



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

**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA  
EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA,  
SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

**Héctor Mariano Soto Delgado**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA  
EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA,  
SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HÉCTOR MARIANO SOTO DELGADO**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADORA	Inga. Dilma Yanet Mejicanos Jol
EXAMINADOR	Ing. Nicolás de Jesús Guzmán Sáenz
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA  
EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA,  
SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 24 de octubre de 2019.

**Héctor Mariano Soto Delgado**





Guatemala, 09 de marzo de 2020  
Ref.EPS.DOC.215.03.2020

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

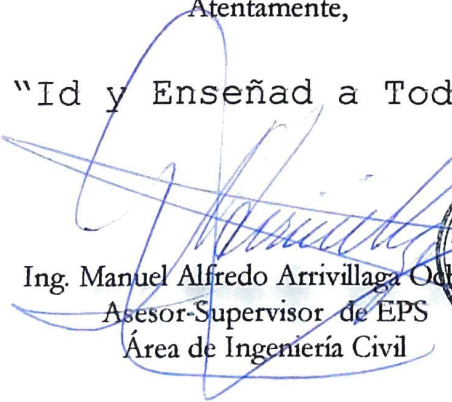
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Héctor Mariano Soto Delgado**, Registro Académico 200614895 y CUI 2260 51331 0101 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
MAAO/ra

Universidad de San Carlos de  
Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Unidad de EPS

Guatemala, 06 de julio de 2021  
REF.EPS.D.131.07.2021

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

Estimado Ingeniero Fuentes Roca:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Héctor Mariano Soto Delgado, CUI 2260 51331 0101 y Registro Académico 200614895**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra



Guatemala, 08 de Abril 2021

El Coordinador de estructuras y director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, además como coordinador de estructuras, sobre el trabajo de graduación del estudiante Héctor Mariano Soto Delgado, titulado DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ , da por este medio su aprobación a dicho trabajo

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





El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Héctor Mariano Soto Delgado **DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Sin otro particular, le saludo muy atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Armando Fuentes Roca  
Director Escuela Ingeniería Civil

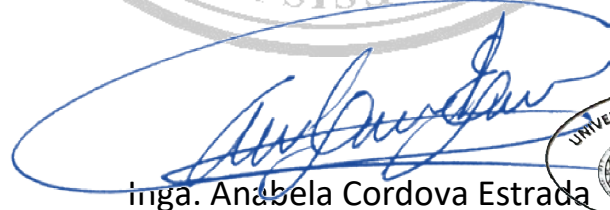
Mrrm/ octubre 2021



DTG.499.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Mariano Soto Delgado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



ing. Anabela Cordova Estrada  
Decana



Guatemala, octubre de 2021

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por permitirme la vida, bendiciones y darme la oportunidad de alcanzar esta meta.
- Mis padres** Héctor Eli Soto Quintana y Virgilia Delgado. Por darme la oportunidad de la vida y guiarme de la mejor manera.
- Mis abuelos** María Del Carmen Quintana (q. e. p. d.) y Héctor Mario Soto Ruíz (q. e. p. d.). Por su amor y ejemplos de perseverancia.
- Mi abuela** María Del Carmen Quintana (q. e. p. d.). Por haberme brindado protección, amor y cariño desde la infancia y convertirse en mi principal apoyo para salir adelante con su ejemplo.
- Mi esposa** Blanca Estela Raxón Tepeú de Soto. Por brindarme su amor, acompañarme y estar a mi lado en momentos difíciles y de alegría consiguiendo así la realización de nuestras metas, creando juntos nuestra historia.
- Mi hija** María De Los Ángeles Soto Raxón. Por ser parte de la motivación para alcanzar las metas y brindarme todas las muestras de cariño.

**Mis tíos**

Hugo Emilio Álvarez Barrera y María Del Rosario Vides Villalba. Por la protección y el apoyo que me han brindado, convirtiéndose en motivación para la búsqueda de constante crecimiento.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme formar parte de esta prestigiosa casa de estudios y darme la formación necesaria para ser un buen profesional.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por darme la oportunidad de pertenecer a este importante gremio y de esta manera generar desarrollo para nuestro país.
<b>Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga</b>	Por guiarme, compartir su conocimiento profesional y apoyarme para cumplir esta importante meta en mi vida.
<b>Municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez</b>	Por brindarme el apoyo en cada una de las áreas requeridas durante los procesos, en especial a la Dirección Municipal de Planificación.
<b>Mi padrino</b>	Ing. José Antonio Gramajo Bámaca.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	José Gramajo, Telma Sequen, Diego Seisdedos, Allan Martín, Carlos Corona, Bayron Flores, César Rodas, Guadalupe Vásquez, Deborah Salazar, Antonio Mejía y Oliver Cifuentes, por brindarme su amistad en las diferentes etapas de nuestra época como estudiantes.



**Mis amigos**

Pablo Quic, Jorge Morales, Gerardo Flores, Roberto Galindo, Leonel Aguilar, Juan Dardón, Hilda Gordillo, Iris Meléndez, Corina Nufio, Rosario Tepeú, Fernando Flores y Héctor Sac, por compartir en mi vida alegrías, tristezas y haberse ganado mi respeto por demostrarme su amistad y un alto grado de hermandad.



1.1.3.1.	Descripción de las necesidades .....	6
1.1.3.2.	Priorización de las necesidades .....	6
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	9
2.1.	Diseño de salón de acopio para emergencias .....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	9
2.1.2.	Selección del sistema estructural .....	9
2.1.3.	Estudios preliminares .....	11
2.1.3.1.	Estudios de suelos .....	11
2.1.4.	Diseño arquitectónico .....	16
2.1.4.1.	Ubicación del edificio.....	17
2.1.4.2.	Distribución de ambientes .....	17
2.1.4.3.	Altura del edificio .....	17
2.1.4.4.	Ventilación.....	18
2.1.4.5.	Iluminación .....	18
2.1.4.6.	Tipo de estructura .....	19
2.1.5.	Análisis y diseño estructural de la cubierta metálica.....	19
2.1.5.1.	Análisis y diseño de costaneras .....	20
2.1.5.1.1.	Carga muerta .....	20
2.1.5.1.2.	Carga por instalaciones .....	23
2.1.5.1.3.	Carga por viento.....	23
2.1.5.1.4.	Carga viva .....	24
2.1.5.1.5.	Combinaciones de carga .....	24
2.1.5.1.6.	Carga distribuida .....	24
2.1.5.1.7.	Momento máximo.....	25

	2.1.5.1.8.	Cargas que afectan a la costanera.....	26
	2.1.5.1.9.	Momento por la carga distribuida en $W_x$ .....	26
	2.1.5.1.10.	Momento por la carga distribuida en $W_y$ .....	27
	2.1.5.1.11.	Esfuerzo a flexión en costanera.....	28
	2.1.5.1.12.	Deflexiones.....	30
2.1.5.2.		Análisis y diseño de tendales.....	31
	2.1.5.2.1.	Carga muerta.....	31
	2.1.5.2.2.	Carga por instalaciones.....	33
	2.1.5.2.3.	Carga por viento.....	33
	2.1.5.2.4.	Carga viva.....	34
	2.1.5.2.5.	Combinaciones de carga.....	34
	2.1.5.2.6.	Cargas actuantes.....	34
	2.1.5.2.7.	Corte y momento del tendal.....	37
	2.1.5.2.8.	Esfuerzo a flexión en tendal.....	39
	2.1.5.2.9.	Deflexiones.....	40
2.1.5.3.		Análisis y diseño de pernos.....	41
	2.1.5.3.1.	Chequeo a tensión.....	42
	2.1.5.3.2.	Chequeo a corte.....	43
2.1.5.4.		Resumen de los elementos de la estructura metálica.....	44

2.1.6.	Análisis y diseño de la estructura por marcos rígidos intermedios resistente a momentos .....	44
2.1.6.1.	Análisis estructural .....	44
2.1.6.1.1.	Predimensionamiento estructural .....	46
2.1.6.1.2.	Cargas de diseño .....	52
2.1.6.1.3.	Cargas verticales .....	52
2.1.6.1.4.	Cargas horizontales (AGIES).....	53
2.1.6.1.5.	Análisis de marcos rígidos por método de Kani.....	68
2.1.6.1.6.	Análisis de marcos rígidos empleando ETABS 18 .....	87
2.1.6.1.7.	Comparación de resultados obtenidos por el método de Kani y por medio de ETABS 18 .....	89
2.1.6.1.8.	Momentos últimos por envolvente.....	91
2.1.6.1.9.	Diagramas de momentos y cortes.....	93
2.1.6.2.	Diseño estructural .....	101
2.1.6.2.1.	Diseño de vigas.....	101
2.1.6.2.2.	Diseño de columnas....	108
2.1.6.2.3.	Nudo sísmico .....	124
2.1.6.2.4.	Diseño de zapatas .....	129

2.1.7.	Muros tabiques .....	139
2.1.7.1.	Muro tabique en el perímetro de la edificación.....	140
2.1.7.2.	Muro tabique en área de sanitarios ...	140
2.1.8.	Diseño de instalaciones hidráulicas.....	141
2.1.8.1.	Red de agua potable .....	141
2.1.8.1.1.	Cálculo de la demanda .....	142
2.1.8.2.	Drenaje de aguas negras .....	146
2.1.8.3.	Drenajes de agua pluvial .....	147
2.1.9.	Diseño de instalaciones eléctricas.....	147
2.1.9.1.	Iluminación.....	147
2.1.9.2.	Fuerza .....	148
2.1.10.	Cálculo del presupuesto .....	149
2.1.11.	Estudio de impacto ambiental inicial.....	153
2.1.12.	Elaboración de planos y cronograma .....	154
2.2.	Diseño de muro de contención de mampostería en voladizo	154
2.2.1.	Descripción del proyecto .....	154
2.2.2.	Selección del sistema estructural .....	155
2.2.3.	Estudios preliminares .....	155
2.2.3.1.	Estudios de suelos.....	156
2.2.4.	Datos necesarios para diseño de muro .....	156
2.2.4.1.	Coeficiente de empuje activo y pasivo .....	156
2.2.4.2.	Coeficiente de fricción .....	156
2.2.5.	Diseño de la cortina .....	158
2.2.5.1.	Predimensionamiento .....	158
2.2.5.1.1.	Cálculo del factor k.....	160
2.2.5.1.2.	Cálculo de j.....	161

2.2.5.2.	Determinación del corte actuante en la base.....	161
2.2.5.3.	Chequeo de corte actuante y corte resistente.....	162
2.2.5.4.	Determinación del momento flector en la base.....	163
2.2.5.5.	Determinación de acero de refuerzo principal.....	163
2.2.5.6.	Determinación de acero por temperatura.....	167
2.2.6.	Diseño de la base.....	169
2.2.6.1.	Prediseño del pie.....	169
2.2.6.2.	Cálculo de empuje.....	169
2.2.6.2.1.	Cálculo de presiones horizontales.....	170
2.2.6.2.2.	Cálculo de cargas totales.....	171
2.2.6.2.3.	Momentos del muro ....	172
2.2.7.	Cálculo de pesos y momentos del muro .....	173
2.2.7.1.	Estabilidad de volteo .....	174
2.2.7.2.	Estabilidad de deslizamiento .....	175
2.2.7.3.	Diseño del diente.....	175
2.2.7.3.1.	Presión pasiva del diente .....	179
2.2.7.3.2.	Chequeo por corte de diente .....	181
2.2.7.3.3.	Chequeo por flexión de diente .....	182
2.2.8.	Chequeo capacidad soporte.....	185

2.2.9.	Diseño del pie .....	185
2.2.9.1.	Chequeo por corte del pie.....	185
2.2.9.2.	Chequeo por flexión del pie .....	188
2.2.10.	Resumen diseño de muro.....	190
2.2.10.1.1.	Refuerzo de cortina ....	190
2.2.10.1.2.	Refuerzo de la base y diente.....	190
2.2.11.	Cálculo del presupuesto .....	192
2.2.12.	Evaluación de impacto ambiental .....	194
2.2.13.	Elaboración de planos y cronograma .....	195
CONCLUSIONES .....		197
RECOMENDACIONES.....		199
BIBLIOGRAFÍA.....		201
APÉNDICES .....		207
ANEXOS .....		241





## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ubicación geográfica San Bartolomé Milpas Altas.....	2
2.	Detalle de costanera 2" x 4" x 1/16" .....	22
3.	Modelo matemático costanera .....	25
4.	Cargas que afectan a la costanera en cada eje .....	26
5.	Distribución de costaneras .....	31
6.	Detalle de costanera doble de 2" x 6" x 1/16".....	32
7.	Esquema de cargas actuantes.....	35
8.	Diagrama de cuerpo libre .....	36
9.	Diagrama de corte del tendal .....	37
10.	Diagrama de momentos del tendal .....	37
11.	Aplicación del momento de fluencia en tendal .....	42
12.	Planta distribución de vigas y columnas.....	45
13.	Elevación eje X .....	45
14.	Elevación eje Y .....	46
15.	Planta área tributaria .....	49
16.	Planta típica ubicación origen $x=0$ , $y=0$ .....	65
17.	Planta típica de excentricidad .....	67
18.	Distribución de carga muerta y carga viva sobre marco eje F.....	69
19.	Diagrama de momentos debido a la carga muerta sobre el marco F, por el método de Kani .....	80
20.	Diagrama de momentos debido a la carga viva sobre el marco F, por el método de Kani .....	86
21.	Modelo tridimensional .....	87

22.	Diagrama de momentos debido a la carga muerta sobre el marco F (kg-m) .....	88
23.	Diagrama de momentos debido a la carga viva sobre el marco F (kg-m) .....	89
24.	Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco A (kg-m) .....	93
25.	Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco F (kg-m) .....	94
26.	Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco 1 (kg-m) .....	95
27.	Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco 3 (kg-m) .....	95
28.	Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco A (kg-m) ....	96
29.	Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco F (kg-m).....	97
30.	Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco 1 (kg-m).....	98
31.	Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco 3 (kg-m).....	98
32.	Diagrama de momentos últimos y cortes actuantes viga entre los ejes 1 – 2, sobre marco F.....	102
33.	Diagrama de momentos últimos y cortes actuantes máximos en eje X .....	109
34.	Diagrama de momentos últimos y cortes actuantes máximos en eje Y .....	110
35.	Detalle de nudo viga - columna .....	128
36.	Diagrama de presión mínima y máxima en zapata .....	132
37.	Diagrama de zapata sometida a corte simple .....	133
38.	Diagrama de zapata sometida a corte punzonante.....	135
39.	Diagrama de análisis de zapata.....	137
40.	Predimensionamiento de muro .....	159
41.	Diagrama de empujes.....	170

42.	Cálculo de pesos y momentos del muro .....	173
43.	Diagrama de presiones bajo la base del muro .....	176
44.	Diagrama de presión a rostro del diente .....	177
45.	Cargas y presiones sobre el diente .....	180
46.	Cargas y presiones sobre los dientes .....	181
47.	Diagrama de cargas y presiones sobre el pie .....	186
48.	Diagrama refuerzo de la cortina .....	191
49.	Diagrama refuerzo de base.....	192

## TABLAS

I.	Resultados del ensayo Límites de Atterberg.....	11
II.	Resultados del ensayo Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo.....	13
III.	Resultados del ensayo Compresión Triaxial .....	14
IV.	Altura recomendada de techos o entrepisos .....	18
V.	Pesos de materiales para cubiertas metálicas .....	21
VI.	Pesos de costaneras de medidas comerciales .....	21
VII.	Propiedades geométricas de costaneras .....	22
VIII.	Resumen de los elementos de la estructura metálica .....	44
IX.	Altura mínima de vigas no preesforzadas .....	47
X.	Integración de cargas para determinación de sección de columnas....	50
XI.	Resumen predimensionamiento de elementos estructurales.....	52
XII.	Coefficiente de sitio $F_a$ .....	56
XIII.	Coefficiente de sitio $F_v$ .....	56
XIV.	Factores $K_d$ de acuerdo al nivel del sismo.....	57
XV.	Fuerzas en marcos eje de análisis X.....	67
XVI.	Fuerzas en marcos eje de análisis Y.....	68
XVII.	Método de Kani para cargas muertas .....	78

XVIII.	Método de Kani para cargas vivas.....	84
XIX.	Comparación de vigas del marco F para la carga muerta .....	90
XX.	Comparación de vigas del marco F para la carga viva .....	90
XXI.	Comparación de columnas del marco F para la carga muerta .....	90
XXII.	Comparación de columnas del marco F para la carga viva .....	91
XXIII.	Momentos por envolvente en vigas .....	99
XXIV.	Momentos por envolvente en columnas .....	99
XXV.	Cortes por envolvente en vigas.....	99
XXVI.	Cortes por envolvente en columnas.....	100
XXVII.	Área de acero en viga 1 – 2, sobre marco F.....	105
XXVIII.	Resumen diseño de vigas.....	107
XXIX.	Resumen diseño de columna .....	124
XXX.	Resumen diseño de zapata .....	139
XXXI.	Altura recomendada de techos o entrepisos.....	139
XXXII.	Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público) .....	142
XXXIII.	Cálculo de unidades Hunter.....	143
XXXIV.	Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (lt/seg).....	144
XXXV.	Diámetro de los sub ramales .....	145
XXXVI.	Diámetro de derivación .....	146
XXXVII.	Porcentaje de prestaciones .....	149
XXXVIII.	Porcentaje de gastos indirectos.....	151
XXXIX.	Porcentaje de factor ayudante .....	151
XL.	Resumen del presupuesto del muro de contención .....	152
XLI.	Cálculo de pesos y momentos del muro .....	174
XLII.	Refuerzo de cortina.....	190
XLIII.	Refuerzo de la base y diente .....	191
XLIV.	Resumen del presupuesto del muro de contención .....	194

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$H$	Altura
$h$	Altura de la sección de un elemento
$\theta$	Ángulo de fricción interna
$A$	Área
$A_g$	Área bruta de la sección transversal de un elemento sin incluir el acero
$A_s$	Área de acero
$A_{sb}$	Área de acero de la barra propuesta
$A_{sc}$	Área de acero en la cortina
$A_{sh}$	Área de acero horizontal en soleras
$A_{smáx}$	Área de acero máxima
$A_{smin}$	Área de acero mínima
$A_{stemp}$	Área de acero por temperatura
$A_{sreq}$	Área de acero requerida
$A_z$	Área de la zapata, vista en planta
$b$	Base de la sección transversal de un elemento
$j$	Brazo entre las resultantes de tensión y la de compresión o distancia desde el centro de fuerzas a compresión al centro de fuerzas a tensión para una distancia $d$ . según sea el caso
$P_{cr}$	Carga axial crítica a la que estará sometida la columna

<b><math>P_o</math></b>	Carga axial máxima que puede resistir la columna cuando no existen excentricidades
<b>CM</b>	Carga muerta
<b><math>P'_x</math></b>	Carga nominal máxima cuando se encuentra presente la excentricidad en el sentido x
<b><math>P'_y</math></b>	Carga nominal máxima cuando se encuentra presente la excentricidad en el sentido y
<b><math>P'_u</math></b>	Carga nominal máxima
<b><math>C_v</math></b>	Carga por viento
<b><math>C_u</math></b>	Carga última o cohesión del suelo, según sea el caso
<b>CV</b>	Carga viva
<b>cm</b>	Centímetro
<b>Cm</b>	Centro de masa
<b>CR</b>	Centro de rigidez o combinaciones de carga, según sea el caso
<b><math>k_a</math></b>	Coefficiente de empuje activo
<b><math>k_p</math></b>	Coefficiente de empuje pasivo
<b><math>\mu</math></b>	Coefficiente de fricción
<b><math>f_a</math></b>	Coefficiente de sitio para períodos de vibración cortos
<b><math>F_a</math></b>	Coefficiente de sitio para períodos de vibración cortos
<b><math>F_v</math></b>	Coefficiente de sitio para períodos largos
<b>C</b>	Coefficiente que depende del período de oscilación sísmica o Carga, según sea el caso
<b><math>C_s</math></b>	Coefficiente sísmico de diseño
<b><math>K'</math></b>	Coefficientes obtenidos en las gráficas para las fallas balanceadas en columnas
<b><math>S_{vd}</math></b>	Componente vertical del sismo de diseño
<b>V</b>	Corte, Corte basal o voltios, según sea el caso
<b><math>\rho_b</math></b>	Cuantía balanceada de acero

$\rho$	Cuantía de acero
$\rho_{tu}$	Cuantía de diseño según el método de Bresler
$\rho_{m\acute{a}x}$	Cuantía máxima de acero
$\rho_{min}$	Cuantía mínima de acero
$\Delta_{ad}$	Deflexión admisible
$D_p$	Deflexión permisible
$\Delta_p$	Deflexión permisible
$D_r$	Deflexión real
$\epsilon_c$	Deformación unitaria del concreto
$Sa(T)$	Demanda sísmica de diseño
$D_f$	Desplante del suelo
$\emptyset$	Diámetro
$m^2$	Dimensional de longitud, metro cuadrado
$m^3$	Dimensional de longitud, metro cúbico
$m$	Dimensional de longitud, metro
$T - m/m$	Dimensional de momento, tonelada metro por cada metro
$Kg$	Dimensional de peso, kilogramo
$Ton$	Dimensional de peso, tonelada
$d$	Distancia entre la fibra extrema de compresión al centroide del refuerzo de tensión
$F'_m$	Distribución uniforme de la fuerza por nivel en un mismo sentido entre cada uno de los marcos correspondientes al mismo nivel
$E$	Esbeltez de un elemento o módulo de elasticidad del acero, según sea el caso
$V_{act}$	Esfuerzo de corte que es producido por los esfuerzos externos
$V_r$	Esfuerzo de corte que resiste la sección de concreto



$f_b$	Esfuerzo de flexión
$\sigma$	Esfuerzo de flexión
$S$	Espaciamiento medido de centro a centro de unidades tales como refuerzo longitudinal, refuerzo transversal, entre otros; también se refiere al módulo de sección utilizado en el diseño de la estructura metálica, según sea el caso
$t$	Espesor del elemento estructural
$e_d$	Excentricidad de diseño
$e$	Excentricidad
$F_{cu}$	Factor de carga última
$v_{ik}$	Factor de corrimiento
$D_{ik}$	Factor de distribución
$N_c$	Factor de flujo de carga última
$N_q$	Factor de flujo de carga
$\beta_d$	Factor de flujo plástico o Factor de reducción sísmico, según sea el caso
$\mu_{ik}$	Factor de giro
$\delta$	Factor de magnificación o amplificación de momentos
$\Phi$	Factor de reducción de resistencia
$f_c$	Factor de seguridad aplicado al valor soporte último del suelo, varía según el tipo de estructura a implementar
$F_s$	Factor de seguridad
$k$	Factor para calcular el área que trabaja a compresión en muro de contención
$F_m$	Factor por marco
$\beta_1$	Factor que depende del $f'_c$ para el diseño de las columnas

$F_{ni}$	Fuerza por nivel en base al corte basal
$H_n$	Fuerzas de sujeción
$\Psi_i$	Grado de empotramiento o restricción de las columnas
I. P.	Índice plástico
I	Inercia del elemento o potencia eléctrica, según sea el caso
$M'_{ik}$	Influencias de giro
L. L.	Límite líquido
L	Longitud de la sección de un elemento
$L_u$	Longitud libre de la columna entre apoyos
$L_n$	Longitud libre entre apoyos
$E_c$	Módulo de elasticidad del concreto
$E_m$	Módulo de elasticidad del material
$S_{\text{Tabla}}$	Módulo de sección de tablas de diseño
$M_{dx}$	Momento de diseño en "x"
$M_{dy}$	Momento de diseño en "y"
$M_n$	Momento de piso
$M_b$	Momento de volteo
$M_{\text{max}}$	Momento máximo
$M_{nc}$	Momento nominal de flexión en columnas
$M_{nb}$	Momento nominal de flexión en vigas
$M_R$	Momento resistente
$M_u (-)$	Momento último negativo
$M_u (+)$	Momento último positivo
$\bar{M}_{ik}$	Momentos de empotramiento
$MF_{ik}$	Momentos fijos
$S_{1r}$	Ordenada espectral con período de un segundo

$S_{1s}$	ordenada espectral correspondiente a períodos de vibración de 1 segundo; ambos para un amortiguamiento nominal de 5 % del crítico
$S_{cd}$	Ordenada espectral de periodo corto del sismo extremo considerado en el basamento de roca en el sitio de interés
$S_{cr}$	Ordenada espectral de período corto
$S_{cs}$	Ordenada espectral del sismo extremo en el sitio de interés
$T$	Período de oscilación sísmica o esfuerzo de tensión, según sea el caso
$T_a$	Período fundamental de vibración
$T_0$	Período que define el inicio de meseta de períodos cortos del espectro
$T_s$	Período que separa los cortos de los largos
$W_i$	Peso correspondiente al nivel analizado
$P$	Peso del elemento en análisis
$\gamma_m$	Peso específico de la mampostería
$\gamma_s$	Peso específico del suelo
$W_s$	Peso sísmico específico
$W$	Peso total o Carga distribuida, según sea el caso
$P_{ah}$	Presión activa horizontal
$P_{av}$	Presión activa vertical
$q_d$	Presión en el diente
$q_{m\acute{a}x}$	Presión máxima del terreno
$P_p$	Presión pasiva o peso propio, según sea el caso
$q_{dis}$	Presión última de diseño
$r$	Radio de giro de la sección transversal

<b>R</b>	Radio de giro, utilizado para el cálculo de esbeltez en las columnas o Reacción en el punto de apoyo, según sea el caso
<b><math>\gamma</math></b>	Relación entre el área transversal encerrada por el refuerzo longitudinal en las columnas y el área total de la sección transversal de la columna, valor que se utiliza para seleccionar la gráfica de interacciones o peso del material, según sea el caso
<b><math>P_n</math></b>	Resistencia axial nominal de la sección
<b><math>f'_c</math></b>	Resistencia mínima a compresión del concreto bajo un tratamiento de fraguado adecuado después de 28 días
<b><math>F_y</math></b>	Resistencia nominal a tensión del acero estructural
<b>K</b>	Rigidez de un elemento o factor de longitud efectiva, según sea el caso
<b><math>R_i</math></b>	Rigidez de un elemento
<b>J</b>	Rigidez rotacional
<b>N</b>	Se refiere a la nomenclatura de la varilla de refuerzo de acero estructural, la cual se da en múltiplos de 1/8"; por ejemplo: N2 es igual a 2/8 " equivalente a una varilla de 1/4 "
<b>N. P.</b>	Se refiere a la nomenclatura No presenta
<b><math>\Sigma R_i</math></b>	Sumatoria de rigideces del marco analizado
<b><math>q_o</math></b>	Valor soporte último de diseño



## GLOSARIO

<b>ACI</b>	<i>Association Concrete Institute.</i>
<b>AGIES</b>	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
<b>Agua potable</b>	Agua sanitariamente segura, adecuada para beber, cuya ingestión no ocasiona efectos nocivos a la salud, además de ser inodora, insípida, incolora y agradable a los sentidos.
<b>AISC</b>	<i>Association Institute of Steel Construction.</i>
<b>Altura</b>	En el diseño estructural se define como el lado paralelo al eje vertical de la sección transversal de un elemento analizado.
<b>ANSI</b>	<i>Association National Standards Institute.</i>
<b>Área tributaria</b>	Teóricamente se define como la zona de acción de las cargas para análisis estructural.
<b>Análisis estructural</b>	Es el uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos que actúan sobre unas estructuras resistentes, como edificaciones o esqueletos resistentes de maquinaria.

<b>Apoyo</b>	Es aquel que impide el movimiento traslacional más no así el movimiento rotacional.
<b>ASONBOMD</b>	Asociación Nacional de Bomberos Municipales Departamentales.
<b>Base</b>	En el diseño estructural se define como el lado paralelo al eje horizontal de la sección transversal.
<b>COGUANOR</b>	Comisión Guatemalteca de Normas.
<b>Columnas</b>	Son elementos estructurales que trabajan principalmente a compresión, se encargan de recibir toda la carga actuante y transmitirla a las cimentaciones.
<b>Confinamiento</b>	Adecuada distribución de estribos en un elemento estructural de concreto armado de acuerdo con los lineamientos de códigos y especificaciones técnicas para un perfecto amarre perimetral de la estructura.
<b>Corte basal</b>	Fuerza sísmica horizontal que actúa en la base empotrada de las edificaciones.
<b>Deflexión</b>	Distancia vertical entre la posición inicial del eje neutro y las posiciones instantáneas que toma, medidas en el lugar de mayor diferencia del elemento estructural.
<b>Demografía</b>	Ciencia cuyo objeto de estudio es la población.

<b>Desplante</b>	Profundidad de la cimentación medida desde la superficie del suelo hasta la parte superior de la misma.
<b>Diseño estructural</b>	Dimensionar un sistema estructural que equilibre las fuerzas a las que va a estar sometido, y resistir las solicitaciones sin colapso o mal comportamiento (excesivas deformaciones).
<b>DMM</b>	Dirección Municipal de la Mujer.
<b>DMP</b>	Dirección Municipal de Planificación.
<b>Eje</b>	Centro geométrico de un elemento estructural.
<b>Envolvente de momentos</b>	Combinación de cargas mayoradas con la cual se procede al diseño estructural.
<b>EOUM</b>	Escuela Oficial Urbana Mixta.
<b>EPS</b>	Ejercicio profesional supervisado.
<b>Factor de distribución</b>	Utilizado en el método de Kani para distribuir con base a las rigideces, los momentos hacia los nudos.
<b>FHA</b>	Instituto de Fomento de Hipotecas.
<b>Flexión</b>	Esfuerzo debido a un momento actuante sobre el eje transversal de una estructura.



<b>Flexo-compresión</b>	Se refiere a los elementos estructurales sometidos a esfuerzos de flexión y compresión en la misma acción.
<b>Fuerza cortante</b>	Resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma.
<b>IGSS</b>	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
<b>Luz</b>	Distancia libre entre apoyos.
<b>Mampostería</b>	Aparejo de un muro realizado con mampostes prefabricados de dimensiones establecidas colocadas en orden y en unión de soga o canto, unidas con aditivos o mezcla de materiales aglomerantes o cementantes.
<b>MARN</b>	Ministerio de Ambientes y Recursos Naturales.
<b>Módulo de sección</b>	Propiedad geométrica de un elemento estructural que determina sus dimensiones para la resistencia a la carga aplicada.
<b>Momento flector</b>	Sistema formado por dos fuerzas paralelas de dirección contraria e igual magnitud.
<b>Nudo</b>	Punto donde convergen los elementos tales como vigas y columnas.
<b>PEM</b>	Profesorado en Educación Media.

<b>Peralte</b>	Distancia desde la fibra extrema de un elemento hasta el centroide de la sección transversal del refuerzo longitudinal opuesta a dicha fibra.
<b>PNC</b>	Policía Nacional Civil.
<b>PMT</b>	Policía Municipal de Tránsito.
<b>Recubrimiento</b>	Protección de concreto que se le da a las estructuras o armaduras de acero para evitar que se deterioren por causas externas o climáticas ajenas a la estructura.
<b>Refuerzo</b>	Acero necesario para resistir los esfuerzos de flexión y corte de los elementos estructurales de concreto armado.
<b>Sismo</b>	Movimiento vibratorio que se origina en el interior de la tierra y que se propaga en todas direcciones en forma de ondas elásticas, denominadas ondas sísmicas.
<b>Suelo</b>	Todo material sin consolidar en el lecho rocoso.
<b>USAC</b>	Universidad de San Carlos de Guatemala.
<b>Vigas</b>	Elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Encargados de transmitir las cargas de piso hacia las columnas o apoyos.

**Zapatas**

Elementos estructurales encargadas de recibir las cargas de toda la estructura superior y transmitir las al suelo que las soporta.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación muestra el proceso de selección, diseño y planificación de dos proyectos de ingeniería civil, el primero es el diseño de un salón de acopio para emergencias y el segundo proyecto es un muro de contención, proyectos que se ubicarán en la parte posterior del Anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta (EOUM) de primaria “Lázaro Axpucaca” en la 2ª. Avenida final zona 1 del municipio de San Bartolomé Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez.

Se expone la fase de investigación realizada en la municipalidad, apoyado de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) que contiene la monografía del municipio y aspectos sobre las necesidades básicas del municipio y la priorización de los proyectos que han dado lugar a este informe.

Basado en las necesidades se describe cada uno de los proyectos antes mencionados; para el proyecto del salón de acopio de emergencias se realizó el análisis y diseño estructural para un área de 144,00 metros cuadrados, para el segundo proyecto se muestra el diseño y memoria de cálculo del muro de contención en voladizo con mampostería reforzada. Para ambos proyectos se realizó el estudio ambiental inicial, cronogramas de trabajos, presupuestos y planos de obra.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Contribuir con el desarrollo del municipio por medio de la aplicación de proyectos de ingeniería civil que cumplan con los requisitos y que beneficien a los pobladores, comerciantes y visitantes, dando solución a problemas en la comunidad y mejorando la calidad de vida.

### **Específicos**

1. Proveer del estudio necesario para la realización de un salón de acopio para emergencias, en el municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez.
2. Crear un área amplia y segura, a través del estudio y diseño de un muro de contención, en el anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta “Lázaro Axpucá”.
3. Promover una mejora del municipio con infraestructura, debidamente diseñada.
4. Aplicar los conocimientos teóricos y técnicos de ingeniería civil adquiridos en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).



## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de graduación presenta el informe detallado con estudios preliminares, memorias de cálculo y procedimientos de dos proyectos de ingeniería civil, basados en las necesidades evaluadas en el Municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez.

El primer proyecto es el desarrollo de la descripción, análisis y diseño estructural de un salón de acopio para emergencias, debido a que actualmente no se cuenta con infraestructura destinada para este uso. Se realizaron estudios de suelos y se definió una estructura metálica liviana para la cubierta, siendo portada por columnas, vigas y zapatas concéntricas de concreto; los cerramientos serán de mampostería aislada a la estructura portante; se contemplaron instalaciones sanitarias, agua potable, drenajes, fuerza e iluminación.

Para el segundo proyecto se diseñó un muro de contención basado en la teoría del voladizo desarrollando estudio de suelos, análisis de empujes de tierras, drenajes y se definió el uso de mampostería reforzada.

Para ambos proyectos se realizó el estudio ambiental inicial, cronogramas de trabajo, presupuesto del proyecto y planos de obra.





# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de San Bartolomé Milpas Altas**

A continuación, en los siguientes apartados se describe la monografía del municipio de San Bartolomé Milpas Altas.

### **1.1.1. Generalidades**

Entre las generalidades se encuentra: la geografía, límites y colindancias, fisiografía, servicios, transporte, entre otros.

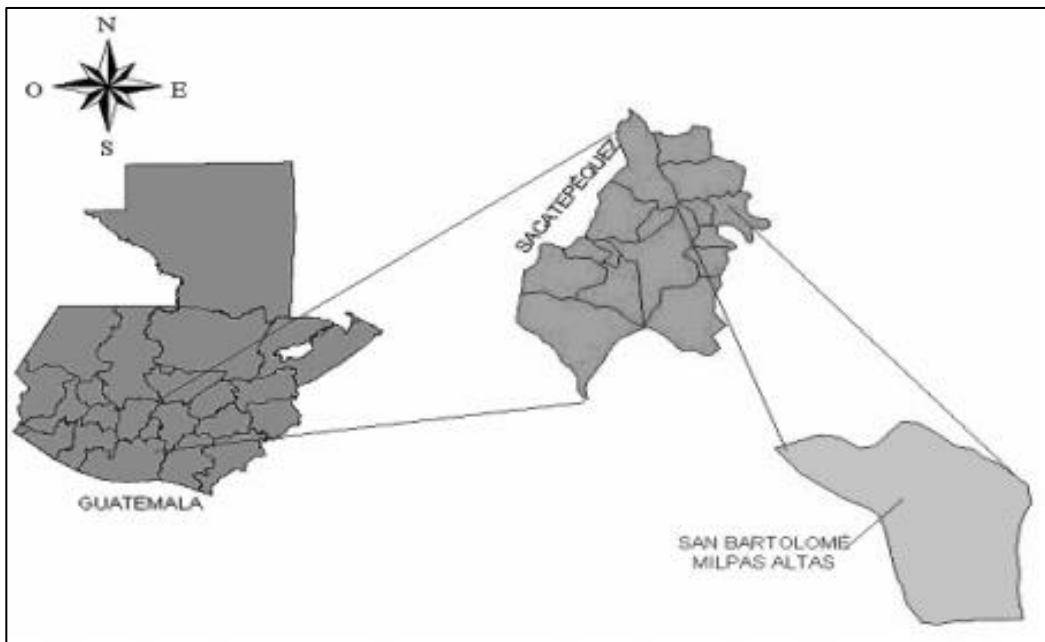
#### **1.1.1.1. Localización geográfica**

El Municipio de San Bartolomé Milpas del departamento de Sacatepéquez, se encuentra entre el kilómetro 30 y 30 ½ de la carretera CA-1 hacia la Ciudad Capital, a 1 kilómetro al este se comunica con la carretera nacional 10, la distancia a la cabecera departamental es de 16 kilómetros, ubicado 14°36'23" Latitud Norte y 90°40'45 " Longitud Oeste, a una altura de 2,090 metros sobre el nivel del mar, se localiza dentro de la cuenca hidrográfica del río Achíguate y la sub cuenca Guacalate, las cuales vierten sus aguas al Pacífico. El municipio está comprendido en la región V. Centro, según la organización administrativa del país.

### 1.1.1.2. Límites y colindancias

Colinda al norte con Santiago Sacatepéquez; al este con San Lucas Sacatepéquez; al sur con Santa Lucía Milpas Altas y al oeste con Sumpango Sacatepéquez y Antigua Guatemala, todos del departamento de Sacatepéquez.

Figura 1. **Ubicación geográfica San Bartolomé Milpas Altas**



Fuente: Dirección Municipal de Planeamiento. *Ubicación geográfica*. San Bartolomé Milpas Altas. (Archivo digital, ubicación C:\Users\MuniSanBartolome\Planeamiento\Pictures\Camera).

Consulta: enero 2020.

### 1.1.1.3. Fisiografía

Los aspectos de fisiografía del municipio según un estudio realizado para la Municipalidad en el año 1990 dieron como resultado: 270 hectáreas de colinas con ondulaciones y escarpados, con relieves fuertes y pendientes que varían del

30 % al 60 %; 240 hectáreas de pie de monte con relieves ondulados y pendientes que varían del 15 % al 20 %; 190 hectáreas de valle con relieve ondulado y plano y pendientes que varían del 5 % al 10 %.

#### **1.1.1.4. Servicios**

El Municipio cuenta con un puesto de salud, clínicas privadas, un centro materno infantil que actualmente se encuentra en fase de equipamiento; en seguridad con Policía Municipal de Tránsito (PMT), una estación de Policía Nacional Civil (PNC), Asociación Nacional de Bomberos Municipales Departamentales (ASONBOMD); Registro Nacional de las Personas (RENAP); Dirección Municipal de la Mujer (DMM); Guardería Municipal; cajero automático ubicado en mercado municipal; agua potable y drenajes; energía eléctrica; mercado municipal, servicio de internet y telefonía, entre otros.

#### **1.1.1.5. Transporte**

En el interior del municipio es muy común el uso de transportes inapropiados como los denominados bici-taxis y moto-taxis, los cuales prestan el servicio debido a las dimensiones de las calles por las cuales no podría transitar transporte extraurbano, para ello se transportan a la periferia del municipio, en la carretera CA-1 se pueden abordar buses hacia Chimaltenango, San Lucas u otros destinos como Quiché, Quetzaltenango, Sololá, Ciudad de Guatemala, entre otros.

### **1.1.2. Aspectos sociales**

Entre los aspectos sociales se tienen: demografía, densidad poblacional, entre otros.

### **1.1.2.1. Demografía**

Se refiere al estudio estadístico de la población del lugar en estudio, según su estado y distribución en un momento determinado o según su evolución histórica.

#### **1.1.2.1.1. Población**

Para el municipio de San Bartolomé Milpas Altas, según el censo elaborado por el INE en el año 2002, la población total en el municipio es de 5 291 habitantes de todas las edades, de los cuales 2 586 son hombres y 2 705 mujeres. Debido a que aún no se poseen datos del último censo nacional realizado por el INE en el 2019 se ha revisado el documento más reciente de estimaciones de la población total por municipio. El período 2008 – 2020 del Instituto Nacional de estadística proyecta que para el 2019 la población es de 11,190 habitantes.<sup>1</sup>

#### **1.1.2.1.2. Crecimiento poblacional**

El crecimiento poblacional del año 2002 al 2008 equivale a un 40 % del total de la población, es decir 2 089 pobladores en un periodo de 6 años, y 348 anuales. Para el año 2008 el Ministerio de Salud y Asistencia Social reporta en 7 382 lo que hace una diferencia de 2 pobladores más que la proyección realizada por el INE. El crecimiento acelerado es resultado de la migración de habitantes de la capital hacia San Lucas Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas en busca de lugares donde vivir, convirtiendo al municipio en una ciudad dormitorio.<sup>2</sup>

#### **1.1.2.1.3. Condiciones de vida**

En relación con la calidad de vida de los habitantes de San Bartolomé Milpas Altas, que mide el bienestar, felicidad y satisfacción, el municipio se encuentra ubicado en el puesto 303 a nivel nacional, y se encuentra dentro de un rango catalogado como muy alto (SEGEPLAN 2008). A lo anterior se puede agregar que la pobreza (19,56 % de la población) y la extrema pobreza (0,78 % de la población). Por lo que se considera que la pobreza es muy baja en relación con el nivel nacional.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadística. *Guatemala: Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2008-2020.* (al 30 de junio). p. 10.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> *Ibíd.*

### **1.1.2.2. Religión**

La mayor parte de la población del Municipio es de religión católica y cuentan con una iglesia frente al parque central, la cual es dedicada al Apóstol San Bartolomé del mismo nombre del municipio con fiesta titular al patrono el 24 de agosto, también poseen una cofradía dedicada a la Virgen del Rosario la cual es venerada en el mismo templo y realizan actividades propias el 8 de octubre. También existen iglesias evangélicas protestantes donde se reúnen algunos pobladores.

### **1.1.2.3. Educación**

El municipio cuenta con el servicio de educación pública a través de la Escuela Oficial Urbana Mixta (EOUM) “Lázaro Axpucá”; Instituto de Educación por Cooperativa (IEC) y colegios privados, ofreciendo los niveles de preprimaria, primaria, básicos y diversificado.

Con el apoyo de la Municipalidad y la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), actualmente se imparten las carreras de Profesorado en Educación Media (PEM) de la Facultad de Humanidades, en la modalidad de fines de semana, lo cual permite que los educadores de la región se formen profesionalmente, esto contribuye con el crecimiento académico y económico de los habitantes, mejorando la calidad en el sistema educativo del municipio.

### **1.1.3. Diagnóstico sobre las necesidades básicas del Municipio**

Para obtener el diagnóstico de las necesidades básicas se realizaron sondeos, los cuales se detallan a continuación.

#### **1.1.3.1. Descripción de las necesidades**

Actualmente el municipio de San Bartolomé Milpas Altas se encuentra en etapa de desarrollo en áreas como: la salud, educación, infraestructura, entre otros. Las principales necesidades del municipio son: mejoramiento y equipamiento del centro de salud, búsqueda de espacios disponibles para el diseño de un rastro municipal, adoquinamiento de calles de terracería, diseño y construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales, diseño y construcción de un salón de acopio para emergencias, diseño y construcción de muro de contención para el anexo a la escuela “Lázaro Axpucá”, introducción de agua potable y drenajes en algunas viviendas del municipio.

#### **1.1.3.2. Priorización de las necesidades**

Algunos de los proyectos anteriormente mencionados se encuentran en procesos administrativos para su debida aprobación y otros en construcción, aunque algunos proyectos son altos en costos y deben ser evaluados por las entidades correspondientes.

Los proyectos que se han priorizado son:

- Diseño de centro de acopio para emergencias: debido a la carencia de un área adecuada para el acopio y almacenamiento de insumos o productos

de primera necesidad como alimentos clasificados, granos básicos, entre otros.

- Diseño de muro de contención: ubicado en un área vulnerable y que en conjunto con el proyecto anterior se complementarán y se podrá habilitar el espacio necesario para proyectar las soluciones a las necesidades planteadas.

Ambos proyectos se plantean para el anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta (OEUM) de primaria “Lázaro Axpucá”.





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

### **2.1. Diseño de salón de acopio para emergencias**

En los siguientes incisos se describen los procedimientos y las metodologías empleadas para el diseño del salón de acopio.

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

El proyecto consiste en la edificación de un salón de acopio para emergencias en el cual se pueda recibir, empacar y entregar productos de diversas especies, con el fin de suministrarlos a personas que hayan sido víctimas de desastres.

El salón de acopio tendrá como prioridad la captación de donaciones de artículos de primera necesidad, tales como:

- Víveres y alimentos.
- Ropa.
- Calzado.
- Artículos de aseo y limpieza personal.
- Medicamentos.

#### **2.1.2. Selección del sistema estructural**

Teniendo en cuenta las necesidades de espacio que requiere el proyecto del salón de acopio se ha seleccionado el sistema estructural de marcos rígidos

de concreto reforzado establecido como “sistema E1 en el inciso 1.6.2 (a) del AGIES NSE 3 2018 actualización 15/07/2020”<sup>4</sup>, conformado por vigas y columnas que soportan la carga vertical y las cargas horizontales a las que estará expuesta la edificación, el diafragma de la estructura es considerado sin rigidez de acuerdo con el inciso 1.7.3 del AGIES NSE 3 2018 actualización 15/07/2020, siendo una cubierta de estructura metálica debidamente arriostrada; a la cual se realizarán cálculos para demostrar la capacidad de transmitir cortantes en su propio plano; la carga será transmitida al suelo a través de zapatas aisladas, el cerramiento será de muro tabique en el perímetro externo a la estructura principal de concreto, el cual no estará diseñado para soportar cargas específicas solamente el peso propio de dicho muro.

Para el diseño estructural de los marcos rígidos se utilizaron los códigos vigentes para Guatemala basado de las Normas de Seguridad Estructural (NSE) 2018 actualización 15/07/2020 de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), Requisitos de Reglamento para concreto estructural y comentario de *American Concrete Institute* por sus siglas en inglés ACI 318S-19 y con la filosofía de método de diseño por factores de carga y resistencia, *Load and Resistance factor design* por sus siglas en inglés LRFD

Para el diseño de la cubierta de estructura metálica se aplicó la filosofía de método de diseño por esfuerzos permisibles, *Allowable stress design* por sus siglas en inglés ASD, Normas de Seguridad Estructural (NSE) 2018 actualización 15/07/2020 de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES) y el manual de construcción en acero *Steel Construction manual* del Instituto Americano de la Construcción en Acero *American Institute of Steel Construction*, por sus siglas en inglés AISC.

---

<sup>4</sup> AGIES. NSE 3. *Diseño estructural de edificaciones*. p. 1-12.

### 2.1.3. Estudios preliminares

Son todos aquellos que se realizan antes de elaborar una propuesta o diseño.

#### 2.1.3.1. Estudios de suelos

Para determinar las características del suelo donde se realizará el salón de acopio y el muro de contención, como el valor soporte de suelo, se realizaron los ensayos de límites de Atterberg, granulometría y compresión triaxial, ver anexo 1.

Para el ensayo de Límites de Atterberg se obtuvo el espécimen del material extraído como una muestra inalterada de 1 pie cúbico a profundidad de 1,00 m, al espécimen obtenido se le practicó el ensayo de Límites de Atterberg, según las normas AASHTO T-89 y T-90, respectivamente para la determinación del límite líquido, límite plástico y la clasificación del suelo, el cual fue practicado en el laboratorio de mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), ver anexo 1, los resultados obtenidos se muestran en la tabla I.

Tabla I. **Resultados del ensayo Límites de Atterberg**

Resultados del ensayo Límites de Atterberg					
Ensayo No.	Muestra No.	L.L.	I.P.	Clasificación	Descripción del suelo
1	1	N.P.	N.P.	CL	Limo color café

Fuente: elaboración propia, con base en el ensayo Límites de Atterberg, CII.

La interpretación de los resultados del ensayo de límites de Atterberg, define que la muestra proporcionada es un limo color café, y por la clasificación CL que es un suelo de grano fino en los cuales también se encuentran arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras. El espécimen no presentó Límite Líquido e Índice Plástico.

Es necesario considerar la realización del ensayo de Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo, para conocer los porcentajes de materiales y determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de granos presentes en la masa de suelo proporcionada. Se obtuvo el espécimen del material extraído como una muestra inalterada de 1 pie cúbico a profundidad de 1,00 metro, a la muestra obtenida se le practicó el ensayo de “Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso”<sup>5</sup>, según la norma COGUANOR NTG 41010-h1, el cual fue practicado en el laboratorio de mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), ver anexo 1, los resultados obtenidos se muestran en la tabla II.

---

<sup>5</sup> Norma Técnica Guatemalteca. *COGUANOR NTG 41010-h1: Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. p. 3 – 15.

Tabla II. **Resultados del ensayo Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo**

Resultados del ensayo Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo	
Grava	0,00 %
Arena	35,28 %
Fino	64,72 %
S.C.U.	ML
P.R.A.	A-4
Descripción del suelo	Limo color café

Fuente: elaboración propia, con base en el ensayo de Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo, CII.

