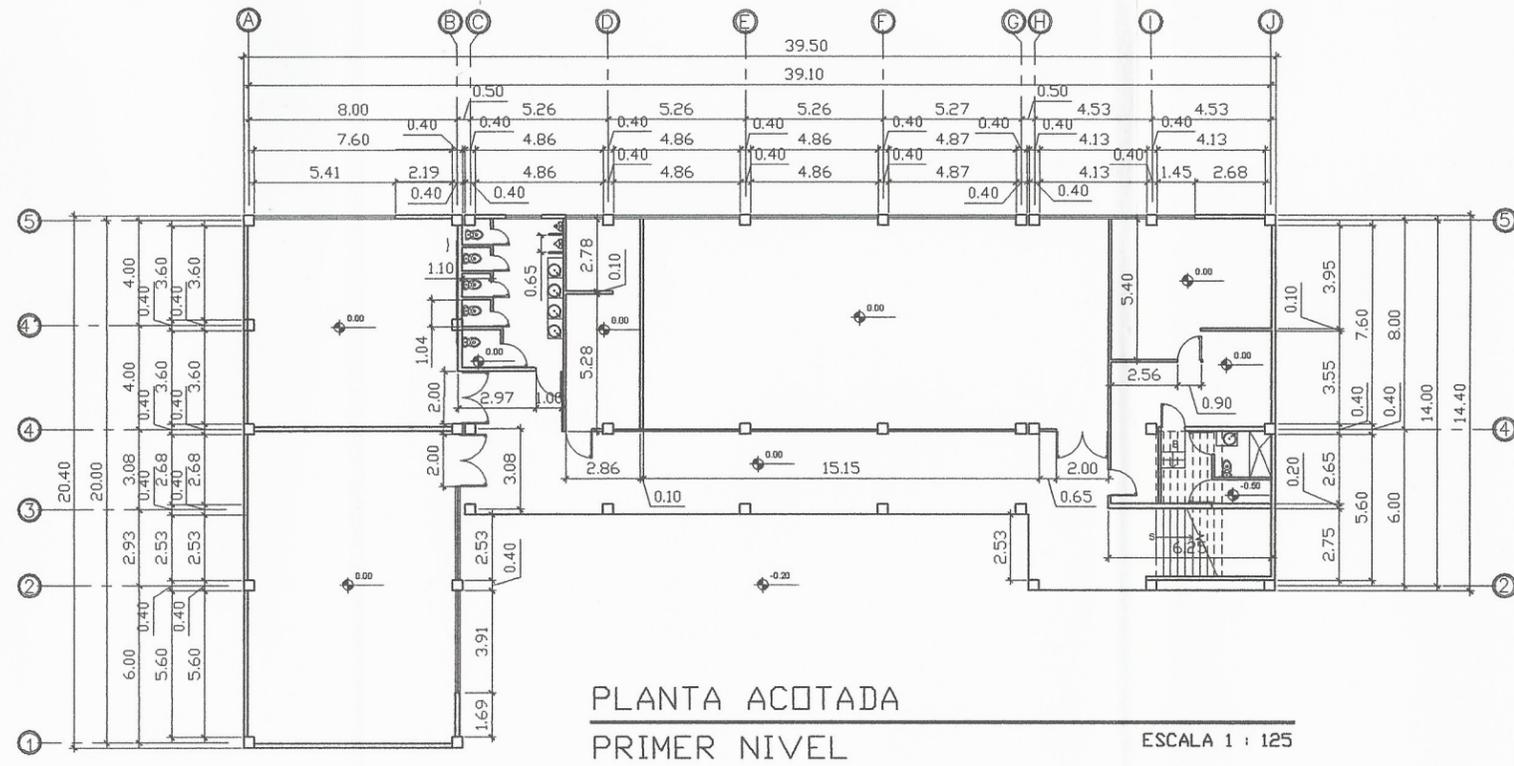
[Handwritten Signature]

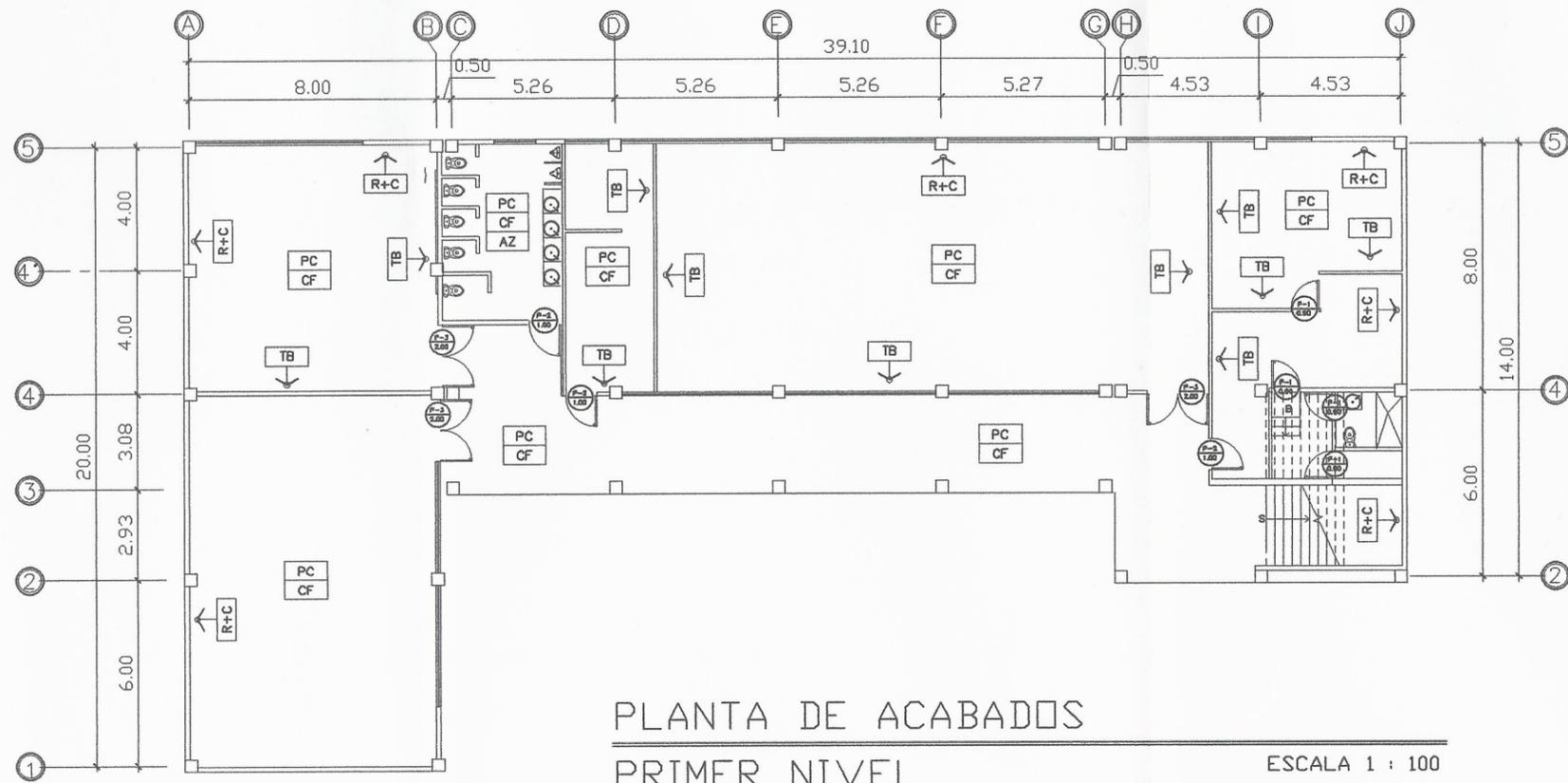
Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería





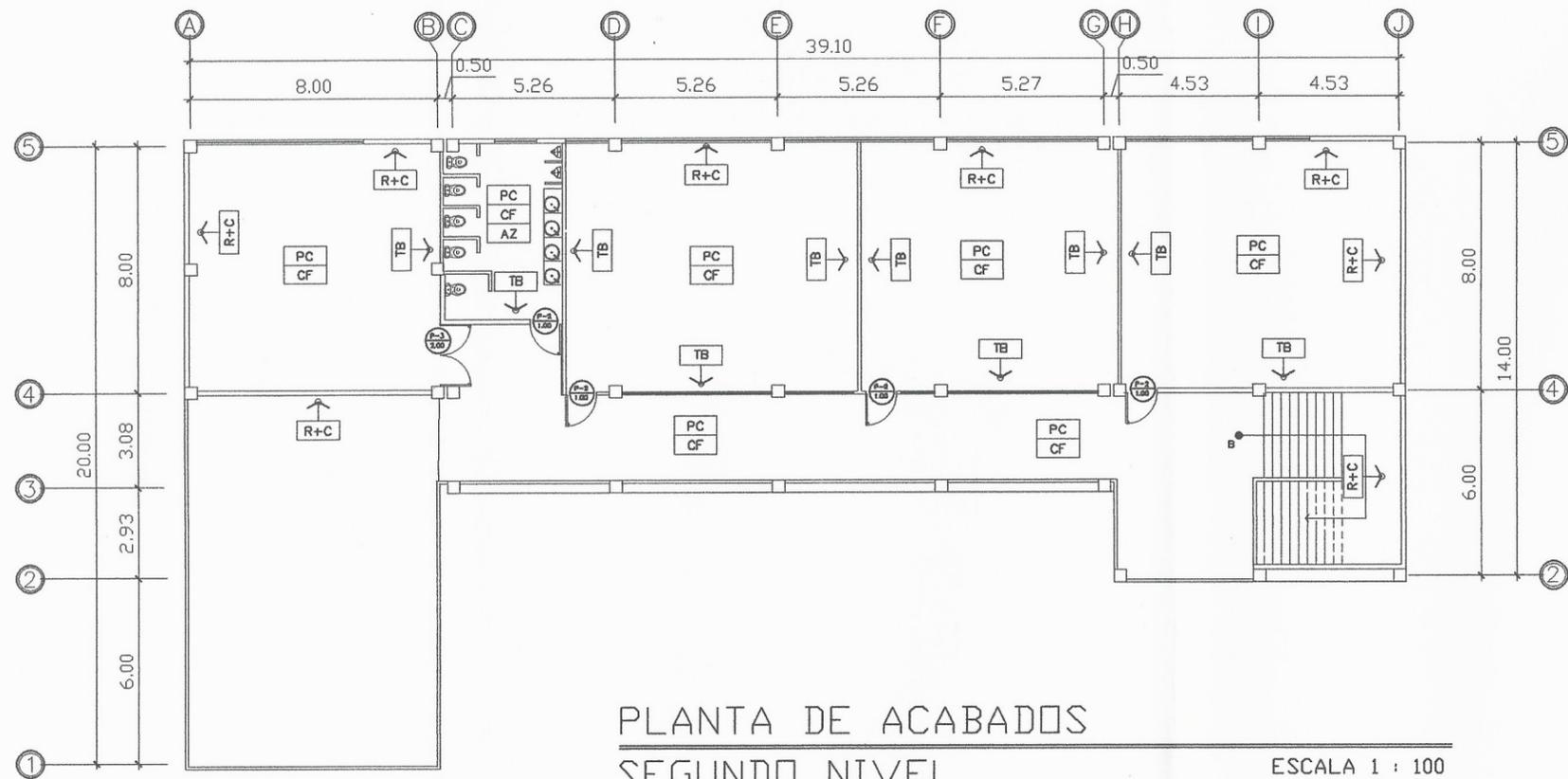
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE PLANTA ACOTADA		
DISEÑO Y CÁLCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2019	HOJA
ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	ESTUDIANTE: RONY GONZÁLEZ CARNE: 201403869	02 13





PLANTA DE ACABADOS
PRIMER NIVEL

ESCALA 1 : 100



PLANTA DE ACABADOS
SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1 : 100



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE: PLANTA DE ACABADOS		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA:	FECHA:	HOJA
INDICADA	NOVIEMBRE 2019	03
ASESOR EPS:	ESTUDIANTE:	13
ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	RONY GONZÁLEZ	
	CARNÉ: 201403989	



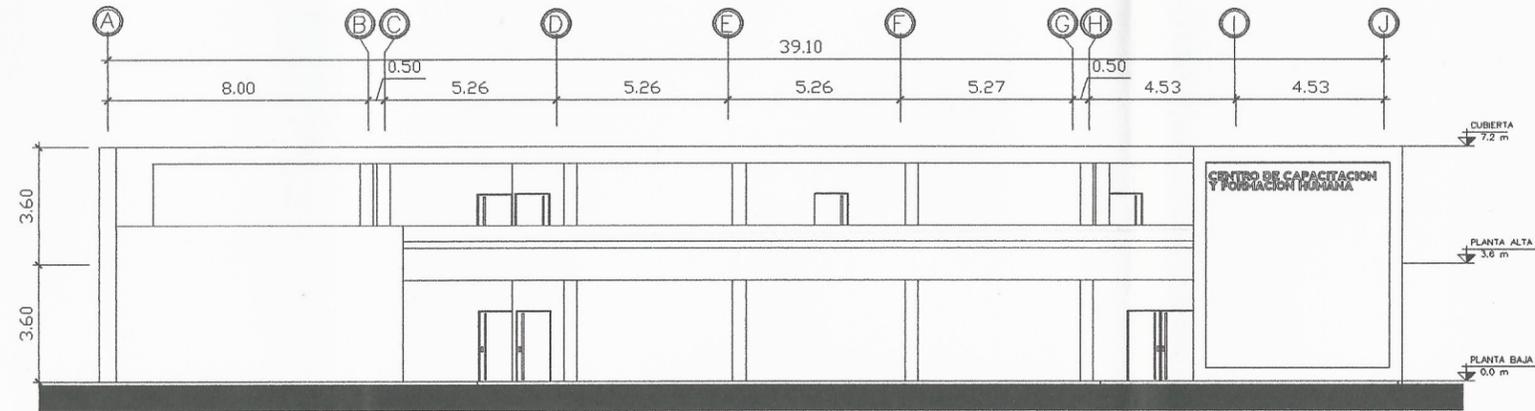
PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	ANCHO	ALTO	MATERIAL	UNIDADES
P-1	0.90	2.10	METAL	4
P-2	1.00	2.10	METAL	7
P-3	2.00	2.10	METAL	4

