



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

**DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA  
INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE  
PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR  
CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

**Migdalia Azucena Alvarado Morales**  
Asesorada por el Ing. Oscar Argueta Hernández

Guatemala, julio de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA  
INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE  
PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR  
CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MIGDALIA AZUCENA ALVARADO MORALES**  
ASESORADA POR EL ING. OSCAR ARGUETA HERNÁNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2023

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Ing. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañón López
EXAMINADOR	Ing. Oscar Argueta Hernández
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
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 TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 22 de marzo 2021.



**Migdalia Azucena Alvarado Morales**

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 21 de febrero de 2023  
REF.EPS.DOC.55.02.2023

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Migdalia Azucena Alvarado Morales**, CUI 1871 20951 1503 y **Registro Académico 200915143** de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **ALDEA MONTÚFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA.**

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

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 13 de abril de 2023  
REF.EPS.D.130.04.2023

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **ALDEA MONTÚFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Migdalia Azucena Alvarado Morales, CUI 1871 20951 1503 y Registro Académico 200915143**, quien fue debidamente asesorada y supervisada 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

Guatemala, 03 de marzo 2023

Ingeniero  
Armando Fuentes Roca  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
USAC

Estimado Ingeniero Fuentes:

Por este medio se informa que el Área de Topografía y Transportes, ha aprobado el trabajo de graduación denominado: **“DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA”**, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Migdalia Azucena Alvarado Morales**, con CUI **1871 20951 1503** y registro académico No. **200915143**, quien contó con la asesoría de la Ingeniero Civil **Oscar Argueta Hernández**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS,



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ÁREA  
DE TOPOGRAFÍA  
Y TRANSPORTES  
COORDINACIÓN

Ing. Alejandro Castañón López  
Coordinación de Área de  
Topografía y Transportes





Guatemala, 16 de marzo de 2023

**Para:**  
**Migdalia Azucena Alvarado Morales**  
**Estudiante de Ingeniería Civil**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos**

**Estimado Ingeniero Fuentes:**

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación “**DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**”, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Migdalia Azucena Alvarado Morales**, con **CUI 1871 20951 1503** y registro académico No. **200915143**, quien contó con la asesoría del Ingeniero Civil **Oscar Argueta Hernández**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca  
Coordinador del Área de Estructuras





Guatemala, 17 de marzo 2023

**Ingeniero:**  
**Oscar Argueta Hernández**  
**Director Ejercicio Profesional Supervisado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Presente.**

**Estimado Ingeniero Argueta:**

Por este medio se informa que el Departamento de Estructuras y el Área de Topografía y Trasportes, el trabajo de graduación denominado: “**DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**”, el cual fue presentado por el estudiante de Ingeniería Civil **Migdalia Azucena Alvarado Morales**, con CUI **1871 20951 1503** y registro académico **No. 200915143**, quien contó con la asesoría del **Ingeniero Civil Oscar Argueta Hernández**. Y después de haber realizado las correcciones pertinentes por el estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil.

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

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
**Ing. Armando Fuentes Roca**  
**Director**  
**Escuela de Ingeniería Civil**



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

Más de 140 años de Trabajo y Mejora Continua



Decanato  
Facultad de Ingeniería  
24189101- 24189102  
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.540.2023

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por: **Migdalia Azucena Alvarado Morales**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. José Francisco Gómez Rivera   
Decano a.i.

Guatemala, julio de 2023

AACE/gaac

## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Agradezco por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

### **Mis padres**

Zoila Morales y Francisco Alvarado, por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, les agradezco por acompañarme en este camino y siempre desear y anhelar lo mejor para mi vida, gracias por cada consejo y por las palabras que me guiaron, sin su apoyo incondicional en todos los ámbitos no hubiera podido llegar a donde estoy.

### **Mis hermanos**

Mariela y Marlon Alvarado, que en el día a día con su presencia, respaldo y cariño me impulsaron a salir adelante. Se los dedico con mucho amor.

### **Mis abuelitos**

Q.E.P.D. Personas que fueron luchadoras, inspiradoras y dedicadas por salir adelante, gracias por todas las enseñanzas y las bendiciones, fueron un pilar muy importante.

**Mis sobrinos**

Fernanda Interiano, Rubí, Emili y Roberto Alvarado, que este triunfo sea motivador para poder lograr lo que quieran.

**Mi novio**

Juan Carlos Najera, el apoyo brindado, ha sido sumamente importante y por ser parte motivadora e inspiradora de este proyecto, por su amor y comprensión.

**Mis tíos**

Por el apoyo que me brindaron para poder avanzar en mi carrera.

**Mis amigos**

Veronica Mendéz y David Solis de la Facultad de Ingeniería, que durante el transcurso de la carrera me brindaron su apoyo y amistad sincera.

**Mi familia en general**

Con afecto a todos mis primos y tíos por su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**La Universidad de  
San Carlos de  
Guatemala**

Agradezco a mi alma *mater* por haberme permitido formarme como profesional.

**Facultad de Ingeniería**

Por brindarme el conocimiento y las herramientas necesarias para mi profesión.

**Mis padres**

No hay palabras para agradecer todo lo que han hecho por mí, por la confianza y el apoyo brindado.

**Municipalidad de San  
Juan Sacatepéquez**

Por haberme brindado la oportunidad de realizar mi proyecto de EPS, por el apoyo y por los conocimientos brindados.

**Ing. Oscar Argueta  
Hernández**

Por la asesoría brindada y los consejos durante el trabajo de graduación.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XIII
GLOSARIO .....	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía del municipio de San Juan Sacatepéquez .....	1
1.1.1. Aspectos históricos.....	1
1.1.2. Localización geográfica .....	2
1.1.3. Vías de comunicación.....	3
1.1.4. Aspectos climáticos .....	3
1.1.5. Población.....	4
1.1.6. Actividades económicas .....	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	7
2.1. Diseño tipo mampostería de edificio de dos niveles para instituto básico y diversificado para la región occidente, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.....	7
2.1.1. Descripción del proyecto .....	7
2.1.2. Investigación preliminar .....	7
2.1.2.1. Localización del terreno .....	8
2.1.2.2. Topografía del terreno .....	9
2.1.2.2.1. Planimetría .....	9

	2.1.2.2.2.	Altimetría.....	9
2.1.3.		Estudio de suelos.....	10
	2.1.3.1.	Ensayo triaxial .....	10
2.1.4.		Normas para el diseño de edificios educativos .....	12
	2.1.4.1.	Criterios generales.....	13
	2.1.4.2.	Criterios de iluminación .....	13
	2.1.4.3.	Instalaciones.....	14
	2.1.4.4.	Otros criterios .....	15
2.1.5.		Diseño arquitectónico.....	16
	2.1.5.1.	Localización y ubicación del terreno .....	16
	2.1.5.2.	Distribución de ambientes .....	17
	2.1.5.3.	Altura del edificio .....	18
	2.1.5.4.	Selección del sistema estructural a utilizar .....	18
2.1.6.		Análisis estructural .....	19
	2.1.6.1.	Generalidades de diseño de elementos en mampostería.....	20
	2.1.6.2.	Análisis simplista .....	20
	2.1.6.3.	Integración de cargas .....	20
	2.1.6.4.	Especificaciones de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.....	25
	2.1.6.5.	Corte basal .....	36
	2.1.6.6.	Diseño de mampostería.....	54
	2.1.6.6.1.	Esfuerzos admisibles .....	60
2.1.7.		Estructura.....	62
	2.1.7.1.	Diseño de muros críticos .....	63
	2.1.7.2.	Diseño de losas .....	75
	2.1.7.3.	Diseño de vigas .....	93

2.1.7.4.	Diseño de cimientos.....	106
2.1.7.4.1.	Determinación de valor soporte.....	106
2.1.7.4.2.	Diseño de cimiento corrido .....	107
2.1.7.5.	Instalaciones .....	115
2.1.7.5.1.	Instalaciones hidráulicas .....	115
2.1.7.5.2.	Instalaciones sanitarias .....	119
2.1.7.5.3.	Instalaciones eléctricas .....	125
2.1.8.	Presupuesto .....	128
2.1.9.	Cronograma.....	130
2.1.10.	Evaluación de impacto ambiental .....	132
2.2.	Diseño de pavimento de concreto para carretera que conecta la aldea Montufar con aldea Cerro Alto, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.....	134
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	135
2.2.2.	Periodo de diseño.....	135
2.2.3.	Levantamiento topográfico .....	135
2.2.3.1.	Planimetría.....	136
2.2.3.2.	Altimetría.....	136
2.2.4.	Tipos de pavimentos.....	136
2.2.4.1.	Pavimento rígido .....	137
2.2.4.2.	Pavimento flexible.....	137
2.2.5.	Ensayos de laboratorio de suelos.....	138
2.2.5.1.	Ensayo de granulometría .....	138
2.2.5.2.	Ensayo de límites de Atterberg .....	138

2.2.5.3.	Ensayo de proctor modificado .....	140
2.2.5.4.	Ensayo de valor Soporte California (CBR).....	141
2.2.5.5.	Ensayo equivalente de arena .....	142
2.2.5.6.	Análisis de resultados.....	142
2.2.6.	Diseño geométrico de carretera .....	143
2.2.6.1.	Alineamiento horizontal .....	143
2.2.6.1.1.	Diseño localización .....	144
2.2.6.1.2.	Tangentes y curvas horizontales.....	146
2.2.6.1.3.	Curvas de transición ....	147
2.2.6.1.4.	Peralte.....	149
2.2.6.1.5.	Sobreechancho.....	149
2.2.6.2.	Alineamiento vertical.....	150
2.2.6.2.1.	Diseño de subrasante y pendiente .....	150
2.2.6.2.2.	Curvas verticales.....	151
2.2.6.2.3.	Correcciones.....	155
2.2.7.	Movimiento de tierra.....	156
2.2.7.1.	Cálculo de áreas de secciones transversales .....	157
2.2.7.2.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras.....	158
2.2.7.3.	Balance y diagrama de masa .....	161
2.2.8.	Elementos estructurales del pavimento.....	163
2.2.8.1.	Capa de subrasante .....	163
2.2.8.2.	Capa de sub-base .....	164
2.2.8.3.	Capa de base .....	164
2.2.8.4.	Capa de rodadura.....	165

2.2.9.	Diseño de pavimento rígido por método PCA.....	166
2.2.9.1.	Evaluación de tránsito promedio diario (TPD).....	167
2.2.9.2.	Método simplificado PCA.....	168
2.2.9.2.1.	Módulo de reacción de subrasante (k) .....	169
2.2.9.2.2.	Módulo de ruptura del concreto (Mr) .....	172
2.2.9.2.3.	Determinación de la subrasante.....	174
2.2.9.2.4.	Determinación de la base.....	174
2.2.9.2.5.	Determinación de la capa de rodadura .....	174
2.2.9.3.	Juntas .....	174
2.2.9.3.1.	Juntas longitudinales...	175
2.2.9.3.2.	Juntas transversales....	176
2.2.9.3.3.	Juntas de expansión....	176
2.2.9.3.4.	Juntas de construcción.	177
2.2.9.4.	Diseño de mezcla .....	178
2.2.9.5.	Bordillo .....	184
2.2.9.6.	Curado de concreto .....	185
2.2.9.7.	Sección típica.....	185
2.2.10.	Drenajes .....	187
2.2.10.1.	Consideraciones hidrológicas y cuencas.....	188
2.2.10.2.	Cálculo de caudal por método racional.	188
2.2.10.3.	Diseño de drenaje transversal .....	191
2.2.10.4.	Diseño de drenaje longitudinal.....	193

2.2.11.	Elaboración de planos.....	198
2.2.12.	Presupuesto .....	198
2.2.12.1.	Integración de precios unitarios.....	199
2.2.12.2.	Resumen de presupuesto.....	200
2.2.13.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	200
2.2.14.	Evaluación de impacto ambiental (EIA).....	201
CONCLUSIONES.....		205
RECOMENDACIONES .....		207
BIBLIOGRAFÍA.....		209
APÉNDICE .....		213
ANEXOS.....		243

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de San Juan Sacatepéquez.....	2
2.	Ubicación de la aldea Concepción El Pilar I, Sector 3, municipio San Juan Sacatepéquez .....	8
3.	El Caserío Concepción El Pilar I, Sector 3, se encuentra a una altura aproximada de 1,900 metros sobre el nivel del mar, coordenadas 14°43'04" latitud norte y 90°37'32" longitud este .....	17
4.	Mapa de zonificación sísmica en Guatemala .....	29
5.	Área tributaria muro 3.....	63
6.	Relación modular .....	67
7.	Detalle de columna C-A .....	71
8.	Detalle de columna C-B .....	71
9.	Detalle de columna C-C .....	72
10.	Detalle de columna C-D .....	72
11.	Detalle de columna C-E .....	73
12.	Detalle de solera de humedad .....	74
13.	Detalle de solera intermedia.....	75
14.	Detalle de solera corona .....	75
15.	Losas de entrepiso.....	80
16.	Losa 3.. .....	81
17.	Losa 4.. .....	82
18.	Losas de techo.....	84
19.	Balance de momentos.....	86
20.	Armado de losa de entrepiso .....	92

21.	Armado de losa de techo .....	92
22.	Área tributaria de vigas en aulas .....	96
23.	Detalle de armado de viga en aulas (ver anexos).....	101
24.	Detalle de armado de viga en aulas Sección A-A' .....	102
25.	Detalle de armado de viga en aulas Sección B-B' .....	102
26.	Área tributaria de vigas en pasillo .....	104
27.	Detalle de armado de viga de pasillo .....	105
28.	Detalle de armado de viga de pasillo Sección C-C' .....	105
29.	Detalle de armado de viga de pasillo Sección D-D' .....	106
30.	Longitud de punzonamiento de cimiento corrido .....	111
31.	Detalle de cimiento corrido .....	115
32.	Elementos de curva horizontal.....	146
33.	Diseño de primera curva de alineamiento horizontal .....	147
34.	Sobreancho de una carretera .....	150
35.	Tipos de curvas verticales, cóncavas y convexas .....	152
36.	Volumen entre sección del mismo tipo .....	159
37.	Volumen entre sección de diferente tipo.....	159
38.	Secciones transversales del proyecto.....	162
39.	Comportamiento de pavimentos .....	166
40.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores soporte .....	171
41.	Junta longitudinal “macho hembra con barra de sujeción.....	175
42.	Junta transversal con o sin barra de sujeción.....	176
43.	Junta de expansión con o sin barra de transferencia .....	177
44.	Junta de construcción con o sin barra de transferencia.....	178
45.	Sección típica de una carretera .....	187
46.	Tipos de cunetas .....	194
47.	Predimensionamiento de cuneta .....	195
48.	Detalle de cuneta .....	197

## TABLAS

I.	Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño ...	26
II.	Guía para clasificación de sitio.....	27
III.	Coeficiente de sitio $F_a$ .....	30
IV.	Coeficiente de sitio $F_v$ .....	30
V.	Factor $N_a$ para períodos cortos de vibración .....	31
VI.	Factor $N_v$ para períodos largos de vibración.....	32
VII.	Factor $K_d$ de acuerdo con el nivel de sismo.....	32
VIII.	Coeficiente y factores para diseño de sistemas sismoresistentes .....	38
IX.	Resumen del análisis sísmico .....	38
X.	Distribución de fuerzas por nivel .....	40
XI.	Distribución de momentos por nivel .....	41
XII.	Muros estructurales primer y segundo nivel.....	41
XIII.	Centro de masa en sentido X.....	43
XIV.	Centro de masa en sentido Y.....	44
XV.	Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido X, primer nivel.....	47
XVI.	Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido Y, primer nivel.....	47
XVII.	Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido X, segundo nivel .....	48
XVIII.	Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido Y, segundo nivel .....	49
XIX.	Resultados análisis de mampostería, primer nivel x-x .....	55
XX.	Resultado análisis de mampostería, primer nivel y-y .....	56
XXI.	Resultados análisis de mampostería, segundo nivel x-x.....	56
XXII.	Resultados análisis de mampostería, segundo nivel y-y.....	57

XXIII.	Resumen de fuerza y momento aplicado en muros del primer nivel .....	58
XXIV.	Resumen de fuerza y momento aplicado en muros del segundo nivel.....	59
XXV.	Acero necesario primer nivel X-X.....	69
XXVI.	Acero necesario primer nivel Y-Y.....	70
XXVII.	Tipo de columnas y soleras .....	70
XXVIII.	Área de acero distribuida para muros en sentido X .....	73
XXIX.	Área de acero distribuida para muros en sentido Y .....	74
XXX.	Resumen momentos en losa entrepiso.....	84
XXXI.	Resumen momentos en losa techo.....	85
XXXII.	Espesores mínimos de vigas .....	94
XXXIII.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios .....	117
XXXIV.	Gastos probables para el método de Hunter .....	118
XXXV.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga .....	120
XXXVI.	Diámetro de las derivaciones en colector .....	121
XXXVII.	Coeficiente de rugosidad n para las fórmulas de Manning en tuberías .....	123
XXXVIII.	Circuitos de iluminación primer y segundo nivel .....	126
XXXIX.	Circuito de fuerza, primer y segundo nivel .....	127
XL.	Circuito de iluminación y fuerza .....	127
XLI.	Presupuesto de instituto básico y diversificado para la región occidente, San Juan Sacatepéquez, Guatemala .....	128
XLII.	Cronograma físico y financiero del instituto básico y diversificado.....	130
XLIII.	Resistencia del suelo .....	141
XLIV.	Características geométricas.....	145

XLV.	Curvas de transición y peralte recomendados .....	148
XLVI.	Valores para K para curvas cóncavas y convexas .....	153
XLVII.	Resumen del diseño de curvas verticales de tramo 1 .....	156
XLVIII.	Relaciones de corte y relleno de taludes.....	157
XLIX.	Calidad de la subrasante.....	163
L.	Categorías de carga por eje.....	169
LI.	Tipos de suelo de subrasante y valores aproximados de k.....	170
LII.	Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K ...	173
LIII.	Asentamiento por tipo de estructura.....	180
LIV.	Asentamientos para determinar la cantidad de agua .....	180
LV.	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento .....	181
LVI.	Porcentaje de agregado grueso por volumen unitario de mezcla de concreto fresco .....	182
LVII.	Valores indicativos de coeficiente de escorrentía .....	190
LVIII.	Presupuesto pavimento rígido para la aldea Cerro Alto a la aldea Montufar .....	200
LIX.	Cronograma de ejecución física y financiera.....	201



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H</b>	Altura
<b>Hx</b>	Altura de cada nivel
<b>hn</b>	Altura total del edificio
<b><math>\Phi</math></b>	Ángulo de fricción interna
<b>As</b>	Área de acero
<b>Asreq</b>	Área de acero requerido
<b>Av</b>	Área de refuerzo para cortante
<b>Atri</b>	Área tributaria
<b>PCA</b>	Asociación del Cemento Portland
<b>D</b>	Balance de rigideces
<b>b</b>	Base
<b>qu</b>	Capacidad de carga
<b>qo</b>	Capacidad de carga última
<b>Wm</b>	Carga de muro
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>CMU</b>	Carga muerta última
<b>CTU</b>	Carga total última
<b>C.U.</b>	Carga última
<b>CV</b>	Carga viva
<b>CVU</b>	Carga viva última
<b>Q</b>	Caudal
<b>Cm</b>	Centro de masa $\zeta$
<b>C'</b>	Coefficiente de cohesión del suelo

<b>Ca y Cb</b>	Coeficiente de momento negativo por carga muerta
<b>Cam y Cbm</b>	Coeficiente de momento positivo por carga viva
<b>n</b>	Coeficiente de rugosidad
<b>Fa</b>	Coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos
<b>Fv</b>	Coeficiente de sitio para períodos de vibración largos
<b>Cs</b>	Coeficiente sísmico
<b>Cs</b>	Coeficiente sísmico de diseño
<b>Cu</b>	Cohesión
<b>K</b>	Constante que depende de las velocidades de diseño
<b>Y</b>	Corrección vertical
<b>Vact</b>	Corte actuante
<b>VB</b>	Corte basal
<b>Vres</b>	Corte resistente
$\Delta$	Deformación por flexión
<b>df</b>	Desplante de cimentación
<b>qadm</b>	Esfuerzo admisible
<b>fa</b>	Esfuerzo axial
<b>fy</b>	Esfuerzo de fluencia
<b>Fs</b>	Esfuerzo de tensión
<b>fb</b>	Esfuerzo flexionante
<b>e</b>	Excentricidad
<b>kd</b>	Factor de acuerdo al nivel de sismo
<b>Cd</b>	Factor de amplificación de desplazamiento
<b>Nv</b>	Factor de capacidad de carga por el peso del suelo
<b>Nc</b>	Factor de capacidad de carga por la cohesión
<b>Nq</b>	Factor de capacidad de carga por la sobrecarga

<b>Kd</b>	Factor de escala
<b><math>\rho</math></b>	Factor de redundancia
<b>fs</b>	Factor de seguridad
<b><math>\Omega_r</math></b>	Factor de sobre-resistencia
<b>R</b>	Factor genérico de reducción de respuesta sísmica
<b>Na</b>	Factor para períodos cortos de vibración
<b>Nv</b>	Factor para períodos largos de vibración
<b>Fv</b>	Fuerza de corte
<b>Io</b>	Índice de sismicidad
<b>I</b>	Intensidad de lluvia
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>LCV</b>	Longitud de curva vertical
<b>b</b>	Longitud mayor
<b>a</b>	Longitud menor
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros cuadrados
<b>Em</b>	Módulo de elasticidad
<b>k</b>	Módulo de reacción de subrasante
<b>Mr</b>	Módulo de ruptura del concreto M
<b>Mv</b>	Momento de volteo
<b>Sa(T)</b>	Ordenadas espectrales
<b>S</b>	Pendiente de canal
<b>Pi</b>	Pendiente de entrada
<b>Ps</b>	Pendiente de salida
<b>d</b>	Peralte
<b>t</b>	Peralte de la losa
<b>P</b>	Perímetro
<b>T</b>	Período de vibración
<b>Ts</b>	Períodos de vibración de transición

<b>W<sub>x</sub></b>	Peso de cada nivel
<b>W<sub>s</sub></b>	Peso de la edificación
<b>Y<sub>c</sub></b>	Peso específico del concreto
<b>Y</b>	Peso específico del suelo
<b>R</b>	Radio
<b>V<sub>u</sub></b>	Refuerzo de corte
<b>C</b>	Relación entre escorrentía y cantidad de lluvia
<b>m</b>	Relación entre sentido corto y largo
<b>n</b>	Relación modular
<b>F'm</b>	Resistencia a la compresión de la mampostería
<b>f'c</b>	Resistencia del concreto
<b>R</b>	Rigidez relativa del elemento estructural
<b>Ton</b>	Tonelada
<b>TPD</b>	Tránsito promedio diario
<b>CBR</b>	Valor Soporte California
<b>V</b>	Velocidad
<b>Vol</b>	Volumen

## GLOSARIO

<b>AASHTO</b>	Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes.
<b>ACI</b>	Instituto Americano del Concreto.
<b>AGIES</b>	Normas de Seguridad Estructural, Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Área de acero mínima</b>	Determinada por la sección y el límite de fluencia, que se requiere en cada elemento.
<b>Área Tributaria</b>	Teóricamente se define como la zona de acción de las cargas para el análisis estructural.
<b>ASTM</b>	Sociedad Americana para el Ensayo de Materiales.
<b>Carga muerta</b>	Peso muerto soportado por un elemento estructural, esto incluye el peso propio del elemento.
<b>Carga viva</b>	Peso variable debido al personal, maquinaria móvil, entre otros, soportado por un elemento.
<b>Cimiento</b>	Es el elemento estructural que se encarga de recibir las cargas de los muros y transmitir las al suelo.

<b>Cimiento corrido</b>	Se emplea en elementos longitudinales continuos como en los muros, éstos funcionan como vigas flotantes que reciben las cargas lineales.
<b>Columna</b>	Elemento estructural vertical que recibe y soporta las fuerzas de compresión y flexión para luego transmitir las a la cimentación.
<b>Concreto</b>	Es la mezcla que es proporcionada por cemento, agregado grueso, agregado fino y agua.
<b>Confinamiento</b>	El concreto queda confinado cuando a esfuerzos que se aproximan a la resistencia uniaxial; las deformaciones transversales se hacen muy elevadas debido al agrietamiento interno progresivo.
<b>Corte basal</b>	Fuerza horizontal cortante causada por un sismo en la base de la estructura, que es distribuida a las diferentes alturas del edificio.
<b>Cota de terreno</b>	Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
<b>Drenajes</b>	Es la que se encarga de conducir las aguas residuales y pluviales desde la vivienda hasta el punto de tratamiento.
<b>Estación</b>	Son los puntos en donde se coloca el instrumento topográfico.

<b>Estribo</b>	Son elementos que se encargan de transmitir las cargas procedentes de la estructura a la cimentación.
<b>Losa</b>	Transmite las cargas verticales a la estructura y funciona como cubierta.
<b>Momento</b>	Es una fuerza aplicada a cierta distancia que provoca deformación en el elemento que se aplica.
<b>Muros de carga</b>	Son las encargadas de soportar cargas y esfuerzos de compresión y flexión.
<b>Pavimento</b>	Son las encargadas de soportar las cargas vehiculares.
<b>PCA</b>	Asociación del Cemento Pórtland.
<b>Planimetría</b>	Es el conjunto de trabajos que se realizan para tener una representación gráfica del terreno sobre el cual se realizan los planos.
<b>Rigidez</b>	Capacidad que tienen los elementos de no deformarse por fuerzas externas.
<b>Solera</b>	Elemento estructural horizontal de un muro que resiste los esfuerzos y le da confinamiento al muro.
<b>Subrasante</b>	Es el elemento que soporta la estructura de pavimento y es profundizada hasta una altura donde la carga de

diseño no la afecte.

**Viga**

Es el elemento estructural que trabaja a flexión y es la encargada de soportar las cargas de la losa.

**Zapata**

Elemento cuya función es transmitir las cargas al suelo.

## RESUMEN

El municipio de San Juan Sacatepéquez es uno de los municipios más grandes del departamento de Guatemala, se encuentra en la parte noroeste del país. Se realizó la investigación en la región occidente y el mayor porcentaje de la población son jóvenes, siendo estos un 60 % que oscilan entre las edades de 0 a 30 años y cada año un 15 % de los jóvenes abandona la educación por varios factores como pobreza, falta de actividades sociales y falta de infraestructura que aporten al desarrollo educacional.

Se realizó el diseño de un instituto de dos niveles para educación básico y diversificado en el caserío Concepción El Pilar I, aldea Lo de Ramos, perteneciente a la región occidente, consta de 590m<sup>2</sup> de construcción, el primer nivel contiene: 3 aulas para 30 a 36 alumnos, área administrativa y sanitarios; el segundo nivel, 3 aulas, 1 salón de computación y sanitarios. El sistema estructural que se utilizó es de mampostería reforzada, que incluye vigas, losa, columnas y cimiento corrido.

Para el diseño de pavimentación de la ruta que conecta las aldeas de Cerro Alto y Montufar se desarrolla la topografía, los estudios de suelos que corresponden a una pavimentación, los estudios para un buen diseño de la losa de concreto para pavimento y el desarrollo del método simplificado de la pca. Este proyecto se divide en tres tramos haciendo un total de 2 705.00 metros lineales a pavimentar, debido a que existen tramos pavimentados.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar y planificar los proyectos de edificio escolar de dos niveles en mampostería reforzada para el caserío Concepción El Pilar I aldea Lo De Ramos y pavimentación de ruta que conecta las aldeas Cerro Alto con Montufar.

### **Específicos**

1. Realizar una investigación monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de los servicios básicos de infraestructura de la región occidente y de las aldeas Cerro Alto y Montufar.
2. Plantear un edificio escolar de dos niveles en base a las normas de AGIES y análisis de edificaciones en mampostería de concreto armado.
3. Proyectar una pavimentación de carretera en base al método simplificado de la PCA y a las normas de la Dirección General de Caminos.
4. Efectuar un informe final en donde se detallen los cálculos de los proyectos.
5. Elaborar los planos, presupuesto y cronograma físico y financiero de los proyectos.



## INTRODUCCIÓN

El proceso del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), se realizó en la Dirección Municipal de Planificación, en donde se efectuó un diagnóstico que según el resultado obtenido se tomó como prioridad los proyectos de: edificio de dos niveles para instituto básico y diversificado para el caserío Concepción El Pilar I, Sector 3 que abarca la región occidente y pavimento de concreto para carretera que conecta la aldea Montufar con la aldea Cerro Alto, que consiste en realizar el perfil de ambos proyectos.

En el capítulo uno se presenta la fase de investigación que contiene la monografía del municipio de San Juan Sacatepéquez y las necesidades de servicios básicos.

En el segundo capítulo se encuentra la fase de servicio técnico profesional que consta de dos partes:

En la primera, se desarrolla el diseño estructural del edificio de dos niveles, cada nivel cuenta con 295.00 m<sup>2</sup> de construcción, teniendo un pasillo por nivel, y se basa de varios manuales de los cuales se pueden mencionar las Especificaciones de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) y el Manual de Criterios Normativos para el Diseño Arquitectónico de Centros Educativos del Ministerio de Educación.

Segunda, es el diseño de pavimento que conecta la aldea Montufar con la aldea Cerro Alto, se contemplan 2.705 km de distancia que están distribuidos en tres tramos, actualmente estos tramos son de terracería y se encuentran en

muy mal estado. En este informe se describe el estudio de suelos, topografía, diseño y planificación de ambos proyectos.

# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de San Juan Sacatepéquez**

El municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Guatemala, con la categoría de Villa, se encuentra a 32 kilómetros de la ciudad capital y cuenta con una población de 252,000 habitantes aproximadamente. El municipio está ubicado en un lugar paradisíaco del departamento de Guatemala tiene 13 aldeas: Camino Viejo a San Pedro, Loma Alta, Cruz Blanca, Comunidad de Zet, Sajcavillá, Cerro Alto, Sacsuy, Pachalí, Montufar, Suacité, Llano de la Virgen, Comunidad de Ruiz y Lo de Mejía.

Está constituido por 125 caseríos, 49 colonias, fincas agrícolas, viveros de Floricultura. Produce alverja china, tomate, ejote, chile pimiento, manzana california, membrillo, durazno, jocote amarillo, legumbres, entre otros.

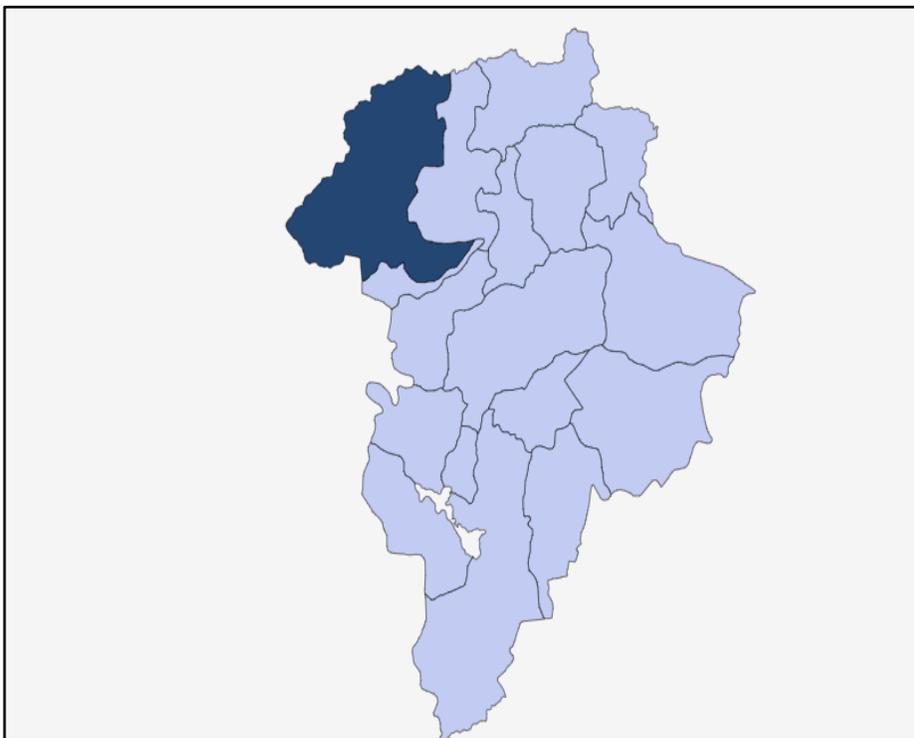
### **1.1.1. Aspectos históricos**

Su origen es pre-colonial y fue conquistado por los españoles en el año 1525 bajo el mando de Antonio de Salazar. El título de tierras de San Juan Sacatepéquez adquirió el 3 de febrero de 1752. La institución municipal se estableció en el año 1882 y de los años 1936 y 1946 no gobernaron alcaldes sino intendentes.

### 1.1.2. Localización geográfica

San Juan Sacatepéquez es municipio del departamento de Guatemala, se encuentra localizado en la parte noroeste de la cabecera. Sus coordenadas son: latitud 14°43'02" y longitud 90°38'34". Tiene una extensión territorial de 287 kilómetros cuadrados y se encuentra a una altura de 2,184.50 metros sobre el nivel del mar, generalmente su clima es frío. La cabecera municipal tiene categoría de Villa, dividiéndose el municipio en 13 aldeas y 56 caseríos.

Figura 1. **Ubicación geográfica de San Juan Sacatepéquez**



Fuente: Ministerio de Gobernación de Guatemala. *Política Pública Municipal para la Prevención de la Violencia y el Delito*. <https://upcv.gob.gt/wp-content/uploads/2020/01/0110-PPM-San-Juan-Sacatepequez-Guatemala.pdf>. Consulta: 13 de abril de 2022.

### **1.1.3. Vías de comunicación**

La principal vía de comunicación del municipio de San Juan Sacatepéquez desde la ciudad capital es la Ruta No. 5 que conduce a Alta y Baja Verapaz; la misma se encuentra asfaltada. Por la misma ruta, por medio de otras carreteras con las que se conecta se puede llegar también a San Pedro Sacatepéquez, o bien, continuar ruta hacia Mixco Viejo, San Raymundo, Santo Domingo Xenacoj y Granados, Baja Verapaz.

El caserío Santa Fe Ocaña, aldea Cruz Blanca, municipio San Juan Sacatepéquez tiene un ingreso principal, por la carretera asfaltada RN-5 hasta la aldea Cruz Blanca, luego se toma una vía secundaria que conduce a la colonia que en su mayoría es de terracería.

### **1.1.4. Aspectos climáticos**

El clima de la región es templado durante casi todo el año, ya que se encuentra situado dentro de las cadenas montañosas por lo que casi no existen grandes fluctuaciones climáticas. Existen dos estaciones bien marcadas, estación lluviosa de mayo a octubre y estación seca, pero más fría, de noviembre a abril.

La temperatura mínima de 15 °C. La máxima oscila entre 20.4 °C y 22.3 °C, la temperatura promedio es de 6 °C y 10.7 °C. Un factor que afecta el clima es la deforestación que está sufriendo el área, esto ha influido en la disminución de la precipitación anual y en el aumento de la erosión de los suelos.

### **1.1.5. Población**

De acuerdo al último censo nacional XI de población y VI de habitación, realizado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), la población de San Juan Sacatepéquez para el año 2018 es de 251,596 habitantes, de los cuales el 50.8 % son hombres y el 49.20 mujeres, siendo en cantidades 123,775 mujeres y 127,821 hombres, donde el 65 % de la población es indígena y el otro 35 % es ladina. Según las proyecciones del INE, San Juan Sacatepéquez es el cuarto municipio con mayor población del departamento de Guatemala; su población representa el 7.21 % del total del departamento. Su densidad poblacional es de 877 habitantes por kilómetro cuadrado.

### **1.1.6. Actividades económicas**

La principal fuente de ingresos de los habitantes de este parcelamiento es a través de la venta de su fuerza de trabajo la cual en su mayoría es en la ciudad capital, otros lo hacen en las fincas aledañas, y en la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez. Algunas personas, pero en porcentaje mínimo se dedican a cultivar flores como gladiolas y rosas; otras cultivan hortalizas las cuales se comercializan en la propia comunidad y en la cabecera municipal.

Floricultura: el municipio de San Juan Sacatepéquez es conocido como la tierra de las flores por la gran producción de flores, estas son vendidas en el mercado municipal, en toda la República de Guatemala y también son exportados.

Elaboración de muebles: es una de las principales fuentes de desarrollo del municipio. Su producción cuenta con finos acabados, en su gran variedad cuentan con juegos de sala, comedor y cocinas, que son comercializados

dentro del municipio, en toda la República de Guatemala y también son exportados.

Transporte: actualmente el municipio y las aldeas cuentan con su propio transporte, variando sus horarios. Los buses extra-urbanos prestan el servicio todos los días en horario de 4:00 horas a 22:00 horas.

Tejido: en su mayoría son las mujeres las que se dedican a este trabajo, los telares utilizados por las mujeres son manuales, estos tejidos son comercializados dentro de la localidad. Lo que se elabora es: trajes típicos, güipiles, fajas, cargadores, gorros de niños, tapados entre otros.

Artesanía: la región en donde se concentra la elaboración de cerámica es la región Nor-occidente. Entre estos se pueden encontrar, la elaboración de comales, ollas, maseteros, entre otros.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño tipo mampostería de edificio de dos niveles para instituto básico y diversificado para la región occidente, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

En este apartado se describe la fase de servicio técnico profesional que corresponde al diseño tipo mampostería de edificio de dos niveles para instituto básico y diversificado para la región occidente, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en diseñar un edificio escolar de dos niveles, que contará con: en el primer nivel 3 salones, área administrativa y servicios sanitarios; en el segundo nivel, 3 salones, salón de cómputo y servicios sanitarios. Tendrá los servicios de energía eléctrica, agua potable y drenajes. La estructura de la edificación estará compuesta de muros de mampostería con losas planas de concreto reforzado y el área a utilizar será de 295 m<sup>2</sup>.

#### **2.1.2. Investigación preliminar**

La investigación preliminar expone las generalidades de ubicación del diseño tipo mampostería de edificio, iniciando con la localización del terreno, la topografía del terreno, la planimetría y altimetría del mismo.

### 2.1.2.1. Localización del terreno

El caserío Concepción El Pilar I, sector 3, se encuentra en el occidente de San Juan Sacatepéquez a una altura aproximada de 1,900 metros sobre el nivel del mar, coordenadas 14°43'04" latitud norte 90°37'32" longitud este.

Figura 2. **Ubicación de la aldea Concepción El Pilar I, Sector 3, municipio San Juan Sacatepéquez**



Fuente: Dirección de Planificación de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez. *Perfil de Construcción de Instituto Básico y Diversificado, Región Occidente*. Consulta: 15 de abril de 2022.

### **2.1.2.2. Topografía del terreno**

El estudio técnico se empieza a realizar con el levantamiento topográfico el cual muestra la descripción del terreno, las características físicas, las características geográficas y todas las variaciones, esto permite que se tenga una representación del terreno con mayor detalle. Para realizar el levantamiento se utilizó la estación total por ser más exacta en la toma de puntos por las elevaciones y desniveles.

Con los resultados obtenidos se determina el área de interés para realizar el juego de planos.

#### **2.1.2.2.1. Planimetría**

La planimetría es una rama de la topografía que se dedica al estudio de todos los métodos para representar a escala una superficie plana. En la planimetría no se toma en cuenta el relieve y la altitud de los puntos para lograr una representación horizontal.

El levantamiento se llevó a cabo por el método de radiaciones que permite determinar coordenadas desde un punto fijo. Se estaciona el instrumento en un punto O y desde ahí se visan los puntos de interés, tomando nota de las lecturas.

#### **2.1.2.2.2. Altimetría**

La altimetría estudia los métodos para determinar y representar la altura de cada punto. Con la altimetría se puede hacer la representación en relieve de un levantamiento topográfico.

La altimetría se llevó a cabo por el método de nivelación trigonométrica que se realiza con la ayuda de la estación total, en donde se obtiene el valor de la diferencia de niveles entre el punto que se mira y el centro óptico del aparato. Para calcular el desnivel entre dos puntos A y B, es necesario conocer la altura a la que se ha posicionado el instrumento, así como la altura del prisma.

### **2.1.3. Estudio de suelos**

Un estudio de suelos se realiza previo al proyecto, es uno de los informes más importantes para la planificación y diseño del proyecto. Este informe detalla las características físicas y mecánicas del suelo, con esto se puede definir la resistencia del terreno, tipo de cimentación a utilizar y la profundidad a la que se debe cimentar.

Para el proyecto de diseño del instituto básico y diversificado de la región occidente de San Juan Sacatepéquez, se determina que el suelo es arena limosa color beige de cementación fuerte. Los terrenos aledaños son utilizados para cultivar por lo que no se puede obtener información para comparar los resultados obtenidos.

#### **2.1.3.1. Ensayo triaxial**

Con el ensayo triaxial se determina la resistencia al corte del suelo y es uno de los métodos confiables, muestran las características mecánicas del suelo. El ensayo realizado para el presente proyecto fue el no consolidado y no drenado (U.U.). Para este tipo de ensayo no se tiene ninguna consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanecen siempre cerrada impidiendo el drenaje. Se aplica a la muestra una presión hidrostática hasta que la muestra falla. (Ver anexo 1).

La muestra inalterada de un pie cúbico fue tomada a 1.50 metros de profundidad, obteniendo los siguientes resultados del ensayo triaxial:

Ángulo de fricción interna  $\phi = 21.04^\circ$ .

Base de cimentación: 0.5m.

Cohesión (Cu) = 26.24 Ton/m<sup>2</sup>.

Descripción del suelo: arena limosa color beige de cementación fuerte.

Desplante: 1.50 m.

Dimensión y tipo de probeta: 2.5" x 5.0".

Peso específico: 1.25 Ton/m<sup>3</sup>.

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado

El valor soporte del suelo fue calculado con la ecuación del método de Terzaghi para cimiento corrido.

$$q_u = C'N_c + qN_q + \frac{1}{2}\gamma BN\gamma$$

Dónde:

$\Phi$ = ángulo de fricción interna

B= base de la zapata

C'= coeficiente de cohesión del suelo

Df= desplante de cimentación

Nc= factor de capacidad de carga debido a la cohesión

Nq= factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

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

Fs= factor de seguridad

Y= peso específico del suelo

qu= valor de esfuerzo límite

$$\begin{aligned}
q &= \gamma * df \\
q &= 1.25 * 1.50 = 1.88 \\
Nq &= \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) * e^{\pi \tan \phi} \\
Nq &= \tan^2 \left( 45 + \frac{21.04}{2} \right) * e^{\pi \tan 21.04} = 7.09 \\
Nc &= (Nq - 1) \cot \phi \\
Nc &= (7.09 - 1) \cot(21.04) = 15.83 \\
N\gamma &= 2(Nq + 1) \tan \phi \\
N\gamma &= 2(7.09 + 1) \tan(21.04) = 6.22 \\
qu &= C'Nc + qNq + \frac{1}{2} \gamma BN\gamma \\
qu &= \left( 26.24 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 15.83 \right) + \left( 1.88 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} * 7.09 \right) + \left( \frac{1}{2} * 1.25 * 0.5 * 6.22 \right) \\
qu &= 430.65 \text{ton/m}^2
\end{aligned}$$

Se aplica un factor de seguridad de 3 para el cálculo de la capacidad de carga última en cimentaciones.

$$q_0 = \frac{430.65 \text{ton/m}^2}{3} = 143.55 \text{ton/m}^2$$

#### 2.1.4. Normas para el diseño de edificios educativos

El manual que se utilizó para los parámetros de áreas, dimensiones, altura de niveles, puertas, ventanas, y otros criterios fue el Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales, edición 2016.

#### **2.1.4.1. Criterios generales**

Para que los establecimientos educativos cumplan con su función es necesario evaluar las condiciones climáticas de la región, así como los factores internos y externos. (Ver capítulo 3, Generalidades técnicas, Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales).

#### **2.1.4.2. Criterios de iluminación**

Para que un edificio escolar cuente con condiciones óptimas de iluminación se debe de considerar un buen contraste para que la vista no haga grandes esfuerzos, dimensionar los salones para que tengan una buena iluminación y se deben de utilizar colores claros para establecer una buena iluminación

Existen dos tipos de iluminación la natural y la artificial:

- Iluminación natural: el diseño de ventanas y aberturas para iluminación debe proporcionar luz natural y uniforme sobre el plano de trabajo en todos los puntos del aula.
- Iluminación artificial: este tipo de iluminación es obligatoria en todos los centros escolares y debe de ser apoyada con la luz natural. La iluminación se requiere para una mejor visibilidad en el desarrollo de cada una de las actividades.

(Ver capítulo 3, Generalidades técnicas, Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales).

### **2.1.4.3. Instalaciones**

Es recomendable que el terreno en donde se construirá el edificio escolar posea los servicios públicos básicos como: agua potable, alcantarillado y energía eléctrica.

- Agua potable: es necesario que la escuela cuente con su fuente de abastecimiento de agua potable puede ser por medio de una red municipal, pozo propio o ya sea nacimiento comunitario, si es pozo debe de estar separado de fosas sépticas por lo menos 30m. Para el proyecto del instituto la red de agua potable será municipal.
- Drenaje de aguas negras: en caso de no contar con drenaje público municipal autorizado (conexión domiciliar), debe considerarse un sistema alternativo de disposición final de aguas negras. El sistema alternativo comúnmente utilizado es una fosa séptica y pozo de absorción. La fosa séptica se diseñó para un caudal de aguas residuales de 84 Lt/día, 250 habitantes dando como resultado una longitud de 6.0 metros y ancho de 3.0 metros. Con los pozos de absorción se deben de construir 3 que tengan 20 metros de profundidad y un diámetro de 1.25 metros, separados una distancia mínima de 5.0 metros.
- Drenaje de agua pluvial: se requiere obras de protección para evitar la erosión en taludes y zanjas, esto se realiza para evacuar el agua por gravedad y que tenga una velocidad no erosiva. Esto se realiza para proteger la construcción de socavamientos, deslaves o hundimientos.
- Electricidad: la acometida eléctrica se conforma por la red de distribución pública y la caja general de protección esto para distribuir la energía a

toda la escuela.

(Ver capítulo 3, Generalidades técnicas, Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales).

#### **2.1.4.4. Otros criterios**

- Ventilación: se requiere dotar de buena ventilación las instalaciones para ofrecer un desarrollo óptimo. Se deben de tomar en cuenta las aberturas de las ventanas para brindar una mejor distribución por la diferencia de temperaturas que se tienen tanto en el interior como en el exterior, en las diferentes épocas del año.
- Color: se debe de utilizar colores claros para optimizar el aprovechamiento de la luz natural y artificial, evitando el reflejo por la iluminación. Los colores fríos con la gama de tonalidades en verde y azul para regiones con luz muy intensa. Los colores cálidos con la gama de tonalidades naranja y rojo para espacios con poca luz.
- Conceptos de confort acústico: es recomendable utilizar barreras naturales como árboles o montículos para que el ruido disminuya u orientar el edificio de tal manera que el viento se lleve el ruido. Se toma en cuenta que los materiales porosos como el block en las paredes absorben el sonido.

(Ver capítulo 3, Generalidades técnicas, Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales).

### **2.1.5. Diseño arquitectónico**

Se establece el área que será utilizada en cada uno de los ambientes de manera que el edificio sea funcional. Para este caso se tomó en cuenta el Manual de Criterios Normativos para el Diseño Arquitectónico de Centros Educativos Oficiales.

La distribución de los ambientes fue establecida de la siguiente manera, en el primer nivel se tienen tres salones de clases, el área administrativa, los servicios sanitarios de hombres y mujeres, en el segundo nivel se tienen tres salones de clases, laboratorio de computación y los servicios sanitarios de hombres y mujeres.

#### **2.1.5.1. Localización y ubicación del terreno**

Caserío Concepción El Pilar I, Sector 3, aldea Lo de Ramos, Municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, se encuentra a una altura aproximada de 1,900 metros sobre el nivel del mar, coordenadas 14°43'04" latitud norte y 90°37'32" longitud este.