La interpretación de los resultados del ensayo Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo describe y confirma el tipo de suelo como limo color café, siendo un suelo de grano fino en los cuales también se encuentran Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad. Por su clasificación A-4 el suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, por la granulometría se considera como un suelo bueno a regular.

Para el ensayo de compresión triaxial se excavó un pozo con una profundidad de 1,00 metro, del cual se extrajo una muestra inalterada de 1 pie cúbico, y se obtuvieron tres probetas de 2,50 pulgadas de diámetro y 5,00 pulgadas de alto, al centro de la muestra inalterada, quedando la profundidad de la probeta a 1,15 m, a las probetas se les practicó el ensayo de compresión triaxial, no drenada, no consolidada; según la norma ASTM D-2850, el cual fue practicado en el laboratorio de mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), ver anexo 1, los resultados obtenidos se muestran en la tabla III.

Tabla III. **Resultados del ensayo Compresión Triaxial**

Resultados del ensayo Compresión Triaxial			
Probeta No.	1	2	3
Presión lateral (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
Desviador en rotura q (T/m <sup>2</sup> )	28,46	36,61	53,20
Presión intersticial u (T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
Deformación en rotura Er(%)	1,3	1,8	3,6
Densidad seca (T/m <sup>3</sup> )	1,05	1,05	1,05
Densidad húmeda (T/m <sup>3</sup> )	1,49	1,49	1,49
Humedad (%)	42,33	42,33	42,33
Angulo de Fricción interna	$\phi = 26,87^\circ$		
Cohesión (Cu)	6,21 T/m <sup>2</sup>		

Fuente: elaboración propia, con base en el ensayo de Compresión Triaxial, CII.

En la interpretación de estos resultados es necesario utilizar la ecuación de Terzaghi, para calcular la capacidad soporte del suelo.

Datos para calcular el valor soporte del suelo:

$$\text{Ángulo de fricción interna } (\phi) = 26,87^\circ$$

$$\text{Cohesión (Cu)} = 6,21 \text{ T/m}^2$$

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

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

$$\text{Peso específico del suelo } \gamma_s = 1,49 \text{ T/m}^3$$

$$\text{Desplante } D_f = 1,15 \text{ m}$$

Descripción del suelo = Limo color café

Para efectos de cálculo y por seguridad, se aplicará un factor de 3 al ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) y a la cohesión (Cu).

$$\phi = \frac{26,87^\circ}{3} = 8,96^\circ$$

$$C_u = 2,07 \text{ T/m}^2$$

- Factores de profundidad

$$d_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{D_f}{B}\right) * \tan\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$d_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{1,15 \text{ m}}{1,00 \text{ m}}\right) * \tan\left(45^\circ + \frac{8,96^\circ}{2}\right) = 1,27$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 * \left(\frac{D_f}{B}\right) * \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0,1 * \left(\frac{1,15 \text{ m}}{1,00 \text{ m}}\right) * \tan\left(45^\circ + \frac{8,96^\circ}{2}\right) = 1,13$$

- Factores de profundidad

$$s_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{B}{L}\right) * \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$s_c = 1 + 0,2 * \left(\frac{1,00 \text{ m}}{1,00 \text{ m}}\right) * \tan^2\left(45^\circ + \frac{8,96^\circ}{2}\right) = 1,27$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0,2 * \left(\frac{B}{L}\right) * \tan^2\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0,2 * \left(\frac{1,00 \text{ m}}{1,00 \text{ m}}\right) * \tan^2\left(45 + \frac{8,96^\circ}{2}\right) = 1,14$$

- Factores de carga

$$N_q = e^{\pi * \tan \phi} * \left(\frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}\right)$$

$$N_q = e^{\pi * \tan 8,96^\circ} * \left(\frac{1 + \sin 8,96^\circ}{1 - \sin 8,96^\circ}\right) = 2,25$$

$$N_c = (N_q - 1) * (\cot \phi)$$

$$N_c = (2,25 - 1) * (\cot 8,96^\circ) = 7,90$$



$$N_{\gamma} = 1,5 * (N_q - 1) * (\tan \phi)$$

$$N_{\gamma} = 1,5 * (2,25 - 1) * (\tan 8,96^{\circ}) = 0,29$$

$$q_o = D_f * \gamma_s$$

$$q_o = 1,15 \text{ m} * 1,490,00 \text{ kg/m}^3 = 1,713,50 \text{ kg/cm}^2 = 1,71 \text{ T/m}^2$$

$$V_s = (C_u * N_c * d_c * s_c) + (q_o * N_q * d_q * s_q) + \left( \frac{1}{2} * B * \gamma_s * N_{\gamma} * d_{\gamma} * s_{\gamma} \right) \quad [6]$$

$$V_s = (2,07 * 7,90 * 1,27 * 1,27) + (1,71 * 2,25 * 1,13 * 1,14)$$

$$+ \left( \frac{1}{2} * 1,00 * 1490,00 * 0,29 * 1,13 * 1,14 \right)$$

$$V_s = 31,70 \text{ T/m}^2$$

Se aplicará factor de seguridad de  $f_c=2$ , debido a que se conoce con certeza sobre las condiciones del suelo y los datos para los cálculos, adicionalmente la capacidad de carga sin factor de seguridad del suelo es buena y la edificación a diseñar será de un nivel.

$$V_s = \frac{31,70 \text{ T/m}^2}{2} = 15,85 \text{ T/m}^2$$

#### 2.1.4. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico tiene como cometido satisfacer las demandas de una forma adecuada y una correcta distribución de los ambientes basado en las dimensiones disponibles.

---

<sup>6</sup> TERZAGHI, Karl; BECK, Ralph B. *Mecánica de suelos en la práctica de la ingeniería*. p. 218.

#### **2.1.4.1. Ubicación del edificio**

El edificio estará ubicado en la parte posterior del Anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta de primaria “Lázaro Axpucaca”, el cual tendrá acceso a través del ingreso de la escuela por la 2ª. Avenida final zona 1 y por la 0 avenida zona 1, siendo esta última la mejor opción por la cercanía desde el ingreso hasta la futura edificación del salón.

#### **2.1.4.2. Distribución de ambientes**

Contará con suficiente espacio físico debidamente identificado, área de recepción, selección, conteo, clasificación, empaque, carga y salida además debe ser ventilado, iluminado, techado y debe contar con instalaciones sanitarias para comodidad de los usuarios. Para casos de emergencia se utilizará el área de estacionamiento del Centro de Atención Materno Infantil (CAIMI), el cual se encuentra a un costado de la escuela.

#### **2.1.4.3. Altura del edificio**

La altura del edificio de piso a solera corona, será de 4,00 metros más la cumbrera, el punto donde finalizarán las dos aguas y cada una tiene una pendiente del 25 %, con la cual alcanza una altura de 5,00 metros.

A continuación, se muestra una propuesta de las alturas recomendadas para edificios de uso público en los municipios de la República de Guatemala.

Tabla IV. **Altura recomendada de techos o entrepisos**

Altura recomendada de techos o entrepisos (m)		
Tipo de proyecto	Clima templado o frío	Clima cálido
Edificio Municipal	2,65	3,00
Mercados		
Locales fijos	2,65	3,00
Piso de plaza cubierto	3,50	3,50 a 5,00
Centro de uso comunitario		
Salón social	4,00	5,00 a 5,75
Salón social + deportivo	6,00 libres en cancha	igual criterio
Otros ambientes	2,75	3,20

Fuente: JORDÁN ZABALETA, Mario Rene. *Propuesta de normas de diseño para edificios de uso público en los municipios de la república de Guatemala*. p. 49.

#### 2.1.4.4. Ventilación

Los ventanales se ubicarán para permitir una ventilación cruzada, constante y controlada por medio de un mecanismo manual. La superficie mínima estimada del área total de ventanas para la ventilación será 1/6 del área de piso<sup>7</sup>.

#### 2.1.4.5. Iluminación

La iluminación del salón de acopio es importante para el debido desarrollo de las actividades propias para la administración de los productos, para ello se aprovechará la iluminación natural utilizando los ventanales, pero se evitará la iluminación cenital a través de la cubierta, por el calor que provoca, la radiación solar puede ocasionar daño en algunos víveres, medicamentos o productos que formarán parte del inventario del salón de acopio.

<sup>7</sup> GONZÁLEZ LECHE, Stefania. *Diseño de un salón de usos múltiples para la Escuela Nacional Urbana Mixta doctora María Isabel Escobar del municipio de Mixco, departamento de Guatemala*. p. 14.

Por el motivo antes expuesto no se podrá utilizar la iluminación natural toda la jornada, así que es necesario recurrir a la iluminación artificial, por las condiciones de uso del lugar se requiere 200 lúmenes.

#### **2.1.4.6. Tipo de estructura**

Actualmente existen varios tipos de estructuras que pueden utilizarse para los diferentes proyectos, para lo cual se evaluaron aspectos como: forma, dimensión, funcionalidad, economía, tipo de suelo.

Para este caso, el salón será construido con marcos estructurales de concreto reforzado, los cerramientos serán tipo tabique por lo que no serán diseñados para soportar estructuras adicionales considerando bloques de mampostería y la cubierta se realizará con estructura metálica con techo a dos aguas.

#### **2.1.5. Análisis y diseño estructural de la cubierta metálica**

La cubierta metálica se diseñará con acero A36 y es la parte de la estructura que se encarga del cierre superior de la edificación y protege de las inclemencias del clima, tales como la lluvia, el sol, entre otros. Para el diseño de los elementos estructurales que conforman la cubierta se analizarán las cargas que afectan respectivamente al elemento a través del método de diseño por esfuerzos permisibles, *allowable stress design*, por sus siglas en inglés ASD, aplicables a elementos de estructura metálica requeridos en las especificaciones del Instituto Americano de la Construcción en Acero, *American Institute of Steel Construction*, por sus siglas en inglés AISC.

### **2.1.5.1. Análisis y diseño de costaneras**

Para el análisis del diseño de las costaneras se utilizó el código del Instituto Americano de la Construcción en Acero.

#### **2.1.5.1.1. Carga muerta**

El diseño de la estructura de la cubierta metálica requiere la estimación de pesos y cargas de los elementos que la conforman, los pesos y cargas exactas se conocen hasta que se realiza el análisis estructural, se proponen elementos estructurales y se efectúan los chequeos requeridos para cada elemento estructural; luego se determinan y comparan los pesos y cargas estimadas, de ser necesario se realizan cambios para efectuar un diseño más preciso.

Las cargas muertas comprenden las cargas de los elementos estructurales, en general se considera el peso de la estructura, pisos, rellenos, cielos, ventanas, muros tabiques, instalaciones en cubiertas, equipos fijos, entre otros.

La separación entre costaneras se considerará de cuatro pies debido a la comodidad y seguridad requerida para la instalación los elementos estructurales en la cubierta.

A continuación, se muestran los pesos de los elementos estructurales comúnmente utilizados en cubiertas de estructura metálica y las propiedades geométricas de diferentes tipos de costaneras.

Tabla V. **Pesos de materiales para cubiertas metálicas**

Pesos de materiales para cubiertas metálicas	
Descripción	Peso (lb/pie <sup>2</sup> )
Lámina	
Galvanizada	1,00
Troquelada	1,00
Fibroceso (duralita)	3,00
Cielo falso	
Fibroceso	3,00
Fibra mineral o duroport	1,00

Fuente: PAREDES RUIZ, Paola Anaite. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. p. 25.

Tabla VI. **Pesos de costaneras de medidas comerciales**

Pesos de costaneras de medidas comerciales		
Dimensiones	Longitud (pies)	Peso (lb/pie <sup>2</sup> )
3" x 2" x 1/16"	20	1,50
4" x 2" x 1/16"	20	1,70
5" x 2" x 1/16"	20	1,90
6" x 2" x 1/16"	20	2,10
8" x 2" x 1/16"	20	2,40

Fuente: COTÍ DÍAZ, Iván Alejandro. *Diseño de salón de usos múltiples, área recreativa y deportes, y pavimento del acceso principal, para la Colonia El Maestro, Quetzaltenango*. p. 10.

Tabla VII. **Propiedades geométricas de costaneras**

Propiedades geométricas de costaneras						
Dimensiones	Espesor t (pulg)	Área (pulg <sup>2</sup> )	Ix (pulg <sup>4</sup> )	Iy (pulg <sup>4</sup> )	Sx (pulg <sup>3</sup> )	Sy (pulg <sup>3</sup> )
a=4" b=2" c=1/2"	0,0625	0,44	1,79	0,0001	0,51	0
a=5" b=2" c=1/2"	0,0625	0,50	2,67	0,0002	0,67	0,01
a=6" b=2" c=1/2"	0,0625	0,56	3,80	0,0002	0,84	0,01
a=7" b=2" c=1/2"	0,0625	0,63	5,21	0,0002	1,04	0,01
a=8" b=2" c=1/2"	0,0625	0,69	6,93	0,0002	1,26	0,01
a=9" b=2" c=1/2"	0,0625	0,75	9,00	0,0002	1,50	0,01
a=10" b=2" c=1/2"	0,0625	0,81	11,44	0,0003	1,76	0,01

Fuente: COTÍ DÍAZ, Iván Alejandro. *Diseño de salón de usos múltiples, área recreativa y deportes, y pavimento del acceso principal, para la Colonia El Maestro, Quetzaltenango*. p. 10.

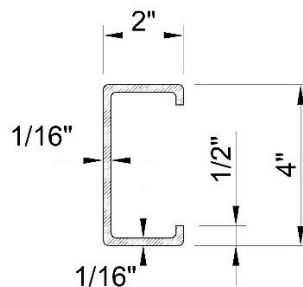
$$\text{Peso lámina} = 1 \text{ lb/pie}^2$$

$$\text{Separación entre costaneras} = 4 \text{ pies}$$

- Peso propio

Suponiendo una costanera de 2" x 4" x 1/16".

Figura 2. **Detalle de costanera 2" x 4" x 1/16"**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$\gamma_{\text{acero}} = 7,85 \text{ T/m}^3 = 490,00 \text{ lb/pie}^3$$

$$P_p = [(2 * \text{base}) + \text{peralte}] * \text{espesor} * \text{peso específico}$$

$$P_p = \left[ \left( 2 * \frac{2}{12} \right) \text{pie} + \frac{4}{12} \text{pie} \right] * \frac{1/16}{12} \text{pie} * 490 \text{ lb/pie}^3$$

$$P_p = 1,70 \text{ lb/pie}$$

### 2.1.5.1.2. Carga por instalaciones

La carga por instalaciones es aquella que se considera que actuará de forma permanente bajo la cubierta metálica, tales como las instalaciones eléctricas. Considerar el “12 % de la carga muerta y no menor a 0,5 lb/ft<sup>2</sup>”<sup>8</sup>.

$$12 \% C_{cm1} = 0,12 * 1 \text{ lb/pie}^2 = 0,12 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_{ins} = 0,50 \text{ lb/pie}^2 \text{ (Crítico)}$$

### 2.1.5.1.3. Carga por viento

Para determinar la presión básica por viento, se utilizará la expresión 5.3.2-1 del inciso 5.3.2 de la norma AGIES NSE 2 2018 actualización 15/07/2020.

$$C_{viento} = 0,004819 v^2$$

$$v = 100 \text{ km/h}$$

Se utilizará  $V = 100 \text{ km/h}$ , basado en el mapa de zonificación por viento de Guatemala, sección 5.2.2 (b) de la norma AGIES NSE 2 2018 actualización 15/07/2020.

---

<sup>8</sup> RUIZ SAMAYOA, Juan Miguel. *Diseño de la edificación de dos niveles para centro de salud en la cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad San Rafael Cacaoatal, municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla.* p. 51.



$$C_{\text{viento}} = 0,004819 * (100)^2 = 48,19 \text{ kg/m}^2 = 9,85 \text{ lb/pie}^2$$

#### **2.1.5.1.4. Carga viva**

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la estructura, esta información es establecida por normas; para el caso de la estructura de la cubierta se diseña para soportar el peso propio y el peso del técnico instalador. La norma AGIES NSE 2 2018 actualización 15/07/2020, en la tabla 3.7.1-1, establece para “cubiertas livianas menores a 100 kg/m<sup>2</sup>, la carga viva no reducible de 50 kg/m<sup>2</sup> (10,22 lb/pie<sup>2</sup>)”<sup>9</sup>.

$$C_V = 10,22 \text{ lb/pie}^2$$

#### **2.1.5.1.5. Combinaciones de carga**

$$C_U = C_M + C_V$$

$$C_U = C_M + C_{\text{viento}}$$

$$C_U + 0,75C_V + 0,75C_{\text{viento}} \text{ (Poco probable que se presente esta combinación)}$$

$$C_M = 1,00 \text{ lb/pie}^2 + 0,50 \text{ lb/pie}^2 = 1,50 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_{U1} = 1,50 \text{ lb/pie}^2 + 10,22 \text{ lb/pie}^2 = 11,72 \text{ lb/pie}^2 \text{ (Crítica)}$$

$$C_{U2} = 1,50 \text{ lb/pie}^2 + 9,85 \text{ lb/pie}^2 = 11,35 \text{ lb/pie}^2$$

#### **2.1.5.1.6. Carga distribuida**

Distancia entre costaneras = 4 pies

Número de costaneras = 5

Peso propio de la costanera =  $P_p = 1,70 \text{ lb/pie}$

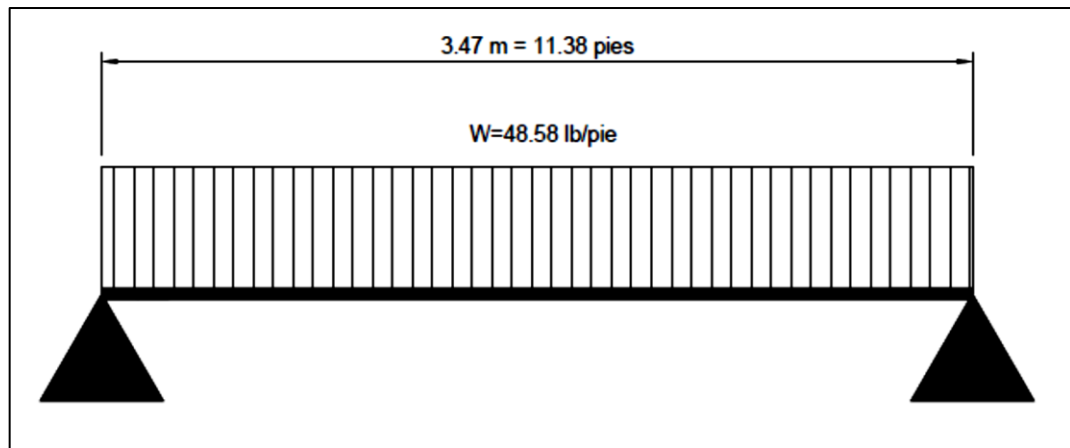
---

<sup>9</sup> AGIES. NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio. p. 3-2.

$$W = A_T * C_U + P_P$$

$$W = (4 \text{ pies} * 11,72 \text{ lb/pie}^2) + 1,70 \text{ lb/pie} = 48,58 \text{ lb/pie}$$

Figura 3. **Modelo matemático, costanera**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

### 2.1.5.1.7. **Momento máximo**

Distancia máxima entre apoyos = 11.38 pies (3.47 m).

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

Donde:

M = Momento

W = Carga distribuida

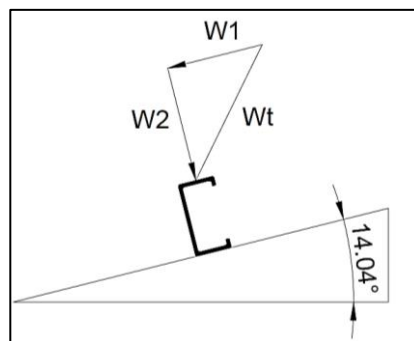
L = Longitud del elemento

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{48,58 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * (11,38 \text{ pies})^2}{8}$$

$$M = 786,42 \text{ lb} - \text{pie} = 0,79 \text{ klb} - \text{pie}$$

### 2.1.5.1.8. Cargas que afectan a la costanera

Figura 4. Cargas que afectan a la costanera en cada eje



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$W_1 = W_x = 48,58 \text{ lb/pie} * \sin(14,04^\circ) = 47,13 \text{ lb/pie}$$

$$W_2 = W_y = 48,58 \text{ lb/pie} * \cos(14,04^\circ) = 47,13 \text{ lb/pie}$$

### 2.1.5.1.9. Momento por la carga distribuida en Wx

$$M_{dy} = \frac{W_x L^2}{8} = \frac{47,13 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * (11,38 \text{ pies})^2}{8}$$

$$M_{dy} = 762,94 \text{ lb} - \text{pie} = 0,76 \text{ klb} - \text{pie}$$

- Chequeo

El momento resistente se obtiene de la tabla de costaneras del anexo 2.

$$M_R = 1,32 \text{ klb} - \text{pie}$$

$$M_R > M_{dy}$$

$$1,32 \text{ klb} - \text{pie} > 0,76 \text{ klb} - \text{pie} \text{ OK}$$

#### **2.1.5.1.10. Momento por la carga distribuida en Wy**

Se ubicarán templetes a  $L/2 = 1,84 \text{ m} = 6,04 \text{ pies}$ , de  $1'' \times 3/16''$

$$\text{Luz libre} = 6,04 \text{ pies}$$

$$M_{dx} = \frac{W_y L^2}{8} = \frac{11,79 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * (6,04 \text{ pies})^2}{8}$$

$$M_{dx} = 53,76 \text{ lb} - \text{pie} = 0,05 \text{ klb} - \text{pie}$$

- Chequeo

Se obtiene el momento que resiste, la inercia y la distancia del centroide a la fibra extrema de la tabla de costaneras del anexo 2.

$$I_x = 0,30 \text{ pulg}^4$$

$$C = 1 \text{ pulg}$$

$$f_b = \frac{M_x * C}{I_x}$$

$$f_b = 0,60 * 36 \text{ Ksi} = 21,6 \text{ Ksi}$$

$$M_x = \frac{f_b * I_x}{C} = \frac{(21,6 \text{ Ksi}) * (0,30 \text{ pulg}^4)}{1 \text{ pulg}}$$

$$M_x = 6,48 \text{ klb} - \text{pie}$$

$$M_x > M_{dx}$$

$$6,48 \text{ klb} - \text{pie} > 0,05 \text{ klb} - \text{pie} \text{ OK}$$

### 2.1.5.1.11. Esfuerzo a flexión en costanera

Distancia máxima entre apoyos = 11,38 pies (3,47 m).

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

Donde:

M = momento

W = carga distribuida

L = longitud del elemento

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{48,58 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * (11,38 \text{ pies})^2}{8}$$

$$M = 786,42 \text{ lb} - \text{pie}$$

- Módulo de sección S

$$S = \frac{M}{F_{\text{flexión}}}$$

Donde:

S = módulo de sección

M = momento

$F_{\text{sflexión}}$  = factor de seguridad a flexión = 0,6  $F_y$

$F_y$  = límite de fluencia del acero

$$F_{\text{sflexión}} = 0,6 * F_y \quad [^{10}]$$

$$F_{\text{sflexión}} = 0,6 * 36,000 \text{ lb/pulg}^2 = 21,600 \text{ lb/pulg}^2$$

$$M = 786,42 \text{ lb – pie} = 9,437,04 \text{ lb – pulg}$$

$$\sigma = \text{Esfuerzo de flexión} = \frac{M_y}{I}$$

$$\sigma = \frac{9,437,04}{1,79} = 5272,09 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S_D = \frac{9,437,04 \text{ lb – pulg}}{21,600 \text{ lb/pulg}^2} = 0,44 \text{ pulg}^3$$

- Chequeo

$$S_{\text{Tabla}} > S_D$$

$$S_{\text{Tabla}} = 0,72 \text{ pulg}^3 \quad (\text{Ver anexo 1})$$

$$0,72 \text{ pulg}^3 > 0,44 \text{ pulg}^3$$

El módulo de sección S requerido por el diseño es de 0,44 pulg<sup>3</sup> y el correspondiente a una costanera de 2 " x 4 " x1/16 " es de 0,72 pulg<sup>3</sup>, por lo que cumple con el chequeo a flexión.

---

<sup>10</sup> AISC. *Steel construction manual*. p.16.1-78.

### 2.1.5.1.12. Deflexiones

Se debe realizar el chequeo de deflexiones para garantizar que la estructura no fallará por corte en sus extremos y en su centro.

- Deflexión permisible

$$\Delta_p = \frac{L}{360} \quad [11]$$
$$\Delta_p = \frac{(11,38 * 12) \text{ pies}}{360} = 0,37 \text{ pulg}$$

- Deflexión admisible

$$\Delta_{ad} = \frac{5 * W * L^4}{384 * E * I} \quad [12]$$
$$\Delta_{ad} = \frac{5 * (11,79 \text{ lb/pie}) * (136,56 \text{ pies})^4}{384 * (29,000,000 \text{ Ksi}) * (0,30 \text{ pulg}^4)} = 0,29 * 10^{-3} \text{ pulg}$$

- Chequeo

$$\Delta_p > \Delta_{ad}$$
$$0,37 \text{ pulg} > 0,29 * 10^{-3} \text{ pulg OK}$$

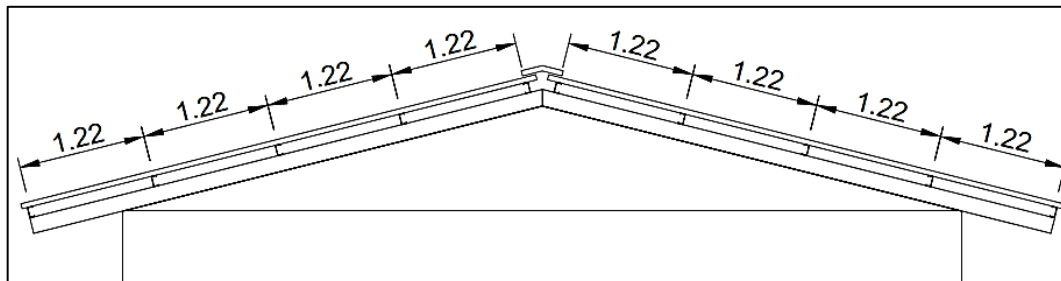
Los cálculos realizados y verificados permiten utilizar costanera de 2 " x 4 " x 1/16 " a cada 1,22 m (4 pies) y templetes de 1 " x 3/16 " al medio del claro a cada 1,84 m.

---

<sup>11</sup> AISC. *Steel construction manual*. p.16.1-440.

<sup>12</sup> MCCORMAC, Jack; CSERNAK, Stephen. *Diseño de estructuras de acero*. p. 311.

Figura 5. **Distribución de costaneras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

### **2.1.5.2. Análisis y diseño de tendales**

A continuación, en los siguientes incisos se detalla el análisis y el diseño de los tendales.

#### **2.1.5.2.1. Carga muerta**

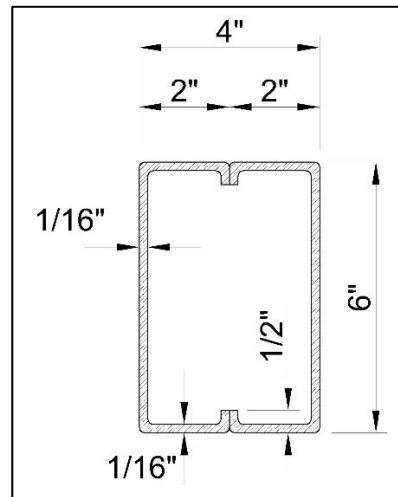
Para el diseño del tendal se adicionará la carga producida por el elemento estructural costanera doble de 2" x 6" x 1/16", el peso de las costaneras será distribuido en una unidad de área y será uniforme.

- Peso propio

Suponiendo una costanera doble de 2" x 6" x 1/16".



Figura 6. **Detalle de costanera doble de 2" x 6" x 1/16"**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$\gamma_{\text{acero}} = 7,85 \text{ T/m}^3 = 490 \text{ lb/pie}^3$$

$$P_p = 2 * [(2 * \text{base}) + \text{peralte}] * \text{espesor} * \text{peso específico}$$

$$P_p = 2 * \left[ \left( 2 * \frac{2}{12} \right) \text{pie} + \frac{6}{12} \text{pie} \right] * \frac{1}{16} \text{pie} * 490 \text{ lb/pie}^3$$

$$P_p = 4,25 \text{ lb/pie}$$

$$\text{Peso lámina} = 1 \text{ lb/pie}^2$$

$$\text{Separación entre tendales} = 11,38 \text{ pies}$$

$$\text{Separación entre costaneras} = 4 \text{ pies}$$

$$\text{Número de costaneras} = 5 \text{ unidades}$$

$$C_{M1} = \text{peso lámina} = 1 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_{M2} = \frac{\text{número costaneras} * \text{peso costanera}}{\text{Longitud tendal}} = \frac{5 * 1,70 \text{ lb/pie}}{12,07 \text{ pies}}$$

$$C_{M2} = 0,70 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_M = C_{M1} + C_{M2} + C_{ins} = 1,00 \text{ lb/pie}^2 + 0,70 \text{ lb/pie}^2 + 0,50 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_M = 2,20 \text{ lb/pie}^2$$

#### 2.1.5.2.2. Carga por instalaciones

La carga por instalaciones es aquella que se considera que actuará de forma permanente bajo la cubierta metálica, tales como las instalaciones eléctricas. Considerar el “12 % de la carga muerta y no menor a 0,50 lb/ft<sup>2</sup>”<sup>13</sup>.

$$12 \% C_{cm1} = 0,12 * 1 \text{ lb/pie}^2 = 0,12 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_{ins} = 0,50 \text{ lb/pie}^2 \text{ (Crítico)}$$

#### 2.1.5.2.3. Carga por viento

Para determinar la presión básica por viento, se utilizará la expresión 5.3.2-1 del inciso 5.3.2 de la norma AGIES NSE 2 2018 actualización 15/07/2020.

$$C_{viento} = 0,004819 v^2$$

$$v = 100 \text{ km/h}$$

Se utilizará  $V = 100 \text{ km/h}$ , basado en el mapa de zonificación por viento de Guatemala, sección 5.2.2 (b) de la norma AGIES NSE 2 2018 actualización 15/07/2020.

$$C_{viento} = 0,004819 * (100)^2 = 48,19 \text{ kg/m}^2 = 9,85 \text{ lb/pie}^2$$

---

<sup>13</sup> RUIZ SAMAYOA, Juan Miguel. *Diseño de la edificación de dos niveles para centro de salud en la cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad San Rafael Cacaoatal, municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla*. p. 51.

#### 2.1.5.2.4. Carga viva

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la estructura, esta información es establecida por normas; para el caso de la estructura de la cubierta se diseña para soportar el peso propio y el peso del técnico instalador. La norma AGIES NSE 2 2018 actualización 15/07/2020, en la tabla 3.7.1-1, establece para cubiertas livianas menores a 100 kg/m<sup>2</sup>, la carga viva no reducible de 50 kg/m<sup>2</sup> (10,22 lb/pie<sup>2</sup>).

$$C_V = 10,22 \text{ lb/pie}^2$$

#### 2.1.5.2.5. Combinaciones de carga

$$C_U = C_M + C_V$$

$$C_U = C_M + C_{\text{viento}}$$

$$C_U + 0,75C_V + 0,75C_{\text{viento}} \text{ (Poco probable que se presente esta combinación)}$$

$$C_M = 2,20 \text{ lb/pie}^2$$

$$C_{U1} = 2,20 \text{ lb/pie}^2 + 10,22 \text{ lb/pie}^2 = 12,42 \text{ lb/pie}^2 \text{ (Crítica)}$$

$$C_{U2} = 2,20 \text{ lb/pie}^2 + 9,85 \text{ lb/pie}^2 = 12,05 \text{ lb/pie}^2$$

#### 2.1.5.2.6. Cargas actuantes

Se calcula el área tributaria que afecta a los tendales y la carga aplicada en cada nudo.

$$\text{Área tributaria 1} = A_{T1} = 11,38 \text{ pies} * 4 \text{ pies} = 45,52 \text{ pie}^2$$

$$\text{Área tributaria 2} = A_{T2} = 11,38 \text{ pies} * 2 \text{ pies} = 22,76 \text{ pie}^2$$

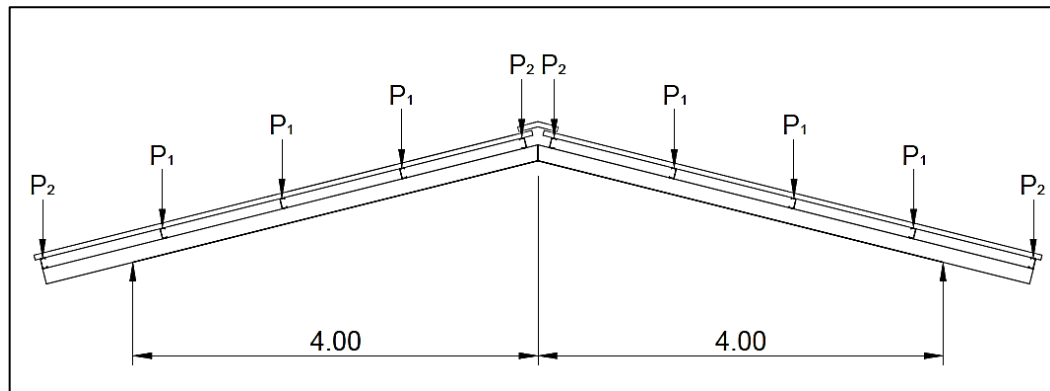
$$P_1 = A_{T1} * C_U$$

$$P_1 = 45,52 \text{ pie}^2 * 12,42 \text{ lb/pie}^2 = 565,36 \text{ lb}$$

$$P_2 = A_{T2} * C_U$$

$$P_2 = 22,76 \text{ pie}^2 * 12,42 \text{ lb/pie}^2 = 282,68 \text{ lb}$$

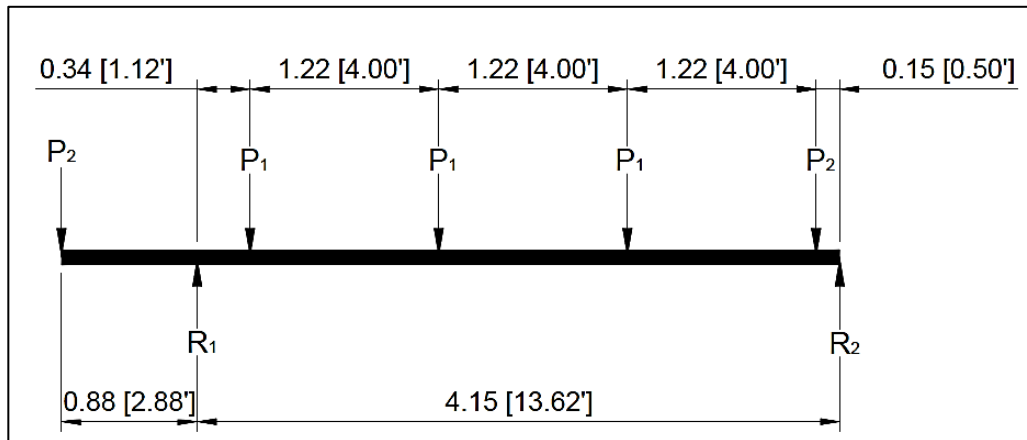
Figura 7. **Esquema de cargas actuantes**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Para analizar el tendal, se tomará el modelo de una viga simplemente apoyada con cargas puntuales y se realizarán los cálculos para conocer el momento máximo.

Figura 8. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Al realizar la sumatoria de momentos, se obtiene la reacción en el apoyo R2.

$$\begin{aligned} \sum M &= 0 \text{ (Positivo a favor de las agujas del reloj)} \\ \sum M &= (565,36 \text{ lb} * 1,12 \text{ pie}) + (565,36 \text{ lb} * 5,12 \text{ pie}) + (565,36 \text{ lb} * 9,12 \text{ pie}) \\ &\quad + (282,68 \text{ lb} * 13,12 \text{ pie}) - (13,62 \text{ lb} * R_2) \\ R_2 &= \frac{633,20 \text{ lb} - \text{pie} + 2894,64 \text{ lb} - \text{pie} + 5156,08 \text{ lb} - \text{pie} + 3708,76 \text{ lb} - \text{pie}}{13,62 \text{ pie}} \\ R_2 &= 909,89 \text{ lb} \end{aligned}$$

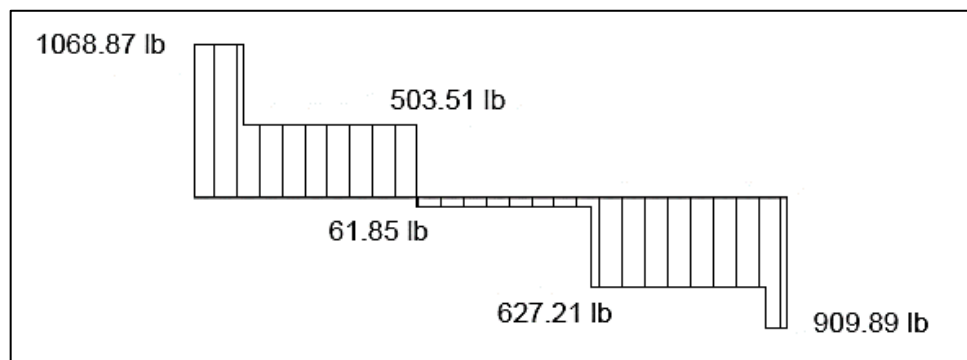
Al realizar sumatoria de fuerzas en el eje "y" se obtiene la reacción en el apoyo R1.

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ (565,36 \text{ lb} * 3) + 282,68 \text{ lb} &= 909,89 \text{ lb} + R_1 \\ R_1 &= 1\ 068,87 \text{ lb} \end{aligned}$$

### 2.1.5.2.7. Corte y momento del tendal

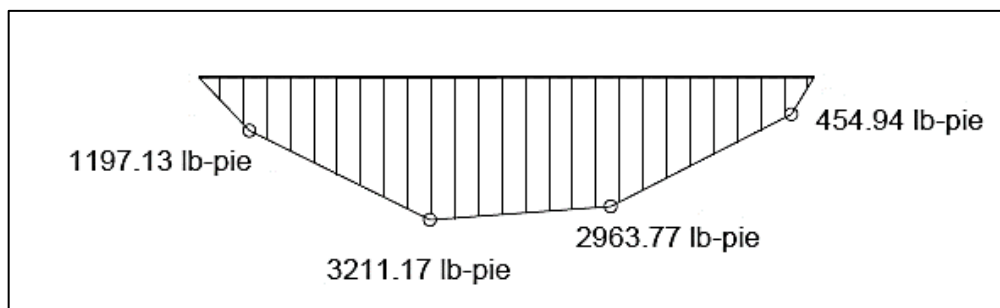
En la figura 9, se detalla el corte ocasionado por las cargas que los afectan, quedando de la siguiente manera:

Figura 9. Diagrama de corte del tendal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 10. Diagrama de momentos del tendal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$M_{\max} = (1068,87 \text{ lb} * 1,12 \text{ pie}) + (503,51 \text{ lb} * 4 \text{ pies})$$

$$M_{\max} = 3211,17 \text{ lb} - \text{pie} = 3,21 \text{ klb} - \text{pie}$$

- Chequeo

Se obtiene el momento resistente de la tabla de costaneras del anexo 2.

$$M_R = 4,48 \text{ klb} - \text{pie}$$

$$M_R > M_{\max}$$

$$4,48 \text{ klb} - \text{pie} > 3,21 \text{ klb} - \text{pie} \text{ OK}$$

- Chequeo

Se obtiene el momento que resiste, la inercia y la distancia del centroide a la fibra extrema de la tabla de costaneras del anexo 2.

$$I_x = 3,52 \text{ pulg}^4$$

$$C = 2 \text{ pulg}$$

$$f_b = \frac{M_x * C}{I_x} \quad [14]$$

$$f_b = 0,60 * 36 \text{ Ksi} = 21,6 \text{ Ksi}$$

$$M_x = \frac{f_b * I_x}{C} = \frac{(21,6 \text{ Ksi}) * (3,52 \text{ pulg}^4)}{2 \text{ pulg}}$$

$$M_x = 38,02 \text{ klb} - \text{pie}$$

$$M_x > M_{\max}$$

$$38,02 \text{ klb} - \text{pie} > 3,21 \text{ klb} - \text{pie} \text{ OK}$$

---

<sup>14</sup> MCCORMAC, Jack; CSERNAK, Stephen. *Diseño de estructuras de acero*. p. 238.

### 2.1.5.2.8. Esfuerzo a flexión en tendal

Distancia máxima entre apoyos = 12,07 pies (3,68 m).

$$M = \frac{WL^2}{8}$$

Donde:

M = momento

W = carga distribuida

L = longitud del elemento

Se utiliza W = 172,71 lb/pie.

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{172,71 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * (12,07 \text{ pies})^2}{8}$$

M = 3 145,15 lb – pie

- Módulo de sección S

$$S = \frac{M}{F_{\text{sflexión}}} \quad [15]$$

Donde:

S = módulo de sección

M = momento

$F_{\text{sflexión}}$  = factor de seguridad a flexión = 0,6  $F_y$  |

$F_y$  = límite de fluencia del acero

---

<sup>15</sup> MCCORMAC, Jack; CSERNAK, Stephen. *Diseño de estructuras de acero*. p. 238.



$$F_{\text{flexión}} = 0,6 * F_y$$

$$F_{\text{flexión}} = 0,6 * 36\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 21\,600 \text{ lb/pulg}^2$$

$$M = 3145,15 \text{ lb} - \text{pie} = 37\,741,80 \text{ lb} - \text{pulg}$$

$$\sigma = \text{Esfuerzo de flexión} = \frac{M_y}{I}$$

$$\sigma = \frac{37\,741,80}{3,80} = 9\,932,05 \text{ lb/pulg}^2$$

$$S_D = \frac{37\,741,80 \text{ lb} - \text{pulg}}{21\,600 \text{ lb/pulg}^2} = 1,75 \text{ pulg}^3$$

- Chequeo

$$S_{\text{Tabla}} = 2,44 \text{ pulg}^3 \text{ (Ver anexo 1)}$$

$$S_{\text{Tabla}} > S_D$$

$$2,44 \text{ pulg}^3 > 1,75 \text{ pulg}^3$$

El módulo de sección S requerido por el diseño es de 1,75 pulg<sup>3</sup> y el correspondiente a una costanera doble de 2" x 6" x 1/16" es de 2,44 pulg<sup>3</sup>, por lo que cumple con el chequeo a flexión.

#### 2.1.5.2.9. Deflexiones

- Deflexión permisible

$$\Delta_p = \frac{L}{360}$$

$$\Delta_p = \frac{(12,07 * 12) \text{ pulg}}{360} = 0,40 \text{ pulg}$$

- Deflexión admisible

$$\Delta_{ad} = \frac{5 * W * L^4}{384 * E * I}$$

Utilizamos  $W = 1\,068,87 \text{ lb}/1,12 \text{ pie} = 954,35 \text{ lb/pie}$ , siendo crítica.

$$\Delta_{ad} = \frac{5 * (954,35 \text{ lb/pie}) * (12,07 \text{ pies})^4}{384 * (29\,000\,000 \text{ Ksi}) * (3,52 \text{ pulg}^4)} = 2,58 * 10^{-3} \text{ pulg}$$

- Chequeo

$$\Delta_p > \Delta_{ad}$$

$$0,40 \text{ pulg} > 2,58 * 10^{-3} \text{ pulg} \quad \text{OK}$$

Los cálculos realizados y verificados permiten utilizar costanera doble de 2" x 6" x 1/16" a cada 3,47 m (11,38 pies) conformando los tendales, sobre la estructura de concreto.

### 2.1.5.3. Análisis y diseño de pernos

En la cumbrera o parte más alta de la estructura se unirán los tendales con pernos los cuales se diseñarán chequeando esfuerzos de tensión y corte que actuarán en ellos.

### 2.1.5.3.1. Chequeo a tensión

$$F_{\text{tensión}} = 0,5F_y \quad [16]$$

$$F_{\text{tensión}} = 0,5 * 36\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 18\,000 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\sigma = \text{Esfuerzo de tensión} = \frac{M_y}{I}$$

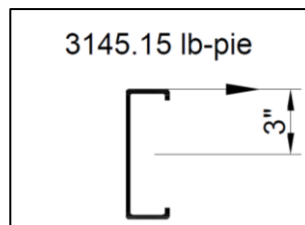
Donde:

$M_y$  = momento de fluencia

$M_y$  = momento \* distancia del centroide a la fibra extrema

$I$  = inercia del elemento =  $3,80 \text{ pulg}^4$  (Ver tabla VII)

Figura 11. Aplicación del momento de fluencia en tendal



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$\sigma = \frac{(2 * 3\,145,15 * 12) \text{ lb} - \text{pulg} * 3 \text{ pulg}}{3,80 \text{ pulg}^4} = 4\,966,03 \text{ lb/pulg}^2$$

$$T = A_{\text{tensión}} * \sigma$$

$$A_{\text{tensión}} = 0,56 \text{ pulg}^2 \quad (\text{Ver tabla VII})$$

$$T = 0,56 \text{ pulg}^2 * 4\,966,03 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 2\,780,98 \text{ lb}$$

<sup>16</sup> MCCORMAC, Jack; CSERNAK, Stephen. *Diseño de estructuras de acero*. p. 66.

$$A_{\text{pernos}} = \frac{T}{F_{\text{stensión}}} = \frac{2\,780,98 \text{ lb}}{18\,000 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$A_{\text{pernos}} = 0,15 \text{ pulg}^2$$

El área de un perno de Ø 1/2" es 0,19 pulg<sup>2</sup>, para contrarrestar la fuerza de tensión se requieren una unidad.

### 2.1.5.3.2. Chequeo a corte

$$F_{\text{scorte}} = 0,4F_y \quad [17]$$

$$F_{\text{stensión}} = 0,4 * 36\,000 \text{ lb/pulg}^2 = 14\,400 \text{ lb/pulg}$$

$$V = \frac{WL}{2} = \frac{(3\,145,15 \text{ lb/pie}) * (12,07 \text{ pies})}{2}$$

$$V = 18\,980,98 \text{ lb}$$

$$A_{\text{pernos}} = \frac{V}{F_{\text{scorte}}} = \frac{18\,980,98 \text{ lb}}{14\,400 \text{ lb/pulg}^2}$$

$$A_{\text{pernos}} = 1,32 \text{ pulg}^2$$

El área de un perno de Ø1/2" es 0,19 pulg<sup>2</sup>, para contrarrestar la fuerza de corte se requiere 8 unidades.

Para contrarrestar las fuerzas actuantes analizadas se requieren de 8 pernos de Ø 1/2", se colocarán en 2 placas planas de 10" x 10" x 1/4", según las especificaciones del manual AISC, que determina la distancia mínima hacia los agujeros para pernos de Ø1/2", como 7/8".

---

<sup>17</sup> RUIZ SAMAYOA, Juan Miguel. *Diseño de la edificación de dos niveles para centro de salud en la cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad San Rafael Cacaoatal, municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla.* p. 29.

#### 2.1.5.4. Resumen de los elementos de la estructura metálica

En la tabla VIII, se detallan los resultados de los elementos estructurales de acero.

Tabla VIII. Resumen de los elementos de la estructura metálica

Resumen de los elementos de la estructura metálica				
Elemento estructural	Elemento diseñado	Esfuerzos (Lb/pulg <sup>2</sup> )	Deformaciones (pulg)	
			Permisible	Admisible
Costanera	Costanera 2" x 4" x 1/16"	9 932,05	0,37 pulg	0,2910 <sup>-3</sup>
Tendal	Costanera doble 2" x 6" x 1/16"	5 272,09	0,40 pulg	2,58 * 10 <sup>-3</sup>
Pernos	Ø1/2" A36	4 966,03		

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

#### 2.1.6. Análisis y diseño de la estructura por marcos rígidos intermedios resistente a momentos

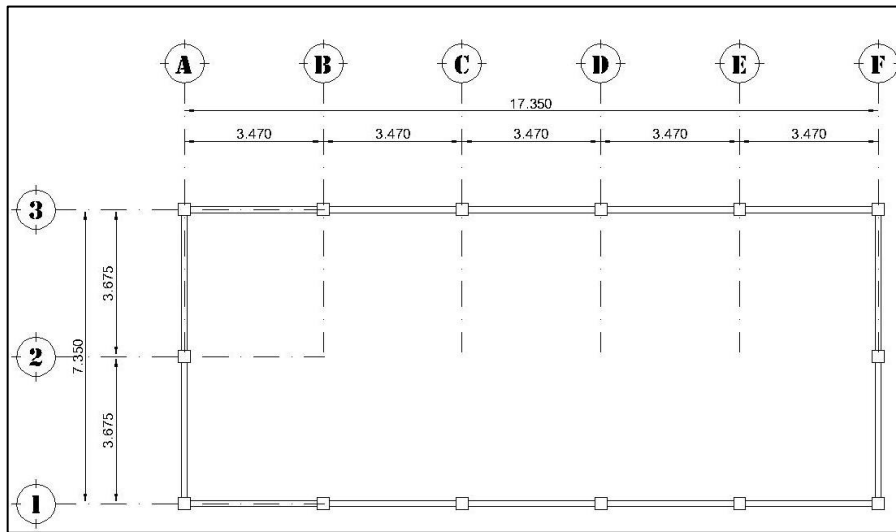
A continuación, se describe los procedimientos para el análisis y diseño de la estructura de concreto.