NOMENLATURA DE ACABADOS

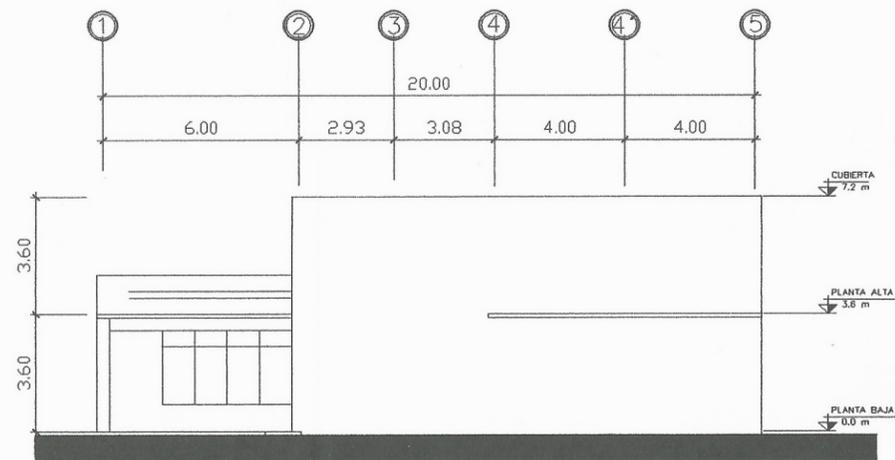
SIMBOLO	DESCRIPCION
⊙	GRAMA
PC	PISO CERAMICO
CF	CIELO FALSO
AZ	AZULEJO
R+C	REPELLO MAS CERNIDO VERTICAL
TB	TABLA YESO ALIZADO

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE ELEVACIONES		
DISEÑO Y CÁLCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA:	FECHA:	HOJA
INDICADA	NOVIEMBRE 2019	04
ASESOR EPS:	ESTUDIANTE:	13
ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	RONY GONZÁLEZ CARNE: 201403869	



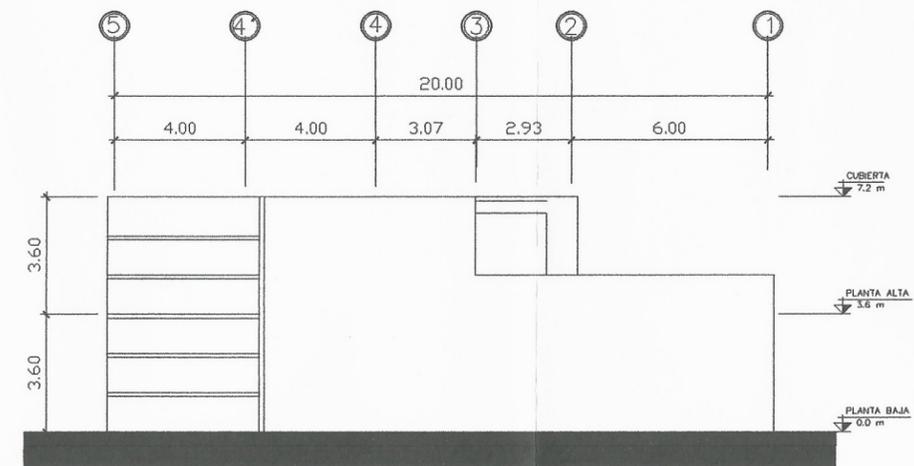
ELEVACIÓN FRONTAL

ESCALA 1 : 100



ELEVACIÓN LATERAL DERECHA

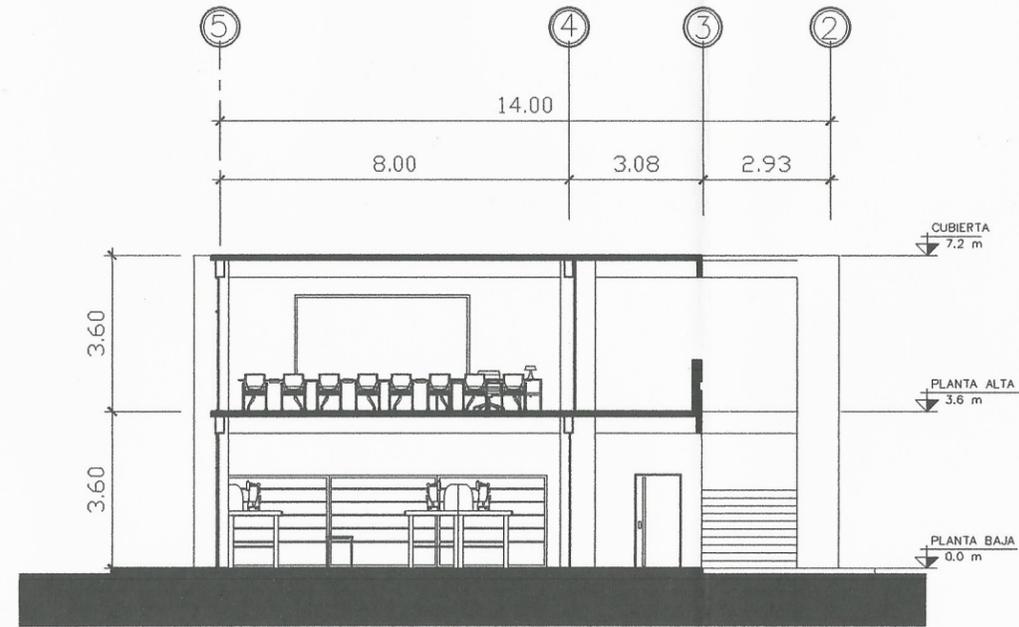
ESCALA 1 : 100



ELEVACIÓN LATERAL IZQUIERDA

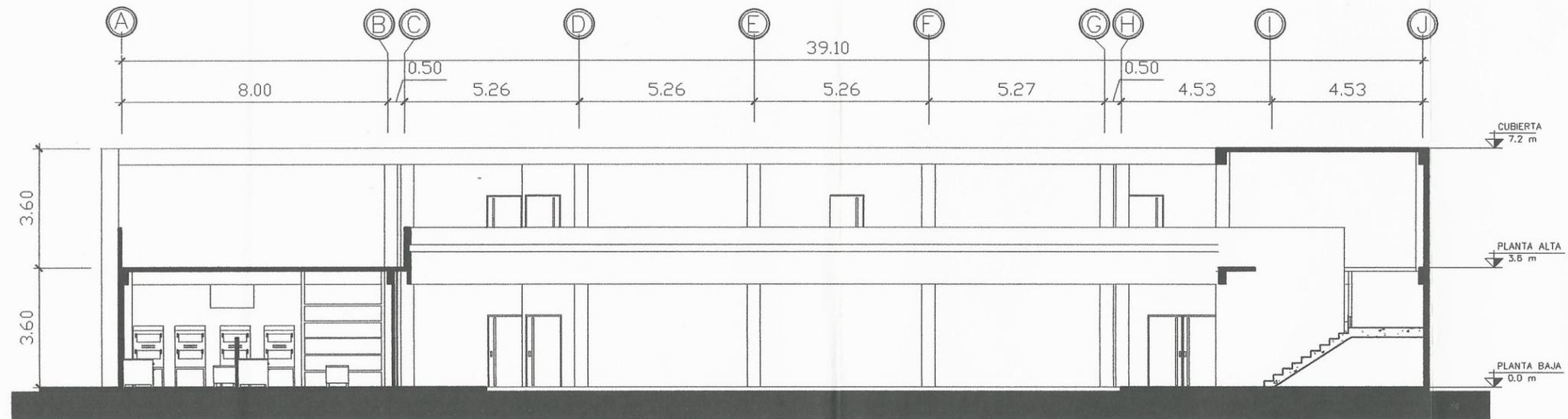
ESCALA 1 : 100

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE SECCIONES		
DISEÑO Y CÁLCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2010	HOJA
ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	ESTUDIANTE: RONY GONZÁLEZ CARNE: 201403869	05 13



SECCIÓN B-B'

ESCALA 1 : 75

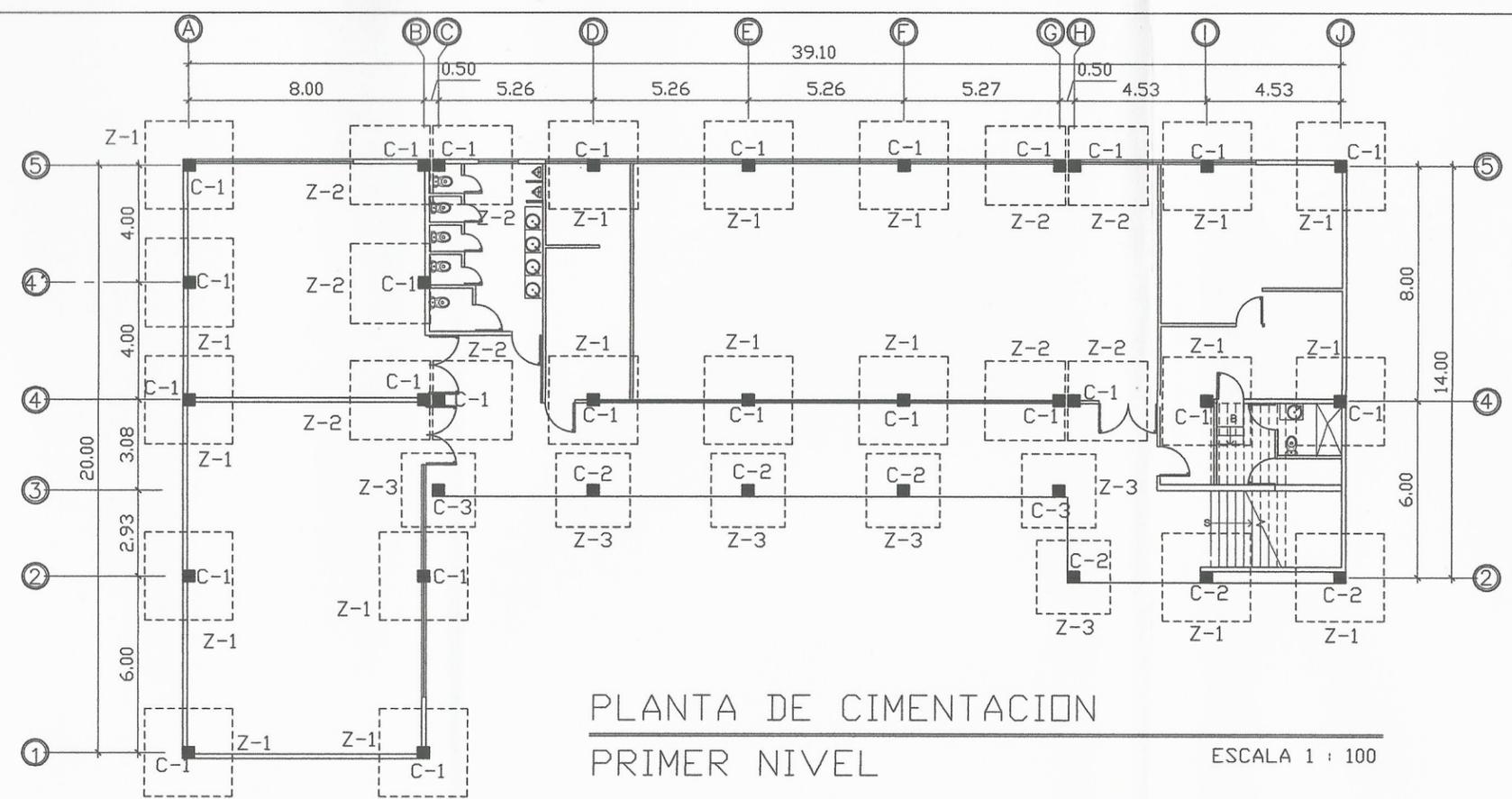


SECCIÓN A-A'

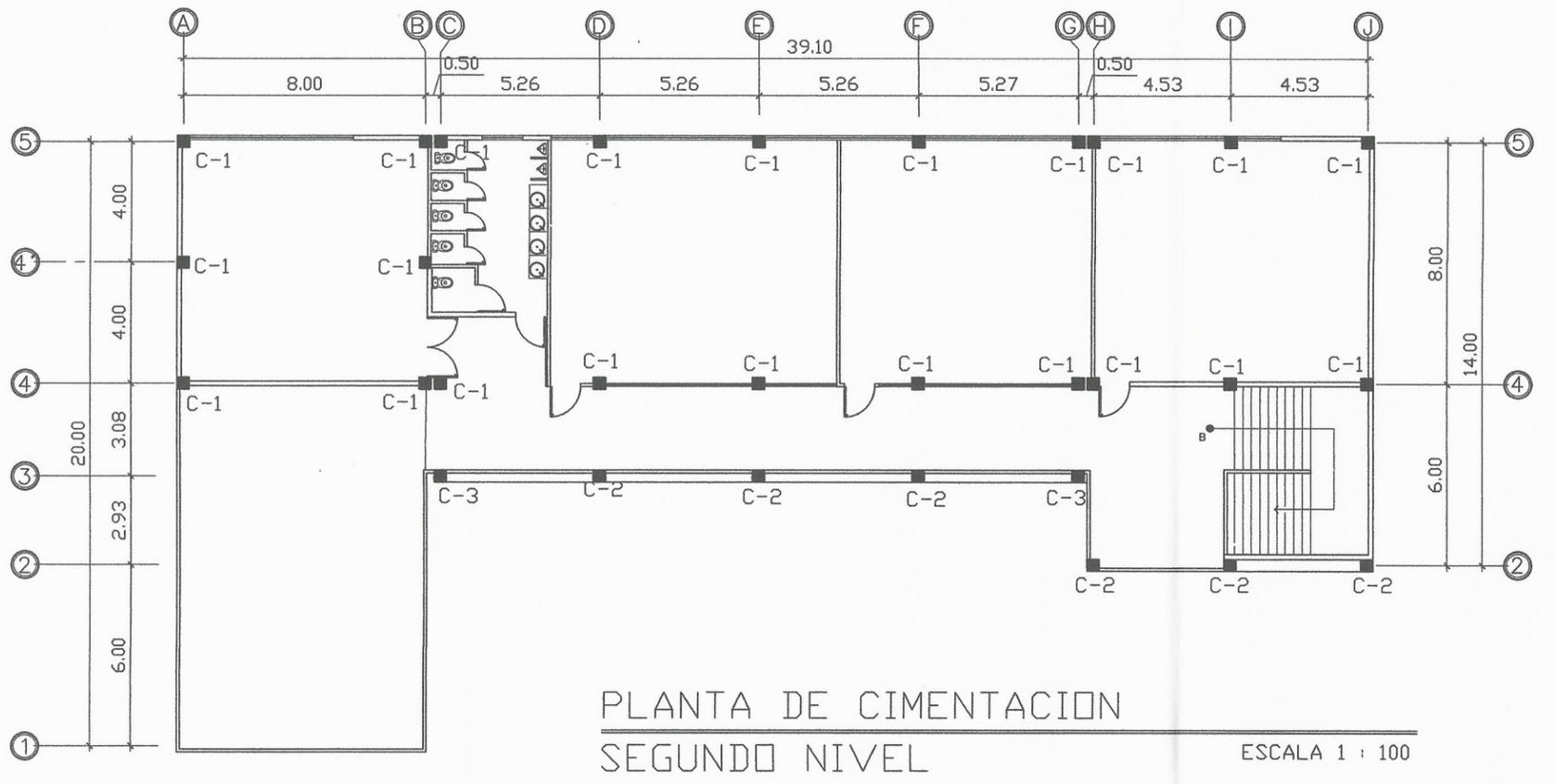
ESCALA 1 : 75



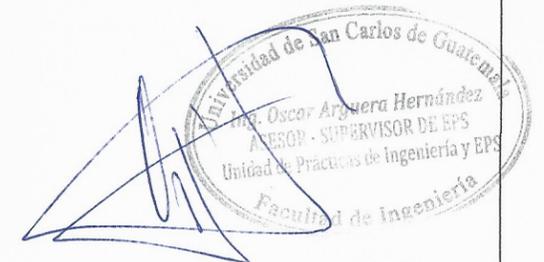
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE: PLANTA DE CIMENTACIÓN Y COLUMNAS		
DISEÑO Y CÁLCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA:	FECHA:	HOJA
INDICADA	NOVIEMBRE 2019	06
ASESOR EPS:	ESTUDIANTE:	13
ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	RONY GONZÁLEZ CARNÉ: 201403889	