Figura 3. **El Caserío Concepción El Pilar I, Sector 3, se encuentra a una altura aproximada de 1,900 metros sobre el nivel del mar, coordenadas 14°43'04" latitud norte y 90°37'32" longitud este**



Fuente: elaboración propia, empleando Google Earth.

### **2.1.5.2. Distribución de ambientes**

Con el espacio que se tiene disponible se realizó la distribución de los ambientes del instituto de la siguiente manera: área Educativa, área Administrativa, área de Servicios Sanitarios y área de Circulación.

- Área educativa: es el conjunto de ambientes que tiene como objetivo el desarrollo de una comunidad en el aprendizaje. Se debe de tener un número determinado de alumnos para que el desempeño sea el mejor.

- Área administrativa: es el área en donde se dirige, ejecuta, controla, organiza, planifica y evalúa las actividades de todo el plantel educativo.
- Área de servicios sanitarios: el edificio educativo debe de contar con servicios sanitarios para hombres y mujeres, y así ofrecer a los alumnos cuidar de su propia salud.
- Área de circulación: es el espacio que brinda un mejor orden y movilidad de los usuarios, debe de contar con una buena iluminación y señalización para las rutas de evacuación en caso de emergencia.

#### **2.1.5.3. Altura del edificio**

Las alturas se especifican en el Manual de criterios normativos para diseño arquitectónico de centros educativos, en clima frío se debe de considerar una altura mínima de 2.80 m desde piso interior terminado hasta el punto más bajo de la estructura de la cubierta, en clima templado/cálido se considera una altura mínima de 3.20 m.

El diseño del instituto de la región occidente posee dos niveles, cada nivel tiene una altura total de 3.00 m y altura libre de 2.80 metros de piso a cara inferior de losa.

#### **2.1.5.4. Selección del sistema estructural a utilizar**

El sistema estructural a utilizar en el diseño del instituto será el de muros confinados, se componen por muros que distribuyen las cargas a los cimientos y estos los envían al suelo. La ventaja de utilizar este sistema es la reducción de uso de madera, acero y hormigón, también el ahorro del tiempo y es más

económico. Para cumplir con los parámetros de la asociación guatemalteca de ingeniería estructural y sísmica.

En este sistema el refuerzo se realiza perimetralmente mediante vigas y columnas de concreto reforzado, que son fundidas después de la construcción del muro y se puede lograr que se trabaje monolíticamente a momentos flexionantes. Cuenta con una amplia experiencia constructiva y tiene un excelente soporte experimental y analítico.

#### **2.1.6. Análisis estructural**

Es importante realizar el análisis estructural del instituto para comprender las rutas de carga, las dimensiones de los elementos estructurales y los impactos que las cargas tienen en el diseño, permitiendo garantizar la seguridad de la estructura para lo que fue diseñada y se analizan los elementos estructurales individuales, así como las fuerzas que sufren.

El análisis de los muros confinados se realizará con el análisis simplista. Se debe de tomar en cuenta las consideraciones de, distribución de fuerzas laterales a cada muro, los muros experimentan ladeo paralelo y los muros soportan las cargas verticales que están sujetas a fuerzas horizontales en los niveles de piso.

La norma que se utilizará para el análisis sísmico son las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala (AGIES), realizando esto se obtienen los momentos en los muros.

### **2.1.6.1. Generalidades de diseño de elementos en mampostería**

Los elementos que se encuentran concentrados en el sistema de refuerzo vertical y horizontal son: columnas, vigas, soleras y mochetas. Por ser mampostería confinada el espesor de los elementos es igual a la del muro para mejorar la ductilidad y permita soportar las cargas laterales sin deteriorarse.

### **2.1.6.2. Análisis simplista**

El método simplificado está creado para el análisis y diseño de estructuras de mampostería de baja altura y que sean simétricas. Las fuerzas laterales se consideran en los muros paralelos a la dirección en que actúan, debido a esto se tienen dos efectos: uno de traslación en la misma dirección y otro de rotación respecto al centro de rigidez cuando no coincide con el centro de masa. Los muros actúan en sentido vertical y están sujetos a fuerzas horizontales en los niveles de piso.

Se toman en cuenta los muros paralelos a la acción de la carga despreciando la resistencia de los muros perpendiculares. La rigidez lateral de un muro depende principalmente de su deformación por cortante.

### **2.1.6.3. Integración de cargas**

A continuación se presentan los cálculos de cargas gravitacionales, la carga muerta de techo, la carga muerta entrepiso, aula y pasillo, del muro primer nivel, de los muros segundo nivel, de los cálculos de cargas por nivel, del peso del techo, del peso segundo nivel, del peso primer nivel, el peso total de carga muerta de la estructura, el peso de carga viva en aulas, el peso de carga

viva en pasillo, el peso de carga viva en techo, el peso total de carga viva en la estructura y el peso total de la estructura.

Mampostería: 19x19x39

Altura: 3.00 m

Espesor de losa: 0.12 m

Carga viva de techo: 100 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva de entrepiso: 200 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva pasillo: 500 kg/m<sup>2</sup>

Área losa primer nivel: 293.70 m<sup>2</sup>

Área losa segundo nivel: 293.70 m<sup>2</sup>

- Cálculo de cargas gravitacionales

- Carga muerta de techo

Losa	$2400 \text{ kg/m}^3 * 0.12 \text{ m} =$	288	kg/m <sup>2</sup>
Acabados		35	kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga		5	kg/m <sup>2</sup>
Relleno		35	kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta en techo		363	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva en techo		100	kg/m <sup>2</sup>

- Carga muerta entrepiso, aula y pasillo

Losa	$2400 \text{ kg/m}^3 * 0.12 \text{ m} =$	288	kg/m <sup>2</sup>
Acabados		35	kg/m <sup>2</sup>
Relleno		35	kg/m <sup>2</sup>
Piso granito		30	kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga		5	kg/m <sup>2</sup>

Instalaciones	5	kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta de entrepiso	398	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva de entrepiso aulas	200	kg/m <sup>2</sup>
Carga viva de entrepiso pasillo	500	kg/m <sup>2</sup>

- Muro primer nivel

Peso de la mampostería	340	kg/m <sup>2</sup>
Longitud total de los muros	87.9	m
Wmuro	$340 \text{ kg/m}^2 * 87.90 \text{ m} * 3.00 \text{ m} = 89,658.00 \text{ kg}$	

- Muros segundo nivel

Peso de la mampostería	340	kg/m <sup>2</sup>
Longitud total de los muros	87.9	m
Wmuro	$340 \text{ kg/m}^2 * 87.90 \text{ m} * 3.00 \text{ m} = 89,658.00 \text{ kg}$	

- Cálculo de cargas por nivel

Longitud del edificio	30.20	m
Ancho del edificio	9.75	m
Altura del edificio (C/nivel)	3.00	m
Área de losa primer nivel	293.70	m <sup>2</sup>
Área de losa segundo nivel	293.70	m <sup>2</sup>
Desplante de cimentación (df)	1.00	m
Longitud muros primer nivel	87.90	m
Longitud muros segundo nivel	87.90	m
Peso de mampostería	340.00	kg/m <sup>2</sup>
Espesor de losa	0.12	m

Carga muerta en techo	363.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta en entrepiso	398.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva en techo	100.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva en pasillos	500.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva en aulas	200.00 kg/m <sup>2</sup>

- Peso techo

$(CM * \text{área de losa}) + (0.5 * W_{\text{muro segundo nivel}})$

$(363 \text{ kg/m}^2 * 293.70 \text{ m}^2) + (0.5 * 89,658.0 \text{ kg})$

Peso de techo 151,442.10 kg

- Peso segundo nivel

$(CM * \text{área de losa}) + (0.5 * (W_{\text{muro segundo nivel}} + W_{\text{muro primer nivel}}))$

$(438.0 \text{ kg/m}^2 * 293.70 \text{ m}^2) + (0.5 * (89,658.0 \text{ kg} + 89,658.0 \text{ kg}))$

Peso segundo nivel 206,550.60 kg

- Peso primer nivel

$(H/2 + D_f) * (\text{longitud de muros} * \text{peso de la mampostería})$

$(3.00 \text{ m}/2 + 1.00 \text{ m}) * (87.90 \text{ m} * 340 \text{ kg/m}^2)$

$(2.50 \text{ m}) * (29,886.0 \text{ kg/m})$

Peso primer nivel 74,715.00 kg

- Peso total de carga muerta de la estructura

$151,442.10 \text{ kg} + 206,550.60 \text{ kg} + 74,715.0 \text{ kg}$

Peso total de la carga muerta de la estructura 432,707.70 kg

- Peso de carga viva en aulas

$25 \% * (\text{carga viva de entrepiso} * \text{área de aulas})$

$0.25 * (200 \text{ kg/m}^2 * 186.34\text{m}^2)$

Peso de carga viva en aulas = 9,317.00 kg

- Peso de carga viva en pasillo

$25 \% * (\text{carga viva de pasillos} * \text{área de pasillos})$

$0.25 * (500 \text{ kg/m}^2 * 65.15\text{m}^2)$

Peso de carga viva en pasillos= 8,134.75 kg

- Peso de carga viva en techo

$25 \% * (\text{carga viva de techo} * \text{área de losa en techo})$

$0.25 * (100 \text{ kg/m}^2 * 293.70 \text{ m}^2)$

Peso carga viva en techo 7,342.50 kg

- Peso total de carga viva en la estructura

$9,317.0 \text{ kg} + 8,143.75 \text{ kg} + 7,342.50 \text{ kg}$

Peso total de la carga viva en la estructura 24,803.25kg

- Peso total de la estructura

$W_{\text{total}} = W_{\text{totalcm}} + W_{\text{total cv}}$

$W_{\text{total}} = 432,707.70 \text{ kg} + 24,803.25 \text{ kg}$

$W_{\text{total}} = 457,510.95 \text{ kg}$

$W_{\text{total}} = 457.51095 \text{ ton}$

#### **2.1.6.4. Especificaciones de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica**

Las normas de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), son de suma importancia para Guatemala por regular el diseño estructural en dicho país. Estas normas se utilizarán para realizar el diseño de estructura sismo resistente.

- Clasificación de obras

Existen cuatro categorías de las obras para los requisitos de diseño por sismo, viento e inundaciones. Las categorías se clasifican según las ocupaciones y las consecuencias legales que puedan implicar la falla o la detención de funciones de la obra.

Categoría III. Obras importantes: son las edificaciones que albergan a más de 350 personas y se tienen restricciones de desplazamiento. Este tipo de obras no albergan a personas después de un desastre. Entre esta categoría se pueden encontrar: edificios educativos, guarderías públicas y privadas, instalaciones de salud pública y privada, prisiones, museos, graderíos al aire libre e infraestructuras que no son esenciales.

La obra se clasifica como categoría III, obras importantes por albergar gran cantidad de personas, en donde los ocupantes están restringidos a desplazarse, de acuerdo con AGIES NSE 1-2018.

- Índice de sismicidad ( $I_0$ )

El índice de sismicidad es la severidad con que el sismo es esperado en una zona del país, incide sobre el nivel de protección sísmica que es necesario para el diseño de edificaciones. Guatemala se divide en macro-zonas de amenaza sísmica que empieza de  $I_0= 2$  a  $I_0=4$ , este rango puede resistir sismos de magnitud alta.

Para el municipio de San Juan Sacatepéquez el índice de sismicidad es de:

$$I_0 = 4.1$$

- Nivel de protección sísmica

El nivel de protección está en función del índice de sismicidad y la clase de obra, la función es determinar el nivel mínimo de protección sísmica y la probabilidad de sismo.

Tabla I. **Nivel de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño**

Índice de sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
$I_0= 5$	E	E	D	C
$I_0 = 4$	E	D	D	C
$I_0 = 3$	D	C	C	B
$I_0 = 2$	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño	5 % en 50 años	5 % en 50 años	10 % en 50 años	Sismo mínimo

Fuente: Norma AGIES NSE 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*. p.

Por ser una obra importante y tener un índice de sismicidad 4, el nivel de protección sísmica es D.

- Clasificación de suelo

La clasificación del suelo se realiza conforme al perfil del suelo bajo los cimientos, las categorías son las siguientes: AB, C, D, E o F. Cuando se recaba la información depende de la categoría de obra. En Guatemala no se ha considerado distinguir entre el perfil A y B, se utilizan los parámetros correspondientes a perfil B.

- Perfil del suelo en los sitios clase C, D o E

Cuando un suelo no sea clasificado como clase AB ni como clase F, se debe de realizar un estudio para determinar si tiene clasificación C, D o E. Los suelos clase C comprenden los depósitos piroclásticos conformados de ignimbritas, cenizas y arenas.

Este tipo de suelo se hace presente en algunos metros de la superficie de la Ciudad de Guatemala. Los suelos clase E: Para la Ciudad de Guatemala probablemente deban incluirse en esta clasificación los aluviones fluviales cuaternarios.

Tabla II. **Guía para clasificación de sitio**

Clase de sitio		Vps todo el perfil	Np todo el perfil	Nnc sector no-cohesivo	Suc sector cohesivo
AB	Roca	750 m/s	No aplica	No aplica	No aplica
C	Suelo muy denso o roca suave	750 a 360 m/s	≥ 30	≥ 30	> 200 kPa

Continuación de la tabla II.

D	Suelo firme y rígido	360 a 180 m/s	30 a 5	30 a 5	200 a 50 kPa
E	Suelo suave	< 180 m/s	≤ 5	≤ 5	< 50 kPa
		Cualquier perfil de suelo con un estrato de 3.0 m o más con índice de plasticidad $IP > 20$ ; humedad $w \geq 40\%$ y $Suc < 25$ kPa			
F	Suelo con problemas especiales				

Fuente: Norma AGIES NSE-2-10. *Demandas Estructurales, Condiciones de Sitio y Niveles de Protección*. p. 21.

La clasificación del suelo donde se llevará a cabo la obra es la siguiente:

Clase de sitio = E

- Sismo para diseño estructural

Se indican varios niveles de sismos dependiendo del diseño y cual sea la clasificación de la obra. Los sismos están definidos por el espectro de respuesta, en esta norma se les llamará espectros genéricos de diseño.

Para el diseño estructural el sismo a utilizar será el severo por ser una obra importante y por la clase de sitio.

Sismo severo: tiene un 5 % de probabilidad nominal de ser excedido en un período de 50 años, es utilizado para el diseño de obras importantes y de obras esenciales o donde lo permitan las especificaciones.

- Parámetros básicos de espectros genéricos para diseño

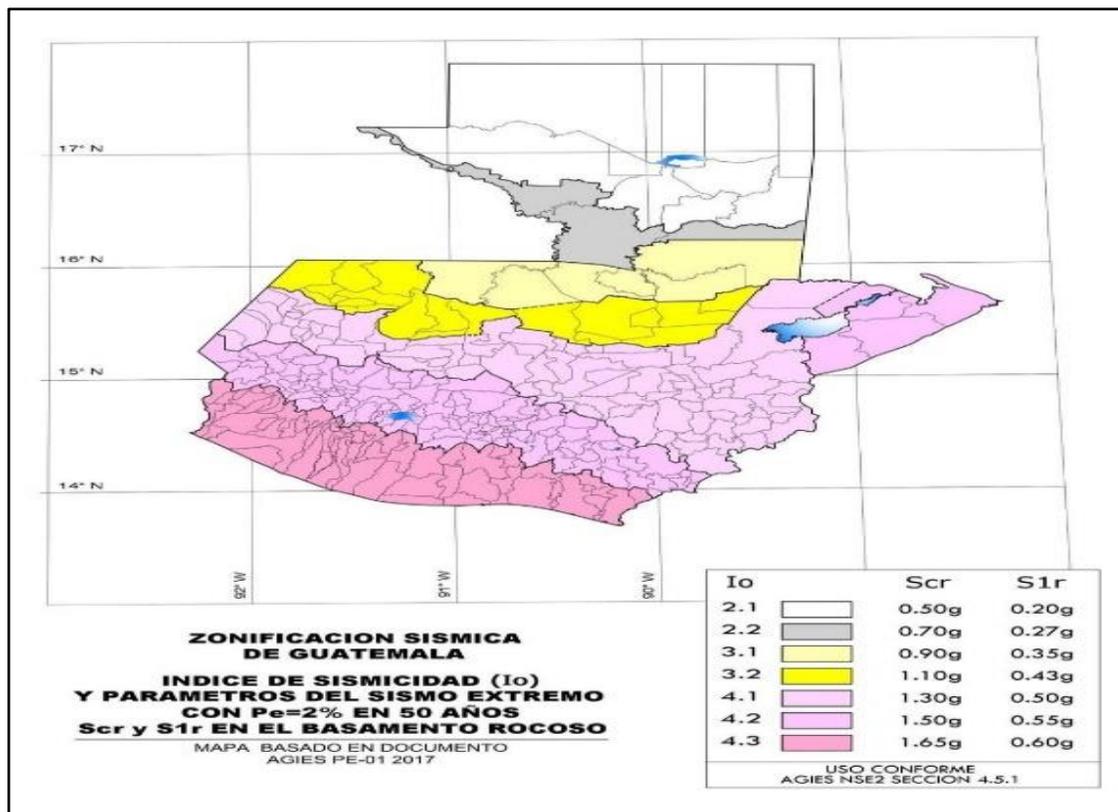
Las variantes para Guatemala están detalladas en el Listado de Amenaza Sísmica por Municipios y se denotan con los parámetros  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$ , de AGIES NSE 2- 2018, ANEXO A.

Para el municipio de San Juan Sacatepéquez, se tienen los siguientes datos:

$$S_{cr} = 1.56$$

$$S_{1r} = 1.17$$

Figura 4. Mapa de zonificación sísmica en Guatemala



Fuente: Norma AGIES 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*. p. 4-6.

Tabla III. **Coeficiente de sitio Fa**

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica			

Fuente: Normas AGIES NSE 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*.  
p. 4-7.

Tabla IV. **Coeficiente de sitio Fv**

Clase de sitio	Índice de sismicidad			
	2	3	4.1	4.2
AB	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.0	1.0	1.0	1.0
E	1.0	1.0	1.0	1.0
F	Se requiere evaluación específica			

Fuente: Normas AGIES NSE 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*.  
p. 4-7.

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales

Las variantes  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$  en algunos casos serán adicionalmente ajustados por la posibilidad de intensidades incrementadas de vibración en el sitio.

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

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

Dónde:

$S_{cs}$ = es la ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés para estructuras con periodo de vibración corto.

$S_{1s}$ = es la ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de 1 segundo; ambos para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico.

$F_a$ = es el coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos. Se determina por la Tabla III.

$F_v$ = es el coeficiente de sitio para períodos de vibración largos. Se determina por la Tabla IV.

$N_a$  y  $N_v$  = son los factores que aplican por la proximidad de las amenazas especiales. Se determinan por las Tablas V y VI.

Tabla V. **Factor  $N_a$  para períodos cortos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica		
	$\leq 2$ km	5 km	$\geq 10$ km
A	1.0	1.0	1.0
B	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Fuente: Normas AGIES NSE 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*. p. 4-12.

Tabla VI. **Factor Nv para períodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.0	1.0	1.0	1.0
B	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Fuente: Normas AGIES NSE 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*.  
p. 4-12.

- Factor de escala

El factor de escala que se determina para el diseño, se selecciona de la tabla VII, es para un sismo severo con 5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años, y con un factor de escala de:

$$Kd = 0.8$$

Tabla VII. **Factor Kd de acuerdo con el nivel de sismo**

Nivel de sismo	Factor Kd
Sismo ordinario – 10 % probabilidad de ser excedido en 50 años	0.66
Sismo severo – 5 % probabilidad de ser excedido en 50 años	0.80
Sismo extremo – 2 % probabilidad de ser excedido en 50 años	1.00
Sismo mínimo - condición de excepción	0.55

Fuente: Norma AGIES NSE 2-2018. *Demandas Estructurales y Condiciones de Sitio*.  
p. 4-8.

- Parámetros de calibración del espectro

Estos parámetros se determinan con estas expresiones:

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

$$S_{cd} = 0.80 * 1.56$$

$$S_{cd} = 1.248$$

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

$$S_{1d} = 0.80 * 1.17$$

$$S_{1d} = 0.936$$

- Período de vibración de transición

El periodo de transición es el que separa los periodos cortos de los largos y está expresado en segundos.

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}}$$

$$T_s = \frac{1.17}{1.56}$$

$$T_s = 0.75s$$

- Período fundamental de vibración empírica

Forma empírica y genérica de como calcular el periodo fundamental de vibración de una edificación.

$$T_a = K T (h n)^x$$

Dónde:

hn= es la altura total del edificio, desde la base (m)

KT= 0.047, x= 0.90 para sistemas estructurales E2, E3, E4 o E5

$$T_a = KT(hn)^x$$

$$T_a = 0.047(6)^{0.90}$$

$$T_a = 0.2358s$$

- Período  $T_0$  que define el inicio de la meseta de períodos cortos del espectro.

$$T_0 = 0.2T_s$$

$$T_0 = 0.2 * (0.75)$$

$$T_0 = 0.15$$

- Espectros genéricos probables

Ordenadas espectrales  $S_a(T)$  para cualquier período de vibración  $T$ , definido de la siguiente manera:

$$S_a(T) = S_{cd} \left[ 0.4 + 0.6 \frac{T}{T_0} \right], \quad \text{cuando } T < T_0$$

$$S_a(T) = S_{cd}, \quad \text{cuando } T_0 \leq T \leq T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} \leq S_{cd}, \quad \text{cuando } T_s < T < T_L$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{(T^2)} * T_L, \quad \text{cuando } T \geq T_L$$

- Verificación

$$T_0 \leq T \leq T_s$$

$$0.15 \leq 0.19 \leq 0.75$$

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

$$S_a(T) = 1.248$$

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia  $C_s$ .

El tipo de estructura a utilizar será el tipo cajón E2, de mampostería reforzada de Baja Ductilidad (BD). Para este tipo de estructura se utiliza un  $R=4$  (Tabla VII).

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

Dónde:

$S_a(T)$  = demanda sísmica de diseño

$R$  = factor de reducción

$T$  = período fundamental de vibración de la estructura

$\beta_d$  = el porcentaje de este factor es igual a 1

$$C_s = \frac{1.248}{4 * 1}$$

$$C_s = 0.3120$$

- Valores mínimos de  $C_s$

$$C_s \geq 0.044 * S_{cd}$$

$$0.3120 \geq 0.044 * 1.248$$

$$0.3120 \geq 0.0549$$

$$C_s \geq \frac{0.5 * S_{1r}}{R}$$

$$0.3120 \geq \frac{0.5 * 1.17}{4}$$

$$0.3120 \geq 0.146$$

#### **2.1.6.5. Corte basal**

Es la acumulación de fuerzas cortantes de cada nivel, esto es reflejado en la base. Estas fuerzas son sísmicas que se aplican a cada nivel y se van acumulando conforme se llega a la base, esto quiere decir que este corte es más fuerte en la base.

Todas las cargas se toman en cuenta y se incluyen los efectos sísmicos. El objetivo de estos cálculos de corte que se acumulan en la base es distribuir las fuerzas en cada nivel superior y con estos resultados diseñar el edificio logrando que sea resistente a los sismos.

La expresión para calcular el corte basal es:

$$VB = C_s * W_s$$

Dónde:

VB= corte basal

Cs= coeficiente sísmico de diseño

Ws= parte del peso de la edificación

- Cálculo de corte basal al límite de cedencia

$$VB = Cs * Ws$$

$$VB = 0.3120 * 457.51$$

$$VB = 142.74 \text{ Ton}$$

- Tipologías estructurales

Las estructuras pueden ser clasificadas en una de seis posibles familias que van de la E1 a E6 y esto depende de la estructura y en la dirección de análisis.

- Sistema E2 – Estructura de muros (estructura de cajón)

Es el sistema que soporta todas las cargas horizontales y las cargas verticales corresponden por área tributaria. Las cargas verticales que no sean soportadas por los muros pasan a ser sostenidas por las columnas ya que éstas no soportan las cargas horizontales, pero deben de resistir las derivadas laterales de la estructura.

Las losas pueden ser planas o estar compuestas por vigas, estas vigas no necesitan ser sismo-resistente. Los muros para este inciso pueden ser de concreto reforzado o mampostería reforzada. Estos tienen dos opciones ser de Alta Ductilidad (Tipo DA) o de Baja Ductilidad (BD).

Tabla VIII. **Coeficiente y factores para diseño de sistemas sismoresistentes**

	Sistema estructural	Norma	R	$\Omega R$	Cd
E2	Sistema de muros				
	Con muros estructurales				
	De concreto reforzado DA	NSE 7.1	6	2.5	5
	De concreto reforzado DB	NSE 7.9	4	2.5	4
	De mampostería reforzada DA	NSE 7.4	4	2.5	3.5
	De mampostería reforzada DB	NSE 4.1	3	2.5	2

Fuente: Norma AGIES NSE 3-2018. *Diseño Estructural de Edificaciones*. p. 28.

Tabla IX. **Resumen del análisis sísmico**

Cálculo VB AGIES NSE-2018	
Descripción	Resultados
Uso de la edificación	Edificio escolar
Índice de sismicidad $I_0$	4,1
Scr	1,56
S1r	1,17
TL	3,49
Clase de obra	Importante (TIPO III)
Nivel mínimo de protección sísmica	Suelo Firme (TIPO CD)
Probabilidad del sismo en el diseño	5 % en 50 años
Clase de sitio	E
Fa	1,0
Fv	1,0
Na	1,0
Nv	1,0
Scs	1,56

Continuación de la tabla IX.

S1s	1,17
Ts	0,75
To	0,15
Kd	0,8
Scd	1,248
S1d	0,936
Svd=	0,2496
Altura de edificio	6,0
Ta	0,188
Sistema estructural	Mampostería reforzada E2
Sa(T)	1,248
R	4
Cs	31,20 %
VB	142,74

Fuente: elaboración propia.

- Distribución de fuerzas por nivel

Se distribuyen todas las fuerzas de sismo en cada nivel de la edificación para luego determinar las fuerzas y los momentos que actúan en cada muro.

El corte basal se concentra en la base del edificio y estará distribuido en los niveles superiores, para poder calcular se encuentran de la siguiente manera:

$$F_x = C_{vx} * VB$$

$$C_{vx} = \frac{W_x * h_x}{\sum_{i=1}^n W_i * h_i}$$

Dónde:

VB= corte basal

Wx= peso de cada nivel

Hx= altura de cada nivel

Tabla X. **Distribución de fuerzas por nivel**

Distribución de la fuerza de sismo por piso					
EJE X					
Nivel	W peso (ton)	h altura (m)	W*h (ton*m)	Fx (ton)	Fx acum (ton)
Techo	151,44	6	908,65	84,87	84,87
2	206,55	3	619,65	57,88	142,74
1	74,72	0	0	0	142,74
Totales	432,71		1 528,30		

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momentos de volteo

El momento de volteo es externo y se produce desde la base de una estructura, debido a una carga lateral que se aplica a un punto que se sitúa por encima de la base y se pierde el equilibrio.

El cimiento y la estructura deben de ser diseñados para resistir el momento de volteo que se produce al momento de haber un sismo, se encuentran algunos casos en los que los momentos de volteo sobre pasan la carga muerta e inducen tensiones en los muros de corte.

Los momentos de volteo se calculan mediante las fuerzas obtenidas de cada nivel.

Tabla XI. **Distribución de momentos por nivel**

Momento de volteo por piso					
Nivel	Fi (ton)	Hi altura (m)	Fi*hi	Hi-hx	Mx (ton*m)
Techo	84,87	6	509,21	0,0	0,00
2	57,88	3	173,63	3,0	254,60
1	0	0	0	4,0	825,58
Totales	142,74		682,83		

Fuente: elaboración propia.

- Solución por análisis simplista

Se procede a enumerar cada muro vertical y horizontal de todos los niveles que se está diseñando, se calcula el centro de masa y la rigidez de los muros con las cargas laterales que se han distribuido en todos los niveles, son los muros que están en dirección del sismo.

Tabla XII. **Muros estructurales primer y segundo nivel**

Primer nivel

Muro	Longitud (m)	Dirección	Muro	Longitud (m)	Dirección
1	1,10	X	a	7,7	Y
2	1,00	X	b	7,7	Y
3	2,00	X	c	7,7	Y
4	1,00	X	d	7,7	Y
5	2,00	X	e	7,7	Y
6	1,00	X	f	7,7	Y
7	2,00	X	g	7,7	Y
8	1,00	X			
9	2,00	X			

Continuación de la tabla XII.

10	2,00	X
11	1,10	X
12	2,00	X
13	1,50	X
14	2,00	X
15	1,50	X
16	2,00	X
17	1,50	X
18	2,00	X
19	1,50	X
20	3,80	X

Segundo nivel

Muro	Longitud (m)	Dirección
1	1,10	X
2	1,00	X
3	2,00	X
4	1,00	X
5	2,00	X
6	1,00	X
7	2,00	X
8	1,00	X
9	2,00	X
10	2,00	X
11	1,10	X
12	2,00	X
13	1,50	X
14	2,00	X
15	1,50	X
16	2,00	X
17	1,50	X
18	2,00	X
19	1,50	X
20	3,80	X

Muro	Longitud (m)	Dirección
a	7,7	Y
b	7,7	Y
c	7,7	Y
d	7,7	Y
e	7,7	Y
f	7,7	Y
g	7,7	Y

Fuente: elaboración propia.

- Localización de centro de masa

Es la posición que es definida en relación a un objeto o a un sistema de objetos. Es el promedio de la posición de todas las partes del sistema, ponderadas de acuerdo a sus masas, este punto es la resultante de todas las fuerzas gravitatorias. En este punto es donde se concentra la masa.

Tabla XIII. Centro de masa en sentido X

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y
1	1,10	0,55	7,70	0,605	8,470
2	1,00	3,10	7,70	3,100	7,700
3	2,00	6,10	7,70	12,200	15,400
4	1,00	9,10	7,70	9,100	7,700
5	2,00	12,10	7,70	24,200	15,400
6	1,00	15,10	7,70	15,100	7,700
7	2,00	18,10	7,70	36,200	15,400
8	1,00	21,10	7,70	21,100	7,700
9	2,00	24,10	7,70	48,200	15,400
10	2,00	27,10	7,70	54,200	15,400
11	1,10	29,65	7,70	32,615	8,470
12	2,00	2,20	0,00	4,400	0,000
13	1,50	5,45	0,00	8,175	0,000
14	2,00	8,20	0,00	16,400	0,000
15	1,50	11,45	0,00	17,175	0,000
16	2,00	14,20	0,00	28,400	0,000
17	1,50	17,45	0,00	26,175	0,000
18	2,00	20,20	0,00	40,400	0,000
19	1,50	23,45	0,00	35,175	0,000
20	3,80	27,10	0,00	102,980	0,000
$\Sigma$	34			535,900	124,740

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Centro de masa en sentido Y

Muro	Longitud (m)	Distancia X al eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y
a	7,7	0,10	3,85	0,770	29,645
b	7,7	6,10	3,85	46,970	29,645
c	7,7	12,10	3,85	93,170	29,645
d	7,7	18,10	3,85	139,370	29,645
e	7,7	24,10	3,85	185,570	29,645
f	7,7	27,10	3,85	208,670	29,645
g	7,7	30,20	3,85	232,540	29,645
Σ	53,90			907,060	207,515

Fuente: elaboración propia.

$$Cmx = \frac{\Sigma L * X}{\Sigma L}$$

$$Cmx = \frac{(53.90 + 907.60)}{(34.00 + 53.90)}$$

$$Cmx = 16.42 \text{ m}$$

$$Cmy = \frac{\Sigma L * Y}{\Sigma L}$$

$$Cmy = \frac{(124.74 + 207.52)}{(34.00 + 53.90)}$$

$$Cmy = 3.78 \text{ m}$$

- Localización del centro de rigidez

Es la representación del centro geométrico de las rigideces de los elementos estructurales de un nivel y es el punto del entrepiso, al momento de aplicar fuerza cortante en uno de los niveles está rota con respecto al nivel inferior. También es llamado punto de resistencia.

Es importante que el centro de masa y el centro de rigidez coincidan para que no haya efectos torsionantes en la edificación, las deformaciones se hacen presentes ante la acción de las cargas. La fórmula para la rigidez es:

$$R = \frac{1}{\Delta}$$

Dónde:

R= rigidez relativa del elemento estructural

$\Delta$ = deformación por flexión más la deformación por corte

La deformación de flexión para muros en voladizo se debe de utilizar la fórmula:

$$\Delta_{voladizo} = \frac{P}{Em * t} * \left[ \left( \frac{h}{d} \right)^3 + 3 * \left( \frac{h}{d} \right) \right]$$

La deformación de flexión para muros empotrados se debe de utilizar la fórmula:

$$\Delta_{empotrado} = \frac{P}{Em * t} * \left[ 4 * \left( \frac{h}{d} \right)^3 + 3 * \left( \frac{h}{d} \right) \right]$$

Dónde:

P = fuerza que actúa en el nivel de piso a trabajar

Em = módulo de elasticidad de la mampostería

t = peralte de la losa

h = altura nivel del edificio

d = longitud de muro

Se presentan los siguientes datos para el cálculo de rigidez del primer nivel.

$$t = 12\text{cm}$$

$$f'm = \frac{70\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Em = 900 * f'm = 900 * 70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 63\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}; \text{según agies 7.4}$$

$$Em * t = 63\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 12\text{cm} = 756\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$P = FXn - 2 = 142\,743.40\text{kg}$$

$$\frac{P}{Em * t} = \frac{142\,743.40\text{kg}}{\left(756\,000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}\right)} = 0.19\text{cm}$$

Para el primer nivel se utilizará la fórmula para muros empotrados.

Tabla XV. **Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido X, primer nivel**

Muro	Longitud (m)	H/L	(H/L) <sup>3</sup>	3*(H/L)	Distancia X al Eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*Y
1	1 10	2 727	20 285	8 182	0 55	7,7	0 605	8 470	0 059	0 457
2	1 00	3 000	27 000	9 000	3 10	7,7	3 100	7 700	0 045	0 349
3	2 00	1 500	3 375	4 500	6 10	7,7	12 200	15 400	0 294	2 266
4	1 00	3 000	27 000	9 000	9 10	7,7	9 100	7 700	0 045	0 349
5	2 00	1 500	3 375	4 500	12 10	7,7	24 200	15 400	0 294	2 266
6	1 00	3 000	27 000	9 000	15 10	7,7	15 100	7 700	0 045	0 349
7	2 00	1 500	3 375	4 500	18 10	7,7	36 200	15 400	0 294	2 266
8	1 00	3 000	27 000	9 000	21 10	7,7	21 100	7 700	0 045	0 349
9	2 00	1 500	3 375	4 500	24 10	7,7	48 200	15 400	0 294	2 266
10	2 00	1 500	3 375	4 500	27 10	7,7	54 200	15 400	0 294	2 266
11	1 10	2 727	20 285	8 182	29 65	7,7	32 615	8 470	0 059	0 457
12	2 00	1 500	3 375	4 500	2 20	0	4 400	0 000	0 294	0 000
13	1 50	2 000	8 000	6 000	5 45	0	8 175	0 000	0 139	0 000
14	2 00	1 500	3 375	4 500	8 20	0	16 400	0 000	0 294	0 000
15	1 50	2 000	8 000	6 000	11 45	0	17 175	0 000	0 139	0 000
16	2,00	1 500	3 375	4 500	14 20	0	28 400	0 000	0 294	0 000
17	1, 50	2 000	8 000	6 000	17 45	0	26 175	0 000	0 139	0 000
18	2 00	1 500	3 375	4 500	20 20	0	40 400	0 000	0 294	0 000
19	1 50	2 000	8 000	6 000	23 45	0	35 175	0 000	0 139	0 000
20	3 80	0 789	0 492	2 368	27 10	0	102 980	0 000	1 221	0 000

0 439

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido Y, primer nivel**

Muro	Longitud (m)	H/L	(H/L) <sup>3</sup>	3*(H/L)	Distancia X al Eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*X
a	7 700	0 390	0 059	1 169	0,1	3 85	0 770	29 645	3 768	0 377
b	7 700	0 390	0 059	1 169	6,1	3 85	46 970	29 645	3 768	22 988
c	7 700	0 390	0 059	1 169	12 1	3 85	93 170	29 645	3 768	45 599
d	7 700	0 390	0 059	1 169	18 1	3 85	139 370	29 645	3 768	68 210

Continuación de la tabla XVI.

e	7 700	0 390	0 059	1 169	24 1	3 85	185 570	29 645	3 768	90 820
f	7 700	0 390	0 059	1 169	27 1	3 85	208 670	29 645	3 768	102 126
g	7 700	0 390	0 059	1 169	30 2	3 85	232 540	29 645	3 768	113 808

Fuente: elaboración propia.

El procedimiento para los cálculos de rigidez del segundo nivel se realiza de la misma manera que los del primer nivel. Los resultados se presentan a continuación.

Para el segundo nivel se utilizará la fórmula para muros en voladizo.

Tabla XVII. **Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido X, segundo nivel**

Muro	Longitud (m)	H/L	(H/L) <sup>3</sup>	3*(H/L)	Distancia X al Eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*Y
1	1,10	2,73	20 29	8 182	0,55	7,70	0,61	8,47	0,31	2,41
2	1,00	3,00	27 00	9 000	3,10	7,70	3,10	7,70	0,25	1,91
3	2,00	1,50	3,38	4 500	6,10	7,70	12,20	15,40	1,13	8,71
4	1,00	3,00	27 00	9 000	9,10	7,70	9,10	7,70	0,25	1,91
5	2,00	1,50	3,38	4 500	12,10	7,70	24,20	15,40	1,13	8,71
6	1,00	3,00	27 00	9 000	15,10	7,70	15,10	7,70	0,25	1,91
7	2,00	1,50	3,38	4 500	18,10	7,70	36,20	15,40	1,13	8,71
8	1,00	3,00	27,00	9 000	21,10	7,70	21,10	7,70	0,25	1,91
9	2,00	1,50	3,38	4 500	24,10	7,70	48,20	15,40	1,13	8,71
10	2,00	1,50	3,38	4 500	27,10	7,70	54,20	15,40	1,13	8,71
11	1,10	2,73	20,29	8 182	29,65	7,70	32,62	8,47	0,31	2,41
12	2,00	1,50	3,38	4 500	2,20	0,00	4,40	0,00	1,13	0,00
13	1,50	2,00	8,00	6 000	5,45	0,00	8,18	0,00	0,64	0,00
14	2,00	1,50	3,38	4 500	8,20	0,00	16,40	0,00	1,13	0,00
15	1,50	2,00	8,00	6 000	11,45	0,00	17,18	0,00	0,64	0,00
16	2,00	1,50	3,38	4 500	14,20	0,00	28,40	0,00	1,13	0,00
17	1,50	2,00	8,00	6 000	17,45	0,00	26,18	0,00	0,64	0,00

Continuación de la tabla XVII.

18	2,00	1,50	3,38	4 500	20,20	0,00	40,40	0,00	1,13	0,00
19	1,50	2,00	8,00	6 000	23,45	0,00	35,18	0,00	0,64	0,00
20	3,80	0,79	0,49	2 368	27,1	0	102 98	0,00	3,11	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Cálculo del centro de rigidez de la estructura, sentido Y, segundo nivel**

Muro	Longitud (m)	H/L	(H/L) <sup>3</sup>	3*(H/L)	Distancia X al Eje Y	Distancia Y al eje X	L*X	L*Y	Rigidez	R*X
a	7 700	0 390	0 059	1 169	0,1	3,85	0 770	29 645	7 254	0 725
b	7 700	0 390	0 059	1 169	6,1	3,85	46 970	29 645	7 254	44 251
c	7 700	0 390	0 059	1 169	12,1	3,85	93 170	29 645	7 254	87 776
d	7 700	0 390	0 059	1 169	18,1	3,85	139 370	29 645	7 254	131 301
e	7 700	0 390	0 059	1 169	24,1	3,85	185 570	29 645	7 254	174 826
f	7 700	0 390	0 059	1 169	27,1	3,85	208 670	29 645	7 254	196 589
g	7 700	0 390	0 059	1 169	30,2	3,85	232 540	29 645	7 254	219 077

Fuente: elaboración propia.

Resultados parciales para el análisis simplista primer nivel.

$L_x = 34.00$                        $L_y = 53.90$                        $L = 87.90$   
 $R_x = 4.727$                        $R_y = 26.379$   
 $L^*X = 1\ 442.96$                        $L^*Y = 332.26$   
 $R^*X = 443.93$                        $R^*Y = 13.64$

- Centro de masa de muros:

$$X = \frac{L * X}{L} = \frac{1\,442.96}{87.90} = 16.42 \text{ m}$$

$$Y = \frac{L * Y}{L} = \frac{332.26}{87.90} = 3.78 \text{ m}$$

- Centro de rigidez de muros:

$$X_{cr} = \frac{R * X}{R_y} = \frac{332.95}{19.79} = 16.83$$

$$Y_{cr} = \frac{R * Y}{R_x} = \frac{10.23}{3.55} = 2.89$$

- Centro de masa de entrepiso:

$$X_{cm} = \frac{\text{Longitud en X}}{2} = \frac{30.20}{2} = 15.10$$

$$Y_{cm} = \frac{\text{Longitud en Y}}{2} = \frac{7.50}{2} = 3.75$$

Resultados parciales para el análisis simplista segundo nivel.

$$L_x = 34.00 \qquad L_y = 53.90 \qquad L = 87.90$$

$$R_x = 17.45 \qquad R_y = 50.78$$

$$L * X = 1\,442.96 \qquad L * Y = 332.26$$

$$R * X = 854.54 \qquad R * Y = 55.99$$

- Centro de masa de muros:

$$X = \frac{L * X}{L} = \frac{1\,442.96}{87.90} = 16.42 \text{ m}$$

$$Y = \frac{L * Y}{L} = \frac{332.26}{87.90} = 3.78 \text{ m}$$

- Centro de rigidez de muros:

$$X_{cr} = \frac{R * X}{R_y} = \frac{332.95}{19.79} = 16.83$$

$$Y_{cr} = \frac{R * Y}{R_x} = \frac{10.23}{3.55} = 3.21$$

- Centro de masa de entrepiso:

$$X_{cm} = \frac{\text{Longitud en X}}{2} = \frac{30.20}{2} = 15.10$$

$$Y_{cm} = \frac{\text{Longitud en Y}}{2} = \frac{7.50}{2} = 3.75$$

- Centro de masa combinado (losa + muros)

*W losa techo = carga muerta de techo \* área de losa*

$$W \text{ losa techo} = 363.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 293.70 \text{ m}^2 = 106\,613.10 \text{ kg}$$

*W losa de entrepiso = C. M. entrepiso \* área losa de entrepiso*

$$W \text{ losa de entrepiso} = 398.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 293.70 \text{ m}^2 = 116\,892.60 \text{ kg}$$

$W \text{ muros primer nivel} = C.M. \text{ muros} * \text{perimetro de muros} * \text{altura}$

$$W \text{ muros primer nivel} = 340.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 87.90 \text{ m} * 3.0 \text{ m} = 89\ 658.0 \text{ kg}$$

$W \text{ muros segundo nivel} = C.M. \text{ muros} * \text{perimetro de muros} * \text{altura}$

$$W \text{ muros segundo nivel} = 340.0 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 87.90 \text{ m} * 3.0 \text{ m} = 89\ 658.0 \text{ kg}$$

$$X_{\text{entrepiso}} = \frac{(W_{\text{muros}} * C.M. x_{\text{muros}}) + (W_{\text{losa entrepiso}} * C.M. x_{\text{entrepiso}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losa entrepiso}}}$$

$$X_{\text{entrepiso}} = \frac{(89\ 658.00 \text{ kg} * 16.42 \text{ m}) + (116\ 892.60 \text{ kg} * 15.15 \text{ m})}{(89\ 658.00 \text{ kg} + 116\ 892.60 \text{ kg})} = 15.67 \text{ m}$$

$$Y_{\text{entrepiso}} = \frac{(W_{\text{muros}} * C.M. y_{\text{muros}}) + (W_{\text{losa entrepiso}} * C.M. y_{\text{entrepiso}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losa entrepiso}}}$$

$$Y_{\text{entrepiso}} = \frac{(89\ 658.00 \text{ kg} * 3.78 \text{ m}) + (116\ 892.60 \text{ kg} * 3.75 \text{ m})}{(89\ 658.00 \text{ kg} + 116\ 892.60 \text{ kg})} = 3.76 \text{ m}$$

$$X_{\text{techo}} = \frac{(W_{\text{muros}} * C.M. Masax_{\text{muros}}) + (W_{\text{losa techo}} * C.M. Masax_{\text{techo}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losa techo}}}$$

$$X_{\text{techo}} = \frac{(89\ 658.0 \text{ kg} * 16.42 \text{ m}) + (106\ 613.10 \text{ kg} * 15.15 \text{ m})}{(89\ 658.0 \text{ kg} + 106\ 613.10 \text{ kg})} = 15.70 \text{ m}$$

$$Y_{\text{techo}} = \frac{(W_{\text{muros}} * C.M. Masay_{\text{muros}}) + (W_{\text{losa techo}} * C.M. Masay_{\text{techo}})}{W_{\text{muros}} + W_{\text{losa techo}}}$$

$$Y_{\text{techo}} = \frac{(89\ 658.0 \text{ kg} * 13.78 \text{ m}) + (106\ 613.10 \text{ kg} * 3.75 \text{ m})}{(89\ 658.0 \text{ kg} + 106\ 613.10 \text{ kg})} = 3.76 \text{ m}$$

- Cálculo de excentricidad con respecto al centro de rigidez

Desplazamiento del 5 % de la dimensión perpendicular a la fuerza aplicada, esto debido a que se desconoce la magnitud, el lugar donde afecta la carga y el tipo de material.

AGIES NSE-2010 propone la fórmula siguiente:

$$ex = ex(\text{calculada}) + 0.05(Ly)$$

$$ey = ey(\text{calculada}) + 0.05(Lx)$$

- Excentricidad con respecto al centro de rigidez.

- Entrepiso

$$e'x = |Xcr - Xl|$$

$$e'x = |16.83 - 15.10|$$

$$e'x = 1.73$$

$$emin = 0.05 * Ly$$

$$emin = 0.05 * 30.20$$

$$emin = 1.51$$

$$e = 3.244$$

$$e'y = |Ycr - Yl|$$

$$e'y = |3.21 - 3.75|$$

$$e'y = 0.542$$

$$emin = 0.05 * Lx$$

$$emin = 0.05 * 7.50$$

$$emin = 0.375$$

$$e = 0.917$$

- Techo

$$e'x = |Xcr - Xl|$$

$$e'x = |16.83 - 15.10|$$

$$e'x = 1.73$$

$$emin = 0.05 * Ly$$

$$emin = 0.05 * 30.20$$

$$emin = 1.52$$

$$e = 3.240$$

$$e'y = |Ycr - Yl|$$

$$e'y = |3.21 - 3.75|$$

$$e'y = 0.542$$

$$emin = 0.05 * Lx$$

$$emin = 0.05 * 7.50$$

$$emin = 0.375$$

$$e = 0.917$$

### 2.1.6.6. Diseño de mampostería

La mampostería confinada cuenta con elementos de concreto reforzado como vigas y columnas de amarre en todo el perímetro del muro, primero se construye el muro luego las columnas. Estos muros son de carga formando un marco confinante.

La mampostería confinada es la más común y con ella se construyen la mayor parte en Guatemala.

En lo general los muros se comportan como elementos verticales y están sujetas a fuerzas horizontales, se concentran en los niveles de piso. La fuerza lateral es distribuida en los muros paralelos a la dirección en que actúa, esto produce dos efectos: traslación en la misma dirección y rotación al centro de rigidez cuando no coincide con el centro de masa.