##### 2.1.6.1. Análisis estructural

El análisis estructural es una serie de procedimientos que determinan el comportamiento de la estructura ante acontecimientos y acciones externas que puedan afectar la integridad de esta.

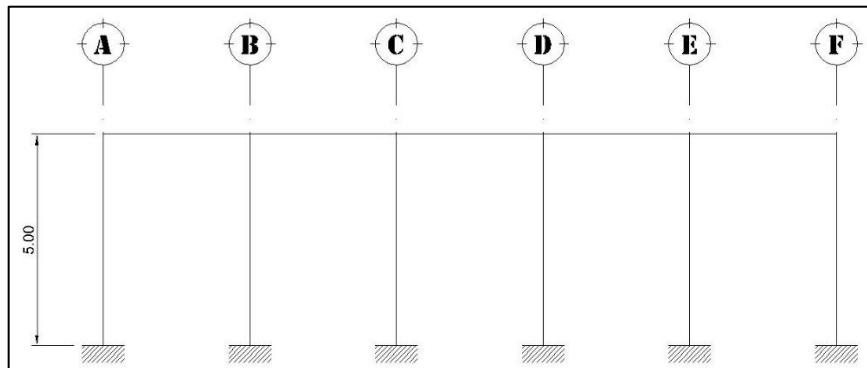
Se analizará la estructura como se muestra en la planta de la distribución de columnas y vigas como se muestra en las elevaciones en ambos sentidos, para realizar el predimensionamiento.

Figura 12. **Planta distribución de vigas y columnas**



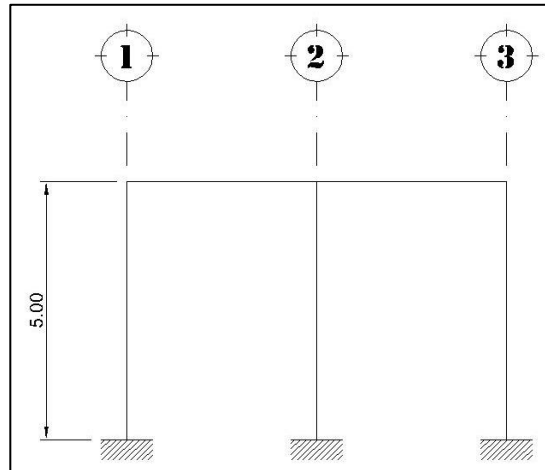
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 13. **Elevación eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Figura 14. Elevación eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

#### 2.1.6.1.1. Predimensionamiento estructural

- Vigas

Para el predimensionamiento de las vigas se tomará el caso de la viga crítica, la cual se ubica en el eje de análisis Y en el eje de dibujo F, con una longitud de estimada de 3 675 metros y basados en el código ACI-318S-19 capítulo 9.3.1 límites de diseño, altura mínima de la viga, se tomará en cuenta la condición de apoyo con un extremo continuo, el cual no debe ser menor que los establecidos en la tabla IX, siendo  $h=L/18,5$ .

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

Altura mínima de vigas no preesforzadas	
Condición de apoyo	Altura mínima (h)
Simplemente apoyada	L/16
Con un extremo continuo	L/18,5
Ambos extremos continuos	L/21
En voladizo	L/8

Fuente: American Concrete Institute. *ACI 318-19. Requisitos de reglamento para concreto estructural*. p. 133.

$$h = L/18,5$$

$$L = 3,675 \text{ m} = 12,06 \text{ pies}$$

$$h = \frac{3,675}{18,5} = 0,199 \text{ m}$$

Por lo que se propone una altura  $h = 0,35 \text{ m}$  y una base  $b = 0,25 \text{ m}$ .

La viga debe cumplir con las limitantes dimensionales del ACI 318S-19, capítulo 18.6.2.1:

- La luz libre no debe ser menor que 4 veces el peralte efectivo.

$$\text{Luz libre} = 3,675\text{m} - 0,30\text{m} = 3,375\text{m}$$

$$\text{Peralte efectivo } d = 0,35 - 0,025 - \frac{0,0125}{2} = 0,31875\text{m}$$

$$4d = 1,275\text{m}$$

$$\text{Luz libre} > 4d$$

$$3,375\text{m} > 1,275\text{m} \text{ OK}$$



- La base debe ser al menos igual al menor de 0,3 h y 250 mm.

$$0,35h = 0,35 * 0,30m = 0,11m$$
$$0,25 m$$

- La base no debe ser mayor que el lado menor de la columna.

Por lo que se propone una base  $b = 0,25 m$ .

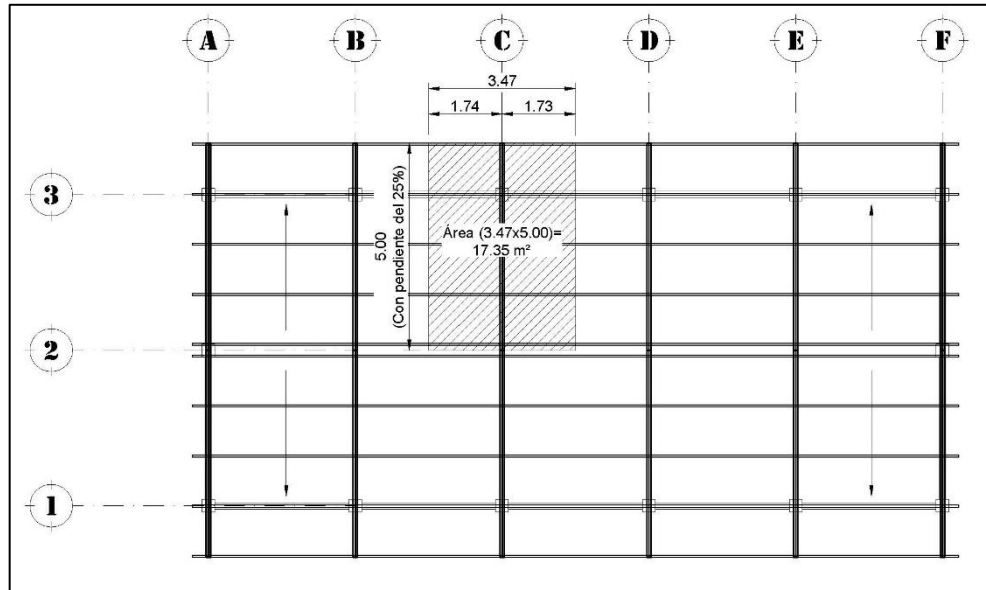
Viga propuesta de altura de 0,35 m x 0,25 m de base.

- Columna

Para el predimensionamiento de las columnas se tomará el caso de la columna más crítica, la cual se encuentra en el eje de análisis X en los ejes de dibujo B, C, D o E, basado en el código ACI-318-19 sección 10.6.1.1, el área de refuerzo longitudinal no debe ser menor 0,01 ni mayor que 0,08 del área gruesa.

Se establecerá el área tributaria que afecta a la columna crítica y la carga axial que soporta.

Figura 15. **Planta área tributaria**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 20.

○ Integración de cargas

▪ Carga muerta cubierta metálica

$$\begin{aligned}
 \text{Cubierta metálica (CM)} &= C_{\text{lámina}} + C_{\text{costanera}} + C_{\text{tendal}} + C_{\text{inst}} \\
 &= \left(1,00 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * 16,40 \text{ pies} * 4 \text{ u}\right) + \left(1,70 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * 11,38 \text{ pies} * 5 \text{ u}\right) \\
 &+ \left(2,10 \frac{\text{lb}}{\text{pie}} * 16,40 \text{ pies} * 2 \text{ u}\right) + (12\%(96,73 + 65,60 + 68,88)\text{lb}) \\
 &= 258,96 \text{ lb} = 117,71 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

▪ Carga distribuida cubierta metálica

$$= 117,71 \text{ kg} / 17,35 \text{ m}^2 = 6,78 \text{ kg/m}^2$$

- Área de estructura de techo = 17,35 m<sup>2</sup>
- Cubierta metálica (CM) = 6,78 kg/m<sup>2</sup> x 17,35 m<sup>2</sup> = 117,71 kg
- Peso del instalador (CV cubierta) = 50,00 kg/m<sup>2</sup> x 17,35 m<sup>2</sup> = 867,50 kg
- Viga de concreto (CM) = (0,25 m x 0,35 m x 3,47 m) x (2 400,00 kg/m<sup>3</sup>) = 728,70 kg
- Peso del instalador (CV viga) = 100,00 kg/m x 3,47 m = 347,00 kg

Tabla X. **Integración de cargas para determinación de sección de columnas**

Integración de cargas para determinación de sección de columnas		
Elemento estructural	Carga muerta (kg)	Carga viva (kg)
Estructura del techo	117,71	867,50
Viga de concreto	728,70	347,00
Total	846,41	1 214,50

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Carga axial

Con base en el código ACI-318S-19 sección 5.3.1 la resistencia requerida debe ser por lo menos igual al efecto de las cargas mayoradas, como se muestra a continuación:

$$CU = 1,2CM + 1,6CV$$

$$CU = (1,2 * 846,41 \text{ kg}) + (1,6 * 1214,50 \text{ kg}) = 2958,89 \text{ kg}$$

Para la determinación de la sección de la columna se utilizará la expresión 22.4.2.2 del código ACI-318-19.

$$P_{n \max} = 0,80P_o$$

$$P_o = 0,85f'_c(A_g - A_s) + f_yA_s$$

Donde:

$P_{n \max}$  = resistencia nominal máxima

$f'_c$  = resistencia a la ompresión del concreto

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$A_g$  = área bruta de la sección

$A_s$  = área de refuerzo longitudinal

Datos:

$$P_{n \max} = 2\,958,89 \text{ kg}$$

$$f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 0,01A_g$$

Se obtiene:

$$2\,958,89 \text{ kg} = 0,80 \left[ (0,85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2})(A_g - 0,01A_g) + (2810 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,01A_g) \right]$$

$$A_g = 18,06 \text{ cm}^2$$

Basado en el código ACI-318-19 sección 18.7.2.1. en el cual especifica que para columnas de pórticos especiales resistentes a momentos la dimensión transversal medida a través del centroide debe ser al menos de 300 mm y la relación entre la dimensión menor y la dimensión perpendicular debe ser al menos 0,4, se propondrá una sección de columna de 0,35 m x 0,35 m.

Tabla XI. **Resumen predimensionamiento de elementos estructurales**

Resumen predimensionamiento de elementos estructurales		
Elemento estructural	Dimensiones	
Viga	Base (m)	Altura (m)
	0,25	0,35
Columna	Lado A (m)	Lado B (m)
	0,35	0,35

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

#### **2.1.6.1.2. Cargas de diseño**

El análisis de cargas que afectan a la estructura se realiza tomando en cuenta su dirección de aplicación y se dividen en cargas verticales y horizontales.

#### **2.1.6.1.3. Cargas verticales**

Las cargas verticales son aquellas que afectan a la estructura a través de la gravedad y se dividen en cargas muertas y cargas vivas.

Las cargas muertas son el conjunto de fuerzas o acciones que son producidas por el peso de los elementos que conforman la construcción, entre los cuales se considera el peso propio de la estructura, elementos no estructurales como acabados, muros, fachadas, instalaciones, elementos fijos entre otros, por lo que se considera a las cargas muertas como la principal acción permanente sobre la estructura.

Las cargas vivas son el conjunto de fuerzas o acciones producidas por el uso y operación de la estructura; los elementos que no se consideran con una posición fija definitiva y que no son consideradas cargas muertas como

mobiliario, personas, equipos, productos o mercancías entre otros, por lo que se considera a las cargas vivas como la principal acción variable sobre la estructura.

A continuación, se calcula las cargas que afectan a la viga de concreto de 0,35 m x 0,25 m.

$$CM = (0,25 \text{ m}) * (0,35 \text{ m}) * (2\,400,00 \text{ kg/m}^3) = 210,00 \text{ kg/m}$$

$$CV = 100,00 \text{ kg/m}$$

#### **2.1.6.1.4. Cargas horizontales (AGIES)**

Las cargas horizontales son el conjunto de fuerzas o acciones producidas por elementos externos debido a condiciones naturales del ambiente donde se localiza la estructura; Guatemala es considerado un país altamente sísmico y es la carga horizontal más significativa. Los sismos son movimientos aleatorios horizontales y verticales entre las placas tectónicas de la superficie de la tierra que provocan vibraciones en la estructura a medida que el terreno se mueve.

Con base en las demandas estructurales y condiciones de carga de la Norma de Seguridad Estructural (NSE) 2018 actualización 15/07/2020 en la sección 4 de aspectos sísmicos, de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, se muestra el método para la obtención del corte basal.

Para obtener el corte basal se han considerado los siguientes parámetros:

- Información inicial

El terreno se ubica en el municipio 182, para un índice de sismicidad  $I_0=4.1$ , según la tabla A-1 del NSE 2, demandas estructurales y condiciones de carga, actualización 15/07/2020.

La clasificación de la obra es categoría IV esencial, debido a los requisitos de ocupación proporcionados por la norma NSE 1 actualización 15/07/2020, generalidades, administración de las normas y supervisión técnica; capítulo 3 clasificación de obras.

El nivel de protección sísmica según la tabla 4.2.2-1 de la norma NSE 2 actualización 15/07/2020, corresponde a clase E, con probabilidad de exceder el sismo de diseño 5 % en 50 años, tipo de sismo severo.

La clasificación del tipo de suelo según la norma NSE 2.1 actualización 15/07/2020 estudios geotécnicos, tabla A-1 corresponde a tipo D.

- Espectros genéricos para diseño

La ordenada espectral de período corto  $S_{cr} = 1,54$  g y la ordenada espectral con período de 1 de sismo extremo  $S_{1r} = 1,08$  g, de la tabla A-1 de la norma NSE 2 2018 actualización 15/07/2020.

A continuación, se calcula el ajuste por clase de sitio, utilizando las expresiones 4.5.2-1 y 4.5.2-2 respectivamente, de la norma NSE 2 actualización 15/07/2020, capítulo 4.

- Ajustes por clase de sitio

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

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

Donde:

$S_{cr}$  = Ordenada espectral de período corto (0,2 segundos).

$S_{1r}$  = Ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo extremo.

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

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

$F_a$  = coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos y se obtiene de la tabla XII.

$F_v$  = coeficiente de sitio para períodos largos y se obtiene de la Tabla XIII.

$$S_{cr} = 1,54$$

$$S_{1r} = 1,08$$

Obtenidos de tabla A-1, listado de amenaza sísmica y velocidad básica del viento por municipio para la república de Guatemala, de las normas NSE 2 2018 actualización 15/07/2020, demandas estructurales y condiciones de carga.



Tabla XII. **Coefficiente de sitio Fa**

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: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio.* p. 4-7.

Tabla XIII. **Coefficiente de sitio Fv**

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: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio.* p. 4-7.

$$S_{cs} = 1,54 * 1,0 = 1,54 \text{ g}$$

$$S_{1s} = 1,08 * 1,0 = 1,08 \text{ g}$$

- Períodos de vibración de transición

Período  $T_s$  que separa los cortos de los largos.

$$T_s = S_{1s}/S_{cs}$$

$$T_s = 1,08g/1,54g = 0,701 \text{ segundos}$$

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

$$T_0 = 0,2 * T_s$$

$$T_0 = 0,2 * 0,701 = 0,140 \text{ segundos}$$

- Probabilidad nominal de ocurrencia de los sismos de diseño

La determinación de la probabilidad de ocurrencia del sismo de diseño a través del nivel de protección sísmica que se defina según el proyecto mediante uno de los factores  $K_d$  indicados en la tabla XIV.

Tabla XIV. **Factores  $K_d$  de acuerdo al nivel del sismo**

Factores $K_d$ de acuerdo al nivel del sismo	
Nivel de sismo	Factor $K_d$
Sismo ordinario — 10% probabilidad de ser excedido en 50 años	0,66
Sismo severo — 5% probabilidad de ser excedido en 50 años	0,80
Sismo extremo — 2% probabilidad de ser excedido en 50 años	1,00
Sismo mínimo — condición de excepción	0,55

Fuente: AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio*. p. 4-8.

A continuación, se calculan los parámetros del espectro que se calibran a la probabilidad estipulada con las expresiones 4.5.5-1 y 4.5.5-2 de la norma NSE 2 actualización 15/07/2020, respectivamente.

$$S_{cd} = K_d * S_{cs} = 0,80 * 1,54 = 1,23 \text{ g}$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s} = 0,80 * 1,08 = 0,86 \text{ g}$$

- Espectros genéricos probables

- Período T

El período T puede ser utilizado directamente como el período fundamental de vibración  $T_a$  especificado en la sección 2.1.6 de la norma NSE 3 2018 actualización 15/07/2020.

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

Donde:

$T_a$  = Período fundamental de vibración

$K_T = 0,047$  para sistemas estructurales E1

$x = 0,90$  para sistemas estructurales E1

$h_n$  = Altura del edificio = 5,00 m

Se obtiene:

$$T_a = 0,047 * (5,00)^{0,90}$$

$T_a = T = 0,20$  segundos

Teniendo:

$T_0 = 0,125$  segundos

$T = 0,20$  segundos

$T_s = 0,62$  segundos

Entonces:

$$T_0 \leq T \leq T_s$$

Se obtiene:

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

Entonces:

$$S_a(T) = 1,23$$

La información obtenida coincide con la expresión 4.5.6-2 de la norma NSE 2 actualización 15/07/2020.

- Reducción de espectro

En los casos para edificaciones menores o casas se permitirá una reducción de espectro basado en la sección 2.1.5 de la norma NSE 3 2018 actualización 15/07/2020. Los casos en los que  $S_{cr}$  exceda 1,5 y si el periodo fundamental  $T$  calculado anteriormente es igual o menor a 0,50 segundos, se podrá suponer  $S_{cr} = 1,5$ , siempre y cuando cumplan con los siguientes aspectos:

- Estructura E2 de 3 niveles o menos.
- Estructura E1, E3 o E4 de 5 niveles o menos sobre la base nominal y que además califique como regular en planta y en elevación conforme al Capítulo 1 de esta norma.
- E5 de 1 nivel.
- La reducción no aplica a estructuras E6.

La estructura en análisis es E1 de un nivel, por lo que es factible la aplicación de la normativa en estudio. Por lo que se procede a recalcular la información de la sección 4.5.6-2 de la norma NSE 2 actualización 15/07/2020, con los valores adoptados.

$$S_{cs} = 1,50 * 1,0 = 1,50 \text{ g}$$

$$S_{1s} = 1,08 * 1,0 = 1,08 \text{ g}$$

$$S_{cd} = K_d * S_{cs} = 0,80 * 1,50 = 1,20 \text{ g}$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s} = 0,80 * 1,08 = 0,86 \text{ g}$$

$$T_a = 0,047 * (5,00)^{0,90}$$

$$T_a = T = 0,20 \text{ segundos}$$

Teniendo:

$$T_0 = 0,125 \text{ segundos}$$

$$T = 0,20 \text{ segundos}$$

$$T_s = 0,62 \text{ segundos}$$

Entonces:

$$T_0 \leq T \leq T_s$$

Se obtiene:

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

Entonces:

$$S_a(T) = 1,20$$

- Componente vertical del sismo de diseño

$$S_{vd} = 0,20 * S_{cd}$$

$$S_{vd} = 0,20 * 1,20 = 0,24$$

- Corte basal
  - Peso sísmico efectivo

A continuación, se realizará el cálculo del peso de la masa que participa en el sismo, basados en la sección 1.11.3 de la norma NSE 3 2018 actualización 15/07/2020, en el cual se debe tomar en cuenta el peso propio de la estructura, la carga muerta superpuesta, el peso de tabiques, peso de fachadas, equipos con un exceso establecido y el 25 % de las cargas vivas establecidas, según sea el caso respectivamente.

$$W_s = C_M + 25 \% C_V$$

- Carga muerta

$$\text{Cubierta metálica (CM)} = 6,78 \text{ kg/m}^2 \times (5,00\text{m} \times 2) \times (18,10 \text{ m}) = 1\,227,18 \text{ kg}$$

$$\text{Viga de concreto (CM)} = (0,25 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}) \times 2\,400 \text{ kg/m}^3 \times 49,40 \text{ m} = 10\,374,00 \text{ kg}$$

$$\text{Columna de concreto (CM)} = (0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}) \times 2\,400 \text{ kg/m}^3 (5,00 \text{ m} \times 14 \text{ u}) =$$

$$20\,580,00 \text{ kg}$$

- Carga viva

Instalador en cubierta (carga viva) =  $50,00 \text{ kg/m}^2 \times (181,00) \text{ m}^2 = 9\,050,00 \text{ kg}$

Instalador en viga (carga viva) =  $100,00 \text{ kg/m} \times 49,40 \text{ m} = 4\,940,00 \text{ kg}$

$$W_S = [(1\,227,18 + 10\,374 + 20\,580)\text{kg}] + [0,25 * (9\,050 + 4\,940)\text{kg}]$$

$$W_S = 35\,678,68 \text{ kg}$$

- Coeficiente sísmico de diseño

El coeficiente sísmico de diseño al límite de cedencia se calcula de la siguiente manera:

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

Donde:

$C_S$  = coeficiente sísmico de diseño

$S_a(T)$  = demanda sísmica de diseño = 1,20 (Previamente calculada)

$R$  = factor de reducción sísmica = 8 (Obtenido de la tabla 1.6.14 – 1 de la norma NSE 3 2018 actualización 15/07/2020, para sistema de momentos E1)

$\beta_d$  = factor de aplicación para estructuras aisladas

Este último factor se obtiene a través de la aplicación de la expresión 2.1.4-4 de la norma NSE 3 2018 actualización 15/07/2020.

$$\beta_d = \frac{4}{1 - \ln \varepsilon}$$

$\varepsilon$  = Amortiguamiento efectivo de la estructura = 0,05

Entonces:

$$\beta_d = 1,001$$

Se obtiene:

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R * \beta_d} = \frac{1,20}{8 * 1,001} = 0,1498 \cong 0,15$$

Se calcula el corte basal con la expresión 2.1.2-1, de la norma NSE 3 2018 actualización 15/07/2020.

$$V = C_s * W_s$$

Donde:

V = corte basal

$C_s$  = coeficiente sísmico

$W_s$  = peso sísmico efectivo

Se obtiene:

$$V = 0,15 * 35,678,68 \text{ kg} = 5,351,80 \text{ kg}$$

- Fuerza por nivel

La estructura en estudio cuenta con un solo nivel, por lo que la fuerza estará distribuida en una sola, para fines académicos se realizará el cálculo.

- Distribución de fuerza sísmica por nivel



Para distribuir las fuerzas se utilizan las siguientes expresiones:

$$F_i = C_{vi} * V_B$$
$$C_{vi} = \frac{W_{vi} * h_i^k}{\sum(W_{vi} * h_i^k)}$$

Donde:

$F_i$  = Cortante de cedencia en el nivel  $i$  de la edificación

$h_i$  = Altura del nivel  $i$  desde el nivel del suelo

$K = 1$  para  $T \leq 0,5$  segundos

$K = 0,75$  para  $0,5 < T \leq 2,5$  segundos

$K = 2$  para  $T \geq 2,5$  segundos

Para esta edificación se utilizará  $K=1$ .

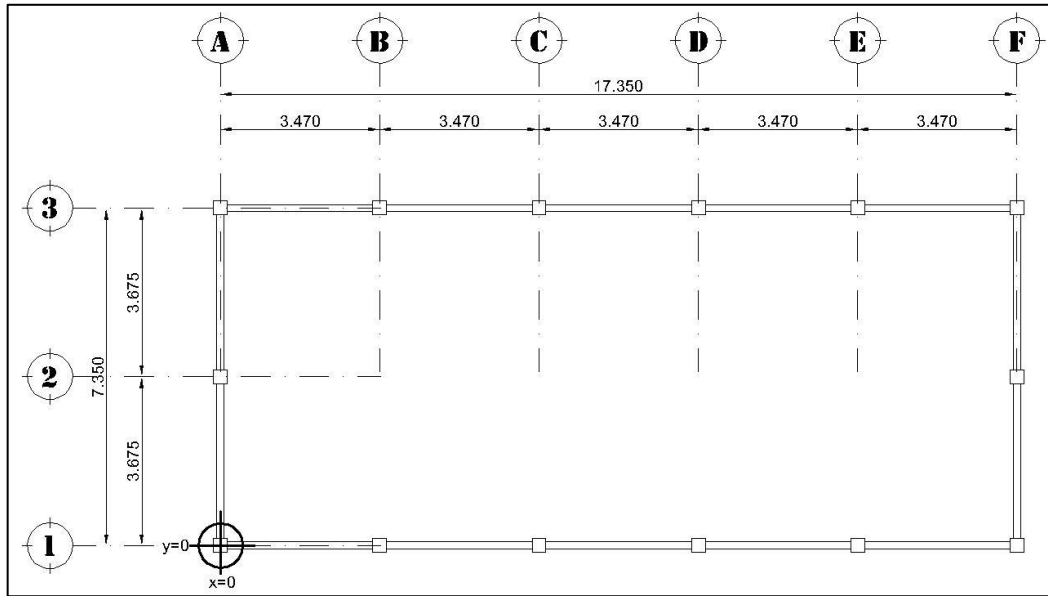
$$C_{vi} = \frac{35\,678,68 \text{ kg} * (5,00 \text{ m})^1}{35\,678,68 \text{ kg} * (5,000 \text{ m})^1} = 1$$

$$F_1 = 1 * 5\,351,80 \text{ kg} = 5\,351,80 \text{ kg}$$

- Fuerza por marco

Debido a que la edificación en análisis es simétrica en los ejes y marcos de análisis X, Y y los elementos estructurales presentan las mismas predimensiones, la fuerza del sismo se determinará en ambos sentidos del análisis.

Figura 16. Planta típica ubicación origen  $x=0, y=0$



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Centro de masa

$$CM_x = \frac{17,35 \text{ m}}{2} = 8,675 \text{ m}$$

$$CM_y = \frac{7,35 \text{ m}}{2} = 3,675 \text{ m}$$

- Centro de rigidez

$$CR = \frac{\sum R_i * d_i}{\sum R_i}$$

Donde:

Ri = rigidez de marco

di = distancia de CR a marco considerado

e = excentricidad

CM = centro de masa

CR = centro de rigidez

El edificio es simétrico en ambos ejes de análisis, se utilizará R=1.

$$CR_x = \frac{(1 * 0) + (1 * 17,35)}{1 * 2}$$

$$CR_x = 8,675m$$

$$CR_y = \frac{(1 * 0) + (1 * 7,35)}{1 * 2}$$

$$CR_y = 3,675m$$

- Excentricidad

$$e = CM - CR$$

$$e_x = 8,675 - 8,675 = 0$$

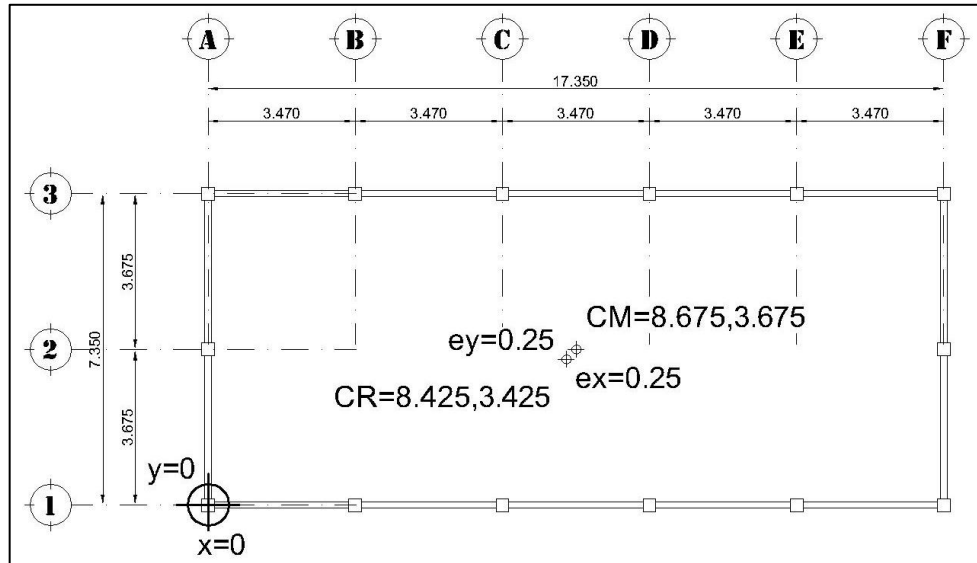
$$e_y = 3,675 - 3,675 = 0$$

Utilizar excentricidad mínima o accidental:

$$e_{\min} = 0,05h$$

$$e_{\min} = 0,05 * 5,00 = 0,25m$$

Figura 17. Planta típica de excentricidad



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Fuerza por marco en sentido de análisis X

$$FM = FM' \pm FM''$$

$$FM' = (R * F_{ni}) / \Sigma R$$

$$FM'' = (e * F_{ni}) / \left( \frac{\Sigma R_i d_i^2}{R_i d_i} \right) \Sigma R$$

Tabla XV. Fuerzas en marcos eje de análisis X

Fuerzas en marcos eje de análisis X									
Marco	Ri	di	Ridi	Ridi^2	e	F1	FM'	FM''	FM1
A	1	-8,675	-8,675	75,256	0,250	5351,800	2675,900	-77,115	2598,785
F	1	8,675	8,675	75,256	0,250	5351,800	2675,900	77,115	2753,015
			Σ	150,511					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

- Fuerza por marco en sentido de análisis Y

Tabla XVI. **Fuerzas en marcos eje de análisis Y**

Fuerzas en marcos eje de análisis Y									
Marco	Ri	di	Ridi	Ridi <sup>2</sup>	e	F1	FM'	FM''	FM1
1	1	3,675	3,675	13,506	0,250	5351,800	2675,900	364,068	3039,968
3	1	-3,675	-3,675	13,506	0,250	5351,800	2675,900	-364,068	2311,832
			Σ	27,011					

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

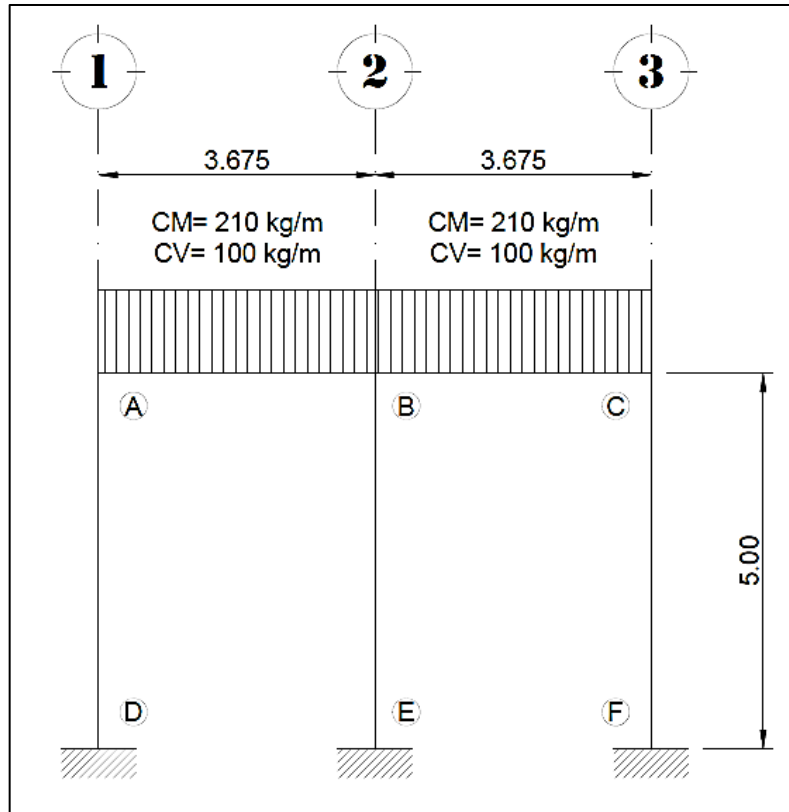
#### 2.1.6.1.5. **Análisis de marcos rígidos por método de Kani**

A continuación, se presenta el análisis estructural de marcos rígidos por el método de Kani. Para ejemplificar el método se ha seleccionado el marco sobre el eje F.

Carga muerta (viga) =  $0,25 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 210,00 \text{ kg/m}$

Carga viva (viga) =  $100,00 \text{ kg/m}$  (Instaladores)

Figura 18. **Distribución de carga muerta y carga viva sobre marco eje F**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Referencia: positivo a favor del sentido de las agujas del reloj

- Cálculo de inercias
  - Inercia de viga 25 cm x 35 cm:

$$I = \frac{25 \text{ cm} * (35 \text{ cm})^3}{12} = 89\,322,92 \text{ cm}^4$$

- Inercia de columna 35 cm x 35 cm:

$$I = \frac{35 \text{ cm} * (35 \text{ cm})^3}{12} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

- Inercias relativas

- Viga 25 cm x 35 cm

$$I = \frac{89\,322,92 \text{ cm}^4}{125\,052,08 \text{ cm}^4} = 0,714$$

- Columna 35 cm x 35 cm

$$I = \frac{125\,052,08 \text{ cm}^4}{125\,052,08 \text{ cm}^4} = 1,0$$

- Cálculo de rigideces

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

Donde:

K = Rigidez del elemento

I = Inercia del elemento

L = Longitud efectiva del elemento

- Viga 25 cm x 35 cm

$$K_{AB} = K_{BC} = \frac{0,714}{3,675} = 0,19$$

- Columna 35 cm x 35 cm

$$K_{AD} = K_{BE} = K_{CF} = \frac{1,0}{5,00} = 0,20$$

- Factores de giro

Nudo D, E y F

$$\mu_{DA} = \mu_{EB} = \mu_{FC} = 0$$

Nudo A

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,19}{0,19 + 0,20} \right) = -0,244$$

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,20}{0,19 + 0,20} \right) = -0,256$$

$$\Sigma = -0,500$$

Nudo B

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,19}{0,19 + 0,20 + 0,19} \right) = -0,164$$

$$\mu_{BE} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,20}{0,19 + 0,20 + 0,19} \right) = -0,172$$

$$\mu_{BC} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,19}{0,19 + 0,20 + 0,19} \right) = -0,164$$

$$\Sigma = -0,500$$



Nudo C

$$\mu_{CB} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,19}{0,19 + 0,20} \right) = -0,244$$

$$\mu_{CF} = -\frac{1}{2} \left( \frac{0,20}{0,19 + 0,20} \right) = -0,256$$

$$\Sigma = -0,500$$

- Momentos de empotramiento

Los momentos de empotramiento son los transmitidos entre los extremos de los elementos, resultado de la aplicación de las cargas verticales.

$$\bar{M}_{ik} = \pm \frac{W * L^2}{12}$$

- Momentos de empotramiento provocados por la carga muerta

$$\bar{M}_{AB} = -\frac{210 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = -236,35 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\bar{M}_{BA} = \frac{210 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = 236,35 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\bar{M}_{BC} = \frac{210 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = -236,35 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\bar{M}_{CB} = \frac{210 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = 236,35 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos de empotramiento provocados por la carga viva

$$\bar{M}_{AB} = -\frac{100 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = -112,55 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\bar{M}_{BA} = \frac{100 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = 112,55 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\bar{M}_{BC} = -\frac{100 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = -112,55 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\bar{M}_{CB} = \frac{100 \text{ kg/m} * (3,675\text{m})^2}{12} = 112,55\text{kg} - \text{m}$$

- Momentos de sujeción

Son los momentos resultantes en cada nodo, provocados por los momentos de empotramiento que los elementos transmiten hacia él.

$$M_S = \sum (\bar{M}_{ik})$$

- Momentos de sujeción provocados por la carga muerta

$$M_{SA} = -236,35 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{SB} = (236,35 - 236,35)\text{kg} - \text{m} = 0,00 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{SC} = 236,35 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos de sujeción provocados por la carga viva

$$M_{SA} = -112,55 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{SB} = (112,55 - 112,55)\text{kg} - \text{m} = 0,00 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{SC} = 112,55 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de iteraciones
  - Influencias de giro provocadas por la carga muerta

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

Primera iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-236,35) = 57,67$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-236,35) = 60,51$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0,00 + 57,67) = -9,46$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0,00 + 57,67) = -9,92$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0,00 + 57,67) = -9,46$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (236,35 - 9,46) = -55,36$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (236,35 - 9,46) = -58,08$$

## Segunda iteración

### Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-236,35 - 9,46) = 59,98$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-236,35 - 9,46) = 62,93$$

### Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0,00 + 59,98 - 55,36) = -0,76$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0,00 + 59,98 - 55,36) = -0,79$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0,00 + 59,98 - 55,36) = -0,76$$

### Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (236,35 - 0,76) = -57,48$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (236,35 - 0,76) = -60,31$$

## Tercera iteración

### Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-236,35 - 0,76) = 57,85$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-236,35 - 0,76) = 60,70$$

### Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0,00 + 57,85 - 57,65) = -0,06$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0,00 + 57,85 - 57,65) = -0,06$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0,00 + 57,85 - 57,65) = -0,06$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (236,35 - 0,06) = -57,65$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (236,35 - 0,06) = -60,49$$

Cuarta iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-236,35 - 0,06) = 57,68$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-236,35 - 0,06) = 60,52$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0,00 + 57,68 - 57,65) = 0,00$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0,00 + 57,68 - 57,65) = -0,01$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0,00 + 57,68 - 57,65) = 0,00$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (236,35 + 0,00) = -57,67$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (236,35 + 0,00) = -60,50$$

Quinta iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-236,35 - 0,00) = 57,67$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-236,35 - 0,00) = 60,51$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0,00 + 57,67 - 57,67) = 0,00$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0,00 + 57,67 - 57,67) = 0,00$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0,00 + 57,67 - 57,67) = 0,00$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (236,35 + 0,00) = -57,67$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (236,35 + 0,00) = -60,51$$

Sexta iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-236,35 - 0,00) = 60,51$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-236,35 - 0,00) = 57,67$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0 + 57,67 - 57,67) = 0,00$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0 + 57,67 - 57,67) = 0,00$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0 + 57,67 - 57,67) = 0,00$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (236,35 + 0,00) = -57,67$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (236,35 + 0,00) = -60,51$$

Tabla XVII. Método de Kani para cargas muertas

A				B				C		
-236.35	-0.244	-236.35	112.55	-0.164	0.00	-0.164	-112.55	112.55	-0.244	236.35
-0.256		57.67	-9.46	-0.172		-0.172	-9.46	-55.36		-0.256
0.00		57.85	-0.06	0.00		0.00	-0.06	-57.65		0.00
60.51		57.68	0.00	-9.92		-9.92	0.00	-57.67		-58.08
62.93		57.67	0.00	-0.79		-0.79	0.00	-57.67		-60.31
60.70		57.67	0.00	-0.06		-0.06	0.00	-57.67		-60.49
60.52				-0.01		-0.01				-60.50
60.51				0.00		0.00				-60.51
60.51				0.00		0.00				-60.51
	0.00				0.00					0.00
D				E						F

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Momentos últimos en los extremos de la barra por la carga muerta

Para la determinación de los momentos últimos en los extremos de la barra, provocados por la carga vertical, se utiliza la siguiente expresión:

$$M_{uik(-)} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

- Vigas

$$M_{uAB(-)} = (-236,35) + (2 * 57,67) + (0,00) = -121,02$$

$$M_{uBA(-)} = (236,35) + (2 * 0,00) + (57,67) = 294,02$$

$$M_{uBC(-)} = (-236,35) + (2 * 0,00) + (-57,67) = -294,02$$

$$M_{uCB(-)} = (236,35) + (2 * -57,67) + (0,00) = 121,02$$

- Columnas

$$M_{uAD(-)} = (0,00) + (2 * 60,51) + (0,00) = 121,02$$

$$M_{uDA(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (60,51) = 60,51$$

$$M_{uBE(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (0,00) = 0,00$$

$$M_{uEB(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (0,00) = 0,00$$

$$M_{uCF(-)} = (0,00) + (2 * -60,51) + (0,00) = -121,02$$

$$M_{uFC(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (-60,51) = -60,51$$

- Momentos últimos (+) por la carga muerta

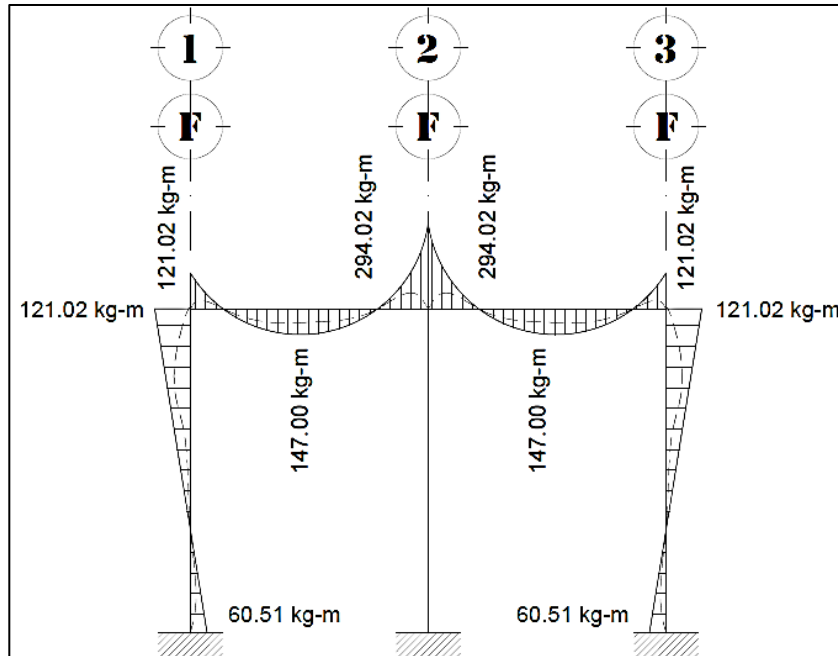
$$M_{u(+)} = \frac{WL^2}{8} - \left( \frac{|M_{uik(-)}| + |M_{uki(-)}|}{2} \right)$$

$$M_{uAB(+)} = \frac{(210) * (3,675)^2}{8} - \left( \frac{|-121,02| + |294,02|}{2} \right) = 147,00$$

$$M_{uBC(+)} = \frac{(210) * (3,675)^2}{8} - \left( \frac{|-294,02| + |121,02|}{2} \right) = 147,00$$



Figura 19. Diagrama de momentos debido a la carga muerta sobre el marco F, por el método de Kani



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Influencias de giro provocadas por la carga viva

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

Primera iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-112,55) = 27,46$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-112,55) = 28,81$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0 + 27,46) = -4,50$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0 + 27,46) = -4,72$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0 + 27,46) = -4,50$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (112,55 - 4,50) = -26,36$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (112,55 - 4,50) = -27,66$$

Segunda iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-112,55 - 4,50) = 28,56$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-112,55 - 4,50) = 29,97$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0 + 28,56 - 26,36) = -0,36$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0 + 28,56 - 26,36) = -0,38$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0 + 28,56 - 26,36) = -0,36$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (112,55 - 0,36) = -27,37$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (112,55 - 0,36) = -28,72$$

### Tercera iteración

#### Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-112,55 - 0,36) = 27,55$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-112,55 - 0,36) = 28,91$$

#### Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0 + 27,55 - 27,37) = -0,03$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0 + 27,55 - 27,37) = -0,03$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0 + 27,55 - 27,37) = -0,03$$

#### Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (112,55 - 0,03) = -27,46$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (112,55 - 0,03) = -28,81$$

### Cuarta iteración

#### Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-112,55 - 0,03) = 27,47$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-112,55 - 0,03) = 28,82$$

#### Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0,00 + 27,47 - 27,46) = 0,00$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0,00 + 27,47 - 27,46) = 0,00$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0,00 + 27,47 - 27,46) = 0,00$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (112,55 - 0,00) = -27,46$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (121,55 - 0,00) = -28,81$$

Quinta iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-112,55 - 0,00) = 27,46$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-112,55 - 0,00) = 28,81$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0 + 27,46 - 27,46) = 0,00$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0 + 27,46 - 27,46) = 0,00$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0 + 27,46 - 27,46) = 0,00$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (112,55 - 0,00) = -27,46$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (112,55 - 0,00) = -28,81$$

Sexta iteración

Nudo A

$$M'_{AB} = -0,244 * (-112,55 - 0,00) = 27,46$$

$$M'_{AD} = -0,256 * (-112,55 - 0,00) = 28,81$$

Nudo B

$$M'_{BA} = -0,164 * (0 + 27,46 - 27,46) = 0,00$$

$$M'_{BE} = -0,172 * (0 + 27,46 - 27,46) = 0,00$$

$$M'_{BC} = -0,164 * (0 + 27,46 - 27,46) = 0,00$$

Nudo c

$$M'_{CB} = -0,244 * (112,55 - 0,00) = -27,46$$

$$M'_{CF} = -0,256 * (112,55 - 0,00) = -28,81$$

Tabla XVIII. Método de Kani para cargas vivas

A				B				C	
-112.55		-112.55	112.55	0.00		-112.55	112.55	112.55	
-0.244		27.46	-4.50	-0.164		-4.50	-26.36	-0.244	
-0.256		28.56	-0.36	-0.172		-0.36	-27.37	-0.256	
0.00		27.55	-0.03	0.00		-0.03	-27.46	0.00	
28.81		27.47	0.00	-4.72		0.00	-27.46	-27.66	
29.97		27.46	0.00	-0.38		0.00	-27.46	-28.72	
28.91		27.46	0.00	-0.03		0.00	-27.46	-28.81	
28.82				0.00				-28.81	
28.81				0.00				-28.81	
28.81				0.00				-28.81	
0.00				0.00				0.00	
D		E		F					

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Momentos últimos en los extremos de la barra por la carga muerta

Para la determinación de los momentos últimos en los extremos de la barra, provocados por la carga vertical, se utiliza la siguiente expresión:

$$M_{uik(-)} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki}$$

- Vigas

$$M_{uAB(-)} = (-112,55) + (2 * 27,46) + (0,00) = -57,62$$

$$M_{uBA(-)} = (112,55) + (2 * 0,00) + (27,46) = 140,01$$

$$M_{uBC(-)} = (-112,55) + (2 * 0,00) + (-27,46) = -140,01$$

$$M_{uCB(-)} = (112,55) + (2 * -27,46) + (0,00) = 57,62$$

- Columnas

$$M_{uAD(-)} = (0,00) + (2 * 28,81) + (0,00) = 57,62$$

$$M_{uDA(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (28,81) = 28,81$$

$$M_{uBE(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (0,00) = 0,00$$

$$M_{uEB(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (0,00) = 0,00$$

$$M_{uCF(-)} = (0,00) + (2 * -28,81) + (0,00) = -57,62$$

$$M_{uFC(-)} = (0,00) + (2 * 0,00) + (-28,81) = -28,81$$

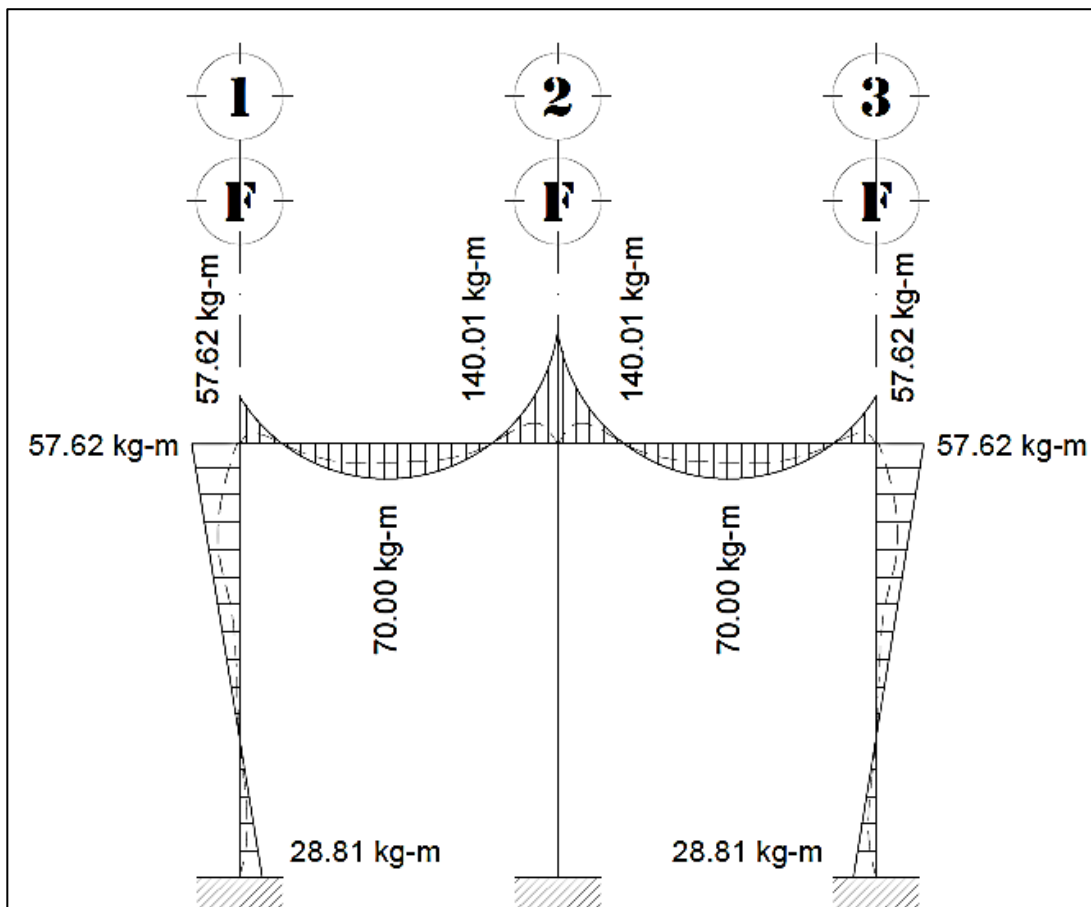
- Momentos últimos (+) por la carga muerta

$$M_{u(+)} = \frac{WL^2}{8} - \left( \frac{|M_{uik(-)}| + |M_{uki(-)}|}{2} \right)$$

$$M_{uAB(+)} = \frac{(100) * (3,675)^2}{8} - \left( \frac{|-57,62| + |140,01|}{2} \right) = 70,00$$

$$M_{uBC(+)} = \frac{(100) * (3,675)^2}{8} - \left( \frac{|-140,01| + |-57,62|}{2} \right) = 70,00$$

Figura 20. **Diagrama de momentos debido a la carga viva sobre el marco F, por el método de Kani**

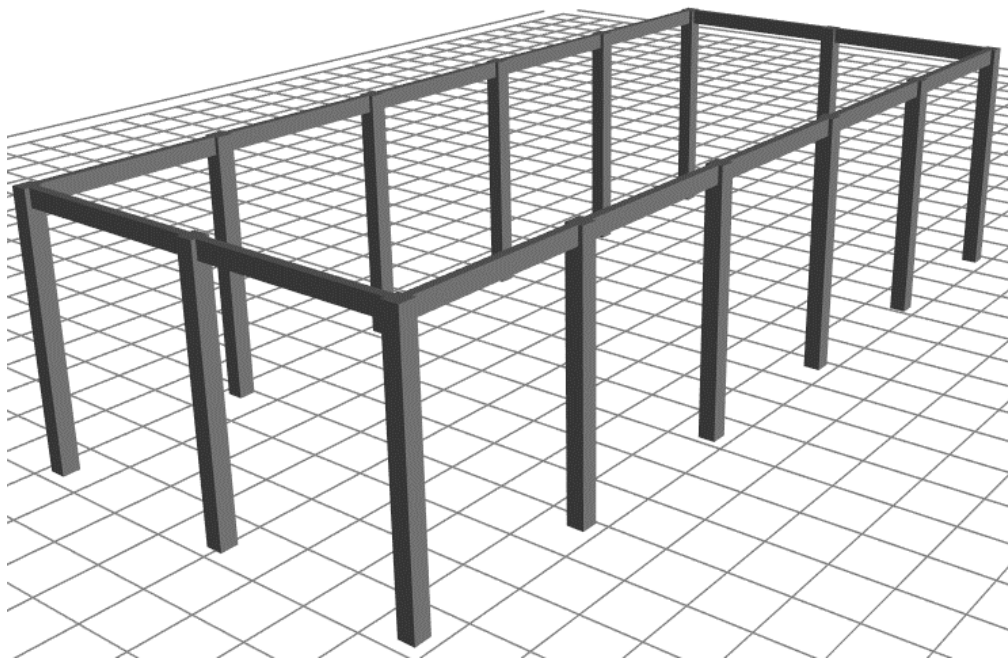


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

### 2.1.6.1.6. Análisis de marcos rígidos empleando ETABS 18

A continuación, se presenta el análisis estructural de marcos rígidos por medio del software para estructuras ETABS 18. Para ejemplificar el método se ha seleccionado el marco sobre el eje F.