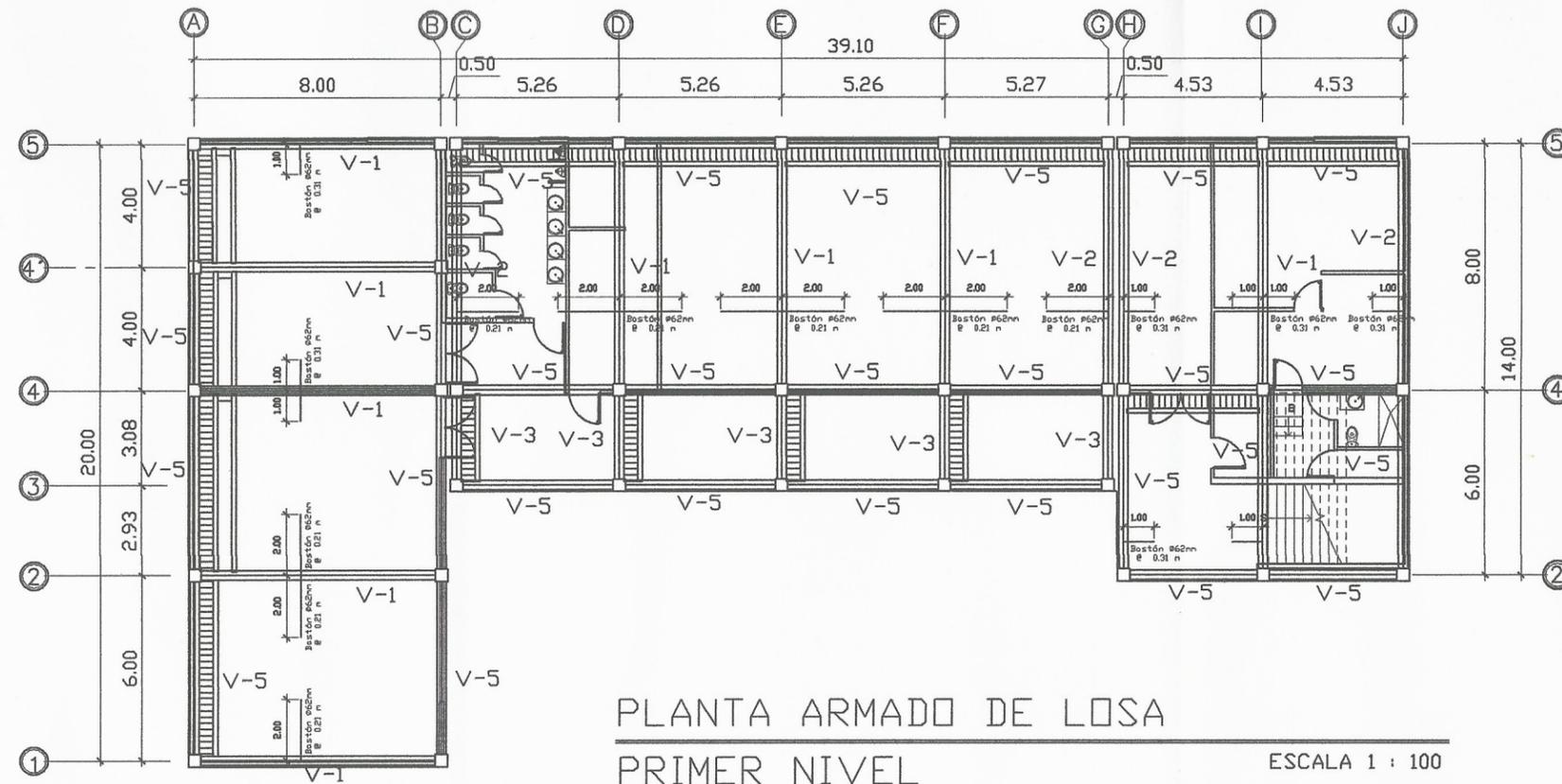


PLANTA DE CIMENTACION
PRIMER NIVEL
ESCALA 1 : 100



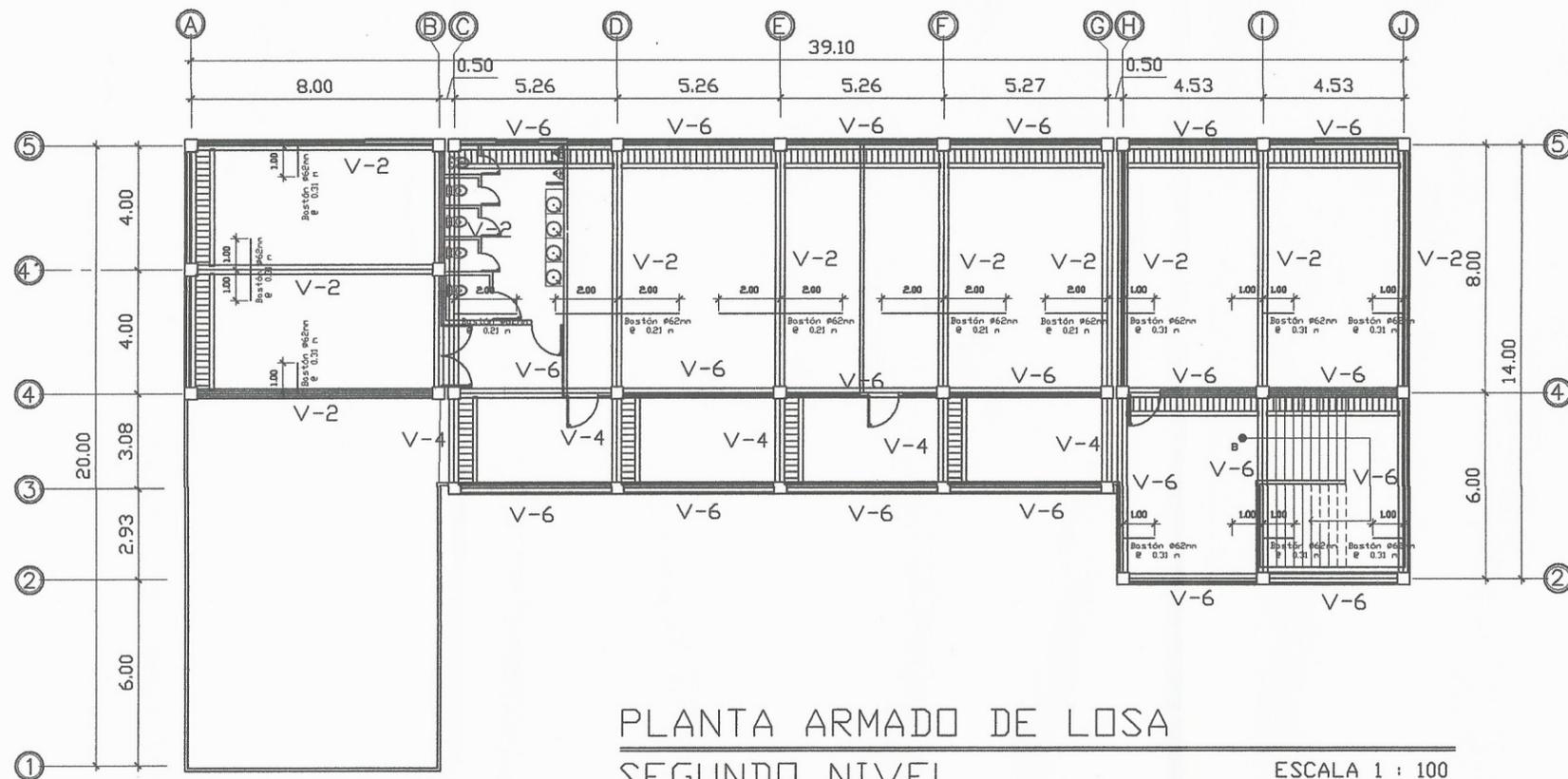
PLANTA DE CIMENTACION
SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1 : 100





PLANTA ARMADO DE LOSA
PRIMER NIVEL

ESCALA 1 : 100



PLANTA ARMADO DE LOSA
SEGUNDO NIVEL

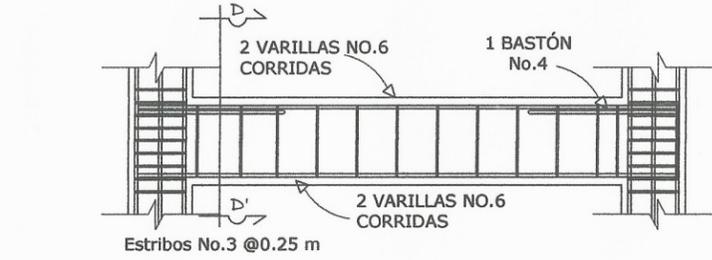
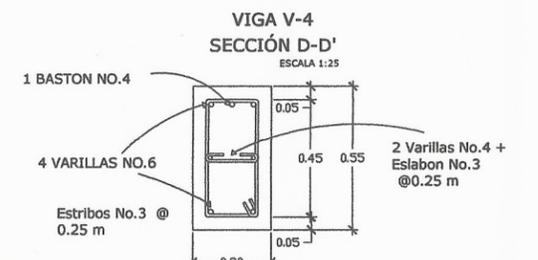
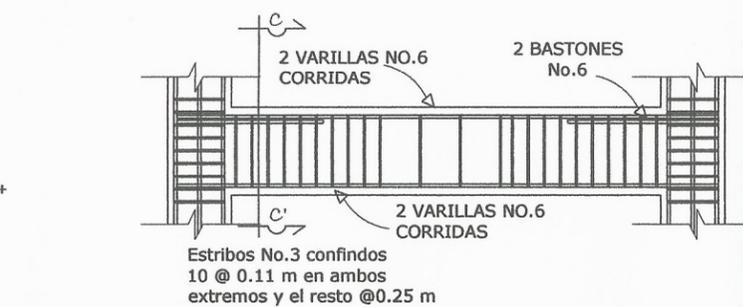
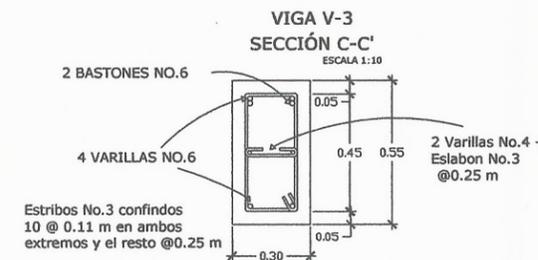
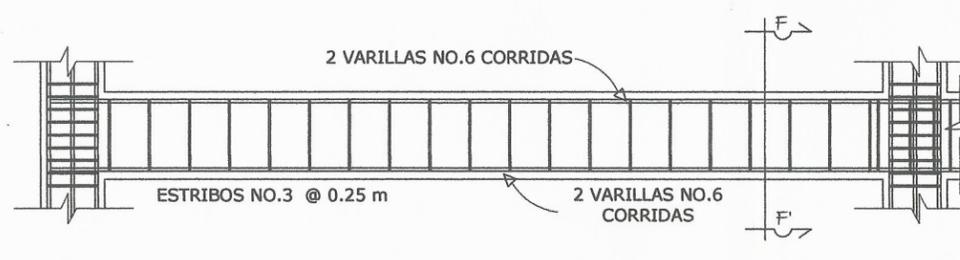
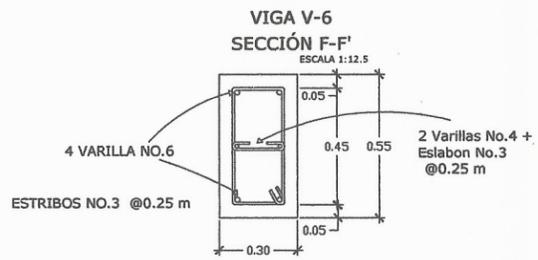
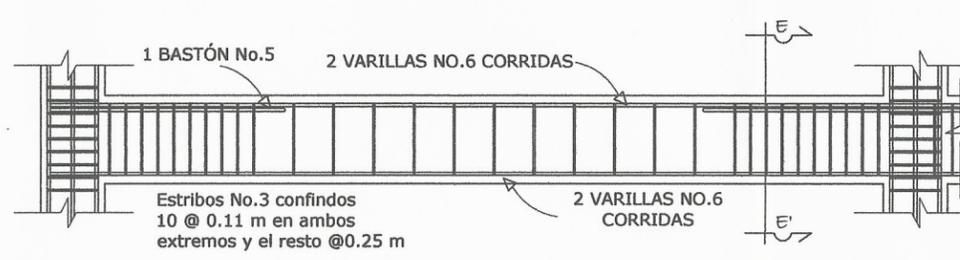
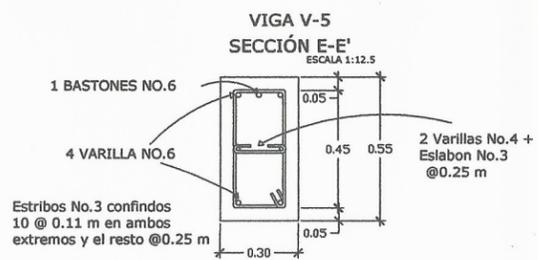
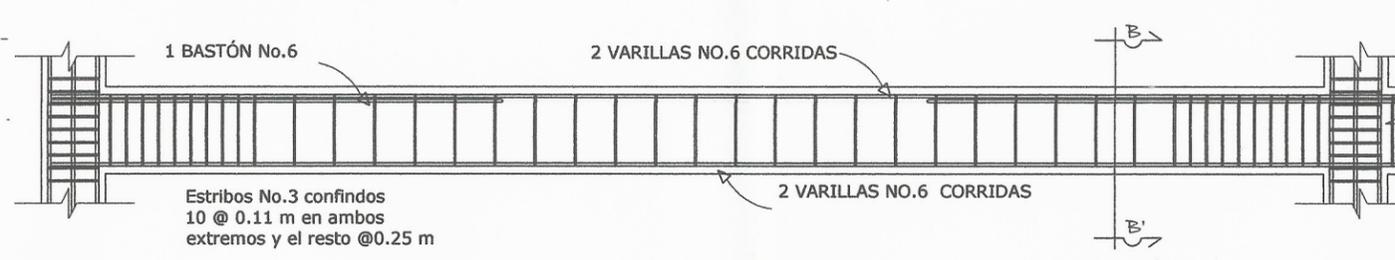
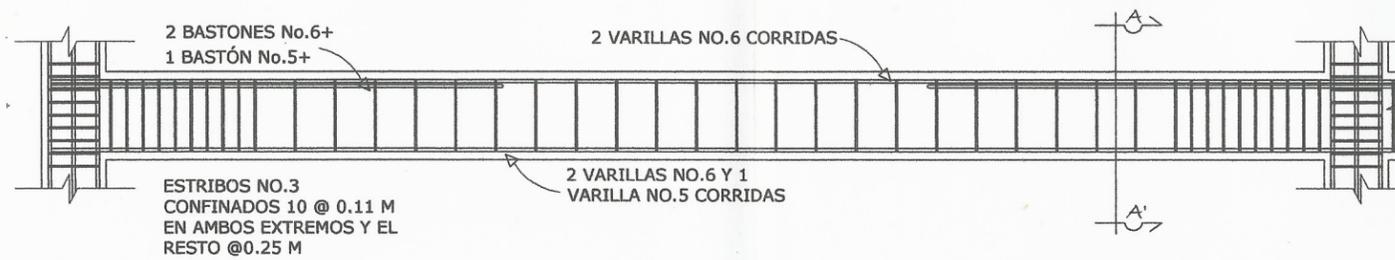
ESCALA 1 : 100