- Distribución de cargas y momentos en los muros

En la estructura se deben distribuir las fuerzas y los momentos en todos los muros, las fórmulas están dados de la siguiente manera:

- Fuerza de corte: la distribución de la fuerza de corte depende de las rigideces relativas.

$$F_v = \frac{R}{\sum R} * 2V$$

- Fuerzas horizontales de sismo: serán diseñadas para resistir dos veces la fuerza de corte.

$$2V = Corte$$

- Fuerzas torsionales: estas fuerzas se ocasionan por el momento torsionante.

$$FT = \frac{Rd}{\Sigma Rd^2} * MT$$

Dónde:

$$MT = e * V$$

- Distribución de momentos de volteo: estos momentos se ocasionan por las fuerzas horizontales.

$$M_{volteo} = \frac{R}{\Sigma R} * M$$

Tabla XIX. Resultados análisis de mampostería, primer nivel x-x

Muro	Rigidez	V(kg)	2V	Dist. Y	dy= Y- Ycr	R*dy	R*dy^2	Fv (kg)	Ft (kg)	F= Fv+Ft	M vi (kg-m)	M ti (kg-m)	Mdis (kg-m)
										F(kg)			
1	0.059	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	0.266	1.197	3 581.312	1 864.382	5 445.694	10 356.526	5 593.146	15 949.672
2	0.045	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	0.203	0.914	2 734.158	1 423.365	4 157.523	7 906.705	4 270.095	12 176.800
3	0.294	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	1.322	5.938	17 772.027	9 251.873	27 023.900	51 393.580	27 755.618	79 149.198
4	0.045	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	0.203	0.914	2 734.158	1 423.365	4 157.523	7 906.705	4 270.095	12 176.800
5	0.294	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	1.322	5.938	17 772.027	9 251.873	27 023.900	51 393.580	27 755.618	79 149.198
6	0.045	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	0.203	0.914	2 734.158	1 423.365	4 157.523	7 906.705	4 270.095	12 176.800
7	0.294	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	1.322	5.938	17 772.027	9 251.873	27 023.900	51 393.580	27 755.618	79 149.198
8	0.045	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	0.203	0.914	2 734.158	1 423.365	4 157.523	7 906.705	4 270.095	12 176.800
9	0.294	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	1.322	5.938	17 772.027	9 251.873	27 023.900	51 393.580	27 755.618	79 149.198
10	0.294	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	1.322	5.938	17 772.027	9 251.873	27 023.900	51 393.580	27 755.618	79 149.198
11	0.059	142 743.416	285 486.833	7.700	4.492	0.266	1.197	3 581.312	1 864.382	5 445.694	10 356.526	5 593.146	15 949.672
12	0.294	142 743.416	285 486.833	0.000	-3.208	-0.944	3.027	17 772.027	-6 605.936	11 166.091	51 393.580	-19 817.808	31 575.772
13	0.139	142 743.416	285 486.833	0.000	-3.208	-0.447	1.434	8 418.329	-3 129.128	5 289.201	24 344.327	-9 387.383	14 956.944
14	0.294	142 743.416	285 486.833	0.000	-3.208	-0.944	3.027	17 772.027	-6 605.936	11 166.091	51 393.580	-19 817.808	31 575.772

Continuación de la tabla XIX.

15	0 139	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-0 447	1 434	8 418,329	-3 129,128	5 289,201	24 344,327	-9 387,383	14 956,944
16	0 294	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-0 944	3 027	17 772,027	-6 605,936	11 166,091	51 393,580	-19 817,808	31 575,772
17	0 139	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-0 447	1 434	8 418,329	-3 129,128	5 289,201	24 344,327	-9 387,383	14 956,944
18	0 294	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-0 944	3 027	17 772,027	-6 605,936	11 166,091	51 393,580	-19 817,808	31 575,772
19	0 139	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-0 447	1 434	8 418,329	-3 129,128	5 289,201	24 344,327	-9 387,383	14 956,944
20	1 221	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-3 917	12 565	73 766,013	-27 419,132	46 346,881	213 318,344	-82 257,395	131 060,949
	4 727						66 149						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultado análisis de mampostería, primer nivel y-y**

Muro	Rigidez	V(kg)	2V	Dist. X	dx= X-Xcr	R*dx	R*dx*2	Fv (kg)	Ft (kg)	F= Fv+Ft	M vi (kg-m)	M ti (kg-m)	Mdis (kg-m)
										F(kg)			
a	3 768	142 743,416	285 486,83	0 10	-16 729	-63 041	1 054,592	40 783,833	-2 896,065	37 887,768	117 939,677	-8 688,195	109 251,482
b	3 768	142 743,416	285 486,83	6 10	-10 729	-40 430	433 761	40 783,833	-1 857,340	38 926,493	117 939,677	-5 572,019	112 367,658
c	3 768	142 743,416	285 486,83	12 10	-4 729	-17 820	84 261	40 783,833	-818 614	39 965,219	117 939,677	-2 455,843	115 483,834
d	3 768	142 743,416	285 486,83	18 10	1 271	4 791	6 092	40 783,833	220 111	41 003,944	117 939,677	660 333	118 600,010
e	3 768	142 743,416	285 486,83	24 10	7 271	27 402	199 254	40 783,833	1 258,836	42 042,669	117 939,677	3 776,508	121 716,186
f	3 768	142 743,416	285 486,83	27 10	10 271	38 708	397 584	40 783,833	1 778,199	42 562,032	117 939,677	5 334,596	123 274,274
g	3 768	142 743,416	285 486,83	30 20	13 371	50 390	673 787	40 783,833	2 314,874	43 098,707	117 939,677	6 944,621	124 884,298
	26 379						2 849,330						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Resultados análisis de mampostería, segundo nivel x-x**

Muro	Rigidez	V(kg)	2V	Dist. Y	dy= Y-Ycr	R*dy	R*dy*2	Fv (kg)	Ft (kg)	F= Fv+Ft	M vi (kg-m)	M ti (kg-m)	Mdis (kg-m)
										F(kg)			
1	0 313	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	1 406	0 618	5 117,849	1 229,409	6 347,258	14 799,919	3 688,228	18 488,146
2	0 247	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	1 112	0 306	4 046,984	972 166	5 019,150	11 703,166	2 916,499	14 619,665
3	1 131	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	5 082	29 210	18 500,498	4 444,188	22 944,687	53 500,189	13 332,565	66 832,754
4	0 247	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	1 112	0 306	4 046,984	972 166	5 019,150	11 703,166	2 916,499	14 619,665
5	1 131	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	5 082	29 210	18 500,498	4 444,188	22 944,687	53 500,189	13 332,565	66 832,754

Continuación de la tabla XXI.

6	0 247	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	1 112	0 306	4 046,984	972 166	5 019,150	11 703,166	2 916,499	14 619,665
7	1 131	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	5 082	29 210	18 500,498	4 444,188	22 944,687	53 500,189	13 332,565	66 832,754
8	0 247	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	1 112	0 306	4 046,984	972 166	5 019,150	11 703,166	2 916,499	14 619,665
9	1 131	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	5 082	29 210	18 500,498	4 444,188	22 944,687	53 500,189	13 332,565	66 832,754
10	1 131	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	5 082	29 210	18 500,498	4 444,188	22 944,687	53 500,189	13 332,565	66 832,754
11	0 313	142 743,416	285 486,833	7 700	4 492	1 406	0 618	5 117,849	1 229,409	6 347,258	14 799,919	3 688,228	18 488,146
12	1 131	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-3 628	14 892	18 500,498	-3 173,198	15 327,300	53 500,189	-9 519,594	43 980,596
13	0 636	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-2 041	2 650	10 406,530	-1 784,924	8 621,606	30 093,857	-5 354,771	24 739,085
14	1 131	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-3 628	14 892	18 500,498	-3 173,198	15 327,300	53 500,189	-9 519,594	43 980,596
15	0 636	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-2 041	2 650	10 406,530	-1 784,924	8 621,606	30 093,857	-5 354,771	24 739,085
16	1 131	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-3 628	14 892	18 500,498	-3 173,198	15 327,300	53 500,189	-9 519,594	43 980,596
17	0 636	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-2 041	2 650	10 406,530	-1 784,924	8 621,606	30 093,857	-5 354,771	24 739,085
18	1 131	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-3 628	14 892	18 500,498	-3 173,198	15 327,300	53 500,189	-9 519,594	43 980,596
19	0 636	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-2 041	2 650	10 406,530	-1 784,924	8 621,606	30 093,857	-5 354,771	24 739,085
20	3 114	142 743,416	285 486,833	0 000	-3 208	-9 989	310 729	50 932,593	-8 735,938	42 196,656	147 288,107	-26 207,813	121 080,295
	17 455						529 409						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Resultados análisis de mampostería, segundo nivel y-y**

Muro	Rigidez	V(kg)	2V	Dist. X	dx= X-Xcr	R*dx	R*dx <sup>2</sup>	Fv (kg)	Ft (kg)	F= Fv+Ft	M vi (kg-m)	M ti (kg-m)	Mdis (kg-m)
										F(kg)			
a	7 254	142 743,416	285 486,833	0,100	-16 729	-121 352	2 030,050	40 783,833	-2 896,065	37 887,768	117 939,677	-8 688,195	109 251,482
b	7 254	142 743,416	285 486,833	6,100	-10 729	-77 827	834 974	40 783,833	-1 857,340	38 926,493	117 939,677	-5 572,019	112 367,658
c	7 254	142 743,416	285 486,833	12,100	-4 729	-34 302	162 199	40 783,833	-818 614	39 965,219	117 939,677	-2 455,843	115 483,834
d	7 254	142 743,416	285 486,833	18,100	1 271	9 223	11 727	40 783,833	220 111	41 003,944	117 939,677	660 333	118 600,010
e	7 254	142 743,416	285 486,833	24,100	7 271	52 748	383 556	40 783,833	1 258,836	42 042,669	117 939,677	3 776,508	121 716,186
f	7 254	142 743,416	285 486,833	27,100	10 271	74 511	765 334	40 783,833	1 778,199	42 562,032	117 939,677	5 334,596	123 274,274
g	7 254	142 743,416	285 486,833	30,200	13 371	96 999	1 297,014	40 783,833	2 314,874	43 098,707	117 939,677	6 944,621	124 884,298
	50 779						5 484,853						

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Resumen de fuerza y momento aplicado en muros del primer nivel**

Eje x-x, primer nivel				
No. De muro	Fx (kg)	Fx (ton)	Mdis (kg-m)	Mdis (ton-m)
1	5 445,694	5,446	15 949,672	15,950
2	4 157,523	4,158	12 176,800	12,177
3	27 023,900	27,024	79 149,198	79,149
4	4 157,523	4,158	12 176,800	12,177
5	27 023,900	27,024	79 149,198	79,149
6	4 157,523	4,158	12 176,800	12,177
7	27 023,900	27,024	79 149,198	79,149
8	4 157,523	4,158	12 176,800	12,177
9	27 023,900	27,024	79 149,198	79,149
10	27 023,900	27,024	79 149,198	79,149
11	5 445,694	5,446	15 949,672	15,950
12	11 166,091	11,166	31 575,772	31,576
13	5 289,201	5,289	14 956,944	14,957
14	11 166,091	11,166	31 575,772	31,576
15	5 289,201	5,289	14 956,944	14,957
16	11 166,091	11,166	31 575,772	31,576
17	5 289,201	5,289	14,956.944	14,957
18	11 166,091	11.166	31,575.772	31,576
19	5 289,201	5.289	14,956.944	14,957
20	46 346,881	46.347	131,060.949	131,061
Eje y-y, primer nivel				
A	37 887,768	37,888	109 251,482	109,251
B	38 926,493	38,926	112 367,658	112,368
C	39 965,219	39,965	115 483,834	115,484
D	41 003,944	41,004	118 600,010	118,600
E	42 042,669	42,043	121 716,186	121,716
F	42 562,032	42,562	123 274,274	123,274
G	43 098,707	43,099	124 884,298	124,884

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Resumen de fuerza y momento aplicado en muros del segundo nivel**

Eje x-x, segundo nivel				
No. De muro	Fx (kg)	Fx (ton)	Mdis (kg-m)	Mdis (ton-m)
1	6 347,258	6,347	18 488,146	18,488
2	5 019,150	5,019	14 619,665	14,620
3	22 944,687	22,945	66 832,754	66,833
4	5 019,150	5,019	14 619,665	14,620
5	22 944,687	22,945	66 832,754	66,833
6	5 019,150	5,019	14 619,665	14,620
7	22 944,687	22,945	66 832,754	66,833
8	5 019,150	5,019	14 619,665	14,620
9	22 944,687	22,945	66 832,754	66,833
10	22 944,687	22,945	66 832,754	66,833
11	6 347,258	6,347	18 488,146	18,488
12	15 327,300	15,327	43 980,596	43,981
13	8 621,606	8,622	24 739,085	24,739
14	15 327,300	15,327	43 980,596	43,981
15	8 621,606	8,622	24 739,085	24,739
16	15 327,300	15,327	43 980,596	43,981
17	8 621,606	8,622	24 739,085	24,739
18	15 327,300	15,327	43 980,596	43,981
19	8 621,606	8,622	24 739,085	24,739
20	42 196,656	42,197	121 080,295	121,080
Eje y-y, segundo nivel				
A	37 887,768	37,888	109 251,482	109,251
B	38 926,493	38,926	112 367,658	112,368
C	39 965,219	39,965	115 483,834	115,484
D	41 003,944	41,004	118 600,010	118,600
E	42 042,669	42,043	121 716,186	121,716
F	42 562,032	42,562	123 274,274	123,274
G	43 098,707	43,099	124 884,298	124,884

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.6.6.1. Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos admisibles de los muros de mampostería son los que se utilizan para compararlos con los esfuerzos actuantes de cada muro para realizar el diseño óptimo del instituto.

- Cálculo de máximo esfuerzo axial permitido

Las normas de AGIES indican que el esfuerzo axial en los muros de mampostería con refuerzo interior en kilogramos por centímetro cuadrado, no debe de exceder el valor que se calcule con la siguiente expresión:

$$F_a = 0.20 * f'm * \left[ 1 - \left( \frac{h}{40 * t} \right)^3 \right]$$

Dónde:

- fa= esfuerzo axial de compresión  
f'm= resistencia a la compresión de la mampostería  
t= espesor de muro  
h= altura de muro

Se calcularán los esfuerzos admisibles y los esfuerzos actuantes en el muro crítico del diseño, los resultados servirán para calcular los valores del área de acero para soportar las cargas.

Datos:

$$f'm = 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810.0 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2.1 \text{E}6 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = 20 \text{ cm}$$

$$h = 3.0 \text{ m}$$

$$F_s = 2 = 0.5$$

Factor de seguridad a utilizar será  $F_s = 2 = 0.5$ , se toma este valor porque puede haber una mala supervisión.

$$F_a = 0.5 * 0.20 * 70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * \left[ 1 - \left( \frac{300}{40 * 20} \right)^3 \right]$$
$$F_a = 6.63 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Cálculo de esfuerzo flexionante máximo permitido de mampostería

La norma AGIES define como esfuerzo de compresión producido por la flexión, es expresado en kilogramos por centímetro cuadrado, no debe de exceder la siguiente expresión:

$$F_b = 0.33 * f'_m$$
$$F_b = 0.5 * 0.33 * 70 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$
$$F_b = 11.55 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Cálculo de esfuerzo a corte

Las fuerzas laterales producen esfuerzos de corte en los muros, los resultados son expresados en kilogramo por centímetro cuadrado, no debe de exceder la siguiente expresión:

$$Fv = 0.3 * \sqrt{f'm}$$

$$Fv = 0.5 * 0.3 * \sqrt{70 \frac{kg}{cm^2}}$$

$$Fv = 1.26 \frac{kg}{cm^2}$$

- Cálculo del esfuerzo de tensión

El fuerza de tensión en las barras de acero de refuerzo, no debe de exceder la siguiente expresión:

$$fs = 0.4 * fy$$

$$fs = 0.4 * 2810 \frac{kg}{cm^2}$$

$$fs = 1124 \frac{kg}{cm^2}$$

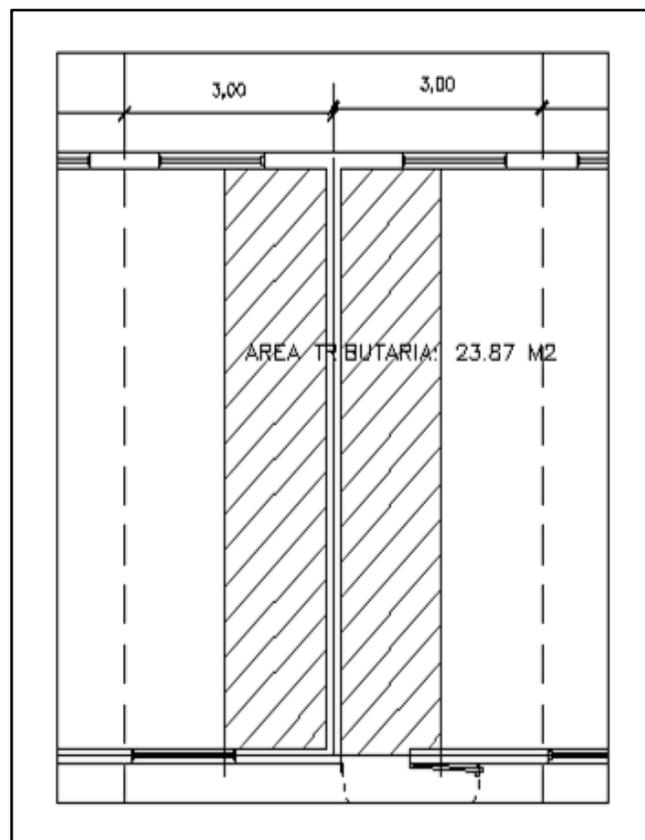
### 2.1.7. Estructura

En el siguiente apartado se describe el diseño de muros críticos, el diseño de losas, el diseño de vigas, el diseño de cimientos que conlleva la determinación de valor soporte y diseño de cimiento corrido, seguidamente se describen las instalaciones del diseño.

### 2.1.7.1. Diseño de muros críticos

Para realizar el diseño se tomará el muro del eje 3 siendo uno de los que se encuentra más lejos a los ejes y son los que soportan más carga, los esfuerzos que fueron calculados son los admisibles teniendo esto se procede a calcular los esfuerzos actuantes, realizándolo con los datos de los cálculos del análisis simplista.

Figura 5. Área tributaria muro 3



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos:

$$F= 46,346.88 \text{ kg}$$

$$M= 131,060.95 \text{ kg-m}$$

$$L= 7.70 \text{ m}$$

$$H= 3.00 \text{ m}$$

$$T= 0.20 \text{ m}$$

$$Atri= 23.87 \text{ m}^2$$

$$Wtecho= 363.0 \text{ kg/m}^2$$

$$Wentrepiso= 398.0 \text{ kg/m}^2$$

$$Wmampos= 340.0 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. aulas= 200.0 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. techo= 100.0 \text{ kg/m}^2$$

$$C.V. pasillo= 500.0 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de carga muerta y carga viva

$$C.M. = \frac{(Wtecho * At) + (Wentrepiso * At)}{L} + (Wmamp * 2 * Altura)$$
$$C.M. = \frac{\left(363.0 \frac{kg}{m^2} * 23.87 m^2\right) + \left(398.0 \frac{kg}{m^2} * 23.87 m^2\right)}{7.70 m} + \left(340.0 \frac{kg}{m^2} * 2 * 3.0m\right)$$
$$C.M. = 4\,399.10 \frac{kg}{m}$$
$$C.V. = \frac{(C.V. aulas * At) + (C.V. techo * At)}{L}$$
$$C.V. = \frac{\left(200 \frac{kg}{m^2} * 23.87 m^2\right) + \left(100 \frac{kg}{m^2} * 23.87 m^2\right)}{7.70 m}$$
$$C.V. = 930.0 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de carga última

$$C.U. = 1.4 C.M. + 1.7 C.V.$$

$$C.U. = 1.4 \left( 4\,399.10 \frac{kg}{m} \right) + 1.7 \left( 930 \frac{kg}{m} \right)$$

$$C.U. = 7\,739.74 \frac{kg}{m}$$

- Cálculo de esfuerzo axial actuante (fa)

$$fa = \frac{C.U.*L}{b*t}$$

$$fa = \frac{7\,739.74 \frac{kg}{m} * 7.70 m}{770 cm * 20 cm}$$

$$fa = 3.87 \frac{kg}{cm^2}$$

- Cálculo de corte unitario (fv)

$$fv = \frac{F}{t*L}$$

$$fv = \frac{46\,346.88 kg}{20 cm * 770 cm}$$

$$fv = 3.010 \frac{kg}{cm^2}$$

- Cálculo de esfuerzo flexionante (fb)

$$fb = \frac{Mc}{I} = \frac{6 * My * 100}{t * L^2}$$

$$fb = \frac{6 * 131,060.95 * 100}{20 cm * (770 cm)^2}$$

$$fb = 6.63 \frac{kg}{cm^2}$$

- Valores anteriormente calculados

$$Fa = 6.63 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Fb = 11.55 \frac{kg}{cm^2}$$

$$Fv = 1.26 \frac{kg}{cm^2}$$

- Corrección de esfuerzo flexionante

$$fb = \left(1.33 - \frac{fa}{Fa}\right) * Fb$$

$$fb = \left(1.33 - \frac{3.87 \frac{kg}{cm^2}}{6.63 \frac{kg}{cm^2}}\right) * 11.55 \frac{kg}{cm^2}$$

$$fb = 8.62 \frac{kg}{cm^2}$$

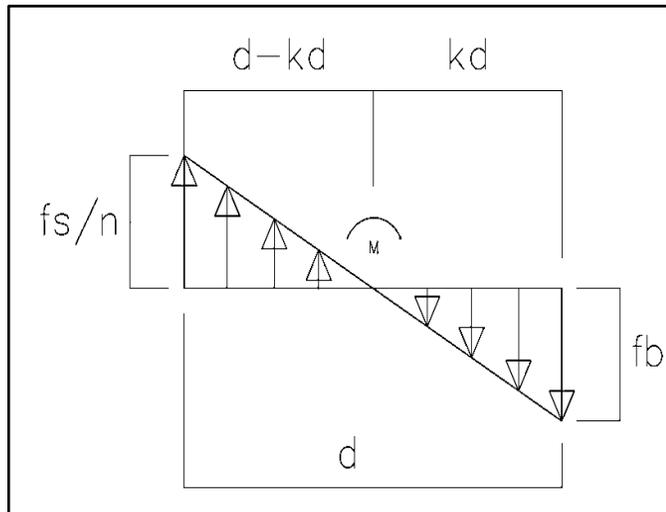
- Relación modular

$$n = \frac{Es}{Em}$$

$$n = \frac{2.1E6}{765 * 70}$$

$$n = 39.22$$

Figura 6. Relación modular



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Factor K

$$n = \frac{\frac{F_s}{n}}{d - kd} = \frac{f_b}{kd}$$

$$\frac{\frac{1124.0}{39.22}}{7.65 - 7.65k} = \frac{8.59}{7.65k}$$

$$28.66 * 7.65k = 8.59 * (7.65 - 7.65k)$$

$$219.25k = 65.71 - 65.71k$$

$$219.25k + 65.71k = 65.71$$

$$284.96k = 65.71$$

$$k = \frac{65.71}{284.96}$$

$$k = 0.231$$

- Factor J

$$J = 1 - \left(\frac{k}{3}\right)$$

$$J = 1 - \left(\frac{0.231}{3}\right)$$

$$J = 0.923$$

- Acero mínimo

$$A_{smin\ columnas} = 0.0007 * 20 * 770$$

$$A_{smin\ columnas} = 10.78\ cm^2$$

- Acero requerido

$$d = 7.70 - 0.10$$

$$d = 7.60\ m = 760\ cm$$

$$A_{sreq} = \left(\frac{M}{f_s * j * d}\right)$$

$$A_{sreq} = \left(\frac{131\ 060.95 * 100}{1\ 124.0 * 0.923 * 760}\right)$$

$$A_{sreq} = 16.62\ cm^2$$

$$A_{sreq} > A_{smin}$$

$$16.62\ cm^2 > 10.71\ cm^2$$

- Diseño de corte

$$A_v = \frac{(S * b * f_v)}{f_s}$$

$$A_v = \frac{(S * 20 * 3.010)}{1,124.0}$$

$$Av = 0.0536 * S$$

Dónde:

$$S = 1.00 \text{ m}$$

$$Av = 0.0536 * 100$$

$$Av = 5.36 \text{ cm}^2$$

Tabla XXV. **Acero necesario primer nivel X-X**

Acero necesario primer nivel X-X			
Muro	Longitud	Asmin cm <sup>2</sup>	Asreq cm <sup>2</sup>
1	1,10	1,54	15,375
2	1,00	1,4	13,042
3	2,00	2,8	40,157
4	1,00	1,4	13,042
5	2,00	2,8	40,157
6	1,00	1,4	13,042
7	2,00	2,8	40,157
8	1,00	1,4	13,042
9	2,00	2,8	40,157
10	2,00	2,8	40,157
11	1,10	1,54	15,375
12	2,00	2,8	16,020
13	1,50	2,1	10,299
14	2,00	2,8	16,020
15	1,50	2,1	10,299
16	2,00	2,8	16,020
17	1,50	2,1	10,299
18	2,00	2,8	16,020
19	1,50	2,1	10,299
20	3,80	5,32	34,146

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Acero necesario primer nivel Y-Y**

Acero necesario primer nivel Y-Y			
Muro	Longitud	Asmin cm <sup>2</sup>	Asreq cm <sup>2</sup>
a	7,700	10,78	13,857
b	7,700	10,78	14,253
c	7,700	10,78	14,648
d	7,700	10,78	15,043
e	7,700	10,78	15,438
f	7,700	10,78	15,636
g	7,700	10,78	15,840

Fuente: elaboración propia.

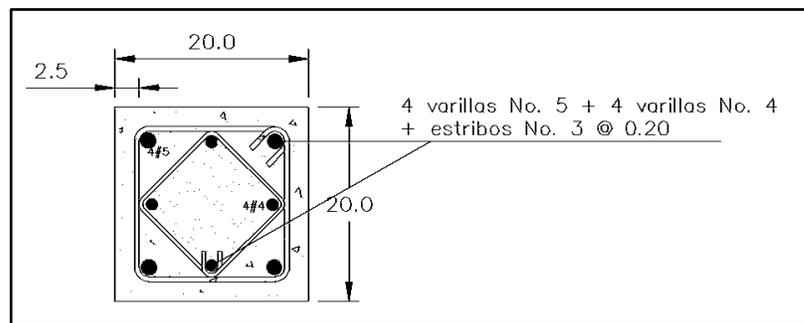
Tabla XXVII. **Tipo de columnas y soleras**

Tipos de columnas				
Tipo	Dimensiones	especificaciones	Ag (cm <sup>2</sup> )	Porcentaje As
A	0,19 x 0,19	4 varillas # 5 + 4 varillas # 4 + Estribos No. 3 @ 20 cm	361	3,601
B	0,19 x 0,19	4 varillas # 5 + Estribos No. 3 @ 20 cm	361	2,194
C	0,19 x 0,10	2 varillas # 3 + Estribos No. 2 @ 20 cm	190	0,753
D	0,10 x 0,10	1 varillas # 3	100	0,710
Tipos de soleras				
Tipo	Dimensiones	especificaciones		
Solera Hidrofuga	0,19 x 0,20	4 núm 4 + Estribos No. 2 @ 20 cm		
Solera Intermedia	0,19 x 0,20	4 núm 3 + Estribos No. 2 @ 20 cm		
Solera de remate	0,19 x 0,20	4 núm 4 + Estribos No. 2 @ 20 cm		

Fuente: elaboración propia.

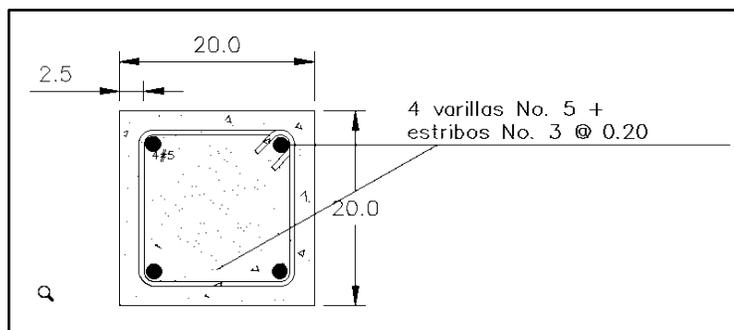
Las normas AGIES 3.3.9 indican los porcentajes de refuerzo para columnas de mampostería reforzada, no debe de ser menor que el 0.5 % ni mayor al 4 % del área de la columna. El edificio por ser simétrico el área de acero del primer nivel es el mismo que el segundo.

Figura 7. **Detalle de columna C-A**



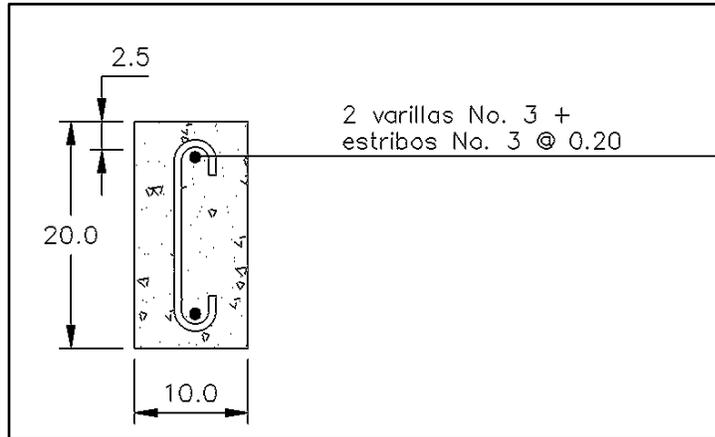
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 8. **Detalle de columna C-B**



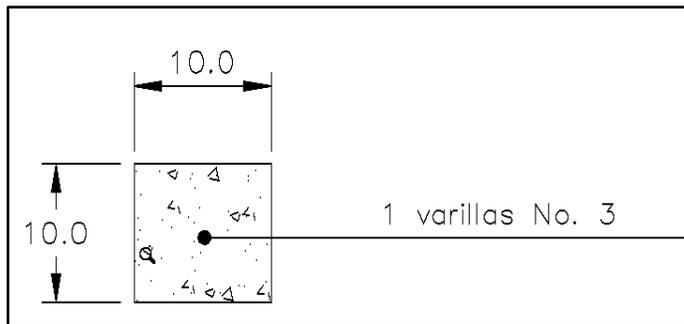
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 9. **Detalle de columna C-C**



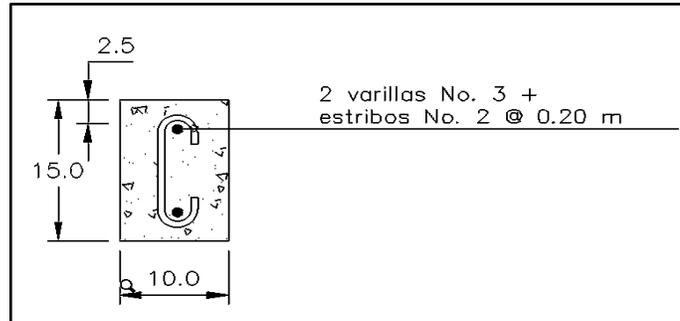
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 10. **Detalle de columna C-D**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 11. Detalle de columna C-E



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XXVIII. Área de acero distribuida para muros en sentido X

Área de acero distribuida en muro X					
Muro	Longitud	Asmin cm <sup>2</sup>	Asreq cm <sup>2</sup>	Elementos estructurales	As a utilizar cm <sup>2</sup>
1	1,10	1,54	15 375	2A	20 920
2	1,00	1,40	13 042	1A + 2C	15 860
3	2,00	2,80	40 157	3A	39 000
4	1,00	1,40	13 042	1A + 2C	15 860
5	2,00	2,80	40 157	3A	39 000
6	1,00	1,40	13 042	1A + 2C	15 860
7	2,00	2,80	40 157	3A	39 000
8	1,00	1,40	13 042	1A + 2C	15 860
9	2,00	2,80	40 157	3A	39 000
10	2,00	2,80	40 157	3A	39 000
11	1,10	1,54	15 375	1A + 1C	14 430
12	2,00	2,80	16 020	1A+1B	18 070
13	1,50	2,10	10 299	1A+1C	14 430
14	2,00	2,80	16 020	1A+1B	18 070
15	1,50	2,10	10 299	1A + 1C	14 430
16	2,00	2,80	16 020	1A + 1B	18 070

Continuación de la tabla XXVIII.

17	1,50	2,10	10 299	1A + 1C	14 430
18	2,00	2,80	16 020	1A + 1B	18 070
19	1,50	2,10	10 299	1A + 1C	14 430
20	3,80	5,32	34 146	3A	39 000

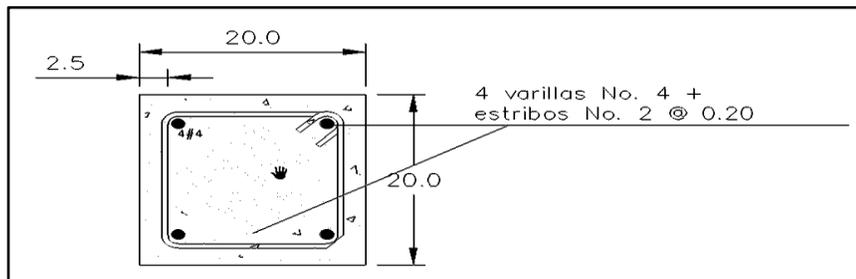
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Área de acero distribuida para muros en sentido Y**

Área de acero distribuida en muro Y					
Muro	Longitud	Asmin cm <sup>2</sup>	Asreq cm <sup>2</sup>	Elementos estructurales	As a utilizar cm <sup>2</sup>
a	7,7	10,78	13 857	2A + 3B	49 760
b	7,7	10,78	14 253	2A + 3B	49 760
c	7,7	10,78	14 648	2A + 3B	49 760
d	7,7	10,78	15 043	2A + 3B	49 760
e	7,7	10,78	15 438	2A + 3B	41 210
f	7,7	10,78	15 636	2A + 5C	49 760
g	7,7	10,78	15 840	2A + 3B	49 760

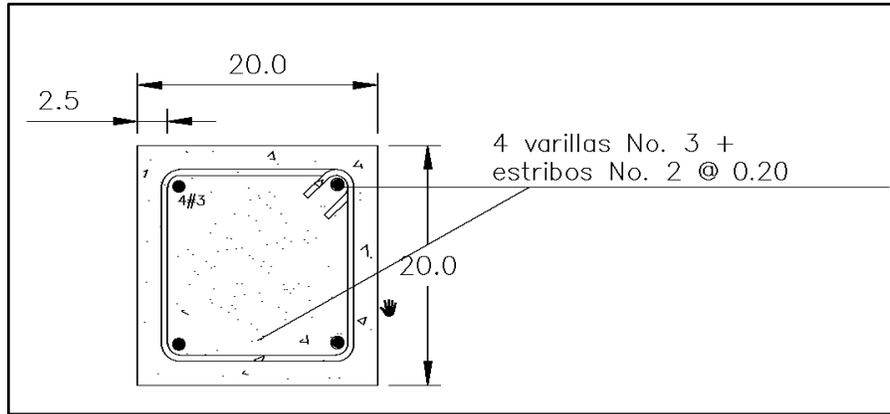
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Detalle de solera de humedad**



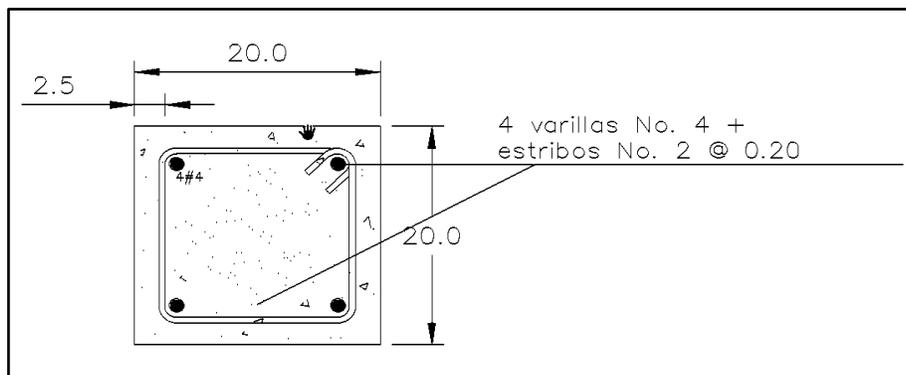
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 13. **Detalle de solera intermedia**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 14. **Detalle de solera corona**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.1.7.2. **Diseño de losas**

Son elementos estructurales que reciben las cargas de uso del edificio, estas son transmitidas a las vigas y a los muros de carga. Otra de sus funciones es trabajar como cubierta y de entrepiso para separar los niveles.

- Especificaciones de diseño
  - Peso específico del concreto  $V_c = 2\,400.0 \text{ kg/m}^3$
  - Resistencia del concreto a la compresión  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$
  - Esfuerzo de fluencia  $f_y = 2\,810.0 \text{ kg/cm}^2$
  - Recubrimiento  $rec = 7.5 \text{ cm}$
  
- Predimensionamiento de losa

El predimensionamiento consiste en darle una dimensión aproximada a cada elemento de la estructura. Estas medidas son analizadas mediante el análisis estructura para determinar si son adecuadas o se tendrá que cambiar esto para garantizar la estabilidad de la estructura.

A = sentido corto de losa = 3.00 m

B = sentido largo de losa = 7.50 m

Relación entre el sentido corto y el sentido largo:

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

$$m = \frac{3.00 \text{ m}}{7.50 \text{ m}} = 0.4$$

Si  $m < 0.5$ , la losa trabaja en un sentido

Si  $m \geq 0.5$ , la losa trabaja en dos sentidos

- Espesor de losa

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

Dónde:

t = espesor de losa

P = perímetro

$$t = \frac{21}{180}$$

$$t = 0.1166$$

$$t = 0.12$$

En base al método 3 del ACI se diseñará losa tradicional, el espesor de losa para el edificio escolar será de 0.12 metros para el primero y segundo nivel.

- Diseño de losas primer nivel

Datos:

Carga muerta de entrepiso = 398 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva entrepiso según AGIES = 200 kg/m<sup>2</sup>

Carga viva pasillo según AGIES = 500 kg/m<sup>2</sup>

Espesor de losa t= 0.12 m

- Integración de cargas
  - Carga muerta última de entrepiso

$$CMU = 1.4 * CM$$

$$CMU = 1.4 * 398.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CMU = 557.20 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga viva última de entrepiso

$$CVU = 1.7 * CV$$

$$CVU = 1.7 * 200 \frac{kg}{m^2}$$

$$CVU = 340.00 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga total última de entrepiso

$$CTU = CMU + CVU$$

$$CTU = 557.20 \frac{kg}{m^2} + 340.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CTU = 897.20 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga muerta última de pasillo

$$CMU = 1.4 * CM$$

$$CMU = 1.4 * 398.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CMU = 557.20 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga viva última de pasillo

$$CVU = 1.7 * CV$$

$$CVU = 1.7 * 500 \frac{kg}{m^2}$$

$$CVU = 850 \frac{kg}{m^2}$$

- Carga total última de pasillo

$$CTU = CMU + CVU$$

$$CTU = 557.20 \frac{kg}{m^2} + 850.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CTU = 1\,407.20 \frac{kg}{m^2}$$

- Cálculo de momentos actuantes

Para realizar el cálculo de los momentos actuantes se toma un tramo de un metro de ancho teniendo esto se procede a calcular los momentos negativos y positivos.

- Momentos negativos

$$Ma(-) = Ca * CTU * a^2$$

$$Mb(-) = Ca * CTU * b^2$$

- Momentos positivos

$$Ma(+) = Cam * CMU * a^2 + Cav * CVU * a^2$$

$$Mb(+) = Cbm * CMU * b^2 + Cbv * CVU * b^2$$

- Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma(-) = \frac{1}{3} * Ma(+)$$

$$Mb(-) = \frac{1}{3} * Mb(+)$$

Dónde:

Ca y Cb= coeficiente para momentos negativos

Cam y Cbm=coeficientes para momentos positivos debido a la carga muerta

Cav y Cbv= coeficientes para momentos positivos debido a la carga viva

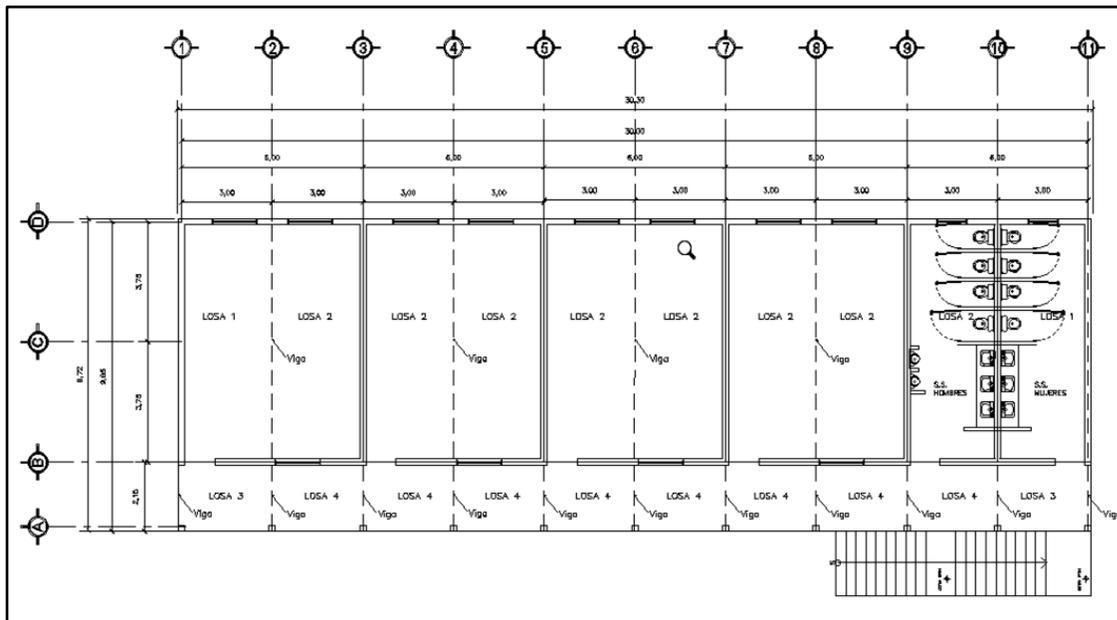
CMU=carga muerta última

CVU= carga viva última

a= longitud menor de la losa

b= longitud mayor de la losa

Figura 15. Losas de entepiso

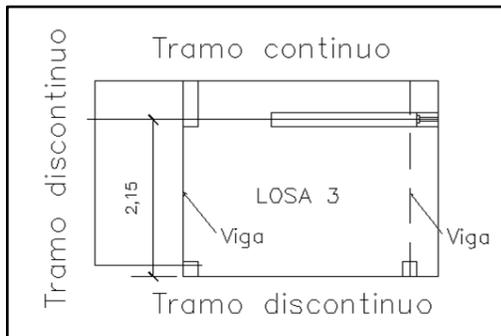


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

En la figura 15 se muestra como se dividen las losas, la clasificación de estas losas se determina dependiendo de la continuidad que se tenga en sus

tramos, para el edificio escolar se tienen 4 tipos y se realizan los cálculos de la siguiente manera:

Figura 16. **Losa 3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$CMU \text{ pasillo} = 557.20 \frac{kg}{m^2}$$

$$CVU \text{ pasillo} = 850.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CTU \text{ pasillo} = 1\,407.20 \frac{kg}{m^2}$$

Caso 8: sólo un borde largo discontinuo, el resto continuos.

$$a = 2.15 \text{ m}$$

$$b = 3.00 \text{ m}$$

$$m = \frac{2.15}{3.00} = 0.72$$

- Losa en 2 direcciones
  - Momentos negativos y positivos en tramos continuos

$$Ma- = 0.076 * 1\,407.20 * 2.15^2 = 494.36 \text{ kg} - m$$

$$Mb- = 0.024 * 1\,407.20 * 3.00^2 = 303.96 \text{ kg} - m$$

$$Ma+ = (0.043 * 557.20 * 2.15^2) + (0.052 * 850.00 * 2.15^2) = 285.25 \text{ kg} - m$$

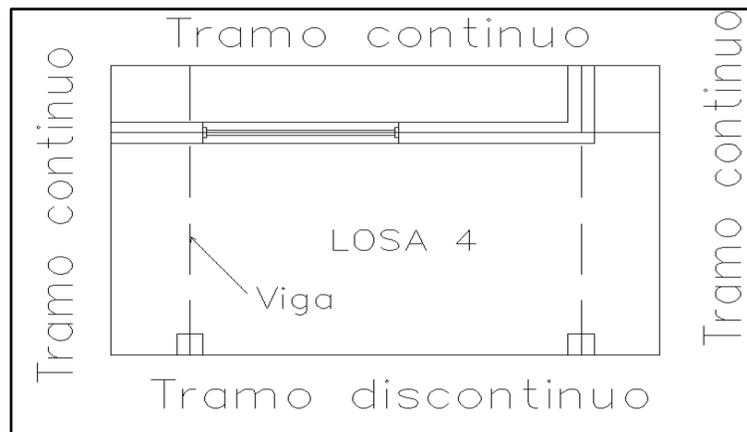
$$Mb+ = (0.013 * 557.20 * 3.00^2) + (0.016 * 850.00 * 3.00^2) = 187.29 \text{ kg} - m$$

- Momentos negativos en lados sin continuidad

$$Ma- = \frac{1}{3} * 315.07 = 105.02 \text{ kg} - m$$

$$Mb- = \frac{1}{3} * 187.29 = 62.53 \text{ kg} - m$$

Figura 17. **Losa 4**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$CMU \text{ pasillo} = 557.20 \frac{kg}{m^2}$$

$$CVU \text{ pasillo} = 850.00 \frac{kg}{m^2}$$

$$CTU \text{ pasillo} = 1\,407.20 \frac{kg}{m^2}$$

Caso 8: sólo un borde largo discontinuo, el resto continuos.

$$a = 2.15 \text{ m}$$

$$b = 3.00 \text{ m}$$

$$m = \frac{2.15}{3.00} = 0.72$$

- Losa en 2 direcciones
  - Momentos negativos y positivos en tramos continuos

$$Ma- = 0.061 * 1\,407.20 * 2.15^2 = 396.79 \text{ kg} - m$$

$$Mb- = 0.036 * 1\,407.20 * 3.00^2 = 455.93 \text{ kg} - m$$

$$Ma+ = (0.036 * 557.20 * 2.15^2) + (0.049 * 850.00 * 2.15^2) = 285.25 \text{ kg} - m$$

$$Mb+ = (0.013 * 557.20 * 3.00^2) + (0.016 * 850.00 * 3.00^2) = 187.29 \text{ kg} - m$$

- Momentos negativos en lados sin continuidad

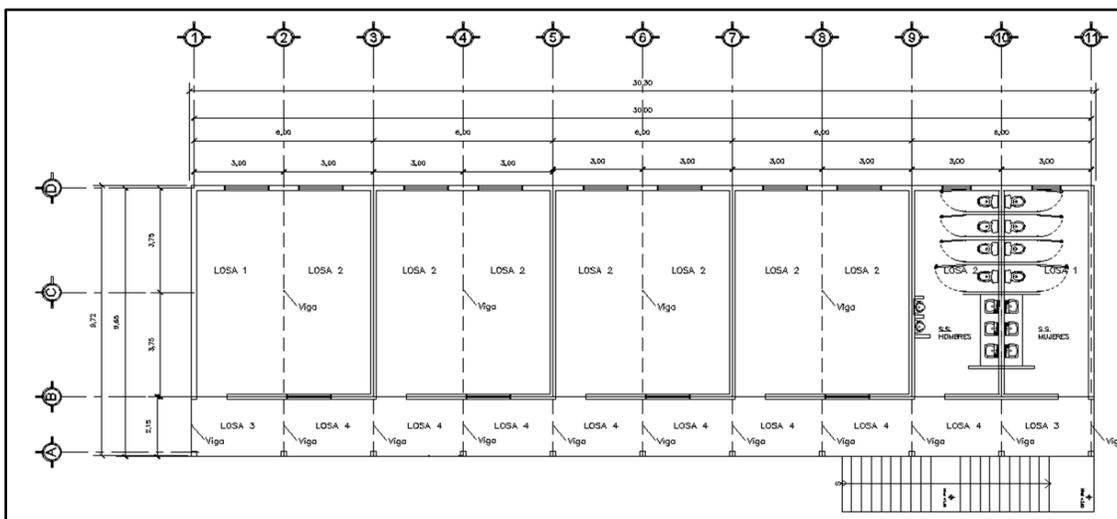
$$Mb- = \frac{1}{3} * 187.29 = 62.53 \text{ kg} - m$$

Tabla XXX. **Resumen momentos en losa entrepiso**

Resumen momentos en losas de entrepiso						
Momentos de losa						
No. De losa	Bordes continuos				Bordes discontinuos	
	M(-) kg-m	M(-) kg-m	M(+) kg-m	M(+) kg-m	M(-) kg-m	M(-) kg-m
	Borde corto (a)	Borde largo (b)	Borde corto (a)	Borde largo (b)	Borde corto (a)	Borde largo (b)
Losa 1	576,77	897,20	807,48	0,00	269,16	269,16
Losa 2	576,77	897,20	807,48	0,00	269,16	0,00
Losa 3	494,36	303,96	315,07	187,59	105,02	62,53
Losa 4	396,79	455,93	285,25	187,59	0,00	62,53

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Losas de techo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los cálculos para las losas de techo se realizaron de la misma manera como las losas de entrepiso, debido a que las mismas losas de entrepiso son las losas de techo por la simetría del edificio. Los resultados se presentan a continuación.