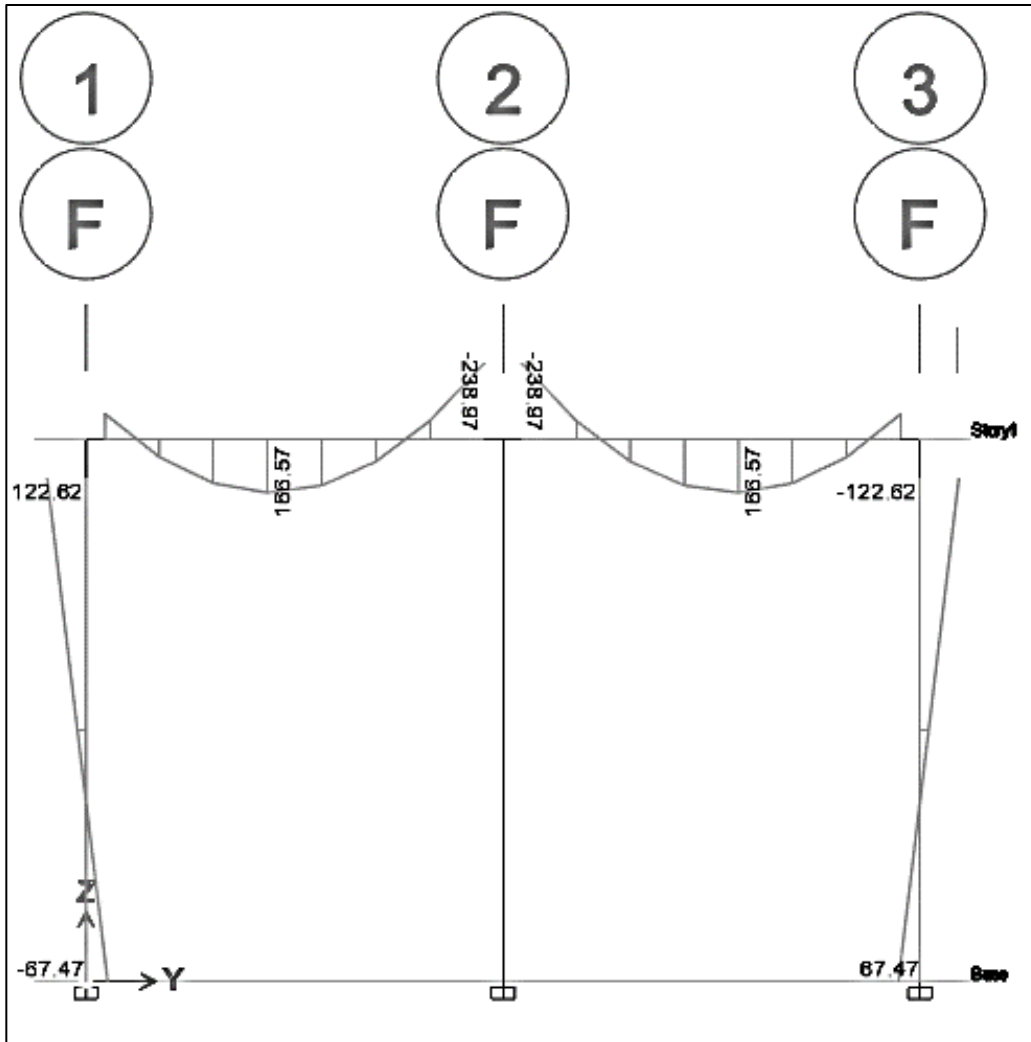
Figura 21. **Modelo tridimensional**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

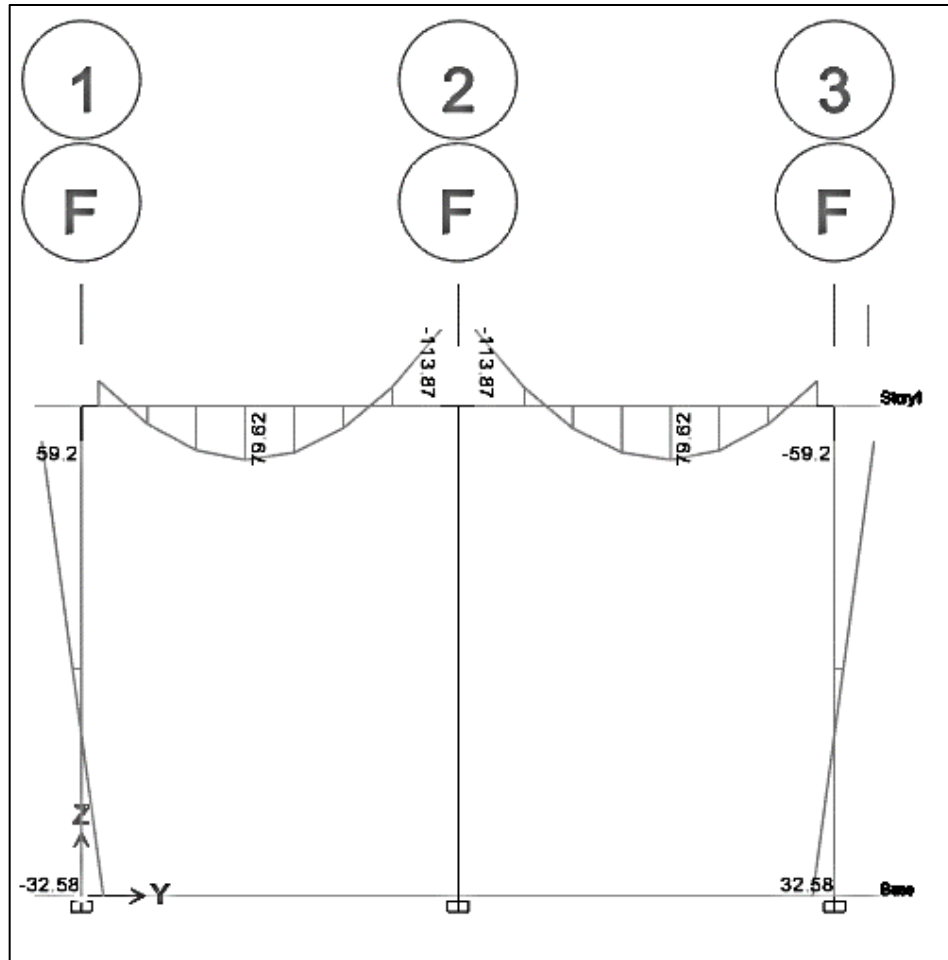


Figura 22. Diagrama de momentos debido a la carga muerta sobre el marco F (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 23. Diagrama de momentos debido a la carga viva sobre el marco F (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

#### 2.1.6.1.7. Comparación de resultados obtenidos por el método de Kani y por medio de ETABS 18

Se utilizarán tablas para la comparación de los resultados y de esta manera determinar porcentaje de diferencia.

Tabla XIX. **Comparación de vigas del marco F para la carga muerta**

Comparación de resultados obtenidos en vigas del marco F para la carga muerta (kg-m)						
	Viga AB			Viga BC		
Método	Mu izq, (-)	Mu (+)	Mu der, (-)	Mu izq, (-)	Mu (+)	Mu der, (-)
KANI	121,02	147,00	294,02	294,02	147,00	121,02
ETABS 18	122,62	166,57	238,97	238,97	166,57	122,62
Diferencia	1,60	19,57	55,05	55,05	19,57	1,60
Dif, %	1,30%	11,75%	18,72%	18,72%	11,75%	1,30%

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Tabla XX. **Comparación de vigas del marco F para la carga viva**

Comparación de resultados obtenidos en vigas del marco F para la carga viva (kg-m)						
	Viga AB			Viga BC		
Método	Mu izq, (-)	Mu (+)	Mu der, (-)	Mu izq, (-)	Mu (+)	Mu der, (-)
KANI	57,62	70,00	140,01	140,01	70,00	57,62
ETABS 18	59,20	79,82	113,82	113,82	79,82	59,20
Diferencia	1,58	9,82	26,19	26,19	9,82	1,58
% Dif,	2,67%	12,30%	18,71%	18,71%	12,30%	2,67%

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Tabla XXI. **Comparación de columnas del marco F para la carga muerta**

Comparación de resultados obtenidos en columnas del marco F para la carga muerta (kg-m)				
	Columna AD		Columna CF	
Método	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
KANI	121,02	60,51	121,02	60,51
ETABS 18	122,62	67,47	122,62	67,47
Diferencia	1,60	6,96	1,60	6,96
% Dif,	1,30 %	10,32 %	1,30 %	10,32 %

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Tabla XXII. **Comparación de columnas del marco F para la carga viva**

Comparación de resultados obtenidos en columnas del marco F para la carga viva				
	Columna AD		Columna CF	
Método	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
KANI	57,62	28,81	57,62	28,81
ETABS 18	59,20	32,58	59,20	32,58
Diferencia	1,58	3,77	1,58	3,77
% Dif.	2,67%	11,57%	2,67%	11,57%

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Se puede observar que en la mayoría de los casos, los resultados obtenidos por el método de Kani son menores que los obtenidos a través del software ETABS 18, en una variación 1,30 % al 18,72 %.

Basado en la comparación anterior de los resultados obtenidos con procedimientos manuales y computarizados, se observa que, las diferencias de los datos numéricos obtenidos no son muy grandes; para fines didácticos se seguirá trabajando con los resultados obtenidos por el software ETABS 18.

#### **2.1.6.1.8. Momentos últimos por envolvente**

La envolvente de momentos es la simulación del conjunto de cargas gravitacionales y sísmicas, mayoradas y aplicadas en diferentes combinaciones a la cual estará expuesta la estructura en estudio, tomando los momentos máximos de las combinaciones definidas en las normas.

Se aplicarán las combinaciones de cargas que se especifican en la sección 8.3 de la norma NSE 2 2018 actualización 15/07/2020, combinaciones de carga

para el método de diseño por factores de carga y resistencia por sus siglas en inglés *LRFD Load and Resistance Factor Design*.

- Cargas estáticas:
  - 1,4 CM (CR1)
  - 1,2 CM + 1,6 CV + 0,5 V<sub>t</sub> (CR2)
  - 1,2 CM + CV + 1,6 V<sub>t</sub> (CR3)
  
- Cargas dinámicas:
  - Carga de sismo:
    - 1,2 CM + CV + S<sub>vd</sub> ± S<sub>hd</sub> (CR4)
    - 0,9 CM + S<sub>vd</sub> ± S<sub>hd</sub> (CR5)
  
  - Carga de viento:
    - 1,2 CM + CV ± 1,3C<sub>viento</sub> (CR6)
    - 0,9 CM ± 1,3C<sub>viento</sub> (CR7)

Donde:

CM = carga muerta

CV = carga viva

V<sub>t</sub> = carga viva de techo

C<sub>viento</sub> = carga de viento

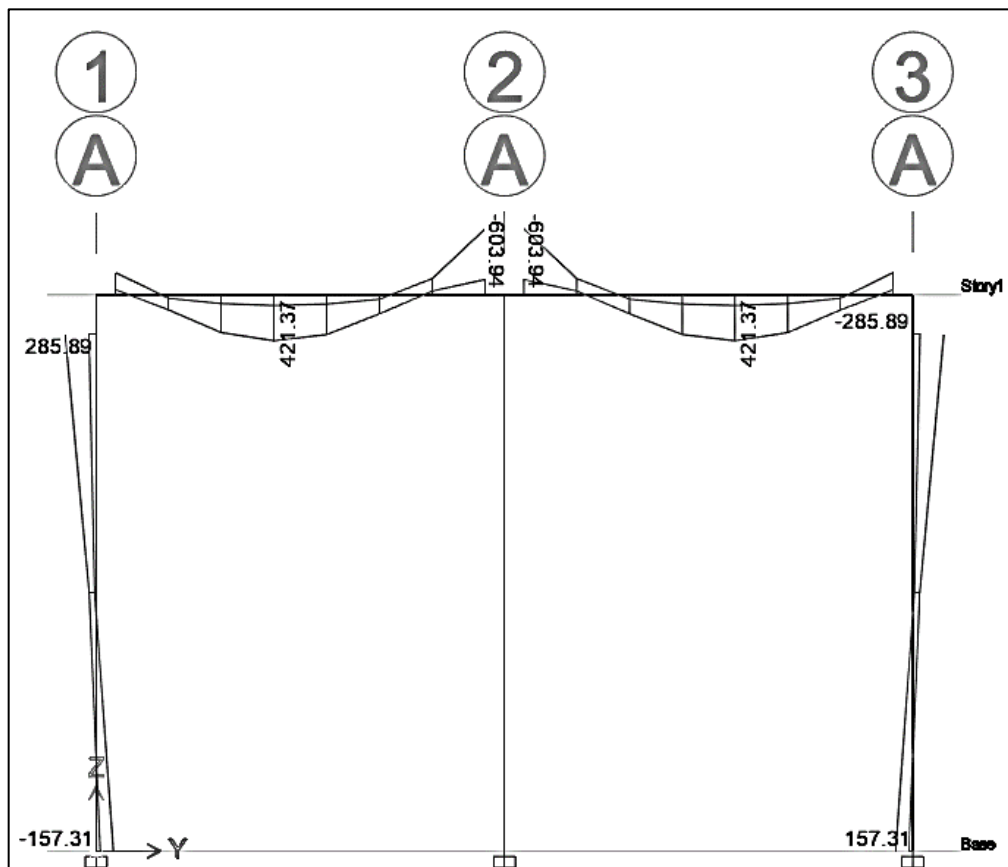
S<sub>hd</sub> = carga sísmica horizontal (Se especifica en tabla XV y XVI)

S<sub>vd</sub> = carga sísmica vertical (Se especifica en el cálculo S<sub>vd</sub> = 0,25 de CM)

### 2.1.6.1.9. Diagramas de momentos y cortes

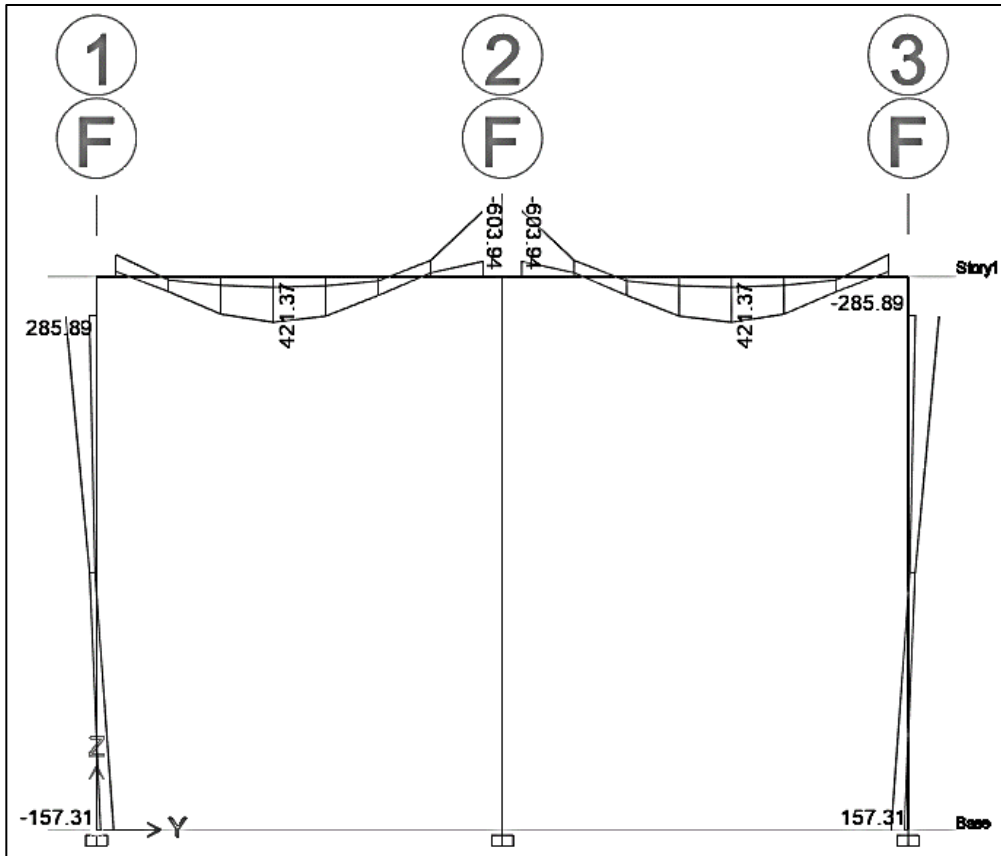
A continuación, se muestran los diagramas de momentos y cortes para cada uno de los marcos, basado en la envolvente momentos. La combinación crítica evaluada fue CR2.

Figura 24. Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco A (kg-m)



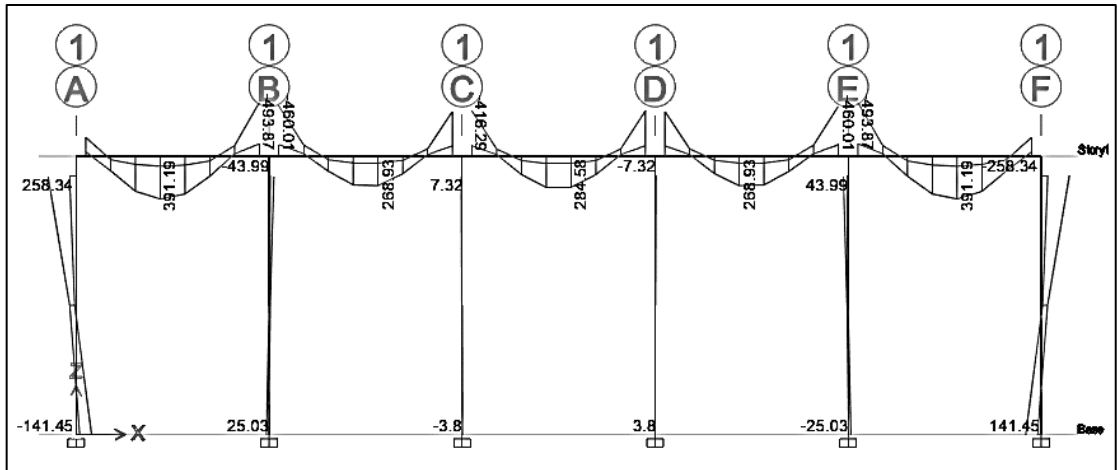
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 25. Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco F (kg-m)



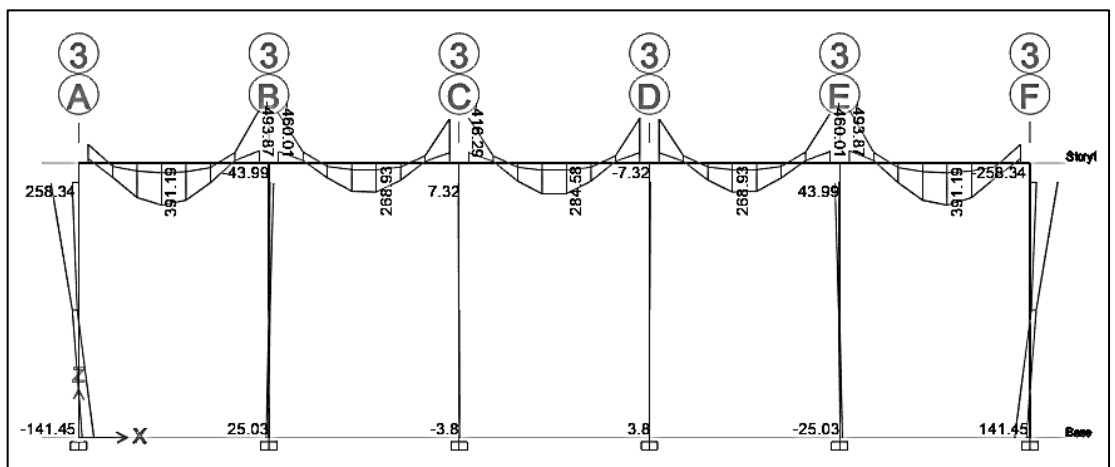
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 26. Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco 1 (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

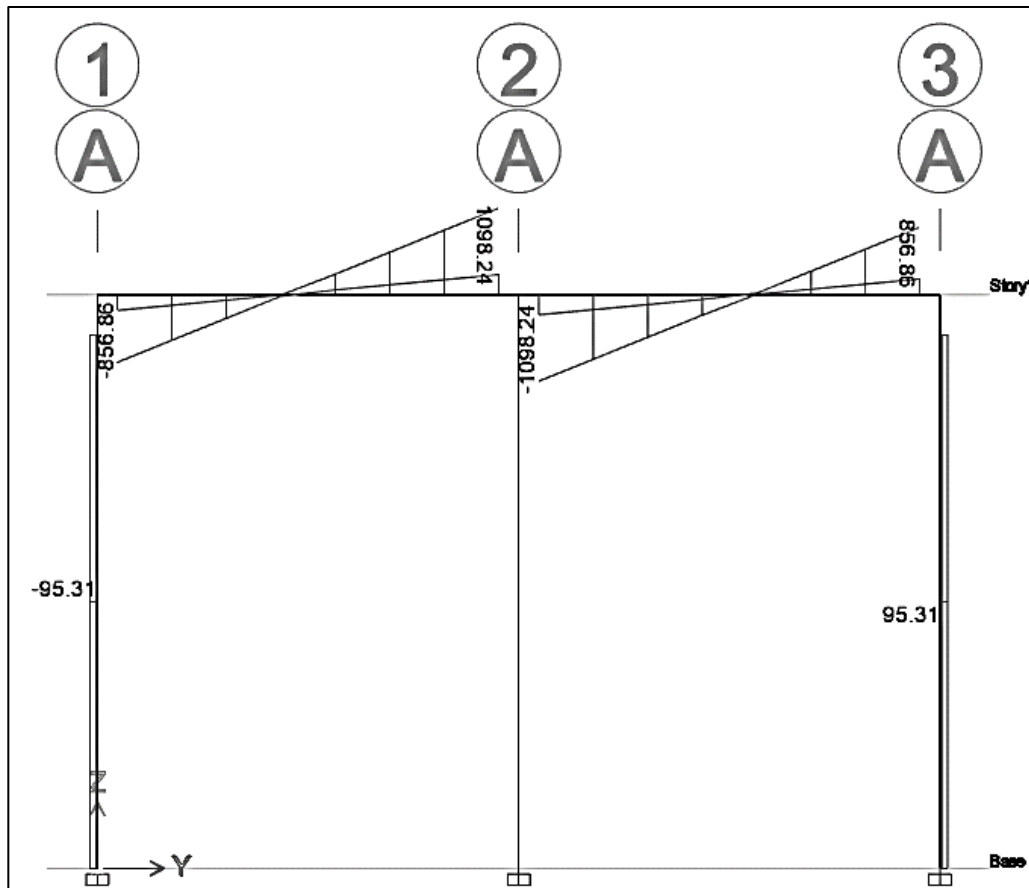
Figura 27. Diagrama de momentos debido a la envolvente sobre el marco 3 (kg-m)



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

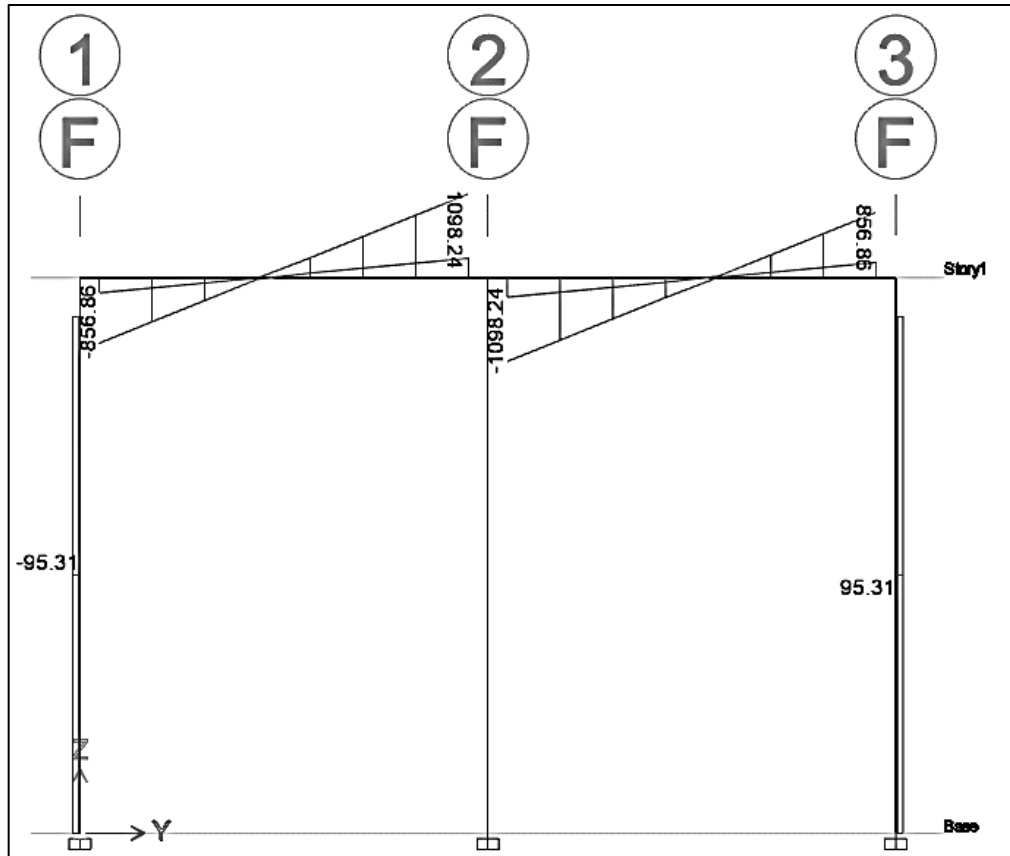


Figura 28. Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco A (kg-m)



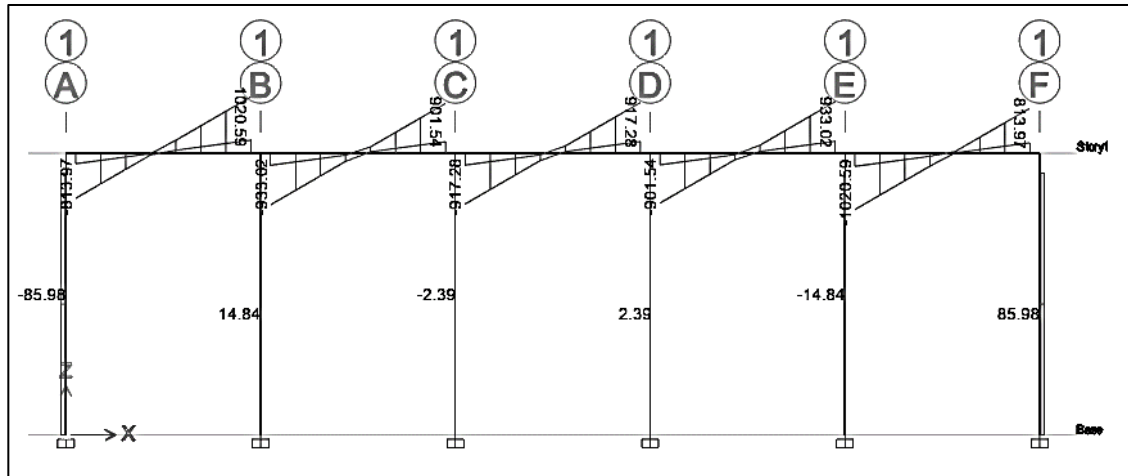
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 29. Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco F (kg-m)



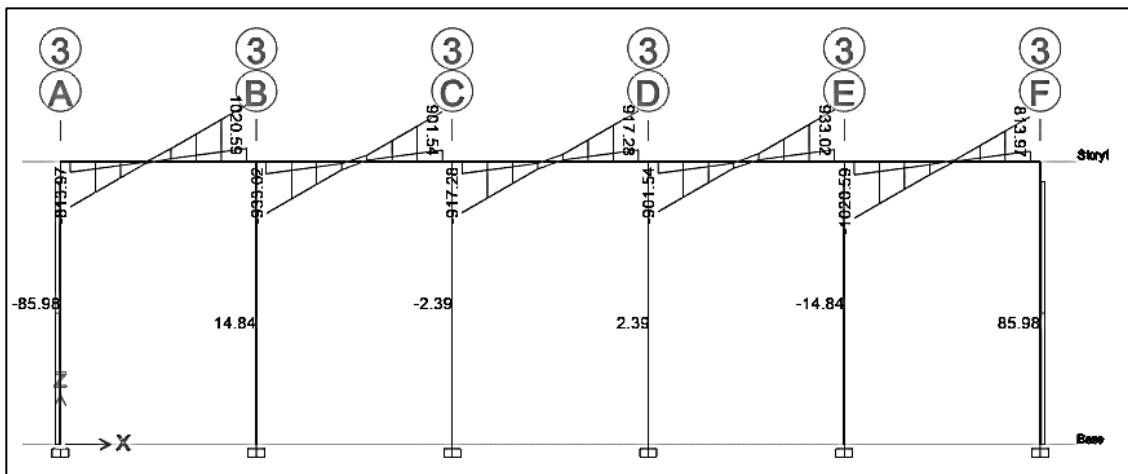
Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 30. **Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco 1 (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 31. **Diagrama de corte debido a la envolvente sobre el marco 3 (kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Tabla XXIII. **Momentos por envolvente en vigas**

Momentos por envolvente en vigas del marco A y F (kg-m)						
	Marco A			Marco F		
	Mu (-) izq,	Mu (+)	Mu (-) der,	Mu (-) izq,	Mu (+)	Mu (-) der,
Viga 1-2	-285,89	421,37	-603,94	-285,89	421,37	-603,94
Viga 2-3	-603,94	421,37	-285,89	-603,94	421,37	-285,89
Momentos por envolvente en vigas del marco 1 y 3 (kg-m)						
	Marco 1			Marco 3		
	Mu (-) izq,	Mu (+)	Mu (-) der,	Mu (-) izq,	Mu (+)	Mu (-) der,
Viga A-B	-258,34	391,19	-493,87	-258,34	391,19	-493,87
Viga B-C	-460,01	268,93	-416,29	-460,01	268,93	-416,29
Viga C-D	-416,29	284,58	-416,29	-416,29	284,58	-416,29
Viga D-E	-416,29	268,93	-460,01	-416,29	268,93	-460,01
Viga E-F	-493,87	391,19	-258,34	-493,87	391,19	-258,34

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Tabla XXIV. **Momentos por envolvente en columnas**

Momentos por envolvente en columnas del marco A y F (kg-m)				
	Marco A		Marco F	
	Mu arriba	Mu abajo	Mu arriba	Mu abajo
Columna eje 1	285,89	-157,31	285,89	-157,31
Columna eje 2	0,00	0,00	0,00	0,00
Columna eje 3	-285,89	157,31	-285,89	157,31
Momentos por envolvente en columnas del marco 1 y 3 (kg-m)				
	Marco 1		Marco 3	
	Mu arriba	Mu abajo	Mu arriba	Mu abajo
Columna eje A	258,34	-141,45	258,34	-141,45
Columna eje B	-43,99	25,03	-43,99	25,03
Columna eje C	7,32	-3,80	7,32	-3,80
Columna eje D	-7,32	3,80	-7,32	3,80
Columna eje E	43,99	-25,03	43,99	-25,03
Columna eje F	-258,34	141,45	-258,34	141,45

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Tabla XXV. **Cortes por envoltente en vigas**

Cortes por envoltente en vigas del marco A y F (kg)				
	Marco A		Marco F	
	V izq,	V der,	V izq,	V der,
Viga 1-2	-856,86	1 098,24	-856,86	1 098,24
Viga 2-3	-1 098,24	856,86	-1 098,24	856,86
Cortes por envoltente en vigas del marco 1 y 3 (kg)				
	Marco 1		Marco 3	
	V izq,	V der,	V izq,	V der,
Viga A-B	-813,97	1020,59	-813,97	1 020,59
Viga B-C	-933,02	901,54	-933,02	901,54
Viga C-D	-917,28	917,28	-917,28	917,28
Viga D-E	-901,54	933,02	-901,54	933,02
Viga E-F	-1 020,59	813,97	-1 020,59	813,97

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Tabla XXVI. **Cortes por envoltente en columnas**

Cortes por envoltente en columnas del marco A y F (kg)				
	Marco A		Marco F	
	V arriba	V abajo	V arriba	V abajo
Columna eje 1	-95,31	-95,31	-95,31	-95,31
Columna eje 2	0,00	0,00	0,00	0,00
Columna eje 3	95,31	95,31	95,31	95,31
Cortes por envoltente en columnas del marco 1 y 3 (kg)				
	Marco 1		Marco 3	
	V arriba	V abajo	V arriba	V abajo
Columna eje A	-85,98	-85,98	-85,98	-85,98
Columna eje B	14,84	14,84	14,84	14,84
Columna eje C	-2,39	-2,39	-2,39	-2,39
Columna eje D	2,39	2,39	2,39	2,39
Columna eje E	-14,84	-14,84	-14,84	-14,84
Columna eje F	85,98	85,98	85,98	85,98

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

### 2.1.6.2. Diseño estructural

El diseño estructural estará basado en el diseño de elementos para pórticos intermedios y son la serie de procedimientos para determinar los refuerzos y características de los elementos que conforman la estructura como las vigas, columnas y cimientos; realizando una combinación entre el concreto y acero de refuerzo trabajando en conjunto cada uno compensando las desventajas del otro, teniendo como finalidad brindar la resistencia necesaria para soportar las situaciones simuladas en el análisis.

#### 2.1.6.2.1. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales que descansan sobre apoyos generalmente ubicados en los extremos, sometidos a esfuerzos de flexión, tensión, compresión y corte.

Para el diseño de las vigas se utilizarán los momentos y cortes últimos obtenidos en el análisis estructural. Se diseñará la viga designada como tipo 1, ubicada entre los ejes 1 – 2 en el marco F.

A continuación, se muestra el resumen de datos necesarios para el diseño de la viga en análisis:

Datos:

$$b = 25 \text{ cms}$$

$$h = 35 \text{ cms}$$

$$M_{(-)izq,} = 285,89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{(+)centro} = 421,37 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{(-)der,} = 603,94 \text{ kg} - \text{m}$$

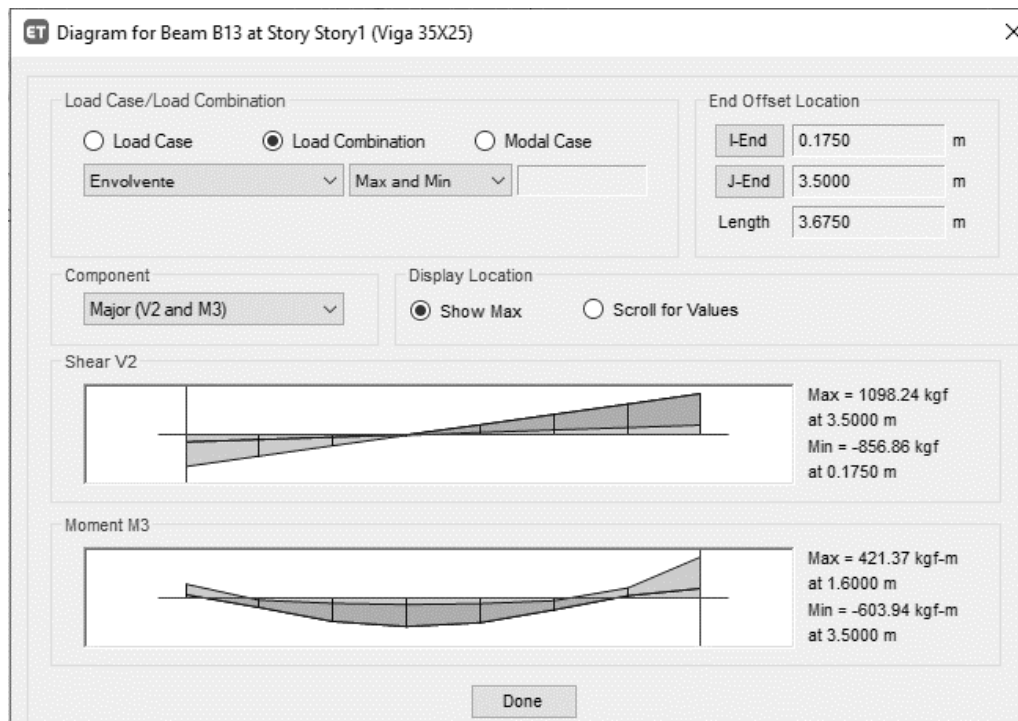
$$V_{act} = 1098,24 \text{ kg}$$

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

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

$$L = 3,675 \text{ m}$$

Figura 32. Diagrama de momentos últimos y cortes actuantes viga entre los ejes 1 – 2, sobre marco F



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

- Cálculo de peralte efectivo

El código ACI-318-19 en la tabla 20.5.1.3.1, establece el recubrimiento especificado para las vigas de concreto construidos en sitio no preesforzados de 40 mm.

$$d = h - \text{recubrimiento} - \text{diametro refuerzo longitudinal}/2$$

$$d = 35,00 \text{ cms} - 4,00 \text{ cms} - \frac{1,27 \text{ cms}}{2}$$

$$d = 30,365 \text{ cms}$$

- Diseño del área de acero longitudinal
  - Determinación del área de acero mínima

El código ACI-318-19 en la sección 9.6, establece que en toda sección de un elemento sometido a flexión se debe de colocar un área de refuerzo mínima donde requiera refuerzo a tracción,  $A_{smin}$  debe ser mayor que las siguientes expresiones:

$$\frac{0.8 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 \text{ sección } 9.6.1.2 \text{ (a) } ]$$

$$\frac{14}{f_y} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 \text{ sección } 9.6.1.2 \text{ (b) } ]$$

Donde:

$b$  = base del elemento estructural

$d$  = peralte efectivo

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$$\frac{0,8 * \sqrt{210}}{2810} * 25 * 30,365 = 3,13 \text{ cm}^2$$

$$\frac{14}{2810} * 25 * 30,365 = 3,78 \text{ cm}^2$$



Se tomará  $A_s \text{ min} = 3,78 \text{ cm}^2$ .

- Determinación del área de acero máxima

El ACI 318-19 en la sección 18.6.3.1 vigas de pórticos especiales resistentes a momentos, establece que la cuantía de refuerzo no debe exceder 0.025 y se basa en la limitación y congestión de refuerzo a los esfuerzos cortantes.

$$A_{s\text{máx}} = 0,025 * 25 * 30,365 = 18,98 \text{ cm}^2$$

- Determinación del área de acero requerida para los momentos

Para determinar el área de acero se utiliza la siguiente expresión, la cual incluye factor de reducción.

$$A_{s\text{req}} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y} \quad [18]$$

Donde:

$A_{s\text{req}}$  = área de acero requerida

$M_u$  = momento último

$b$  = base de la viga

$d$  = peralte efectivo de la viga

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

---

<sup>18</sup> GONZÁLEZ LECHE, Stefania. *Diseño de un salón de usos múltiples para la escuela nacional urbana mixta doctora María Isabel Escobar del municipio de Mixco, departamento de Guatemala*. p. 67.

$$A_{S_{req(-)izq}} = \left[ 25 * 30,36 - \sqrt{(25 * 30,36)^2 - \frac{285,89 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 0,37$$

$$A_{S_{req(+)cen}} = \left[ 25 * 30,36 - \sqrt{(25 * 30,36)^2 - \frac{421,37 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 0,55$$

$$A_{S_{req(-)der}} = \left[ 25 * 30,36 - \sqrt{(25 * 30,36)^2 - \frac{603,94 * 25}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810} = 0,79$$

Tabla XXVII. **Área de acero en viga 1 – 2, sobre marco F**

Área de acero en viga 1 - 2, sobre marco F				
	Momento último (kg-m)	As mínima (cm <sup>2</sup> )	As requerida (cm <sup>2</sup> )	As máxima (cm <sup>2</sup> )
M (-) izq.	202,66	3,78	0,37	18,98
M (+) cen.	421,37	3,78	0,55	18,98
M (-) der.	603,94	3,78	0,79	18,98

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

- Refuerzo longitudinal

En el código ACI-318-19 sección 18.6.3.1, establece que las vigas en cualquier sección tanto para el refuerzo superior como para el inferior deben cumplir con el área de acero mínima anteriormente calculadas, se deben colocar al menos dos varillas de refuerzo en cada una de las camas respectivamente.

$$As \text{ mín.} = 3,78 \text{ cm}^2$$

Cama superior: colocar 3 varillas N4 diámetro de Ø 1/2" equivalente a 3,81 cm<sup>2</sup>.

Cama inferior: colocar 3 varillas N4 diámetro de Ø 1/2" equivalente a 3,81 cm<sup>2</sup>.

- Diseño del área de acero transversal

El diseño a corte o área de acero transversal tiene como finalidad confinar el núcleo de concreto y así evitar la expansión de las varillas longitudinales fuera de su eje, para contrarrestar los efectos es necesario colocar estribos.

- Determinación del corte resistido por el concreto

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 - 22.5.5.1]$$

Donde:

$V_r$  = corte que resiste la sección de concreto

$b$  = base de la viga

$d$  = peralte efectivo de la viga

$f'_c$  = resistencia a la compresión del concreto

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00} * 25 * 30,365 = 5\,002,36 \text{ kg}$$

- Chequeo a corte

$$V_r > V_{act}$$

$$5\,002,36 \text{ kg} > 1\,098,24 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

- Determinación del espaciamiento

El código ACI-318-19 en la sección 18.4.2.4 especifica que se deben colocar estribos cerrados de confinamiento en una longitud  $2h$  medida desde la cara del miembro de apoyo hacia el centro de la luz, el primer estribo debe estar

situado a no más de 50 mm de la cara del miembro de apoyo y el confinamiento no debe exceder el menor de los siguientes valores:

- $\frac{d}{4} = \frac{30,36}{4} = 7,59$  cms.
- $8 * \phi_{\text{longitudinal menor}} = 8 * 1,27 = 10,16$  cms
- $8 * \phi_{\text{estribo}} = 24 * 0,95 = 22,80$  cms
- 30 cms

El espaciamiento máximo en el área fuera del confinamiento no debe exceder  $d/2$ , según la expresión 4,15 (b) de Diseño de estructuras de concreto del autor Arthur H. Nilson, página 126.

$$s_{\text{max}} = d/2$$

$$s_{\text{max}} = 30,36 \text{ cm}/2 = 15,18 \text{ cm}$$

Se seleccionará espaciamiento en área de confinamiento = 7,5 cms, en cada extremo de la viga a una longitud de 70 cms (2h). El espaciamiento en el resto de la viga será de 15 cms.

Tabla XXVIII. **Resumen diseño de vigas**

Viga 1	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	Cortante (kg)	Refuerzo
Sección 25 x 35 cm L=367,5 cm	(-) 285,89	3,81	6 N4	Vr = 5 002,36 Vact =1 098,24	Estribos N3 primer estribo a 0,05m, por confinamiento @ 0,075 m en 0,70 en ambos extremos, resto @ 0,15 m
	(+) 421,37	3,81	6 N4		
	(-) 603,94	3,81	6 N4		

Continuación de la tabla XXVIII.

Viga 2	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	Cortante (kg)	Refuerzo
Sección 25 x 55 cm L=347,0 cm	(-) 416,29	3,81	6 N4	Vr = 5 002,36 Vact =1 020,59	Estribos N3 primer estribo a 0,05m, por confinamiento @ 0,075 m en 0,70 en ambos extremos, resto @ 0,15 m
	(+) 284,58	3,81	6 N4		
	(-) 416,29	3,81	6 N4		

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

### 2.1.6.2.2. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que soportan las cargas de las losas, vigas, acabados y de servicio, sometidos a esfuerzos de flexo compresión.

Para el diseño de las columnas se utilizará la carga axial transmitida por la carga tributaria, carga viva, carga muerta, los momentos y cortes últimos obtenidos en el análisis estructural. Se diseñará la columna designada como tipo 1, ubicada en los ejes A y 1.