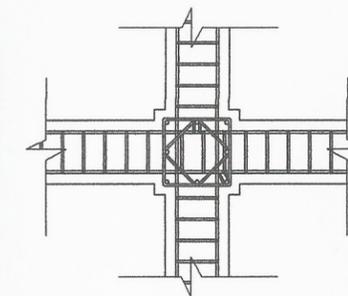
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHA		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACION Y FORMACION HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHA, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE PLANTA ARMADO DE LOSA		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZALEZ TORRES		
ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2019	HOJA
ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA HERNANDEZ	ESTUDIANTE: RONY GONZALEZ	07
	CARNE: 201403889	13



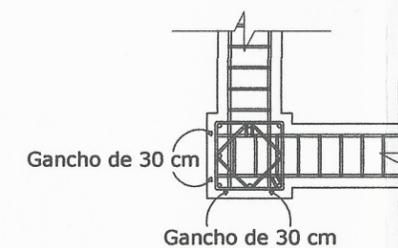
ARMADO DE LOSA	
PERALTE TERMINADO	0.25m
FUNDICIÓN DE LOSA "IN SITU" (CAPA DE COMPRESIÓN) $f'c : 210 \text{ kg/cm}^2$ (3000 PSI)	$t=0.05\text{m}$
ESTRUCTOMALLA $f_y : 4900 \text{ kg/cm}^2$	6x12/99
ARMADO DE RIGIDIZANTE $2 \text{ } \varnothing \text{ } 3/8" + \text{ESL. } \varnothing \text{ } 1/4" @ 0.20 \text{ m}$	
COLOCAR UN BASTÓN DEL $\varnothing \text{ } Y$ A LA DISTANCIA INDICADA EN PLANO	
LA DISTANCIA MÁXIMA ENTRE PÁRALES DE LA OBRA FALSA SERÁ DE 2.00 m. EN EL SENTIDO DE LAS VIGUETAS Y 1.00 m. EN EL SENTIDO DE LOS RIGIDIZANTES (perpendicular a las viguetas)	



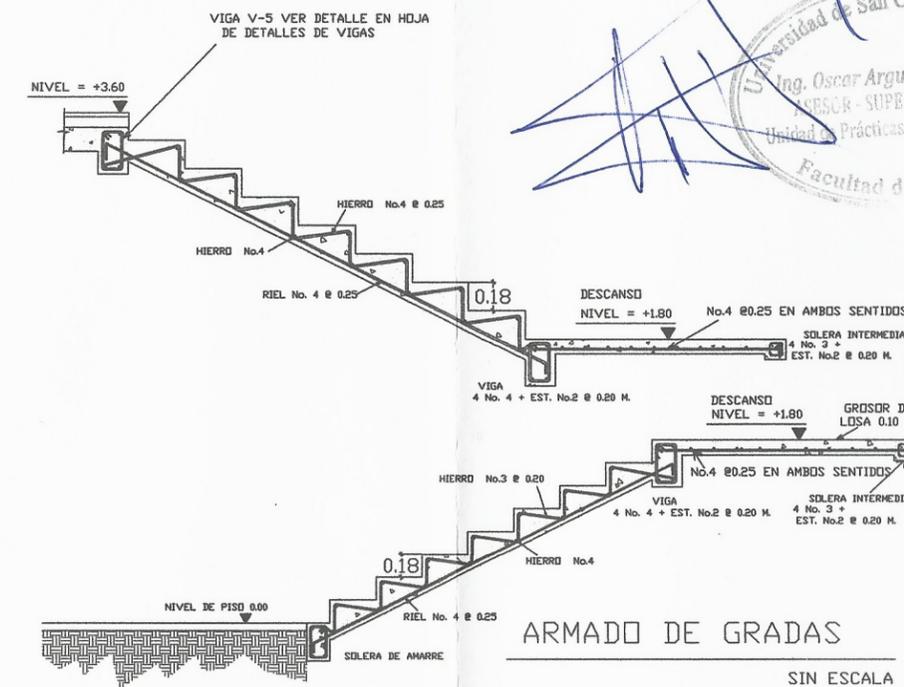
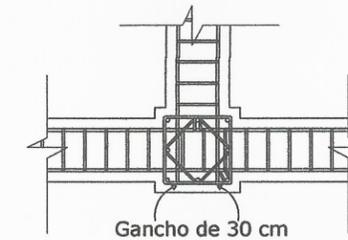
NUDO INTERIOR
SIN ESCALA



NUDO ESQUINA
SIN ESCALA



NUDO EXTERIOR
SIN ESCALA

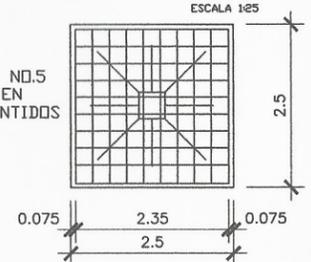


Universidad de San Carlos de Guatemala
Ing. Oscar Argueta Hernández
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería



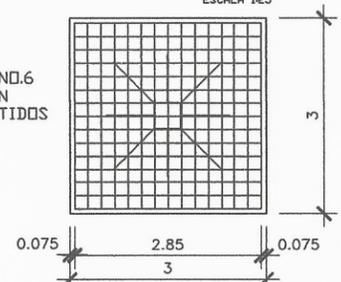
PLANTA Z-3

VARILLAS NO.5
 @ 0.26 m EN
 AMBOS SENTIDOS



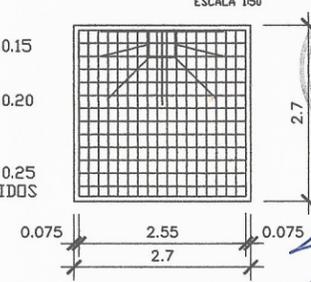
PLANTA Z-1

VARILLAS NO.6
 @ 0.20 m EN
 AMBOS SENTIDOS

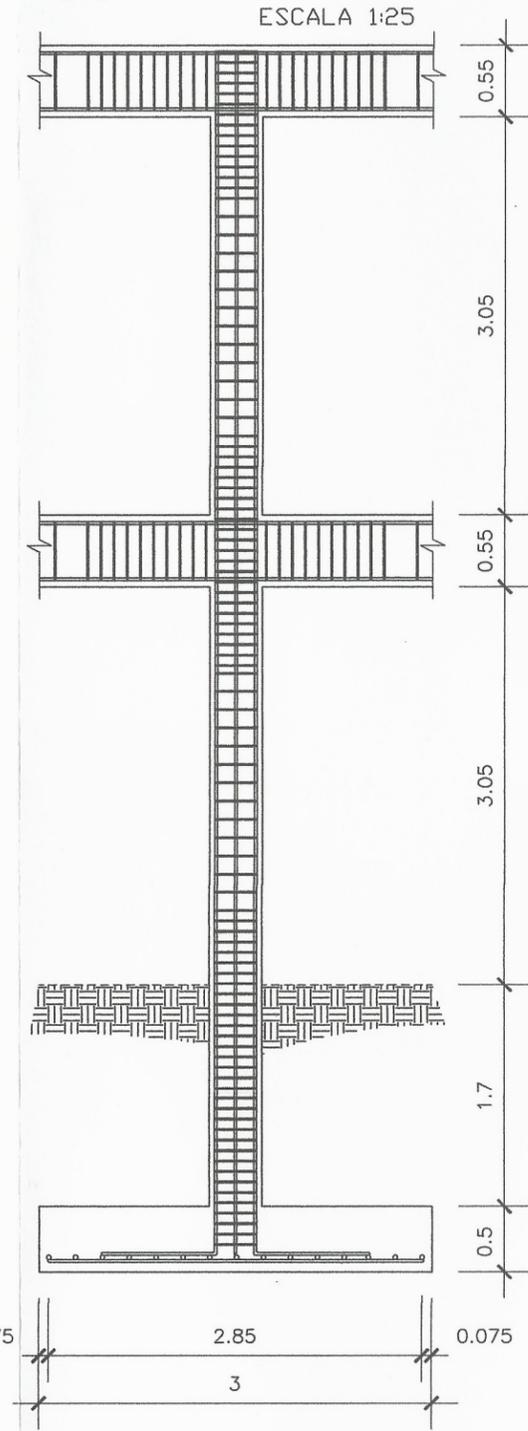


PLANTA Z-2

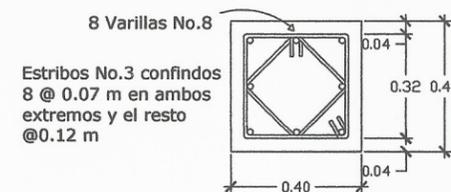
ARMADO INFERIOR
 VARILLAS NO.6 @ 0.15
 m EN SENTIDO
 LONGITUDINAL Y
 VARILLAS NO.6 @ 0.20
 m EN ARMADO
 TRANSVERSAL
 ARMADO SUPERIOR
 VARILLAS NO.5 @ 0.25
 m EN AMBOS SENTIDOS



SECCION Z-1 Y CORTE DE C-1



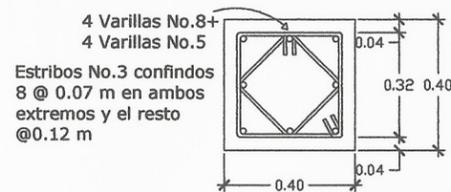
SECCIÓN COLUMNA C-1



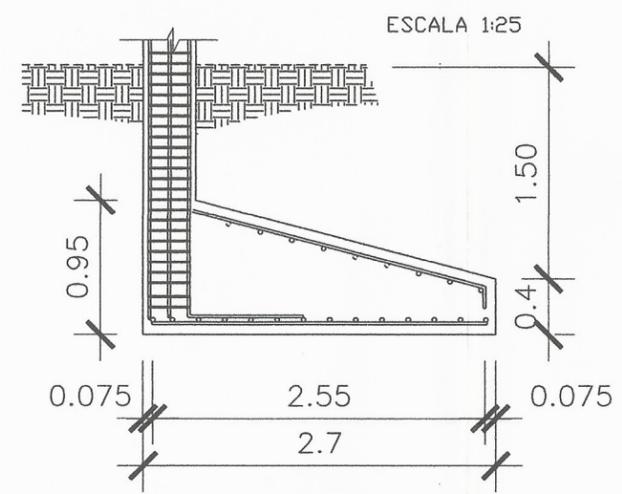
SECCIÓN COLUMNA C-2



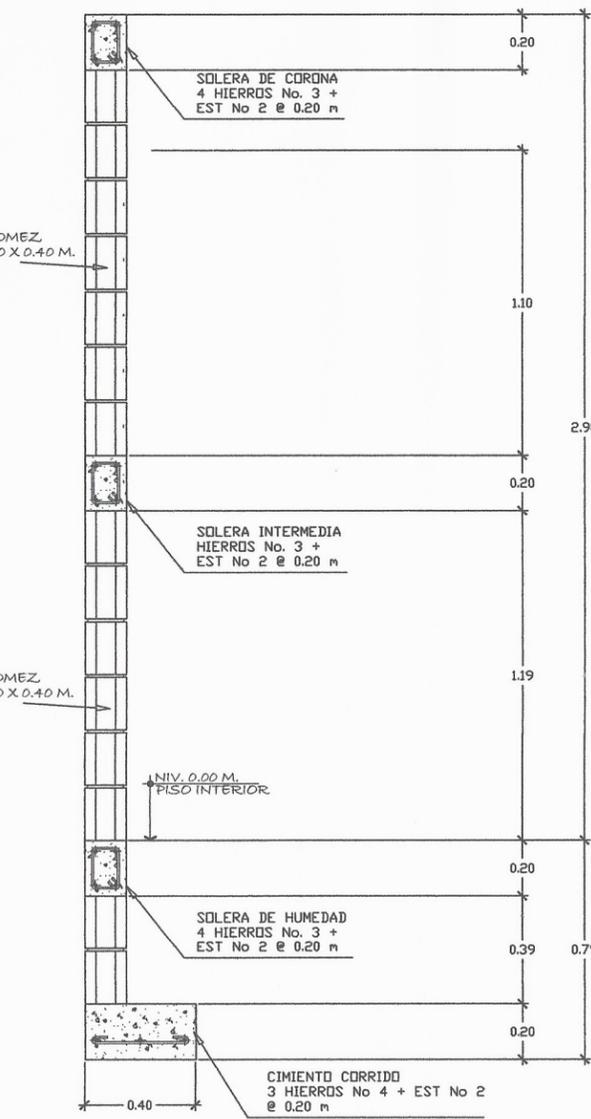
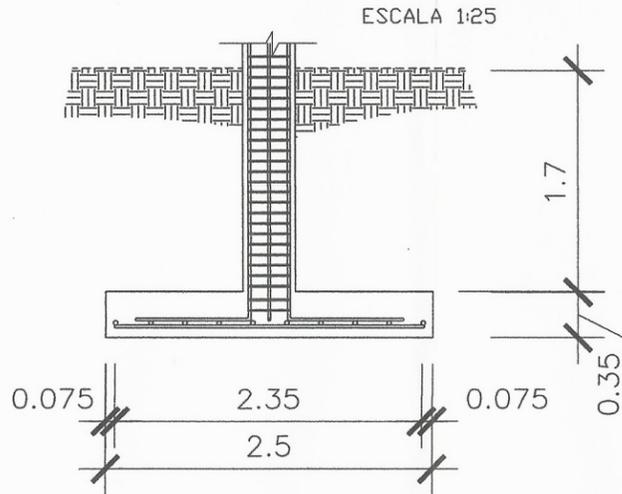
SECCIÓN COLUMNA C-3