Tabla XXXI. **Resumen momentos en losa techo**

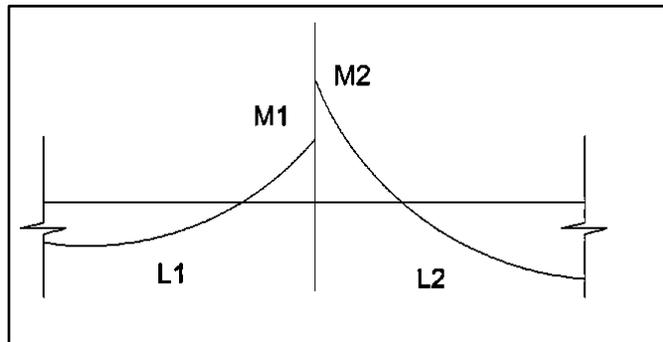
Resumen momentos en losas de techo						
Momentos de losa						
No. De losa	Bordes continuos				Bordes discontinuos	
	M(-) kg-m	M(-) kg-m	M(+) kg-m	M(+) kg-m	M(-) kg-m	M(-) kg-m
	Borde corto (a)	Borde largo (b)	Borde corto (a)	Borde largo (b)	Borde corto (a)	Borde largo (b)
Losa 1	435,99	678,20	610,38	0,00	203,46	203,46
Losa 2	435,99	678,20	610,38	0,00	203,46	0,00
Losa 3	238,26	146,49	141,88	83,94	47,29	27,98
Losa 4	191,23	219,74	123,07	83,94	0,00	27,98

Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos

En las secciones de la losa existen tramos en común por lo que se procede a realizar el balance de momentos negativos, para determinar el momento que se debe utilizar y realizar el diseño de refuerzo correspondiente.

Figura 19. **Balance de momentos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad

$$M_2 > M_1$$

Si  $0.8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$ ; entonces  $M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}})/2$

Si  $0.8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$ ; entonces  $M_B =$  proporcional a su rigidez

- Balance de rigideces

$$K_1 = \frac{1}{L_1} \quad K_2 = \frac{1}{L_2}$$

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

$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) \cdot D_1)$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + (M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) \cdot D_2$$

Dónde:

$M_B =$  momento balanceado

K1 y K2 = rigidez de losas 1 y 2

L1 y L2 = longitudes de losas 1 y 2

D1 y D2 = factores de distribución de momentos en losa 1 y 2

- Balance de momentos para losas de entrepiso 1 y 2

$$M1 = 897.20 \text{ kg} - m$$

$$M2 = 897.20 \text{ kg} - m$$

No se realiza el balance de momentos por ser el mismo valor para los dos momentos.

- Balance de momentos para losas de entrepiso 3 y 4

$$M1 = 303.96 \text{ kg} - m$$

$$M2 = 455.93 \text{ kg} - m$$

$$M2 > M1$$

$$0.8 * M2 = 0.8 * 455.93 = 364.74$$

$$364.74 > 303.96$$

Se utilizará la siguiente ecuación

$$MB = \frac{M1 + M2}{2}$$

$$MB = \frac{303.96 + 455.93}{2}$$

$$MB = 379.95 \text{ kg} - m$$

- Balance de momentos para losas de entrepiso 1 y 3

$$M1 = 494.36 \text{ kg} - m$$

$$M2 = 897.20 \text{ kg} - m$$

$$M2 > M1$$

$$0.8 * M2 = 0.8 * 897.20 = 717.76$$

$$717.76 > 494.36$$

Se utilizará la siguiente ecuación

$$MB = \frac{M1 + M2}{2}$$

$$MB = \frac{494.36 + 897.20}{2}$$

$$MB = 695.78 \text{ kg} - m$$

- Balance de momentos para losas de entrepiso 2 y 4

$$M1 = 396.79 \text{ kg} - m$$

$$M2 = 897.20 \text{ kg} - m$$

$$M2 > M1$$

$$0.8 * M2 = 0.8 * 897.20 = 717.76$$

$$717.76 > 396.79$$

Se utilizará la siguiente ecuación

$$MB = \frac{M1 + M2}{2}$$

$$MB = \frac{396.79 + 897.20}{2}$$

$$MB = 647.00 \text{ kg} - m$$

Para el balance de las losas del segundo nivel se realizó el mismo procedimiento que el del primer nivel, aplicando los momentos que corresponden a cada losa.

- Armado de losa

El primer paso para calcular el armado de las losas de entrepiso es calcular el peralte que tendrá la losa, el recubrimiento que se considera es de 1 pulgada también se toma un ancho unitario de 1 metro, el diseño se realiza a base de la losa más crítica, se realiza el cálculo de acero de refuerzo para el momento que le corresponde y determinar el área de acero mínima.

Dónde:

$$M_a = 897.20 \text{ kg-m}$$

$$t = 0.12 \text{ m}$$

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

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

$$\text{Ancho unitario } b = 1.00 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento } r = 2.5 \text{ cm}$$

- Cálculo de peralte

$$d = t - rec$$

$$d = 12 - 2.5 = 9.50 \text{ cm}$$

- Cálculo de acero mínimo

Las secciones sometidas a flexión no deben de tener un refuerzo menor que el refuerzo mínimo que se calcula con la siguiente expresión, esto es indicado por el ACI.

$$A_{smin} = \frac{0.8 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{0.8 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 9.50$$

$$A_{smin} = 4.53 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{smin} = \frac{14.1}{2810} * 100 * 9.50$$

$$A_{smin} = 4.77 \text{ cm}^2$$

De los dos resultados obtenidos se utiliza el de mayor valor que en este caso es 4.77 cm<sup>2</sup>.

- Acero máximo

Para poder calcular el acero máximo se debe de conocer primero el valor de la cuantía de acero balanceada, la ecuación para calcularla es la siguiente:

$$\rho_b = \frac{0.85 * \beta * f'c * 6120}{f_y(6120 + f_y)}$$

Si se tiene la siguiente condición  $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$  entonces el valor de  $\beta = 0.85$

$$\rho b = \frac{0.85 * 0.85 * 280 * 6120}{2810 (6120 + 2810)}$$

$$\rho b = 0.0493$$

$$As_{max} = 0.5 * \rho b * b * d$$

$$As_{max} = 0.5 * 0.0493 * 100 * 9.50$$

$$As_{max} = 23.42 \text{ cm}^2$$

- Cálculo de acero requerido

$$As_{req} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}} \right] * 0.85 * \left( \frac{f'c}{fy} \right)$$

$$As_{req} = \left[ 100 * 9.50 - \sqrt{(100 * 9.50)^2 - \frac{897.20 * 100}{0.003825 * 280}} \right] * 0.85 * \left( \frac{280}{2810} \right)$$

$$As_{req} = 3.83 \text{ cm}^2$$

$As_{req} < As_{min} = \text{usar el dato del acero mínimo}$

- Cálculo de espaciamiento (S)

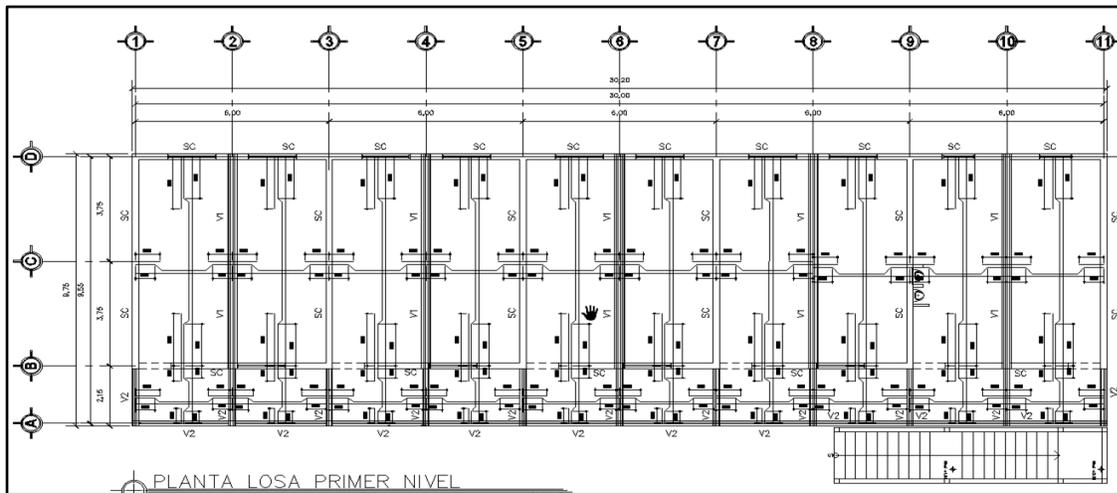
$$S = \frac{Avarilla * b}{As}$$

$$S = \frac{0.7125 \text{ cm}^2 * 100 \text{ cm}}{4.77 \text{ cm}^2}$$

$$S = 14.94 = 15 \text{ centímetros}$$

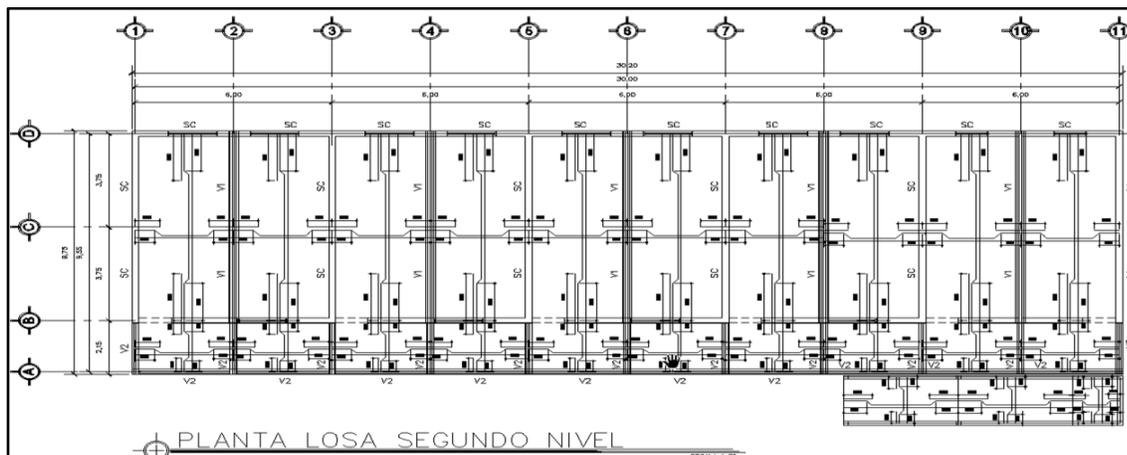
Se usará varillas No. 3 a cada 15 centímetros para el armado de losa entrepiso y losa techo.

Figura 20. Armado de losa de entrepiso



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD. (Ver anexos).

Figura 21. Armado de losa de techo



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD. (Ver anexos).

- Chequeo por corte

Se debe chequear si el peralte de la losa es el correcto, esto se realiza por ser una losa plana y los esfuerzos los resiste el concreto. En donde se aplican las cargas concentradas el cortante puede ser crítico.

$$V_{act} < V_{res}$$

- Corte actuante

$$V_{act} = \frac{CTU * L}{2}$$

$$V_{act} = \frac{\left(897.20 \frac{kg}{m^2} * 1.00 m\right) * 7.50m}{2}$$

$$V_{act} = 3,364.50 kg$$

- Corte resistente

$$V_{res} = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d \quad ; \quad \phi = 0.85$$

$$V_{res} = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 9.50$$

$$V_{res} = 7\,161.39 kg$$

En cálculos realizados con anterioridad se analiza lo siguiente: el corte resistente es mayor que el corte actuante, esto indica que el espesor propuesta cumple con todos los requerimientos.

### 2.1.7.3. Diseño de vigas

- Diseño de vigas en aulas

Las vigas están sujetas a cargas transversales, éstas son construidas de concreto y son reforzadas con acero para que tengan una resistencia en conjunto para soportar la estructura, ya que el concreto no resiste la flexión porque este trabaja a compresión.

Las vigas son elementos estructurales que trabajan a flexión, soportan las cargas que vienen de las losas de entrepiso y techo, luego se transmiten a las columnas.

Tabla XXXII. **Espesores mínimos de vigas**

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

Fuente: Grupo de Ingenieros ACI. *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. American Concrete Institute. Capítulo 3 sección 9.5.2.

Las longitudes de las vigas en las aulas serán de 7.50 metros.

$$h = \frac{L}{18.50}$$

$$h = \frac{7.50}{18.50}$$

$$h = 0.405$$

El ACI en la sección 21.3.1.3 indica que el valor de la base no debe de ser menor a  $0.30h$ .

$$b = 0.30h = 0.30 * 0.40 = 0.12 \text{ m}$$

Con los cálculos realizados con anterior indica que la base de la viga no debe de ser menor a 12 cm, analizando la estructura se determinó usar una base de 30 cm.

Área tributaria de la viga =  $.87 \text{ m}^2$

Carga viva =  $200 \text{ kg/m}^2 * 1.7 = 340 \text{ kg/m}^2$

Carga muerta =  $398 \text{ kg/m}^2 * 1.4 = 557.20 \text{ kg/m}^2$

Carga ultima=  $897.20 \text{ kg/m}^2$

Peso propio de la viga= $288 \text{ kg/m}^2$

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

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

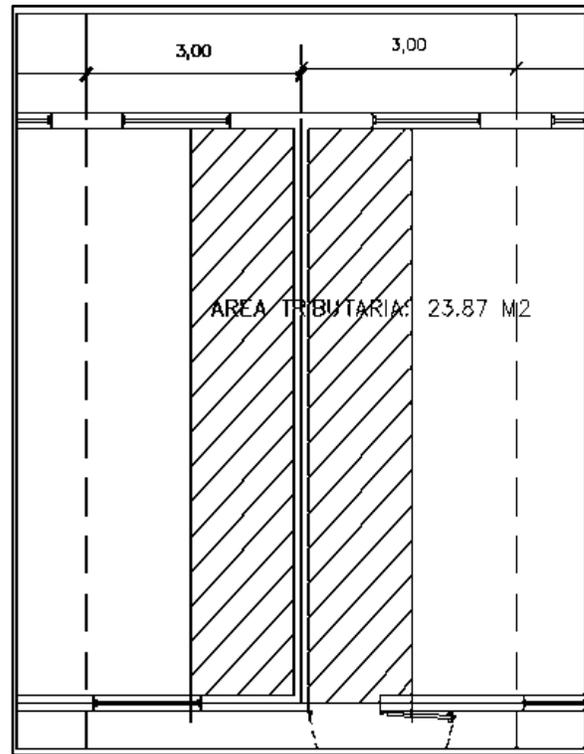
Longitud de la viga = 7.50 metros

Base (b)= 0.30 m

Altura (h) =0.40 m

Recubrimiento = 0.05 m

Figura 22. Área tributaria de vigas en aulas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad.

- Cálculo de momentos

$$W = \frac{Cu * A}{L} + P.P. viga$$

$$W = \frac{897.20 \frac{kg}{m^2} * 23.87m^2}{7.50 m} + 288 \frac{kg}{m}$$

$$W = 3 143.49 \frac{kg}{m^2}$$

$$M = \frac{W * L^2}{24}$$

$$M- = \frac{3\,143.49 \text{ kg/m}^2 * 7.50^2}{24}$$

$$M- = 7\,367.55 \text{ kg} - m$$

$$M+ = \frac{W * L^2}{14}$$

$$M+ = \frac{7\,367.55 * 7.50^2}{14}$$

$$M+ = 12\,630.09$$

- Acero mínimo

El ACI en la sección 10.5.1 indica que el valor de acero mínimo no debe de ser menor que el obtenido en la siguiente fórmula.

$$A_{smin} = \frac{0.80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{0.80 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}}{2810 \text{ kg/cm}^2} * 30 * 35$$

$$A_{smin} = 5.00 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{smin} = \frac{14.1}{2810} * 30 * 35$$

$$A_{smin} = 5.27 \text{ cm}^2$$

De los cálculos obtenidos con anterioridad se toma el mayor en este caso es 5.27 cm<sup>2</sup>.

- Acero máximo

$$As_{max} = 0.5 * \rho b * b * d$$

$$\rho b = \frac{0.85 * \beta * f'c * 6120}{f_y * (6120 + f_y)}$$

$$0 \frac{kg}{cm^2} < f'c \leq 280 \frac{kg}{cm^2}; \beta = 0.85$$

$$\rho b = \frac{0.85 * 0.85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho b = 0.0493$$

$$As_{max} = 0.5 * 0.0493 * 30 * 35$$

$$As_{max} = 25.88 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

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

$$As_{req} = [30 * 35 - \sqrt{(30 * 35)^2 - \frac{7367.55 * 30}{0.003825 * 280}}] * 0.85 * \left(\frac{280}{2810}\right)$$

$$As_{req} = 8.75 \text{ cm}^2$$

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

$$As_{req} = [30 * 35 - \sqrt{(30 * 35)^2 - \frac{12630.09 * 30}{0.003825 * 280}}] * 0.85 * \left(\frac{280}{2810}\right)$$

$$As_{req} = 15.65 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo a corte

En los elementos estructurales el cortante se da en diversas situaciones de las estructuras de concreto. Los elementos de concreto tienden a fallar según las superficies perpendiculares a la dirección de las tensiones principales.

Según el ACI 318-11 indica sobre el diseño de estribos.

$$V_u = \frac{W * L}{2}$$

$$V_u = \frac{3\,143.49 \frac{kg}{m^2} * 7.50m}{2}$$

$$V_u = 11\,788.09 \text{ kg}$$

$$V_c = \phi * 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde  $\phi = 0.85$

$$V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 30 * 35$$

$$V_c = 7\,915.22 \text{ kg}$$

$V_u > V_c$  por los resultados obtenidos con anterioridad se procede a diseñar el espaciamiento entre estribos.

$$V_s = V_u - V_c$$

$$V_s = 11\,788.09 \text{ kg} - 7\,915.22 \text{ kg}$$

$$V_s = 3\,872.86 \text{ kg}$$

Las varillas para los estribos se utilizará No. 3.

$$S = \frac{A_s * f_y * d}{V_s}$$
$$S = \frac{0.71 * 2810 * 35}{3872.86}$$
$$S = 18.03 \text{ cm}$$

Para la separación máxima de los estribos se tomarán las especificaciones del ACI 318-11 que indica que es  $d/2$ .

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$
$$S_{max} = \frac{35}{2}$$
$$S_{max} = 17.50 \text{ cm}$$

Por los cálculos realizados con anteriores se tomará la separación de estribos de 15 cm, esta distancia no será tomada en el área de confinamiento.

El ACI 318-11 indica que la longitud de confinamiento es igual a  $2h$  en ambas caras esto para elementos a flexión, situando el primer estribo a no más de 5cm y el espaciamiento que no sea mayor a  $d/2$ .

$$L_c = 2 * h$$
$$L_c = 2 * 40 \text{ cm} = 80 \text{ cm}$$

El espaciamiento entre estribos no debe de exceder a:

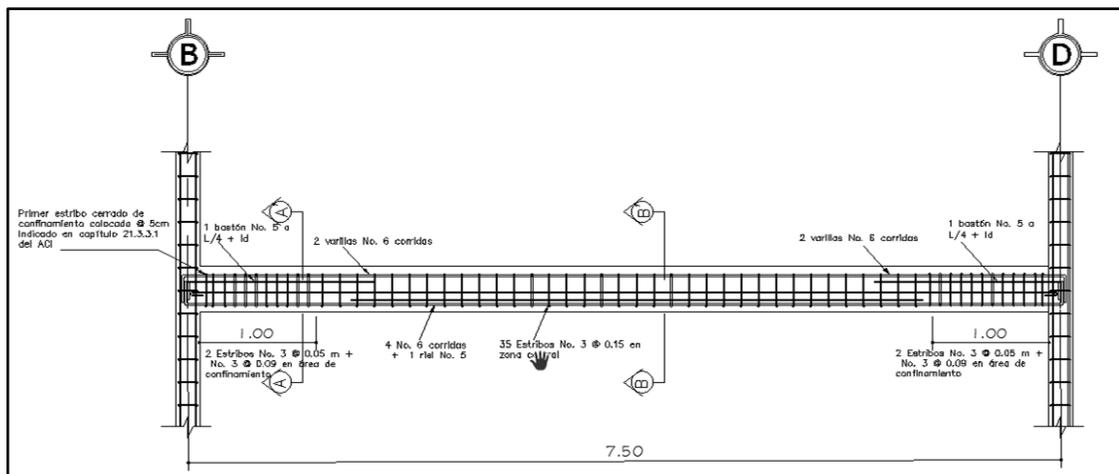
- $d/4 = (35 \text{ cm}) / 4 = 8.75 = 9.0 \text{ cm}$
- $8D_b$  (barra longitudinal) =  $8 * (\phi = \text{No. 5}) = 8 * 1.59 = 12.72 \text{ cm}$

- $24D_b$  (barra de confinamiento) =  $24 * (\phi = \text{No. 3}) = 24*0.95= 22.8 \text{ cm}$
- La mitad de la menor dimensión transversal =  $40 \text{ cm} / 2 = 20 \text{ cm}$
- 300 mm

Para el área de confinamiento los estribos tendrán una separación de 9 cm y el primero se colocará a 5 cm de la cara del elemento.

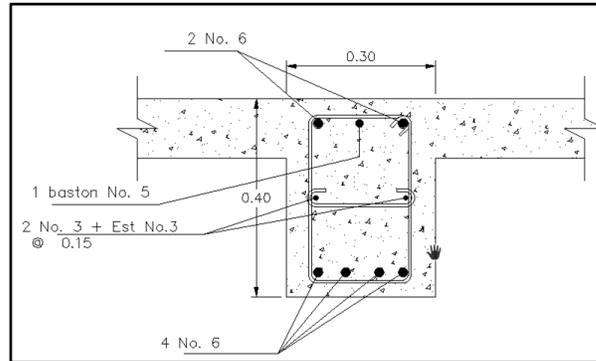
Dimensiones de viga de 30 cm x 40 cm, con armado de varillas No. 6 con estribos No. 3 a cada 0.09 en área de confinamiento. El confinamiento es de 0.80 metros de cada lado y tiene un recubrimiento de 5 cm.

Figura 23. **Detalle de armado de viga en aulas (ver anexos)**



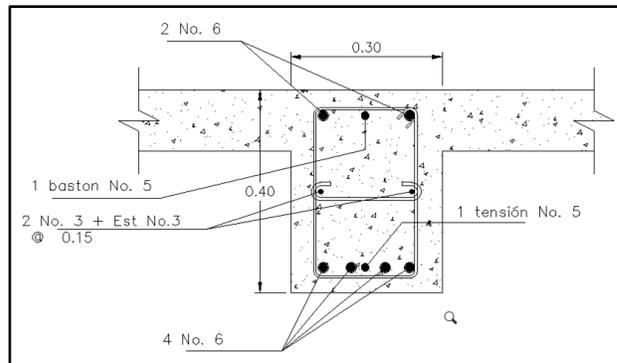
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 24. **Detalle de armado de viga en aulas Sección A-A'**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 25. **Detalle de armado de viga en aulas Sección B-B'**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño de vigas en pasillo

La longitud de las vigas en el pasillo es de 2.15 metros.

$$h = \frac{L}{18.50}$$

$$h = \frac{2.15}{18.50}$$
$$h = 0.12 \text{ m}$$

Se realizará el diseño de una viga de 0.20 metros de altura, el ACI en la sección 21.3.1.3 indica que el valor de la base no debe de ser menor a 0.30h.

$$b = 0.30h = 0.30 * 0.20 = 0.06 \text{ m}$$

Con los cálculos realizados con anterior indica que la base de la viga no debe de ser menor a 6 cm, analizando la estructura se determinó usar una base de 20 cm.

Área tributaria de la viga = 2.32 m<sup>2</sup>

Carga viva = 500 kg/m<sup>2</sup> \* 1.7 = 850 kg/m<sup>2</sup>

Carga muerta = 398 kg/m<sup>2</sup> \* 1.4 = 557.20 kg/m<sup>2</sup>

Carga ultima= 1407.20 kg/m<sup>2</sup>

Peso propio de la viga=96 kg/m<sup>2</sup>

f'c= 280 kg/cm<sup>2</sup>

fy=2810 kg/cm<sup>2</sup>

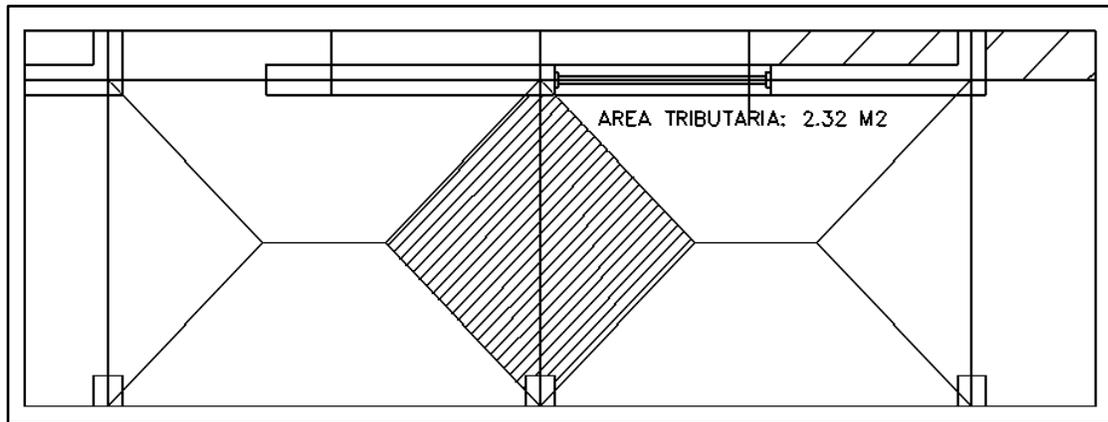
Longitud de la viga = 2.15 metros

Base (b)= 0.20 m

Altura (h) =0.20 m

Recubrimiento = 0.05 m

Figura 26. **Área tributaria de vigas en pasillo**



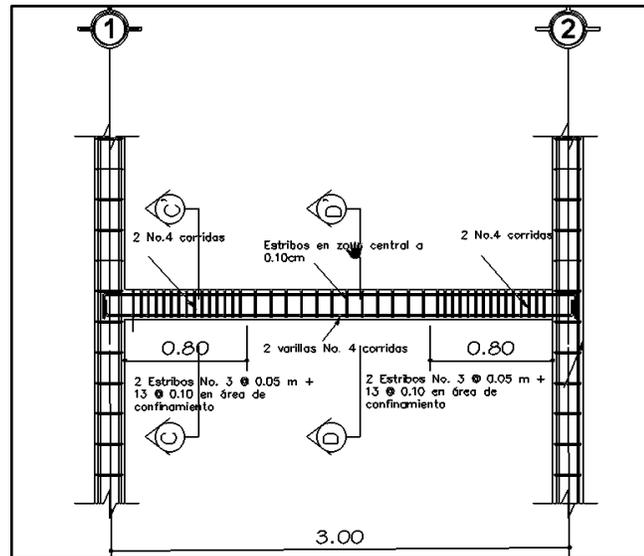
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

El procedimiento para los cálculos de la viga V-2 se realizó de la misma manera que la viga en aulas. Los resultados se presentan a continuación.

Dimensiones de viga de 20cm x 20 cm

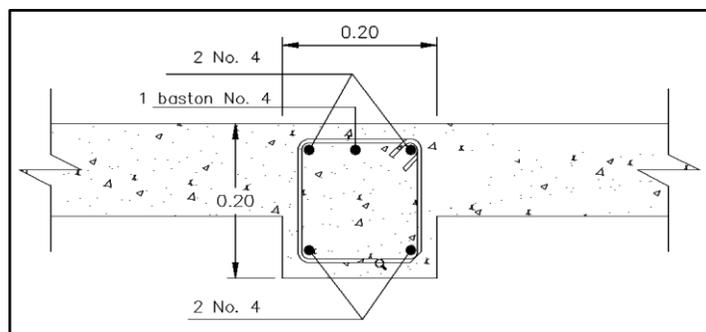
Con armado de varillas No. 4 con estribos No. 3 a cada 0.05 en área de confinamiento. El confinamiento es de 0.40 metros de cada lado y tiene un recubrimiento de 5 cm.

Figura 27. **Detalle de armado de viga de pasillo**



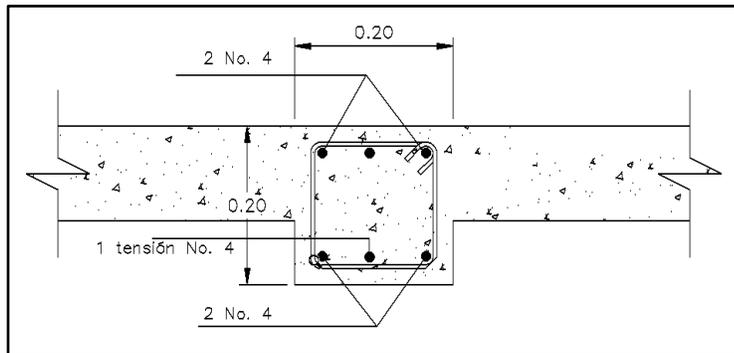
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 28. **Detalle de armado de viga de pasillo Sección C-C'**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 29. **Detalle de armado de viga de pasillo Sección D-D'**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### **2.1.7.4. Diseño de cimientos**

El cimiento corrido también recibe el nombre de zapatas de muros o zapatas corridas, estas reciben las cargas bajo los muros. Trabajan en una dirección, los esfuerzos llegan de forma perpendicular al muro. El análisis que se le realiza es a flexión.

El suelo tiene un valor de carga admisible con esta carga es diseñado el cimiento.

##### **2.1.7.4.1. Determinación de valor soporte**

La determinación del valor soporte del suelo se realizó con la extracción de una muestra de suelo inalterada llevada a laboratorio, con el resultado obtenido se procede al diseño de la cimentación.

Se podrá determinar los esfuerzos admisibles y los actuantes.

$$q_{adm} = 89.46 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

- Valor soporte de diseño

Se utilizó el factor de seguridad de 3, el valor soporte de diseño será de:

$$q_{adm} = \frac{89.46}{3} = 29.82 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

#### **2.1.7.4.2. Diseño de cimiento corrido**

Es un elemento estructural que es horizontal, recibe las cargas de los muros y estas son transmitidas al suelo. El cimiento corrido tendrá las siguientes características:

Datos:

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

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

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

$$t = 0.20 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1.53$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1.12 \text{ ton/m}^3$$

$$q_{adm} = 29.82 \text{ ton/m}^2$$

Se procede a calcular la carga que soportará el cimiento corrido por cada unidad lineal ( $W_u$ ):

$$W_u = \frac{W_{edificio}}{L_{total}}$$

$$W_u = \frac{457.51 \text{ ton}}{87.90 \text{ m}}$$

$$W_u = 5.20 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

Dónde:

$W_u$ = peso que soportará el cimiento corrido

$W_{edificio}$ = peso el edificio

$L_{total}$ = longitud total de muros

- Carga de trabajo ( $W_t$ )

La carga de trabajo también es conocida como carga de servicio, se determina con la siguiente fórmula:

$$W_t = \frac{W_u}{F_{cu}}$$

$$W_t = \frac{5.20 \text{ ton/m}}{1.53}$$

$$W_t = 3.40 \frac{\text{ton}}{\text{m}}$$

- Presión actuante ( $q_{act}$ )

La definición de la presión actuante es el cociente entre la carga total y el área de la cimentación, esta presión la ocasionan los componentes verticales de la estructura que incluyen la sobrecarga, peso de la estructura, peso del cimiento, y del suelo.

$$P_{total} = W_t + W_{suelo} + W_{cimiento}$$
$$P_{total} = 3.40 + \left(1.25 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 0.50 * 0.80 * 1.0\right) + \left(2.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} * 0.50 * 0.20 * 1.0\right)$$
$$P_{total} = 4.14 \text{ ton}$$

- Carga actuante

$$q_{act} = \frac{P_{total}}{\text{área}}$$
$$q_{act} = \frac{4.14 \text{ ton}}{0.5 * 1.0}$$
$$q_{act} = 8.29 \text{ ton/m}^2$$

Con los resultados obtenidos con anterioridad se puede determinar que la capacidad del suelo resiste la carga actuante que estará sobre él, esto determina que es factible construir el edificio escolar con las dimensiones del cimiento calculado.

$$q_{act} < q_{admissible}$$

- Diseño del espesor del cimiento

Para determinar el espesor de cimiento se realiza el cálculo de la presión de diseño última ( $q_{disu}$ ).

La presión de diseño última es la presión actuante pero aumentada por un factor de seguridad que se llama factor de carga última y tiene un rango de 1.0 a 1.5.

$$qdisu = Fcu * qdis = 1.53 * 8.28 = 12.67 \frac{ton}{m^2}$$

- Peralte de cimiento (d)

$$d = t - rec - \frac{\phi}{2} = 20 - 7.50 - \left(\frac{0.95}{2}\right) = 12.03 = 12.00$$

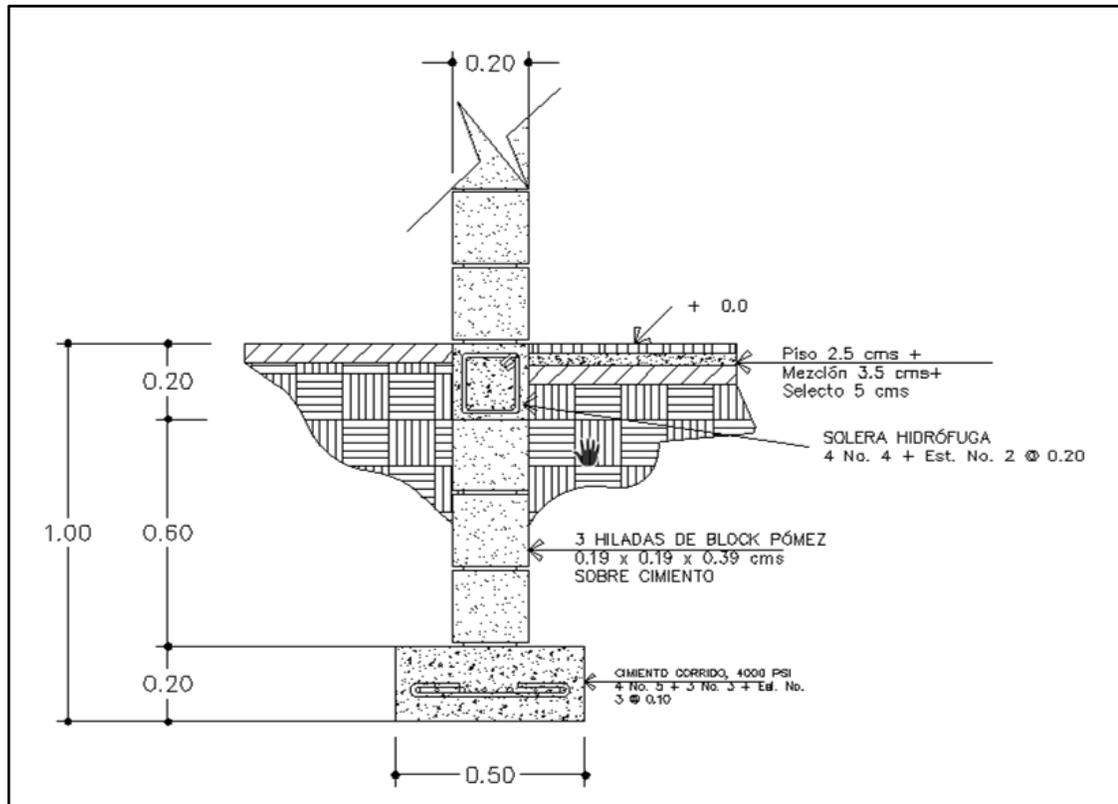
- Chequeo a corte

$$x = \frac{0.50 - 0.20}{2} - 0.12 = \frac{0.3}{2} - 0.12 = 0.15 - 0.12 = 0.03 \text{ m}$$

- Cortante actuante

$$Vact = qdisu * x = 12.67 * 0.03 = 0.38 \text{ ton}$$

Figura 30. Longitud de punzonamiento de cimiento corrido



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Cortante resistente

$$V_r = \phi * 0.53 * \sqrt{f'c} * b * d ; \quad \phi = 0.85$$

$$V_r = 0.85 * 0.53 * \sqrt{280} * 100 * 12$$

$$V_r = 9.05 \text{ ton}$$

$$V_{act} < V_r$$

Con los cálculos realizados se puede determinar que el corte actuante es menor que el corte resistente, en donde se puede verificar que el espesor del cimiento da seguridad y es capaz de soportar las cargas que se le aplican.

- Diseño por flexión

$$L = \frac{b - t}{2}$$

$$L = \frac{0.50 - 0.20}{2}$$

$$L = 0.15 \text{ m}$$

$$M = \frac{W * L^2}{2}$$

$$M = \frac{12.67 * 0.15^2}{2}$$

$$M = 0.1427 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M = 142.7 \text{ kg} - \text{m}$$

- Acero mínimo

Todo elemento sometido a fuerzas a flexión el refuerzo mínimo no debe de ser menor que la fórmula siguiente esto lo determina el ACI 318-11.

$$A_{smin} = \frac{0.80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d$$

$$A_{smin} = \frac{0.80 * \sqrt{280 \frac{kg}{cm^2}}}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 12$$

$$A_{smin} = 5.72 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{smin} = \frac{14.1}{2810 \frac{kg}{cm^2}} * 100 * 12$$

$$A_{smin} = 6.02 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el valor de acero mínimo más alto, en este caso es 6.02 cm<sup>2</sup>.

- Acero máximo

Para calcular el acero máximo se toma de base el código ACI 318-11.

$$A_{smax} = 0.5 * \rho b * b * d$$

$$\rho b = \frac{0.85 * \beta * f'c * 6120}{f_y * (6120 + f_y)}$$

Si  $0 \text{ kg/cm}^2 < f'c \leq 280 \text{ kg/cm}^2$  entonces  $\beta=0.85$

$$\rho b = \frac{0.85 * 0.85 * 280 * 6120}{2810 * (6120 + 2810)}$$

$$\rho b = 0.0493$$

$$A_{smax} = 0.5 * 0.0493 * 100 * 12$$

$$A_{smax} = 29.60 \text{ cm}^2$$

- Acero requerido

Este servirá para saber el armado de varillas de acero que tendrá el cimiento corrido y se calcula con el momento máximo.

Datos:

M= 142.70 kg-m

$$Asreq = [b * d - \sqrt{\left((b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0.003825 * f'c}\right)}] * 0.85 * \left(\frac{f'c}{fy}\right)$$

$$Asreq = [100 * 12 - \sqrt{\left((100 * 12)^2 - \frac{142.70 * 100}{0.003825 * 210}\right)}] * 0.85 * \left(\frac{210}{2810}\right)$$

$$Asreq = 0.47 \text{ cm}^2$$

Con los resultados obtenidos se puede apreciar que el  $Asmin > Asreq$  por lo que se procede a utilizar el acero mínimo que es  $6.02 \text{ cm}^2$ . Las varillas que se van a utilizar para cubrir el área de acero es de 4 varillas No. 5.

- Espaciamiento entre estribos

$$S = \frac{Asvarilla * b}{Asmin}$$

$$S = \frac{0.71 * 100}{6.02}$$

$$S = 11.79 \text{ cm}$$

Los eslabones tendrán una separación de 10 centímetros y serán de varillas No. 3.

- Área de acero por temperatura

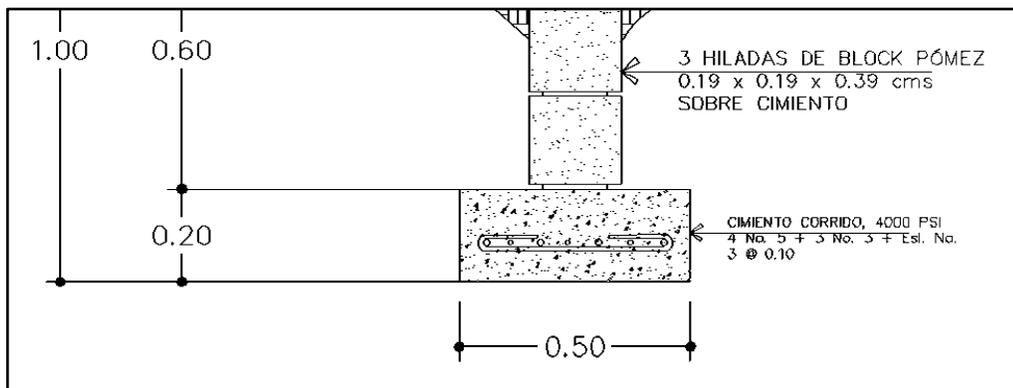
$$Astemperatura = 0.002 * b * t$$

$$Astemperatura = 0.002 * 50 * 20$$

$$A_{temperatura} = 2.00 \text{ cm}^2$$

Para cubrir con el área de acero por temperatura se agregarán 3 varillas de acero No. 3 corridas.

Figura 31. **Detalle de cimiento corrido**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.1.7.5. Instalaciones

Se realiza el diseño de las instalaciones para el instituto, las instalaciones son: hidráulicas, eléctricas y sanitarias, en donde se detalla el tipo de materiales a utilizar, según lo expuesto en el Manual de Diseño de Centros Educativos del Ministerio de Educación.

#### 2.1.7.5.1. Instalaciones hidráulicas

Estas son las encargadas de abastecer de agua a toda la edificación, garantizando el buen funcionamiento de todos los aparatos. Las tuberías para las instalaciones hidráulicas pueden ser: de PVC y de acero galvanizado. Para

el instituto el material que se utilizará será de PVC por ser de alta calidad, resistente, durable y factible en la instalación.

Las ventajas de utilizar tubería pvc es que son plástico de polietileno esto hace que sean flexibles, al momento de ser instalados se adaptan mejor al terreno y soportan mejor las torsiones y los impactos, también tienden a tener menor efecto del golpe de ariete, teniendo larga vida útil. El mantenimiento es más barato y muy sencillo.

- Método de Hunter

En este método se asigna un numero de peso o unidad de gasto para cada aparato sanitario esto es determinado experimentalmente. La unidad de gasto se refiere a cada descarga que se da a cada lavatorio común. Se debe de garantizar que el sistema trabajará eficientemente que funcionen al 1 por ciento del tiempo.

En este método se considera aparatos de uso interrumpido, al momento de utilizar los aparatos en simultaneo disminuye la eficiencia. Se debe de estimar la demanda con la información del tipo de servicio que prestará si es público o privado.

La demanda máxima se calcula con el total de las unidades de descarga o unidades Hunter en función del número de artefactos a utilizar y multiplicarlos con su factor de carga o unidad de Hunter, los valores se pueden verificar en la tabla XXXIII.

Factor de corrección a utilizar de 0.60.

Datos:

8 inodoros \* 2 unidades Hunter = 16 U.H.

6 lavamanos \* 5 unidades Hunter = 30 U.H.

2 mingitorios \* 3 unidades Hunter = 6 U.H.

Total = 52 U.H.

Se usará 55 unidades Hunter.

Tabla XXXIII. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de ropa		8	4.50	4.50
Ducha	Con tanque	4	3	3
Inodoro	Con válvula semiautomática	5	5	-
Inodoro	Cocina hotel, restaurante	8	8	-
Lavadero	Repostería	4	3	3
Lavadero	Simple	3	2	2
Bebedero	Múltiple	1	1	-
Bebedero	Corriente	1*	1*	-
Lavatorio	Múltiple	2	1.50	1.50
Lavatorio		2	1.50	1.50
Botadero	Con tanque	3	2	2
Urinario	Con válvula semiautomática	3	3	-
Urinario		5	5	-

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias de edificios*. p. 49.

Tabla XXXIV. **Gastos probables para el método de Hunter**

No. De	Gasto		No. De	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	-	40	0.91	1.74
4	0.16	-	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.5	2.4
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.57	1.45	100	1.67	2.55
28	0.71	1.51	110	1.75	2.60
30	0.75	1.55	120	1.83	2.72
32	0.79	1.59	130	1.91	2.80
34	0.82	1.63	140	1.98	2.85
36	0.85	1.67	150	2.03	2.95
38	0.88	1.7	160	2.14	3.04

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos, *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 50.

La demanda máxima probable es: 1.19 L/s, según la tabla XXXIV.

Al aplicar el factor de corrección  $DMP = 1.19 \times 0.60 = 0.71$  l/s. La red municipal tiene una velocidad de 1.50 metros por segundo.

- Cálculo del diámetro de la tubería

$$Q = A * V$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.71 \frac{L}{s}}{1.50 \frac{m}{s}} = 0.355 m^2 * \frac{(39.37 \text{ pulg})^2}{1 m^2} = 0.55 \text{ pulg}^2$$

La tubería a utilizar para este diseño es de 1" el área de esta tubería es de 0.78 pulg<sup>2</sup>.

#### **2.1.7.5.2. Instalaciones sanitarias**

Están formadas por redes de agua de lluvia y aguas servidas. Estas tuberías trabajan por gravedad, deben tener la pendiente mínima para evitar que se estanquen los líquidos. Su función es la recolección de aguas residuales que provienen de inodoros, duchas, lavamanos, mingitorios, entre otros.

Deben contar con trampas hidráulicas para evitar que los malos olores producidos por la descomposición de las materias orgánicas salgan a flote.

Las instalaciones sanitarias se dividen en tres tipos:

Primera clase: es de uso privado, se aplica para instalaciones en vivienda, cuartos de baño privado, hoteles o instalaciones similares, destinado a una familia o una persona.

Segunda clase: es de uso semipúblico, aplica a instalaciones en edificios de oficinas, fábricas o instalaciones similares, en donde los muebles son usados por un número limitado de personas que ocupan la edificación.

Tercera clase: es de uso público, donde no existe límite en el número de personas ni en el uso, como los baños públicos, sitios de espectáculos, entre otros.

- Selección de pendientes y diámetros

La tubería de la red está en función del diámetro de las tuberías de descarga de todos los aparatos conectados al ramal, se debe de tomar en cuenta que cualquier ramal debe ser mayor o igual al diámetro del sifón al que esté conectado.

Las pendientes de descarga para los ramales deben de ser: 2 por ciento para el ramal de descarga o 3 pulgadas y para diámetros mayores del 1 por ciento.

Tabla XXXV. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1era	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	7	4	1 1/4	2	2
Bidet	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Cuarto de baño completo	7	-	-	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 1/4	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Urinario vertical	-	4	4	-	2	3
Fregadero de viviendas	3	-	-	1 1/4	-	-

Continuación de la tabla XXXV.

Fregadero de restaurante	-	8	8	-	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	-	1 1/4	1 1/4	-
Vertedero	-	8	8	4	4	-
Bebedero	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Lavaplatos de casa	2	-	-	1 1/2	-	-
Lavaplatos comercial	-	4	-	-	-	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Para las instalaciones sanitarias en edificios.*

p. 71.

- Dimensionamiento de las derivaciones en colector:

Los ramales se calculan con el total de descarga de los artefactos que dará servicio dicha tubería.