A continuación, se muestra el resumen de datos necesarios para el diseño de la columna en análisis:

Datos:

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

$$M_x = \text{momento sentido } x = 258,34 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_y = \text{momento sentido } y = 285,89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$V_{act\ x} = 85,98 \text{ kg}$$

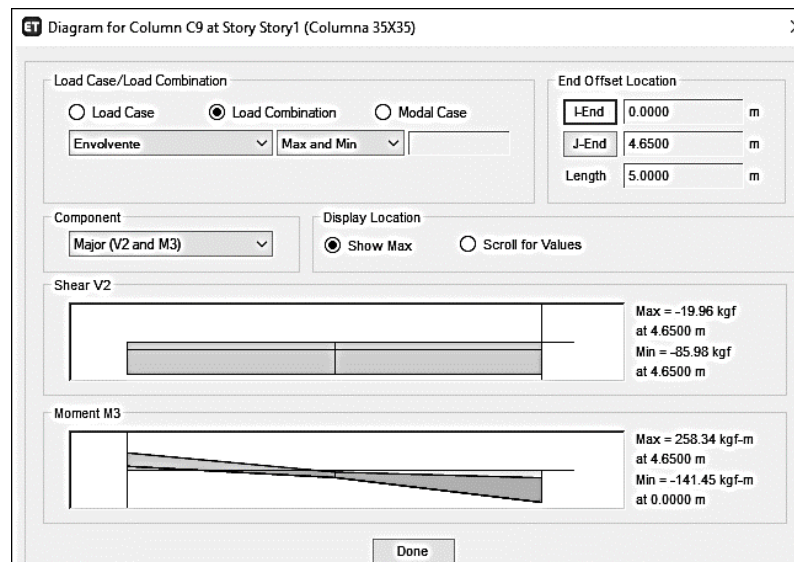
$$V_{act y} = 95,31 \text{ kg}$$

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

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

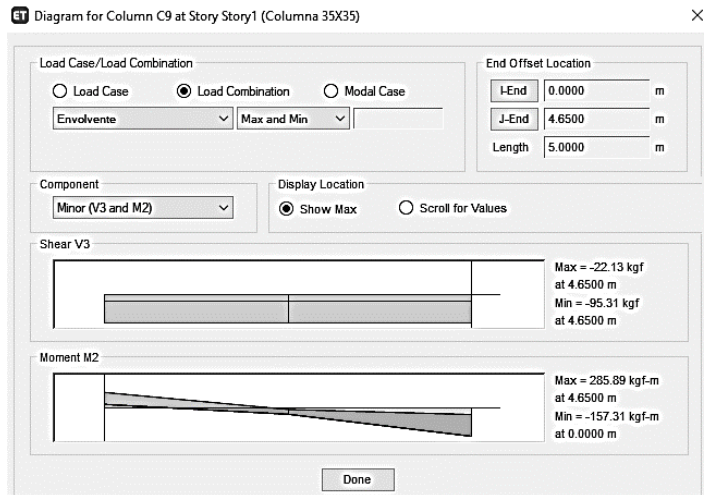
$$L = 5,00 \text{ m}$$

Figura 33. **Diagrama de momentos últimos y cortes actuantes máximos en eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

Figura 34. Diagrama de momentos últimos y cortes actuantes máximos en eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 18.

- Cálculo de carga última

$$CM_{\text{cubierta}} = 6,78 \text{ kg/m}^2$$

$$CM_{\text{vigaa}} = 57,31 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 6,78 + 57,31 = 64,09 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{\text{cubierta}} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_{\text{viga}} = 100 \text{ kg/m} * (3,47\text{m}) = 347 \text{ kg}$$

$$CV_{\text{viga}} = \frac{347 \text{ kg}}{17,35 \text{ m}^2} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$CV = 50 + 20 = 70,00 \text{ kg/m}^2$$

$$C_u = 1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}$$

$$C_u = (1,2 * 64,09) + (1,6 * 70,00) = 188,91 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de factor de carga último

$$F_{cu} = \frac{C_u}{CV + CM}$$

$$F_{cu} = \frac{188,91}{70,00 + 64,09} = 1,41$$

- Cálculo de carga axial

$$C_u * \text{área tributaria} = 188,91 \text{ kg/m}^2 * 17,35 \text{ m}^2 = 3\,277,59 \text{ kg}$$

$$P_{pviga} * F_{cu} = (0,25\text{m} * 0,35\text{m} * 3,47\text{m}) * (2\,400 \text{ kg/m}^3) * 1,47 = 1\,071,19 \text{ kg}$$

$$P_{pcol} * F_{cu} = (0,35\text{m} * 0,35\text{m} * 5,00\text{m}) * (2\,400 \text{ kg/m}^3) * 1,47 = 2\,160,90 \text{ kg}$$

$$P_u = 3\,277,59 \text{ kg} + 1\,071,19 \text{ kg} + 2\,160,90 \text{ kg} = 6\,509,68 \text{ kg}$$

- Cálculo de esbeltez

Para el diseño de la columna es necesario clasificar las columnas a través de la esbeltez. evaluando propiedades como la inercia y rigidez.

Según el rango de esbeltez, las columnas se clasifican en cortas  $E < 21$ , estas columnas se diseñan con los momentos originales del análisis estructural; intermedias  $21 < E < 100$ , estas columnas se deben diseñar con momentos magnificados; y columnas largas  $E > 100$  las cuales no se deben construir debido a que fallan por pandeo.

La esbeltez se calcula con la siguiente expresión:

$$E = \frac{K * L_u}{r} \quad [\text{ACI} - 318 - 19 - 6.2.5.1]$$



Donde:

E = esbeltez

K = factor de longitud efectiva

$L_u$  = longitud de la columna entre apoyos

r = radio de giro de la sección transversal

En el ACI-318-19 sección 6.2.5.2, especifica que se puede calcular el radio de giro (r) con 0,30 veces la dimensión que se está considerando para columnas rectangulares y 0.25 veces el diámetro para columnas circulares.

$$r = 0,3 * \text{lado menor columna} = 0,3 * 0,35 \text{ m} = 0,105 \text{ m}$$

- Cálculo de inercias

$$I_{\text{columna}} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{35 * 35^3}{12} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{viga}} = \frac{b * h^3}{12} = \frac{25 * 35^3}{12} = 89\,322,92 \text{ cm}^4$$

- Cálculo grado de empotramiento

$$\Psi_i = \frac{\sum \left( \frac{E_m I}{L} \right)_{\text{columnas}}}{\sum \left( \frac{E_m I}{L} \right)_{\text{vigas}}}$$

Donde:

$\Psi_i$  = grado de empotramiento

I = inercia del elemento estructural

L = longitud del elemento estructural

$E_m$  = módulo de elasticidad del material

$E_m = 1$ , por ser del mismo material todos los elementos estructurales

Grado de empotramiento sentido X, parte superior:

$$\Psi_a = \frac{\frac{1 * (125\ 052,08\ \text{cm}^4)}{500\ \text{cm}}}{\frac{1 * (89\ 322,92\ \text{cm}^4)}{347\ \text{cm}} + \frac{1 * (89\ 322,92\ \text{cm}^4)}{347\ \text{cm}}} = 0,486$$

Grado de empotramiento sentido X, parte inferior:

$$\Psi_b = 0, \text{ por ser empotramiento en la base}$$

Grado de empotramiento promedio sentido X:

$$\Psi_p = \frac{0,486 + 0}{2} = 0,243$$

- Cálculo del coeficiente de rigidez, sentido X:

Para  $\Psi_p < 2$ , utilizar:

$$K = \left( \frac{20 - \Psi_p}{20} \right) * \sqrt{1 + \Psi_p}$$
$$K = \left( \frac{20 - 0,243}{20} \right) * \sqrt{1 + 0,243} = 1,10$$

- Esbeltez, sentido X:

$$E = \frac{1,10 * 4,70\ \text{m}}{0,105\ \text{m}} = 49,24$$
$$21 < E < 100$$

Grado de empotramiento sentido Y, parte superior:

$$\Psi_a = \frac{\frac{1 * (125\ 052,08\ \text{cm}^4)}{500\ \text{cm}}}{\frac{1 * (89\ 322,92\ \text{cm}^4)}{367,5\ \text{cm}} + \frac{1 * (89\ 322,92\ \text{cm}^4)}{367,5\ \text{cm}}} = 0,514$$

Grado de empotramiento sentido Y, parte inferior:

$$\Psi_b = 0, \text{ por ser empotramiento en la base}$$

Grado de empotramiento promedio sentido Y:

$$\Psi_p = \frac{0,514 + 0}{2} = 0,257$$

- Cálculo del coeficiente de rigidez, sentido Y:

Para  $\Psi_p < 2$ , utilizar:

$$K = \left(\frac{20 - \Psi_p}{20}\right) * \sqrt{1 + \Psi_p}$$
$$K = \left(\frac{20 - 0,257}{20}\right) * \sqrt{1 + 0,257} = 1,11$$

- Esbeltez, sentido Y:

$$E = \frac{1,11 * 4,70\ \text{m}}{0,105\ \text{m}} = 49,69$$
$$21 < E < 100$$

La columna se encuentra en el rango de intermedias, tanto para el sentido X como para el sentido Y, por lo que es necesario magnificar momentos.

- Magnificación de momentos

Con base en el código ACI-318-19 sección 6.6.4, se deben magnificar los momentos cuando una columna tiene esbeltez intermedia, a continuación, se muestra el procedimiento:

$$M_{ux} = \text{Momento sentido x} = 258,34 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{uy} = \text{Momento sentido y} = 285,89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_d = \delta * M_u$$

Donde:

$M_d$  = momento de diseño

$\delta$  = magnificador de momentos

$M_u$  = momento último

$\delta$ , se expresa por:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{\phi P_{cr}}} \quad [\text{ACI} - 318 - 19 - 6.6.4.4.2]$$

Donde:

$\delta$  = magnificador de momentos

$P_u$  = carga última actuante

$P_{cr}$  = carga crítica de pandeo (Euler)

$\phi$  = factor de compresión, 0,70 para estribos, 0,75 para zunchos

$P_{cr}$  , se expresa por:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(KL_n)^2}$$

Donde:

E = módulo de elasticidad

I = momento de inercia

K = factor de longitud efectiva

$L_n$  = longitud libre entre apoyos

$EI$ , se expresa por:

$$EI = \frac{E_c * I_g / 2,5}{1 + \beta_d}$$

Donde:

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'c} \quad [\text{ACI 318 19 sección 19.2.2.1 (b)}]$$

$I_g$  = momento de inercia centroidal de la columna

$$I_g = bh^3 / 12$$

$\beta_d$  = factor de flujo plástico

$$\beta_d = \frac{1,2 \text{ CM}}{1,2 \text{ CM} + 1,6 \text{ CV}} = \frac{CM_u}{C_u}$$

$$0 \leq \beta \leq 1$$

- Sentido X

$$\beta_d = \frac{1,2 (64,09)}{1,2 (64,09) + 1,6 (70,00)} = 0,41 \quad \text{OK}$$

$$I_g = \frac{35 * 35^3}{12} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{210} = 218\,819,79$$

$$EI = \frac{(E_c * I_g)/2,5}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{(218\,819,79 * 125\,052,08)/2,5}{1 + 0,26} = 8,687 * 10^9$$

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 * EI}{(KL)^2}$$

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 * 4,689 * 10^9}{(1,11 * 470)^2} = 315,01 * 10^3$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{crx}}} \geq 1$$

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \frac{6\,509,68}{0,70 * 315,01 * 10^3}} = 1,03 \geq 1$$

$$M_{dx} = 1,03 * 258,34 \text{ kg} - \text{m} = 266,09 \text{ kg} - \text{m}$$

o Sentido Y

$$\beta_d = \frac{1,2 (64,09)}{1,2 (64,09) + 1,6 (70,00)} = 0,41 \quad \text{OK}$$

$$I_g = \frac{35 * 35^3}{12} = 125\,052,08 \text{ cm}^4$$

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{210} = 218\,819,79$$

$$EI = \frac{(E_c * I_g)/2,5}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{(218\,819,79 * 125\,052,08)/2,5}{1 + 0,26} = 8,687 * 10^9$$

$$P_{cry} = \frac{\pi^2 * EI}{(KL)^2}$$

$$P_{\text{cry}} = \frac{\pi^2 * 4,689 * 10^9}{(1,11 * 470)^2} = 315,01 * 10^3$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{P_u}{P_{\text{cry}}}} \geq 1$$

$$\delta_y = \frac{1}{1 - \frac{6\,509,68}{0,70 * 315,01 * 10^3}} = 1,03 \geq 1$$

$$M_{\text{dy}} = 1,03 * 285,89 \text{ kg} - \text{m} = 294,47 \text{ kg} - \text{m}$$

- Refuerzo longitudinal

Para determinar el refuerzo longitudinal se utilizará el método de Bresler, el cual asume una aproximación de la superficie de falla, a continuación, se muestra el procedimiento:

Datos:

$$M_{\text{dx}} = 266,09 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{\text{dy}} = 294,47 \text{ kg} - \text{m}$$

$$P_u = 6\,509,68 \text{ kg}$$

$$\text{Recubrimiento} = 4,00 \text{ cm}$$

$$f'c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

- Cálculo del acero mínimo y máximo

Según el código ACI-318-14 sección 10.6.1.1, el área de refuerzo longitudinal no debe ser menor que 0,01 ni mayor que 0,08 del área gruesa de la columna.

$$A_{S_{\text{mín}}} = 0,01 * (35 * 35) = 12,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{\text{máx}}} = 0,08 * (35 * 35) = 98,00 \text{ cm}^2$$

Se propone un armado que se encuentre dentro del rango anterior.

$$4 \text{ varillas N4} = 5,08 \text{ cm}^2$$

$$4 \text{ varillas N5} = 7,92 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_t} = 13,00 \text{ cm}^2 = 1,06 \%$$

- Cálculo de las excentricidades

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_u} = \frac{266,09 \text{ kg} - \text{m}}{6509,68 \text{ kg}} = 0,041 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_u} = \frac{294,47 \text{ kg} - \text{m}}{6509,68 \text{ kg}} = 0,045 \text{ m}$$

- Cálculo de las diagonales (e/h)

$$(e/h)_x = \frac{0,041}{0,35} = 0,12$$

$$(e/h)_y = \frac{0,045}{0,35} = 0,13$$

- Cálculo del valor de la gráfica

$$\gamma = \frac{H_{\text{núcleo}}}{H_{\text{columna}}} = \frac{35\text{cm} - (2 * 4\text{cm}) - 1,5875}{35} = 0,73$$



- Cálculo de la curva  $\rho\mu$

$$\rho\mu = \frac{A_s}{A_g} * \frac{f_y}{0,85 * f'_c}$$

$$\rho\mu = \frac{13,00}{1\ 225,00} * \frac{2\ 810,00}{0,85 * 210} = 0,17$$

Con el valor de la gráfica, curva y diagonal se determinan los coeficientes  $K'_x$  y  $K'_y$ , los cuales se obtienen del diagrama de interacción para el diseño de columnas, ver anexo 3.

$$K'_x = 0,69$$

$$K'_y = 0,73$$

Los datos anteriores son conocidas como variables del método de Bresler, a continuación, se muestra el procedimiento:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_x} + \frac{1}{P'_y} - \frac{1}{P'_o}}$$

Donde:

$P'_u$  = valor aproximado de carga de falla con excentricidad  $e_x$  y  $e_y$

$P'_x$  = carga de falla cuando solamente existe excentricidad  $e_x$  ( $e_y = 0$ )

$P'_y$  = carga de falla cuando solamente existe excentricidad  $e_y$  ( $e_x = 0$ )

$P'_o$  = carga de falla cuando elemento tiene carga axial pura

$$P'_x = K'_x * f'_c * b * h$$

$$P'_x = 0,69 * 210 * 35 * 35 = 177\ 502,50 \text{ kg}$$

$$P'_y = K'_y * f'_c * b * h$$

$$P'_y = 0,73 * 210 * 35 * 35 = 187\ 792,50 \text{ kg}$$

La resistencia axial máxima se calcula con la expresión dada en el código ACI-318-19 sección 22.4.2.2.

$$P'_o = 0,80 * [0,85 * f'_c * (A_g - A_{s_t}) + (A_{s_t} * f_y)]$$

$$P'_o = 0,80 * [0,85 * 210 * (1\ 225 - 13,00) + (13,00 * 2\ 810)] = 202\ 297,60\ \text{kg}$$

Entonces:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{177\ 502,50} + \frac{1}{187\ 792,50} - \frac{1}{202\ 297,60}} = 166\ 236,18\ \text{kg}$$

$$P'_u = 166\ 236,18\ \text{kg} > 6\ 509,68\ \text{kg} \quad \text{OK}$$

El armado propuesto resiste las fuerzas aplicadas.

- Refuerzo transversal

El refuerzo transversal o de corte consiste en proveer de estribos o zunchos perpendiculares a la dirección de la carga axial a la columna, con la finalidad de contrarrestar los esfuerzos cortantes actuantes y confinar el concreto, evitando que el refuerzo longitudinal salga de su eje, por ser Guatemala un país considerado sísmico, es necesario proveer de ductilidad al elemento estructural.

A continuación, se muestra el procedimiento para proveer de refuerzo transversal a la columna.

- Corte que resiste el concreto

En el ACI-318-19, se establece la expresión 22.5.5.1 para el cortante que resiste el concreto.

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00} * 35 * 31 = 7\,083,28 \text{ kg}$$

$$V_{act} = 95,31 \text{ kg}$$

$$V_r > V_{act}$$

$$7\,083,28 \text{ kg} > 95,31 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

El corte que resiste el concreto es suficiente para soportar el corte actuante, por lo que se diseñarán los estribos de acuerdo con el código ACI-318-14 “sección 10.7.6.5 y la zona de confinamiento de acuerdo con la sección 18.4.3.3, respectivamente”<sup>19</sup>.

El diámetro de la barra del estribo debe ser el menor de los siguientes valores:

- Barra diámetro 3/8” (N3), encerrando barras 1-1/4” (N10) o menores.
- Barra diámetro 1/2” (N4), encerrando barras 1-3/8” (N11) o mayores o paquetes de barras longitudinales.

Se selecciona la barra de diámetro de 3/8” (N3).

- Espaciamiento del refuerzo transversal

En ambos extremos de la columna deben colocarse estribos cerrados de confinamiento para proveer de ductilidad, basado en el código ACI-318-19

---

<sup>19</sup> American Concrete Insitute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318SUS-14) y comentario (ACI 318SUSR-14)*. p. 172 y p. 288.

sección 18.4.3.3 inciso (a) al (c) no debe exceder el menor de los siguientes valores:

- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal.  
 $8 * 1,27 \text{ cm} = 10,16 \text{ cm}.$
- La mitad de la menor dimensión transversal de la columna  
 $30 \text{ cm} / 2 = 15 \text{ cm}.$

La longitud de confinamiento de acuerdo con el código ACI-318-19 sección 18.4.3.3 inciso (d) al (f) no debe ser menor que el mayor de los valores siguientes:

- Una sexta parte de la luz libre de la columna.  
 $(1/6) * 470 \text{ cm} = 78 \text{ cm}$
- La mayor dimensión de la sección transversal de la columna.  
30 cm.
- 45 cm.

El espaciamiento en el área de confinamiento será de 10 cm a una longitud de 80 cm, medida desde la cara del nudo en ambos extremos de la columna y el primer estribo se colocará a 5 cm medidos desde la cara del nudo.

El espaciamiento máximo en el resto de la columna debe cumplir con el menor de los siguientes valores siguientes, basados en la tabla 10.7.6.5.2 del código ACI-318-19.

- $S_{\text{máx}} = \frac{d}{2} = \frac{30,36 \text{ cm}}{2} = 15,18 \text{ cm}$
- $S_{\text{máx}} = 60 \text{ cm}$

El espaciamiento fuera de la longitud de confinamiento será de 15 cm.

Tabla XXIX. **Resumen diseño de columna**

Resumen diseño de columna					
Columna 1	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Carga (kg)	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo	Cortante (kg)	Refuerzo
Sección 35 x 35 cm	6 509,68	1,06 %	4 N4 + 4 N5	Vr = 7 083,28 kg Vact = 95,31 kg	Estribos N3 primer estribo a 5,00 cm, por confinamiento espaciado @ 10,00 cm a 80,00 cm en cada extremo, resto @ 15,00 cm

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

### 2.1.6.2.3. Nudo sísmico

- De acuerdo con el código ACI-318-19 en la sección de nudos para pórticos resistentes a momentos intermedios 18.4.4.2, especifica que si el nudo no excede dos veces la profundidad el análisis se realizará bajo las condiciones de las secciones 15.3.1.2 y 15.3.1.3.
  - La resistencia de diseño para cortante de nudos viga – columna construidos in situ debe cumplir con los siguientes aspectos:
    - $\phi V_n \geq V_u$   
 $V_n = 2,0\lambda\sqrt{f'_c} * A_j$   
 $\lambda = 1,0$  para concretos de peso normal  
 $A_j = \text{Área de sección efectiva}$   
 $A_j = (35 - 4 - 4) * (25 - 4 - 4) = 459,00 \text{ cm}^2$   
 $V_n = 2,0(1,00)\sqrt{210} * 459,00 = 13 303,08 \text{ kg}$   
 $V_u = 1 098,24$  corte crítico como se indica en 9.4.3.1  
 $\phi = 0,75$  factor de reducción

para cortante según tabla 21.2.1

$$\phi V_n = 0,75 * 13\,303,08 \text{ kg} = 9\,971,31 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$9\,971,31 \text{ kg} \geq 1\,098,24 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

La resistencia de diseño cortante cumple con lo establecido.

- El refuerzo transversal del nudo debe consistir en estribos, espirales o estribos cerrados de confinamiento que cumplan con 25.7.2, 25.7.3 y 25.7.4.
  - El espaciamiento de centro a centro no debe exceder el menor entre 16 veces la varilla de refuerzo longitudinal y 48 veces la barra de estribo menor.
  - Las varillas para el estribo de confinamiento deben ser al menor  $\emptyset 3/8$ " encerrado para varillas  $\emptyset 1-1/4$ " o menores.
- Se debe colocar al menos dos capas de refuerzo transversal horizontal dentro de la viga de menor altura que llega al nudo
- El refuerzo longitudinal que termina en un nudo debe extenderse hasta la cara lejana del núcleo del nudo y debe desarrollarse en tracción.
- El espaciamiento de refuerzo transversal del nudo no debe exceder el menor de los dispuestos en la sección 18.4.3.3, anteriormente calculados. Se utilizará  $s = 10,00 \text{ cm}$ .
- Revisión del criterio por capacidad, basado en la sección 18.7.3.2 del código ACI-318-19, en el cual se establece que las articulaciones plásticas se formen en las vigas y no en las columnas, esta es la base de diseño del

criterio por capacidad o mejor conocido como columna fuerte – viga débil, representada por la siguiente ecuación.

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

Donde:

$\sum M_{nc}$  = suma de momentos nominales de columnas que llegan al nudo

$\sum M_{nb}$  = suma de momentos nominales de las vigas que llegan al nudo

En la tabla XIII momentos por envolventes en vigas obtenemos los momentos últimos de diseño de las vigas y la tabla XIV momentos por envolventes en columnas, se obtienen los momentos últimos de diseño para las columnas, se dividen dentro de 0.65 y 0.90, respectivamente para obtener los momentos nominales para la evaluación del criterio de columna fuerte – viga débil; se ejemplificará el nudo A1, que sería un nudo de esquina que posee una columna de un nivel, una viga en el sentido X y una viga en el sentido Y.

- Revisión sobre el eje X (Marco 1)
  - Momento último de la columna A1, que llega al nudo.

$$M_{ux}(\text{arriba}) = 258,34 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\sum M_{nc} = (258,34 / 0,65) = 397,45 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento último de la viga A-B. que llega al nudo.

$$M_{ux}(\text{izq.}) = 258,34 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{nb} = \left(\frac{6}{5}\right) * (258,34/0,90) = 344,45 \text{ kg} - \text{m}$$

- Chequeo

$$397,45 \text{ kg} - \text{m} \geq 344,45 \text{ kg} - \text{m} \quad \text{OK}$$

- Revisión sobre el eje Y (Marco A)

- Momento último de la columna A1, que llega al nudo.

$$M_{uy}(\text{arriba}) = 285,89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\sum M_{nc} = (285,89 / 0,65) = 439,83 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento último de la viga 1-2. que llega al nudo.

$$M_u(\text{izq.}) = 285,89 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\left(\frac{6}{5}\right) \sum M_{nb} = \left(\frac{6}{5}\right) * (285,89/0,90) = 381,19 \text{ kg} - \text{m}$$

- Chequeo

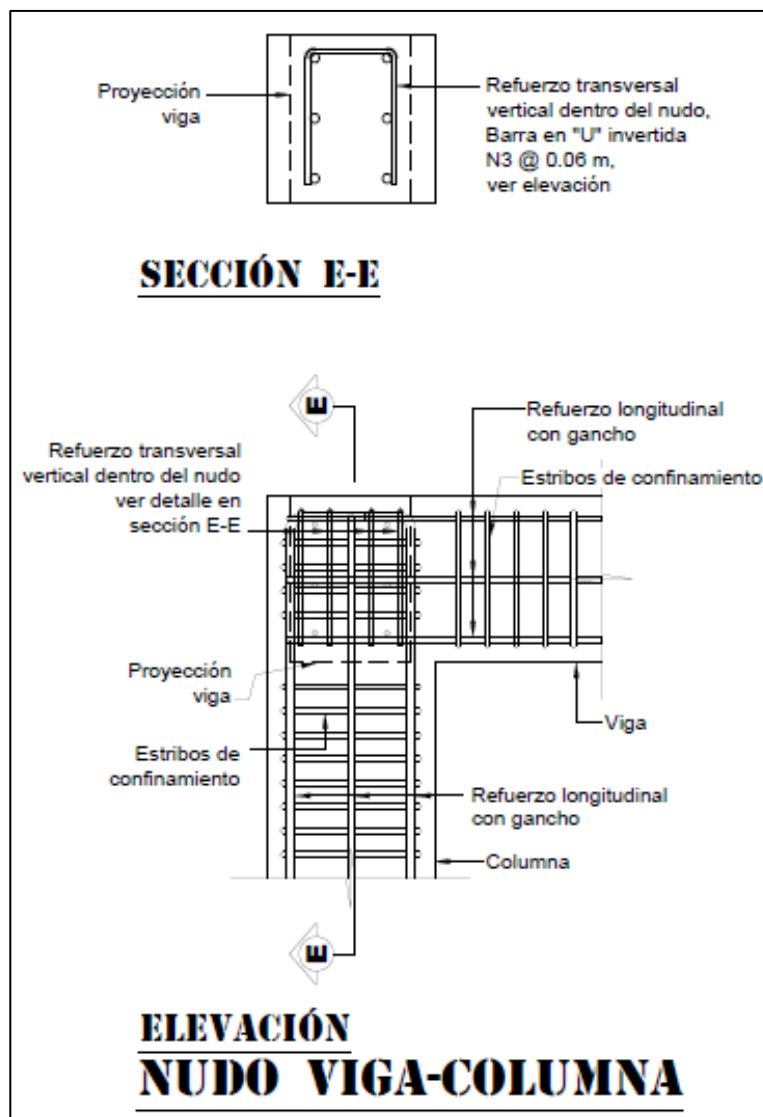
$$381,19 \text{ kg} - \text{m} \geq 381,19 \text{ kg} - \text{m} \quad \text{OK}$$

El criterio por capacidad o de columna fuerte – viga débil, cumple para ambas direcciones de análisis.



- De acuerdo con la sección 4.2.1.5 del ACI-352-RS, se colocarán al menos dos filas de refuerzo transversal vertical entre las barras longitudinales de la columna, para facilitar la instalación del refuerzo se colocarán estribos en forma de "U" invertida sin ganchos de 135°, ver detalle de nudo.

Figura 35. **Detalle de nudo viga - columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

#### 2.1.6.2.4. Diseño de zapatas

Las zapatas son elementos estructurales diseñados para resistir las cargas de la edificación y transmitir las al suelo, para este caso se analizará una zapata aislada concéntrica.

Datos:

$$P_u = 6\,509,68 \text{ kg (ver cálculo de carga axial)}$$

$$M_{ux} = \text{momento sentido x} = 1\,57,31 \text{ kg} - \text{m (ver tabla XXIV)}$$

$$M_{uy} = \text{momento sentido y} = 1\,41,45 \text{ kg} - \text{m (ver tabla XXIV)}$$

$$F_{cu} = 1,41 \text{ (ver cálculo de factor de carga último)}$$

$$f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_s = 15,85 \text{ T/m}^2 = 15\,850 \text{ kg/m}^2 \text{ (ver cálculo del valor soporte del suelo)}$$

$$\gamma_s = 1,49 \text{ T/m}^3 = 1\,490,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_c = 2,4 \text{ T/m}^3 = 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Desplante } D_f = 1,00 \text{ m}$$

$$\text{Altura columna} = 5,00 \text{ m}$$

- Cargas de trabajo

$$P'_u = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{6\,509,68 \text{ kg}}{1,41} = 4\,616,79 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{F_{cu}} = \frac{157,31 \text{ kg} - \text{m}}{1,41} = 111,57 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{F_{cu}} = \frac{141,45 \text{ kg} - \text{m}}{1,41} = 100,32 \text{ kg} - \text{m}$$

- Predimensionamiento de la zapata

$$A_z = \frac{1,5 * P'_u}{V_s} \quad [^{20}]$$

$$A_z = \frac{1,5 * 6\,509,68 \text{ kg}}{15\,850,00 \text{ kg/m}^2} = 0,62 \text{ m}^2$$

$$B = L = \sqrt{0,275 \text{ m}^2} = 0,52 \text{ m}$$

Se propone una zapata de 1,00 m x 1,00 m, para un área de 1,00 m<sup>2</sup> y espesor de 0,30 m.

- Chequeo de presión sobre el suelo

Para el chequeo de presión sobre el suelo es necesario determinar la presión mínima y máxima, las cuales no deben de ser menor a 0 ni mayor que la capacidad soporte del suelo, respectivamente.

- Parámetros geométricos

$$S_x = \frac{1}{6} * B * L^2 = \frac{1}{6} * 1,00 * 1,00^2 = 0,167 \text{ m}^3$$

$$S_y = \frac{1}{6} * B * L^2 = \frac{1}{6} * 1,00 * 1,00^2 = 0,167 \text{ m}^3$$

- Parámetros de masa

---

<sup>20</sup> ESCOBEDO PORRAS, Hengelt Guillermo. *Diseño de la edificación de dos niveles para centro de salud en la cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad San Rafael Cacaoatal, Municipio de Guanagazapa, Departamento de Escuintla.* p. 85.

- Peso de la columna

$$P_{\text{col}} = 0,35 \text{ m} * 0,35 \text{ m} * 5,00 \text{ m} * 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{col}} = 1\,470,00 \text{ kg}$$

- Peso del suelo

$$P_{\text{suelo}} = D_f * A_z * \gamma_s = 1,00 \text{ m} * (1,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 1\,490,00 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{suelo}} = 1\,490,00 \text{ kg}$$

- Peso de la zapata

$$P_{\text{zapata}} = A_z * t * \gamma_c = (1,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) * 0,30 \text{ m} * 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{zapata}} = 720,00 \text{ kg}$$

- Carga última de trabajo

$$P_{\text{ut}} = P'_u + P_{\text{col}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{zapata}}$$

$$P_{\text{ut}} = 4\,616,79 \text{ kg} + 1\,470,00 \text{ kg} + 1\,490,00 \text{ kg} + 720,00 \text{ kg} = 8\,296,79 \text{ kg}$$

- Cálculo de presión mínima y máxima

El cálculo de la presión define que la presión mínima debe ser mayor que cero y la presión máxima debe ser menor que la capacidad soporte del suelo, a continuación, se presentan los cálculos para verificar ambas condiciones:

$$q_{\text{máx/mín}} = \frac{P_{\text{ut}}}{A_z} \pm \frac{M_{\text{tx}}}{S_x} \pm \frac{M_{\text{ty}}}{S_y}$$

$$q_{\min} = \frac{4\,616,79 \text{ kg}}{1,00 \text{ m}^2} - \frac{111,57 \text{ kg} - \text{m}}{0,167 \text{ m}^3} - \frac{100,32 \text{ kg} - \text{m}}{0,167 \text{ m}^3} = 3\,347,99 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\min} > 0$$

$$3\,347,99 \text{ kg/m}^2 > 0,00 \text{ kg/m}^2 \quad \text{OK}$$

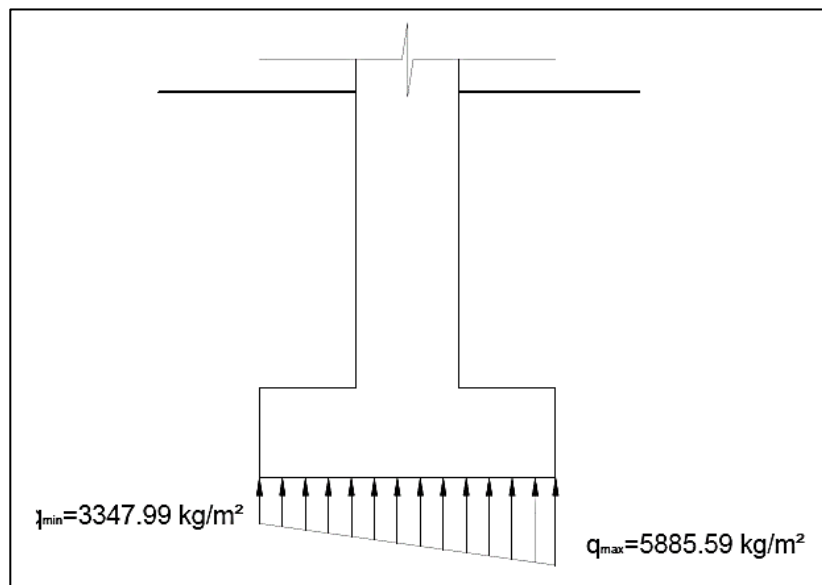
$$q_{\max} = \frac{4\,616,79 \text{ kg}}{1,00 \text{ m}^2} + \frac{111,57 \text{ kg} - \text{m}}{0,167 \text{ m}^3} + \frac{100,32 \text{ kg} - \text{m}}{0,167 \text{ m}^3} = 5\,885,59 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{\max} < V_s$$

$$5\,885,59 \text{ kg/m}^2 < 1\,5850 \text{ kg/m}^2 \quad \text{OK}$$

Los datos anteriores indican que las dimensiones de la zapata son adecuadas y cumplen con los requisitos para el chequeo de presión sobre el suelo.

Figura 36. Diagrama de presión mínima y máxima en zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Presión de diseño

$$q_d = q_{\text{máx}} * F_{cu}$$

$$q_d = 5\,885,59 \text{ kg/m}^2 * 1,41 = 8\,298,68 \text{ kg/m}^2$$

- Chequeo por corte simple

El chequeo por corte simple verifica si la zapata seleccionada soportará los efectos de los esfuerzos de corte, a continuación, se muestra el procedimiento;

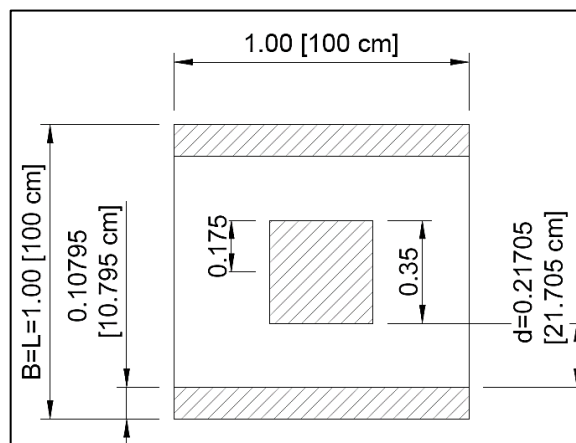
- Peralte efectivo

Varilla propuesta = 5/8" (N5)

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

$$d = 30 \text{ cm} - 7,5 \text{ cm} - \frac{1,59 \text{ cm}}{2} = 21,705 \text{ cm}$$

Figura 37. **Diagrama de zapata sometida a corte simple**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Corte actuante

$$V_{act} = q_d * L_{zap} * \left( \frac{L_{zap} - l_{col}}{2} - d \right)$$

$$V_{act} = 8\,298,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1,00\text{m} * \left( \frac{1,00\text{ m} - 0,35\text{m}}{2} - 0,21705\text{m} \right) = 895,84 \text{ kg}$$

- Corte que resiste el concreto

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 - 22.5.5.1]$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 21,705 = 14\,169,82 \text{ kg}$$

$$V_r > V_{act}$$

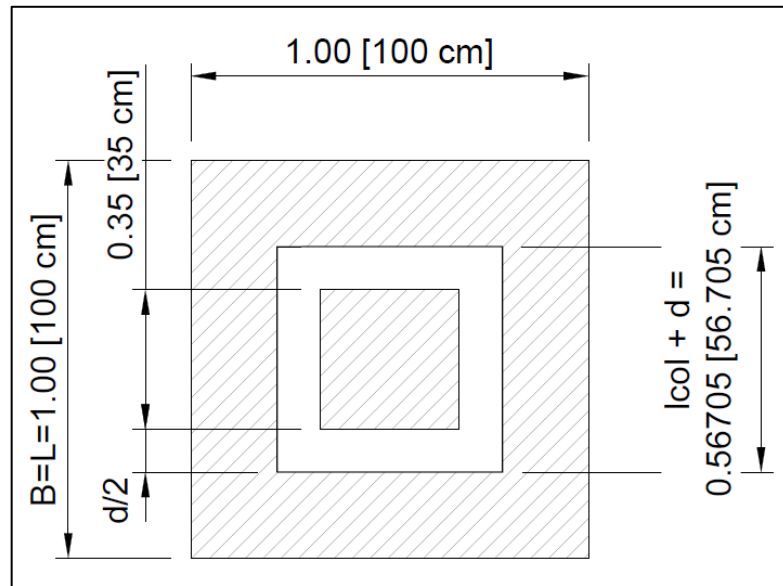
$$14\,169,82 \text{ kg} > 895,84 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Los datos anteriores indican que la zapata resiste el corte actuante y cumplen con los requisitos para el chequeo por corte simple.

- Chequeo por corte punzonante

El chequeo por corte punzonante verifica si la zapata seleccionada soportará los efectos que se producen en un perímetro sobre zapata al bode de la columna con una distancia de  $d/2$ .

Figura 38. Diagrama de zapata sometida a corte punzonante



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

- Corte actuante

$$V_{act} = V_s * A$$

$$V_{act} = 8\,298,68 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * ((1,00 \text{ m} * 1,00 \text{ m}) - (0,35 \text{ m} + 0,21705 \text{ m})^2) = 5\,630,28 \text{ kg}$$

- Corte que resiste el concreto por punzonamiento

$$V_r = 0,85 * 0,27 * \sqrt{f'c} * \left(\frac{\alpha_s * d}{b_o}\right) b_o * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 \text{ 22.6.5.2 (c)}]$$



Donde:

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto

$b_o$  = Perímetro de corte de punzonamiento

$d$  = peralte efectivo

$\alpha_s = 20$ , Zapatas columnas de esquina (Sección 22.6.5.3 ACI – 318 – 19)

$$V_r = 0,85 * 0,27 * \sqrt{210} * \left( \frac{20 * 21,705}{4 * (35 + 21,705)} \right) * [4 * (35 + 21,705)] * 21,705$$

$$V_r = 31\,335,88 \text{ kg}$$

$$V_r > V_{act}$$

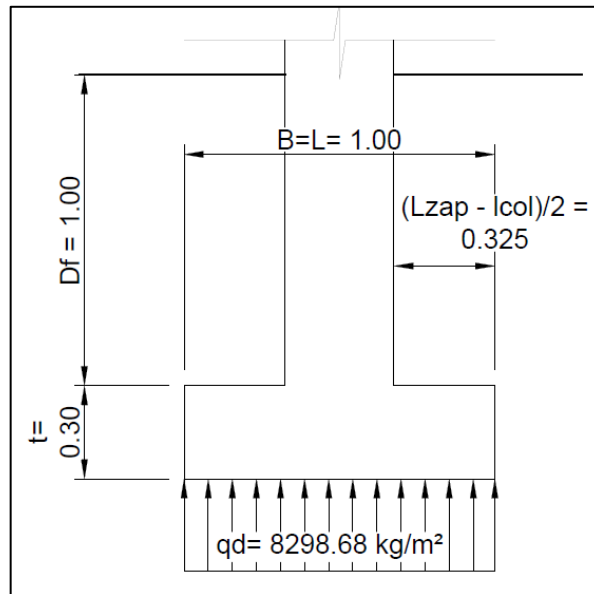
$$31\,335,88 \text{ kg} > 5\,630,28 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Los datos anteriores indican que la zapata resiste el corte actuante y cumplen con los requisitos para el chequeo por corte punzonante.

- Diseño del refuerzo por flexión

La carga de diseño máxima produce un momento flector en la zapata debido a esto es necesario reforzar con acero para soportar los esfuerzos transmitidos y se diseñarán como un voladizo.

Figura 39. Diagrama de análisis de zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

$$M_u = \frac{V_s * l^2}{2}$$

$$M_{ux} = \frac{5\,885,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * \left(\frac{1,00\text{m} - 0,35\text{m}}{2}\right)^2}{2} = 956,41 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{uy} = \frac{5\,885,59 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * \left(\frac{1,00\text{m} - 0,35\text{m}}{2}\right)^2}{2} = 956,41 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo del área de acero

Se determinará el área de acero para una franja unitaria 1,00 metro, a continuación, se muestra el procedimiento;

$$A_{s \text{ mín}} = \frac{14}{f_y} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 \text{ sección } 9.6.1.2 \text{ (b)}]$$

$$A_{s \text{ mín}} = \frac{14}{2810,00} * 100 * 21,705 = 10,81 \text{ cm}^2$$

- Cálculo del área de acero requerida

$$A_{s \text{ req}} = \left[ b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_u * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \frac{0,85 * f'c}{f_y}$$

Donde:

$A_{s \text{ req}}$  = área de acero requerida ( $\text{cm}^2$ )

$M_u$  = momento último (kg – m)

$b$  = base (100 cm)

$d$  = peralte efectivo (cm)

$f'c$  = resistencia a la compresión del concreto

$f_y$  = resistencia a la fluencia del acero

$$A_{s \text{ req}} = \left[ 100 * 21,705 - \sqrt{(100 * 21,705)^2 - \frac{956,41 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$A_{s \text{ req}} = 1,75 \text{ cm}^2$$

Se utilizará el  $A_s$  mínimo de 10,81  $\text{cm}^2$ .

- Cálculo del espaciamiento

$$\text{Cantidad varillas} = \frac{10,81 \text{ cm}^2}{1,98 \text{ cm}^2} \cong 6 \text{ unidades}$$

$$A_s = 1,98 \text{ cm}^2 * 6 \text{ unidades} = 11,88 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espaciamiento} = \frac{[100 \text{ cm} - (2 * 7,5)]}{6} \cong 14,00 \text{ cm}$$

Tabla XXX. **Resumen diseño de zapata**

Resumen diseño de zapata			
Zapata 1	Refuerzo longitudinal		
Sección 100 x 100 cm	Momento (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
	956,41	11,88	6 N5 @ 14 cm
	Refuerzo transversal		
	Momento (kg-m)	As (cm <sup>2</sup> )	Refuerzo
	956,41	11,88	6 N5 @ 14 cm

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

### 2.1.7. Muros tabiques

Los muros tabiques son paredes aisladas sin cargas gravitacionales; con base a la sección 504 de las normas de planificación y construcción FHA, se muestra la tabla de valores mínimos para el diseño:

Tabla XXXI. **Altura recomendada de techos o entrepisos**

Valores mínimos para el diseño de muros tabiques	
1. Espesor mínimo del muro tabique	10 cm
2. Profundidad mínima de cimentación	40 cm
3. Separación máxima de refuerzos verticales	2 m
4. Separación máxima de soleras	2 m (solera de remate obligatoria)

Fuente: FHA. *Normas de planificación y construcción FHA*. p 71.

### **2.1.7.1. Muro tabique en el perímetro de la edificación**

Para el muro perimetral del salón se utilizarán bloques huecos de concreto clase C con resistencia a compresión sobre área neta de 25 kg/cm<sup>2</sup> de dimensiones 14 x 19 x 39 centímetros, cumpliendo con la norma AGIES NSE-7.3- 2018 y la norma COGUANOR NTG 41054.

El refuerzo vertical será con pines N4 interbloques llenados de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a cada 2,00 m máximo.

El refuerzo horizontal será con 1 N4 en solera tipo U, llenados de concreto con resistencia a la presión de 210 kg/cm<sup>2</sup>, a cada 1,20 máximo y solera final o de remate obligatoria.

El cimientado tendrá 20 cm x 40 cm de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y refuerzo 2 N4 + eslabón N3 @ 0,20 m.

### **2.1.7.2. Muro tabique en área de sanitarios**

Para el muro perimetral del salón se utilizarán bloques huecos de concreto clase C con resistencia a compresión sobre área neta de 25 kg/cm<sup>2</sup> de dimensiones 9 x 19 x 39 centímetros, cumpliendo con la norma AGIES NSE- 7.3-2018 y la norma COGUANOR NTG 41054.

El refuerzo vertical será con mochetas de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y refuerzo de 2 N3 + eslabón N2, a cada 2,00 m máximo.

El refuerzo horizontal será con soleras de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y refuerzo de 2 N3 + eslabón N2, a cada 1,20 m máximo con solera final o de remate obligatoria.

El cimientó tendrá 15 cm x 30 cm de concreto con resistencia a la compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y refuerzo 2 N3 + eslabón N2 @ 0,20 m.

La solera de humedad será de 0,14 m x 0,14 m de concreto con resistencia a la compresión de 210,00 kg/cm<sup>2</sup> y refuerzo de 4 N3 + eslabón N2 @ 0,20 m.

### **2.1.8. Diseño de instalaciones hidráulicas**

Las instalaciones hidráulicas consisten en:

- Sanitario para damas, incluye un inodoro, un lavamanos y una ducha.
- Sanitario para caballeros, incluye un inodoro, un lavamanos, un mingitorio y una ducha.
- Lavado, incluye dos pilas.
- Drenajes de aguas negras.
- Drenajes de aguas pluviales.

#### **2.1.8.1. Red de agua potable**

Para el cálculo de la red de agua potable se utilizará el método de Hunter<sup>21</sup>, el cual consiste en asignar un número de unidades de gasto para cada artefacto o grupo sanitario, el método considera el uso intermitente de los aparatos

---

<sup>21</sup> RODRÍGUEZ SOSA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 46.

sanitarios, para estimar la máxima demanda es necesario considerar el tipo de servicio, para este caso se utilizará de servicio público.

### 2.1.8.1.1. Cálculo de la demanda

Se calcula las unidades Hunter para el uso de servicio público de la edificación.

Tabla XXXII. **Unidades de gasto para el cálculo de las tuberías de distribución de agua en los edificios (aparatos de uso público)**

Pieza	Tipo	Unidades de gasto		
		Total	Agua fría	Agua caliente
Tina		4	3	3
Lavadero de Ropa		8	4.50	4.50
Ducha		4	3	3
Inodoro	Con tanque	5	5	---
Inodoro	Con válvula semiautomática	8	8	---
Lavadero	Cocina hotel, restaurante	4	3	3
Lavadero	Repostería	3	2	2
Bebedero	Simple	1	1	---
Bebedero	Múltiple	1*	1*	---
Lavatorio	Corriente	2	1.50	1.50
Lavatorio	Múltiple	2*	1.50	1.50
Botadero		3	2	2
Urinario	Con tanque	3	3	---
Urinario	Con válvula semiautomática	5	5	---

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

p. 48.

A continuación, se muestra las cantidades de artefactos sanitarios y las unidades de gasto, para el salón de acopio:

**Tabla XXXIII. Cálculo de unidades Hunter**

Cálculo de unidades Hunter			
Artefacto sanitario	Unidades	Unidades Hunter	Total (unidades Hunter)
Inodoro	2	5	10
Mingitorio	1	5	5
Lavamanos	2	2	4
Pila	2	4	8
Ducha	2	4	8
Total			35

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Se debe determinar los gastos probables a través de las unidades Hunter y por medio de la siguiente tabla:



Tabla XXXIV. **Gastos probables para la aplicación del método de Hunter (lt/seg)**

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	1.50	2.40
22	0.58	1.37	90	1.56	2.45
24	0.61	1.42	95	1.62	2.50
26	0.67	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	2.06	2.95
38	0.88	1.70	160	2.14	3.04

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.  
p. 50.

El número de Hunter calculado es de 35, por lo que se selecciona 0,85 lts/seg el cual se le aplicará un factor del 60 por ciento y con base a la información obtenida a través de la Dirección Municipal de Planificación en la red de distribución se obtiene una velocidad promedio de 2 metros por segundo, con esta información se obtiene el diámetro de la tubería de la siguiente manera:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

A = área de la sección de la tubería

Q = caudal

V = velocidad

$$A = \frac{(0,51/1\ 000) \text{ m}^3/\text{seg}}{2,00 \text{ m}/\text{seg}} = 0,255 * 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,39 \text{ pulg}^2$$

Se utilizará tubería PVC 250 PSI Ø3/4" con área interna 0,67 pulgadas cuadradas y tubería PVC 315 PSI Ø1/2" para las derivaciones de cada artefacto sanitario.

Tabla XXXV. **Diámetro de los sub ramales**

Tipo de aparato sanitario	Diámetro del sub-ramal en pulgadas		
	Presiones hasta 10m	Presiones mayores de 10m	Diámetro mínimo
Lavatorio	½	½	½
Bidet	½	½	½
Tina	¾ - ½	¾	½
Ducha	¾	½	½
Grifo de cocina	¾	½	½
Inodoro con Tanque	½	½	½
Inodoro con Válvula	1 ½ - 2	1	1 ¼
Urinario con Tanque	½	½	½
Urinario con Válvula	1 - ½ - 2	1	1

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

p. 54.

### 2.1.8.2. Drenaje de aguas negras

El drenaje de aguas negras es la red o el sistema encargado de evacuar las aguas de la edificación provenientes de lavados, mingitorios, entre otros y conducirlos a los colectores municipales, se debe considerar la pendiente y la tubería adecuadas para transportarlas. La pendiente mínima es del 1 por ciento y la tubería mínima de Ø2”.

Con base a la siguiente tabla se diseñarán las tuberías de drenajes de aguas negras.

Tabla XXXVI. Diámetro de derivación

Derivación en colector		Número máximo de unidades de descarga			
mm	pulg.	Derivación horizontal s=0	Pendiente		
			1/100	2/100	3/100
32	1 ½	1	1	1	1
38	1 ½	2	2	2	2
50	2	4	5	6	8
63	2 ½	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.