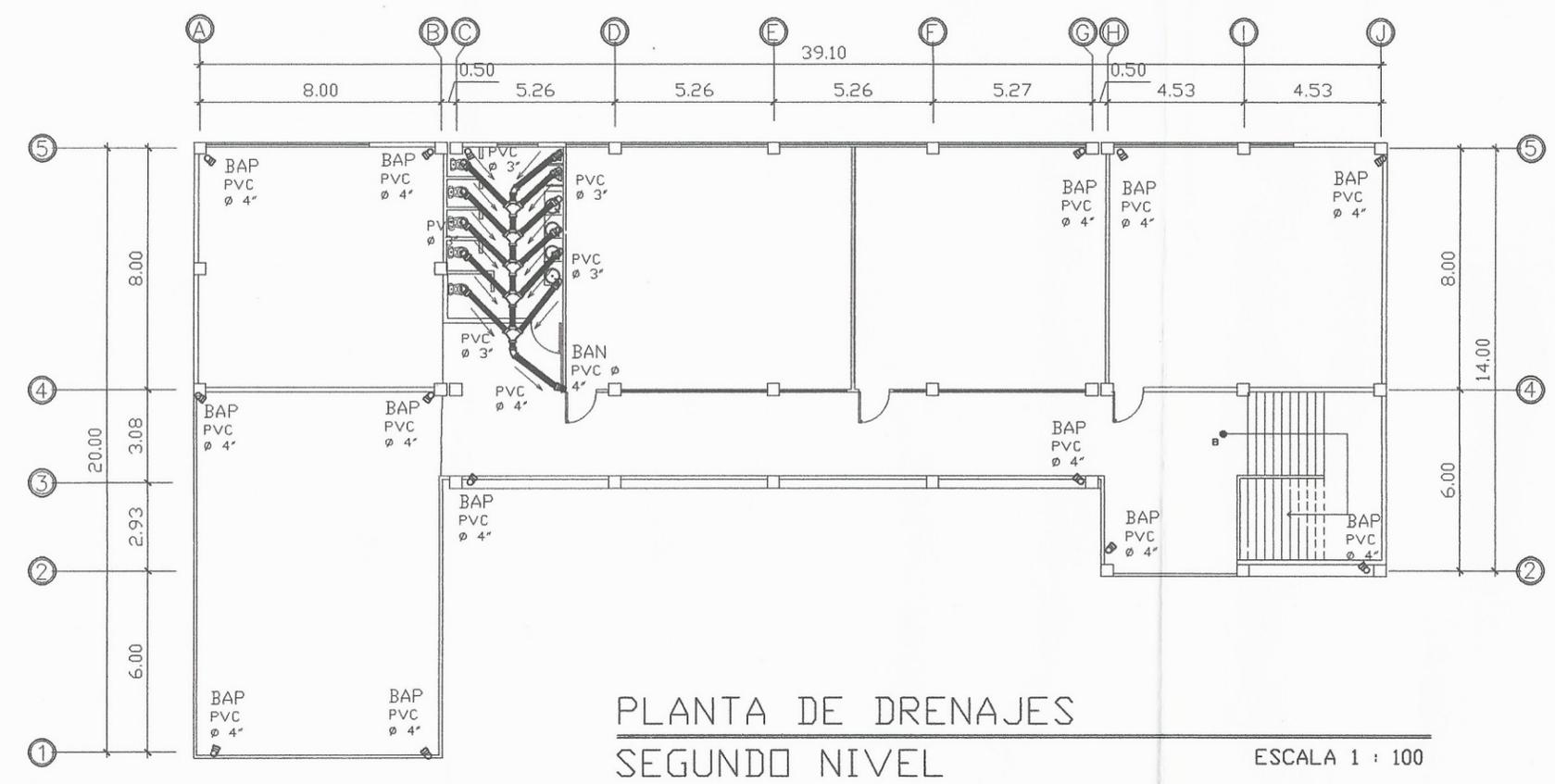
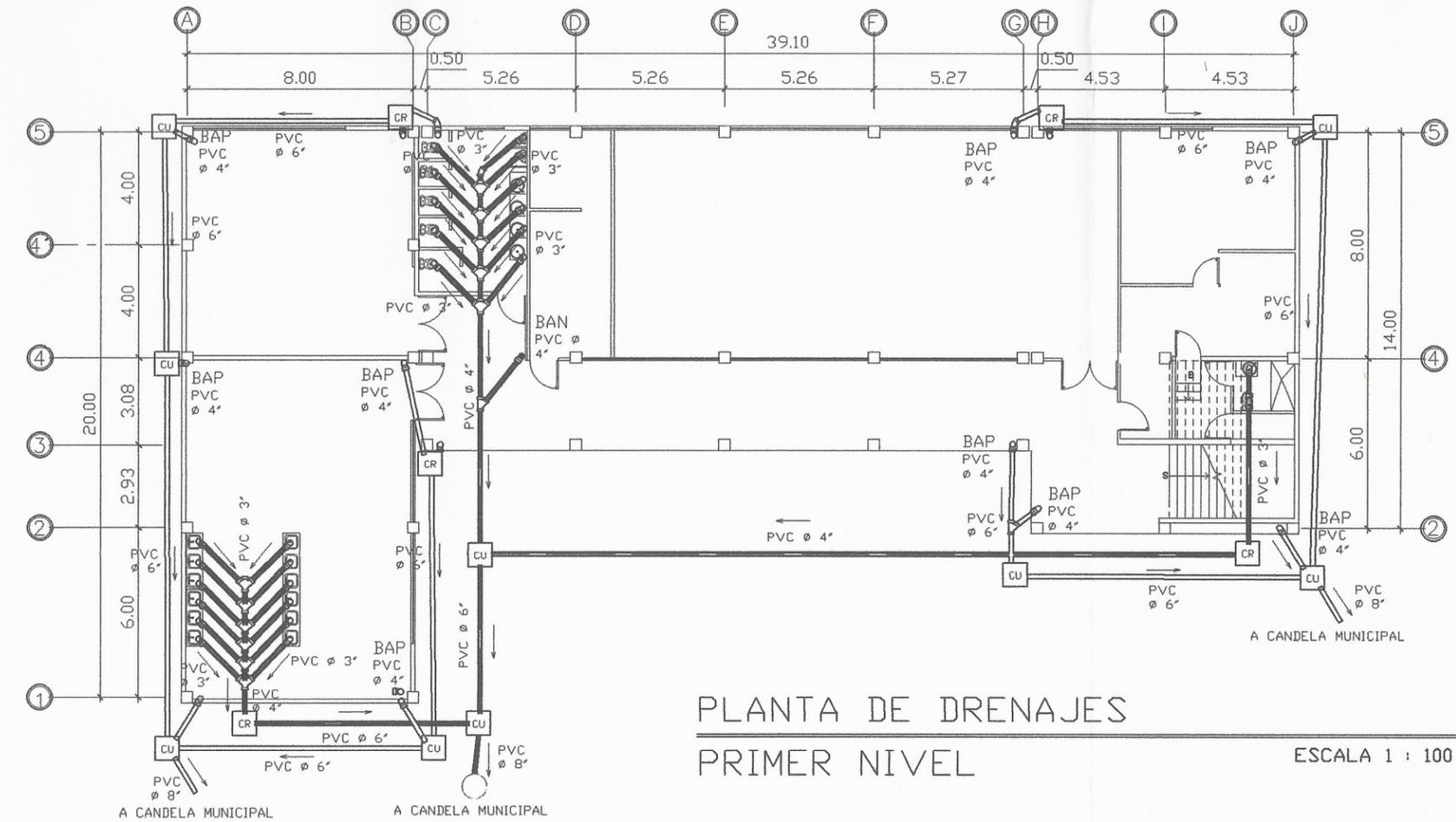
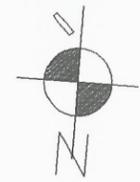
SECCION Z-2



SECCION Z-3

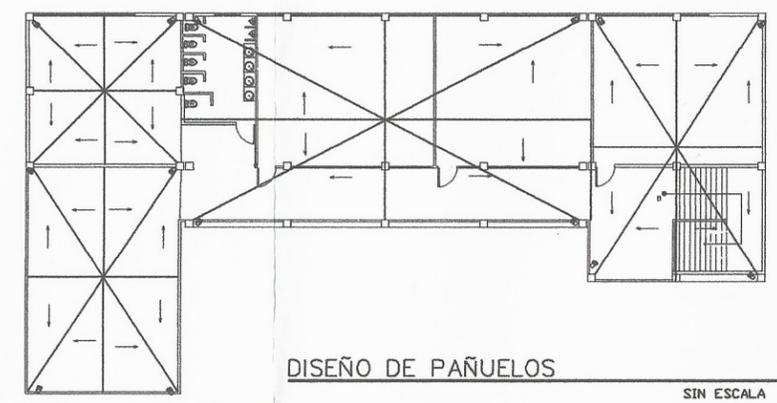
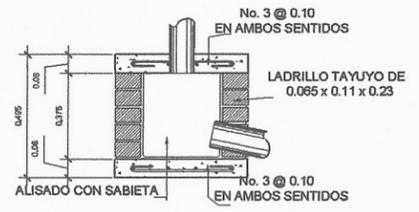
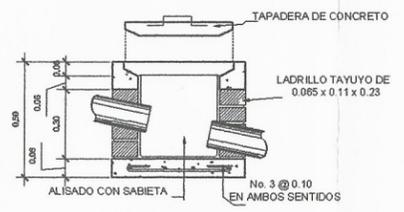
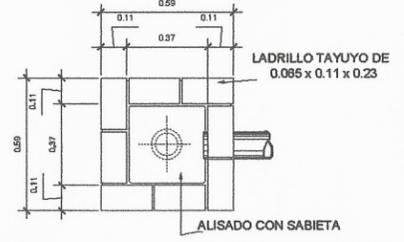
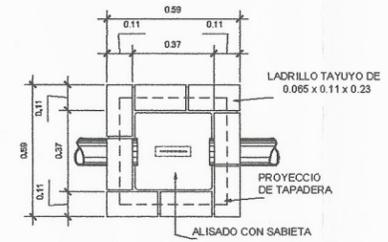


CORTE DE MURO
 SIN ESCALA

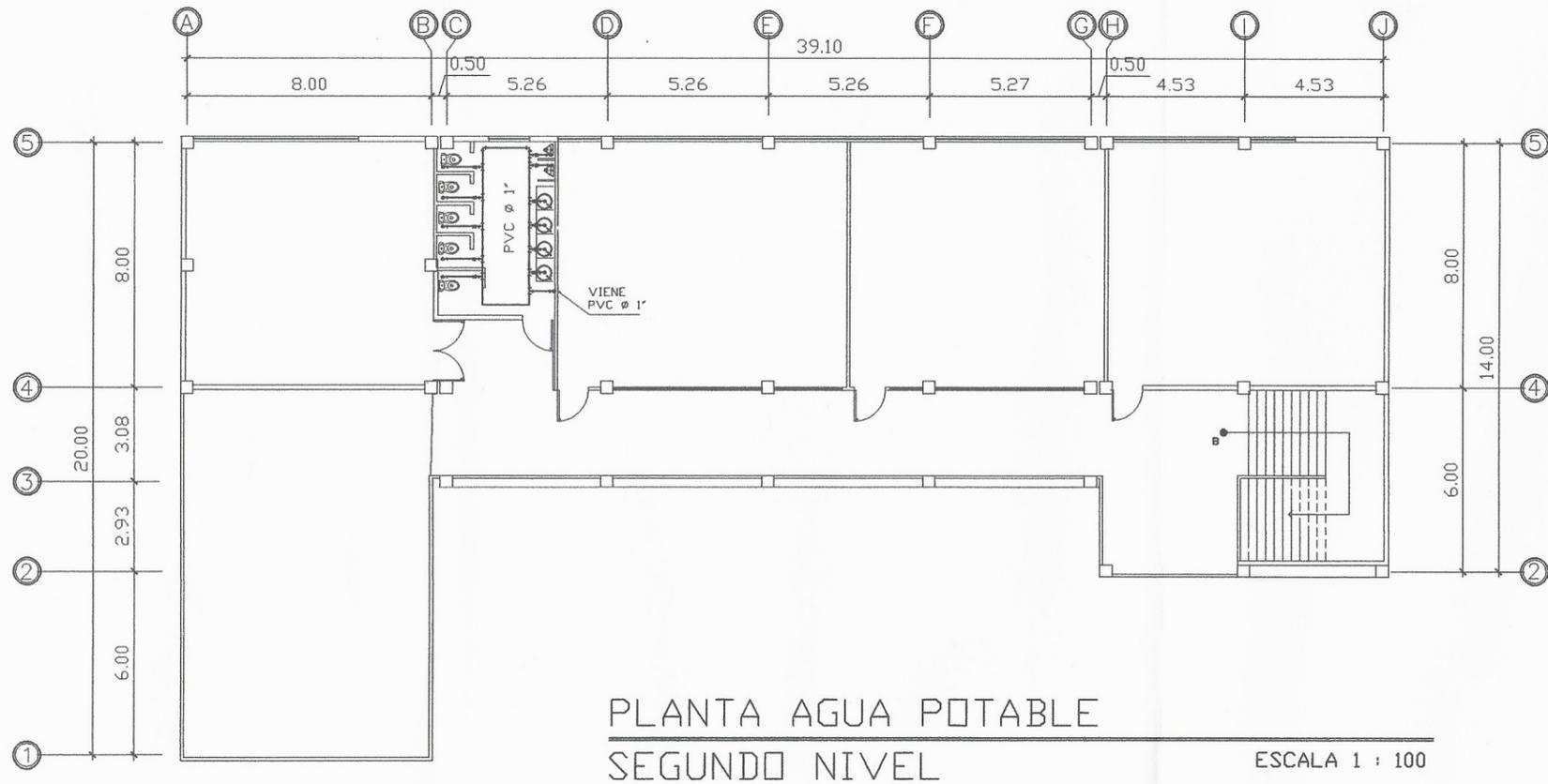
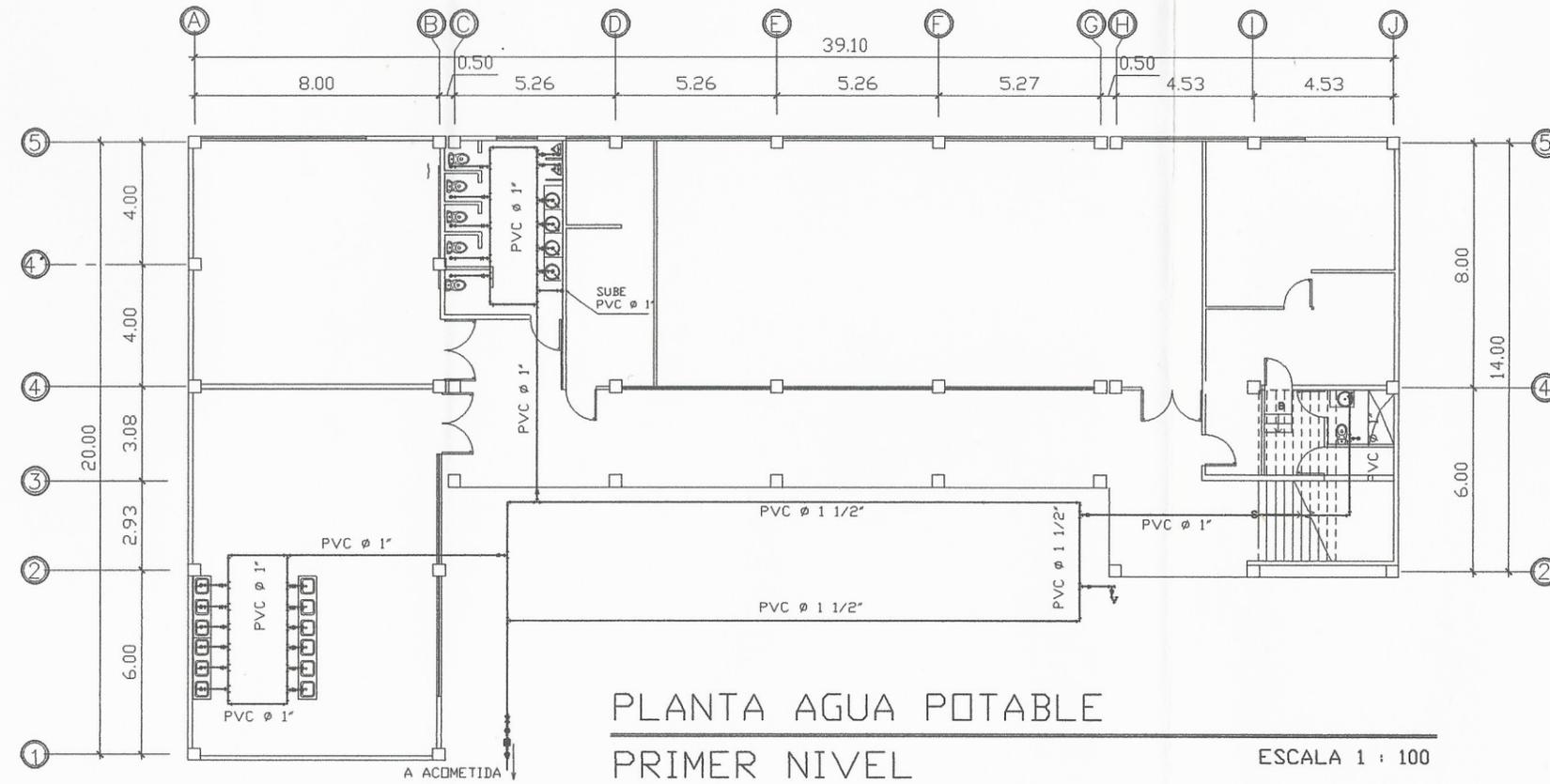