Tabla XXXVI. **Diámetro de las derivaciones en colector**

Derivación de colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s= 0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 1/2	1	1	1	1
38	1 1/2	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 1/2	10	12	15	18
75	3	20	24	27	36
100	4	68	84	96	114
125	5	144	180	234	280
150	6	264	330	440	580
200	8	696	870	1150	1680
250	10	1392	1740	2500	3600
300	12	2400	3000	4200	6500
350	14	4800	6000	8500	135000

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios.*

p. 72.

- Colección y evacuación de agua de lluvia

La recolección de aguas de lluvia es captada por un sistema de canales o tubería que son instalados en el techo. La precipitación que cae sobre los techos, patios y zonas que están pavimentados dentro de la edificación.

Cuando en un lugar no exista una red separada de las aguas pluviales y las aguas residuales, es necesario incluir el sistema de evacuación de agua por cunetas.

Fórmula para el cálculo de conductores.

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}$$

Dónde:

Q= caudal en m<sup>3</sup>/s

C= relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área

I= intensidad de lluvia en mm/hora

A= área a drenar en hectáreas

El valor de C se puede calcular de la siguiente manera:

Para superficies impermeables de techos = 0.75 a 0.95

Para pavimentos de asfalto = 0.85 a 0.90

Para jardines, parques o prados = 0.05 a 0.25

La frecuencia asumida será de 10 años.

$$I = \frac{5915.70}{t + 35.80}$$

Dónde:

I= intensidad de lluvia promedio en la zona drenada en mm/hora

t= tiempo de concentración en minutos

El diámetro en centímetros se calcula de la siguiente manera:

$$D = \left( \frac{691\,000 * Q * n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{3/8}$$

Dónde:

Dcm= diámetro interior del tubo en cm

Q= caudal requerido en m<sup>3</sup>/s

n= coeficiente de rugosidad (ver tabla XXXVII)

S= pendiente

Tabla XXXVII. **Coeficiente de rugosidad n para las fórmulas de Manning en tuberías**

Material	n
PVC y polietileno de alta densidad	0.009
Asbesto cemento	0.010
Hierro fundido nuevo	0.013
Hierro fundido usado	0.017
Concreto liso	0.012
Concreto rugoso	0.016

Continuación de la tabla XXXVII.

Mampostería con mortero de cemento	0.020
Acero soldado con revestimiento interior	0.011
Acero sin revestimiento	0.014
Acero galvanizado nuevo o usado	0.014

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 79.

Se proponen seis bajadas de aguas pluviales para la evacuación y evitar el acumulamiento de agua en el techo, se procede a calcular el diámetro:

El techo por ser de concreto se considera como un techo tipo C.

$$I = \frac{5915.70}{5 + 35.80} = 144.45 \text{ mm/hora}$$

El área que drenará cada bajada es de 60.0 m<sup>2</sup> esto es equivalente a 0.006 hectáreas.

$$Q = \frac{1 * 144.45 \frac{\text{mm}}{\text{hora}} * 0.006 \text{ hectáreas}}{360} = 24 \text{ segundos}$$

El material a utilizar es de PVC, en donde según la tabla XXXVII la rugosidad n es igual a 0.009. la pendiente tomada es de 1 por ciento.

$$D = \left( \frac{691\,000 * 0.0024 * 0.009}{0.01^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 6.53 \text{ cms} = 2.57 \text{ pulg}$$

Por el resultado obtenido se propone una tubería de 3 pulgadas de diámetro.

### **2.1.7.5.3. Instalaciones eléctricas**

La instalación eléctrica es el conjunto de circuitos que son los encargados de distribuir la energía eléctrica a todo el edificio. Este sistema genera, transmite, distribuye y receptiona la energía eléctrica. Se divide en iluminación y fuerza.

- Iluminación

La iluminación influye en el rendimiento de los alumnos, los salones deben de contar con buena iluminación y todos los espacios del centro educativo, la luz afecta la visibilidad.

La iluminación se debe de tener en cuenta al momento de diseñar ya que los focos dotan de temperatura las instalaciones. El sistema eléctrico estará constituido por 8 circuitos en cada nivel, las lámparas serán: lámparas de gas neón marca sylvania de 32 W. Para que el tablero tenga una buena distribución se divide en dos las líneas serán L1 y L2.

$$Amperaje = \frac{Watts}{Voltaje}$$

La instalación es monofásica por esto la potencia se divide dentro de 120 voltios.

Tabla XXXVIII. **Circuitos de iluminación primer y segundo nivel**

Circuito	Descripción	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje	L1 amperios	L2 amperios	Conductor	Flip-on
A	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
B	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
C	Iluminación	40	12	480	120	-	4,00	No. 12	1 x 20
D	Iluminación	40	12	480	120	-	4,00	No. 12	1 x 20
E	Iluminación	40	12	480	120	4,00		No. 12	1 x 20
F	Iluminación	40	10	400	120	-	3,33	No. 12	1 x 20
G	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20

Circuito	Descripción	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje	L1 amperios	L2 amperios	Conductor	Flip-on
I	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
J	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
C	Iluminación	40	12	480	120	-	4,00	No. 12	1 x 20
D	Iluminación	40	12	480	120	-	4,00	No. 12	1 x 20
E	Iluminación	40	12	480	120	4,00		No. 12	1 x 20
F	Iluminación	40	10	400	120	-	3,33	No. 12	1 x 20
G	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20

Fuente: elaboración propia.

El cable para los conductores se utilizará de calibre 12 y flipones de 15 amperios.

- Fuerza

El consumo que se le asignó a cada tomacorriente fue de 180 watts, esto debiendo a que no se sabe qué tipo de aparatos serán conectados.

Tabla XXXIX. **Circuito de fuerza, primer y segundo nivel**

Circuito	Descripción	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje	L1 amperios	L2 amperios	Conductor	Flip-on
H	Fuerza	180	7	1260	120	10,50	-	No. 10	1 x 20
I	Fuerza	180	7	1260	120	10,50	-	No. 10	1 x 20
J	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20
K	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20

Circuito	Descripción	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje	L1 amperios	L2 amperios	Conductor	Flip-on
H	Fuerza	180	7	1260	120	10,50	-	No. 10	1 x 20
I	Fuerza	180	6	1080	120	9,00	-	No. 10	1 x 20
J	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20
K	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20
L	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Circuito de iluminación y fuerza**

Circuito	Descripción	Potencia unitaria Watts	Unidades	Potencia total Watts	Voltaje	L1 amperios	L2 amperios	Conductor	Flip-on
A	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
B	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
C	Iluminación	40	12	480	120	-	4,00	No. 12	1 x 20
D	Iluminación	40	12	480	120	-	4,00	No. 12	1 x 20
E	Iluminación	40	12	480	120	4,00	-	No. 12	1 x 20
F	Iluminación	40	10	400	120	-	3,33	No. 12	1 x 20
G	Iluminación	40	8	320	120	2,67	-	No. 12	1 x 20
H	Fuerza	180	7	1260	120	10,50	-	No. 10	1 x 20
I	Fuerza	180	6	1080	120	9,00	-	No. 10	1 x 20
J	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20
K	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20
L	Fuerza	180	6	1080	120	-	9,00	No. 10	1 x 20
<b>Total</b>						<b>31,50</b>	<b>38,33</b>		

Fuente: elaboración propia.

Se puede verificar que la diferencia de amperaje en L1 y L2 es de aproximadamente 4 amperios, teniendo este resultado se puede determinar que la distribución es correcta.

### 2.1.8. Presupuesto

El presupuesto del proyecto se presenta a continuación, los precios de los materiales y de mano de obra están referidos a la ciudad capital. Los aspectos que se tomaron en cuenta son los siguientes: maquinaria, combustible, materiales, mano de obra, prestaciones como: costos indirectos (5 %), administración (3 %), imprevistos (3 %), utilidad (12 %) e impuestos (12 %).

Tabla XLI. **Presupuesto de instituto básico y diversificado para la región occidente, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Subtotal
<b>1</b>	<b>Trabajos Preliminares</b>				
1,01	Bodega	m <sup>2</sup>	60,00	Q 124,39	Q 7 463,40
1,02	Limpieza y chapeo	m <sup>2</sup>	525,00	Q 10,33	Q 5 423,25
1,03	Corte y nivelación de terreno	m <sup>3</sup>	2,45	Q 253,11	Q 620,12
1,04	Relleno de terreno	m <sup>3</sup>	2 524,00	Q 256,66	Q 647 809,84
1,05	Demolición	Global	1,00	Q 4 859,14	Q 4 859,14
1,06	Trazo y estaqueado	ml	165,15	Q 19,43	Q 3 208,86
<b>2</b>	<b>Cimentación</b>				
2,01	Cimiento corrido CC-1, 0.20x0.50	ml	164,85	Q 364,35	Q 60 063,10
<b>3</b>	<b>Muros</b>				
3,01	Levantado de muros de 19x19x39	m <sup>2</sup>	485,00	Q 230,45	Q 111 768,25
3,02	Levantado de muros de 09x19x39	m <sup>2</sup>	28,00	Q 243,76	Q 6 825,28
<b>4</b>	<b>Columnas</b>				
4,01	Columna C-A (0.20 x 0.20, 4 No. 5 + 4 No. 4 + Est No. 3 @ 0.20 m)	Unidad	46,00	Q 3 876,32	Q 178 310,72
4,02	Columna C-B (0.20 x 0.20, 4 No. 5 + Est No. 3 @ 0.20 m)	Unidad	22,00	Q 3 057,34	Q 67 261,48

Continuación de la tabla XLI.

4,03	Columna C-C ( 0.10 x 0.20, 2 No. 3 + Est No. 2 @ 0.20 m )	Unidad	18,00	Q 1 732,14	Q 31 178,52
4,04	Columna C-D (0.10 X 0.10, 1 No. 3)	Unidad	10,00	Q 1 097,18	Q 10 971,80
4,05	Columna C-E (0.10 X 0.15, 2 No. 3 + Est. No. 2 @ 0.20 m)	Unidad	3,00	Q 1 283,49	Q 3 850,47
<b>5 Soleras</b>					
5,01	Solera hidrófuga (0.20 x 0.20, 4No. 4 + Est No. 2 @ 0.20 m)	ml	164,72	Q 217,99	Q 35 907,31
5,02	Solera intermedia (0.20 x 0.20, 4 No. 3 + Est No. 2 @ 0.20 m)	ml	228,60	Q 180 12	Q 41 175,43
5,03	Solera corona (0.20 x 0.20, 4 No. 4 + Est No. 2 @ 0.20 m)	ml	228,60	Q 207 39	Q 47 409,35
<b>6 Vigas</b>					
6,01	Viga V-1 (0.30 x 0.30, 6 No. 6 + 2 No. 3 + Est. No. 3 @ 0.15 + Esl No. 3 @ 0.15	ml	77,00	Q 634 88	Q 48 885,76
6,02	Viga V-2 (0.20 x 0.20, 4 No. 4 + Est No 3 @ 0.15)	ml	107,70	Q 442 07	Q 47 610,94
<b>7 Gradadas</b>					
7,01	Módulo de gradadas	Global	1,00	Q 13 588,38	Q 13 588,38
<b>8 Techo</b>					
8,01	Techo de losa	m <sup>2</sup>	590,00	Q 685,00	Q 404 150,00
8,02	Pañuelo	m <sup>2</sup>	295,00	Q 139,99	Q 41 297,05
<b>9 Acabados</b>					
9,01	Fundición de torta e instalación de piso de granito	m <sup>2</sup>	590,00	Q 282,83	Q 166 869,70
9,02	Repello y cernido en cielo entrepiso	m <sup>2</sup>	295,00	Q 167,53	Q 49 421,35
9,03	Repello y cernido en cielo 2do nivel	m <sup>2</sup>	295,00	Q167,53	Q 49 421,35
9,04	Repello y cernido en columnas	m <sup>2</sup>	212,40	Q 167,23	Q 35 519,65
9,05	Repello y cernido en soleras	m <sup>2</sup>	95,00	Q 167,20	Q 15 884,00
9,06	Ventanas V-1	Unidad	24,00	Q 2 824,49	Q 67 787,76
9,07	Ventanas V-2	Unidad	4,00	Q 2 135,59	Q 8 542,36
9,08	Puertas P-1	Unidad	6,00	Q 2 548,93	Q 15 293,58
9,09	Puertas P-2	Unidad	6,00	Q 2 480,04	Q 14 880,24
9,10	Puertas P-3	Unidad	16,00	Q 2 273,37	Q 36 373,92
9,11	Inodoros	Unidad	16,00	Q 2 755,60	Q 44 089,60
9,12	Lavamanos	Unidad	12,00	Q 1 997,81	Q 23973,72
9,13	Mingitorio	Unidad	4,00	Q 1 722,25	Q 6 889,00
9,14	Plancha fundida (Top para sobre poner lavamanos de 0.60 x 2.60 x 0.15). Revestido de azulejo	Unidad	2,00	Q 1 797,73	Q 3 595,46

Continuación de la tabla XLI.

10 Instalaciones					
10,01	Instalación de fuerza	Global	1,00	Q 17 291,41	Q 17 291,41
10,02	Instalación de electricidad	Global	1,00	Q 52 461,17	Q 52 461,17
10,03	Instalación de agua potable	Global	1,00	Q 7 151,89	Q 7 151,89
10,04	Instalación de drenajes	Global	1,00	Q 15 383,15	Q 15 383,15
10,05	Instalación de drenaje pluvial	Global	1,00	Q 10 616,31	Q 10 616,31
10,06	Fosa séptica	Global	1,00	Q 24 800,43	Q 24 800,43
10,07	Pozo de absorción	Global	1,00	Q 20 667,02	Q 20 667,02
<b>TOTAL</b>				<b>Q 2 506 551,53</b>	

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.9. Cronograma

Se presenta el cronograma físico y financiero del instituto básico y diversificado de la región occidente.

Tabla XLII. Cronograma físico y financiero del instituto básico y diversificado

No.	Renglón	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Renglón	Porcentaje
		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S		
1	<b>Trabajos Preliminares</b>																														
1.01	Bodega																										Q 7 463,40	0,30 %			
1.02	Limpieza y chapeo																											Q 5 423,25	0,22 %		
1.03	Corte y nivelación de terreno																											Q 620,12	0,02 %		
1.04	Relleno de terreno																										Q 809,84	25,84 %			
1.05	Demolición																											Q 4 859,14	0,19 %		
1.06	Trazo y estaqueado																											Q3 208,86	0,13 %		
2	<b>Cimentación</b>																														
2.01	Cimiento corrido CC-1, 0.20x0.50																											Q60 063,10	2,40 %		
3	<b>Muros</b>																														
3.01	Levantado de muros 19x19x39																											Q 768,25	4,46 %		
3.02	Levantado de muros 09x19x39																											Q 6 825,28	0,27%		





Los componentes pueden ser positivos, negativos, efectos de ambos tipos, o si es inexistente o insignificante. Puede prevenir las consecuencias negativas de acciones, planes y proyectos en la salud humana, el bienestar de las comunidades y el equilibrio ecológico.

Para realizar la evaluación de la PGA, se toman todos los detalles y aspectos específicos para la precisión del informe.

- Impacto ambiental
  - Aire

Durante la construcción: para los trabajos de limpieza, nivelación y relleno del terreno se levantará polvo por lo que se utilizará agua para no ocasionar malestar y enfermedades a los habitantes aledaños al proyecto.

Habrà contaminación auditiva por la maquinaria y trabajos de la construcción, para poder mitigar este tipo de ruido se trabajará en horas hábiles.

- Suelo

Durante la fase de construcción, el suelo que será extraído por el corte del terreno, excavación por zanjeo y cimentación, será incorporado en las mismas y el sobrante se utilizará para rellenar áreas necesarias.

No todo el material cortado servirá para relleno, el material que se rechace será botado en áreas autorizadas por la municipalidad.

- Agua

Durante la fase de construcción, se debe de evitar la ruptura de tubería de agua potable y tubería de drenaje, para impedir la contaminación de agua y también evitar el corte de agua a la comunidad por arreglos de tubería.

Aguas servidas, cuando este tipo de agua no es tratada y es conducida fuera del área urbana, es un problema para la calidad de vida de los pobladores de las comunidades.

- Sociocultural

Durante la fase de construcción se deberán instalar sanitarios, basureros, instalación eléctrica e instalación de agua potable para uso de los trabajadores, así evitar la molestia a los vecinos y la contaminación de los alrededores.

La circulación vehicular será interrumpida durante el proceso de corte, relleno y fundición de la estructura, se deberán buscar vías alternas para la circulación y avisar a los vecinos, por los cambios que se tendrán tanto en los horarios como en los días de trabajo.

## **2.2. Diseño de pavimento de concreto para carretera que conecta la aldea Montufar con aldea Cerro Alto, San Juan Sacatepéquez, Guatemala**

En este apartado se describe el diseño de pavimento de concreto para carretera que conecta la aldea Montufar con aldea Cerro Alto, San Juan Sacatepéquez, Guatemala.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El diseño del pavimento rígido de concreto será para la carretera que conecta la aldea Cerro Alto y la aldea Montufar, del municipio de San Juan Sacatepéquez, Guatemala, se estima una longitud de 2,705.00 metros lineales y está dividida en tres tramos. Según la Dirección General de Caminos, la carretera será tipo E para una región ondulada, teniendo un ancho de calzada de 5.00 metros, con una velocidad de diseño de 40 km/h, radio mínimo de 47 metros y la pendiente máxima de 10 %.

### **2.2.2. Periodo de diseño**

El período de diseño es el tiempo que se elige para evaluar una serie de alternativas para que una carretera funcione en óptimas condiciones y así lograr que el proyecto sea económicamente viable. El período que se utiliza para este proyecto será de 20 años que es el tiempo que la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez usa para sus proyectos.

### **2.2.3. Levantamiento topográfico**

Para el levantamiento topográfico que se realizó de la aldea Cerro Alto hacia la aldea Montufar del municipio de San Juan Sacatepéquez departamento de Guatemala, se utilizó el equipo de la estación total marca Nikon, cinta métrica, brújula, dos prismas, personas de la comunidad como cadeneros y chapeadores, clavos, martillo, libreta de campo y radios de comunicación.

El método utilizado para realizar el levantamiento topográfico es el de conservación de azimut y deflexiones, al ubicar el primer punto de partida se toma el norte magnético para tener la orientación de todo el levantamiento, se

procede a la toma de todos los puntos, con este procedimiento se recopila la información de distancias horizontales y verticales en los bordes y en el centro de la carretera de terracería existente.

#### **2.2.3.1. Planimetría**

Es el conjunto de métodos que se utilizan para realizar la representación gráfica a escala de la superficie plana de un terreno excluyendo el relieve. Para la planimetría realizada en la carretera ya existente se detallaron los anchos, distancias horizontales y ángulos de la carretera aplicando el método de conservación de azimut y deflexiones.

#### **2.2.3.2. Altimetría**

Con la altimetría se representa la forma verdadera del terreno en donde se determinan las alturas o cotas de los puntos respecto a un plano, esto es de mucha importancia ya que se complementa con la planimetría, en donde se puede tener una representación en tres dimensiones. Los puntos fueron tomados aplicando el método directo con la estación total en donde se tienen diferentes elevaciones o alturas con esto se puede tener la representación en relieve.

#### **2.2.4. Tipos de pavimentos**

Los pavimentos son capas superpuestas que reciben las cargas de los vehículos en forma directa y los transmiten a los estratos inferiores. Se debe proporcionar una superficie de rodadura que funcione eficientemente. Para el diseño de un pavimento se debe tener en cuenta los diferentes métodos, normas y especificaciones existentes.

Existen dos tipos de pavimentos, rígido y flexible. Para este diseño se utilizará el rígido por tener un largo periodo de vida útil y el mantenimiento que se le debe de dar es mínimo.

#### **2.2.4.1. Pavimento rígido**

Los pavimentos rígidos están formados por dos capas que son: la losa de concreto y la base, pero cuando la subrasante no es de buen material es necesario tener una tercera capa llamada subbase. El pavimento rígido consta de alta rigidez y elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de esfuerzos se realiza en una zona amplia por esta razón los esfuerzos que llegan a la base son menores.

Para el presente proyecto se considera utilizar el tipo de pavimento rígido por tener un periodo de vida útil largo y el mantenimiento a realizarle es mínimo ya que la mayoría de veces el mantenimiento que se realiza es solo en juntas de la losa.

#### **2.2.4.2. Pavimento flexible**

Los pavimentos flexibles se utilizan en lugares con alto tránsito. Dependiendo de las cargas de tránsito estos pavimentos se pueden llegar a deflectar o flexionar. Consta de tres capas, la primera es la capa de rodadura que recibe todas las cargas y está elaborada por varias capas asfálticas, la segunda capa es la base que está construida por agregados y es la encargada de transmitir los esfuerzos a la subbase o subrasante, la última es la subbase es una capa que trabaja por transición entre la base y la subrasante, no permite que se penetren los materiales finos de la subrasante.

## **2.2.5. Ensayos de laboratorio de suelos**

Los ensayos realizados a los suelos son pruebas para determinar las propiedades mecánicas de los suelos. La información obtenida en los ensayos de laboratorio es muy importante para la planificación, diseño y ejecución del proyecto, estos se realizan previamente al proyecto para determinar las características del suelo y reconocer el terreno en donde irá asentado el pavimento.

### **2.2.5.1. Ensayo de granulometría**

Para realizar el ensayo de granulometría, la muestra se lavó por la malla No. 200, luego se secó y posteriormente fue tamizado, según la norma ASTM D6913-04. Para realizar el ensayo los tamices son ordenados de manera decreciente luego se somete a un proceso mecánico en donde se separan las partículas por tamaño y queda retenido cierto porcentaje en cada tamiz.

Los resultados de este análisis determinan las propiedades mecánicas del suelo y se representan por medio de una gráfica semilogarítmica. (Ver anexo 2).

Según los resultados obtenidos en el laboratorio, la muestra tiene un 26.99 % de grava, 58.93 % de arena y un 14.08 % de finos, se clasifica como arena limosa con grava color rojizo.

### **2.2.5.2. Ensayo de límites de Atterberg**

Los ensayos son determinados con la consistencia que tiene un suelo fino según su contenido de humedad. El suelo puede tener cuatro estados, el

estado sólido que es cuando el suelo se encuentra seco, cuando al suelo se le agrega agua por porcentajes pasando de estado semisólido, plástico y finalizando con el estado líquido. (Ver anexo 2)

- Límite líquido: este procedimiento se realiza agregando agua al suelo hasta obtener una mezcla moldeable, depositando la mezcla en la cuchara de Casagrande luego se hace una ranura de 12.7 mm y se golpea hasta que la ranura llegue a cerrar. Si el número de golpes es de 25 el límite líquido es correcto.
- Límite plástico: es el contenido de humedad más baja que se le agrega al suelo, con la mezcla se forma un cilindro de 3mm de diámetro, este se hace rodar entre los dedos y una superficie plana lisa, hasta obtener grietas en el cilindro.
- Límite de contracción: es cuando un suelo contiene cierto porcentaje de agua y este empieza a perder humedad no hay cambios en el volumen de la muestra.
- Índice de plasticidad: se obtiene realizando la resta del límite líquido y el límite plástico. Es un intervalo de humedades y es utilizado para caracterizar los suelos cohesivos. Si el límite plástico es mayor que el límite líquido el índice de plasticidad se considera no plástico.

Cuando un suelo tiene un índice plástico (IP), igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo es de baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico y cuando el suelo presenta un índice plástico mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

Los resultados obtenidos en laboratorio el suelo no tiene límite plástico ni límite líquido por lo que el índice de plasticidad es nulo. Determinando que el suelo es una arena limosa con grava color rojizo según norma AASHTO T-89 Y T-90.

### **2.2.5.3. Ensayo de proctor modificado**

Existen dos tipos de compactación el proctor normal y el proctor modificado, el utilizado en este ensayo fue el proctor modificado. El ensayo permite determinar el contenido de humedad óptimo y la densidad máxima del suelo, para aumentar la densidad se procede a disminuir el contenido de aire en los vacíos. Se realiza mediante un proceso de compactación con la muestra de suelo húmedo, en un molde cilíndrico con un volumen específico, golpeando con un martillo metálico 25 veces a una altura determinada y en tres capas. Después se calcula la densidad aparente y la del contenido de humedad. El proceso se repite por tres veces variando el contenido de humedad del suelo.

Este proceso da lugar a la disminución de la compresibilidad, reducción de asentamientos, reduce la permeabilidad, aumenta la resistencia a corte y mejora la capacidad de carga. Los resultados son representados en un gráfico que relaciona la densidad seca y el porcentaje de humedad.

Según el ensayo de proctor modificado la densidad seca máxima es de 2,040.15 kg/m<sup>3</sup> (127.35 lb/pie<sup>3</sup>), y humedad óptima de 7.60 %, con referencia a la norma A.A.S.H.T.O. T-180. (Ver anexo 2).

#### 2.2.5.4. Ensayo de valor Soporte California (CBR)

El ensayo determina la resistencia del esfuerzo cortante del suelo, que permite conocer la calidad del material para ser usado como subrasante, sub base y base para pavimentos, se realiza con la humedad óptima y la densidad máxima.

La muestra se deja sumergida en agua por al menos unos cuatro días esto para simular las peores condiciones probables del terreno, se le penetra un pistón de 2.5 mm y 5.0 mm a una profundidad de 0.1" o 0.2" estos son expresados en porcentajes, el valor de CBR que se toma es el de mayor porcentaje. La relación del índice de CBR es la carga unitaria del ensayo con la carga unitaria patrón. (Ver anexo 2).

Tabla XLIII. Resistencia del suelo

Porcentaje CBR	Clasificación general	Usos
0-3	Muy pobre	Subrasante
3-7	Pobre o regular	Subrasante
7-20	Regular	Sub-base
20-50	Bueno	Base, subbase
50 o más	Excelente	Base

Fuente: CRESPO VILLALAZ. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 44.

El resultado obtenido del ensayo de razón soporte California (CBR), es de la subrasante, tiene un valor soporte de 10.72 %, clasificándolo como un suelo regular apto para una subrasante, con referencia a la norma A.A.S.H.T.O. T-193.

#### **2.2.5.5. Ensayo equivalente de arena**

Este ensayo es un método rápido de campo. La intención de este ensayo es determinar las proporciones relativas de finos plásticos o polvos que contienen los suelos granulares que pasan por la malla No. 4.

Un volumen de suelo es ensayado con la solución flocu-lante, este componente es mezclado con el suelo en un cilindro plástico graduado para que las partículas finas se aflojen, se usa flocu-lante, adicional para que las arcillas queden en suspensión sobre la arena. Se deja un período de sedimentación luego se determinan la altura de las partículas finas y la altura de la arena. El equivalente de arena es la relación de la altura de arena con la altura de arcilla. El resultado obtenido del ensayo de equivalente de arena es de 32.1 %. Con referencia a la norma A.A.S.H.T.O. T-176. (Ver anexo 2).

#### **2.2.5.6. Análisis de resultados**

Con los resultados obtenidos en el laboratorio se calculan los espesores del pavimento rígido. Estos se obtuvieron de la muestra de suelo del tramo carretero que va de la aldea Montufar hacia la aldea Cerro Alto. Se presenta el resumen de la muestra.

Clasificación: S.C.U.: A-1-b

Clasificación: P.R.A.: SM

Descripción del suelo: arena limosa con grava color rojizo

Límites de Atterberg: material no plástico

Densidad seca máxima: 2,040.15 Kg/m<sup>3</sup>

Humedad óptima: 7.60 %

C.B.R. crítico: 4.04 %

### **2.2.6. Diseño geométrico de carretera**

Los elementos geométricos del diseño de una carretera deben de estar conectados para brindar una buena circulación sin interrupciones de acorde con la velocidad de diseño y con las especificaciones de la Dirección General de Caminos. El alineamiento horizontal la constituyen los elementos rectos, curvas circulares y de grado de curvatura en donde todos deben de tener una buena conexión, para permitir una transición suave al pasar de un alineamiento recto a las curvas.

Al realizar el levantamiento topográfico se determinaron los cambios de altura, ancho y largo de la carretera, se observó que el tramo cuenta con urbanización en todo el trayecto. Para la estimación del tránsito de diseño se tomaron en cuenta los vehículos de los vecinos, transporte pesado, transporte urbano, otros, el diseño se basará al tránsito promedio diario de 130 vehículos, vehículos de carga pesada con un promedio del 12 % siendo esto 16 vehículos del total.

#### **2.2.6.1. Alineamiento horizontal**

El alineamiento horizontal se compone por una sucesión de rectas y curvas horizontales que son conectadas para hacer posible la circulación vial de una manera segura, confiable y eficiente. Las curvas horizontales son las que

unen dos tangentes continuas, estas se dividen en simples, compuestas y revertidas. Las simples son las que tienen un solo radio de curvatura, las compuestas son las que tienen dos o más curvas que cruzan en el mismo sentido y las revertidas son las que tienen dos o más curvas que cruzan en sentidos distintos.

- Para las curvas horizontales se debe de analizar el ancho mínimo para dar la vuelta de una manera eficiente.
- Las tangentes largas son peligrosas y más en carreteras con alta circulación vehicular. Una de las soluciones para esto es hacer varias tangentes pequeñas y unir las con curvas.
- El grado de las curvas circulares se eligen de manera que se ajuste lo mejor posible en el terreno.
- La tangente no tiene longitud máxima, pero si se toma en cuenta un límite por la seguridad para evitar accidentes. Tampoco cuenta con longitud mínima, pero si se debe de tener una longitud necesaria para la sobreelevación y ampliación a las curvas. El cálculo de la tangente tampoco puede ser negativa, ya que esto deduce que hay curvas traslapándose.

#### **2.2.6.1.1. Diseño localización**

Es la propuesta o diseño de la línea de localización o línea final para el proyecto que se va a ejecutar. La información para realizar este diseño se obtiene al momento de realizar el levantamiento topográfico. Con esto lo que se quiere tener es la seguridad del tránsito, evitando los quiebres bruscos y los radios mínimos al final de las tangentes largas. La visibilidad del conductor es fundamental al momento de realizar el diseño.

Los parámetros para diseñar se tomaron de la Dirección General de Caminos, son los encargados de clasificar técnicamente las carreteras. Se evaluó y se determinó que el tipo de carretera es tipo E que es para un tránsito promedio diario anual de 100 a 500 vehículos, por el tipo de región y el TPD. La región a ejecutar el proyecto es ondulada por lo que se tomará un radio mínimo de 47 metros, un ancho de calzada de 5.0 metros, una pendiente máxima de 10 % y una velocidad de diseño de 40 km/h.

Tabla XLIV. **Características geométricas**

TPDA	Carretera	Velocidades de diseño (Km)	Radio mínimo en metros	Pendiente máxima	Anchos de calzada
	<b>Tipo "A"</b>				2x7,20
De 3000 a 5000	Llanas	100	375	3	
	Onduladas	80	225	4	
	Montañosas	60	110	5	
	<b>Tipo "B"</b>				7,2
De 1500 a 3000	Llanas	80	225	6	
	Onduladas	60	110	7	
	Montañosas	40	47	8	
	<b>Tipo "C"</b>				6,5
De 900 a 1500	Llanas	80	225	6	
	Onduladas	60	110	7	
	Montañosas	40	47	8	
	<b>Tipo "D"</b>				6
De 500 a 900	Llanas	80	225	6	
	Onduladas	60	110	7	
	Montañosas	40	47	8	
	<b>Tipo "E"</b>				5,5
De 100 a 500	Llanas	50	75	8	
	Onduladas	40	47	9	
	Montañosas	30	30	10	
	<b>Tipo "F"</b>				5,5
De 10 a 100	Llanas	40	47	10	
	Onduladas	20	30	12	
	Montañosas	30	20	14	

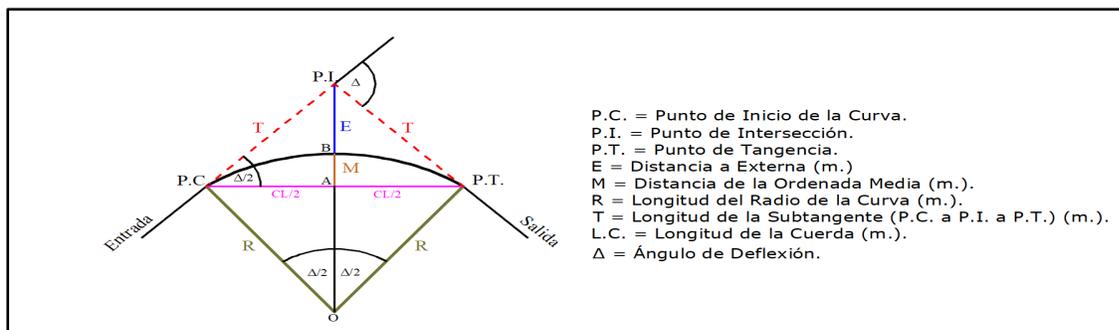
Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes.* p.12.

El diseño de pavimentación se realiza con el programa Civil 3D, utilizando los parámetros de diseño según las especificaciones tomadas e ingresándolo manualmente. Según la carretera ya diseñada el pavimento se debe adaptar a las características que se tienen, el proceso que se tomará es adaptar las líneas para que se cumplan los parámetros.

### 2.2.6.1.2. Tangentes y curvas horizontales

La unión de dos líneas que son llamadas tangentes son unidas por curvas horizontales, éstas se calculan según las especificaciones y requerimiento de la topografía del terreno tomando en cuenta la velocidad de diseño. Las tangentes son definidas por su longitud y su azimut, la longitud es calculada desde la estación PC a la estación PT. Existen las curvas horizontales simples y las compuestas. Las simples son las que tienen un radio que son las que unen dos tangentes de un alineamiento, y la compuesta es la combinación de dos o más curvas simples. En el alineamiento horizontal se combinan los alineamientos rectos, curvas y el grado de curvatura para realizar un diseño funcional y seguro.

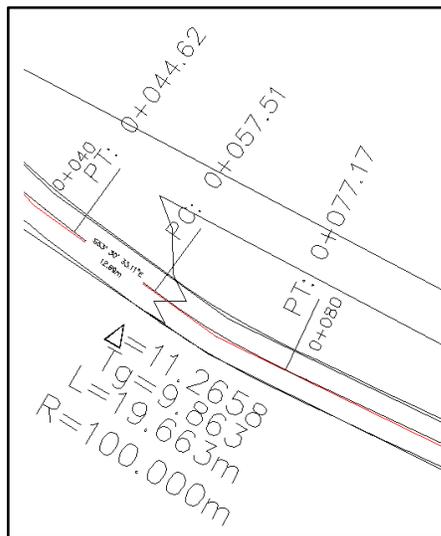
Figura 32. Elementos de curva horizontal



Fuente: GARCÍA Augusto. *Diseño de curva horizontal, Cálculo en las curvas horizontales simples*. inge-blog.com. Consulta: 13 de abril de 2022.

El diseño de pavimentación se realizó utilizando el programa Civil 3D, tomando los parámetros de diseño e ingresándolo manualmente. Se presenta el análisis de los elementos de la primera curva horizontal del proyecto.

Figura 33. **Diseño de primera curva de alineamiento horizontal**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D.

### 2.2.6.1.3. **Curvas de transición**

Un tramo recto presenta un radio de curvatura infinita, un arco circular presenta un radio de curvatura constante esto genera que en el punto PC y PT de una curva circular se presentan cambios bruscos que ocasiona un cambio rápido en la fuerza centrífuga. Al momento de conducir se tiene una trayectoria errónea en las entradas y salidas de la curva por el cambio de la fuerza centrífuga. Para un cambio gradual de curvatura entre una recta y una curva circular es necesario implementar la curva de transición para mejorar la circulación de los vehículos, la velocidad, comodidad y la seguridad para que se

puedan mantener dentro del carril. En la tabla XLV se puede determinar el dato de la longitud espiral para los grados de curvatura, teniendo la velocidad de diseño. Para un  $G= 30^\circ$  y una velocidad de diseño de 40 km/h, se tiene un valor de longitud de espiral (LS)= 40 metros.

Tabla XLV. **Curvas de transición y peralte recomendados**

G	RADIO	20 K.P.H.				30 K.P.H.				40 K.P.H.			
		DB = 10				DB = 11				DB = 12			
		e%	LS	$\Delta$	SA	e%	LS	$\Delta$	SA	e%	LS	$\Delta$	SA
1	1145.92	0.20	11	0.60	0.00	0.50	17	0.80	0.00	0.80	22	1.10	0.00
2	572.96	0.40	11	1.10	0.00	0.90	17	1.70	0.00	1.60	22	2.20	0.00
3	381.97	0.60	11	1.70	0.00	1.30	17	2.50	0.00	2.30	22	3.30	0.60
4	286.48	0.80	11	2.20	0.00	1.70	17	3.30	0.60	3.00	22	4.40	0.60
5	229.18	1.00	11	2.80	0.00	2.10	17	4.20	0.60	3.70	22	5.60	0.60
6	190.99	1.20	11	3.30	0.60	2.50	17	5.00	0.60	4.40	22	6.70	0.60
7	163.70	1.30	11	3.90	0.60	2.90	17	5.80	0.60	5.00	22	7.80	0.60
8	143.24	1.50	11	4.40	0.60	3.30	17	6.70	0.60	5.50	22	8.90	0.60
9	127.32	1.70	11	5.00	0.60	3.70	17	7.50	0.60	6.10	24	10.60	0.65
10	114.59	1.90	11	5.60	0.60	4.00	17	8.30	0.61	6.60	25	12.70	0.70
11	104.17	2.10	11	6.10	0.60	4.40	17	9.20	0.65	7.00	27	15.00	0.75
12	95.49	2.20	11	6.70	0.60	4.70	17	10.10	0.70	7.50	29	17.40	0.80
13	88.15	2.40	11	7.20	0.64	5.00	18	11.70	0.74	7.90	31	19.80	0.85
14	81.85	2.60	11	7.80	0.68	5.40	19	13.40	0.79	8.20	32	22.40	0.90
15	76.39	2.70	11	8.30	0.72	5.70	20	15.10	0.83	8.60	33	24.90	0.95
16	71.62	2.90	11	8.90	0.76	6.00	21	17.00	0.87	8.90	34	27.50	0.99
17	67.41	3.10	11	9.40	0.80	6.20	22	18.90	0.92	9.10	35	30.10	1.04
18	63.66	3.20	11	10.00	0.84	6.50	23	20.90	0.96	9.40	36	32.60	1.09
19	60.31	3.40	11	10.60	0.88	6.80	24	22.90	1.00	9.50	37	35.20	1.13
20	57.30	3.60	12	11.70	0.92	7.00	25	25.00	1.05	9.70	38	37.60	1.18
21	54.57	3.70	12	12.80	0.95	7.30	26	27.20	1.09	9.80	38	40.00	1.23
22	52.09	3.90	13	14.00	0.99	7.50	27	29.40	1.13	9.90	38	42.30	1.27
23	49.82	4.00	13	15.20	1.03	7.70	28	31.70	1.17	10.00	39	44.50	1.32
24	47.75	4.20	14	16.40	1.07	7.90	28	33.90	1.22	10.00	39	46.50	1.36
25	45.84	4.30	14	17.70	1.11	8.10	29	36.20	1.26				
26	44.07	4.50	15	19.10	1.15	8.30	30	38.60	1.30				
27	42.44	4.60	15	20.40	1.19	8.50	30	40.90	1.34				
28	40.93	4.80	16	21.90	1.23	8.70	31	43.30	1.38				
29	39.51	4.90	16	23.30	1.27	8.80	31	45.70	1.42				
30	38.20	5.10	17	24.80	1.30	9.00	32	48.00	1.47				
31	36.97	5.20	17	26.30	1.34	9.10	33	50.40	1.51				
32	35.81	5.30	17	27.90	1.38	9.30	33	52.80	1.55				
33	34.72	5.50	18	29.50	1.40	9.40	33	55.10	1.59				
34	33.70	5.60	18	31.10	1.46	9.50	34	57.40	1.63				
35	32.74	5.70	19	32.80	1.50	9.60	34	59.70	1.67				
36	31.83	5.90	19	34.50	1.53	9.70	34	62.00	1.71				
37	30.97	6.00	20	36.20	1.57	9.80	35	64.20	1.75				
38	30.16	6.10	20	38.00	1.61	9.80	35	66.40	1.79				
39	29.38	6.20	20	39.70	1.65	9.90	35	68.50	1.83				
40	28.65	6.40	21	41.50	1.69	9.9	35	70.60	1.87				
41	27.95	6.50	21	43.40	1.73	10.00	35	72.60	1.92				
42	27.28	6.60	22	45.20	1.76	10.00	36	74.60	1.96				
43	26.65	6.70	22	47.10	1.80	10.00	36	76.50	2.00				

Fuente: Dirección General de Caminos. *Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes.* 117 p.

#### **2.2.6.1.4. Peralte**

Es la inclinación transversal de las curvas horizontales que es utilizado para contrarrestar la fuerza centrífuga para que el vehículo no salga de su trayecto. Cuando un vehículo toma una curva las fuerzas que actúan en el vehículo hacen que siga en línea recta, el peralte contrarresta todas las fuerzas que actúan haciendo que permanezca en su vía.

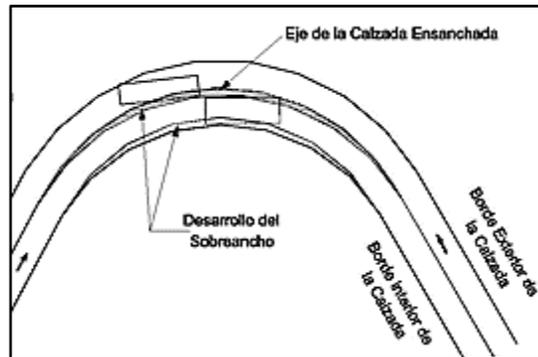
Para diseñar el peralte de la carretera se debe de tener en cuenta el grado de curva, la velocidad de diseño y el peralte en porcentaje. Para un  $G= 30^\circ$  y una velocidad de diseño de 40 km/h corresponde un peralte de 8.9 %.

#### **2.2.6.1.5. Sobreancho**

Al momento de que un automóvil circula por una curva horizontal ocupa un ancho mayor que en la recta. Al momento de dar un giro es difícil mantener el vehículo en el carril correspondiente.

El sobreancho es el ancho adicional que se le agrega a la curva horizontal para la circulación de los vehículos, esto se debe de realizar en las entradas y salidas de las curvas para asegurar los alineamientos. Cuando el sobreancho es menor o igual a 30 centímetros este se desprecia. Si la curva horizontal tiene espiral de transición el sobreancho es repartido en ambos lados de la vía, pero si la curva horizontal no cuenta con espiral de transición el sobreancho se reparte del lado interior.

Figura 34. **Sobrancho de una carretera**



Fuente: ORRALA, Walter. *Trazado y replanteo del proyecto horizontal de una carretera utilizando estación total*. p. 52.

### 2.2.6.2. **Alineamiento vertical**

El alineamiento vertical es la proyección del eje sobre una superficie vertical paralela del mismo. El eje en este alineamiento se llama rasante o sub-rasante dependiendo del nivel que se tenga en cuenta en el diseño, se tienen dos elementos importantes: rasante y perfil. La rasante está compuesta por tramos rectos que se enlazan por curvas, el perfil del alineamiento se puede determinar a partir de la topografía o de la nivelación de precisión, este debe de presentar elevaciones reales con respecto al nivel del mar. La rasante está compuesta por tangentes y curvas. La tangente tiene su respectiva longitud y la pendiente es definida en porcentajes.

#### 2.2.6.2.1. **Diseño de subrasante y pendiente**

Es la capa de terreno que se extiende hasta una profundidad que no afecta la carga a la que ha sido diseñada del tránsito previsto y es la que

soporta la carga del pavimento. Debe de tener las secciones transversales y pendientes específicas en los planos finales.

El espesor del pavimento depende de la calidad de la subrasante, tiene que cumplir la resistencia, incompresibilidad y expansiones por la humedad. Soporta las cargas que transmiten en el pavimento y evita que el terraplén contamine el pavimento y que se absorba por las capas de abajo. La pendiente es la inclinación que se le da al terreno para ir de un nivel a otro. La pendiente máxima está determinada por el volumen y el terreno. La pendiente mínima es tomada para permitir el drenaje y garantizar el funcionamiento de las cunetas.

Para el diseño del proyecto se clasificó la carretera como tipo E, la región es ondulada, la pendiente máxima de diseño es del 10 % y una velocidad máxima de diseño de 40 km/h, (ver tabla XLVI).

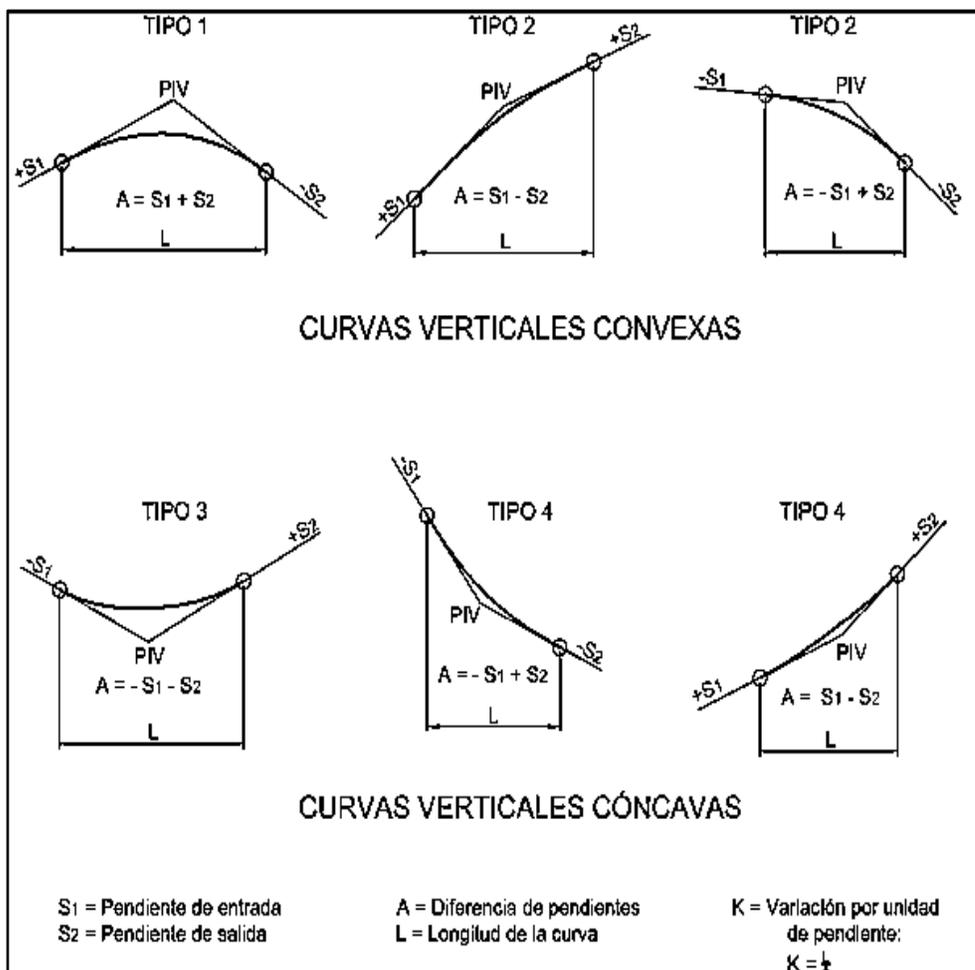
#### **2.2.6.2.2. Curvas verticales**

Es la unión de dos tangentes en un plano vertical, esto con el objeto de suavizar los cambios en dirección vertical y dar como resultado una vía segura y confiable. Es el arco de una parábola que se adapta al cambio gradual. La pendiente se expresa en porcentaje, una pendiente de 1 a 50 equivale al 2 % o a 0.02 m/m.

En el país de Guatemala la curva vertical más utilizada es la parabólica simple por la facilidad de cálculos y adaptación en el terreno, esto según la Dirección General de Caminos. Para realizar el diseño de las curvas verticales se debe de determinar la mejor visibilidad para los conductores. Existen dos tipos de curvas verticales las convexas y las cóncavas. Las convexas se diseñan a la más amplia distancia de visibilidad para la velocidad de diseño y

las cóncavas conforme a la distancia que alcanzan a iluminar los faros del vehículo.