Los artefactos que serán utilizados en el salón suman una cantidad de 9 unidades, por lo que se utilizará para inodoros tubería de diámetro de 4 pulgadas y para mingitorio, lavamanos, duchas y pilas tubería de diámetro de 2 pulgadas, ambas con una pendiente mínima del 1 por ciento.

### **2.1.8.3. Drenajes de agua pluvial**

El drenaje de agua pluvial es la red o el sistema encargado de recolectar y evacuar el agua proveniente de lluvia y dirigirla a los colectores municipales, para el diseño del drenaje pluvial se utilizará la norma FHA, la cual indica que para un área máxima de captación de 210,00 metros cuadrados debe utilizarse tubería de 4 pulgadas y de 6 pulgadas en la salida de la caja de unión con dirección hacia el colector. Se ubicarán cajas de registro y de unión, la pendiente mínima será de 1 por ciento.

### **2.1.9. Diseño de instalaciones eléctricas**

Se instalará una acometida local con un contador 120/240 V, 60 HZ, 2 fase 2 hilos + 1 hilo neutro, se utilizará cable No. 8, 1 tablero de distribución de 8 polos, se utilizarán dos polos para fuerza y dos polos para iluminación.

Para el diseño de las instalaciones eléctricas se calculará el consumo de potencia en watts y el cable para la iluminación y fuerza.

#### **2.1.9.1. Iluminación**

La instalación eléctrica de iluminación es la que provee de iluminación artificial a la edificación y permite la realización de las actividades adecuadamente, se colocarán lámparas de 4 x 40 watts en dos circuitos de

10 lámparas cada uno y un circuito para los sanitarios con 7 lámparas de 1 x 100 watts, con apagadores manuales, colgadas a través de la estructura metálica.

$$I = \frac{P}{V}$$
$$I = \frac{[(4 * 40 \text{ watts}) * 10 \text{ u}]}{120 \text{ voltios}} = 13,33 \text{ Amperios}$$

Se utilizará cable No. 12, el cual soporta una corriente de 25 amperios, a través de ducto eléctrico de diámetro 3/4 de pulgada.

#### **2.1.9.2. Fuerza**

La instalación eléctrica de fuerza es la que provee a la edificación de tomacorrientes para la conexión de aparatos eléctricos y así ejercer las actividades correspondientes, se colocarán tres circuitos de 6 tomacorrientes cada uno para el área del salón y un circuito de 6 unidades para el área de baños y bodega de limpieza cada uno con una capacidad de 300 watts, colocados en cajas rectangulares.

$$I = \frac{P}{V}$$
$$I = \frac{300 \text{ watts} * 6 \text{ unidades}}{120 \text{ voltios}} = 15,00 \text{ Amperios}$$

Se utilizará cable No. 12, el cual soporta una corriente de 25 amperios, a través de ducto eléctrico de diámetro 3/4 de pulgada.

### 2.1.10. Cálculo del presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se aplicará un porcentaje de prestaciones de 89,33 % a la mano de obra calificada y no calificada y fue realizado con base a los siguientes aspectos:

- Días no trabajados para el año 2021
- Días festivos para el año 2021
- Relaciones porcentuales

A continuación, se muestra la integración del porcentaje de prestaciones.

Tabla XXXVII. Porcentaje de prestaciones

Porcentaje de prestaciones	89,33	%
Días no trabajados 2021		
1 de enero	1	día
Semana Santa	2,5	día
1 de mayo	1	día
30 de junio	1	día
15 de septiembre	1	día
20 de octubre	1	día
1 de noviembre	1	día
24 de diciembre	0,5	día
25 de diciembre	1	día
31 de diciembre	0,5	día
Fiesta patronal	1	día
Domingos	52	día
Sábados	26	día
Vacaciones	15	día
Total días no trabajados		días 104,50
Días efectivos 2021		
Días año 2021	365	días
Días no trabajados 2021	104,5	días
Total días efectivos 2021		días 260,50

Continuación de la tabla XXXVII.

Relaciones porcentuales			
Días no trabajados	40,12	%	
Indemnización	11,52	%	
Aguinaldo	11,52	%	
Bono 14	11,52	%	
<b>Total relaciones porcentuales</b>		%	<b>74,66</b>
Seguro social y otros			
IGSS	12,67	%	
IRTRA	1,00	%	
INTECAP	1,00	%	
<b>Total seguro social y otros</b>		%	<b>14,67</b>
<b>Total de prestaciones</b>		%	<b>89,33</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

En el desarrollo del presupuesto se aplicará un porcentaje de gastos indirectos del 25,00 % al costo directo y fue realizado con base a los siguientes aspectos:

- Gastos administrativos
- Imprevistos
- Utilidades

A continuación, se muestra la integración del porcentaje de gastos indirectos.

Tabla XXXVIII. **Porcentaje de gastos indirectos**

<b>Porcentaje de gastos indirectos</b>	<b>25,00</b>	<b>%</b>
Gastos administrativos	7,50	%
Imprevistos	10,00	%
Utilidades	7,50	%
<b>Total de indirectos</b>	<b>%</b>	<b>25,00</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

De la misma manera al presupuesto se le aplicará un porcentaje de factor ayudante 46,44 % a la mano de obra calificada y fue realizado con base a los siguientes aspectos:

- Caso 1: dos albañiles y un ayudante
- Caso 2: un albañil y un ayudante

Los salarios de la mano de obra calificada (albañil) y no calificada (ayudante), se obtuvieron del Acuerdo Gubernativo 242-2018. A continuación, se muestra la integración del porcentaje de factor ayudante.

Tabla XXXIX. **Porcentaje de factor ayudante**

<b>Porcentaje de factor ayudante</b>	<b>46,44</b>	<b>%</b>
Salario diario mano de obra calificada (albañil)	día	Q 150,00
Salario diario mano de obra no calificada (ayudante)	día	Q 92,88
<b>Caso 1: Dos albañiles y un ayudante</b>		
2 albañiles * 1 día/albañil	día	Q 300,00
1 ayudante * 1 día/ayudante	día	Q 92,88
<b>Total factor ayudante caso 1</b>		<b>30,96 %</b>



Continuación de la tabla XXXIX.

Caso 2: Un albañil y un ayudante		
1 albañil * 1 día/albañil	día	Q 150,00
1 ayudante * 1 día/ayudante	día	Q 92,88
Total factor ayudante caso 2		61,92 %
Total promedio factor ayudante		46 44 %

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

Adicionalmente al presupuesto del proyecto se le aplicó un porcentaje del impuesto al valor agregado IVA, del 12 % a los materiales.

A continuación, se muestra el resumen del presupuesto para la construcción del salón de acopio para emergencias:

Tabla XL. **Resumen de presupuesto del muro de contención**

Construcción salón de acopio para emergencias Anexo Escuela Oficial Urbana Mixta "Lázaro Axpucac" San Bartolomé Milpas Altas Sacatepéquez						
Resumen del presupuesto por renglones de trabajo						
Costo por metro cuadrado					Q	5 658,82
No,	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
1	Trabajos preliminares	m <sup>2</sup>	144,00	Q 13,94	Q	2 007,68
2	Corte de terreno	m <sup>3</sup>	17,83	Q 15,69	Q	279,90
3	Relleno de terreno	m <sup>3</sup>	16,05	Q 36,93	Q	592,72
4	zapatas	U	14,00	Q 810,39	Q	11 345,40
5	Cimiento corrido 1	m	49,40	Q 63,61	Q	3 142,28
6	Cimiento corrido 2	m	24,91	Q 38,38	Q	955,88
7	Muro 1	m <sup>2</sup>	1 227,87	Q 286,12	Q	351 316,32
8	Muro 2	m <sup>2</sup>	66,47	Q 268,08	Q	17 818,34
9	Solera 1	m	49,40	Q 139,01	Q	6 867,23
10	Solera 2	m	148,20	Q 63,56	Q	9 419,54
11	Solera U	m	197,60	Q 39,81	Q	7 866,26
12	Columna 1	U	14,00	Q 2 637,86	Q	36 930,07
13	Columna 2	U	16,00	Q 535,12	Q	8 561,84
14	Columna 3	U	4,00	Q 579,67	Q	2 318,68

Continuación de la tabla XL.

15	Columna 4	U	2,00	Q 808,63	Q 1 617,25
16	Pin	U	112,00	Q 230,37	Q 25 801,83
17	Viga 1	U	10,00	Q 1 748,94	Q 17 489,40
18	Viga 2	U	4,00	Q 1 796,72	Q 7 186,87
19	Banqueta	m <sup>2</sup>	56,00	Q 483,71	Q 27 087,77
20	Estructura metálica	Global	1,00	Q 59 233,70	Q 59 233,70
21	Puerta 1	U	2,00	Q 1 680,00	Q 3 360,00
22	Puerta 2	U	3,00	Q 1 330,00	Q 3 990,00
23	Puerta 3	U	2,00	Q 1 470,00	Q 2 940,00
24	Puerta 4	U	2,00	Q 1 050,00	Q 2 100,00
25	Puerta 5	U	2,00	Q 6 300,00	Q 12 600,00
26	Ventana 1	U	16,00	Q 1 663,20	Q 26 611,20
27	Ventana 2	U	6,00	Q 369,60	Q 2 217,60
28	Piso	m <sup>2</sup>	144,00	Q 210,00	Q 30 240,00
29	Instalaciones de agua potable	Global	1,00	Q 34 020,00	Q 34 020,00
30	Instalaciones drenajes de aguas negras	Global	1,00	Q 10 500,00	Q 10 500,00
31	Instalaciones drenajes de aguas pluviales	Global	1,00	Q 28 000,00	Q 28 000,00
32	Instalación eléctrica de fuerza	Global	1,00	Q 10 080,00	Q 10 080,00
33	Instalación eléctrica de iluminación	Global	1,00	Q 39 480,00	Q 39 480,00
34	Cielo falso en sanitarios y bodega	Global	1,00	Q 10 892,00	Q 10 892,00
<b>Total del proyecto</b>					<b>Q 814 869,76</b>

\*Ver integración de precios unitarios en apéndice 3.

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

### 2.1.11. Estudio de impacto ambiental inicial

Para la evaluación de impacto ambiental se utilizó el formato del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN DVGA-GA-002 para la evaluación ambiental inicial, donde se estableció todas las fuentes de impacto, así como sus correspondientes medidas de control o mitigación, ver apéndice 1.

### **2.1.12. Elaboración de planos y cronograma**

Se elaboraron los siguientes planos constructivos y detalles con el programa AutoCAD 2020, ver apéndice 5:

- Cronograma de trabajos
- Plano de localización
- Planos de arquitectura
- Planos de estructura
- Planos de instalaciones
- Cronograma de trabajos

## **2.2. Diseño de muro de contención de mampostería en voladizo**

Para el diseño del muro de contención, en los siguientes incisos se detalla la metodología empleada.

### **2.2.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en la elaboración de muro de contención de mampostería reforzada en voladizo con bloques huecos de concreto de 19 x 19 x 39 centímetros, que deben cumplir con las normas vigentes en el país. El proyecto se ubicará en la parte posterior del anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta “Lázaro Axpucá” que se encuentra en la 2ª. Avenida final de la zona 1 del municipio, el cual brindará un espacio abierto y seguro dando lugar a la realización de proyectos adicionales en el área.

### **2.2.2. Selección del sistema estructural**

El sistema estructural seleccionado para la contención es muro en voladizo, el cual es considerado estructuralmente como una viga, sobre la cual actúa el empuje de la tierra en aumento uniforme hasta llegar al máximo en la base de empotramiento, de acuerdo a la norma NSE 5.3 inciso 2.3, el cual combina la capacidad del peso muerto del muro y del suelo por encima del cimiento y de su resistencia para soportar las cargas, la pantalla vertical se diseñará con bloques huecos de concreto de 19 x 19 x 39 centímetros, reforzados, clase C con resistencia nominal de 70,00 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con la norma NSE 7.4 2018 actualización 15/07/2020 inciso 5.7.3 (c) y la norma NTG 51054; en combinación con columnas y soleras para soportar el cortante actuante.

El procedimiento consiste en realizar un predimensionamiento de los elementos estructurales denominados como cortina, base y de ser necesario dientes, basado en propuestas o estudios preliminares, los elementos estructurales deben resistir los esfuerzos desarrollados en el muro, teniendo como objetivo principal que la base debe mantener la cortina en su lugar y esta a su vez resistir los esfuerzos de deslizamiento, momento de volteo y las fuerzas creadas por la acción de las cargas.

### **2.2.3. Estudios preliminares**

Para los estudios preliminares, se envió a laboratorio una muestra de suelo inalterada, esto con el fin de obtener las propiedades mecánicas del mismo, los cuales se describen de manera más amplia a continuación.

### **2.2.3.1. Estudios de suelos**

Para la determinación de las propiedades del suelo se utilizarán los valores establecidos en el proyecto del diseño de salón de acopio del capítulo 2.1, basado en una evaluación de campo en la cual se determinó que por la cercanía de los proyectos menor a 100 metros y que no se observan cambios considerables en el tipo de terreno se tomará como las mismas características y propiedades.

### **2.2.4. Datos necesarios para diseño de muro**

Para diseñar el muro de contención, a continuación, se describen los datos necesarios.

#### **2.2.4.1. Coeficiente de empuje activo y pasivo**

Cálculo de los coeficientes de empuje activo y pasivo, con la teoría de Rankine y con el ángulo de fricción interna  $26,87^\circ$  tomado de los resultados del estudio de suelo tabla III, se procede respectivamente.

$$k_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{1 - \sin(26,87^\circ)}{1 + \sin(26,87^\circ)} = 0,38$$

$$k_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \frac{1 + \sin(26,87^\circ)}{1 - \sin(26,87^\circ)} = 2,65$$

#### **2.2.4.2. Coeficiente de fricción**

El tipo de suelo está definido como limo color café, siendo un suelo de grano fino en los cuales también se encuentran limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca

plasticidad. Por su clasificación A-4 el suelo típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico. “Se recomienda para un suelo de granos gruesos que contiene limo un coeficiente de fricción  $\mu=0,45$ ”<sup>22</sup>, entre arena y un suelo cohesivo  $\mu=0,35$ ; por lo que se tomará un valor medio de  $\mu=0,40$ .

Los resultados obtenidos del estudio de suelos se detallan en el capítulo 2.1.3.1 y en el anexo 1 de este documento, a continuación, se muestran los datos para la realización de los cálculos necesarios.

$$\gamma_s = 1\,490 \text{ kg/cm}^3 \text{ (Peso del material, ver tabla III)}$$

$$\beta = 0^\circ \text{ (Debido que no hay pendiente en la parte superior del muro)}$$

$$\phi = 26,87^\circ \text{ (Ver tabla III)}$$

$$f'_m = 70,00 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Resistencia nominal block clase C)}$$

$$V_s = 15,85 \text{ Ton/m}^2 \text{ (Ver cálculo del valor soporte del suelo capítulo 2.1.3.1)}$$

$$H = 4,80 \text{ m}$$

$$\mu = 0,40 \text{ (Ver coeficiente de fricción)}$$

$$\gamma_m = 2\,000,00 \text{ kg/cm}^3 \text{ (Peso de la mampostería NTG41054 p. 6/14)}$$

$$q_o = 250,00 \text{ kg/m}^2$$

se establece sobrecarga por seguridad, ya que no habrá uso en la parte superior

$$K_a = 0,38$$

$$K_p = 2,65$$

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

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

---

<sup>22</sup> HERRARTE CASTEJÓN, Edgar. *Empuje de suelos y muros de contención en Guatemala*. p. 68.

## 2.2.5. Diseño de la cortina

En los siguientes incisos se describen los pasos necesarios para el diseño de la cortina.

### 2.2.5.1. Predimensionamiento

Se propone que la base de la cortina se localizará a 0,70 m del nivel tierras abajo.

El ancho de la zapata se puede tomar como un valor inicial  $0,5 H$  y  $0,7 H$ , como sugiere Braja M. Das en Principios de Ingeniería de Cimentaciones, cuarta edición, página 389.

$$0,5 H = 2,35 \text{ m}$$

$$0,7 H = 3,29 \text{ m}$$

Se asume un valor de 2,40 m para el ancho de la zapata, que se encuentra en el rango anteriormente expuesto.

Para el valor del “espesor de la zapata se propone  $0,40 \text{ m}^{23}$ ”, un 10 % de la altura del muro.

$$t_{\text{zap}} = 0,40 \text{ m}$$

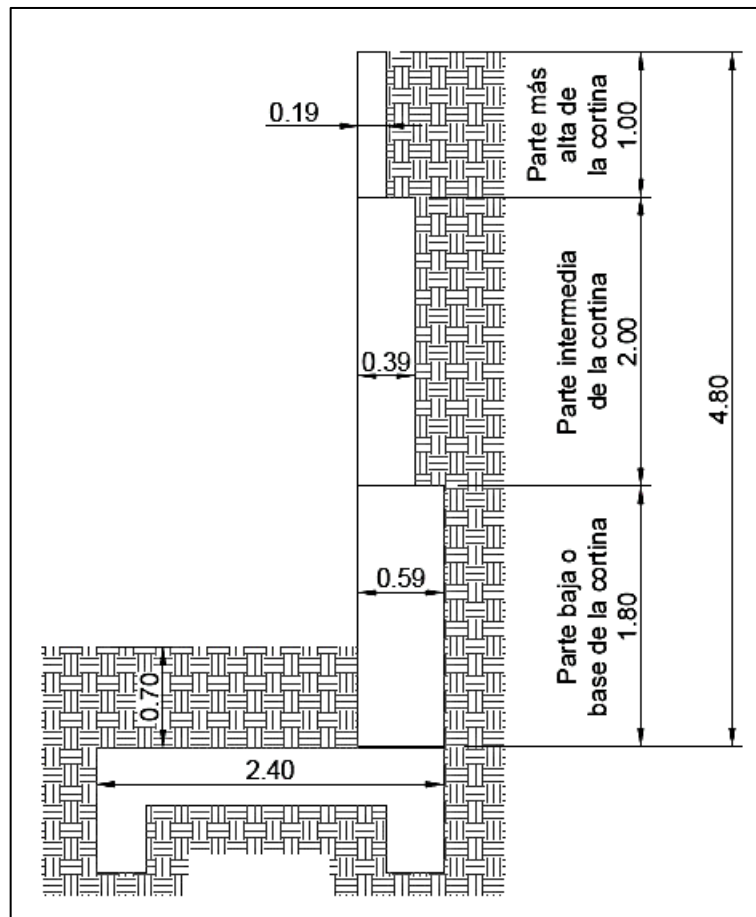
Para la cortina se propone en la base un levantado de 3 unidades de ancho y 3 hiladas de alto más una solera de  $0,59 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$ , 4 hiladas de alto más una

---

<sup>23</sup> DAS, Braja. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. p. 143.

solera de 0,59 m x 0,20 m; en la parte intermedia 2 unidades de ancho y 4 hiladas de alto más una solera de 0,39 m x 0,20 m, 4 hiladas de alto más una solera de 0,39 m x 0,20 m; en la parte superior 1 unidad de ancho y 4 hiladas de alto más una solera de 0,19 m x 0,20 m, los cuales fueron evaluados para contrarrestar las fuerzas de empuje del suelo.

Figura 40. **Predimensionamiento de muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



### 2.2.5.1.1. Cálculo del factor k

El factor k es utilizado para calcular el área que trabaja a compresión equivalente de la mampostería, se determina con base al UBC 1997, sección 2107.2.15, expresión 7-34, página 2-217.

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n * f_b}} \quad [\text{UBC 97 2107.2.15 (7 - 34)}]$$

Donde:

$$f_s = 0,5 * f_y \quad [\text{UBC 97 2107.2.11 (7 - 29)}]$$

$$f_s = 0,5 * 2\,810,00 \text{ kg/cm}^2 = 1\,405,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = 0,33 * f'_m \quad [\text{UBC 97 2107.2.11 (7 - 15)}]$$

$$f_b = 0,33 * 70\,00 \text{ kg/cm}^2 = 23,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_m}$$

$$E_s = \text{módulo de elasticidad del acero} = 2\,100\,000,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_m = \text{módulo de elasticidad mampostería de concreto}$$

$$E_m = 900 * f'_m = 900 * 70,00 \text{ kg/cm}^2 = 63\,000,00 \text{ kg/cm}^2$$

Se obtiene:

$$n = \frac{E_s}{E_m} = \frac{2\,100\,000,00 \text{ kg/cm}^2}{63\,000,00 \text{ kg/cm}^2} = 33,33$$

$$k = \frac{1}{1 + \frac{f_s}{n * f_b}} = \frac{1}{1 + \frac{2\,100\,000,00 \text{ kg/cm}^2}{33,33 * 23,33 \text{ kg/cm}^2}} = 26,98 * 10^{-6}$$

### 2.2.5.1.2. Cálculo de j

Siendo j la distancia desde el centro de fuerzas a compresión al centro de fuerzas a tensión para una distancia d, la cual se utiliza para el cálculo del momento interno en el muro.

En el diseño de la cortina se utilizará el método de esfuerzo de trabajo para lo cual es necesario conocer el valor de  $f_s$  y  $j$ , los cuales son los siguientes:

$$f_s = 0,5 f'_y \quad [\text{UBC } 97 \text{ } 2107.2.11 \text{ (7 - 29)}]$$

$$f_s = 0,5 * 2\,810,00 \text{ kg/cm} = 1\,405 \text{ kg/cm}^2$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \quad [\text{UBC } 97 \text{ } 2107.2.15 \text{ (7 - 35)}]$$

$$j = 1 - \frac{26,98 * 10^{-6}}{3} = 0,99$$

### 2.2.5.2. Determinación del corte actuante en la base

$$V = \left[ \left( \frac{\gamma_s * K_a * H^2}{2} \right) + q_o * K_a * H \right] * \cos \beta \quad [24]$$

Utilizando el valor de  $H = 4,80 \text{ m}$ , se obtiene:

<sup>24</sup> MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. p.121.

$$V = \left[ \left( \frac{1\,490,00 \text{ kg/m}^3 * 0,38 * (4,80 \text{ m})^2}{2} \right) + 1\,000 \text{ kg/m}^2 * 0,38 * 4,80\text{m} \right] * \cos 0^\circ$$

$$V = 8\,346,62 \text{ kg/m}$$

### 2.2.5.3. Chequeo de corte actuante y corte resistente

Para la revisión del corte actuante y el corte resistente en la base se utilizarán los siguientes datos:

$$t = 59,00 \text{ cm}$$

$$d = 59,00 - 9,00 = 50,00 \text{ cm}$$

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

Corte actuante:

$$V_a = \frac{V}{bdj} \quad [\text{UBC } 97 \text{ } 2107.2.17 \text{ (7 - 37)}]$$

$$V_a = \frac{83,46 \text{ kg/cm}}{100,00 \text{ cm} * 50 \text{ cm} * 0,99} = 0,02 \text{ kg/cm}^2$$

Corte que resiste la mampostería:

$$V_m = 0,4\sqrt{f'_m} \quad [25]$$

$$V_m = 0,4\sqrt{70,00 \text{ kg/cm}^2}$$

$$V_m = 3,35 \text{ kg/cm}^2$$

<sup>25</sup> MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. p. 74.

$$V_a < V_m$$

$$0,02 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 3,35 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad \text{OK}$$

La mampostería resiste el corte actuante.

#### 2.2.5.4. Determinación del momento flector en la base

$$M_b = \left[ \left( \frac{\gamma_s * K_a * H^3}{6} \right) + \left( \frac{\gamma_s * K_a * H^2}{2} \right) \right] * \cos \beta \quad [26]$$

$$M_b = \left[ \left( \frac{1\,490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,38 * (4,80 \text{ m})^3}{6} \right) + \left( \frac{1\,490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,38 * (4,80 \text{ m})^2}{2} \right) \right] * \cos 0^\circ = 16\,958,82 \text{ kg} - \text{m/m}$$

#### 2.2.5.5. Determinación de acero de refuerzo principal

Con el momento flector en la base, se puede determinar el área de acero (por metro) necesaria para resistirlo (en la base), se determinará el refuerzo de acero principal en tres tramos del muro, definidos como base, intermedia y la parte más alta, a continuación, se detalla procedimiento:

- Determinación del acero de refuerzo principal en la base o parte más baja

$$A_{sc} = \left[ \left( \frac{M_b}{f_s * j * d} \right) * 100 \right] \quad [27]$$

<sup>26</sup> MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. p.122.

<sup>27</sup> Op. Cita. p. 75.

$$A_{sc} = \left[ \left( \frac{16\,958,82 \text{ kg} - \text{m/m}}{1\,405,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 0,99 * 50,00\text{cm}} \right) * 100 \right]$$

$$A_{sc} = 24,38 \text{ cm}^2$$

Con  $A_{sc}$ , se puede determinar la cantidad de barras, el número de estas y la separación a la que se encontrarán. Es necesario que la solución del espaciamiento del refuerzo sea en múltiplos de 20 cms que es el ancho nominal de block que se estará utilizando.

Se separará la cortina en la base un tramo de altura de 1,80 m, en la parte media una altura de 2,00 m y en la parte superior una altura de 1,00 m.

Para la base o la parte más baja se obtienen los siguientes datos:

Con  $A_{sc} = 24,38 \text{ cm}^2$

1N6 @ 20 cms +

1 N6 @ 40 cms + 1 N5 @ 40 cms (intercalados). Total = 25,89  $\text{cm}^2$

- Determinación del acero de refuerzo principal en la parte media

El procedimiento que se realiza consiste en proponer un armado; y chequear, a través de las expresiones de momento resistente ( $M_r$ ) y momento de volteo ( $M_b$ ), hasta que profundidad  $M_r > M_b$ , y a su vez, también se tiene que chequear el corte actuante ( $V_a$ ) y el corte resistente de la mampostería ( $V_m$ ).

Para la parte media y más alta, de las expresiones de momento resistente, momento actuante, corte actuante y corte que resiste la mampostería.

$$M_r = \left[ \frac{(A_{scm} * f_s * j * d)}{100} \right]$$

$$M_b = \left[ \left( \frac{\gamma_s * K_a * H^3}{6} \right) + \left( \frac{\gamma_s * K_a * H^2}{2} \right) \right] * \cos \beta$$

$$V = \left[ \left( \frac{\gamma_s * K_a * H^2}{2} \right) + q_o * K_a * H \right] * \cos \beta$$

$$V_a = \frac{V}{bdj}$$

$$V_m = 0,4\sqrt{f'_m}$$

Para la parte media, desde 1,80 m hasta 3,80 m, medido desde la base, se obtienen los siguientes datos:

$A_{scm}$  = Área de acero propuesta en la parte media

$$A_{scm} = 1 \text{ N6 @ } 20 \text{ cm} = 2,85 \text{ cm}^2 * 5u = 14,25 \text{ cm}^2$$

$$d = 39,00 - 9,00 = 30,00 \text{ cms}$$

$$M_r = \left[ \frac{14,25 \text{ cm}^2 * \frac{1 \ 405,00 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 0,99 * 30,00 \text{ cm}}{100} \right] = 5 \ 946,31 \text{ kg} - \text{m/m}$$

$$H = 4,80 \text{ m} - 1,80 \text{ m} = 3,00 \text{ m (para la parte media)}$$

$$M_b = \left[ \left( \frac{1 \ 490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,38 * (3,00 \text{ m})^3}{6} \right) + \left( \frac{1 \ 490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,38 * (3,00 \text{ m})^2}{2} \right) \right] * \cos 0^\circ = 5 \ 095,80 \text{ kg} - \text{m/m}$$

$$M_r > M_b$$

$$5 \ 946,31 \text{ kg} - \frac{\text{m}}{\text{m}} > 5 \ 095,80 \text{ kg} - \text{m/m} \quad \text{OK}$$

$$V = \left[ \left( \frac{\left( \frac{1\,490,00}{10\,000,00} \right) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 0,38 * (3,00 * 100)^2}{2} \right) + \left( \frac{250,00}{10\,000,00} \text{kg/cm}^2 * 0,38 * (3,00 * 100) \right) \right] * \cos 0^\circ = 2\,550,75 \text{ kg/cm}$$

$$V_a = \frac{2\,550,75 \text{ kg/cm}}{100,00 \text{ cm} * 30,00 \text{ cm} * 0,99} = 0,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_m = 0,4 \sqrt{70,00 \text{ kg/cm}^2} = 3,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_a < V_m$$

$$0,86 \text{ kg/cm}^2 < 3,35 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

Refuerzo principal en la parte media 1 N6 @ 20,00 cm.

- Determinación del acero de refuerzo principal en la parte más alta

Para la parte más alta, desde 3,80 m hasta 4,80 m, medido desde la base, se obtienen los siguientes datos:

$A_{scm}$  = Área de acero propuesta en la parte media

$$A_{scm} = 1 \text{ N3 @ } 40 \text{ cm} = 0,71 \text{ cm}^2 * 5u = 3,55 \text{ cm}^2$$

$$d = 19,00 - 9,00 = 10,00 \text{ cms}$$

$$M_r = \left[ \frac{3,55 \text{ cm}^2 * \frac{1\,405,00 \text{ kg}}{\text{cm}^2} * 0,99 * 10,00 \text{ cm}}{100} \right] = 493,79 \text{ kg} - \text{m/m}$$

$$H = 4,80 \text{ m} - 3,80 \text{ m} = 1,00 \text{ m (para la parte más alta)}$$

$$M_b = \left[ \left( \frac{1\,490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,38 * (1,00 \text{ m})^3}{6} \right) + \left( \frac{1\,490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,38 * (1,00 \text{ m})^2}{2} \right) \right] * \cos 0^\circ = 377,47 \text{ kg} - \text{m/m}$$

$$M_r > M_b$$

$$493,79 \text{ kg} - \text{m/m} > 377,47 \text{ kg} - \text{m/m} \quad \text{OK}$$

$$V = \left[ \left( \frac{\left( \frac{1\,490,00}{10\,000,00} \right) \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} * 0,38 * (1,00 * 100)^2}{2} \right) + \left( \frac{250,00}{10\,000,00} \text{ kg/cm}^2 * 0,38 * (1,00 * 100) \right) \right] * \cos 0^\circ = 284,05 \text{ kg/cm}$$

$$V_a = \frac{284,05 \text{ kg/cm}}{100,00 \text{ cm} * 30,00 \text{ cm} * 0,99} = 0,10 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_m = 0,4 \sqrt{70,00 \text{ kg/cm}^2} = 3,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_a < V_m$$

$$0,10 \text{ kg/cm}^2 < 3,35 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

Refuerzo principal en la parte más alta 1 N3 @ 20,00 cm.

#### 2.2.5.6. Determinación de acero por temperatura

Se determina por metro lineal de altura de la cortina; es el área de acero que se coloca longitudinalmente en la cortina y el área de acero que se coloca en las soleras; una en la corona y el resto intermedias.



Se utilizará la siguiente expresión:

$$A_{sh} = 0,0007 * 100 * t \quad [^{28}]$$

- Para la primera solera en la parte más alta, solera final o de corona, se tiene  $t = 19 \text{ cm}$ , entonces:

$$A_{sh} = 0,0007 * 100,00 \text{ cm} * 19,00 \text{ cm} = 1,33 \text{ cm}^2$$

Se establece solera de 19 x 20 cm con el siguiente armado:

2 N3 (1,42 cm<sup>2</sup>)  
+ eslabón N2 @ 15 cm.

- Para las dos soleras en la parte intermedia, se tiene  $t = 39 \text{ cm}$ , entonces:

$$A_{sh} = 0,0007 * 100,00 \text{ cm} * 39,00 \text{ cm} = 2,73 \text{ cm}^2$$

Se establece solera de 39 x 20 cm con el siguiente armado:

4 N3 (2,84 cm<sup>2</sup>)  
+ estribo N2 @ 15 cm.

- Para las dos soleras más profundas, se tiene  $t = 59 \text{ cm}$ , entonces:

$$A_{sh} = 0,0007 * 100,00 \text{ cm} * 59,00 \text{ cm} = 4,13 \text{ cm}^2$$

---

<sup>28</sup> MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. p. 76.

Se establece solera de 59 x 20 con el siguiente armado:

6 N3 (4,26 cm<sup>2</sup>)  
+ eslabón N2 + estribo N2 @ 15 cm.

### **2.2.6. Diseño de la base**

Para el diseño de la base a continuación se describen los datos necesarios, así como los resultados obtenidos.

#### **2.2.6.1. Prediseño del pie**

Para el prediseño, se utilizará el criterio de diseño de “0,5 H a 0,7 H”<sup>29</sup>. Asumiendo que la zapata tendrá una longitud total de 2,40 metros y el pie tendrá 1,80 metros, se encontrará a una profundidad de 0,70 metros.

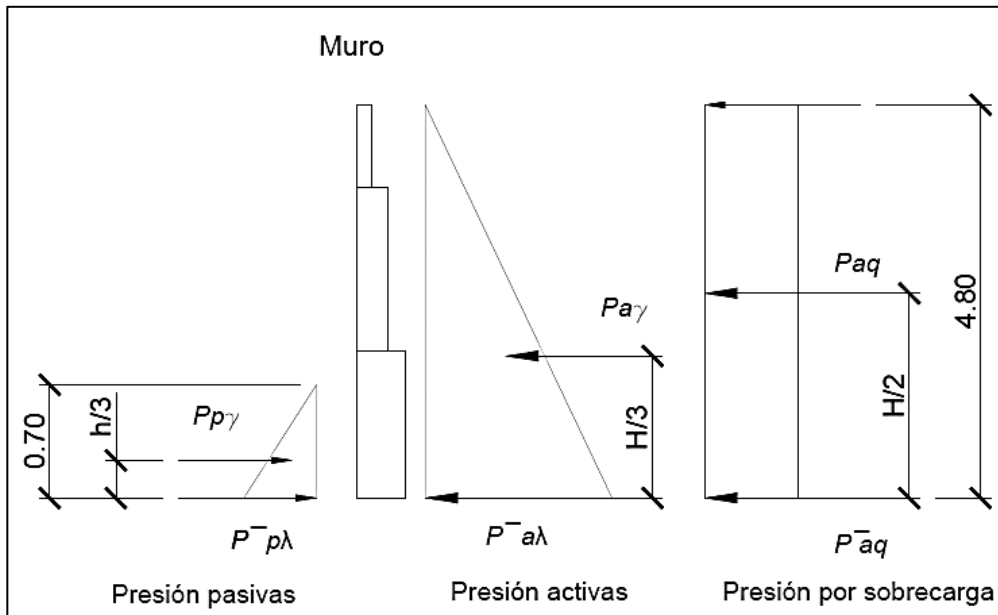
#### **2.2.6.2. Cálculo de empuje**

Para el cálculo de la fuerza de empuje se analizarán las cargas pasivas, activas y la sobrecarga.

---

<sup>29</sup> DAS, Braja. *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones*. p. 389.

Figura 41. Diagrama de empujes



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

### 2.2.6.2.1. Cálculo de presiones horizontales

$$h = 0,70 \text{ m}$$

$$H = 4,80 \text{ m}$$

- Presión pasiva

$$\bar{P}_{p\lambda} = K_p * \gamma_s * h$$

$$\bar{P}_{p\lambda} = 2,65 * 1\,490,00 \text{ kg/cm}^3 * 0,70 \text{ m} = 2\,763,95 \text{ kg/m}^2 = 2,76 \text{ T/m}^2$$

- Presión activa

$$\bar{P}_{a\lambda} = K_a * \gamma_s * H \quad [30]$$

$$\bar{P}_{a\lambda} = 0,38 * 1\,490,00 \text{ kg/cm}^3 * 4,80 \text{ m} = 2\,717,76 \text{ kg/cm}^2 = 2,72 \text{ T/m}^2$$

- Presión por sobrecarga

$$\bar{P}_{aq} = K_a * q_o \quad [31]$$

$$\bar{P}_{aq} = 0,38 * 250,00 \text{ kg/m}^2 = 95,00 \text{ kg/m}^2 = 0,10 \text{ T/m}^2$$

#### 2.2.6.2.2. Cálculo de cargas totales

- Carga pasiva

$$P_{py} = \frac{1}{2} * \bar{P}_{py} * h$$

$$P_{py} = \frac{1}{2} * 2,76 \frac{\text{T}}{\text{m}^2} * 0,70 \text{ m} = 0,97 \text{ T/m}$$

- Carga activa

$$P_{ay} = \frac{1}{2} \bar{P}_{ay} * H$$

$$P_{ay} = \frac{1}{2} * 2,72 \text{ T/m}^2 * 4,80 \text{ m} = 6,53 \text{ T/m}$$

---

<sup>30</sup> MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. p. 25.

<sup>31</sup> *Ibíd.*

- Carga por sobrecarga

$$P_{aq} = \bar{P}_{aq} * H \quad [32]$$

$$P_{aq} = 0,10 \text{ T/m}^2 * 4,80 \text{ m} = 0,48 \text{ T/m}$$

### 2.2.6.2.3. Momentos del muro

- Momento por carga pasiva

$$M_{py} = P_{py} * \frac{h}{3}$$

$$M_{py} = 0,97 \text{ T/m} * \frac{0,70 \text{ m}}{3} = 0,23 \text{ T - m/m}$$

- Momento por carga activa

$$M_{ay} = P_{ay} * \frac{H}{3}$$

$$M_{ay} = 6,53 \text{ T/m} * \frac{4,80 \text{ m}}{3} = 10,45 \text{ T - m/m}$$

- Momento por sobrecarga

$$M_{aq} = P_{aq} * \frac{H}{2}$$

$$M_{aq} = 0,48 \text{ T/m} * \frac{4,80 \text{ m}}{2} = 1,15 \text{ T - m/m}$$

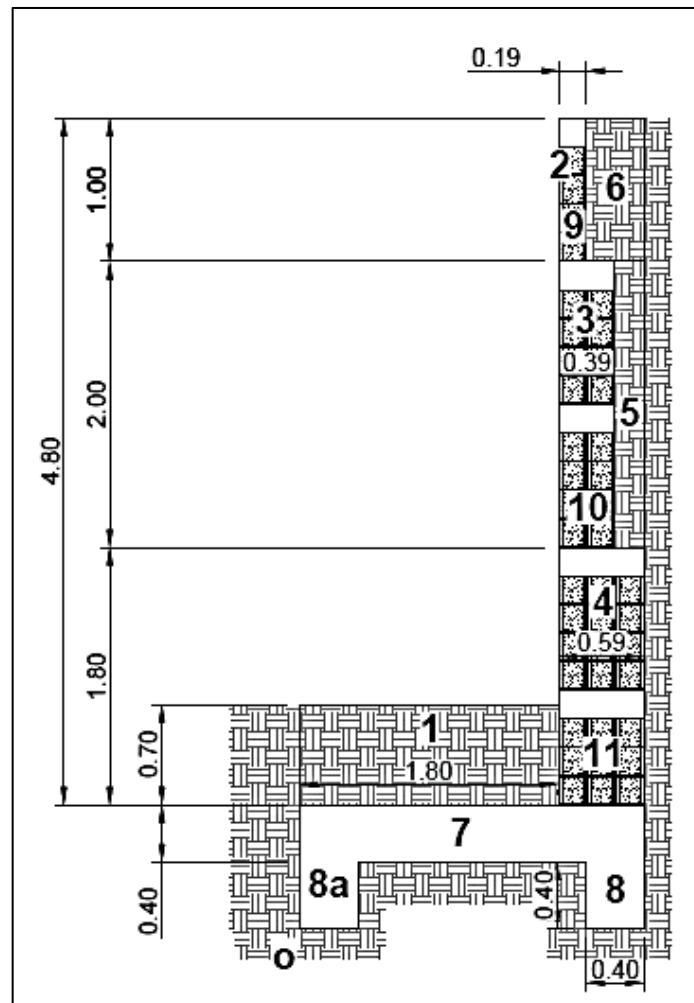
---

<sup>32</sup> MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. p. 25.

### 2.2.7. Cálculo de pesos y momentos del muro

Se determinará el peso y momentos resultantes de la estructura (por metro de largo) respecto al punto o; a su vez, se realizarán los chequeos de volteo, deslizamiento y capacidad soporte.

Figura 42. Cálculo de pesos y momentos del muro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Tabla XLI. **Cálculo de pesos y momentos del muro**

Figura	A (m)	B (m)	A*B (m <sup>2</sup> )	γ material (T/m <sup>3</sup> )	Peso (T/m)	Brazo (m)	Momento (T-m/m)
1	1,80	0,70	1,26	1,49	1,88	0,90	1,69
2	0,19	1,00	0,19	2,00	0,38	1,90	0,72
3	0,39	2,00	0,78	2,00	1,56	2,00	3,12
4	0,59	1,80	1,06	2,00	2,12	2,10	4,46
5	0,20	2,00	0,40	1,49	0,60	2,30	1,37
6	0,40	1,00	0,40	1,49	0,60	2,20	1,31
7	2,40	0,40	0,96	2,40	2,30	1,20	2,76
8	0,40	0,40	0,16	2,40	0,38	2,22	0,85
8a	0,40	0,40	0,16	2,40	0,38	1,18	0,45
9	0,14	1,00	0,14	2,40	0,34	1,90	0,64
10	0,28	2,00	0,56	2,40	1,34	2,00	2,69
11	0,42	1,80	0,76	2,40	1,81	2,10	3,81
				<b>ΣW</b>	<b>13,70</b>	<b>ΣM</b>	<b>23,90</b>

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

El peso resultante  $P_r = 13,70 \text{ T/m}$  es el resultado de la suma de la columna Peso, de la tabla anterior. El momento resultante  $M_r = 23,90 \text{ T - m/m}$  es el resultado de la suma de la columna Momento, de la tabla anterior.

A continuación, se realizarán los chequeos respectivos:

### 2.2.7.1. Estabilidad de volteo

$$F_{vs} > 1,50 \quad [33]$$

$$F_{vs} = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_{act}} = \frac{M_{py} + M_r}{M_{ay} + M_{aq}}$$

$$F_{vs} = \frac{0,23 \text{ T - m/m} + 23,90 \text{ T - m/m}}{10,45 \text{ T - m/m} + 1,15 \text{ T - m/m}} = 2,08 \text{ T - m/m}$$

$$2,08 > 1,50 \quad \text{OK}$$

<sup>33</sup> CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 511.

### 2.2.7.2. Estabilidad de deslizamiento

$$F_{sd} > 1,52 \quad [34]$$

$$F_{sd} = \frac{\Sigma P_r}{\Sigma P_{act}} = \frac{P_{py} + \mu * \Sigma_w}{P_{ay} + P_{aq}}$$
$$F_{sd} = \frac{0,97 \text{ T/m} + (0,40 * 13,70 \text{ T/m})}{6,53 \text{ T/m} + 0,48 \text{ T/m}} = 0,92$$

$$F_{sd} > 1,52$$

$$0,92 > 1,52 \quad \text{NO}$$

El chequeo por estabilidad de deslizamiento no cumple, por lo que es necesario el diseño de un diente.

### 2.2.7.3. Diseño del diente

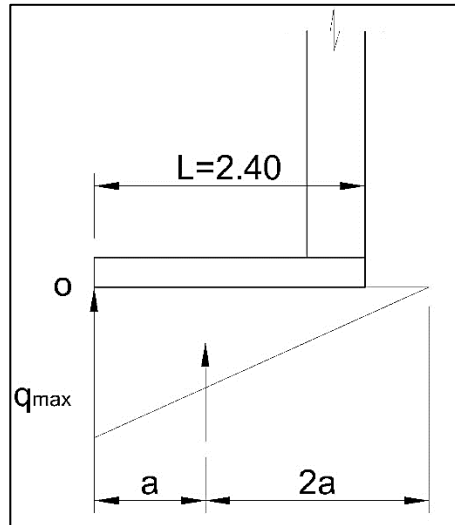
Se procede a calcular la presión máxima bajo la base del muro, la distancia “a” a partir del punto “o” donde actúan las cargas verticales.

---

<sup>34</sup> CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones* p. 511.



Figura 43. Diagrama de presiones bajo la base del muro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018.

$$a = \frac{\Sigma M_o}{\Sigma W} = \frac{M_{py} + \Sigma M - M_{ay} - M_{aq}}{\Sigma W}$$

$$a = \frac{0,23 \text{ T} - \text{m/m} + 23,91 \text{ T} - \text{m/m} - 10,45 \text{ T} - \text{m/m} - 1,15 \text{ T} - \text{m/m}}{13,70 \text{ T/m}}$$

$$a = 0,92 \text{ m}$$

$$3a = 2,76 \text{ m}$$

Teniendo que la longitud de la base es  $L = 2,40 \text{ m}$   
 $3a > L$  (Indica que no existen presiones negativas)

La presión máxima del terreno será:

Donde,  $b = L = 2,40 \text{ m}$  y  $a = 0,68 \text{ m}$ .

$$q_{\max} = \frac{\Sigma W}{\frac{3}{2} * a * b}$$

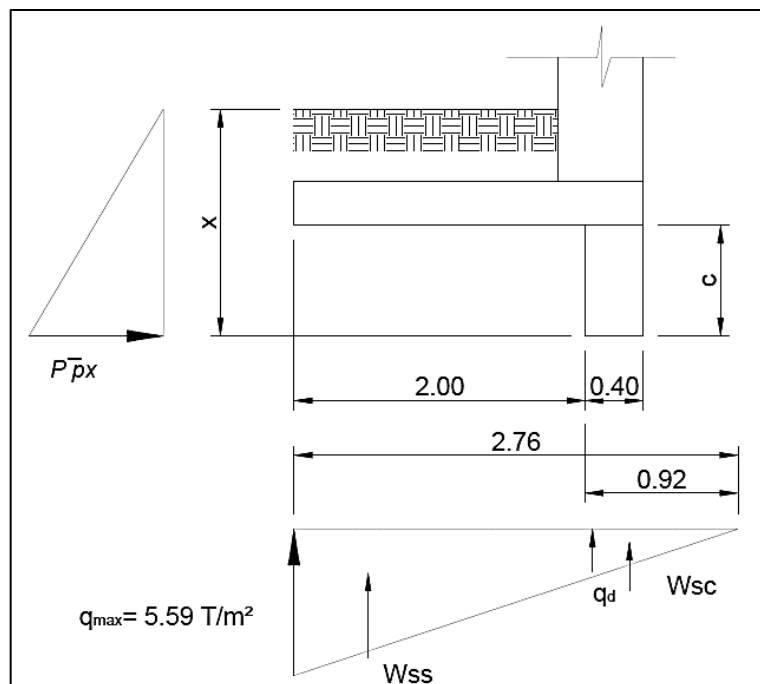
$$q_{\max} = \frac{13,70 \text{ T/m}}{\frac{3}{2} * 0,68 \text{ m} * 2,40 \text{ m}} = 5,59 \text{ T/m}^2$$

La carga máxima debe ser menor que la capacidad soporte del suelo.

$$q_{\max} < V_s$$

$$5,59 \text{ T/m}^2 < 15,85 \text{ T/m}^2 \quad \text{OK}$$

Figura 44. **Diagrama de presión a rostro del diente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

La presión a rostro del diente es:

$$\frac{q_d}{0,71} = \frac{q_{\max}}{2,76}$$

$$q_d = \frac{0,71 * 5,59 \text{ T/m}^2}{2,76} = 1,44 \text{ T/m}^2$$

También se tienen las cargas totales:

$$W_{ss} = (5,59 \text{ T/m}^2 + 1,44 \text{ T/m}^2) * \frac{2,76 \text{ m}}{2}$$

$$W_{ss} = 9,70 \text{ T/m}$$

$$W_{sc} = (1,44 \text{ T/m}^2) * \frac{0,68 \text{ m}}{2}$$

$$W_{sc} = 0,49 \text{ T/m}$$

$$W_T = W_{ss} + W_{sc} = 2,76 \text{ T/m} + 0,49 \text{ T/m} = 3,25 \text{ T/m}$$

Dando como resultado la sumatoria de ambas cargas  $W_T = 3,25 \text{ T/m}$ .