SIMBOLÓGIA DE DRENAJES

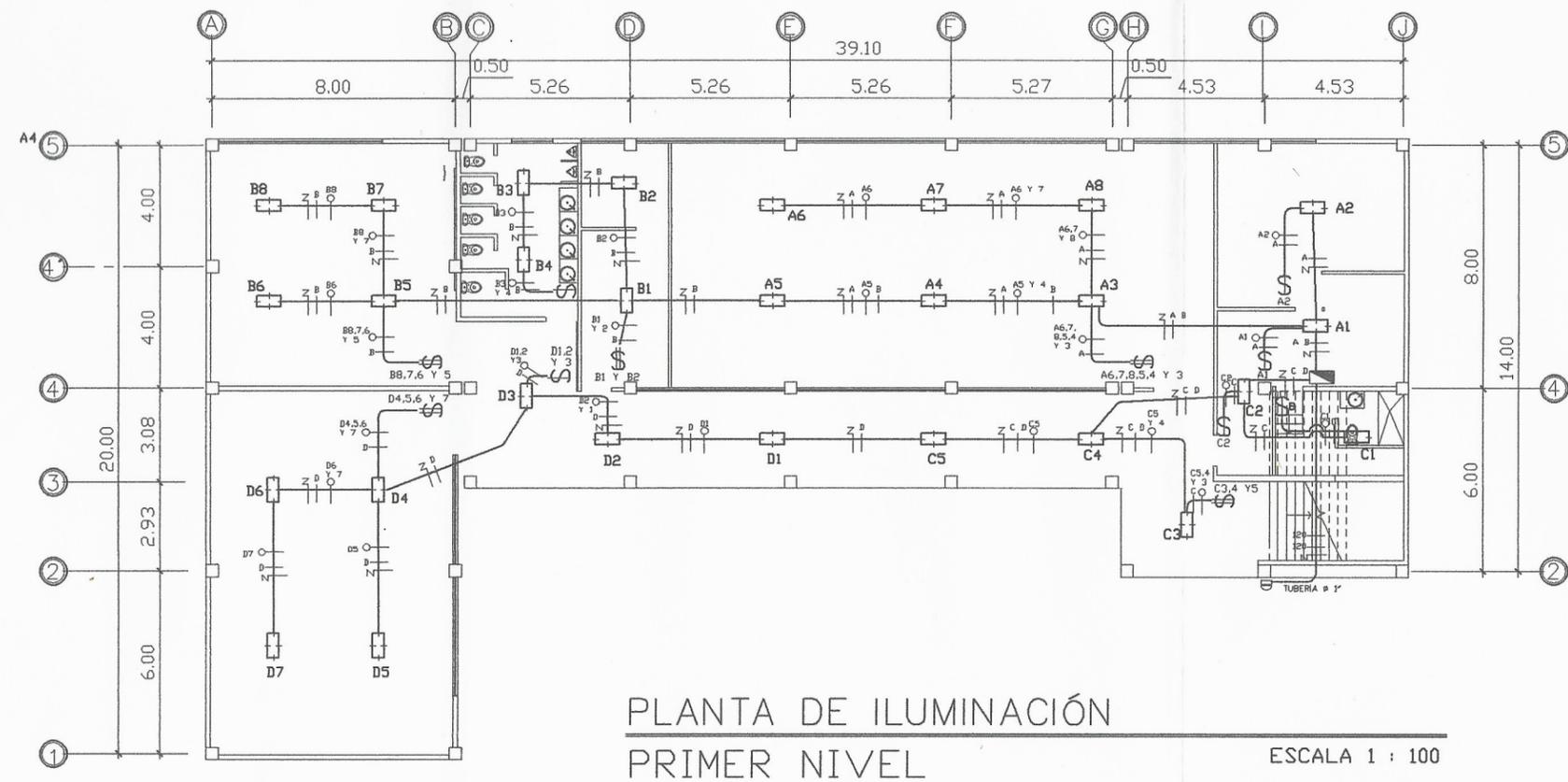
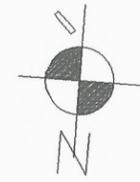
SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
CR	CAJA DE REGISTRO DE DRENAJE	TE PERFIL	SIFÓN TERMINAL PERFIL
CTC	CAJA TRAMPA DE GRASA	TE PLANTA	TE PLANTA
CR	CAJA REPOSADORA	TE ELEVACIÓN	TE ELEVACIÓN
→	PENDIENTE DE TECHOS AGUA PLUVIAL	YE	YE
—	TUBO DE DRENAJE AGUA PLUVIAL	YE DOBLE	YE DOBLE
—	TUBO DE DRENAJE AGUAS NEGRAS	CCOD 90° PERFL	CCOD 90° PERFL
CR	CAJA PARA DRENAJE DE PILA	CCOD 90° ELEVACIÓN	CCOD 90° ELEVACIÓN
—	REDUCTOR DE 3" A 2"	CCOD 45° PERFL	CCOD 45° PERFL
—	INDICA EL SENTIDO DE LA PENDIENTE	CCOD 90° BAJA	CCOD 90° BAJA
		BAJADA DE DRENAJE	BAJADA DE DRENAJE
		BAJADA DE AGUA PLUVIAL	BAJADA DE AGUA PLUVIAL



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA, EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE: PLANTA DE AGUA POTABLE		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2019	HOJA
ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	ESTUDIANTE: RONY GONZÁLEZ CARNE: 201403869	11 / 13



NOMENLATURA DE PLOMERÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	TUBERÍA P.V.C. PARA AGUA FRÍA Ø INDICADO
	TUBERÍA C.P.V.C. PARA AGUA CALIENTE Ø INDICADO
	CODO VERTICAL A 90° P.V.C.
	CODO HORIZONTAL A 90° P.V.C.
	TEE VERTICAL P.V.C.
	TEE HORIZONTAL P.V.C.
	CRUZ HORIZONTAL P.V.C.
	REDUCIDOR P.V.C. DE 3/4" - 1/2"
	INDICA GRIFO
	INDICA CONTADOR
	LLAVE DE PASO
	LLAVE DE GLOBO
	LLAVE DE CHEQUE
	CALENTADOR DE AGUA