Figura 35. Tipos de curvas verticales, cóncavas y convexas



Fuente: JARA ABANTO, Deissy Margot. *Diseño para el mejoramiento del camino vecinal tramo: Ururupa - Huaran Alto, distrito y provincia.* p. 89.

Tabla XLVI. **Valores para K para curvas cóncavas y convexas**

Velocidad de diseño (KPH)	Valores de k según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	5	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: VALLADARES, Jorge Feliz. *Guía teórica práctica del curso de vías terrestres 1*.  
p. 34.

Para determinar la longitud de las curvas verticales existen cuatro criterios:

- Criterio de comodidad: es tomado en cuenta en las curvas verticales cóncavas cuando la fuerza centrífuga que lleva el vehículo al momento de cambiar de dirección, se suma al peso propio del mismo.

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

$$A = P_s - P_e$$

$P_s$ = pendiente de salida

$P_e$ = pendiente de entrada

LCV= longitud de curva vertical

K= constante que depende de las velocidades de diseño

A= pendiente de salida – pendiente de entrada

V= velocidad

- Criterio de operación: diseño de curvas verticales con visibilidad completa, para evitar al vehículo un cambio súbito de pendiente.

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

$$A = P_s - P_e$$

P<sub>s</sub>= pendiente de salida

P<sub>e</sub>= pendiente de entrada

LCV= longitud de curva vertical

K= constante que depende de las velocidades de diseño

A= pendiente de salida – pendiente de entrada

- Criterio de drenaje: es tomado en cuenta en las curvas verticales cóncavas y convexas en zonas de corte, modifica las pendientes longitudinales de las cunetas.

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

$$A = P_s - P_e$$

P<sub>s</sub>= pendiente de salida

P<sub>e</sub>= pendiente de entrada

LCV= longitud de curva vertical

K= constante que depende de las velocidades de diseño

A= pendiente de salida – pendiente de entrada

- Criterio de seguridad: es tomado en cuenta en las curvas verticales cóncavas y convexas. La longitud de la curva debe de ser, en todo su desarrollo la distancia de visibilidad sea mayor o igual a la de parada. En algunos casos el diseñador se ve en la obligación de diseñar con distancia de visibilidad de paso.

$$LCV = K \times A$$

LCV= longitud de curva vertical

K= constante que depende de las velocidades de diseño

A %= diferencia algebraica de pendientes.

### 2.2.6.2.3. Correcciones

Después de diseñar las elevaciones de la subrasante que está conformada por rectas de pendientes definidas, es necesario corregir las alturas calculadas, para que se tenga un cambio suave entre la pendiente de entrada y de salida. Las correcciones se realizan de la parte de afuera hasta el centro de la curva, cuando las curvas son simétricas se calculan de la siguiente manera:

$$OM = \frac{(Ps - Pe)}{800} * (LCV)$$

$$Y = \frac{(Ps - Pe) * L^2}{200 * LCV}$$

Dónde:

OM= ordenada máxima

Ps= pendiente de salida en porcentaje

Pe= pendiente de entrada en porcentaje

Y= corrección vertical

L= distancia horizontal desde el PCV o PV al punto donde se quiere calcular la corrección

LCV= longitud de curva vertical

Se debe tener cuidado con los signos de las pendientes, si estas son utilizadas de manera correcta los resultados de la OM o Y el signo de la corrección es correcto. Estos son sumados a la subrasante y se obtiene la subrasante corregida.

Tabla XLVII. **Resumen del diseño de curvas verticales de tramo 1**

No. De curva	EST PIV	Elevación	Pendiente de entrada	Pendiente de salida	Diferencia $\Delta$	Tipo de curva	k visibilidad	LCV de diseño	LCV por criterio de seguridad	LCV/ $\Delta$	Criterio de apariencia	Criterio de comodidad	Criterio de drenaje	Corrección	Subrasante corregida
									$\Delta * K$		$(LCV/\Delta) \geq 30$	$(LCV/\Delta) \geq (V^2/395)$	$(LCV/\Delta) \leq 43$		
1	0+128,87	1 062,14	2,89	-9,39	12,28	Convex	3	35,16	36,84	2 863		Mayor	Menor	-0,540	1061 600
2	0+450,00	1 032,00	-9,39	-10,00	0,61	Convex	5	3,06	3,05	5 016		Mayor	Menor	-0,002	1031 998
3	0+550,00	1 022,00	-10,00	-5,68	4,32	Concav	2,5	10,81	10,8	2 502	Menor	Mayor	Menor	0,058	1022 058
4	0+755,33	1 010,35	-5,68	-11,97	6,29	Convex	4	24,70	25,16	3 927		Mayor	Menor	-0,194	1010 156
5	0+800,00	1 005,00	-11,97	3,80	15,77	Concav	3	46,42	47,31	2 944	Menor	Mayor	Menor	0,915	1005 915
6	0+928,99	1 009,90	3,80	-5,69	9,49	Convex	3,5	31,87	33,215	3 358		Mayor	Menor	-0,378	1009 522
7	0+980,00	1 007,00	-5,69	2,14	7,83	Concav	3	21,34	23,49	2 725	Menor	Mayor	Menor	0,209	1007 209
8	1+090,00	1 009,35	2,14	-5,85	7,99	Convex	3,5	27,90	27 965	3 492		Mayor	Menor	-0,279	1009 071
9	1+250,00	1 000,00	-5,85	1,37	7,22	Concav	6,5	46,94	46,93	6 501	Menor	Mayor	Menor	0,424	1000 424
10	1+390,00	1 001,92	1,37	-5,07	6,44	Convex	3,5	22,54	22,54	3 500		Mayor	Menor	-0,181	1001 739
11	1+432,92	999 75	-5,07	-8,21	3,14	Convex	5,5	17,45	17,27	5 557		Mayor	Menor	-0,068	999 682

Fuente: elaboración propia.

## 2.2.7. Movimiento de tierra

Está definida como un conjunto de actividades que se realizan para modificar la forma del terreno o implementar nuevos materiales a fin de mejorar el sitio para la obra a la que se vaya a utilizar. Esto conlleva una serie de trabajos como: excavación, carga, transporte, descarga, extendido y compactación.

### 2.2.7.1. Cálculo de áreas de secciones transversales

Para poder calcular las áreas de la sección transversal primero se deben de tener el perfil transversal natural del terreno y el perfil transversal de la carretera, ambos se superponen en el centro, teniendo esto, se determina lo siguiente: lo que queda arriba es el área de corte y lo que queda abajo es el área de relleno.

Para poder calcular el área se puede hacer de varias maneras: con un planímetro polar, con las coordenadas totales o con los paquetes de software que ya existente que es una manera más fácil y rápida.

Tabla XLVIII. Relaciones de corte y relleno de taludes

Corte		Relleno	
Altura (m)	H-V	Altura (m)	H-V
0 - 3	1 - 1	0 - 3	2 - 1
3 - 7	1 - 2	> 3	3 - 2
> 7	1 - 3		

Fuente: CÁRDENAS GRISALES, JAMES. *Diseño geométrico de carreteras*. p. 402.

Para el cálculo de áreas se puede hacer por medio de un planímetro graduado y papel milimetrado, otra manera de hacer es por el método es con las coordenadas de los puntos que delimitan las áreas de corte y relleno.

### 2.2.7.2. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierras

Se deben obtener las elevaciones de la subrasante para poder tener un cálculo de los volúmenes de tierra, a lo largo del terreno en donde se tengan cambios de pendiente.

Teniendo las elevaciones de la subrasante y las elevaciones del terreno, se procede a calcular la diferencia que existe entre estas dos siendo el resultado el espesor correspondiente de la subrasante. El cálculo de estos volúmenes se hace en base a la medición de las áreas de sección transversal.

El método de las áreas medias es uno de los métodos más utilizados, y está dada por la siguiente fórmula.

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

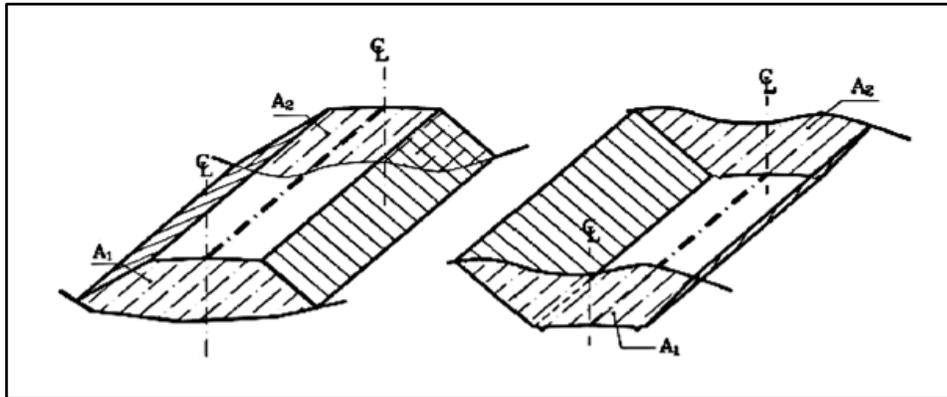
Dónde:

V= volumen entre ambas secciones transversales en metros cúbicos

A1 y A2= áreas de secciones transversales consecutivas en metros cuadrados, ambos para corte o relleno.

D= distancia entre secciones en metros, generalmente 20 metros.

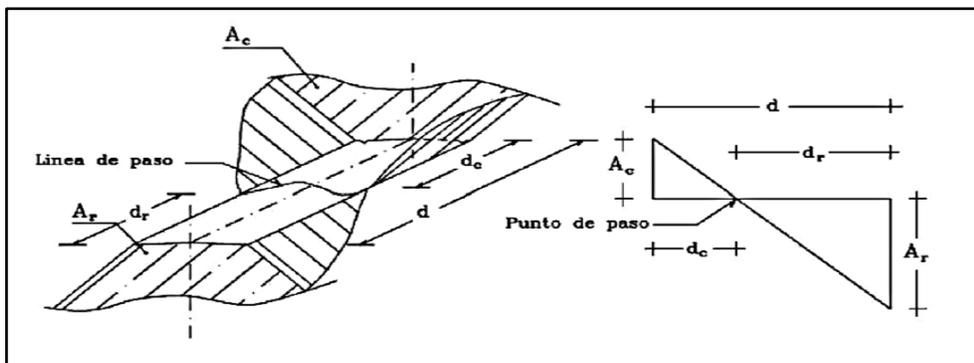
Figura 36. **Volumen entre sección del mismo tipo**



Fuente: CASANOVA MATERA, Leonardo. *Topografía plana*. p. 25.

Se genera una línea de paso cuando existen dos secciones consecutivas de diferente tipo, esa línea se genera a lo largo de la cota del terreno y concuerda con la cota de la superficie de subrasante. Para este caso se generará un volumen de corte y otro de relleno entre ambas secciones, se muestra en la siguiente figura.

Figura 37. **Volumen entre sección de diferente tipo**



Fuente: CASANOVA MATERA, Leonardo. *Topografía plana*. p. 26.

El volumen de corte entre el área de Corte  $A_c$  el área de la línea de paso que es cero, y el volumen de relleno entre el área de Relleno  $A_r$  y el área de la línea de paso, se calculan de la siguiente manera.

$$V_c = \frac{1}{2} * (A_c + A_o) * d_c \quad , \quad V_c = \frac{1}{2} * A_c * d_c$$

$$V_c = \frac{1}{2} * (A_r + A_o) * d_r \quad , \quad V_c = \frac{1}{2} * A_r * d_r$$

Dónde:

$V_c$ = volumen de corte (m<sup>3</sup>)

$V_r$ = volumen de relleno (m<sup>3</sup>)

$A_c$ = áreas de la sección en corte (m<sup>2</sup>)

$A_r$ = áreas de la sección en relleno (m<sup>2</sup>)

$A_o$ = áreas de la sección en la línea de paso = 0

$d_c$ = distancia de corte (m)

$d_r$ = distancia de relleno (m)

$d$ = distancia total del prismoide, se toma por lo general como 20 metros

Por medio de la relación de triángulos, se determinan los valores de  $d_c$  y  $d_r$  de la siguiente manera:

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

El cálculo para determinar el volumen de movimiento de tierras se realizó con el método de promedio de áreas y el programa de AutoCAD Civil 3D, los resultados se anexan en el apéndice B.

### 2.2.7.3. Balance y diagrama de masa

El diagrama de masas en movimiento de tierra consiste en cortar el material de los puntos altos y depositarlo en un lugar en un punto bajo, esto para cualquier déficit de material.

Es un método para analizar en obras lineales los movimientos de tierra. Con esto se mide la distancia de acarreo en términos de volumen del movimiento de tierra. En la representación gráfica se puede obtener la información de cantidades de material, distancia de acarreo y la maquinaria que se considera necesario para realizar el trabajo de acarreo. Sirve para la planificación de movimiento por ser una herramienta muy eficaz.

- Propiedades del diagrama de masas

El diagrama de masas es la representación gráfica del material acumulado. Cuando la curva de la gráfica asciende es porque el volumen de corte es mayor que el volumen de relleno, pero cuando el volumen de relleno es mayor que el volumen de corte la curva de la gráfica desciende.

En el diagrama de masas cuando la transición de la curva va de ascenso a descenso o de descenso a ascenso, está indicando un cambio de relleno a excavación o, al contrario. Cuando en el diagrama de masas la línea cruza la línea de referencia es un indicativo de que el material que se está excavando está llegando a su punto necesario.

La posición final de la curva del diagrama de masa es muy importante ya que si queda arriba de la línea de referencia esto indica un excedente que debe de ser desechado, o si queda debajo de la línea de referencia indica un déficit

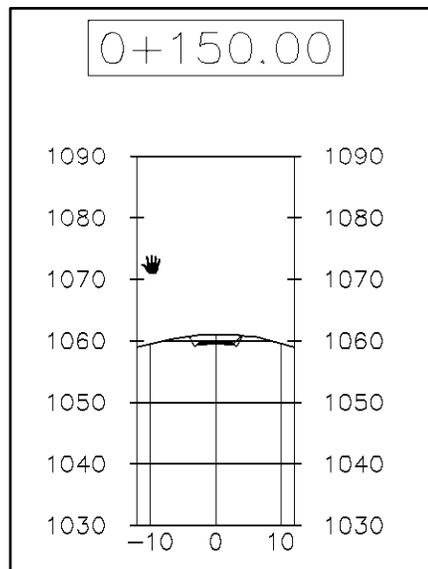
de material que debe de ser completado con préstamo de otro banco de material fuera del proyecto.

Una línea de balance tiene una longitud específica en sentido horizontal que cruza el diagrama de masas en dos lugares. La longitud es la que indica la distancia máxima de acarreo. La distancia máxima que se considera es el límite de acarreo económico.

Utilizando esta planificación se reducen al mínimo los gastos de los recursos necesarios para completar el proyecto.

Cuando se tienen los volúmenes se procede a calcular el balance, esto permite calcular los valores finales del movimiento de tierra. El balance inicial debe de tener una cota inicial esto varía en base a las alturas del terreno.

Figura 38. **Secciones transversales del proyecto**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

## 2.2.8. Elementos estructurales del pavimento

Los pavimentos rígidos tienen una gran capacidad de distribución de cargas dando como resultado bajas tensiones en la subrasante, esto es posible por la capa en la parte superior que es de tipo estructural, siendo una losa de concreto que puede ser simple o con acero de refuerzo. Las capas que conforman el pavimento rígido son: subrasante, base y capa de rodadura.

### 2.2.8.1. Capa de subrasante

La subrasante es la capa de terreno que soporta las cargas que son transmitidas por el pavimento siendo considerada como la cimentación de la carretera. Debe de ir hasta una profundidad donde no afecte la carga de diseño, puede estar formada por corte, relleno o suelo natural mejorado, este último se puede determinar por sus características a través de los ensayos de laboratorio.

El espesor de las diferentes capas de pavimento depende de la calidad de la subrasante. Esta capa debe de cumplir con lo siguiente: resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

Tabla XLIX. **Calidad de la subrasante**

Calidad de la subrasante	C.b.r.
Muy mala	0 % - 3 %
Mala	3 % - 5 %
Regular a buena	5 % - 20 %
Excelente	20 % - 30 %

Fuente: BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería Civil*. p. 191.

Los suelos que son inadecuados para la subrasante son los que tienen alto contenido orgánico y alto contenido de arcilla. Los suelos que son adecuados son preferentemente los granulares con C.B.R. del 5 % al 30 %.

Con el ensayo CBR que se le realizó a la muestra de suelo extraída de la carretera se puede determinar que el suelo es apto para la subrasante según la tabla XLIX.

#### **2.2.8.2. Capa de sub-base**

El empleo de esta capa es disminuir el costo y el espesor de la base y se construye directamente sobre la terracería esto para aislar la base de la terracería, si el material del terreno se mezcla con el material de la base se pueden tener cambios en la humedad y cambios volumétricos, esto puede hacer que la resistencia de la base disminuya. Siendo la función de esta capa transmitir y distribuir las cargas que viene de la capa de pavimento hacia la terracería. Por ser una capa intermedia evita que el agua suba por capilaridad hacia la base.

Para la compactación de la capa de subrasante, se debe de homogenizar, conformarse y compactarse hasta llegar a su máxima densidad según AASHTO T-180. El módulo de reacción  $k$  de la subrasante es de 210 lb/pulg<sup>3</sup>, según la figura de interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y valores de soporte (ver figura 41).

#### **2.2.8.3. Capa de base**

La capa de base se localiza debajo de la carpeta de rodadura. Es una estructura fundamental por la función que presenta ya que absorbe

directamente los esfuerzos que transmite la capa de arriba por la carga de tráfico, y está cerca de la capa de rodadura por esta razón tiene que tener una alta resistencia al corte y al desgaste. Necesita tener una buena estabilización para que resista las cargas de tránsito sin deformarse y tener la capacidad de transmitir las a las capas de abajo.

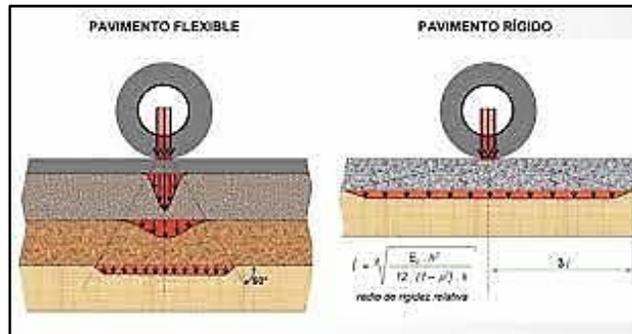
Los requisitos que deben de tener los materiales que son utilizados para la base son: libre de residuos orgánicos, libre de suelo vegetal, no arcillas. La piedra que tenga el material de base no debe de exceder a 2/3 de espesor de la base.

Los ensayos que se realizan al suelo que es utilizado para base son: valor soporte (CBR) según AASHTO T-180, granulometría según AASHTO T-11 y T-27, índice de plasticidad e índice líquido según AASHTO T-89 Y AASHTO T-146 y equivalente de arena según AASHTO T-176.

#### **2.2.8.4. Capa de rodadura**

Es la capa superficial que va construido por una mezcla de materiales con armadura o sin armadura que se encarga de proteger e impermeabilizar toda la estructura, esto para evitar que el agua de lluvia se filtre a las capas inferiores. Absorbe las cargas del tránsito vehicular esto debido a que la superficie aumenta la capacidad soporte. Existen varios tipos de capas de rodadura entre ellas están: tierra lastrada, empedrado, pavimento flexible (asfalto), pavimento rígido (concreto).

Figura 39. **Comportamiento de pavimentos**



Fuente: MARTÍNEZ OLIVEROS, Javier Enrique. *Predicción de fallas por escalonamiento en las estructuras pavimento rígido propuestas dentro del manual de diseño de pavimentos de concreto*. Universidad Militar Nueva Granada. p. 6.

### 2.2.9. **Diseño de pavimento rígido por método PCA**

El método de la Asociación del Cemento Portland (PCA), es utilizado para diseñar espesores de los pavimentos de concreto. Los criterios tomados para este análisis son: fatiga y erosión. El criterio de falla indica que el pavimento puede fallar debido a excesivas repeticiones de carga. Criterio de erosión de la sub-base indica que el pavimento puede fallar por excesivo bombeo y diferencia de elevaciones en las juntas. El bombeo es el movimiento del material que está debajo de la losa y se da por la presión que el agua ejerce al material suelo.

Algunos aspectos tomados en cuenta para el funcionamiento y la duración del pavimento son:

- Prevención de bombeo para evitar el debilitamiento de las capas inferiores.
- Soporte razonablemente uniforme.

- Diseño de juntas que proporcione adecuada transferencia de carga.

La norma que debe de cumplir los agregados finos es AASHTO M-6, clase B y para los agregados gruesos es AASHTO M-80, el agua para la mezcla debe de estar libre de ácidos, aceites y otras sustancias perjudiciales al concreto y al acero.

El objetivo del método simplificado de la Asociación del Cemento Portland (PCA) es obtener el espesor mínimo de la losa de hormigón que soportará las cargas en el período de diseño.

#### **2.2.9.1. Evaluación de tránsito promedio diario (TPD)**

Es muy importante conocer el tránsito promedio diario anual, esta evaluación se realiza para una nueva vía o para la ampliación de carretera esto para determinar la viabilidad existente y así poder obtener las condiciones futuras del tránsito vehicular, tomando en cuenta el porcentaje del tránsito pesado. Con esto se conocerá la carga aproximada que puede resistir el pavimento.

Es de gran importancia para la planificación y el diseño de la carretera conocer la circulación vehicular, conocer las horas de máxima demanda, en el transcurso del día, esto es analizado dependiendo los carriles, la dirección y la composición.

El tránsito promedio diario actual de la carretera que conecta la aldea Montufar con la aldea Cerro Alto es aproximadamente de 130 vehículos, con un

tránsito pesado de aproximadamente 16 vehículos que hacen un promedio del 12 %.

#### **2.2.9.2. Método simplificado PCA**

El dato de carga por eje se tiene que obtener de estaciones representativas de camiones pesados, estudios de pesos en movimiento y otras fuentes. El diseño simplificado es utilizado cuando los datos específicos de carga por eje no están disponibles.

En el diseño simplificado se han creado tablas de diseño que han sido generadas en base a distribuciones compuestas de cargas por eje, que diferentes categorías de carreteras y calles.

El diseño del pavimento rígido se realizará con el método simplificado de la Asociación del Cemento Portland (PCA), que tiene tablas para distribuciones de carga y eje en función de la diversidad de tránsito esperado.

Según la tabla II es de categoría 1, que describe que son calles, residenciales, carreteras rurales y secundarias (baja a mediana), con un rango de ADT de 200 a 800 vehículos y un 1 % a 3 % de tránsito promedio diario de camiones (TPDC), en ambas direcciones, el sector se caracteriza por ser comercial por lo que al mejorar esta carretera podría incrementar el tráfico.

Tabla L. **Categorías de carga por eje**

Cat. Carga por Eje	Descripción	Tráfico			Cargas por Eje máximas kips	
		ADT	ADTT		Ejes simp.	Ejes Tand.
			Porcentaje	Por día		
1	Calles, residenciales, carreteras rurales y secundarias (baja a mediana)	200-800	1-3	hasta 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (alta), calles arteriales y carreteras primarias (baja)	700-5000	5-18	40-1000	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. O más	8-30	500-50000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, vías - expresa (alta). Interestatales urbanos y rurales (mediana a alta)	3000-20000 2 carr. 3000-150000 4 carr. O más	8-30	1500-8000	34	60

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. *Diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles*. Método de la Portland Cement Association. p. 36.

### 2.2.9.2.1. Módulo de reacción de subrasante (k)

Es un soporte que está definido por el módulo de reacción de la subrasante (k) de Westergaard. Uno de los ensayos con los que se puede determinar el valor de k es el ensayo de CBR (Razón de Soporte de California), teniendo este valor se hace una interpretación con la interrelación aproximada

de las clasificaciones de suelos y los valores soporte (ver figura 44). El valor de k es expresado como libras por pulgada cubica (lb/pulg<sup>3</sup>).

El valor soporte de la subrasante (k) se establece por el valor CBR obtenido en el laboratorio, el valor CBR es de 10.72 al 96 % de compactación. Analizando los resultados en la figura 31 se determinó que el valor de reacción de la subrasante es de 210.00 lbs/pulg<sup>3</sup>.

Tabla LI. **Tipos de suelo 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-gravas, relativamente libre de plásticos finos.	Alto	180-220
Subbases tratadas con cemento	Muy alto	250-400

Fuente: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. *Diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles, método de la Portland Cement Association.* p. 37.



#### **2.2.9.2.2. Módulo de ruptura del concreto (Mr)**

Los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, por eso para el diseño se considera la resistencia a flexión, siendo aplicable en el procedimiento de diseño para el criterio de fatiga y erosión.

Cuando un pavimento está en condiciones de carga se producen esfuerzos de flexión y compresión, pero la compresión es mínima por lo tanto es despreciable. Los esfuerzos a flexión por ser mayores son usados para realizar el diseño de espesores en los pavimentos rígidos. Con el módulo de ruptura del concreto se determina la fuerza flexión, esto se define con el esfuerzo máximo de tensión en la fibra extrema de una viga de concreto.

El método simplificado permite que se pueda realizar el diseño con hombros o bordillo, el uso de esto es recomendable para evitar accidentes en la carretera y evitar que el agua de escorrentía pueda socavar las orillas de la carretera.

La resistencia a la tensión del concreto es baja. Una aproximación se da por ensayo de hendido para la resistencia a la tensión máxima probable será del 10 al 20 % del esfuerzo de compresión. Teniendo una estimación para concretos 3000 PSI y 4000 PSI un 15 % de tensión máxima probable.

Tomando el concreto con  $f'c = 4000$  PSI y un 15 % de tensión máxima probable el módulo de ruptura es de:

$$Mr = 4000 \text{ PSI} * 15 \%$$

$$Mr = 600 \frac{lb}{pulg^2}$$

Tabla LII. **Espesor óptimo de carpeta de rodadura en función de Mr y K**

MR	Espesor de la losa pulg.	Sin hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante – Subbase				Espesor de la losa pulg.	Con hombros de concreto o bordillo Soporte Subrasante - Subbase			
		Bajo	Medio	Alto	Muy alto		Bajo	Medio	Alto	Muy alto
650 PSI	5.5				5	5		3	9	42
	6		4	12	59	5.5	9	42	120	450
	6.5	9	43	120	490	6	96	380	700	970
	7	80	320	840	1200	6.5	650	1000	1400	2100
	7.5	490	1200	1500		7	1100	1900		
	8	1300	1900							
600 PSI	6				11	5			1	8
	6.5		8	24	100	5.5	1	8	23	98
	7	15	70	190	750	6	19	84	220	810
	7.5	110	440	1100	2100	6.5	160	520	1400	2100
	8	590	1900			7	1000	1900		
	8.5	1900								
550 PSI	6.5			4	19	5.5			3	17
	7		11	34	50	6	3	14	41	160
	7.5	19	84	230	890	6.5	29	120	320	1100
	8	120	470	1200		7	210	770	1900	
	8.5	560	220			7.5	1100			
	9	2400								

Fuente: Ministerio de Comunicaciones y Obras Públicas. *Dirección General de Caminos. Especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes.* p. 12.

El diseño lleva bordillo por esta razón se utiliza el lado derecho de la tabla LIII., de espesor óptimo, valor k alto y un módulo de rotura de 600 PSI con 16 unidades de transporte pesado, se tiene un resultado de t= 5.5 pulgadas, por fines constructivos se utilizará un espesor de losa de 15 centímetros.

#### **2.2.9.2.3. Determinación de la subrasante**

De acuerdo al resultado obtenido del ensayo de CBR y teniendo ya identificado el valor del módulo de reacción  $k$  se procede a identificar la subrasante según la tabla LII indica que el tipo de suelo es arenas y mezclas de arena-grava relativamente libre de plásticos finos teniendo un valor soporte  $k=210$  lbs/pulg<sup>3</sup>, estando en el rango de 180 a 220 lbs/pulg<sup>3</sup> (ver tabla LI).

#### **2.2.9.2.4. Determinación de la base**

Con los resultados que se obtuvieron en la subrasante y en el módulo de reacción de la subrasante se determinó que el suelo es bueno, por lo que se propone colocar la base de selecto de 15 cm (6 pulgadas), esto para nivelar la superficie y aumentar la resistencia a la capa de rodadura, los espesores mínimos son tomados de la Dirección General de Caminos.

#### **2.2.9.2.5. Determinación de la capa de rodadura**

Con los datos obtenidos con anterioridad y basados en la tabla LII, se determina que el espesor de la losa es de 5.5 pulgadas esto tomando en cuenta que lleva hombros y bordillo de concreto, por fines constructivos se utilizará un espesor de losa de 15 centímetros.

#### **2.2.9.3. Juntas**

Las juntas son discontinuidades o roturas que se le hace al pavimento para la contracción y expansión que presenta el hormigón por los cambios de

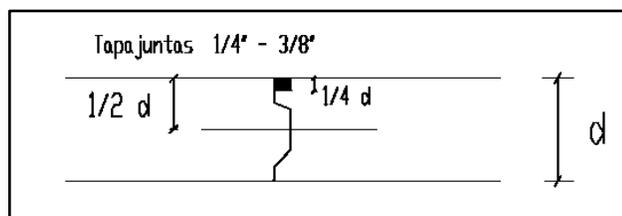
temperatura y humedades. También permite que la estructura pueda acomodarse a las deformaciones del terreno, son grietas que son planificadas previamente.

Las grietas en el pavimento no se pueden predecir, por esa razón existen las juntas para poder controlar y minimizarlas. El trabajo fundamental de las juntas es evitar la fisuración espontánea e irregular por retracción, gradientes térmicos, dilataciones o interrupciones en las labores del hormigón.

### 2.2.9.3.1. Juntas longitudinales

Son las que delimitan los carriles que es donde transitan los vehículos. Controlan las grietas longitudinales que se forman al momento de construir dos o más carriles simultáneamente. El corte de la junta se hace a una profundidad de una cuarta parte de su espesor. La separación que se toma entre juntas longitudinales es de 8.20 pies (2.50m), siendo está la que determina el ancho de carril.

Figura 41. Junta longitudinal “macho hembra con barra de sujeción



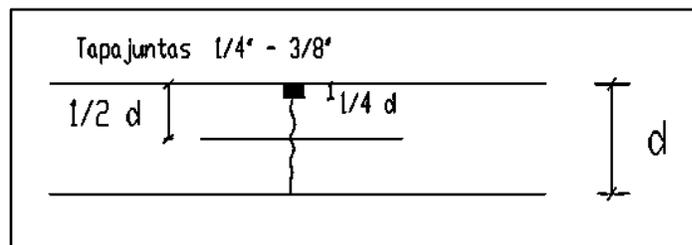
Fuente: GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km, de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal)*. p. 62.

### 2.2.9.3.2. Juntas transversales

Son las juntas que son construidas transversalmente a la línea central del pavimento y están debidamente espaciadas para controlar las fisuras que son generadas por la retracción y por los cambios de humedad y temperatura. Son también llamadas juntas de contracción.

Las dimensiones de la ranura deben de ser: profundidad a un cuarto del espesor de la losa. Separación máxima de las juntas transversales es de 15 pies (4.57). La colocación de las barras de transferencia depende de las características de la subrasante y del tipo de tránsito esperado para el pavimento.

Figura 42. Junta transversal con o sin barra de sujeción



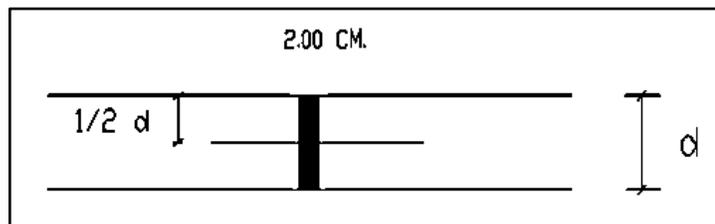
Fuente: GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km, de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal)*. p. 63.

### 2.2.9.3.3. Juntas de expansión

El aumento de temperatura en el concreto ocasiona que haya un incremento de su volumen, por esta razón el pavimento debe de estar separado estructuralmente de otros elementos. Se construye para disminuir las tensiones y para permitir que se tengan movimientos, la separación se dejará de dos

centímetros. Son necesarias cuando existen estructuras fijas como: puentes, aceras, alcantarillas, entre otros.

Figura 43. **Junta de expansión con o sin barra de transferencia**



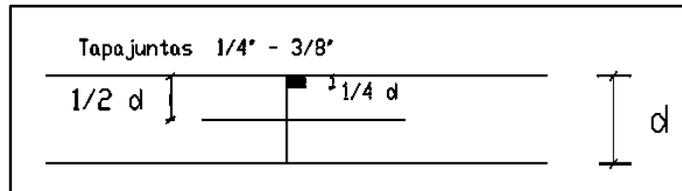
Fuente: GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km, de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cernal)*. p. 63.

#### **2.2.9.3.4. Juntas de construcción**

Estas juntas son creadas cuando se tiene una interrupción por daños de maquinaria, concluida la jornada laboral, lluvia o interrupción por el suministro del concreto.

Las juntas de construcción, cuando sea posible, no se deberán colocar a una distancia menor de 1.50 m de cualquier otra junta paralela más cercana, la junta debe de tener todo el ancho del vaciado. Estas juntas están orientadas perpendicularmente a la línea central y son las que controlan las grietas naturales del pavimento.

Figura 44. **Junta de construcción con o sin barra de transferencia**



Fuente: GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km, de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal)*. p. 64.

#### 2.2.9.4. **Diseño de mezcla**

Es una mezcla de materiales inertes que son unidos por la reacción química que ejerce el cemento con la combinación de agua. Los materiales que son utilizados son: arena, piedrín, cemento y agua. La mezcla debe de tener una consistencia de trabajabilidad para poder colocarlo en las formaletas y así pueda tomar esa moldura.

Se debe de calcular el porcentaje de absorción de agua en los agregados para que la mezcla tenga una correcta hidratación porque de no agregar el agua será insuficiente para la reacción óptima.

Para realizar el diseño de mezcla de concreto para el pavimento se utilizó el método de ACI 211.1 (American Concrete Institute), este indica dos métodos de proporcionar mezclas de concreto el de peso normal y denso que son:

- Indicado en un peso estimado del concreto por volumen unitario
- Indicado en el cálculo del volumen absolutos ocupado por los componentes del concreto.

Las especificaciones nombradas con anterioridad proporcionan cantidad aproximadas de los materiales, estas cantidades son evaluadas en el laboratorio o en campo y se les hacen ajustes si fuera necesario para obtener las características deseadas del concreto. Las proporciones adecuadas en la mezcla dan como resultado en el concreto fresco trabajabilidad y cohesión. Para el proyecto se utilizará un concreto de resistencia  $f'c = 281 \text{ kg/cm}^2$  (4000 psi), a los 28 días de curado. El concreto no incluirá aire en la mezcla.

Los pasos para realizar el diseño de la mezcla son:

- Determinar revenimiento requerido
- Determinar y verificar el tamaño máximo del agregado grueso
- Determinar el contenido de agua
- Determinar la relación agua/cemento
- Determinar la cantidad de cemento
- Determinar la cantidad de grava
- Determinar la cantidad de arena
- Corrección de agua de mezclado
- Cálculo de proporciones

El revenimiento que se le hace al concreto fresco consiste en medir el hundimiento que tiene el concreto fresco al retirar el apoyo, en un molde metálico, que tiene las siguientes medidas, 10 cm de base superior, 20 cm de base inferior, tiene una altura de 30 cm. A esta prueba también se le llama ensayo del Cono de Abrams. Para el proyecto se utilizará el asentamiento de 8 centímetros que es para pavimentos.

Tabla LIII. **Asentamiento por tipo de estructura**

Tipo de estructura	Asentamiento
Para cimientos, muros perforados, vigas, paredes reforzadas y columnas	10
Para pavimentos y losas	8
Concreto masivo	5

Fuente: Dirección General de Investigación-Digi- *Asentamiento por tipo de escritura*. p. 12.

- Para seleccionar el agregado grueso, indica que el tamaño máximo no debe de exceder un tercio del espesor del pavimento. El tamaño que se utilizará para este proyecto será de 2.54 cm (1”).
- Según la tabla LIV. el agua a utilizar será de 195 L/m<sup>3</sup>, esto se determina con la siguiente información: con el revenimiento y el tamaño máximo del agregado grueso establecido con anterioridad.

Tabla LIV. **Asentamientos para determinar la cantidad de agua**

Asentamientos (cm)	Cantidad de agua L/m <sup>3</sup>				
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: Dirección General de Investigación-Digi- *Asentamiento por tipo de escritura*. p. 13

- Para seleccionar el porcentaje de la relación agua-cemento se basa en la resistencia a compresión. Según la tabla LV para la resistencia de 4000 PSI (281 kg/cm<sup>2</sup>) la relación agua-cemento es de 0.57 sin aire incluido, esto se eligió para mantener la economía y trabajabilidad del concreto.

Tabla LV. **Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento**

Resistencia a compresión a los 28 días, en lbs/plg <sup>2</sup> (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
7 000 (492)	0.33	
6 000 (420)	0.41	0.32
5 000 (350)	0.48	0.40
4 000 (281)	0.57	0.48
3 000 (210)	0.68	0.59
2 000 (140)	0.82	0.74

Fuente: KOSMATKA Steven H., et al. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. p. 187.

Para determinar la relación de agua/cemento se define primero cuál será la resistencia a la compresión del concreto ( $f'c$ ), para aumentar la resistencia del concreto se utilizan factores de seguridad por el análisis estructural. Esto es para determinar que la resistencia este arriba de los requerimientos calculados.

- Calcular la cantidad de cemento, dividiendo la cantidad de agua por metro cúbico por la relación agua-cemento; considerando que un litro de agua pesa un kilogramo.

$$\text{Cemento: } \frac{195 \frac{L}{m^3}}{0.57} = 342.11 \text{ kg/m}^3$$

- Calcular la cantidad de agregado, se determina restando el peso del agua y del cemento, del peso total de un metro cúbico de concreto (2400 kg/m<sup>3</sup>).

$$\text{Peso del agregado} = \text{Peso total (concreto)} - \text{peso (agua + cemento)}$$

$$\text{Peso del agregado} = 2400 - (195 + 342.11) = 1862.89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Determinar la cantidad de agregado grueso, se consigue multiplicando el peso total del agregado por el porcentaje de agregado grueso que corresponde. (Ver tabla LVI). Se reduce el valor de 0.65 reduciendo a un valor porcentual que es 0.60.

*Cantidad de piedrín = Porcentaje de piedrín \* peso total del agregado*

$$\text{Cantidad de piedrín} = 60 \% * 1862.89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1117.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla LVI. **Porcentaje de agregado grueso por volumen unitario de mezcla de concreto fresco**

Tamaño máximo nominal del agregado grueso mm (plg.)	Volumen del agregado grueso varillado en seco por volumen unitario de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
	2.40	2.60	2.80	3.00
9.5 (3/8)	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5 (1/2)	0.59	0.57	0.55	0.53
19 (3/4)	0.66	0.64	0.62	0.60
25 (1)	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5 (1 1/2)	0.75	0.73	0.71	0.69
50 (2)	0.78	0.76	0.74	0.72
75 (3)	0.82	0.80	0.78	0.76
150 (6)	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: KOSMATKA Steven H., et al. *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. p. 188.

- Cantidad de arena, este se calcula al agregado total se le resta la cantidad de piedrín.

*Cantidad de arena = Peso del agregado total – Cantidad de piedrín*

$$\text{Cantidad de arena} = 1862.89 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1117.73 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 745.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Los datos obtenidos para un metro cúbico de concreto son:

Cemento= 342.11 kilogramos

Agregado fino= 745.16 kilogramos

Agregado grueso=1117.73 kilogramos

Agua= 195 litros

Las proporciones son:

$$\frac{\text{cemento}}{\text{cemento}} : \frac{\text{arena}}{\text{cemento}} : \frac{\text{pedrín}}{\text{cemento}} : \frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$$

$$\frac{342.11}{342.11} : \frac{745.16}{342.11} : \frac{1117.73}{342.11} : \frac{195}{342.11}$$

$$\text{Cemento} : \text{arena} : \text{pedrín} : \text{relación} \frac{\text{agua}}{\text{cemento}}$$

$$1 : 2.18 : 3.27 : 0.57$$

Con los resultados obtenidos se puede calcular las cantidades de materiales para 1 metro cúbico de concreto de la siguiente manera, multiplicando el valor obtenido por 1 m<sup>3</sup> de concreto luego dividirlo por el peso específico de cada material.

$$\text{Cemento} = 342.11 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \text{ m}^3 = \frac{342.11 \text{kg}}{42.50 \frac{\text{kg}}{\text{saco}}} = 8 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena} = 745.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 1 \text{ m}^3 = \frac{745.16 \text{kg}}{1400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.53 \text{ m}^3$$

$$Piedrín = 1117.73 \frac{kg}{m^3} * 1 m^3 = \frac{1117.73 kg}{1600 \frac{kg}{m^3}} = 0.70 m^3$$

$$Agua = 195 \frac{Lt}{m^3} * 1 m^3 = \frac{195 Lt}{3785 \frac{Lt}{gl}} = 52 gal$$

Los resultados para 1 m<sup>3</sup> de concreto se presentan de la siguiente manera:

Cemento: 8 sacos

Arena: 0.53 m<sup>3</sup>

Piedrín: 0.70 m<sup>3</sup>

Agua: 52 gal

En resumen, para el diseño se tomó un período de diseño de 20 años, tomando una capa de base de selecto de 15 centímetros compactado al 95 % de proctor modificado, para la estructura de rodadura se toma un espesor de 15 centímetros de concreto rígido de 4,000 PSI, ensayado a los 28 días, con juntas transversales a cada 3 metros y juntas longitudinales a la mitad de la calle, con una pendiente de bombeo de 2 %. Este diseño cuenta con bordillo para seguridad de la construcción.

#### **2.2.9.5. Bordillo**

Los bordillos son estructuras que van en el borde y forman una barrera para conducir el agua hacia las cunetas y las bajadas, evita que los vehículos invadan la acera, evita que haya erosiones en los taludes y saturación por el agua de escorrentía. El bordillo reduce el espesor de la losa del pavimento y también sirve como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión. La altura de este debe de ser suficiente para que no se

rebalse el agua que se almacena, la altura no debe de sobrepasar a los 25 cm. La altura de bordillo que se utilizará para este proyecto será de 20 cm.

#### **2.2.9.6. Curado de concreto**

Según el ACI 308 R, el curado es el proceso por el cual el cemento se endurece y madura con el tiempo, en presencia continua de agua y de calor. Mientras haya presencia de agua en los espacios de los poros se irá hidratando la mezcla.

Para que la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto se desarrollen es necesario que los poros del concreto sean llenados con los productos de hidratación, se puede decir que: la resistencia y la durabilidad dependen fundamentalmente del grado de porosidad de la matriz del concreto. El concreto de baja relación agua-cemento requiere menor grado de hidratación para conseguir cierto nivel de porosidad deseado.

La resequedad del concreto se evita curando el concreto después de haber obtenido el acabado final. Esto varía del clima ya que la hidratación del cemento varía según la temperatura. Hidratación más lenta a bajas temperaturas y más rápida a altas temperaturas, cuando existen altas temperaturas se debe de hidratar en los 7 días después de haberse vertido el concreto hasta que alcance el 70 % de su resistencia a la compresión.

#### **2.2.9.7. Sección típica**

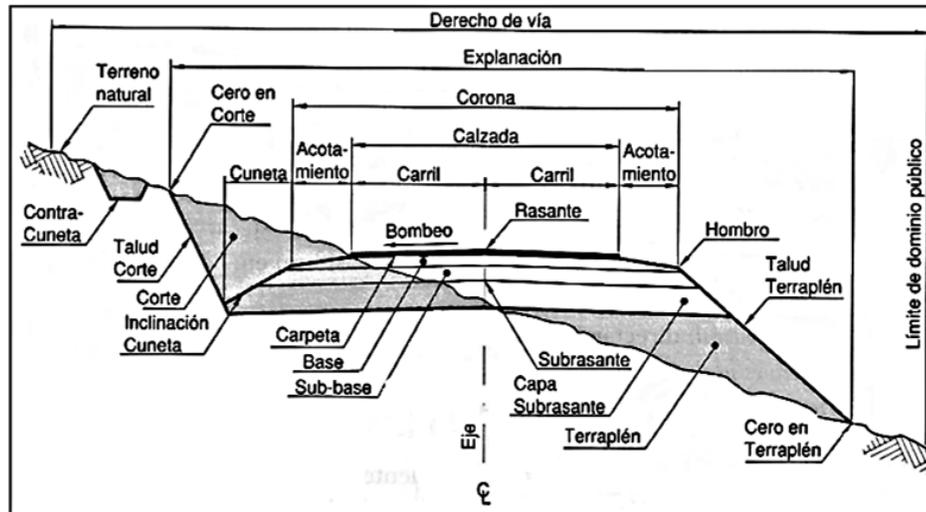
Corte perpendicular al eje de la carretera en cualquier punto de la carretera. Es un corte vertical normal al alineamiento horizontal, el cual permite

definir la disposición y dimensiones de los elementos que forman la carretera en el punto correspondiente a cada sección y su relación con el terreno natural.

- Corona: es la superficie de la carretera que queda comprendido entre los hombros y el interior de las cunetas. Los elementos que conforman la corona son la rasante, la pendiente transversal, la calzada y los acotamientos.
- Rasante: esta se define como la línea que se obtiene al proyectar sobre un plano vertical el desarrollo del eje de la corona del camino.
- Pendiente transversal: es la pendiente que se le da a la corona normal a su eje. De acuerdo a la relación con los elementos del alineamiento horizontal, se presentan tres casos; bombeo, sobreelevación y transición del bombeo a la sobreelevación.
- Bombeo: es el porcentaje de pendiente que se le da a la corona en las tangentes del alineamiento horizontal dentro centro al otro extremo o de un lado hacia el otro lado de la rasante esto se da para que no exista acumulación de agua. Para que el bombeo sea correcto debe de permitir el drenaje correcto de la corona. El bombeo que se tendrá en el proyecto es del 2 %.
- La sobreelevación se incluye para contrarrestar la fuerza centrífuga que tiene un vehículo al integrarse a una curva, esto se da de la corona hacia el centro de la curva. Los porcentajes que son tomados para esta sobreelevación y dependiendo del lugar son: 12 % para lugares que no hay nevadas ni heladas, 10 % para lugares sin heladas ni nevadas, 8 % en lugares donde las heladas o nevadas son frecuentes y 6 % en zonas urbanas.
- Calzada: es la parte de la corona que es destinada para el tránsito y está conformada por uno o más carriles, carril es la sección de ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos. La calzada para el

proyecto será de 5.00 metros.

Figura 45. **Sección típica de una carretera**



Fuente: MONTAÑO DE LEÓN, et al. *Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras.* p. 6.

### 2.2.10. Drenajes

El drenaje es fundamental en la construcción de una carretera para que el agua pueda ser evacuado de la mejor manera. Siendo el agua un elemento muy perjudicial para una carretera por debilitar las capas de suelo que se encuentran por debajo del pavimento. Se exige que se haga un buen proyecto de drenaje para que el agua sea evacuada a la brevedad posible y así mantener la vida de la carretera.

A lo largo de una carretera existen terraplenes y taludes, al haber acumulación de agua o exceso de agua se ocasionan deslaves, asentamientos,

desprendimiento de material, lo que encarece la construcción, el mantenimiento y el tránsito de la carretera.

El drenaje se clasifica como superficial y subterráneo, dependiendo de si el agua escurre o no por las capas de la corteza terrestre. El drenaje superficial se considera como: longitudinal o transversal.

Cuando se realiza la inspección de campo se deben de ver todos los detalles y ser anotados como los pasos de agua existente con sus coordenadas, creciente máximo, socavaciones donde el paso del agua provoca erosión.

#### **2.2.10.1. Consideraciones hidrológicas y cuencas**

El estudio hidrológico debe de ser previo al estudio hidráulico deben de brindar la información del área de drenaje y caudal, así como la ubicación exacta y el caudal para el periodo de retorno. Permite determinar un estimado de los valores máximos de las intensidades de precipitación o picos del escurrimiento, para establecer los caudales máximos para el diseño.