Para el chequeo de estabilidad contra el deslizamiento se tiene la condición mínima:

$$F_{sd} = \frac{\Sigma F_R}{\Sigma F_{act}} = 1,5$$

$$\Sigma F_R = 1,5 * \Sigma F_{act}$$

$$K_p * \gamma_s * x * \frac{x}{2} + W_{ss} * \tan \phi + \mu * W_{sc} = 1,5 (P_{ay} + P_{aq})$$

$$\left( \frac{2,65 * 1,49 \frac{\text{T}}{\text{m}^2}}{2} \right) x^2 + \left( 2,76 \frac{\text{T}}{\text{m}} * \tan 26,87^\circ \right) +$$

$$\left( 0,4 * 0,48 \frac{\text{T}}{\text{m}} \right) = 1,5 (6,21 + 0,44) \text{ T/m}$$

Despejando:

$$1,97x^2 + 1,40 + 0,19 = 9,31$$

$$x = \pm \sqrt{\frac{9,31 - 1,40 - 0,19}{1,97}}$$

$$x = \pm 1,98\text{m}$$

$$c = 1,98 - 0,70 - 0,40 = 0,88\text{m}$$

### 2.2.7.3.1. Presión pasiva del diente

La presión pasiva a una profundidad  $x_1 = 1,98\text{ m}$  y  $x_2 = 1,10\text{ m}$  será:

$$\bar{P}_{p\lambda x_1} = K_p * \gamma_s * x_1$$

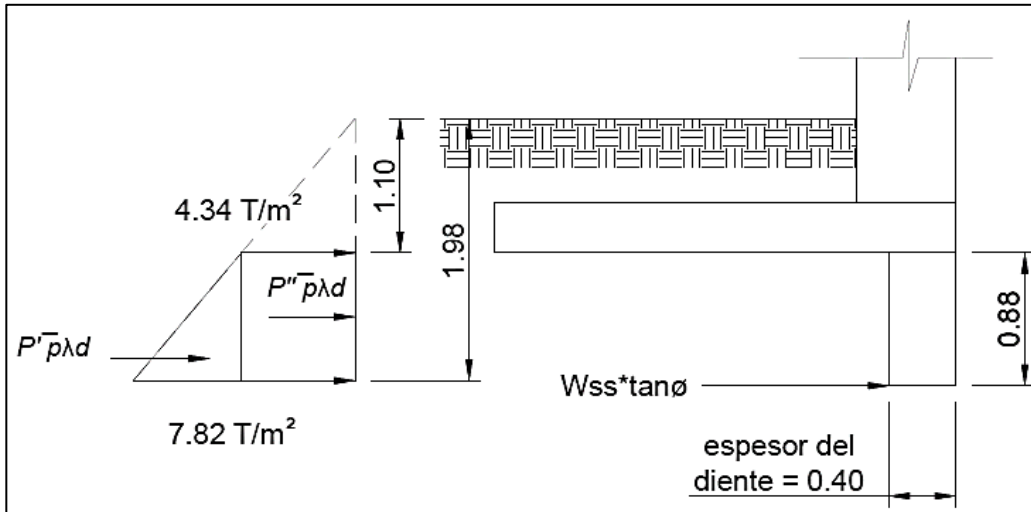
$$\bar{P}_{p\lambda x_1} = 2,65 * 1\,490,00\text{ kg/m}^3 * 1,98\text{ m} = 7\,818,03\text{ kg/m}^3 = 7,82\text{ T/m}^2$$

$$\bar{P}_{p\lambda x_2} = K_p * \gamma_s * x_2$$

$$\bar{P}_{p\lambda x_2} = 2,65 * 1\,490,00\text{ kg/m}^3 * 1,10\text{ m} = 4\,343,35\text{ kg/m}^3 = 4,34\text{ T/m}^2$$

Las presiones y cargas sobre el diente son las siguientes:

Figura 45. Cargas y presiones sobre el diente



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

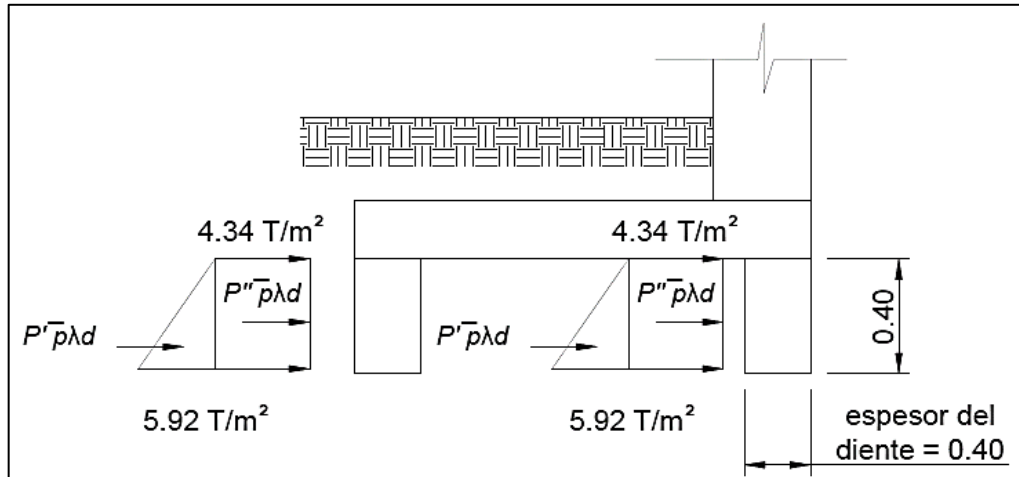
Debido a la profundidad del diente se calcularán las fuerzas horizontales para sustituirlo por dos dientes de menor profundidad de 0,40 m.

$$\bar{P}_{p\lambda x3} = K_p * \gamma_s * x_3 = 5,53 \text{ T/m}^2$$

$$\bar{P}_{p\lambda x3} = 2,65 * 1\,490,00 \text{ kg/m}^3 * (0,70 + 0,40 + 0,40) \text{ m}$$

$$\bar{P}_{p\lambda x3} = 5\,922,75 \text{ kg/m}^3 = 5,92 \text{ T/m}^2$$

Figura 46. Cargas y presiones sobre los dientes



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

La fuerza horizontal a sustituir es de 7,82 T/m<sup>2</sup> y por la sumatoria de dos dientes de 0,40 m se obtiene 11,85 T/m<sup>2</sup>, por lo que se procede a diseñar el diente.

### 2.2.7.3.2. Chequeo por corte de diente

$$\bar{P}'_{p\lambda d} = \left[ 2 * \left( 5,92 \frac{T}{m^2} - 4,34 \frac{T}{m^2} \right) \right] * 0,40m = 1,26 T/m$$

$$\bar{P}''_{p\lambda d} = 4,34 \frac{T}{m^2} * 0,40m = 1,74 T/m$$

$$W_{ss} * \tan \phi = 9,70 \frac{T}{m} * \tan 26,87^\circ = 8,65 T/m$$

$$V_{u \text{ rostro}} = F_{cu} (\bar{P}'_{p\lambda d} + \bar{P}''_{p\lambda d} + W_{ss} * \tan \phi) \quad [35]$$

<sup>35</sup> VÁSQUEZ PINELO, Coralia Larissa. *Rehabilitación de tramo carretero que conduce del caserío el Poshte a la aldea el Barreal y diseño de un muro de contención para el polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5 del municipio de Chiquimula.* p. 92.

Donde:

$$F_{cu} = 1,7$$

$$V_{u \text{ rostro}} = 1,7(1,26 \text{ T/m} + 1,74 \text{ T/m} + 8,65 \text{ T/m})$$

$$V_{u \text{ rostro}} = 19,81 \text{ T/m}$$

Tomando un espesor de diente de 40,00 cm y recubrimiento de 7,50 cm, se tiene:

$$t = 40,00 \text{ cm}$$

$$d = t - \text{recubrimiento}$$

$$d = 40,00 - 7,50 = 32,50 \text{ cm}$$

El corte resistente es:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 - 22.5.5.1]$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 100,00 \text{ cm} * 27,50 \text{ cm} / 1000$$

$$V_r = 21,22 \text{ T/m}$$

$$V_r > V_{u \text{ rostro}}$$

$$21,22 \text{ T/m} > 19,81 \text{ T/m} \quad \text{OK}$$

El espesor del diente chequea por corte.

### 2.2.7.3.3. Chequeo por flexión de diente

$$M_{uact} = 1,7(W_{ss} * \tan \phi * c) + \bar{P}''_{p\lambda d} * \frac{c}{2} + \bar{P}'_{p\lambda d} * \frac{2}{3} * c \quad [36]$$

<sup>36</sup> VÁSQUEZ PINELO, Coralia Larissa. *Rehabilitación de tramo carretero que conduce del caserío el Poshte a la aldea el Barreal y diseño de un muro de contención para el polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5 del municipio de Chiquimula.* p. 92.

$$M_{uact} = 1,7 \left[ (8,65 * \tan 26,87^\circ * 0,40) + (1,74 * \frac{0,40}{2}) + (1,26 * \frac{2}{3} * 0,40) \right]$$

$$M_{uact} = 4,14 \text{ T} - \text{m/m}$$

Teniendo:

$$M_{uact} = 4,14 \text{ T} - \text{m/m}$$

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

$$t = 40,00 \text{ cm}$$

$$\text{rec} = 7,50 \text{ cm}$$

$$d = 32,50 \text{ cm}$$

$$f'_c = 2,810,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

Se obtiene:

$$A_{smin} = \frac{14}{f'_c} * b * d \text{ [Expresión ACI - 318 - 19 sección 9.6.1.2 (b) ]}$$

$$A_{smin} = \frac{14}{2\,810,00 \text{ kg/cm}^2} * 100,00 \text{ cm} * 32,50 \text{ cm} = 16,19 \text{ cm}^2$$

$$A_{sreq} = 0,85 * \frac{f'_c}{f_y} * b * d * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{M_{uact}}{0,003825 * f'_c * b * d^2}} \right)$$

$$A_{sreq} = 0,85 * \frac{210,00 \text{ kg/cm}^2}{2\,810,00 \text{ kg/cm}^2} * 100,00 \text{ cm} * 32,50 \text{ cm} *$$

$$\left( 1 - \sqrt{1 - \frac{4\,140,00 \text{ kg} - \text{m/m}}{0,003825 * 210,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 100,00 * (32,50 \text{ cm})^2}} \right)$$

$$A_{sreq} = 5,95 \text{ cm}^2$$



Se colocará  $A_{smin} = 16,19 \text{ cm}^2$ , en el sentido transversal con el siguiente armado:

$$A_{sb} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ (N6)}$$
$$s = \frac{100,00 \text{ cm}}{\left(\frac{16,19 \text{ cm}^2}{2,85 \text{ cm}^2}\right)} \cong 15,00 \text{ cm}$$

N6 @ 15 cm.

Se calcula el acero para el sentido longitudinal.

Teniendo:

$$b = 40,00 \text{ cm}$$

$$t = 40,00 \text{ cm}$$

Se obtiene:

$$A_{stemp} = 0,002 * b * t$$
$$A_{stemp} = 0,002 * 40,00 \text{ cm} * 40,00 \text{ cm} = 3,20 \text{ cm}^2$$

Se colocará  $A_{stemp} = 3,20 \text{ cm}^2$ , en el sentido longitudinal con el siguiente armado:

3 N4 corridos (3.81  $\text{cm}^2$ ).

### **2.2.8. Chequeo capacidad soporte**

Con base a los cálculos realizados en el inciso anterior para la determinación de la presión bajo la base del muro se obtuvo un  $q_{max} = 5,59 \text{ T/m}^2$  y la capacidad soporte del suelo obtenida en los ensayos de laboratorio  $V_s = 15,85 \text{ Ton/m}^2$ , se verifica que la presión máxima no excede la capacidad soporte del suelo.

$$q_{max} < V_s$$
$$5,59 \text{ T/m}^2 < 15,85 \text{ T/m}^2 \quad \text{OK}$$

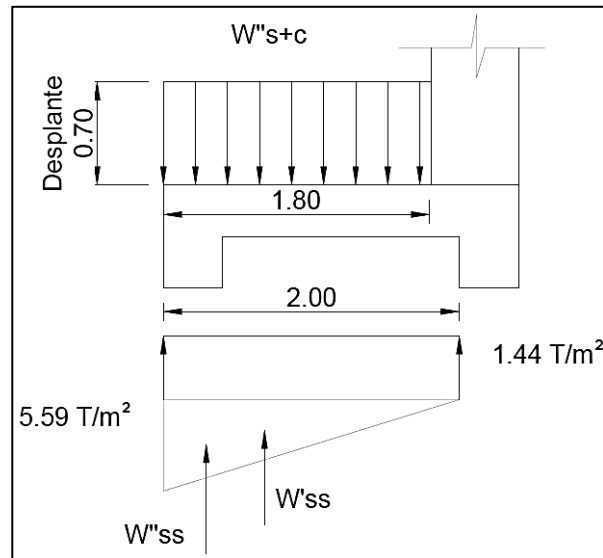
### **2.2.9. Diseño del pie**

A continuación, se describe el diseño del pie del muro de contención.

#### **2.2.9.1. Chequeo por corte del pie**

Para que el muro de contención soporte las presiones que el suelo ejercerá en él, es necesario realizar chequeos como los que se describen a continuación.

Figura 47. Diagrama de cargas y presiones sobre el pie



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

Teniendo:

desplante = 0,70 m

$L_{pie} = 2,00$  m

$t_{zap} = 0,40$  m

Se obtiene:

$$W_{suelo+cimiento} = W_{s+c}$$

$$W_{s+c} = (\gamma_s * desp, * L_{pie}) + (\gamma_c * t_{zap} * L_{pie})$$

$$W_{s+c} = \left(1\,490,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,70 \text{ m} * 2,00 \text{ m}\right) + \left(2\,400,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,40 \text{ m} * 2,00 \text{ m}\right)$$

$$W_{s+c} = 4\,006,00 \text{ kg/m} = 4,01 \text{ T/m}$$

$$W'_{ss} = q_d * L_{pie}$$

$$W'_{ss} = 1,44 \text{ T/m}^2 * 2,00 \text{ m} = 2,88 \text{ T/m}$$

$$W''_{ss} = (q_{\max} - q_d) * \frac{L_{\text{pie}}}{2}$$

$$W''_{ss} = (5,59 - 1,44) \frac{\text{T}}{\text{m}^2} * \frac{2,00 \text{ m}}{2} = 4,15 \frac{\text{T}}{\text{m}}$$

El cortante actuante es vertical y hacia arriba, por lo que la tensión se producirá en la parte inferior del pie, donde se deberá colocar el refuerzo.

Asumiendo una varilla N5, se tiene:

$$t = 40,00 \text{ cm}$$

$$\text{rec} = 7,50 \text{ cm}$$

$$d = 40,00 \text{ cm} - 7,50 \text{ cm} - \frac{1,91}{2} \text{ cm} = 31,55 \text{ cm}$$

Por lo que el corte resistente será:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 - 22,5,5,1]$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * 100,00 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} / 1000$$

$$V_r = 20,60 \text{ T/m}$$

El corte en el rostro del muro será:

$$V_{u \text{ rostro}} = 1,7(W'_{ss} + W''_{ss} - W'_{s+c})$$

$$V_{u \text{ rostro}} = 1,7(2,88 + 4,15 - 4,01) \text{ T/m} = 5,13 \text{ T/m}$$

$$V_r > V_{u \text{ rostro}}$$

$$20,60 \text{ T/m} > 5,13 \text{ T/m} \quad \text{OK}$$

El espesor de la zapata chequea por corte.

### 2.2.9.2. Chequeo por flexión del pie

$$M_{u \text{ rostro}} = 1,7 \left[ W'_{ss} * \left( \frac{L_{\text{pie}}}{2} \right) + W''_{ss} * \left( \frac{2L_{\text{pie}}}{3} \right) - W_{s+c} * \left( \frac{L_{\text{pie}}}{2} \right) \right]$$

$$M_{u \text{ rostro}} = 1,7 \left[ \left( 2,88 * \frac{2,00}{2} \right) + \left( 4,15 * \frac{2 * 2,00}{3} \right) - \left( 4,01 * \frac{2,00}{2} \right) \right]$$

$$M_{u \text{ rostro}} = 7,49 \text{ T} - \text{m/m}$$

Teniendo:

$$M_{u \text{ rostro}} = 7,49 \text{ T} - \text{m/m}$$

$$d = 31,55 \text{ cm}$$

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2810,00 \text{ kg/cm}^2$$

Se obtiene:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14}{f_y} * b * d \quad [\text{ACI} - 318 - 19 \text{ sección } 9.6.1.2 \text{ (b)}]$$

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14}{2,810,00 \text{ kg/cm}^2} * 100,00 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} = 15,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ req}} = 0,85 * \frac{f'_c}{f_y} * b * d * \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{M_{u \text{ rostro}}}{0,003825 * f'_c * b * d^2}} \right)$$

$$A_{s \text{ req}} = 0,85 * \frac{210,00 \text{ kg/cm}^2}{2810,00 \text{ kg/cm}^2} * 100,00 \text{ cm} * 31,55 \text{ cm} *$$

$$\left( 1 - \sqrt{1 - \frac{7\,490,00 \text{ kg} - \text{m/m}}{0,003825 * 210,00 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 100,00 * (31,55 \text{ cm})^2}} \right)$$

$$A_{s\text{req}} = 9,62 \text{ cm}^2$$

Se colocará  $A_{s\text{min}} = 15,72 \text{ cm}^2$ , en el sentido transversal con el siguiente armado:

$$A_{sb} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ (N6)}$$

$$s = \frac{100,00 \text{ cm}}{\left(\frac{15,72 \text{ cm}^2}{2,85 \text{ cm}^2}\right)} \cong 15,00 \text{ cm}$$

N6 @ 15 cm.

Se calcula el acero para el sentido longitudinal.

Teniendo:

$$b = 240,00 \text{ cm}$$

$$t = 40,00 \text{ cm}$$

Se obtiene:

$$A_{s\text{temp}} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s\text{temp}} = 0,002 * 240,00 \text{ cm} * 40,00 \text{ cm} = 19,20 \text{ cm}^2$$

Se colocará  $A_{s\text{temp}} = 19,20 \text{ cm}^2$ , en el sentido longitudinal con el siguiente armado:

10 N5 corridos (19,80 cm<sup>2</sup>).

### 2.2.10. Resumen diseño de muro

A continuación, en los siguientes incisos se da una breve descripción del diseño del muro de contención.

#### 2.2.10.1.1. Refuerzo de cortina

En la tabla XLII, se describe el refuerzo vertical y horizontal con su respectivo espaciamiento.

Tabla XLII. Refuerzo de cortina

Refuerzo de cortina		
	Refuerzo vertical	Refuerzo horizontal
Parte más alta	1 N3 @ 20 cm	Solera 19 x 20 cm: 2 N3 corridos + eslabón N2 @ 15 cm
Parte intermedia	1 N6 @ 20 cm	Solera 39 x 20 cm: 4 N3 corridos+ estribo N2 @ 15 cm
Parte más baja	1 N6 @ 20 cm + 1 N6 + 1 N5 intercalados @ 40 cm	Solera 59 x 20 cm: 6N3corridos + estribo N2 @ 15 cm + Eslabón N2 @ 15 cm

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

#### 2.2.10.1.2. Refuerzo de la base y diente

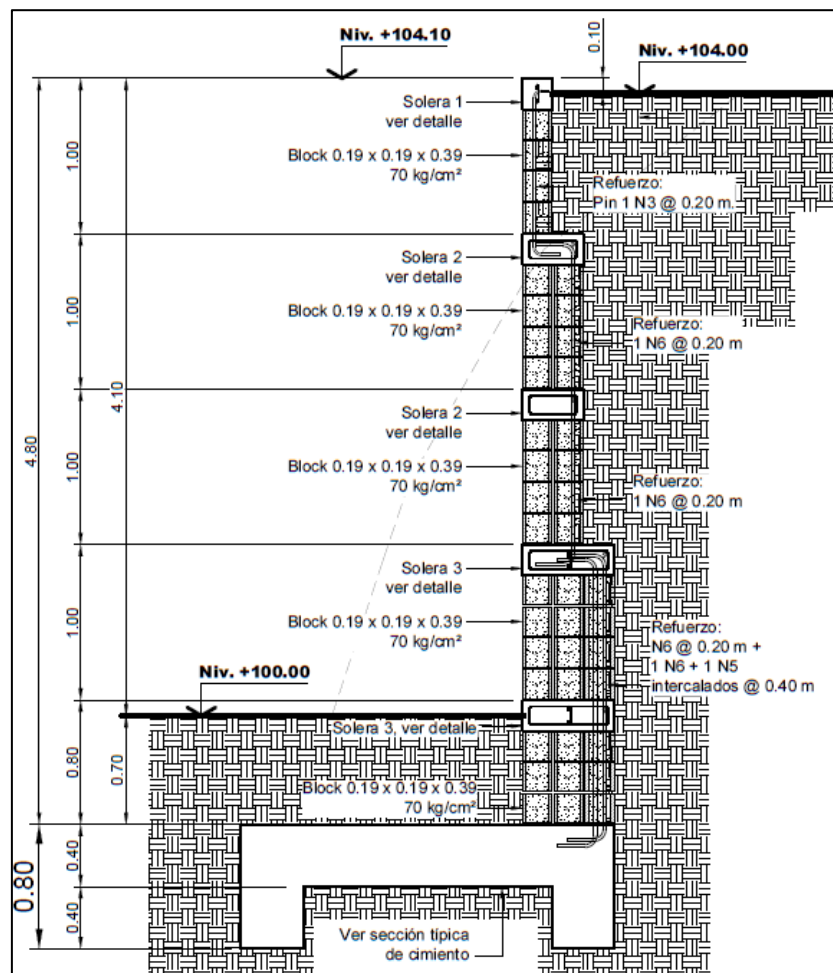
En la tabla XLIII, se describe el refuerzo longitudinal y transversal con su respectivo espaciamiento.

Tabla XLIII. Refuerzo de la base y diente

Refuerzo de la base y diente		
Elemento estructural	Refuerzo longitudinal	Refuerzo transversal
Base	10 N5	N6 @ 15 cm
Diente	3 N4	N6 @ 15 cm

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

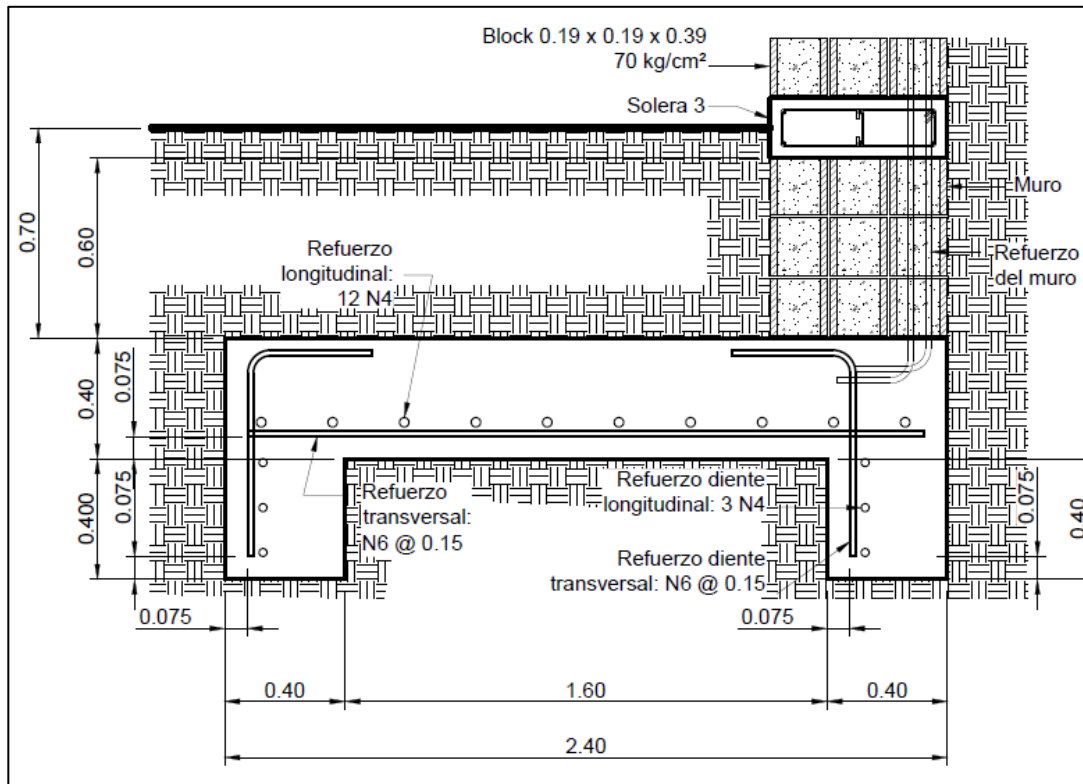
Figura 48. Diagrama refuerzo de la cortina



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.



Figura 49. Diagrama refuerzo de base



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.

### 2.2.11. Cálculo del presupuesto

Para la elaboración del presupuesto se aplicará un porcentaje de prestaciones de 89,33 %, a la mano de obra calificada y no calificada y fue realizado con base a los siguientes aspectos:

- Días no trabajados para el año 2021.
- Días festivos para el año 2021.
- Relaciones porcentuales.

Ver la integración del porcentaje de prestaciones previamente calculada en tabla XXXVII.

En el desarrollo del presupuesto se aplicará un porcentaje de gastos indirectos del 25,00 % al costo directo y fue realizado con base a los siguientes aspectos:

- Gastos administrativos.
- Imprevistos.
- Utilidades.

Ver la integración del porcentaje de gastos indirectos previamente calculada en tabla XXXVIII.

De la misma manera al presupuesto se le aplicará un porcentaje de factor ayudante 46,44 % a la mano de obra calificada y fue realizado con base a los siguientes aspectos:

- Caso 1: dos albañiles y un ayudante.
- Caso 2: un albañil y un ayudante.

Los salarios de la mano de obra calificada (albañil) y no calificada (ayudante), se obtuvieron del Acuerdo Gubernativo 242-2018. Ver la integración del porcentaje de factor ayudante en tabla XXXIX.

Adicionalmente al presupuesto del proyecto se le aplicó un porcentaje del impuesto al valor agregado IVA, del 12 % a los materiales.

A continuación, se muestra el resumen del presupuesto para la construcción del muro de contención:

Tabla XLIV. **Resumen del presupuesto del muro de contención**

Construcción muro de contención Anexo Escuela Oficial Urbana Mixta "Lázaro Axpucaca" San Bartolomé Milpas Altas Sacatepéquez						
Resumen del presupuesto por renglones de trabajo						
<b>Costo por metro lineal</b>						<b>Q 10 471,13</b>
No,	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
1	Trabajos preliminares	m	36,00	Q	13,23	Q 476,38
2	Corte de terreno	m <sup>3</sup>	221,16	Q	12,31	Q 2 722,36
3	Relleno de terreno	m <sup>3</sup>	17,98	Q	36,93	Q 663,97
4	Cimiento	m	36,00	Q	2 811,26	Q 101 205,25
5	Solera 1	m	36,00	Q	86,39	Q 3 109,98
6	Solera 2	m	72,00	Q	179,17	Q 12 900,08
7	Solera 3	m	72,00	Q	257,58	Q 18 545,62
8	Levantado de muro	m <sup>2</sup>	165,60	Q	1 424,19	Q 235 846,00
9	Drenajes	U	24,00	Q	62,12	Q 1 490,88
<b>Total del proyecto</b>						<b>Q 376 960,52</b>

\*Ver integración de precios unitarios en apéndice 4.

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

### 2.2.12. Evaluación de impacto ambiental

Para la evaluación de impacto ambiental se utilizó el formato del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales MARN DVGA-GA-002 para la evaluación ambiental inicial, donde se establecieron todas las fuentes de impacto, así como sus correspondientes medidas de control o mitigación, ver apéndice 2.

### **2.2.13. Elaboración de planos y cronograma**

Se elaboraron los siguientes planos constructivos y detalles con el programa AutoCAD 2020, ver apéndice 5:

- Planos de localización.
- Planta general.
- Detalles del muro.
- Detalles del cimiento.
- Elevaciones y armado del muro.
- Cronograma.



## CONCLUSIONES

1. El primer proyecto de priorización es un salón de acopio para emergencias, el cual pueda cumplir con la recepción, clasificación, empaque y entrega de los suministros y víveres en caso de una emergencia; debido a que actualmente no se cuenta con una infraestructura que pueda cumplir con los requisitos de espacio y comodidad para realizar las actividades correspondientes.
2. El análisis y diseño estructural se realizó según los parámetros aplicables por las normas NSE de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica AGIES edición 2018, de la República de Guatemala y las normas internacionales aplicables correspondientemente.
3. La construcción del salón de acopio para emergencias tendrá un costo de Q 814 869,76, con un valor de Q 5 658,82 por metro cuadrado, beneficiando a una población alrededor de 1 100 habitantes indirectos, en caso de una emergencia.
4. El segundo proyecto de priorización es la creación de un muro de contención en el Anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta “Lázaro Axpucá”, el cual tiene como objetivo brindar seguridad en la parte posterior de los salones de estudio de primaria, brindando un espacio abierto y seguro; en esta nueva área se plantea el proyecto del salón de acopio para emergencias, garantizando una ampliación en el espacio. Cabe mencionar que los proyectos se presentan de manera

independiente, la falta o ejecución de uno de los proyectos no afecta la funcionalidad del otro.

5. El objetivo principal de la construcción del muro es garantizar la libre locomoción de los usuarios de esta área, dando paso a nuevos proyectos, necesarios para los pobladores del municipio.
6. La construcción del muro de contención tendrá un costo de Q 376 960,52, con un valor de Q 10 471,13 por metro lineal, beneficiando a una población alrededor de 550 habitantes indirectos.
7. Ambos proyectos fueron analizados con el formato DVGA-GA-002 de la dirección de gestión ambiental y recursos naturales ventanilla ambiental de la delegación departamental para la Evaluación Ambiental Inicial, con su respectiva clasificación del listado taxativo, teniendo como resultado la factibilidad de ambos proyectos porque el grado de incidencia en la comunidad de los proyectos es casi nula debido a que las áreas aledañas en su mayoría son terrenos utilizados para la producción agrícola, se tomarán en consideración las medidas necesarias de seguridad y la debida información a los vecinos.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estrictamente de acuerdo con lo especificado en los planos constructivos, tomando en cuenta por parte de la municipalidad, la asignación de un supervisor profesional con la experiencia y conocimientos necesarios para el desarrollo correcto de las obras.
2. Velar por el cumplimiento de la calidad de los materiales y la debida mano de obra calificada, para el desarrollo correcto de los procesos constructivos, no se deberá realizar ningún cambio sin antes ser consultado con el profesional a cargo de la obra; de ser aprobados los cambios tomar en cuenta la variación en costos del proyecto, previo al inicio de la obra.
3. Informar debidamente a los pobladores de las áreas aledañas, para promover la participación y de esta manera generar empleo en el municipio y debido al traslado de herramienta, equipo y material de construcción que pueda generar problemas o inconvenientes con los vecinos, debido a lo reducido de las calles en el sector.
4. Capacitar para el caso de emergencias en el salón de acopio, ya que, cuenta con baños independientes para damas y caballeros ambos con duchas y podrá ser utilizado como albergue temporal; adicional se podrá utilizar temporalmente el área de parqueos del Centro Materno Infantil que se ubica a un costado.



5. Realizar el debido mantenimiento preventivo o en su defecto los mantenimientos correctivos, en cada uno de los proyectos para el debido funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

1. AGIES. *NSE 2. Demandas estructurales y condiciones de sitio*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018. 110 p.
2. \_\_\_\_\_. *NSE 2.1. Estudios Geotécnicos*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018. 49 p.
3. \_\_\_\_\_. *NSE 3. Diseño estructural de edificaciones*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018. 71 p.
4. \_\_\_\_\_. *NSE 5.3. Obras de retención*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018. 47 p.
5. \_\_\_\_\_. *NSE 7.1. Diseño de concreto reforzado*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018. 49 p.
6. \_\_\_\_\_. *NSE 7.9. Edificaciones de concreto reforzado*. Guatemala: Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica, 2018. 111 p.
7. \_\_\_\_\_. *Steel construction manual*. 14a ed. Virginia: American Institute of Steel Construction, 2011. 2325 p.

8. American Association of State Highway and Transportation Officials. *AASHTO T-89: Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils*. Estados Unidos: AASHTO, 2013. 12 p.
9. \_\_\_\_\_. *AASHTO T-89: Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils*. Estados Unidos: AASHTO, 2013. 6 p.
10. American Concrete Institute. *318-14: Requisitos de Reglamento para concreto estructural y comentarios*. Farmington Hills, Estados Unidos: ACI, 2015. 587 p.
11. \_\_\_\_\_. *352RS-02: Recomendaciones para el Diseño de Conexiones Viga-Columna en Estructuras Monolíticas de Concreto Reforzado*. Farmington Hills, Estados Unidos: ACI, 2010. 64 p.
12. American Institute of Steel Construction. *Specification for Structural Steel Buildings*. Estados Unidos: AISC, 2015. 2 325 p.
13. American Society for Testing and Materials. *ASTM D2850. Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils*. West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM, 2015. 7 p.
14. \_\_\_\_\_. *ASTM D6913-04. Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis*. West Conshohocken, Estados Unidos: ASTM, 2004. 33 p.

15. COTÍ DÍAZ, Iván Alejandro. *Diseño de salón de usos múltiples, área recreativa y deportes, y pavimento del acceso principal, para la Colonia El Maestro, Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1997. 122 p.
16. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mécanica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Editorial Limusa, 1999. 640 p.
17. ESCOBEDO PORRAS, Hengelt Guillermo. *Diseño de la edificación de dos niveles para centro de salud en la cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad San Rafael Cacaoatal, Municipio de Guanagazapa, Departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 244 p.
18. FHA. *Normas de planificación y construcción FHA*. Guatemala: Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas, s.f. 202 p.
19. GALINDO ESCOBAR, José Estuardo. *Guía teórica-práctica para el curso de diseño estructural 2, de la Escuela de Ingeniería Civil, FIUSAC*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2017. 151 p.
20. GONZÁLEZ LECHE, Stefania. *Diseño de un salón de usos múltiples para la Escuela Nacional Urbana Mixta doctora María Isabel Escobar del municipio de Mixco, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 174 p.

21. HERRARTE CASTEJÓN, Edgar. *Empuje de suelos y muros de retención en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1969. 93 p.
22. Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas. *Normas de planificación y construcción*. Guatemala: Superintendencia de Bancos. 217 p.
23. Instituto Nacional de Estadística. *Guatemala: Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2008-2020. (al 30 de junio)*. Guatemala: INE, 2019. 6 p.
24. JORDÁN ZABALETA, Mario Rene. *Propuesta de normas de diseño para edificios de uso público en los municipios de la república de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1991. 122 p.
25. LECHE GONZÁLEZ Stefania. *Diseño de un salón de usos múltiples para la Escuela Nacional Urbana Mixta Doctora María Isabel Escobar del municipio de Mixco, departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013. 143 p.
26. MCCORMAC, Jack; CSERNAK, Stephen. *Diseño de estructuras de acero*. 5a ed. México: Alfaomega, 2012. 737 p.
27. MORALES MUÑOZ, Carlos Enrique. *Algoritmos para el diseño de muros de contención de mampostería*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1985. 159 p.

28. Municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas Sacatepéquez. *Historia*. [en línea]. <<https://munisanbartolome.gob.gt/page-2/>>. [Consulta: enero de 2020].
29. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.
30. Norma Técnica Guatemalteca. *COGUANOR NTG 41010-h1: Análisis granulométrico por tamices de los agregados fino y grueso*. Guatemala: Ministerio de Economía, s.f. 15 p.
31. PAREDES RUÍZ, Paola Anaitée. *Guía teórica y práctica del curso de diseño estructural*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 1996. 140 p.
32. RODRÍGUEZ SOSA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 157 p.
33. RUIZ SAMAYOA, Juan Miguel. *Diseño de la edificación de dos niveles para centro de salud en la cabecera municipal y sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad San Rafael Cacaoatal, municipio de Guanagazapa, departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 73 p.
34. TERZAGHI, Karl; BECK, Ralph. *Mecánica de suelos en la práctica de la ingeniería*. 2a ed. España: EL ATENEO S.A., 1978. 750 p.

35. VÁSQUEZ PINELO, Coralia Larissa. *Rehabilitación de tramo carretero que conduce del caserío el Poshte a la aldea el Barreal y diseño de un muro de contención para el polideportivo CDAG del sector Bella Vista zona 5 del municipio de Chiquimula*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007. 129 p.

# APÉNDICES

## Apéndice 1. Evaluación de impacto ambiental del salón de acopio. MARN DVGA-GA-002



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACION DEPARTAMENTAL-

### EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

#### ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN,  
CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato <b>debe</b> proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario <b>ventanilla única no lo aceptará.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB, o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:unico@marn.gob.gt">unico@marn.gob.gt</a></li> <li>Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p><b>SECCIÓN "F"</b> <b>DIVISIÓN 41</b> <b>GRUPO 4100N</b> <b>CLASE C</b> <b>DESCRIPCIÓN 574</b></p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<b>I. INFORMACION LEGAL</b>	
<p><b>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</b></p> <p>Diseño de salón de acopio</p> <p><b>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</b></p> <p>El proyecto consiste en la edificación de un salón de acopio para emergencias en el cual se pueda recibir, almacenar, empacar y entregar productos de diversas especies, con el fin de suministrarlos a personas víctimas que hayan sido víctimas de desastres.</p>	
<p><b>I.2. Información legal:</b></p> <p><b>A) Persona Individual:</b></p> <p><b>A.1. Representante Legal:</b> PEM Rubén Ernesto Axpuc Velásquez</p> <p><b>A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):</b> 16 18 75 86 60 307</p> <hr/> <p><b>B) De la empresa:</b></p> <p>Razón social: Municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez</p> <p>Nombre Comercial: _____</p> <p>No. De Escritura Constitutiva: _____</p> <p>Fecha de constitución: _____</p> <p>Patente de Sociedad      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____</p> <p>Patente de Comercio      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____</p> <p><b>C) De la Propiedad:</b></p> <p>No. De Finca: 307 inscripción 12      Folio No.: 369      Libro No.: 20 de Antiguo y      No. De Finca: 4149 inscripción 4      Folio No: 172      Libro No.: 270 de Sacatepéquez de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez, donde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p><b>D) De la Empresa y/o persona individual:</b></p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): 624844-6</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:    



Continuación del apéndice 1.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**  
**VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN	
<p><b>I.3 Teléfono</b> 7830-1076      <b>Correo electrónico:</b> <a href="mailto:alcadia@munisanbartolome.gob.gt">alcadia@munisanbartolome.gob.gt</a></p>		
<p><b>I.4 Dirección de donde se ubica la actividad:</b> (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p>0 avenida 6-52 zona 1, Municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez</p> <p><b>Especificar Coordenadas Geográficas</b></p> <p style="text-align: center;"><b>15P 749866.83m    E 1615785.04m N</b></p>		
<p><b>I.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal)</b> (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)</p> <p>4ª Calle 2-02 zona 1, Municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez</p>		
<p><b>I.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo</b></p> <p style="text-align: center;">Héctor Mariano Soto Delgado DPI: 2260513310101 Tel.: 57726701 correo electrónico: <a href="mailto:hectorsotoidhs@gmail.com">hectorsotoidhs@gmail.com</a></p>		
II. INFORMACION GENERAL		
<p>Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:</p>		
<p><b>II.1 Etapa de Construcción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades a realizar                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trabajos preliminares</li> <li>○ Corte de terreno</li> <li>○ Relleno de terreno</li> <li>○ Cimientos</li> <li>○ Columnas y vigas</li> <li>○ Levantado de muro</li> <li>○ Instalación de estructura metálica</li> <li>○ Drenajes</li> </ul> </li> <li>• Insumos necesarios                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Agua 1000 lts/día</li> </ul> </li> <li>• Maquinaria                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Camión para traslados</li> <li>○ Herramientas</li> </ul> </li> <li>• Otros de relevancia: No aplica</li> </ul>	<p><b>Operación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades o procesos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suministro de herramientas</li> </ul> </li> <li>• Materia prima e insumos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suministro de materiales</li> </ul> </li> <li>• Maquinaria                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suministro de extensiones eléctricas, entre otros.</li> </ul> </li> <li>• Productos y Subproductos (bienes y servicios)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Servicio de agua</li> </ul> </li> <li>• Horario de Trabajo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 7:00 a 16:00</li> </ul> </li> <li>• Otros de relevancia: No aplica</li> </ul>	<p><b>Abandono</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una evaluación del funcionamiento del proyecto y el estado de la obra, en caso contrario el proyecto ser remplazado por un nuevo proyecto.</li> </ul>
<p><b>II.3 Área</b></p> <p>a) Área total de terreno en metros cuadrados: 24,410.78m<sup>2</sup></p> <p>b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 200.00m<sup>2</sup></p> <p>Área total de construcción en metros cuadrados: 180.00m<sup>2</sup></p>		

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 1.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN																					
<p><b>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</b></p> <p>NORTE: Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"      SUR: Calle de ingreso peatonal                      ESTE: Centro público de Salud materno infantil      OESTE: Vivienda</p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th>DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"</td> <td>Norte</td> <td>2.00 metros</td> </tr> <tr> <td>Calle de ingreso peatonal</td> <td>Sur</td> <td>15.00 metros</td> </tr> <tr> <td>Centro de Salud Materno Infantil</td> <td>Este</td> <td>10.00 metros</td> </tr> <tr> <td>Vivienda</td> <td>Oeste</td> <td>5.00 metros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"	Norte	2.00 metros	Calle de ingreso peatonal	Sur	15.00 metros	Centro de Salud Materno Infantil	Este	10.00 metros	Vivienda	Oeste	5.00 metros						
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																					
Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"	Norte	2.00 metros																					
Calle de ingreso peatonal	Sur	15.00 metros																					
Centro de Salud Materno Infantil	Este	10.00 metros																					
Vivienda	Oeste	5.00 metros																					
<p><b>II.5 Dirección del viento:</b></p> <p>Suroeste</p>																							
<p><b>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b></p> <p>a) inundación ( )      b) explosión ( )      c) deslizamientos ( )                      d) derrame de combustible ( )      e) fuga de combustible ( )      d) Incendio ( )      e) Otro ( x )</p> <p>Detalle la información</p> <p>La ubicación donde se desarrollará dicho proyecto no existe alguna actividad que ponga en riesgo dicho proyecto a ejecutar.</p>																							
<p><b>II.7 Datos laborales</b></p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna ( x )    Nocturna ( )    Mixta ( )      Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada: 22      Total empleados: 22</p>																							
<p><b>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b></p>																							

Continuación del apéndice 1.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES				PARA USO INTERNO DEL MARN			
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...							
	Tipo	Si/No	Cantidad/(metros día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	1000 lts/día	Municipalidad	Para la preparación de mezclas y limpieza	El agua no será para consumo humano, solo para construcción	Por tipo de proyecto se utilizarán toneles
	Pozo	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Agua especial	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Superficial	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Combustible	Otro	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Gasolina	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Diesel	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Bunker	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Glp	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Otro	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Lubricantes	Solubles	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	No solubles	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Refrigerantes		No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Otros							
NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia							
III. IMPACTO AL AIRE							
GASES Y PARTICULAS							
III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan? Partículas de polvo al momento de zarjeo y excavación para la elaboración de cimientos.							
MITIGACION							
III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?							

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 1.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

Avances rápidos en la obra así como protección visual (lentes) y respiratoria (mascarillas) para los trabajadores, de esta manera el impacto será leve y por ende no les afectará.

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>	
<p>III.3 Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Ruidos y vibraciones leves por parte del equipo de excavación y compactación manual.</p> <p>III.4 En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p> <p>Durante la fase de construcción al momento de dezanjeo, relleno y compactación.</p> <p>III.5 ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p> <p>Avances rápidos en la obra así como protección visual (lentes) y respiratoria (mascarillas) para los trabajadores, de esta manera el impacto será leve y por ende no les afectará.</p>	
<b>OLORES</b>	
<p>III.6 Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p>Ninguno, debido al tipo de proyecto.</p> <p>III.7 Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p>Ninguno, debido al tipo de proyecto.</p>	
<b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b>	
<b>AGUAS RESIDUALES</b>	
<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	
<p>IV.1 Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado</p> <p>No aplica</p> <p>IV.2 Indicar el número de servicios sanitarios</p> <p>No aplica</p>	

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
---------------	---------------------------



Continuación del apéndice 1.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**  
**VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

<p><b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b></p> <p><b>IV.3</b> Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento b) Capacidad c) Operación y mantenimiento d) Caudal a tratar e) <b>Etc. Ninguno por el tipo de proyecto.</b></p>
<p><b>DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES</b></p> <p><b>IV.4</b> Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior</p> <p>No aplica</p>
<p><b>AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)</b></p> <p><b>IV.5</b> Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)</p> <p>Por infiltración, debido al tipo de proyecto.</p>
<p><b>V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico o lítico)</b></p>
<p><b>DESECHOS SÓLIDOS</b></p> <p><b>VOLUMEN DE DESECHOS</b></p> <p><b>V.1</b> Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:</p> <p><input type="checkbox"/> a) Similar al de una residencia 11 libras/día</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> b) Generación entre 11 a 222 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día</p> <p><input type="checkbox"/> d) Generación mayor a 1000 libras por día</p> <p><b>V.2</b> Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):</p> <p>Basura común y rípio</p> <p><b>V.3.</b> Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?</p> <p>No aplica</p> <p><b>V.4</b> Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado</p> <p>Ninguno, solo se traslada al basurero municipal y a un botadero autorizado</p> <p><b>V.5</b> Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado</p> <p>Camión de recolección de basura y camión de traslado de rípio.</p> <p><b>V.6</b> Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?</p> <p>No aplica.</p> <p><b>V.7</b> Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)</p> <p>Basurero municipal y botadero autorizado.</p>

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 1.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</b>	
<b>CONSUMO</b>	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): 5 Kw hora/mes	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público La forma de suministro de energía eléctrica será por suministro público. _____	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia _____	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/> _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?  No aplica	
<b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques _____	
- Animales _____	
- Otros Ninguno. _____	
Especificar información: El área donde se ubicará la obra es un terreno libre de árboles y esta totalmente libre.	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? Ninguno. _____	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI ( ) NO (X) Por qué?	
<b>VIII. TRANSPORTE</b>	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:	
a) Número de vehículos: 3 _____	
b) Tipo de vehículo: Camión y pick up _____	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: Área de construcción _____	
d) Horario de circulación vehicular 7:00 a 16:00 _____	
e) Vías alternas Si, debido a que la ubicación de la obra tiene varios accesos. _____	
<b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>	
<b>ASPECTOS CULTURALES</b>	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna(s) etnia(s) predominante, cuál? Ladinos y mestizos.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gob.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 1.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>RECURSOS ARQUEOLÓGICOS Y CULTURALES</b>                      IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada                      No afecta debido a que no hay sitios arqueológicos o antiguos que se modifiquen antes, durante o después de la construcción, al igual que los recursos naturales del área.</p>	
<p><b>ASPECTOS SOCIAL</b>                      IX.3. En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO ( X )</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias?                      No aplica</p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario?                      Ninguna, debido a que la obra beneficiará al municipio y no afectará al medio ambiente.</p>	
<p><b>PAISAJE</b>                      IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué?</p> <p>No, debido a que no se talará ningún árbol y la edificación se ubicará detrás del Anexo a la Escuela "Lázaro Apxuaca"</p>	
<p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p>	
<p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>	
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información:                      Ninguna que afecte a la salud de la población, ya que es la construcción del salón de acopio.</p>	

Continuación del apéndice 1.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

**Equipo de protección personal**

X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI (X) NO ( )

X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona:

El equipo de protección personal, será: protección ocular (lentes), protección auditiva (tapones para oídos), cascos, botas, chalecos y guantes.

X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores?  
La medida de mitigación a utilizar será el constante mantenimiento del proyecto y limpieza constante en toda el área de trabajo.

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)

Síguenos en:



Fuente: elaboración propia, empleando el formulario del MARN.



Apéndice 2. Evaluación de impacto ambiental del muro de contención.