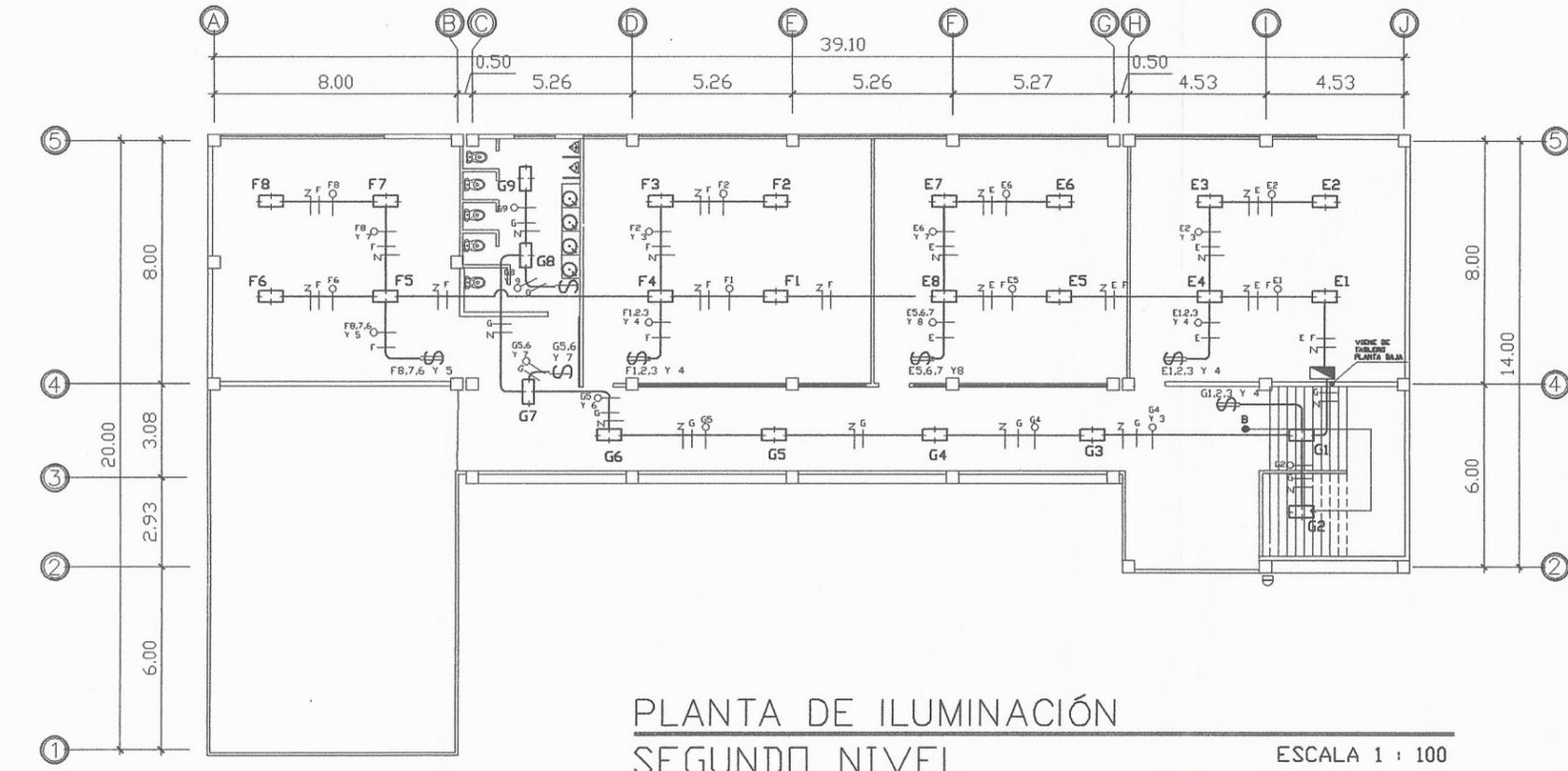


PLANTA DE ILUMINACIÓN
PRIMER NIVEL

ESCALA 1 : 100

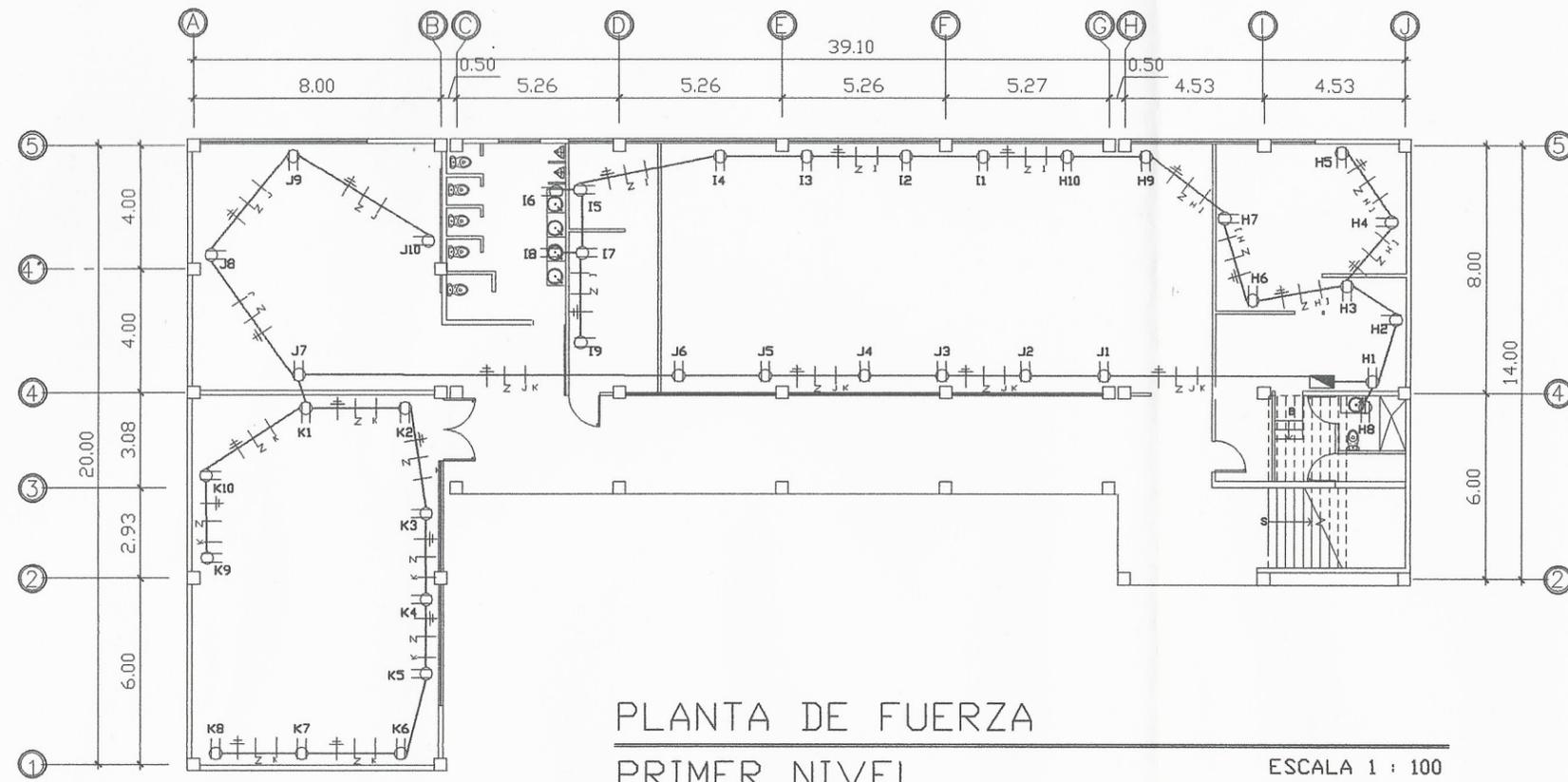
SIMBOLOGÍA ILUMINACIÓN

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
A1	ILUMINACIÓN EN CIELO	\$	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
A2	ILUMINACIÓN EN PARED TIPO PLAFONERO H=1.80 S.N.P.T.	\$	INTERRUPTOR DOBLE H=1.20 S.N.P.T.
A3	ILUMINACIÓN PARA PROYECTORES (REFLECTOR DOBLE)	\$	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
N	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO	\$3W	INTERRUPTOR THREE WAY(3 VÍAS) SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.
+	LÍNEA DE PUENTE CALIBRE 12 TW O INDICADO	A3	ILUMINACIÓN PARA PROYECTORES (REFLECTOR SIMPLE)
A+	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO	▭	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
A1-	LÍNEA DE RETORNO CALIBRE 12 TW O INDICADO	⊔	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
—	TUBO PVC ELÉCTRICO #3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA	⊔	SALIDA DE INSTALACIÓN DE TIMBRE H=1.80 S.N.P.T.
—	TUBO PVC ELÉCTRICO #3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED	⊙	PULSOR DE TIMBRE H=1.20 S.N.B.T.
—	TUBO PVC ELÉCTRICO #3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO		



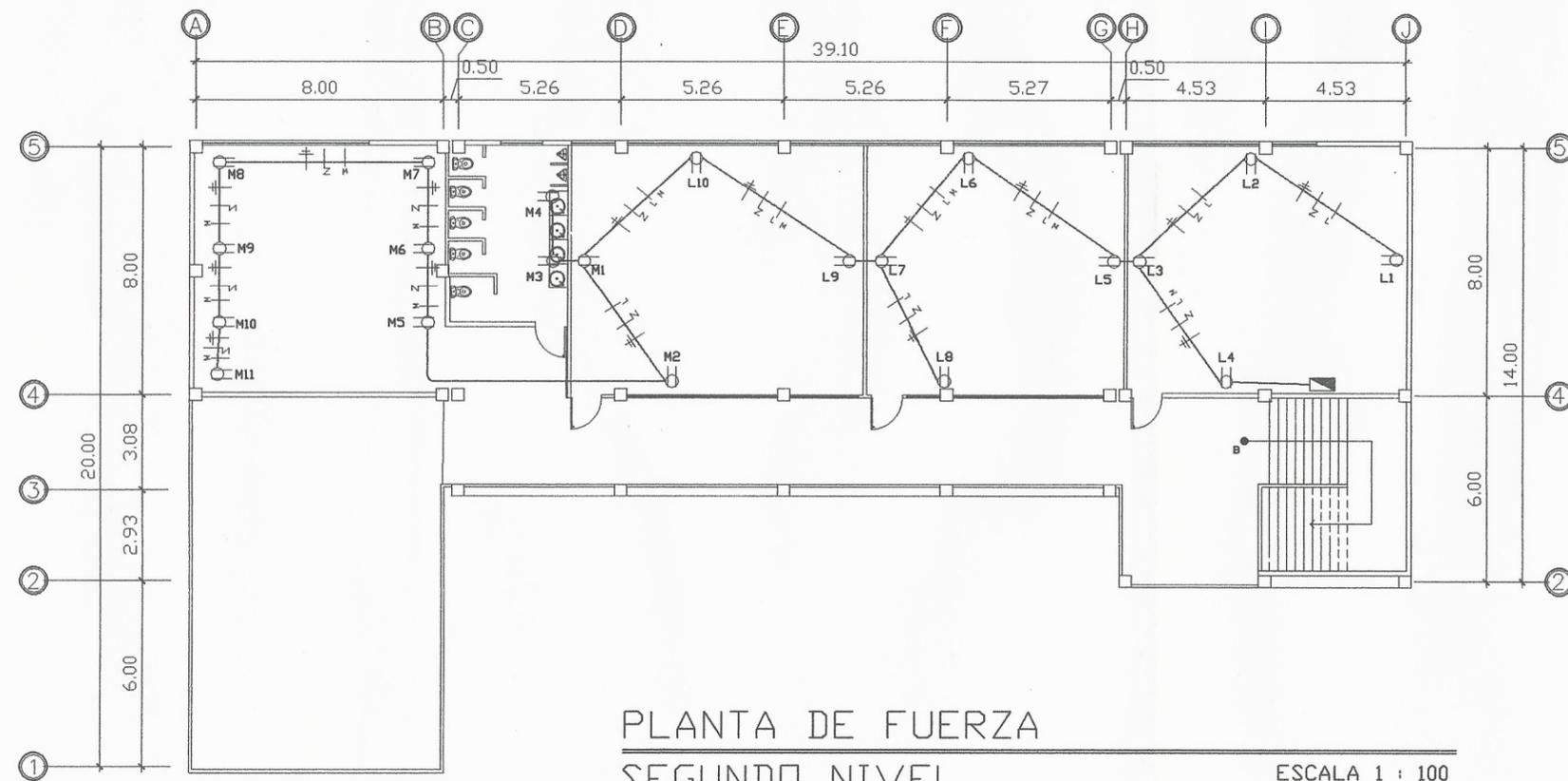
PLANTA DE ILUMINACIÓN
SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1 : 100



PLANTA DE FUERZA
PRIMER NIVEL

ESCALA 1 : 100



PLANTA DE FUERZA
SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1 : 100



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA, FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD SAN PEDRO CARCHÁ		
PROYECTO: CENTRO DE CAPACITACIÓN Y FORMACIÓN HUMANA EN EL CASCO URBANO DE SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.		
PLANO DE: PLANTA DE FUERZA		
DISEÑO Y CALCULO: RONY DANILLO GONZÁLEZ TORRES		
ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE 2019	HOJA
ASESOR EPS: ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ	ESTUDIANTE: RONY GONZÁLEZ CARNE: 201403869	13 / 13



SIMBOLOGÍA DE FUERZA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SIMPLE 240 V. H=0.30 S.N.P.T.
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE SIMPLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 12 TW O INDICADO		TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO 3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN LOSA		TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=1.20 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO 3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO		TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO 3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PISO		CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.

ANEXOS

Anexo 1. Ensayos de laboratorio de suelos

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		USAC TRICENTENARIA Universidad de San Carlos de Guatemala
---	--	---	--

INFORME No. 047 S.S.A. O.T.: 39,372 No. 17062

Interesado: Rony Danilo González Torres

Proyecto: EPS "Diseño de la carretera de Caserío Santa Cruz a Aldea Chacalte, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de San Pedro Carchá

FECHA: miércoles, 6 de febrero de 2019

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa color café

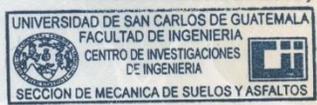
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
DIRECTOR CII/USAC





FACULTAD DE INGENIERIA -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>

Continuación anexo 1.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	 USAC TRICENTENARIA Universidad de San Carlos de Guatemala
---	--	---

INFORME No. 049 S.S.A.	O.T.: 39,372	No. 17064
------------------------	--------------	------------------

Interesado: Rony Danilo González Torres	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 la carretera Santa Cruz a Aldea Chacalte, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"		
Ubicación: Municipalidad San Pedro Carchá		
Fecha: miércoles, 06 de febrero de 2019		

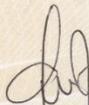
GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD



% HUMEDAD	DENSIDAD SECA (lb/pie³)
11	83.5
15	85.0
20	87.0
25.38 (Hop)	92.86
30	86.5

Descripción del suelo:	Arena limosa color café	
Densidad seca máxima γ_d :	1,487.62 Kg/m ³	92.86 lb/pie ³
Humedad óptima Hop.:	25.38 %	
Observaciones:	Muestra proporcionado por el interesado.	

Atentamente,

 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos	Visa.  Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes DIRECTOR CII/USAC
---	--

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA DIRECCIÓN CII/USAC
---	--

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
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>

Continuación anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

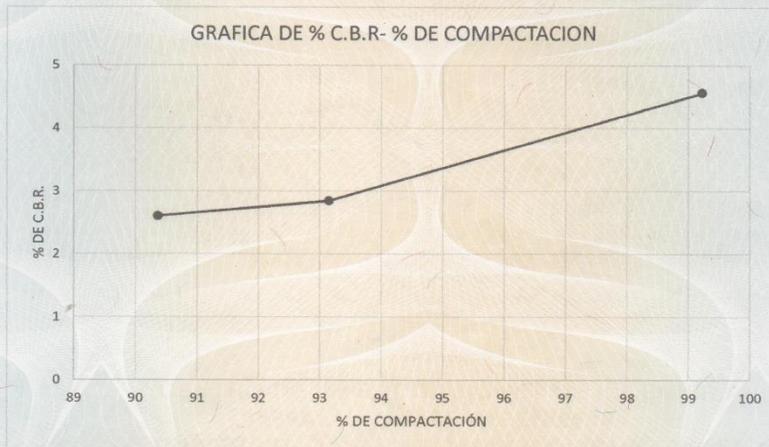
INFORME No. 050 S.S.A.

O.T. No. 39,372

No. 17065

Interesado: Rony Danilo González Torres
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
Proyecto: EPS "Diseño de la carretera Santa Cruz a Aldea Chacalte, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"
Ubicación: Municipalidad San Pedro Carchá
Descripción del suelo: Arena limosa color café
Fecha: miércoles, 06 de febrero de 2019

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	γ_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	25.38	83.91	90.4	0.46	2.61
2	25	25.38	86.50	93.1	0.50	2.85
3	56	25.38	92.14	99.2	0.48	4.56



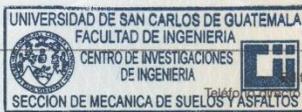
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Visa.

Omar E. Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Edwin Josué Ixpátá Reyes
Ing. Edwin Josué Ixpátá Reyes
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Calle Emilio Beltránena, Ciudad Universitaria zona 12
2418-9115 y 2418-9121, Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación anexo 1.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		USAC TRICENTENARIA Universidad de San Carlos de Guatemala
---	--	---	--

INFORME No. 043 S.S.A. O.T.: 39,371 **No. 17058**

Interesado: Rony Danilo González Torres

Proyecto: EPS "Ampliación y mejoramiento de la carretera hacia Aldea Siguanha Pocolá, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Municipalidad de San Pedro Carchá

FECHA: miércoles, 6 de febrero de 2019

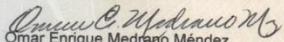
RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Limo arenoso color café

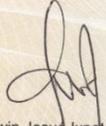
(*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

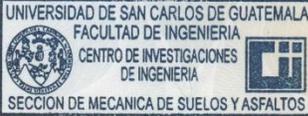
Atentamente,


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Visa.


Ing. Edwin Josué Ixpátá Reyes
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>

Continuación anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



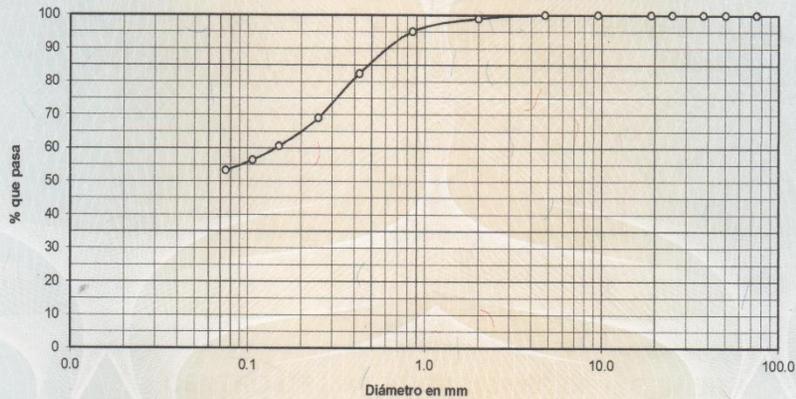
Informe No.: 044 S.S.A.

O.T.: 39,371

No. 17059

Interesado: Rony Danilo González Torres
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo
 Norma: ASTM D6913-04
 Proyecto: EPS "Ampliación y mejoramiento de la carretera hacia Aldea Siguanha Pocolá, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"
 Ubicación: Municipalidad de San Pedro Carchá
 Fecha: miércoles, 6 de febrero de 2019

Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	98.99
2"	50 mm	100.00	20	850 μm	95.03
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 μm	82.41
1"	25 mm	100.00	60	250 μm	69.07
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 μm	60.64
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 μm	56.43
4	4.75 mm	100.00	200	75 μm	53.23



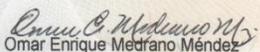
Descripción del suelo: Limo arenoso color café

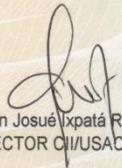
Clasificación: S.C.U.: ML % de Grava: 0.00 D10: *
 P.R.A.: A-4 % de Arena: 46.77 D30: *
 % de finos: 53.23 D60: 0.60 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.
 * Diámetro efectivo no aplica.

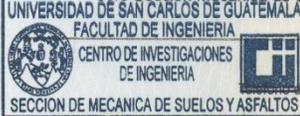
Atentamente,

Visa.