Los factores que influyen en el diseño son geológicos e hidrogeológicos que refieren al agua subterránea, naturaleza y condiciones de las rocas permeables y de los suelos.

#### **2.2.10.2. Cálculo de caudal por método racional**

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

requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos. La fórmula es la siguiente:

$$Q = \frac{C.I.A.}{360}$$

Dónde:

Q = caudal máximo (m<sup>3</sup>/s)

C= coeficiente de escorrentía.

I= intensidad de la lluvia de diseño, para una duración igual al tiempo de concentración, (mm/h)

A= área de la cuenca, (Ha)

El INSIVUMEH proporciona los parámetros de intensidad de lluvia para las regiones del país. La fórmula es:

$$I_{t_r} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Dónde:

I<sub>t<sub>r</sub></sub>= intensidad de lluvia (mm/h)

t= duración (min)

A y B= parámetros de ajuste

El tiempo de concentración del área tributaria puede estimarse mediante fórmulas, una de las fórmulas más utilizadas es la de Kirpich, que usa el desnivel y la longitud del cauce.

$$tc = 0.000323 * \left( \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Dónde:

L= longitud del cauce desde la cabecera de la cuenca (m)

H= desnivel de dicho cauce

Tabla LVII. Valores indicativos de coeficiente de escorrentía

Topografía y vegetación	Textura del suelo		
	Tierra franca arenosa	Arcilla y limo	Arcilla compacta
Bosques			
Llano, 0-5 % pendiente	0,10	0,30	0,40
Ondulado 5-10 % pendiente	0,25	0,35	0,50
Montañosa, 10-30 % pendiente	0,30	0,50	0,60
Pastizales			
Llanos	0,10	0,30	0,40
Ondulados	0,16	0,36	0,55
Montañosos	0,22	0,42	0,60
Tierras cultivadas			
Llanas	0,30	0,50	0,60
Onduladas	0,40	0,60	0,70
Montañosas	0,52	0,72	0,82
Zonas urbanas	30 % de la superficie impermeable	50 % de la superficie impermeable	70 % de la superficie impermeable
Llanas	0,40	0,55	0,65
Onduladas	0,50	0,65	0,80

Fuente: USDA. National engineering handbook. p. 89.

El tramo crítico es el drenaje transversal ubicado en la estación 0+240, este tramo tiene mayor área de: 64 hectáreas.

Datos de drenaje transversal.

- Área: 64 ha
- Longitud de cauce: 120 metros
- Pendiente: 9.39 % (promedio)
- Coeficiente de escorrentía: 0.52
- Factor de rugosidad: 0.013

Se calcula el tiempo de concentración, del lugar de interés

$$tc = \frac{3 * 1450^{1.15}}{154 * 75^{0.38}} = 16.31 \text{ min}$$

Se procede a calcular la intensidad de lluvia, se toma la estación del INSIVUMEH por ser la estación más cercana a San Juan Sacatepéquez.

$$I_{tr} = \frac{1114}{(1.50 + 16.31)^{0.73}} = 136.91 \frac{mm}{hora}$$

Con la ecuación del método racional se procede a calcular el caudal a drenar.

$$Q = \frac{0.52 * 136.91 * 64}{360} = 12.66 \frac{m^3}{s}$$

### 2.2.10.3. Diseño de drenaje transversal

El drenaje transversal tiene como objetivo darle continuidad a la red de drenaje natural que existe en el tramo carretero, su función es conducir el agua superficial a cauces naturales o artificiales, y puedan atravesar bajo la

plataforma de la carretera sin causar daños, esto permite que el paso del caudal siga su trayecto. Los caudales que se toman en consideración para el diseño son los de las cuencas principales.

Los drenajes son considerados parte de los costos de conservación y mantenimiento de las carreteras, para brindar un buen funcionamiento de los drenajes se debe contar con el mantenimiento correspondiente.

El primer caso en que es utilizado el drenaje transversal es para evitar que el agua de escorrentía se acumule a un lado de la carretera y cause daños en el tramo carretero. El segundo caso es conducir el agua de un lado al otro, para que esto se lleve a cabo se construyen cajas que ayudan a reunir el agua y luego es conducida por tuberías hacia la salida, teniendo en el otro extremo un cabezal que de seguridad para evitar erosión a causa de la salida de esta.

Cálculo de diámetro hidráulico con la ecuación de Manning.

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

Dónde:

D= diámetro en metros

Q= caudal en metros cúbicos por segundo

n= coeficiente de rugosidad del material (polietileno de alta densidad=0.012)

s= pendiente

$$D = \left( \frac{12.66 * 0.012 * 4^{\frac{5}{3}}}{0.0939^{\frac{1}{2}} * \pi} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.6065 \text{ m}$$

Cálculo de área hidráulica para el caudal encontrado anteriormente y el diámetro hidráulico.

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Dónde:

A= área hidráulica en metros

D= diámetro en metros

$$A = \frac{\pi * 0.61^2}{4} = 0.292 \text{ m}^2$$

Para el drenaje transversal se utilizará tubería con diámetro de 30 pulgadas, tiene un área de 0.60 metros cuadrados, esto cubre el área requerida. Tubería a utilizar es de polietileno de alta densidad.

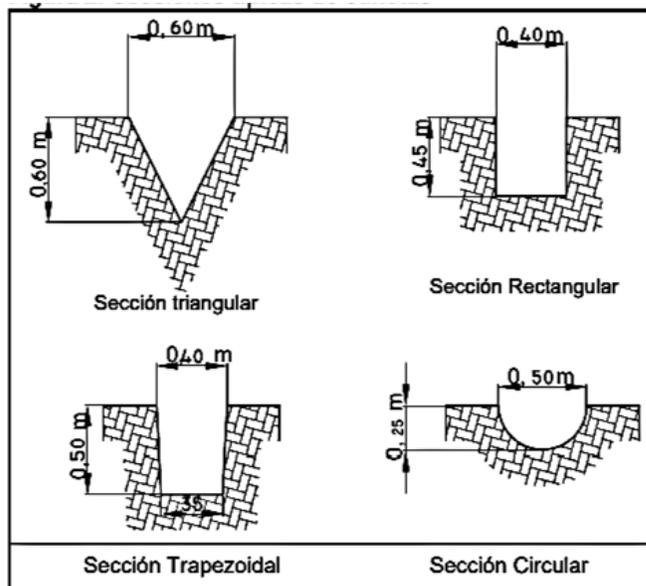
#### **2.2.10.4. Diseño de drenaje longitudinal**

El drenaje longitudinal va en dirección paralela al eje de la carretera. Están constituidos por zanjas abiertas o revestidas, recogen, canalizan y transportan el agua superficial en dirección longitudinal. Las dimensiones se determinan de los cálculos de caudal, teniendo en cuenta las intensidades de lluvia, geología del terreno, pendiente, entre otros. El más notorio es la cuneta.

- Cuneta

Las cunetas son construidas a los laterales de la carretera, para conducir las aguas pluviales hacia lugares donde no provoquen daños, inundaciones o derrumbes.

Figura 46. Tipos de cunetas



Fuente: Grupo Técnico. *Manual para la inspección visual de estructuras de drenaje*. p. 9.

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

Dónde:

V= velocidad (m/s)

n= coeficiente de rugosidad de Manning

R= radio hidráulico (m)

S= pendiente del canal

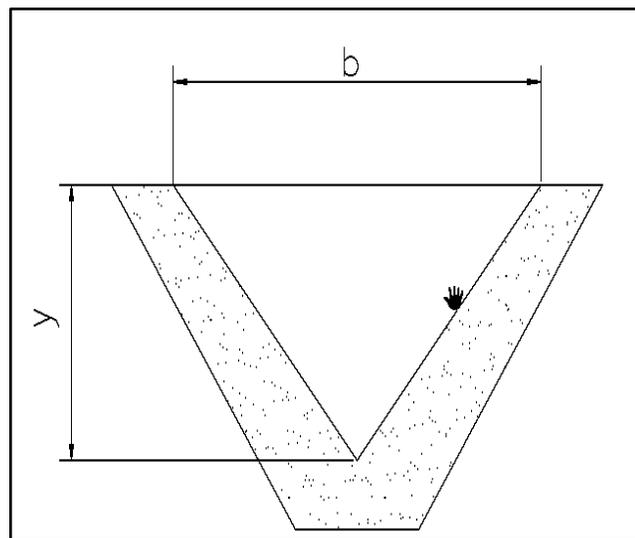
El tramo que se tomó para el diseño de cuneta fue la más crítica que corresponde a la estación 0+240.

Datos:

S= 0.0939 %

Q= 12.66 m<sup>3</sup>/s

Figura 47. **Predimensionamiento de cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D.

- Determinación del área hidráulica

$$A = 2 * \left(\frac{1}{2}\right) * \left(\left(\frac{1}{2}\right) * y * y\right) + bY = \left(\frac{1}{2}\right) * y^2 + by$$

Dónde:

A= área hidráulica

Y= tirante

Determinación del perímetro mojado

$$P = 2 * \left( \sqrt{\left(\frac{1}{2} * y\right)^2 + y^2} + b = 2.236y + b \right)$$

Dónde:

P= perímetro mojado

Y= tirante

- Igualando el radio hidráulico a  $y/2$

$$Rh = \frac{\text{Área hidráulica}}{\text{Perímetro mojado}}$$

$$\left( \left(\frac{1}{2}\right) Y^2 + bY \right) = (Y)(2.236 + b)$$

$$b = 1.236Y$$

- Simplificando la ecuación del área

$$A = \left(\frac{1}{2}\right) y^2 + by = \left(\frac{1}{2}\right) y^2 + (1.236y) * y$$

$$A = 1.736 y^2$$

Utilizando la ecuación de Manning, se calcula el tirante máximo de la cuneta.

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

Dónde:

n= rugosidad el material 0.016 (concreto)

Q= caudal (m³/s)

A= área de la sección transversal del flujo (m²)

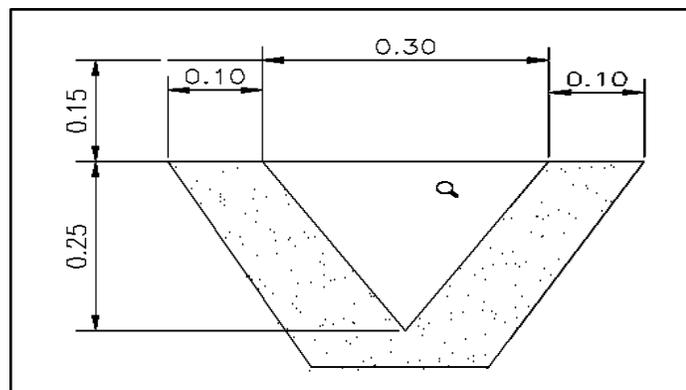
$$0.78m^3 = 1.736y^2 * \left(\frac{1}{0.016}\right) \left(\frac{Y}{2}\right)^{\frac{2}{3}} * (0.0939)^{\frac{1}{2}}$$

$$0.0407 = 1.736 * Y^2 * \left(\frac{Y}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$0.06471 = 1.736 Y^{\frac{4}{3}}$$

$$Y = 0.0848m = 0.10m$$

Figura 48. **Detalle de cuneta**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D.

### **2.2.11. Elaboración de planos**

Los planos que se presentan en el diseño geométrico de los tramos de la carretera son:

- Planta y perfil
- Secciones transversales
- Detalles varios

Estos planos se dibujaron en hojas con formato A-1, en donde se detallan lo esencial del proyecto y todos los elementos constructivos. Se presentan en el apéndice B.

### **2.2.12. Presupuesto**

Al momento de realizar un presupuesto se procede a cuantificar los planos de la carretera y se realiza los renglones de trabajo que existen, para luego proceder con los precios de cada renglón. Los precios de los materiales varían según la ubicación del proyecto porque se debe de pagar el acarreo de estos, así como la variación de los precios en la mano de obra, maquinaria y equipo.

El costo total del proyecto es de Q. 9, 063,013.46 (nueve millones sesenta y tres mil trece con cuarenta y seis centavos (46/100), teniendo un costo por metro lineal de Q. 3,352.95 (tres mil trecientos cincuenta y dos con noventa y cinco centavos (61/100)).

### **2.2.12.1. Integración de precios unitarios**

Para integrar los precios unitarios se necesita de los costos directos, costos indirectos, costos por financiamiento, la utilidad del contratista y los costos adicionales.

Costo directo: se refiere a los renglones de materiales, mano de obra, maquinaria y subcontratos, esto es utilizado para llevar a cabo el proyecto, conforme a las especificaciones del proyecto.

Costo indirecto: se refiere a los gastos generales que se necesitan para la ejecución de los trabajos no incluidos en los costos directos, en ese porcentaje corresponde lo siguiente: gastos de administración, organización, dirección técnica, vigilancia, supervisión, transporte de maquinaria e imprevistos.

Costo de financiamiento: son los gastos que se refiere a los recursos propios o contratados que utilice el contratista para cumplir con la ejecución del proyecto.

Utilidad: se refiere a la ganancia que obtiene el contratista por la ejecución del proyecto.

Costos adicionales: se refiere a los impuestos o derechos que tenga que pagar por realizar los trabajos. Estos cargos derivan de ordenamientos legales aplicables o de disposiciones administrativas que emitan autoridades competentes en la materia, con derechos e impuestos locales.

### 2.2.12.2. Resumen de presupuesto

En la siguiente tabla se expone el presupuesto del pavimento rígido para la aldea Cerro Alto a la aldea Montufar, se describe el renglón, unidad, cantidad, precio por unidad y el subtotal.

Tabla LVIII. **Presupuesto pavimento rígido para la aldea Cerro Alto a la aldea Montufar**

No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Subtotal
1	Preliminares				
1,1	Bodega	M <sup>2</sup>	60,00	q 134,42	q 8 065,20
1,2	Replanteo topográfico	MI	2 703,00	q 8,89	q 24 029,67
1,3	Limpieza general	Global	1,00	q 8 184,96	q 8 184,96
2	Movimiento de tierra				
2,1	Excavación de cajuela	M <sup>3</sup>	8 167,00	q 67,21	q 548 904,07
2,2	Relleno	M <sup>3</sup>	1 430,00	q 160,19	q 229 071,70
3	Base				
3,1	Base de 0,15 m de espesor	M <sup>2</sup>	14 867,00	q 81,25	q 1 207 943,75
4	Pista de concreto				
4,1	Losa de concreto de 0,15 m	M <sup>2</sup>	1 4867,00	q 405,91	q 6 034,663,97
4,2	Drenaje transversal	MI	158,00	q 981,85	q 155 132,30
5	Trabajos complementarios				
5,1	Bordillo	MI	5 406,00	q 61,65	q 333 79,90
5,2	Juntas	MI	2 976,00	q 35,17	q 104 665,92
5,3	Cuneta	MI	5 406,00	q 75,67	q 409 072,02
<b>Total</b>					<b>q 9 063 013,46</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.13. Cronograma de ejecución física y financiera

Se presenta el cronograma físico y financiero del pavimento rígido que conecta la aldea Cerro Alto con la aldea Montufar.



- Impacto generado
- Elementos y medidas de mitigación
- Suelos
  - Limpieza y desmonte
    - Impacto

El impacto que generan los trabajos de limpieza, chapeo y destronque a lo largo del tramo carretero es el escurrimiento de agua de lluvia al no tener vegetación en el derecho de vía.

- Medida de mitigación

Se propone que en las áreas afectadas y en donde este vulnerable la escorrentía superficial se revegete.

- Inestabilidad
  - Impacto

La mala compactación y el corte de taludes en suelos suaves y sin tratamiento generan derrumbes.

- Medida de mitigación

Realizar un buen estudio de suelo y el diseño correcto para brindan una carretera funcionalidad.

- Botaderos de material
  - Impacto

No botar el material que sobra de la obra porque esto genera inestabilidad y es un impacto negativo.

- Medida de mitigación

Botar el material en lugares propuestos como las áreas de explotación de los bancos. Las áreas deben de reforestarse con plantas que sean de rápido crecimiento.

- Hidrológico
  - Impacto

Se pueden derraman sustancias peligrosas como combustibles, lubricantes y petróleo, estas sustancias son peligrosas y contaminan el agua subterránea y superficial.

- Medida de mitigación

Toda la maquinaria debe estar en buen estado para evitar derrames, al momento de hacer cambio de aceite a las máquinas colocar un respaldo sobre el suelo para evitar filtraciones de sustancias peligrosas.

- Seguridad
  - Impacto

Los trabajadores corren peligro al no ser visibles por los operadores de maquinaria. Inhalar polvo y gases que se generan al momento de realizar los cortes y relleno del terreno. Demasiado ruido generado por la maquinaria.

- Medida de mitigación

Que el personal use el equipo de protección como: casco, botas de punta de acero, guantes gruesos, protección visual, protección auditiva y protección respiratoria, así como dar capacitaciones a los trabajadores para que sean responsables al momento de utilizar el equipo de emergencia como: extintores, botones de emergencia, combustible y energía. Se debe de contar con botiquín de emergencias.

## CONCLUSIONES

1. El diseño del instituto básico y diversificado beneficia a toda la población de la región occidente de San Juan Sacatepéquez aportando desarrollo al municipio, este proyecto cuenta con dos niveles, en el primer nivel se tienen tres salones, área administrativa, y sanitarios para hombres y mujeres; en el segundo nivel se tiene tres salones, un laboratorio de computación y los sanitarios de hombres y mujeres.
2. El proyecto presenta los planos, presupuesto, cronograma y especificaciones técnicas para la construcción; en el presupuesto se detallan los precios actuales de los materiales, mano de obra y maquinaria que se utilizará para la ejecución de la misma.
3. En el diseño del instituto se tomaron los criterios técnicos y económicos, así como las Normas de Seguridad Estructural para Guatemala de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) en donde se garantiza la seguridad de la infraestructura.
4. Los estudios de suelos que se realizaron a lo largo de los tramos carreteros son de vital importancia ya que se determinaron las características físicas del suelo.
5. El diseño de pavimento rígido que se diseñó mejora las condiciones de comunicación, esto contribuye al desarrollo de las comunidades aledañas, debido a que la condición de la carretera está en malas condiciones.

6. El pavimento rígido presenta un costo inicial alto pero las ventajas de este, al momento de realizar el mantenimiento y reparación los costos son menores.

## RECOMENDACIONES

A la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.

1. Velar, al momento de construir los proyectos por la calidad de los materiales de construcción para garantizar la vida útil.
2. Monitorear el adecuado mantenimiento para el instituto básico y diversificado, pintar los salones, cambio de lámparas en mal estado, limpieza de ventanas y pisos, mantener limpias las tuberías de bajadas pluviales y así mantener en óptimas condiciones el establecimiento educativo.
3. Ejecutar con constancia el mantenimiento preventivo y realizarlo periódicamente en el pavimento rígido, se recomienda realizarlo antes del invierno para poder evitar accidentes y garantizar la vida útil de la carretera.
4. Limpiar los tragantes y las cunetas periódicamente para evitar inundaciones.
5. Supervisar los proyectos cuando se estén ejecutando con personal profesional y verificar que los materiales que se estén utilizando cumplan con un control estricto de calidad y se estén cumpliendo las especificaciones de los planos.

6. Actualizar los precios que se presentan en el presupuesto por la variación constante de precios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALVAREZ HAASE, Ricardo Augusto. *Programas para análisis de estructuras de mampostería reforzada por los métodos simplista y realista*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 283 p.
2. American Association of State Highways and Transportation Officials (A.A.S.H.T.O.) *Standard specifications for highways and bridges*. 16ª ed. Estados Unidos: A.A.S.H.T.O., 1996. 1635 p.
3. American Concrete Institute, ACI 318-08. *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios*. Estados Unidos de América: ACI, 2005. 495 p.
4. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES NSE-2.1, NSE-2, NSE-3, NSE-7.4. 110 p.
5. BOWLES, Joseph E. *Manual de laboratorio de suelos de Ingeniería Civil*. México: McGrawHill, 1981. 213 p.
6. CÁRDENAS GRISALES, James. *Diseño geométrico de carreteras*. Colombia: ECO Ediciones. 2015. 134 p.

7. CARDONA VILLATORO, Hugo Ricardo. *Guía actualizada para el curso de vías terrestres 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2018. 192 p.
8. CASANOVA MATERA, Leonardo. *Topografía plana*. Venezuela Merida. 2002. 238 p.
9. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. 4a ed. México: Limusa, 1996. 639 p.
10. Dirección General De Investigación-Digi-. Centro de Investigaciones de Ingeniería. *Asentamiento por tipo de escritura*. 2002.
11. Dirección General de Caminos. *Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda. Especificaciones generales para la construcción de carreteras y puentes*. Guatemala: MICIVI. 2001. 724 p.
12. GALICIA ORDOÑEZ, Caris Gabriela. *Diseño de ampliación de 1.45 km, de pavimento rígido en el sector 2 de la aldea Fray Bartolomé de las Casas (El Cerinal)*. 62 p.
13. GARCÍA, Augusto. *Diseño de curva horizontal, cálculo en las curvas horizontales simples*. Caminos I. 60 p.
14. Grupo de Ingenieros ACI. *Requisitos de reglamento para concreto estructural*. American Concrete Institute. 2011. 544 p.

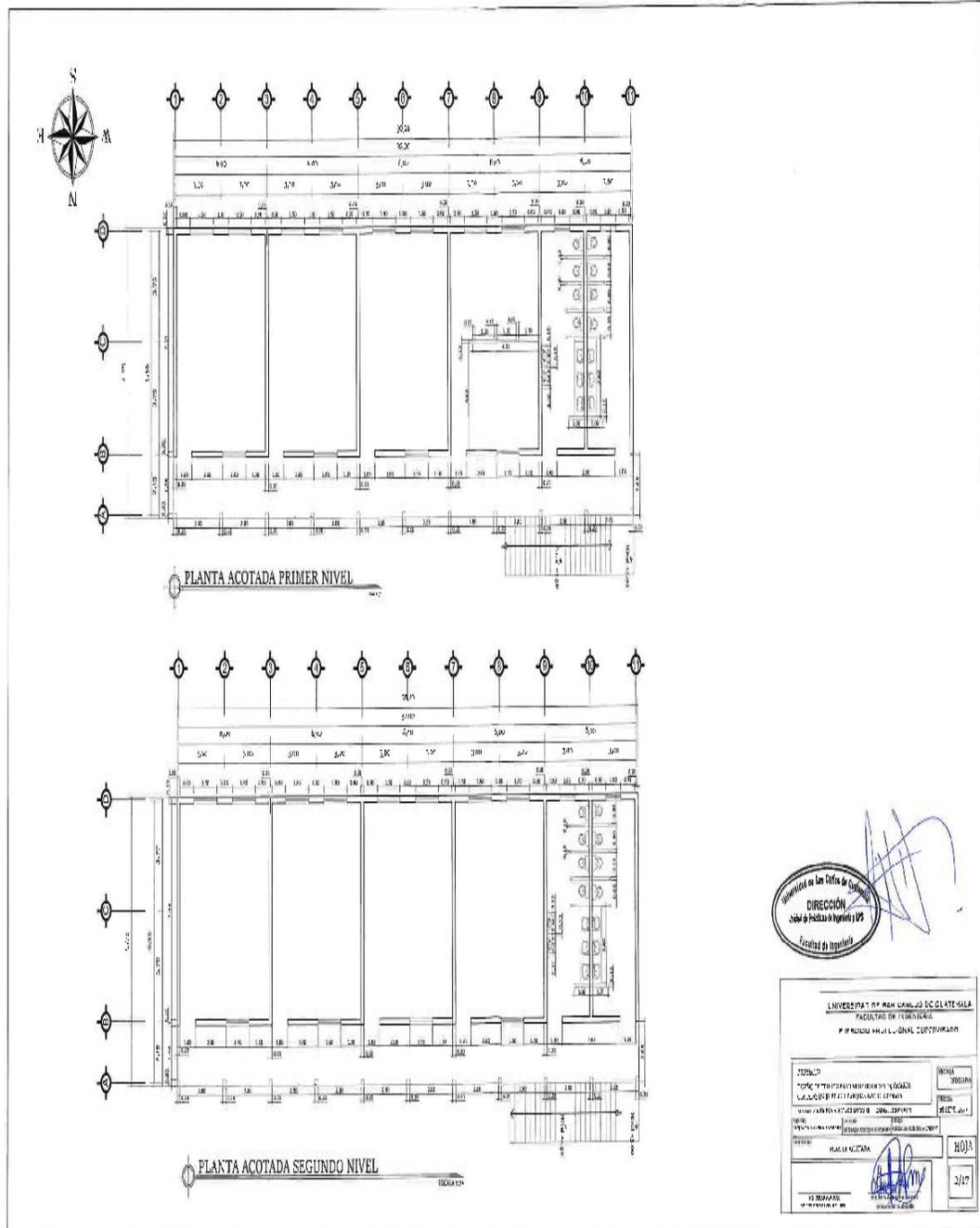
15. Grupo Técnico. *Manual para la Inspección Visual de Estructuras de Drenaje. Universidad de Nacional de Colombia– 2006. Capítulo I. Generalidades.* [en línea]. <<http://www.invias.gov.co/index.php/documentos-tecnicos>>. [Consulta: 16 de abril de 2022].
16. HURTARES, ORRALA, Walter. *Trazado y Replanteo del proyecto Horizontal de una carretera utilizando la Estación Total.* Tesina de grado previa a la obtención del título de Ing. Civil, Guayaquil-Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral 2011. 9 p.
17. Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. *Diseño de espesores para pavimentos de hormigón en carreteras y calles.* Ecuador: Método de la Portland Cement Association, 1984. 65 p.
18. JARA ABANTO, Deissy Margot. *Diseño para el mejoramiento del camino vecinal tramo: Ururupa - Huaran Alto, distrito y provincia Santiago de Chuco.* Tesis para optar el título de Inga. Civil. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 18 p.
19. KOSMATKA, Steven H., KERKHOFF, Beatrix; PANARESE William C., y TANESI, Jussara. *Diseño y control de mezclas de concreto.* 1ª ed. EE.UU. Portland Cement Association, 2004. p. 452.
20. MARTÍNEZ OLIVEROS, Javier Enrique. *Predicción de fallas por escalonamiento en las estructuras pavimento rígido propuestas dentro del manual de diseño de pavimentos de concreto.* Especialización en Ing. de Pavimentos. Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, 2017. 19 p.

21. Ministerio de Educación, Guatemala. *Manual de criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales*. Guatemala: MINEDUC, 2016. 168 p.
22. MONTAÑO DE LEÓN Jorge A.; DE LEÓN, David Zúñiga y RODRÍGUEZ ESPARZA Alberto. *Consideraciones, procedimientos y conceptos para la realización de un proyecto geométrico de carreteras*. CULCYT, 2015. 52 p.
23. RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación. Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 157 p.
24. VALLADARES, Jorge Félix Alejandro. *Guía Teórica – Práctica para el curso de Vías Terrestres 1*. Trabajo de Graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 16 p.

## APÉNDICE

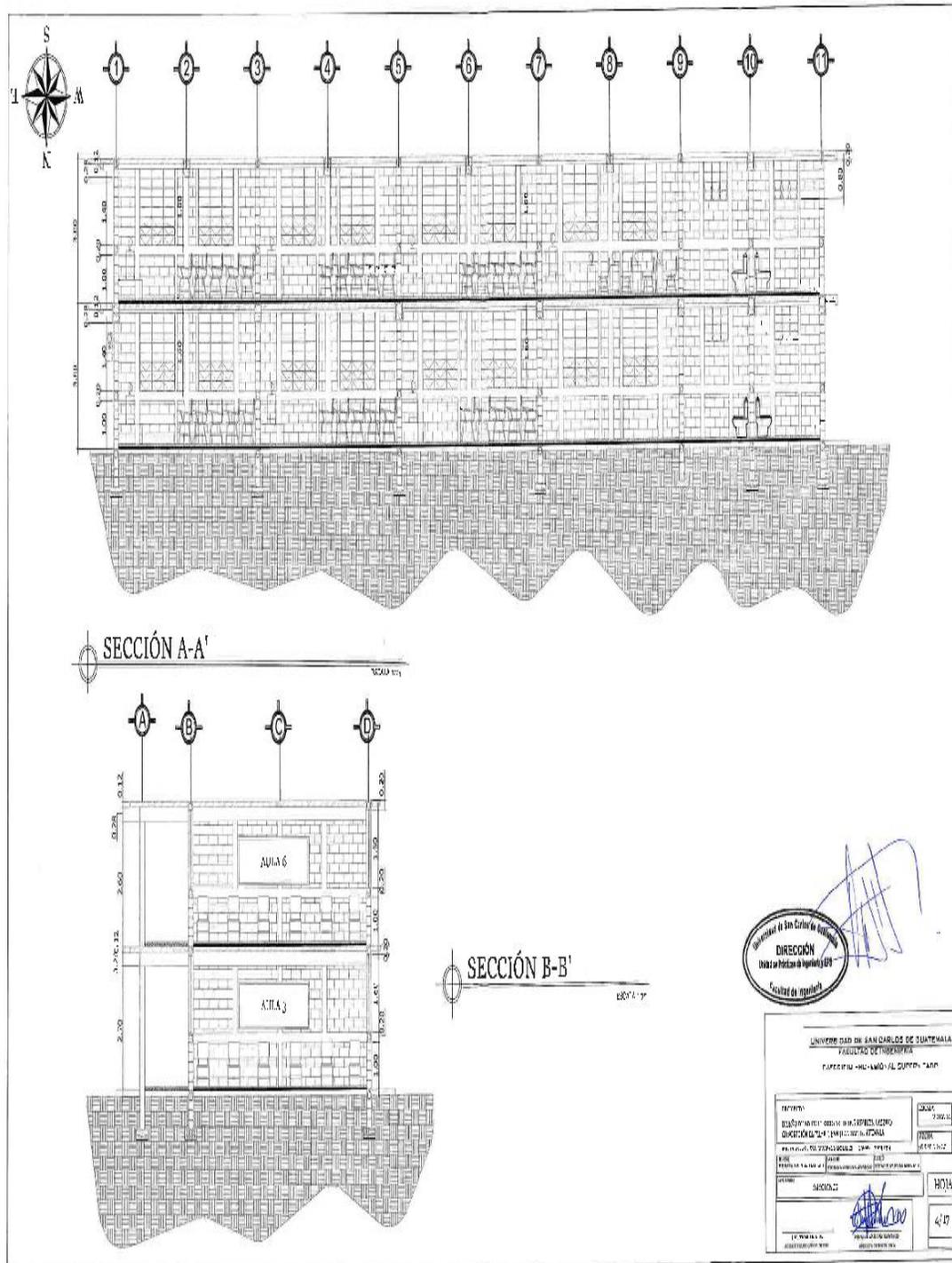


Continuación del apéndice 1.





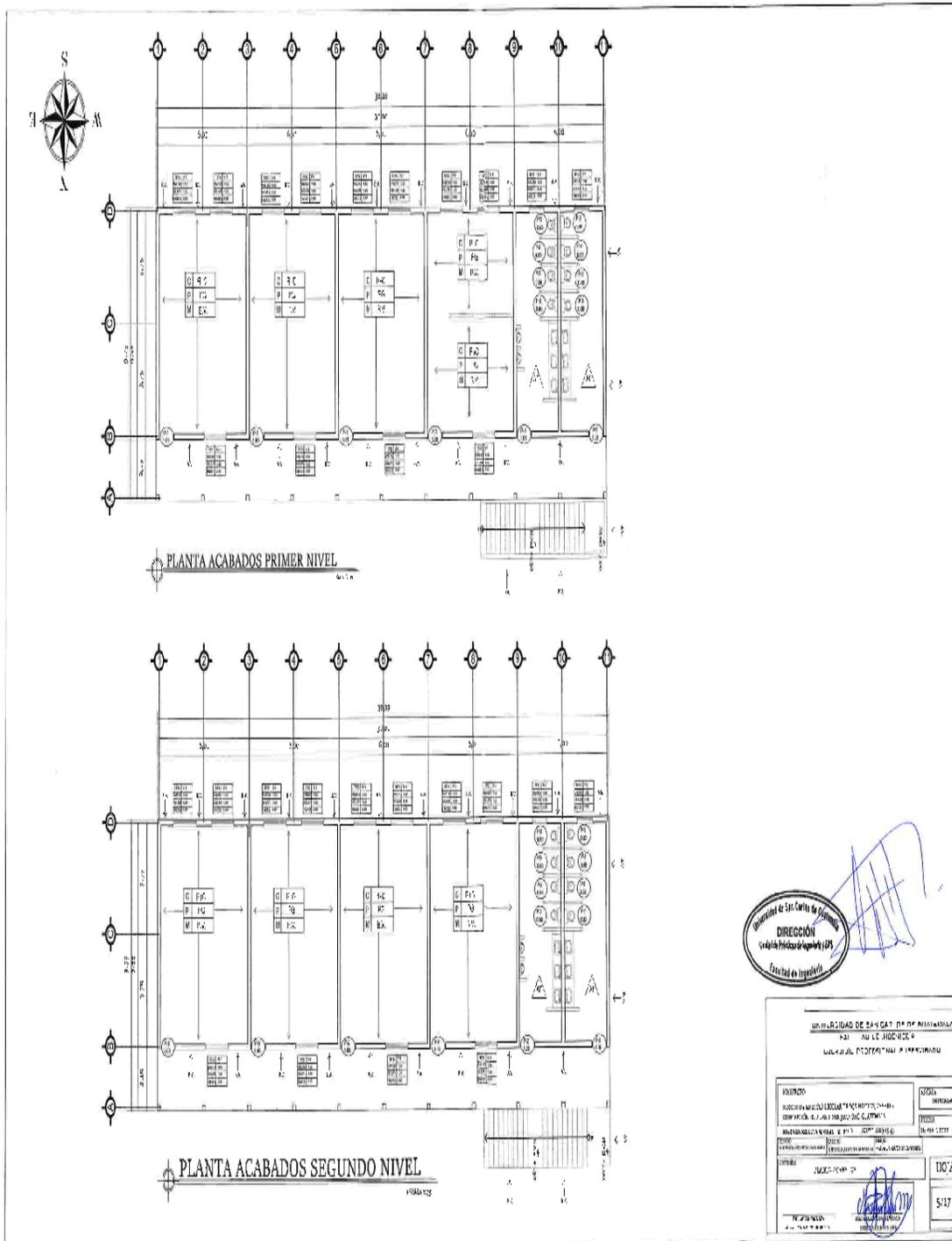
Continuación del apéndice 1.



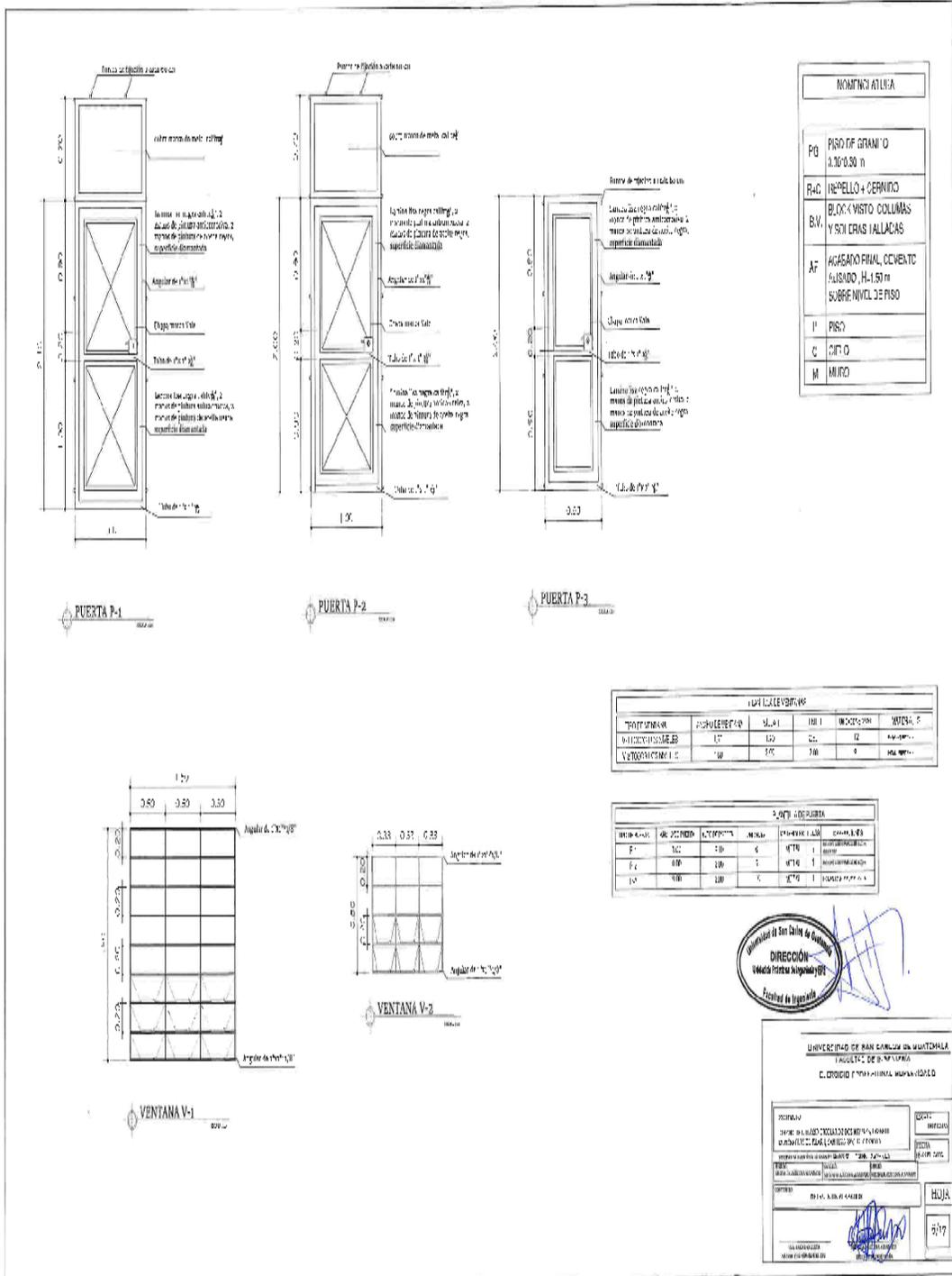
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 DIRECCIÓN  
 Oficina de Proyectos de Ingeniería (OPDI)  
 Facultad de Ingeniería

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
INGENIERÍA EN MECÁNICA DE FLUIDOS - ANP	
PROYECTO:	FECHA:
ELABORADO POR: [Nombre]	FECHA:
REVISADO POR: [Nombre]	FECHA:
APROBADO POR: [Nombre]	FECHA:
SECCIÓN:	HOJA:
4/17	4/17

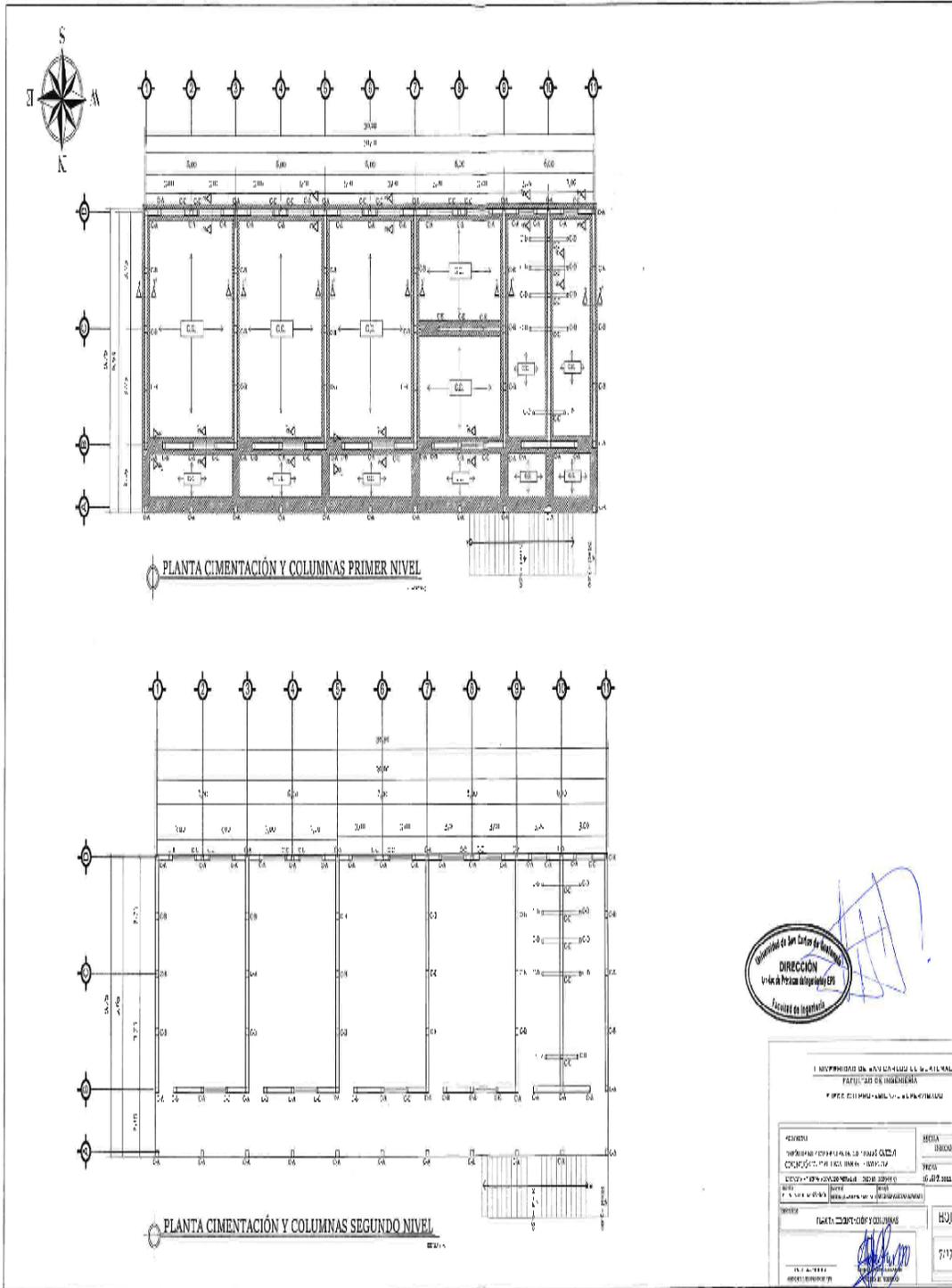
Continuación del apéndice 1.



Continuación del apéndice 1.



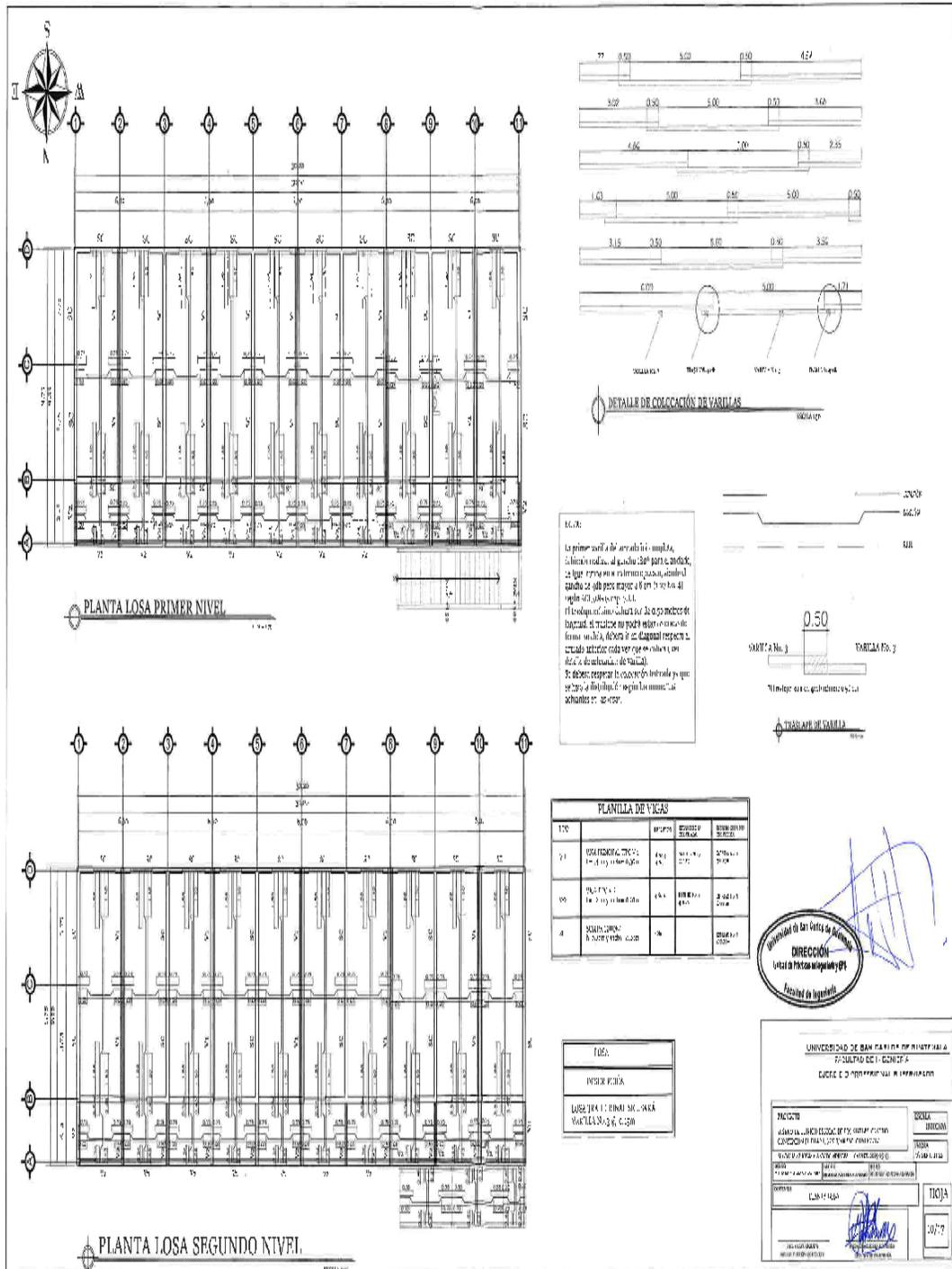
Continuación del apéndice 1.







Continuación del apéndice 1.