 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos


 Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
 DIRECTOR CII/USAC





FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC-
 Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



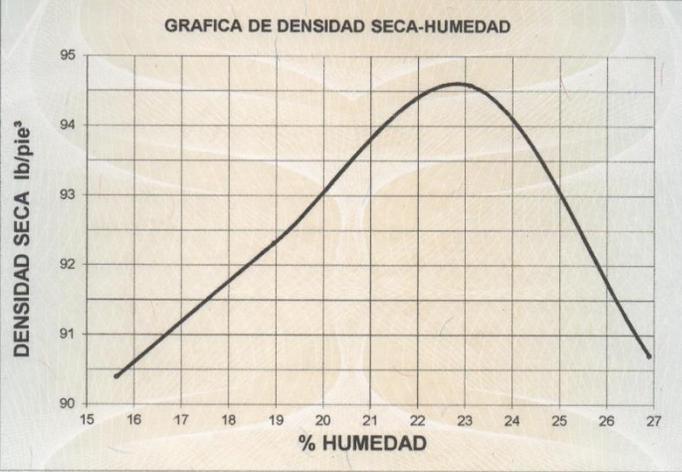
Continuación anexo 1.

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		USAC TRICENTENARIA <small>Universidad de San Carlos de Guatemala</small>
---	--	---	---

INFORME No. 045 S.S.A. O.T.: 39,371 **No. 17060**

Interesado: Rony Danilo González Torres 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 "Ampliación y mejoramiento de la carretera hacia Aldea Siguanha Pocolá, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"
Ubicación: Municipalidad San Pedro Carchá
Fecha: miércoles, 06 de febrero de 2019

GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD

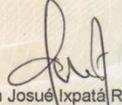


% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
16	90.5
17	91.5
18	92.5
19	93.5
20	94.2
21	94.8
22	95.2
23	94.8
24	93.8
25	92.5
26	91.2
27	90.0

Descripción del suelo: Limo arenoso color café
Densidad seca máxima γ_d : 1,515.49 Kg/m³ 94.60 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 22.80 %
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,


Ing. Omar Enrique Medrano Méndez *Visa.*
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos


Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
DIRECTOR CII/USAC


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
Centro de Investigaciones de Ingeniería
GUATEMALA, G. A.
DIRECCIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
Edificio Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación anexo 1.



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

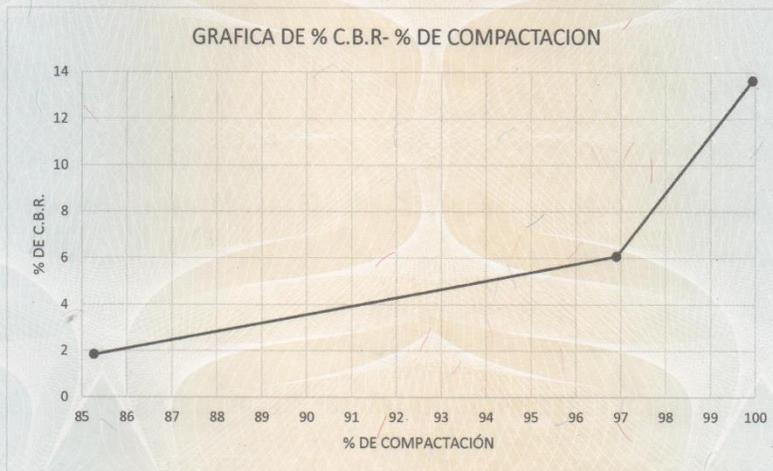
INFORME No. 046 S.S.A.

O.T. No. 39,371

No. 17061

Interesado: Rony Danilo González Torres
Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
Proyecto: EPS "Ampliación y mejoramiento de la carretera hacia Aldea Siguanha Pocolá, San Pedro Carchá, Alta Verapaz"
Ubicación: Municipalidad San Pedro Carchá
Descripción del suelo: Limo arenoso color café
Fecha: miércoles, 06 de febrero de 2019

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	V_d (Lb/pie ³)	(%)	(%)	(%)
1	10	22.80	80.66	85.3	0.44	1.85
2	25	22.80	91.67	96.9	0.26	6.08
3	56	22.80	94.54	99.9	0.57	13.64



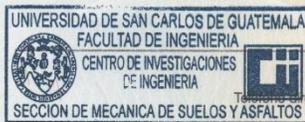
Observaciones: Muestra proporcionado por el interesado.

Atentamente,

Visa.

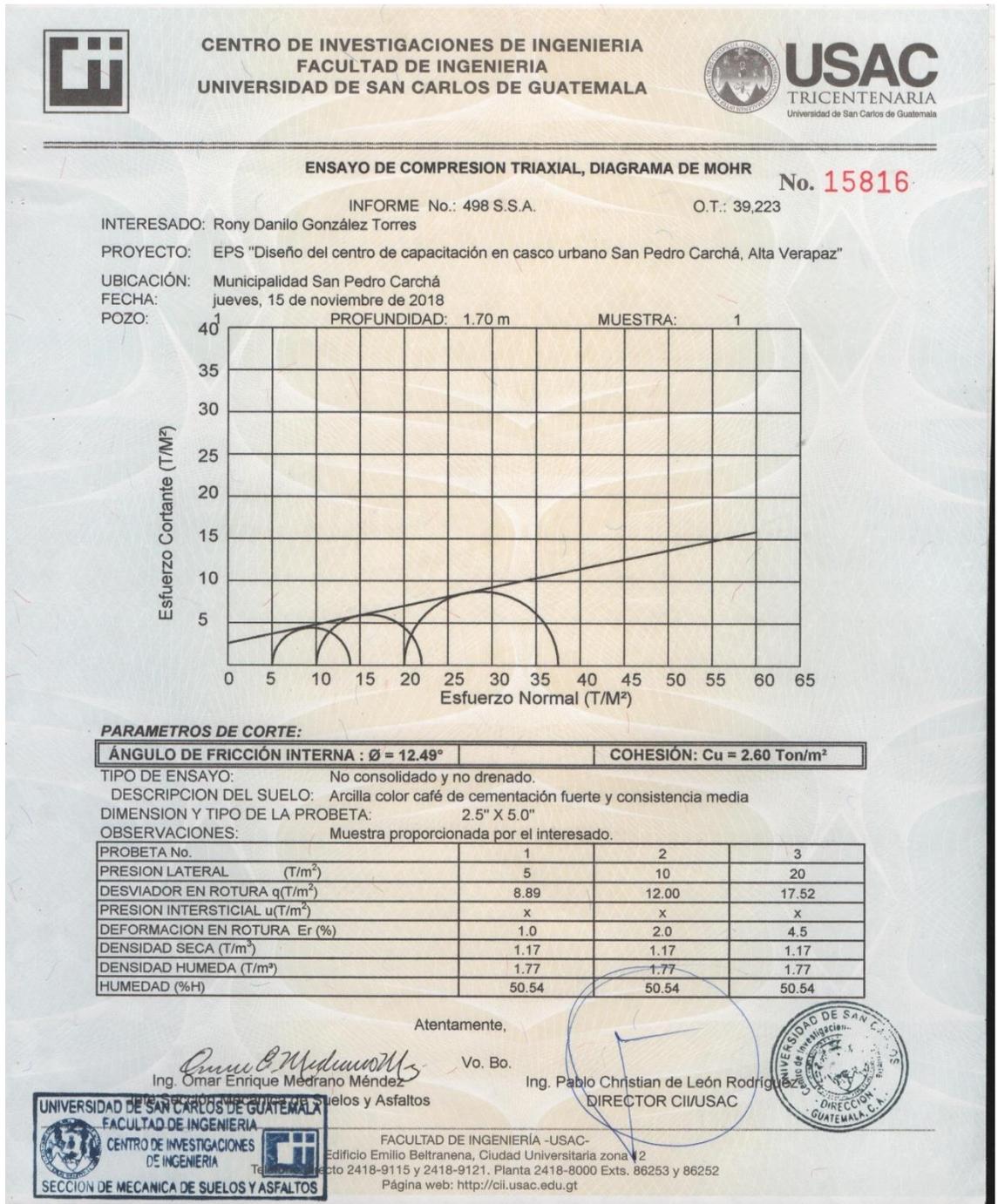
Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

Edwin Josué Ixpatá Reyes
Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
DIRECTOR CII/USAC



FACULTAD DE INGENIERIA -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>

Continuación anexo 1.



Fuente: Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

Anexo 2. Evaluación ambiental de carreteras



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato debe proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario ventanilla única no lo aceptará.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y debe ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera. • Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información. • La información debe ser completada, utilizando letra de molde legible o a máquina de escribir. • Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: yunica@marn.gob.gt • Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera). • Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN. 	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
I. INFORMACION LEGAL	
<p>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar): CONSTRUCCIÓN DE CARRTERA DE CASERIO SANTA CRUZ HACIA ALDEA CHACALTE, SAN PEDRO CARCHÁ, ALTA VERAPAZ.</p>	
<p>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento. CONSTRUCCIÓN DE CARRTERA PAVIMENTADA</p>	
<p>I.2. Información legal:</p> <p>A) Persona Individual:</p> <p>A.1. Representante Legal: Lic. Erwin Alfonso Catún Maquín</p> <p>A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI): _____</p> <p>B) De la empresa:</p> <p>Razón social: Municipalidad de San Pedro Carchá, Alta Verapaz.</p> <p>Nombre Comercial: No aplica.</p> <p>No. De Escritura Constitutiva: No aplica.</p> <p>Fecha de constitución:</p> <p>Patente de Sociedad Registro No. No aplica. Folio No. No aplica. Libro No. No aplica</p> <p>Patente de Comercio Registro No. No aplica. Folio No. No aplica. Libro No. No aplica.</p> <p>C) De la Propiedad:</p> <p>No. De Finca No aplica Folio No. No aplica Libro No. No aplica de _____ dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p>D) De la Empresa y/o persona individual:</p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): _____</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación anexo 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>1.3 Teléfono 7790-4141 Correo electrónico: _____</p>		
<p>1.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p>Caserío Santa Cruz, San Pedro Carchá Alta Verapaz, Guatemala.</p> <p>Especificar Coordenadas Geográficas</p> <p style="text-align: center;"><i>Coordenadas Geográficas Datum WGS84</i></p> <p style="text-align: center;">LATITUD: 15°29'06" N</p> <p style="text-align: center;">LONGITUD: 90°09'58" O</p>		
<p>1.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; OBLIGATORIAMENTE indicar el municipio y departamento)</p> <p style="text-align: center;">5ta. Calle 7-31 Zona 1 San Pedro Carchá, Alta Verapaz.</p>		
<p>1.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</p>		
II. INFORMACION GENERAL		
<p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>		
<p>II.1 Etapa de Construcción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Apertura de carretera • Conformación de la subbase • Conformación de la base • Colocación de la carpeta de rodadura. • Construcción de drenajes 	<p>Operación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades o procesos • Maquinaria y camiones de volteo. • Tránsito de vehículos 	<p>Abandono</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desalojo de maquinaria • Limpieza del área de trabajo
<p>II.3 Área</p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: 25,000.00</p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 13,750.00</p> <p style="padding-left: 20px;">Área total de construcción en metros cuadrados: 13,750.00</p>		

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación anexo 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES				PARA USO INTERNO DEL MARN			
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Sí/No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	SI	3000 lts/día	Municipalidad	Conformación de base, subbase y fundición.		Cisterna
	Pozo						
	Agua especial						
	Superficial						
Combustible	Otro						
	Gasolina	SI	3 gal/día	Municipalidad	Equipo		Cisterna
	Diesel	SI	35 gal/día	Municipalidad	Transporte de maquinaria y camiones		Cisterna
	Bunker						
	Glp						
	Otro						
Lubricantes	Solubles						
	No solubles						
Refrigerantes							
Otros	Antisol	SI	5 gal/día	Municipalidad	Fraguado del concreto		Cisterna
<p>NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia</p> <p>III. IMPACTO AL AIRE</p> <p>GASES Y PARTICULAS</p> <p>III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Debido al movimiento de tierras se produce polvo y por el uso de maquinaria se produce humo.</p> <p>MITIGACION</p>							

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación anexo 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?
Se estarán dando charlas a los vecinos de medidas de prevención y a los trabajadores se protegerán con equipo; tales como mascarillas.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RUIDO Y VIBRACIONES	
III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones? SI	
III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.) Dentro del tramo carretero	
III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores? Se estarán dando charlas a los vecinos de prevención y a los trabajadores se les brindara equipo de protección.	
OLORES	
III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores: No se generarán gases	
III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?	
IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA	
AGUAS RESIDUALES	
CARACTERIZACION DE LAS AGUAS RESIDUALES	
IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan? a) Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas) b) Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias) c) Mezcla de las anteriores d) Otro;	
Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado Se generan aguas ordinarias, que provienen de los servicios sanitarios de los trabajadores, provocando un caudal de 0.10 lts/seg.	
IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios 2	

Continuación anexo 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.3 Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento: Desfogar en pozos de absorción. b) Capacidad: Pozos de absorción de 10,000 litros c) Operación y mantenimiento: d) Caudal a tratar: 0.10 lts/seg</p>	
DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES	
<p>IV.4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior</p> <p style="text-align: center;">Pozo de absorción</p>	
AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)	
<p>IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p> <p style="text-align: center;">Se descargaran sobre los zanjones</p>	
V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)	
DESECHOS SÓLIDOS	
VOLUMEN DE DESECHOS	
<p>V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p>	
<p>V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</p> <p style="text-align: center;">Desecho común</p>	
<p>V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p> <p style="text-align: center;">No se generan desechos peligrosos</p>	
<p>V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p style="text-align: center;">Ninguno</p>	
<p>V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p> <p style="text-align: center;">No aplica</p>	
<p>V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p> <p style="text-align: center;">No</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación anexo 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)
Pozo de absorción

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA	
CONSUMO	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes) _____	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público _____	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia Generadores de gasolina	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía? Eficiencia máxima	
VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques _____	
- Animales _____	
- Otros _____	
Especificar información _____	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? SI	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI () NO (X) Por qué? Solo se trabajara sobre el tramo carretera, quedando libre el resto del area	
VIII. TRANSPORTE	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:	
a) Número de vehículos 10	
b) Tipo de vehículo Camiones y pick up.	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa Entrada a la carretera	
d) Horario de circulación vehicular 6:30 a 18:30	
e) Vías alternas No	
IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJISTICOS	
ASPECTOS CULTURALES	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna (s) etnia (s) predominante, cuál? Q'eqchi'	

Continuación anexo 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES	
IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____ b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____ c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____	
Ampliar información de la respuesta seleccionada	
ASPECTOS SOCIAL	
IX.3 En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI () NO (X)	
IX.4 Qué tipo de molestias? Ninguna	
IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? No aplica	
PAISAJE	
IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explique por qué? Si, porque afecta al bosque con la tala de arboles y colocación del pavimento rígido.	
X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:	
a) <input checked="" type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores	
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:	
X.3 riesgos ocupacionales:	
<input type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores <input checked="" type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores <input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores	
Ampliar información: Puede provocar enfermedades respiratorias por el polvo ocasionado al movimiento de tierra.	
Equipo de protección personal	
X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ()	
X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: Mascarillas, cascos, chalecos, tapones para los oídos y guantes.	
X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? Informar por medio de charlas a los pobladores sobre la prevención y brindar equipo de seguridad a los trabajadores.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