PLANILLA DE VIGAS				
NO.	DESCRIPCIÓN	SECCION	LONGITUD	VOLUMEN
1	VIGA DE CONCRETO ARMADO	20x30	10.00	0.120
2	VIGA DE CONCRETO ARMADO	20x30	10.00	0.120
3	VIGA DE CONCRETO ARMADO	20x30	10.00	0.120
4	VIGA DE CONCRETO ARMADO	20x30	10.00	0.120



TÍTULO  
PROYECTO  
LOSAS DE CONCRETO ARMADO  
VIGAS DE CONCRETO ARMADO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRER 13-01 (AV. BOULEVARD) A. GUATEMALA

PROYECTO: LOSAS DE CONCRETO ARMADO  
VIGAS DE CONCRETO ARMADO

FECHA: 10/05/2017

PROFESOR: [Firma]

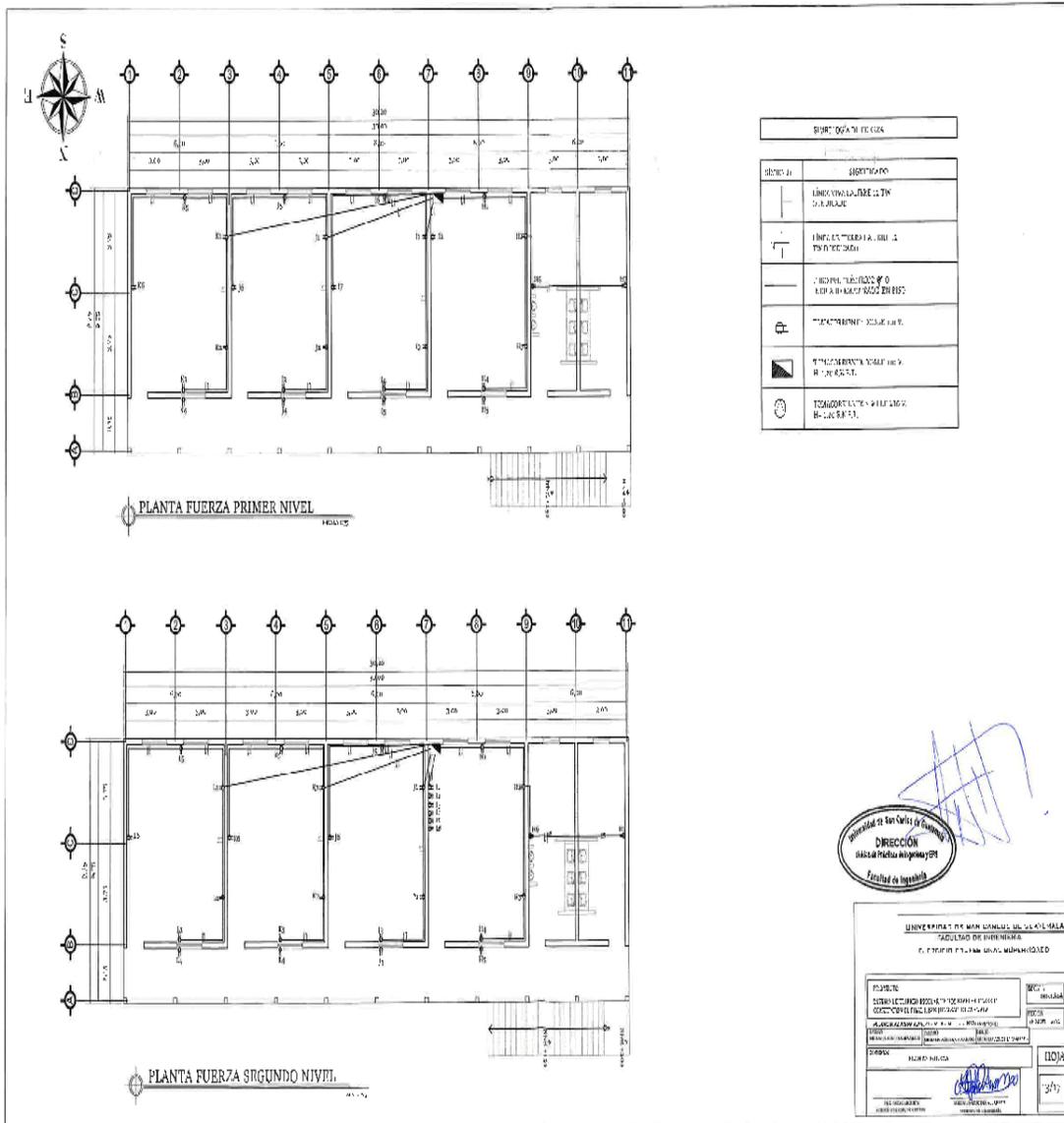
ESTUDIANTE: [Firma]

TICIA





Continuación del apéndice 1.



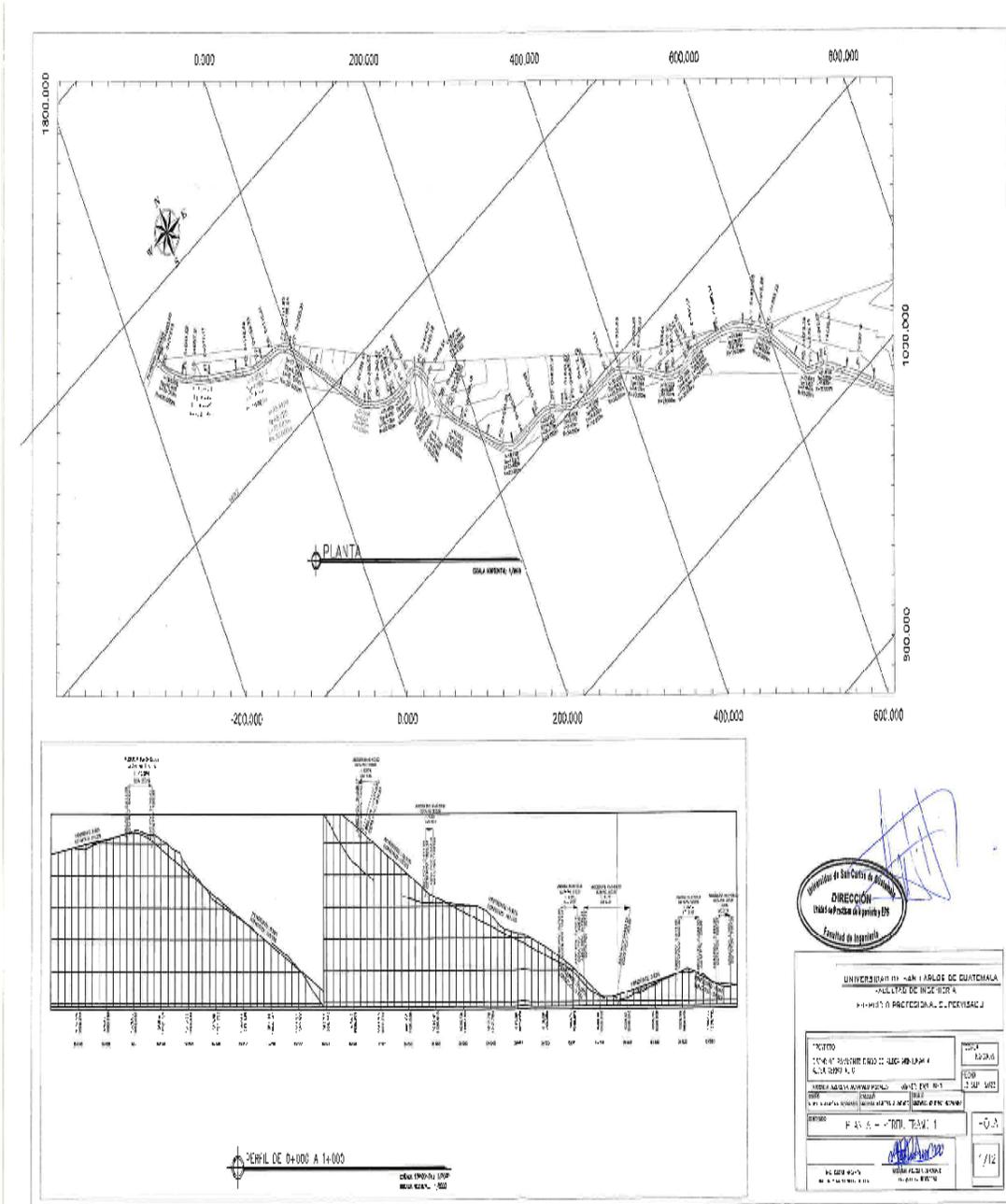








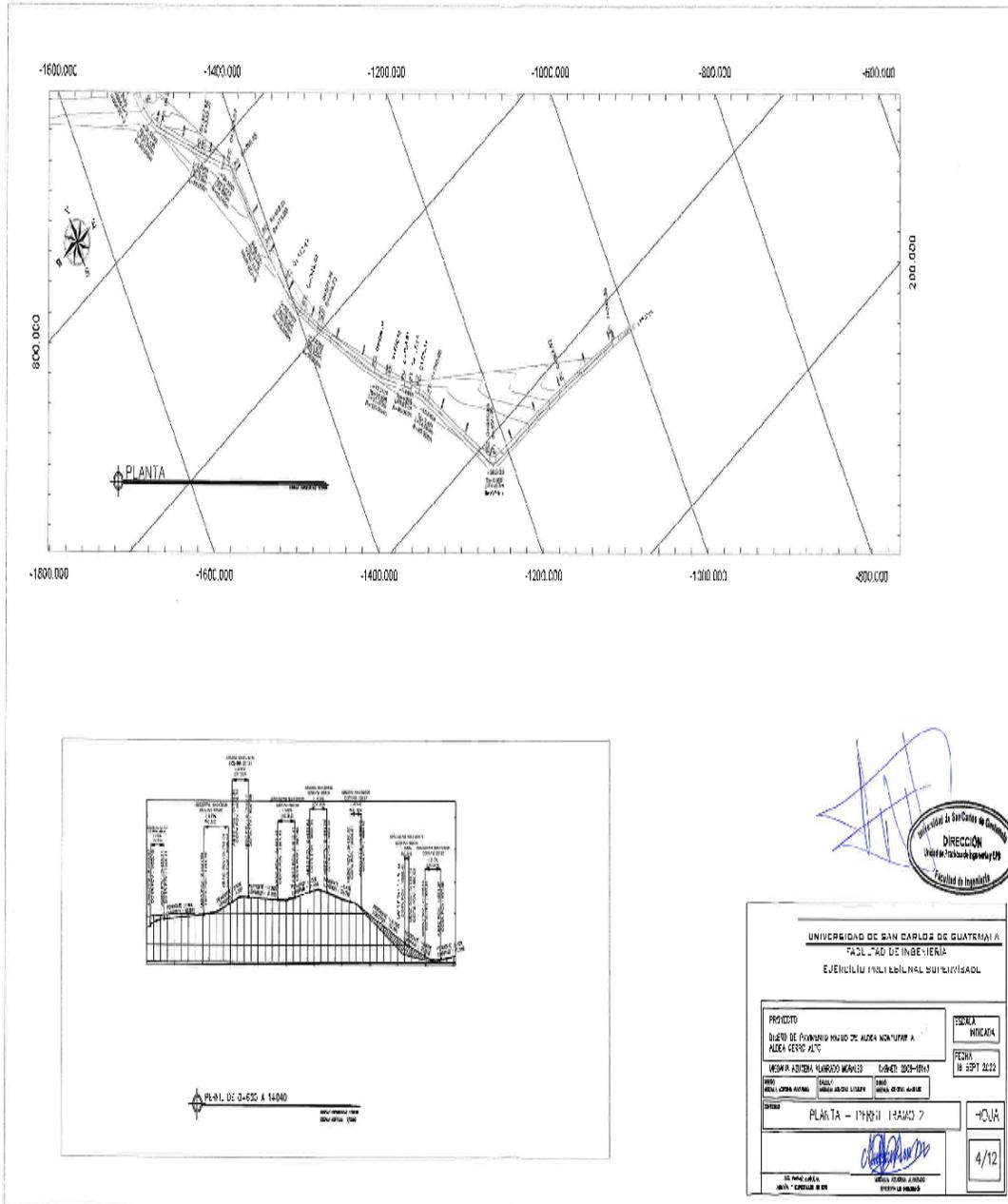
Continuación del apéndice 1.





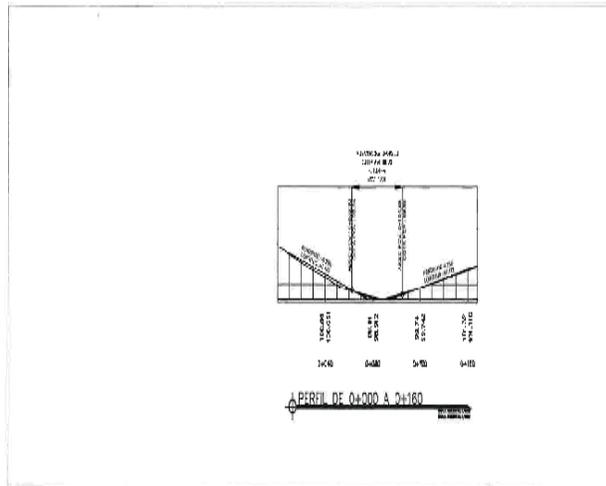
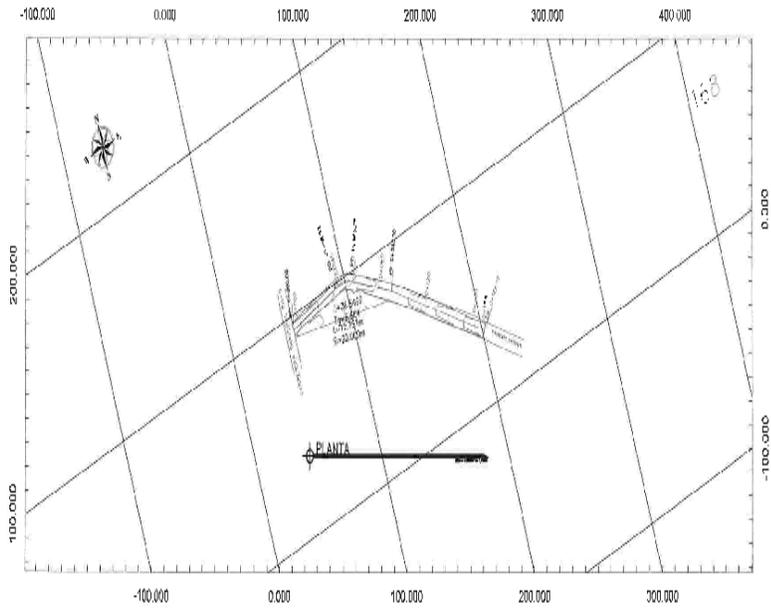


Continuación del apéndice 1.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJECUTIVO INSTITUCIONAL SUPERVISOR	
PROYECTO DISEÑO DE PONTONERO PARA EL ALDEA NON TUPAN A ALDEA VERDE ALTO	ESCALA INDICADA
MEMORIA AUTORIZADA INGENIERO CIVIL	FECHA 16 SEPT 2022
INGENIERO ALDEA VERDE ALTO	INGENIERO ALDEA VERDE ALTO
PLANTA - 17/09/21 HAZO 7	HOJA 4/12
ELABORADO POR INGENIERO CIVIL	REVISADO POR INGENIERO CIVIL

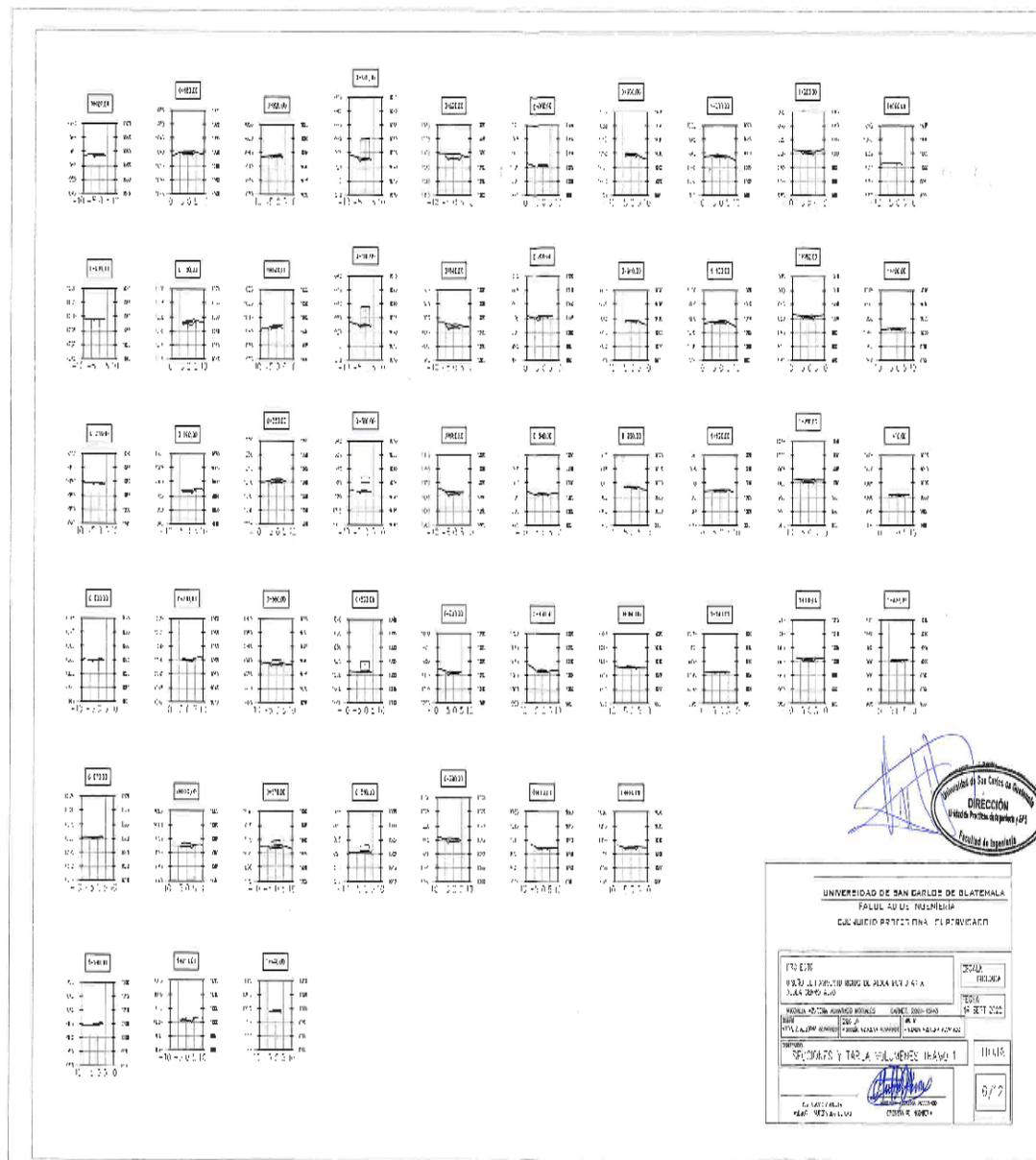
Continuación del apéndice 1.



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: DISEÑO DEL PERMIRO P-203 DE ALTA BONDAD EN LA ZONA P-203 A-70		ESCALA: 1:1000
INGENIERO ASISTENTE: ALVARO DOMINGUEZ INGENIERO SUPERVISADO: ALVARO DOMINGUEZ		FECHA: 15 DE FEBRERO 2007
TÍTULO: PLANO A-70-11		PÁGINA: 5/12

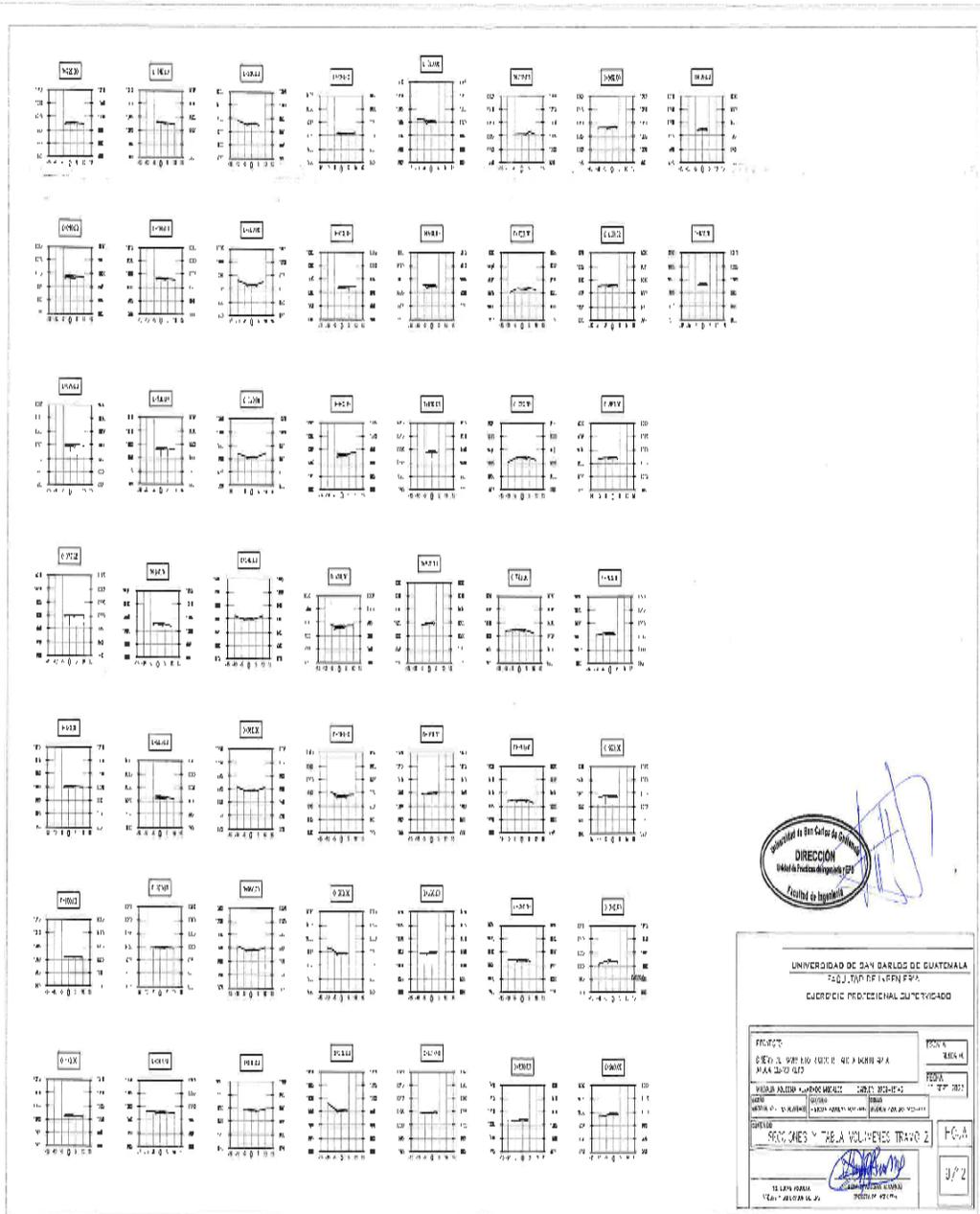
Continuación del apéndice 1.







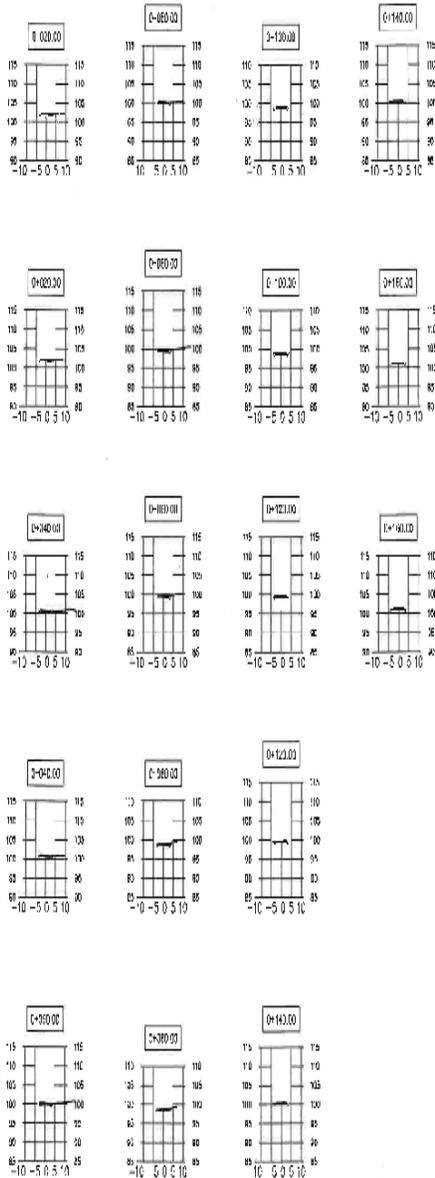
Continuación del apéndice 1.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA CORRIDOR PROFESIONAL DE LA CAYALUTAN	
PROYECTO DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA MAYAGÜTES	FECHA 2014
PARALELO EJECUTIVO AUTOR: [Signature]	FECHA 2014
SECCIONES Y TABLA VOLUMENES TRAMO 2	FOJA 3/2



Continuación del apéndice 1.



Estación	Área de Corte	Área de Corte	Volumen de Corte	Volumen de Corte	Volumen Acumulado de Corte	Volumen Acumulado de Corte
0+020.00	0.74	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
0+040.00	0.74	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00
0+060.00	1.51	0.76	13.88	7.58	13.88	7.58
0+080.00	1.21	0.76	13.88	7.58	13.88	7.58
0+100.00	2.28	0.57	1.33	2.46	25.01	10.04
0+120.00	2.23	0.57	11.33	2.16	25.01	10.04
0+140.00	1.04	1.07	5.29	4.80	30.30	14.84
0+160.00	1.04	1.07	5.29	4.80	30.30	14.84
0+180.00	0.03	1.09	0.28	9.83	30.59	24.77
0+200.00	0.03	1.99	0.28	18.83	30.87	34.77
0+220.00	0.00	2.04	0.30	20.36	30.87	55.17
0+240.00	0.00	2.24	0.20	20.89	30.59	55.17
0+260.00	0.09	0.82	0.80	8.15	31.49	63.32
0+280.00	0.09	0.82	0.80	8.15	31.49	63.32
0+300.00	0.38	0.32	3.85	3.24	35.34	66.56
0+320.00	0.38	0.32	3.85	3.24	35.34	66.56
0+340.00	0.55	0.01	5.48	0.08	40.82	66.83
0+360.00	0.55	0.01	5.48	0.08	42.87	66.83

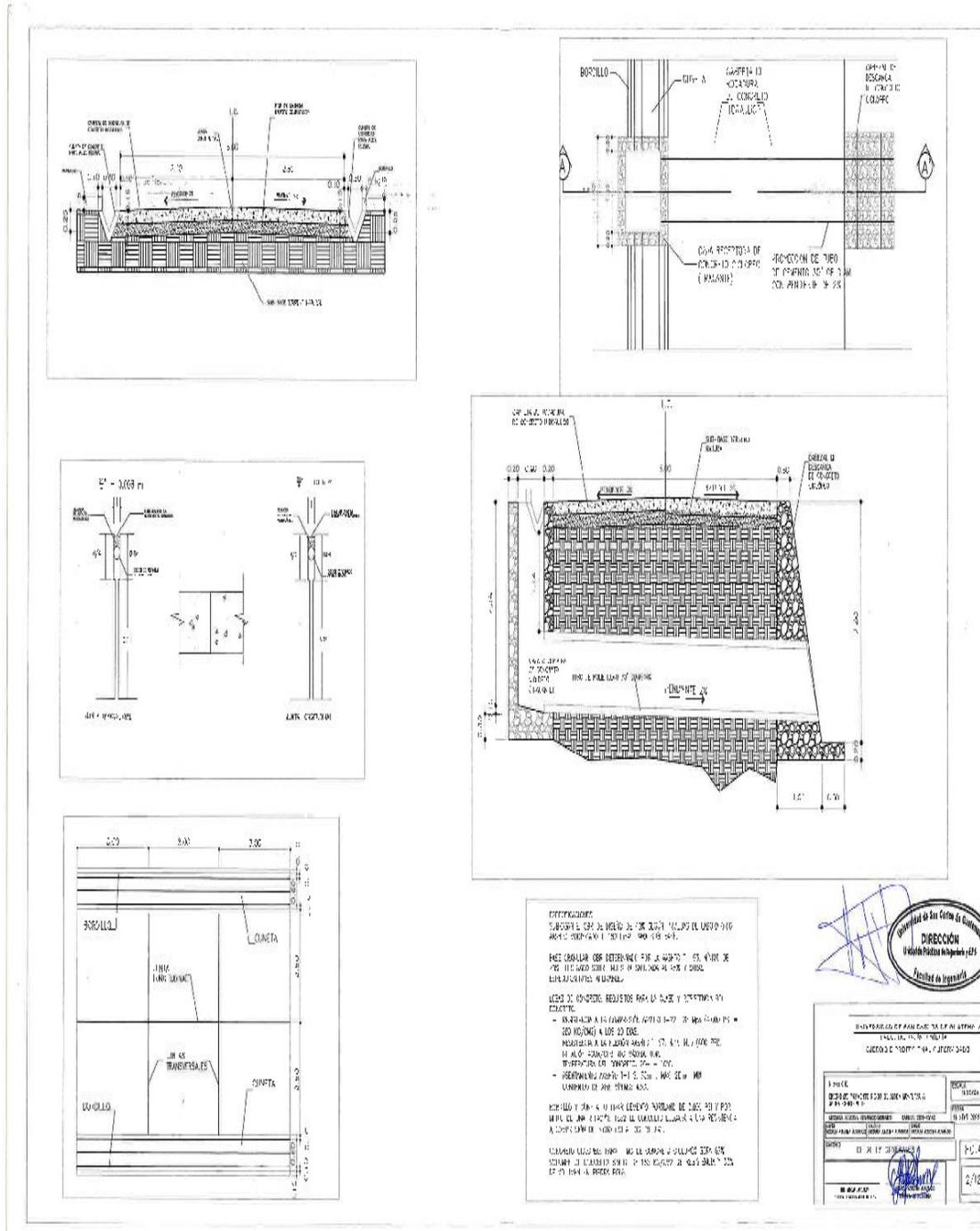


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
- FACULTAD DE INGENIERÍA -  
LICENCIATURA PROFESIONAL EN INGENIERÍA

NOMBRE: O...		FECHA: 02/04/2014	
MATERIA: PROYECTO DE OBRAS DE CALLES Y PASADIZOS		DEC: A	
MATERIA: OBRAS DE CALLES Y PASADIZOS		16/04/2014	
TÍTULO: PROYECTO DE OBRAS DE CALLES Y PASADIZOS		40/14	
AUTOR: O...		11/17	

FIRMADO: O...  
CARRERA DE INGENIERÍA EN OBRAS PÚBLICAS

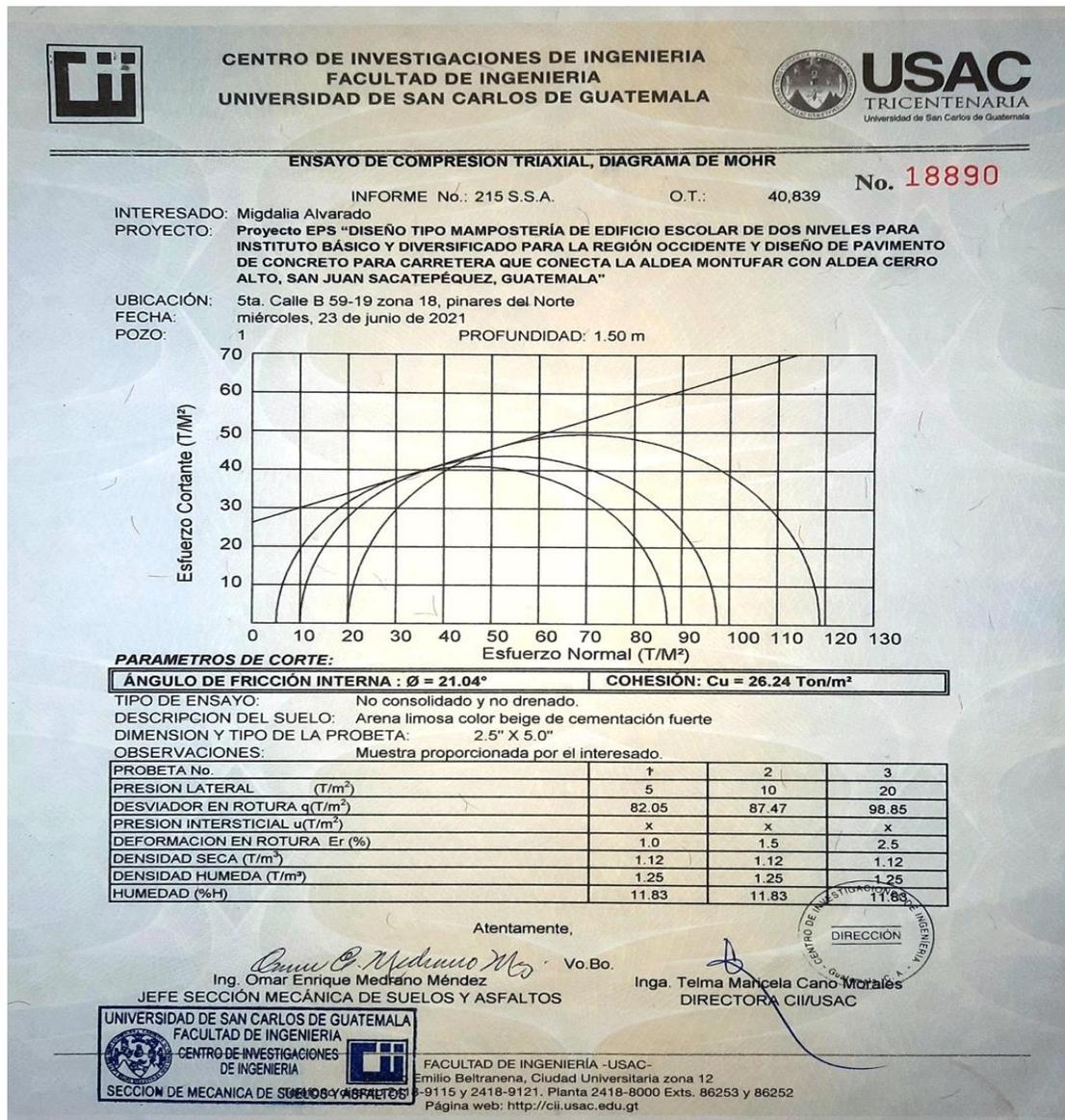
Continuación del apéndice 1.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

# ANEXOS

## Anexo 1. Ensayo triaxial de instituto



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería.

## Anexo 2. Ensayo de suelos para carretera



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



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

---

INFORME No. 259 S.S.A.

O.T. No. 40,838

No. 18958

Interesado: Migdalia Alvarado

Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193

Proyecto: DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

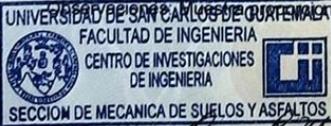
Ubicación: 5ta. Calle "B" 5-19 zona 18, Pinares del Norte

Descripción del suelo: Arena limosa con grava color rojizo

Fecha: miércoles, 21 de julio de 2021

PROBETA	GOLPES	A LA COMPACTACION		C	EXPANSION	C.B.R.
No.	No.	H (%)	$\gamma_d$ (Lb/pe <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(%)
1	10	6.36	114.41	89.8	0.22	4.04
2	25	6.36	120.22	94.4	0.09	9.51
3	56	6.36	122.70	96.4	0.22	10.72

GRAFICA DE % C.B.R.- % DE COMPACTACION



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

Atentamente,

Vo.Bo.

*Omar Enrique Medrano Méndez*  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
DIRECCION

*Telma Mancuela Cano Morels*  
Inga. Telma Mancuela Cano Morels  
DIRECTORA 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 del anexo 2.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



---

INFORME No. 255 S.S.A.

O.T.: 40,838

No. 18953

Interesado: Migdalia Alvarado

Proyecto: DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: 5ta. Calle B 59-19 zona 18, Pinares del Norte

FECHA: miércoles, 21 de julio de 2021

**RESULTADOS:**

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	ML	Arena limosa con grava color rojizo

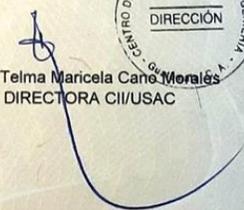
(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS

Vo.Bo.



Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA 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 del anexo 2.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



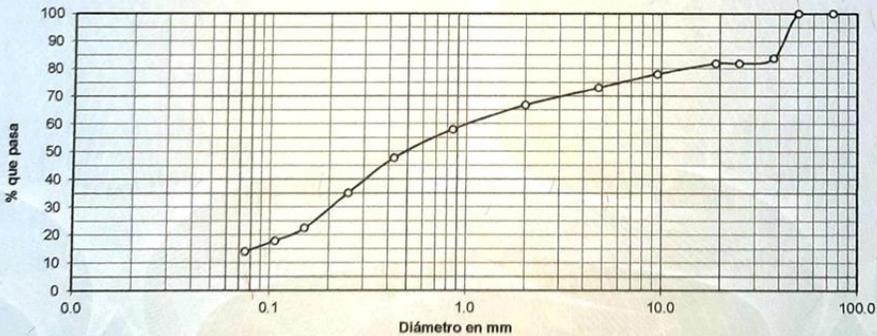
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

---

Informe No.: 256 S.S.A.                      O.T.: 40,838                      **No. 18955**

Interesado: Migdalia Alvarado  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo  
 Norma: ASTM D6913-04  
 Proyecto: DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA  
 Ubicación: 5ta. Calle B 59-19 zona 18, Pinares del norte  
 Fecha: miércoles, 21 de julio de 2021

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	66.77
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	58.00
1 1/2"	37.5 mm	83.85	40	425 µm	47.67
1"	25 mm	81.88	60	250 µm	35.15
3/4"	19.0 mm	81.88	100	150 µm	22.43
3/8"	9.5 mm	78.00	140	106 µm	17.85
4	4.75 mm	73.01	200	75 µm	14.08

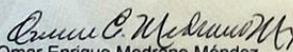


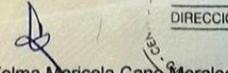
Descripción del suelo: Arena limosa con grava color rojizo

	S.C.U.:	A-1-b	% de Grava: 26.99	D10: *
Clasificación:	P.R.A.:	SM	% de Arena: 58.93	D30: 0.20 mm
			% de finos: 14.08	D60: 1.00 mm

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.  
 \* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

  
 Vo.Bo.  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS

  
 Inga. Telma Maricela Cano Morales  
 DIRECTORA CII/USAC



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
9-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 2.

	<b>CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>		<b>USAC</b> TRICENTENARIA <small>Universidad de San Carlos de Guatemala</small>
---	--	---	---

---

INFORME No.: 257 S.S.A.	O.T. No.: 40,838	No. 18956
-------------------------	------------------	-----------

### EQUIVALENTE DE ARENA

**INTERESADO:** Migdalia Alvarado

**PROYECTO:** DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

**UBICACIÓN:** 5ta. Calle B 59-19 zona 18, Pinares del Norte

**NORMA:** AASHTO T-176

**DESCRIPCION DEL SUELO:** Arena limosa con grava color rojizo

**MUESTRA:** 1

**FECHA:** miércoles, 21 de julio de 2021

Lectura Arena	Lectura Arcilla	Lectura Arena	Lectura Arcilla
2.60	8.20	2.60	8.00
31.71		32.50	

E.A. 32.1
--------------

**OBSERVACIONES:** Muestra proporcionada por el interesado

Atentamente,

 Ing. Omar Enrique Medrano Mendez JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS	Vo.Bo.  Inga. Telma Maricela Cano DIRECTORA 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://cil.usac.edu.gt>

Continuación del anexo 2.

 **CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

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

---

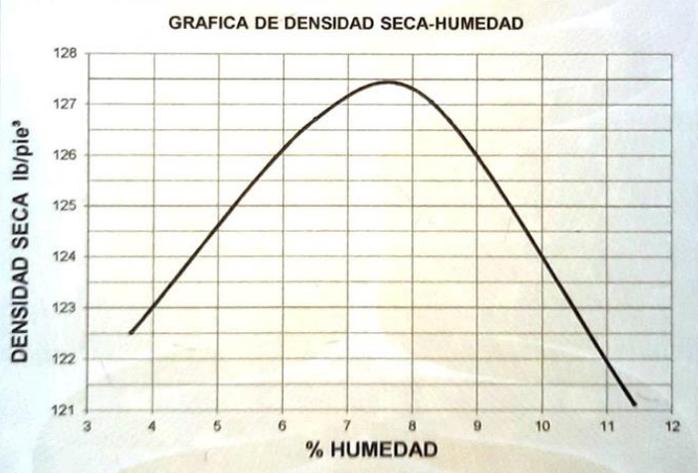
INFORME No. 258 S.S.A. O.T.: 40,838 **No. 18957**

Interesado: Migdalia Alvarado Proctor Estándar: ( ) Norma: A.A.S.H.T.O. T-99  
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.H.T.O. T-180

Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.  
Proyecto: DISEÑO TIPO MAMPOSTERÍA DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA INSTITUTO BÁSICO Y DIVERSIFICADO PARA LA REGIÓN OCCIDENTE Y DISEÑO DE PAVIMENTO DE CONCRETO PARA CARRETERA QUE CONECTA LA ALDEA MONTUFAR CON ALDEA CERRO ALTO, SAN JUAN SACATEPÉQUEZ, GUATEMALA

Ubicación: 5ta. Calle "B" 5-19 zona 18, Pinares del Norte  
Fecha: miércoles, 21 de julio de 2021

**GRAFICA DE DENSIDAD SECA-HUMEDAD**

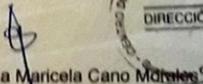


% HUMEDAD	DENSIDAD SECA lb/ft³
3.5	122.5
4.0	123.5
5.0	125.0
6.0	126.5
7.0	127.2
7.60 (Hop)	127.35
8.0	127.2
9.0	126.5
10.0	125.0
11.0	123.5
11.5	122.5

Descripción del suelo: Arena limosa con grava color rojizo  
Densidad seca máxima  $V_d$ : 2,040.15 Kg/m<sup>3</sup> 127.35 lb/ft<sup>3</sup>  
Humedad óptima Hop: 7.60 %  
Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

Vo.Bo.   
Ing. Omar Enrique Madrano Méndez  
JEFE SECCIÓN MECÁNICA DE SUELOS Y ASFALTOS

  
Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CIUSAC



---

 **UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA**  
Teléfono: 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
**SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS**

**FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-**  
Calle Emilio Beltránena, Ciudad Universitaria zona 12  
Teléfono: 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 3. Construcciones de concreto

Coefficientes para momentos positivos de carga muerta en losa

Relación A/B										
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1,00	Ca CM	0,036	0,018	0,018	0,027	0,027	0,033	0,027	0,02	0,023
	Cb CM	0,036	0,018	0,027	0,027	0,018	0,027	0,033	0,023	0,02
0,95	Ca CM	0,04	0,02	0,021	0,03	0,028	0,036	0,031	0,022	0,024
	Cb CM	0,033	0,016	0,025	0,024	0,015	0,024	0,031	0,021	0,017
0,90	Ca CM	0,045	0,022	0,025	0,033	0,029	0,039	0,035	0,25	26
	Cb CM	0,029	0,014	0,024	0,022	0,013	0,021	0,028	0,019	0,015
0,85	Ca CM	0,05	0,024	0,029	0,036	0,031	0,042	0,04	0,029	0,028
	Cb CM	0,026	0,012	0,022	0,019	0,011	0,017	0,025	0,07	0,013
0,80	Ca CM	0,056	0,026	0,034	0,039	0,032	0,045	0,045	0,035	0,029
	Cb CM	0,023	0,011	0,02	0,016	0,009	0,015	0,022	0,015	0,01
0,75	Ca CM	0,061	0,028	0,04	0,043	0,033	0,048	0,061	0,036	0,031
	Cb CM	0,019	0,009	0,018	0,013	0,007	0,012	0,02	0,013	0,007
0,70	Ca CM	0,068	0,03	0,046	0,046	0,035	0,061	0,058	0,04	0,033
	Cb CM	0,016	0,007	0,016	0,011	0,005	0,009	0,017	0,011	0,006
0,65	Ca CM	0,074	0,032	0,054	0,05	0,036	0,054	0,065	0,044	0,034
	Cb CM	0,013	0,006	0,014	0,009	0,04	0,007	0,014	0,009	0,005
0,60	Ca CM	0,081	0,034	0,062	0,056	0,037	0,056	0,073	0,048	0,036
	Cb CM	0,01	0,004	0,011	0,007	0,003	0,006	0,012	0,007	0,004
0,55	Ca CM	0,088	0,035	0,071	0,056	0,038	0,058	0,081	0,052	0,037
	Cb CM	0,008	0,003	0,009	0,005	0,002	0,004	0,009	0,005	0,003
0,50	Ca CM	0,095	0,037	0,08	0,059	0,039	0,061	0,089	0,056	0,038
	Cb CM	0,006	0,002	0,007	0,004	0,001	0,003	0,007	0,004	0,002

Continuación del anexo 3.

**Coefficiente para momentos positivo de carga viva en losa**

Relación A/B										
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	
1,00	Ca CM	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,03
	Cb CM	0,036	0,027	0,032	0,032	0,027	0,032	0,035	0,03	0,028
0,95	Ca CM	0,04	0,03	0,031	0,035	0,034	0,038	0,036	0,031	0,032
	Cb CM	0,033	0,025	0,029	0,029	0,024	0,029	0,032	0,027	0,025
0,90	Ca CM	0,045	0,034	0,035	0,039	0,037	0,042	0,04	0,035	0,036
	Cb CM	0,029	0,022	0,027	0,026	0,021	0,025	0,029	0,024	0,022
0,85	Ca CM	0,05	0,037	0,04	0,043	0,041	0,046	0,045	0,04	0,039
	Cb CM	0,026	0,019	0,024	0,023	0,019	0,022	0,026	0,022	0,02
0,80	Ca CM	0,056	0,041	0,045	0,048	0,044	0,051	0,051	0,044	0,042
	Cb CM	0,023	0,017	0,022	0,02	0,016	0,019	0,023	0,019	0,017
0,75	Ca CM	0,061	0,045	0,051	0,052	0,047	0,055	0,056	0,049	0,046
	Cb CM	0,019	0,014	0,019	0,016	0,013	0,016	0,02	0,016	0,013
0,70	Ca CM	0,068	0,049	0,057	0,057	0,051	0,06	0,065	0,054	0,05
	Cb CM	0,016	0,012	0,016	0,014	0,011	0,013	0,017	0,014	0,011
0,65	Ca CM	0,074	0,053	0,064	0,062	0,055	0,064	0,07	0,059	0,054
	Cb CM	0,013	0,01	0,014	0,011	0,009	0,01	0,014	0,011	0,009
0,60	Ca CM	0,081	0,058	0,071	0,067	0,059	0,068	0,077	0,065	0,059
	Cb CM	0,01	0,007	0,011	0,009	0,007	0,008	0,011	0,009	0,007
0,55	Ca CM	0,088	0,062	0,08	0,072	0,063	0,073	0,085	0,07	0,063
	Cb CM	0,008	0,006	0,009	0,007	0,005	0,006	0,009	0,007	0,006
0,50	Ca CM	0,095	0,066	0,088	0,077	0,067	0,078	0,092	0,076	0,067
	Cb CM	0,006	0,004	0,007	0,005	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004

Continuación del anexo 3.

### Coeficiente para momento negativo en la losa

Relación A/B									
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1,00	Ca - 0,045	0,045	0,076	0,05	0,075	0,71	0,71	0,033	0,061
	Cb -	0,045	0,076	0,05	0,075	0,29	0,71	0,061	0,033
0,95	Ca -	0,05	0,072	0,055	0,079	0,75	0,067	0,038	0,065
	Cb -	0,041	0,072	0,045	0,079	0,25	0,067	0,056	0,029
0,90	Ca -	0,055	0,07	0,06	0,08	0,79	0,062	0,043	0,068
	Cb -	0,037	0,07	0,04	0,082	0,21	0,062	0,052	0,025
0,85	Ca -	0,06	0,065	0,066	0,082	0,83	0,057	0,049	0,072
	Cb -	0,031	0,065	0,034	0,083	0,17	0,057	0,046	0,021
0,80	Ca -	0,065	0,061	0,071	0,083	0,86	0,051	0,055	0,075
	Cb -	0,027	0,061	0,029	0,085	0,14	0,051	0,041	0,017
0,75	Ca -	0,069	0,056	0,076	0,086	0,88	0,044	0,061	0,078
	Cb -	0,022	0,056	0,024	0,086	0,12	0,044	0,036	0,014
0,70	Ca -	0,074	0,05	0,081	0,086	0,91	0,038	0,068	0,081
	Cb -	0,017	0,05	0,019	0,087	0,09	0,038	0,029	0,011
0,65	Ca -	0,077	0,043	0,085	0,087	0,93	0,031	0,074	0,083
	Cb -	0,014	0,043	0,015	0,088	0,07	0,031	0,024	0,008
0,60	Ca -	0,081	0,035	0,089	0,088	0,95	0,024	0,08	0,085
	Cb -	0,01	0,035	0,011	0,089	0,05	0,024	0,018	0,006
0,55	Ca -	0,084	0,028	0,092	0,089	0,96	0,019	0,085	0,086
	Cb -	0,007	0,028	0,008	0,09	0,04	0,019	0,014	0,005
0,50	Ca -	0,086	0,022	0,094	0,09	0,97	0,014	0,089	0,88
	Cb -	0,006	0,022	0,006	0,09	0,03	0,014	0,01	0,003

Fuente: American Concrete Institute, ACI 318-08. *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios*. Estados Unidos de América: ACI, 2005. Método 3.