MARN DVGA-GA-002



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

EVALUACION AMBIENTAL INICIAL

ACTIVIDADES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL

(ACUERDO GUBERNATIVO 137-2016, REGLAMENTO DE EVALUACIÓN, CONTROL Y SEGUIMIENTO AMBIENTAL Y SU REFORMA)

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p>El formato <b>debe</b> proporcionar toda la información solicitada en los apartados, de lo contrario <b>ventanilla única no lo aceptará</b>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Completar el siguiente formato de Evaluación Ambiental Inicial, colocando una X en las casillas donde corresponda y <b>debe</b> ampliar con información escrita en cada uno de los espacios del documento, en donde se requiera.</li> <li>• Si necesita más espacio para completar la información, puede utilizar hojas adicionales e indicar el inciso o sub-inciso a que corresponde la información.</li> <li>• La información <b>debe</b> ser completada, utilizando letra de <b>molde legible</b> o a máquina de escribir.</li> <li>• Este formato también puede completarlo de forma digital, el MARN puede proporcionar copia electrónica si se le facilita el disquete, CD, USB; o bien puede solicitarlo a la siguiente dirección: <a href="mailto:vunica@marn.gob.gt">vunica@marn.gob.gt</a></li> <li>• Todos los espacios deben ser completados, incluso el de aquellas interrogantes en que no sean aplicables a su actividad (explicar la razón o las razones por lo que usted lo considera de esa manera).</li> <li>• Por ningún motivo, puede modificarse el formato y/o agregarle los datos del proponente o logo(s) que no sean del MARN.</li> </ul>	<p>No. Expediente:</p> <p>Clasificación del Listado Taxativo</p> <p><b>SECCIÓN "F"</b> <b>DIVISIÓN 41</b> <b>GRUPO 4100N</b> <b>CLASE B2</b> <b>DESCRIPCIÓN 569</b></p> <p>Firma y Sello de Recibido</p>
<b>I. INFORMACION LEGAL</b>	
<p><b>I.1. Nombre del proyecto, obra, industria o actividad (OBLIGATORIAMENTE que tenga relación con la actividad a realizar):</b></p> <p>Diseño de salón de acopio</p>	
<p><b>1.1.2 Descripción del proyecto, obra o actividad para lo que se solicita aprobación de este instrumento.</b></p> <p>El proyecto consiste en la elaboración del diseño de un muro de contención de mampostería en voladizo con bloques huecos de concreto clase C con resistencia a compresión sobre área neta de 66 kg/cm<sup>2</sup> de dimensiones 19 x 19 x 39 centímetros, cumpliendo con la norma AGIES NSE-7.3-2018 y la norma COGUANOR NTG 41054, para proveer seguridad a los usuarios y ampliar el área para los usuarios.</p>	
<p><b>I.2. Información legal:</b></p> <p><b>A) Persona Individual:</b></p> <p><b>A.1. Representante Legal:</b> PEM Rubén Ernesto Axpuc Velásquez</p> <p><b>A.2. No. de CUI del Documento Personal de Identificación (DPI):</b> 16 18 75 86 60 307</p> <p><b>B) De la empresa:</b></p> <p>Razón social: Municipalidad de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez</p> <p>Nombre Comercial: _____</p> <p>No. De Escritura Constitutiva: _____</p> <p>Fecha de constitución: _____</p> <p>Patente de Sociedad      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____</p> <p>Patente de Comercio      Registro No. _____      Folio No. _____      Libro No. _____</p> <p><b>C) De la Propiedad:</b></p> <p>No. De Finca: 307 inscripción 12      Folio No: 369      Libro No.: 20 de Antiguo y      No. De Finca: 4149 inscripción 4      Folio No: 172      Libro No.: 270 de Sacatepéquez de San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez, dónde se ubica el proyecto, obra, industria o actividad.</p> <p><b>D) De la Empresa y/o persona individual:</b></p> <p>Número de Identificación Tributaria (NIT): 624844-6</p>	

Continuación del apéndice 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN
1.3 Teléfono 7830-1076 Correo electrónico: <a href="mailto:alcadia@munisanbartolome.gob.gt">alcadia@munisanbartolome.gob.gt</a>		
1.4 Dirección de donde se ubica la actividad: (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)		
0 avenida 6-52 zona 1, Municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez		
Especificar Coordenadas Geográficas		
<b>15P 749809.26m E 1615760.00m N</b>		
1.5 Dirección para recibir notificaciones (dirección fiscal) (identificando calles, avenidas, número de casa, zona, aldea, cantón, barrio o similar, así como otras delimitaciones territoriales; <b>OBLIGATORIAMENTE</b> indicar el municipio y departamento)		
4ª. Calle 2-02 zona 1, Municipio de San Bartolomé Milpas Altas, Departamento de Sacatepéquez		
1.6 Si para consignar la información en este formato, fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre, profesión, número de teléfono y correo electrónico del mismo		
Héctor Mariano Soto Delgado DPI: 2260513310101 Tel.: 57726701 correo electrónico: <a href="mailto:hecbrsotoidhs@gmail.com">hecbrsotoidhs@gmail.com</a>		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las actividades que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad según etapas siguientes:		
II.1 Etapa de Construcción	Operación	Abandono
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades a realizar                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trabajos preliminares</li> <li>○ Corte de terreno</li> <li>○ Relleno de terreno</li> <li>○ Cimientos</li> <li>○ Columnas y vigas</li> <li>○ Levantado de muro</li> <li>○ Instalación de estructura metálica</li> <li>○ Drenajes</li> </ul> </li> <li>• Insumos necesarios                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Agua 1000 lts/día</li> </ul> </li> <li>• Maquinaria                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Camión para traslados</li> <li>○ Herramientas</li> </ul> </li> <li>• Otros de relevancia: No aplica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actividades o procesos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suministro de herramientas</li> </ul> </li> <li>• Materia prima e insumos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suministro de materiales</li> </ul> </li> <li>• Maquinaria                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Suministro de extensiones eléctricas, entre otros.</li> </ul> </li> <li>• Productos y Subproductos (bienes y servicios)                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Servicio de agua</li> </ul> </li> <li>• Horario de Trabajo                             <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 7:00 a 16:00</li> </ul> </li> <li>• Otros de relevancia: No aplica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar una evaluación del funcionamiento del proyecto y el estado de la obra, en caso contrario el proyecto ser remplazado por un nuevo proyecto.</li> </ul>
II.3 Área		
a) Área total de terreno en metros cuadrados: 24,410.78m <sup>2</sup>		
b) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 96.00 m <sup>2</sup>		
Área total de construcción en metros cuadrados: 128.00 m <sup>2</sup>		

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

[www.marn.gob.gt](http://www.marn.gob.gt)

Síguenos en:



Continuación del apéndice 2.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES		PARA USO INTERNO DEL MARN																					
<p><b>II.4 Actividades colindantes al proyecto:</b></p> <p><b>NORTE:</b> Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"      <b>SUR:</b> Calle de ingreso peatonal  <b>ESTE:</b> Centro público de Salud materno infantil      <b>OESTE:</b> Vivienda</p> <p>Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, etc.):</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)</th> <th>DISTANCIA AL PROYECTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"</td> <td>Norte</td> <td>2.00 metros</td> </tr> <tr> <td>Calle de ingreso peatonal</td> <td>Sur</td> <td>15.00 metros</td> </tr> <tr> <td>Centro de Salud Materno Infantil</td> <td>Este</td> <td>10.00 metros</td> </tr> <tr> <td>Vivienda</td> <td>Oeste</td> <td>5.00 metros</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO	Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"	Norte	2.00 metros	Calle de ingreso peatonal	Sur	15.00 metros	Centro de Salud Materno Infantil	Este	10.00 metros	Vivienda	Oeste	5.00 metros						
DESCRIPCION	DIRECCION (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)	DISTANCIA AL PROYECTO																					
Anexo Escuela "Lázaro Axpucá"	Norte	2.00 metros																					
Calle de ingreso peatonal	Sur	15.00 metros																					
Centro de Salud Materno Infantil	Este	10.00 metros																					
Vivienda	Oeste	5.00 metros																					
<p><b>II.5 Dirección del viento:</b></p> <p>Suroeste</p>																							
<p><b>II.6 En el área donde se ubica la actividad, a qué tipo de riesgo ha estado o está expuesto?</b></p> <p>a) inundación ( )      b) explosión ( )      c) deslizamientos ( )  d) derrame de combustible ( )      e) fuga de combustible ( )      d) Incendio ( )      e) Otro ( x )</p> <p>Detalle la información</p> <p>La ubicación donde se desarrollará dicho proyecto no existe alguna actividad que ponga en riesgo dicho proyecto a ejecutar.</p>																							
<p><b>II.7 Datos laborales</b></p> <p>a) Jornada de trabajo: Diurna ( x )    Nocturna ( )    Mixta ( )    Horas Extras _____</p> <p>b) Número de empleados por jornada: 22      Total empleados: 22</p>																							
<p><b>II.8 USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTRO...</b></p>																							

Continuación del apéndice 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES PARA USO INTERNO DEL MARN

CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES, REFRIGERANTES, OTROS...

	Tipo	Si/ No	Cantidad/(mes día y hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	1000 lts/día	Municipalidad	Para la preparación de mezclas y limpieza	El agua no será para consumo humano, solo para construcción	Por tipo de proyecto se utilizarán toneles
	Pozo	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Agua especial	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Superficial	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Combustible	Otro	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Gasolina	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Diesel	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Bunker	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Glp	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Lubricantes	Otro	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
	Solubles	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Refrigerantes	No solubles	No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
		No	No se utilizará	No se utilizará	No se utilizará	Ninguna	Ninguna
Otros							

NOTA: si se cuenta con licencia extendida por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, para comercialización o almacenaje de combustible. Adjuntar copia

III. IMPACTO AL AIRE

GASES Y PARTICULAS

III.1 Las acciones u operaciones de la Actividad, producen gases o partículas (Ejemplo: polvo, vapores, humo, niebla, material particulado, etc.) que se dispersan en el aire? Ampliar la información e indicar la fuente de donde se generan?  
Partículas de polvo al momento de zanjeo y excavación para la elaboración de cimientos.

MITIGACION

III.2 ¿Qué se está haciendo o qué se hará para evitar que los gases o partículas impacten el aire, el vecindario o a los trabajadores?  
Avances rápidos en la obra así como protección visual (lentes) y respiratoria (mascarillas) para los trabajadores, de esta manera el impacto será leve y por ende no les afectará.

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.marn.gov.gt

Síguenos en:



Continuación del apéndice 2.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**  
**VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>RUIDO Y VIBRACIONES</b>	
<p><b>III.3</b> Las operaciones de la empresa producen sonidos fuertes (ruido), o vibraciones?</p> <p>Ruidos y vibraciones leves por parte del equipo de excavación y compactación manual.</p> <p><b>III.4</b> En donde se genera el sonido y/o las vibraciones (maquinaria, equipo, instrumentos musicales, vehículos, etc.)</p> <p>Durante la fase de construcción al momento de zanjeo, relleno y compactación.</p> <p><b>III.5</b> ¿Qué se está haciendo o que acciones se tomarán para evitar que el ruido o las vibraciones afecten al vecindario y a los trabajadores?</p> <p>Avances rápidos en la obra así como protección visual (lentes) y respiratoria (mascarillas) para los trabajadores, de esta manera el impacto será leve y por ende no les afectará.</p>	
<b>OLORES</b>	
<p><b>III.6</b> Si como resultado de sus actividades se emiten olores (ejemplo: cocción de alimentos, aromáticos, solventes, etc.), explicar con detalles la fuente de generación y el tipo o características del o los olores:</p> <p>Ninguno, debido al tipo de proyecto.</p> <p><b>III.7</b> Explicar que se está haciendo o se hará para evitar que los olores se dispersen en el ambiente?</p> <p>Ninguno, debido al tipo de proyecto.</p>	
<b>IV. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD EN EL AGUA</b>	
<b>AGUAS RESIDUALES</b>	
<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES</b>	
<p><b>IV.1</b> Con base en el Acuerdo Gubernativo 236-2006, Reglamento de las Descargas y Re-uso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, ¿qué tipo de aguas residuales (aguas negras) se generan?</p> <p>a) <u>Ordinarias</u> (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p> <p>b) <u>Especiales</u> (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)</p> <p>c) <u>Mezcla</u> de las anteriores</p> <p>d) Otro;</p> <p>Cualquiera que fuera el caso, explicar la información, indicando el caudal (cantidad) de aguas residuales generado</p> <p>No aplica</p> <p><b>IV.2</b> Indicar el número de servicios sanitarios</p> <p>No aplica</p>	

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>	
<p><b>IV.3</b> Describir que tipo de tratamiento se da o se propone dar a las aguas residuales generadas por la actividad. (usar hojas adicionales)</p> <p>a) sistema de tratamiento</p> <p>b) Capacidad</p> <p>c) Operación y mantenimiento</p> <p>d) Caudal a tratar</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500



Continuación del apéndice 2.



FORMATO DVGA-GA-002

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

e) Etc. Ninguno por el tipo de proyecto.

---

**DESCARGA FINAL DE AGUAS RESIDUALES**

IV. 4 Indique el punto de descarga de las aguas residuales, por ejemplo en pozo de absorción, colector municipal, río, lago, mar u otro e indicar si se le efectuó tratamiento de acuerdo con el numeral anterior

No aplica

---

**AGUA DE LLUVIA (AGUAS PLUVIALES)**

IV.5 Explicar la forma de captación de agua de lluvia y el punto de descarga de la misma (zanjones, ríos, pozos de absorción, alcantarillado, etc.)

Por infiltración, debido al tipo de proyecto.

---

**V. EFECTOS DE LA ACTIVIDAD SOBRE EL SUELO (Sistema edáfico y lítico)**

---

**DESECHOS SÓLIDOS**

**VOLUMEN DE DESECHOS**

V.1 Especifique el volumen de desechos o desperdicios genera la actividad desarrollada:

a) Similar al de una residencia 11 libras/día

b) Generación entre 11 a 222 libras/día

c) Generación entre 222 libras y 1000 libras/día

d) Generación mayor a 1000 libras por día

V.2 Además de establecer la cantidad generada de desechos sólidos, se deben caracterizar e indicar el tipo de desecho (basura común, desechos de tipo industrial o de proceso, desechos hospitalarios, orgánicos, etc.):

Basura común y ripio

V.3. Partiendo de la base que todos los Desechos Peligrosos, son todos aquellos que posean una o más de las características siguientes: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables, biológico infecciosos, se genera en su actividad algún tipo de desecho con estas características y en qué cantidad?

No aplica

V.4 Se efectúa algún tipo de tratamiento de los desechos (comunes o peligrosos), Explicar el método y/o equipo utilizado

Ninguno, solo se traslada al basurero municipal y a un botadero autorizado

V.5 Si los desechos se trasladan a otro lugar, para tratamiento o disposición final, indicar el tipo de transporte utilizado

Camión de recolección de basura y camión de traslado de ripio.

V.6 Contempla la empresa algún mecanismo o actividad para disminuir la cantidad o el tipo de desechos generados, o bien evitar que éstos sean dispuestos en un botadero?

No aplica.

V.7 Indicar el sitio de disposición final de los desechos generados (comunes y peligrosos)

Basurero municipal y botadero autorizado.



Continuación del apéndice 2.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

**DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES**  
**VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-**

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<b>VI. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA</b>	
<b>CONSUMO</b>	
VI.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): 5 Kw hora/mes	
VI.2 Forma de suministro de energía	
a) Sistema público La forma de suministro de energía eléctrica será por suministro público. _____	
b) Sistema privado _____	
c) generación propia _____	
VI.3 Dentro de los sistemas eléctricos de la empresa se utilizan transformadores, condensadores, capacitores o inyectores eléctricos? SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/> _____	
VI.4 Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?  No aplica	
<b>VII. POSIBILIDAD DE AFECTAR LA BIODIVERSIDAD (ANIMALES, PLANTAS, BOSQUES, ETC.)</b>	
VII.1 En el sitio donde se ubica la empresa o actividad, existen:	
- Bosques _____	
- Animales _____	
- Otros Ninguno.	
Especificar información: El área donde se ubicará la obra es un terreno libre de árboles y esta totalmente libre.	
VII.2 La operación de la empresa requiere efectuar corte de árboles? Ninguno.	
VII.3 Las actividades de la empresa, pueden afectar la biodiversidad del área? SI ( ) NO (X) Por qué?	
<b>VIII. TRANSPORTE</b>	
VIII.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de los vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:	
a) Número de vehículos: 3 _____	
b) Tipo de vehículo: Camión y pick up _____	
c) sitio para estacionamiento y área que ocupa: Área de construcción _____	
d) Horario de circulación vehicular 7:00 a 16:00 _____	
e) Vías alternas Si, debido a que la ubicación de la obra tiene varios accesos. _____	
<b>IX. EFECTOS SOCIALES, CULTURALES Y PAISAJÍSTICOS</b>	
<b>ASPECTOS CULTURALES</b>	
IX.1 En el área donde funciona la actividad, existe alguna(s) etnia(s) predominante, cuál? Ladinos y mestizos.	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

Continuación del apéndice 2.



FORMATO	DVGA-GA-002
---------	-------------

DIRECCIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL Y RECURSOS NATURALES  
VENTANILLA AMBIENTAL -DELEGACIÓN DEPARTAMENTAL-

INSTRUCCIONES	PARA USO INTERNO DEL MARN
<p><b>RECURSOS ARQUEOLOGICOS Y CULTURALES</b></p> <p>IX.2 Con respecto de la actividad y los recursos culturales, naturales y arqueológicos, Indicar lo siguiente:</p> <p>a) <input checked="" type="checkbox"/> La actividad no afecta a ningún recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>b) <input type="checkbox"/> La actividad se encuentra adyacente a un sitio cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>c) <input type="checkbox"/> La actividad afecta significativamente un recurso cultural, natural o arqueológico _____</p> <p>Ampliar información de la respuesta seleccionada No afecta debido a que no hay sitios arqueológicos o antiguos que se modifiquen antes, durante o después de la construcción, al igual que los recursos naturales del área.</p>	
<p><b>ASPECTOS SOCIAL</b></p> <p>IX.3 En algún momento se han percibido molestias con respecto a las operaciones de la empresa, por parte del vecindario? SI ( ) NO ( X )</p> <p>IX.4 Qué tipo de molestias? <span style="margin-left: 100px;">No aplica</span></p> <p>IX.5 Qué se ha hecho o se propone realizar para no afectar al vecindario? <span style="margin-left: 20px;">Ninguna, debido a que la obra beneficiará al municipio y no afectará al medio ambiente.</span></p>	
<p><b>PAISAJE</b></p> <p>IX.6 Cree usted que la actividad afecta de alguna manera el paisaje? Explicar por qué?  No, debido a que no se talará ningún árbol y la edificación se ubicará detrás del Anexo a la Escuela "Lázaro Apxuaca"</p>	
<p><b>X. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD</b></p> <p>X.1 Efectos en la salud humana de la población circunvecina:</p> <p>a) <input type="checkbox"/> la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio</p> <p>b) <input type="checkbox"/> la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores</p> <p>c) <input type="checkbox"/> la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores</p> <p>Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:</p>	
<p>X.3 riesgos ocupacionales:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Existe alguna actividad que representa riesgo para la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores</p> <p><input type="checkbox"/> No existen riesgos para los trabajadores</p> <p>Ampliar información: Ninguna que afecte a la salud de la población, ya que es la construcción del salón de acopio.</p>	
<p><b>Equipo de protección personal</b></p> <p>X.4 Se provee de algún equipo de protección para los trabajadores? SI ( X ) NO ( )</p> <p>X.5 Detallar que clase de equipo de protección se proporciona: El equipo de protección personal, será: protección ocular (lentes), protección auditiva (tapones para oídos), cascos, botas, chalecos y guantes.</p> <p>X.6 ¿Qué medidas ha realizado ó que medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población y/o trabajadores? La medida de mitigación a utilizar será el constante mantenimiento del proyecto y limpieza constante en toda el área de trabajo.</p>	

7 Avenida 03-67 zona 13 - PBX: 2423-0500

www.mam.gob.gt

Síguenos en:    

Fuente: elaboración propia, empleando el formulario del MARN.



Apéndice 3. Integración de precios unitarios del salón de acopio

Construcción muro de contención						
Anexo Escuela Oficial Urbana Mixta "Lázaro Apxuaca"						
San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez						
Presupuesto por renglones de trabajo						
1. Trabajos preliminares				P. Unitario	Q	13,23
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
1,1	Corte y chapeo de capa vegetal	m <sup>2</sup>	108,00	Q	3,00	Q 324,00
1,2	Limpieza del área	m <sup>2</sup>	108,00	Q	2,00	Q 216,00
1,3	Trazo y estaqueado	m	36,00	Q	5,00	Q 180,00
1,4	Acarreo de material sobrante	m <sup>3</sup>	10,80	Q	5,00	Q 54,00
Precio de mano obra						Q 387,00
Mano de obra calificada						
Mano de obra no calificada		46,44	%			Q 179,72
Total mano de obra						Q 179,72
Prestaciones		89,33	%			Q 160,55
Directos						Q 340,27
Indirectos		25,00	%			Q 85,07
Total de renglón sin IVA						Q 425,34
Total de renglón con IVA		12,00	%			Q 476,38
2. Corte de terreno				P. Unitario	Q	18,46
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
2,1	Excavación y corte de terreno	m <sup>3</sup>	221,16	Q	25,00	Q 5 529,00
2,2	Acarreo de material sobrante	m <sup>3</sup>	221,16	Q	5,00	Q 1 105,80

Continuación del apéndice 3.

Precio de mano obra				Q	3 317,40				
Mano de obra calificada									
Mano de obra no calificada				46,44	%	Q	1 540,60		
Total mano de obra						Q	1 540,60		
Prestaciones				89,33	%	Q	1 376,22		
Directos						Q	2 916,82		
Indirectos				25,00	%	Q	729,20		
Total de renglón sin IVA						Q	3 646,02		
Total de renglón con IVA				12,00	%	Q	4 083,55		
<b>3. Relleno de terreno</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q</b>	<b>36,93</b>			
Mano de obra									
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total			
3,1	Relleno del terreno	m <sup>3</sup>	17,98	Q	25,00	Q	449,50		
3,2	Acarreo de material	m <sup>3</sup>	17,98	Q	5,00	Q	89,90		
Precio de mano obra								Q	539,40
Mano de obra calificada									
Mano de obra no calificada				46,44	%	Q	250,50		
Total mano de obra						Q	250,50		
Prestaciones				89,33	%	Q	223,77		
Directos						Q	474,27		
Indirectos				25,00	%	Q	118,57		
Total de renglón sin IVA						Q	592,83		
Total de renglón con IVA				12,00	%	Q	663,97		

Continuación del apéndice 3.

4. Cimiento				P. Unitario	Q 2 354,07
Materiales para un tramo de 2.80 m					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
4,1	Cemento	Saco	29,00	Q 76,33	Q 2 213,57
4,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	2,00	Q 117,51	Q 235,02
4,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	3,00	Q 207,54	Q 622,62
4,4	Varilla N4 x 6.00 m, grado 40	qq	1,00	Q 310,00	Q 310,00
4,5	Varilla N5 x 6.00 m, grado 40	qq	3,00	Q 310,00	Q 930,00
4,6	Alambre de amarre	Lb	8,00	Q 4,30	Q 34,40
4,7	Clavo 3"	Lb	8,00	Q 4,75	Q 38,00
				Total con IVA	Q 4 383,61
				Total sin IVA	Q 3 913,94
Mano de obra					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
4,8	Excavación y corte de terreno	m <sup>3</sup>	7,81	Q 15,00	Q 117,18
4,9	Armado de refuerzo de cemento	m	132,00	Q 1,14	Q 150,48
4,10	Fundición de concreto de cemento	m <sup>3</sup>	3,05	Q 100,00	Q 305,25
4,11	Relleno a mano por capas	m <sup>2</sup>	0,00	Q 25,00	Q -
				Total	Q 572,91
	Precio de mano obra				Q 286,46
	Mano de obra calificada				Q 286,46
	Mano de obra no calificada	46,44	%		Q 133,03
	Total mano de obra				Q 419,48
	Prestaciones	89,33	%		Q 374,73
	Directos				Q 4 708,15
	Indirectos	25,00	%		Q 1 177,04
	Total de renglón sin IVA				Q 5 885,18
	Total de renglón con IVA	12,00	%		Q 6 591,41

Continuación del apéndice 3.

5. Solera 1				P. Unitario	Q	86,39
Materiales para un tramo de 1.00 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
5,1	Cemento	Saco	0,36	Q	76,33	Q 27,48
5,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,03	Q	117,51	Q 3,53
5,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,04	Q	207,54	Q 8,30
5,4	Varilla N2 x 6.00 m, grado 40	qq	0,01	Q	310,00	Q 3,44
5,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,03	Q	310,00	Q 7,95
5,6	Alambre de amarre	Lb	0,07	Q	4,30	Q 0,32
5,7	Clavo 3"	Lb	0,07	Q	4,75	Q 0,35
5,8	Madera	PT	7,00	Q	8,50	Q 59,50
					Total con IVA	Q 51,36
					Total sin IVA	Q 45,86
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
5,9	Hechura de armadura N3	m	2,00	Q	0,89	Q 1,78
5,10	Hechura de eslabón N2	U	5,00	Q	0,49	Q 2,45
5,11	Centrado de armadura de solera	U	1,00	Q	1,95	Q 1,95
5,12	Encofrado y desencofrado	m	1,00	Q	1,25	Q 1,25
5,13	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	0,04	Q	100,00	Q 4,00
					Total	Q 11,43
	Precio de mano obra					Q 5,72
	Mano de obra calificada					Q 5,72
	Mano de obra no calificada	46,44	%			Q 2,65
	Total mano de obra					Q 8,37
	Prestaciones	89,33	%			Q 7,48
	Directos					Q 61,71
	Indirectos	25,00	%			Q 15,43
	Total de renglón sin IVA					Q 77,13
	Total de renglón con IVA	12,00	%			Q 86,39

Continuación del apéndice 3.

6. Solera 2				P. Unitario	Q	179,17
Materiales para un tramo de 1.00 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
6,1	Cemento	Saco	0,72	Q	76,33	Q 54,96
6,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,05	Q	117,51	Q 5,88
6,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,08	Q	207,54	Q 16,60
6,4	Varilla N2 x 6.00 m, grado 40	qq	0,02	Q	310,00	Q 6,89
6,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,05	Q	310,00	Q 15,90
6,6	Alambre de amarre	Lb	0,15	Q	4,30	Q 0,63
6,7	Clavo 3"	Lb	0,15	Q	4,75	Q 0,70
6,8	Madera	PT	7,00	Q	8,50	Q 59,50
					Total con IVA	Q 101,55
					Total sin IVA	Q 90,67
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
6,9	Hechura de armadura N3	m	4,00	Q	0,89	Q 3,56
6,10	Hechura de estribo N2	U	5,00	Q	2,43	Q 12,15
6,11	Centrado de armadura de solera	U	1,00	Q	1,95	Q 1,95
6,12	Encofrado y desencofrado	m	1,00	Q	1,25	Q 1,25
6,13	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	0,08	Q	100,00	Q 8,00
					Total	Q 26,91
	Precio de mano obra					Q 13,46
	Mano de obra calificada					Q 13,46
	Mano de obra no calificada	46,44	%			Q 6,25
	Total mano de obra					Q 19,70
	Prestaciones	89,33	%			Q 17,60
	Directos					Q 127,98
	Indirectos	25,00	%			Q 31,99
	Total de renglón sin IVA					Q 159,97
	Total de renglón con IVA	12,00	%			Q 179,17

Continuación del apéndice 3.

7. Solera 3				P. Unitario	Q	257,58
Materiales para un tramo de 1.00 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
7,1	Cemento	Saco	1,08	Q	76,33	Q 82,44
7,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,08	Q	117,51	Q 9,40
7,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,11	Q	207,54	Q 22,83
7,4	Varilla N2 x 6.00 m, grado 40	qq	0,06	Q	310,00	Q 17,22
7,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,08	Q	310,00	Q 23,85
7,6	Alambre de amarre	Lb	0,26	Q	4,30	Q 1,14
7,7	Clavo 3"	Lb	0,26	Q	4,75	Q 1,26
7,8	Madera	PT	7,00	Q	8,50	Q 59,50
					Total con IVA	Q 158,13
					Total sin IVA	Q 141,19
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
7,9	Hechura de armadura N3	m	6,00	Q	0,89	Q 2,67
7,10	Hechura de estribo N2	U	5,00	Q	2,43	Q 12,15
7,11	Hechura de eslabón N2	U	5,00	Q	0,49	Q 2,45
7,12	Centrado de armadura de solera	U	1,00	Q	1,95	Q 1,95
7,13	Encofrado y desencofrado	m	1,00	Q	1,25	Q 1,25
7,14	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	0,08	Q	130,00	Q 10,40
					Total	Q 30,87
	Precio de mano obra					Q 15,44
	Mano de obra calificada					Q 15,44
	Mano de obra no calificada	46,44	%			Q 7,17
	Total mano de obra					Q 22,60
	Prestaciones	89,33	%			Q 20,19
	Directos					Q 183,98
	Indirectos	25,00	%			Q 46,00
	Total de renglón sin IVA					Q 229,98
	Total de renglón con IVA	12,00	%			Q 257,58

Continuación del apéndice 3.

8. Levantado de muro				P. Unitario	Q 1 357,42
Materiales para un tramo de 1.00 m					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
8,1	Cemento	Saco	1,01	Q 76,33	Q 77,28
8,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,07	Q 117,51	Q 7,93
8,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,10	Q 207,54	Q 21,01
8,4	Block 0.19 x 0.19 x 0.39, 66 kg/cm <sup>2</sup>	U	22,50	Q 4,46	Q 100,35
8,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,11	Q 310,00	Q 34,97
8,6	Varilla N5 x 6.00 m, grado 40	qq	1,93	Q 310,00	Q 598,69
				Total con IVA	Q 840,24
				Total sin IVA	Q 750,22
Mano de obra					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
8,9	Hechura de armadura N3	m	5,00	Q 0,89	Q 4,45
8,14	Levantado de muro	m <sup>2</sup>	1,80	Q 29,19	Q 52,54
8,15	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	1,01	Q 100,00	Q 101,25
				Total	Q 158,24
	Precio de mano obra				Q 79,12
	Mano de obra calificada				Q 79,12
	Mano de obra no calificada	46,44	%		Q 36,74
	Total mano de obra				Q 115,86
	Prestaciones	89,33	%		Q 103,50
	Directos				Q 969,58
	Indirectos	25,00	%		Q 242,40
	Total de renglón sin IVA				Q 1 211,98
	Total de renglón con IVA	12,00	%		Q 1 357,42

Continuación del apéndice 3.

<b>9. Drenajes</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q</b>	<b>62,12</b>
Materiales para un tramo de 1.00 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
9,1	PVC Ø2" x 0.60 m	U	260,00	Q 9,00	Q	2 340,00
				Total con IVA	Q	2 340,00
				Total sin IVA	Q	2 089,29
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
9,2	Instalación de tubería	U	49,00	Q 0,50	Q	24,50
9,3	Picar agujeros en block	U	49,00	Q 0,75	Q	36,75
				Total	Q	61,25
	Precio de mano obra				Q	30,63
	Mano de obra calificada				Q	30,63
	Mano de obra no calificada	46,44	%		Q	14,22
	Total mano de obra				Q	44,85
	Prestaciones	89,33	%		Q	40,06
	Directos				Q	2 174,20
	Indirectos	25,00	%		Q	543,55
	Total de renglón sin IVA				Q	2 717,74
	Total de renglón con IVA	12,00	%		Q	3 043,87

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.



Apéndice 4. Integración de precios unitarios del muro de contención

Construcción muro de contención						
Anexo Escuela Oficial Urbana Mixta "Lázaro Apxuaca"						
San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez						
Presupuesto por renglones de trabajo muro de contención						
1. Trabajos preliminares				P. Unitario	Q	13,23
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
1,1	Corte y chapeo de capa vegetal	m <sup>2</sup>	108,00	Q	3,00	Q 324,00
1,2	Limpieza del área	m <sup>2</sup>	108,00	Q	2,00	Q 216,00
1,3	Trazo y estaqueado	m	36,00	Q	5,00	Q 180,00
1,4	Acarreo de material sobrante	m <sup>3</sup>	10,80	Q	5,00	Q 54,00
Precio de mano obra						Q 387,00
Mano de obra calificada						
Mano de obra no calificada		46,44	%			Q 179,72
Total mano de obra						Q 179,72
Prestaciones		89,33	%			Q 160,55
Directos						Q 340,27
Indirectos		25,00	%			Q 85,07
Total de renglón sin IVA						Q 425,34
Total de renglón con IVA		12,00	%			Q 476,38
2. Corte de terreno				P. Unitario	Q	12,31
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo		Total
2,1	Excavación y corte de terreno	m <sup>3</sup>	221,16	Q	15,00	Q 3 317,40
2,2	Acarreo de material sobrante	m <sup>3</sup>	221,16	Q	5,00	Q 1 105,80
Precio de mano obra						Q 2 211,60
Mano de obra calificada						
Mano de obra no calificada		46,44	%			Q 1 027,07
Total mano de obra						Q 1 027,07
Prestaciones		89,33	%			Q 917,48
Directos						Q 1 944,55
Indirectos		25,00	%			Q 486,14
Total de renglón sin IVA						Q 2 430,68
Total de renglón con IVA		12,00	%			Q 2 722,36

Continuación del apéndice 4.

<b>3. Relleno de terreno</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q</b>	<b>36,93</b>
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
3,1	Relleno del terreno	m <sup>3</sup>	17,98	Q 25,00	Q	449,50
3,2	Acarreo de material	m <sup>3</sup>	17,98	Q 5,00	Q	89,90
Precio de mano obra					Q	539,40
Mano de obra calificada						
Mano de obra no calificada		46,44	%	Q		250,50
Total mano de obra					Q	250,50
Prestaciones		89,33	%	Q		223,77
Directos					Q	474,27
Indirectos		25,00	%	Q		118,57
Total de renglón sin IVA					Q	592,83
Total de renglón con IVA		12,00	%	Q		663,97
<b>4. Cimiento</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q</b>	<b>2 811,26</b>
Materiales para un tramo de 2.80 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
4,1	Cemento	Saco	33,00	Q 76,33	Q	2 518,89
4,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	3,00	Q 117,51	Q	352,53
4,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	4,00	Q 207,54	Q	830,16
4,4	Varilla N4 x 6.00 m, grado 40	qq	1,20	Q 310,00	Q	372,00
4,5	Varilla N6 x 6.00 m, grado 40	qq	4,00	Q 310,00	Q	1 240,00
4,6	Alambre de amarre	Lb	10,40	Q 4,30	Q	44,72
4,7	Clavo 3"	Lb	10,40	Q 4,75	Q	49,40
Total con IVA					Q	5 407,70
Total sin IVA					Q	4 828,30
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
4,8	Excavación y corte de terreno	m <sup>3</sup>	7,81	Q 15,00	Q	117,18
4,9	Armado de refuerzo de cimiento	m	132,00	Q 1,14	Q	150,48
4,10	Fundición de concreto de cimiento	m <sup>3</sup>	3,05	Q 100,00	Q	305,25
4,11	Relleno a mano por capas	m <sup>2</sup>	0,00	Q 25,00	Q	-
Total					Q	572,91
Precio de mano obra					Q	286,46
Mano de obra calificada						
Mano de obra no calificada		46,44	%	Q		133,03

Continuación del apéndice 4.

Total mano de obra				Q	419,48
Prestaciones		89,33	%	Q	374,73
Directos				Q	5 622,51
Indirectos		25,00	%	Q	1 405,63
Total de renglón sin IVA				Q	7 028,14
Total de renglón con IVA		12,00	%	Q	7 871,52
<b>5. Solera 1</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q 86,39</b>
Materiales para un tramo de 1.00 m					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
5,1	Cemento	Saco	0,36	Q 76,33	Q 27,48
5,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,03	Q 117,51	Q 3,53
5,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,04	Q 207,54	Q 8,30
5,4	Varilla N2 x 6.00 m, grado 40	qq	0,01	Q 310,00	Q 3,44
5,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,03	Q 310,00	Q 7,95
5,6	Alambre de amarre	Lb	0,07	Q 4,30	Q 0,32
5,7	Clavo 3"	Lb	0,07	Q 4,75	Q 0,35
5,8	Madera	PT	7,00	Q 8,50	Q 59,50
				Total con IVA	Q 51,36
				Total sin IVA	Q 45,86
Mano de obra					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
5,9	Hechura de armadura N3	m	2,00	Q 0,89	Q 1,78
5,10	Hechura de eslabón N2	U	5,00	Q 0,49	Q 2,45
5,11	Centrado de armadura de solera	U	1,00	Q 1,95	Q 1,95
5,12	Encofrado y desencofrado	m	1,00	Q 1,25	Q 1,25
5,13	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	0,04	Q 100,00	Q 4,00
				Total	Q 11,43
Precio de mano obra				Q	5,72
Mano de obra calificada				Q	5,72
Mano de obra no calificada		46,44	%	Q	2,65
Total mano de obra				Q	8,37

Continuación del apéndice 4.

Prestaciones	89,33	%		Q	7,48
Directos				Q	61,71
Indirectos	25,00	%		Q	15,43
Total de renglón sin IVA				Q	77,13
Total de renglón con IVA	12,00	%		Q	86,39
<b>6. Solera 2</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q 179,17</b>
Materiales para un tramo de 1.00 m					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
6,1	Cemento	Saco	0,72	Q 76,33	Q 54,96
6,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,05	Q 117,51	Q 5,88
6,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,08	Q 207,54	Q 16,60
6,4	Varilla N2 x 6.00 m, grado 40	qq	0,02	Q 310,00	Q 6,89
6,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,05	Q 310,00	Q 15,90
6,6	Alambre de amarre	Lb	0,15	Q 4,30	Q 0,63
6,7	Clavo 3"	Lb	0,15	Q 4,75	Q 0,70
6,8	Madera	PT	7,00	Q 8,50	Q 59,50
				Total con IVA	Q 101,55
				Total sin IVA	Q 90,67
Mano de obra					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
6,9	Hechura de armadura N3	m	4,00	Q 0,89	Q 3,56
6,10	Hechura de estribo N2	U	5,00	Q 2,43	Q 12,15
6,11	Centrado de armadura de solera	U	1,00	Q 1,95	Q 1,95
6,12	Encofrado y desencofrado	m	1,00	Q 1,25	Q 1,25
6,13	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	0,08	Q 100,00	Q 8,00
				Total	Q 26,91
Precio de mano obra					Q 13,46
Mano de obra calificada					Q 13,46
Mano de obra no calificada					Q 6,25
Total mano de obra					Q 19,70
Prestaciones					Q 17,60
Directos					Q 127,98
Indirectos					Q 31,99
Total de renglón sin IVA					Q 159,97
Total de renglón con IVA					Q 179,17

Continuación del apéndice 4.

7. Solera 3				P. Unitario	Q	257,58
Materiales para un tramo de 1.00 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
7,1	Cemento	Saco	1,08	Q 76,33	Q 82,44	
7,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,08	Q 117,51	Q 9,40	
7,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,11	Q 207,54	Q 22,83	
7,4	Varilla N2 x 6.00 m, grado 40	qq	0,06	Q 310,00	Q 17,22	
7,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,08	Q 310,00	Q 23,85	
7,6	Alambre de amarre	Lb	0,26	Q 4,30	Q 1,14	
7,7	Clavo 3"	Lb	0,26	Q 4,75	Q 1,26	
7,8	Madera	PT	7,00	Q 8,50	Q 59,50	
				Total con IVA	Q 158,13	
				Total sin IVA	Q 141,19	
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
7,9	Hechura de armadura N3	m	6,00	Q 0,89	Q 2,67	
7,10	Hechura de estribo N2	U	5,00	Q 2,43	Q 12,15	
7,11	Hechura de eslabón N2	U	5,00	Q 0,49	Q 2,45	
7,12	Centrado de armadura de solera	U	1,00	Q 1,95	Q 1,95	
7,13	Encofrado y desencofrado	m	1,00	Q 1,25	Q 1,25	
7,14	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	0,08	Q 130,00	Q 10,40	
				Total	Q 30,87	
	Precio de mano obra				Q 15,44	
	Mano de obra calificada				Q 15,44	
	Mano de obra no calificada	46,44	%		Q 7,17	
	Total mano de obra				Q 22,60	
	Prestaciones	89,33	%		Q 20,19	
	Directos				Q 183,98	
	Indirectos	25,00	%		Q 46,00	
	Total de renglón sin IVA				Q 229,98	
	Total de renglón con IVA	12,00	%		Q 257,58	

Continuación del apéndice 4.

8. Levantado de muro				P. Unitario	Q 1 424,19
Materiales para un tramo de 1.00 m					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
8,1	Cemento	Saco	1,01	Q 76,33	Q 77,28
8,2	Arena de río	m <sup>3</sup>	0,07	Q 117,51	Q 7,93
8,3	Piedrín 1/2	m <sup>3</sup>	0,10	Q 207,54	Q 21,01
8,4	Block 0.19 x 0.19 x 0.39, 66 kg/cm <sup>2</sup>	U	22,50	Q 4,46	Q 100,35
8,5	Varilla N3 x 6.00 m, grado 40	qq	0,13	Q 310,00	Q 39,74
8,6	Varilla N5 x 6.00 m, grado 40	qq	0,94	Q 310,00	Q 290,63
8,7	Varilla N6 x 6.00 m, grado 40	qq	0,42	Q 310,00	Q 129,17
				Total con IVA	Q 666,11
				Total sin IVA	Q 594,75
Mano de obra					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total
8,9	Hechura de armadura N3	m	5,00	Q 0,89	Q 4,45
8,14	Levantado de muro	m <sup>2</sup>	1,80	Q 29,19	Q 52,54
8,15	Fundición de concreto	m <sup>3</sup>	1,01	Q 100,00	Q 101,25
				Total	Q 158,24
	Herramientas y equipos				Q 47 102,25
	Precio de mano obra				Q 79,12
	Mano de obra calificada				Q 79,12
	Mano de obra no calificada	46,44	%		Q 36,74
	Total mano de obra				Q 115,86
	Prestaciones	89,33	%		Q 103,50
	Directos				Q 814,11
	Indirectos	25,00	%		Q 203,53
	Total de renglón sin IVA				Q 1 017,64
	Total de renglón con IVA	12,00	%		Q 1 139,76

Continuación del apéndice 4.

<b>9. Drenajes</b>				<b>P. Unitario</b>	<b>Q</b>	<b>62,12</b>
Materiales para un tramo de 1.00 m						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
9,1	PVC Ø2" x 0.60 m	U	260,00	Q 9,00	Q	2 340,00
				Total con IVA	Q	2 340,00
				Total sin IVA	Q	2 089,29
Mano de obra						
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo	Total	
9,2	Instalación de tubería	U	49,00	Q 0,50	Q	24,50
9,3	Picar agujeros en block	U	49,00	Q 0,75	Q	36,75
				Total	Q	61,25
	Precio de mano obra				Q	30,63
	Mano de obra calificada				Q	30,63
	Mano de obra no calificada	46,44	%		Q	14,22
	Total mano de obra				Q	44,85
	Prestaciones	89,33	%		Q	40,06
	Directos				Q	2 174,20
	Indirectos	25,00	%		Q	543,55
	Total de renglón sin IVA				Q	2 717,74
	Total de renglón con IVA	12,00	%		Q	3 043,87

Fuente: elaboración propia, empleando Excel 365.

## Apéndice 5. **Planos**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2020.





Cronograma de actividades para la construcción del salón de acopio																						
Actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Trabajos preliminares	X																					
Corte de terreno		X	X																			
Relleno de terreno			X	X																		
Zapatas			X	X	X																	
Cimientos				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Muros					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Columnas							X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acabados										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Banqueta										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Fabricación e instalación de la cubierta de estructura metálica											X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Instalación de piso																X	X	X	X	X	X	X
Instalación de cielo falso																	X	X	X	X	X	X
Instalación de puertas																	X	X	X	X	X	X
Instalación de ventanas																	X	X	X	X	X	X
Instalación de artefactos																	X	X	X	X	X	X
Instalaciones hidráulicas																	X	X	X	X	X	X
Instalaciones eléctricas																	X	X	X	X	X	X



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por: MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto: **DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Contenido: **CRONOGRAMA SALÓN DE ACOPIO**

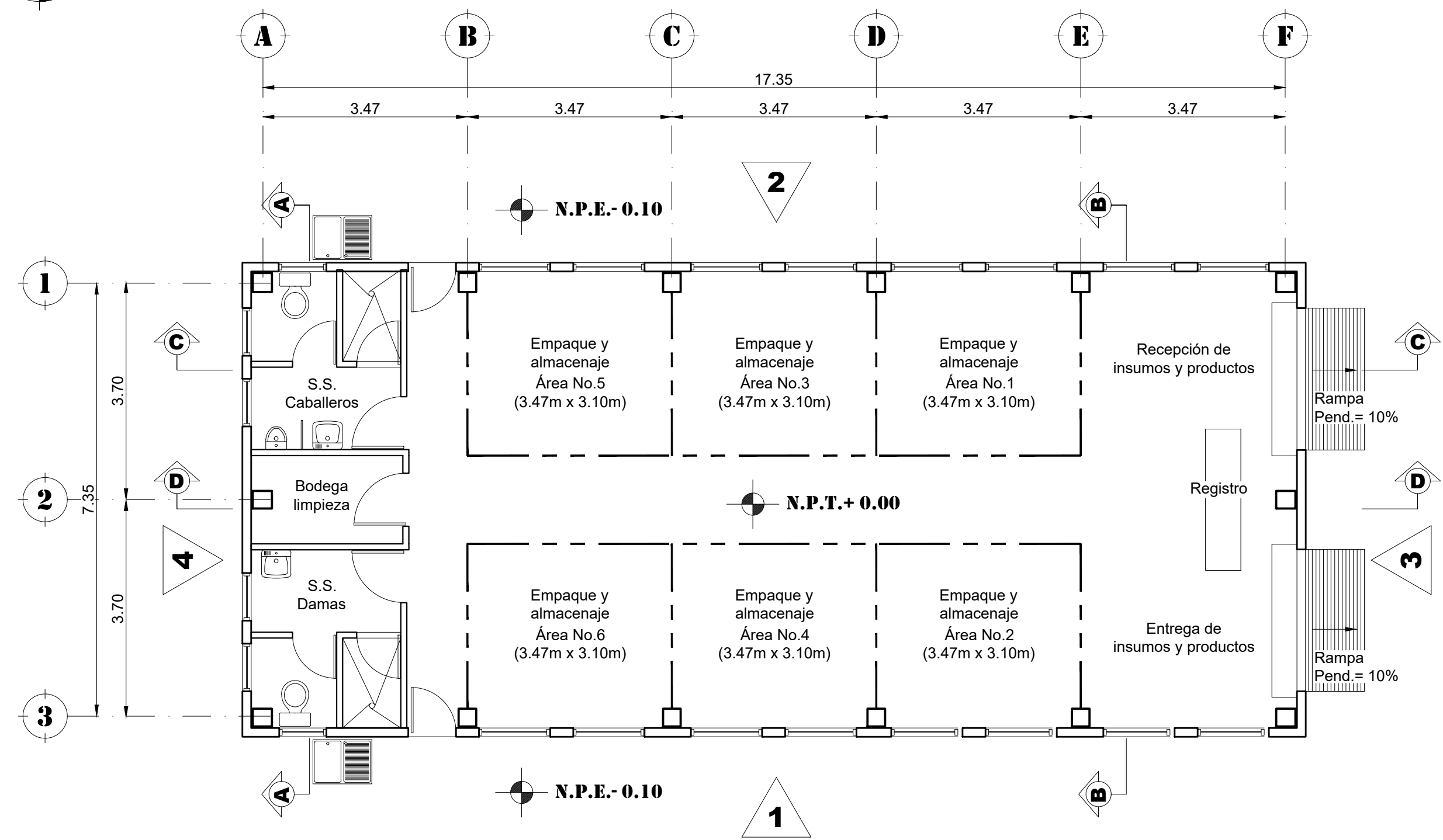
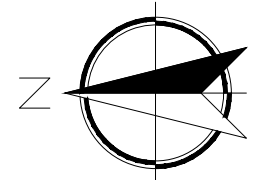
Fecha: **Abril 2021**

Dibujo y Diseño: H.M.S.

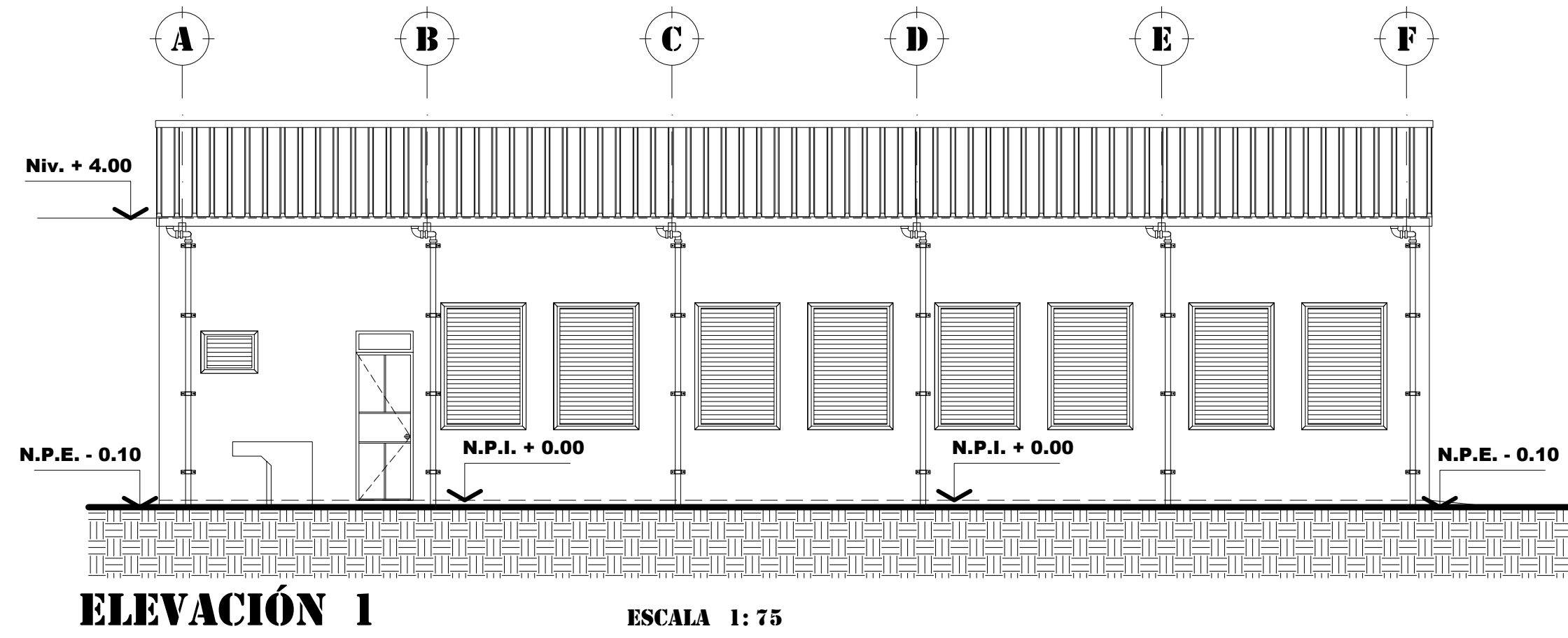
Aprobado: Fac. Ing. USAC

Revisado: Fac. Ing. USAC

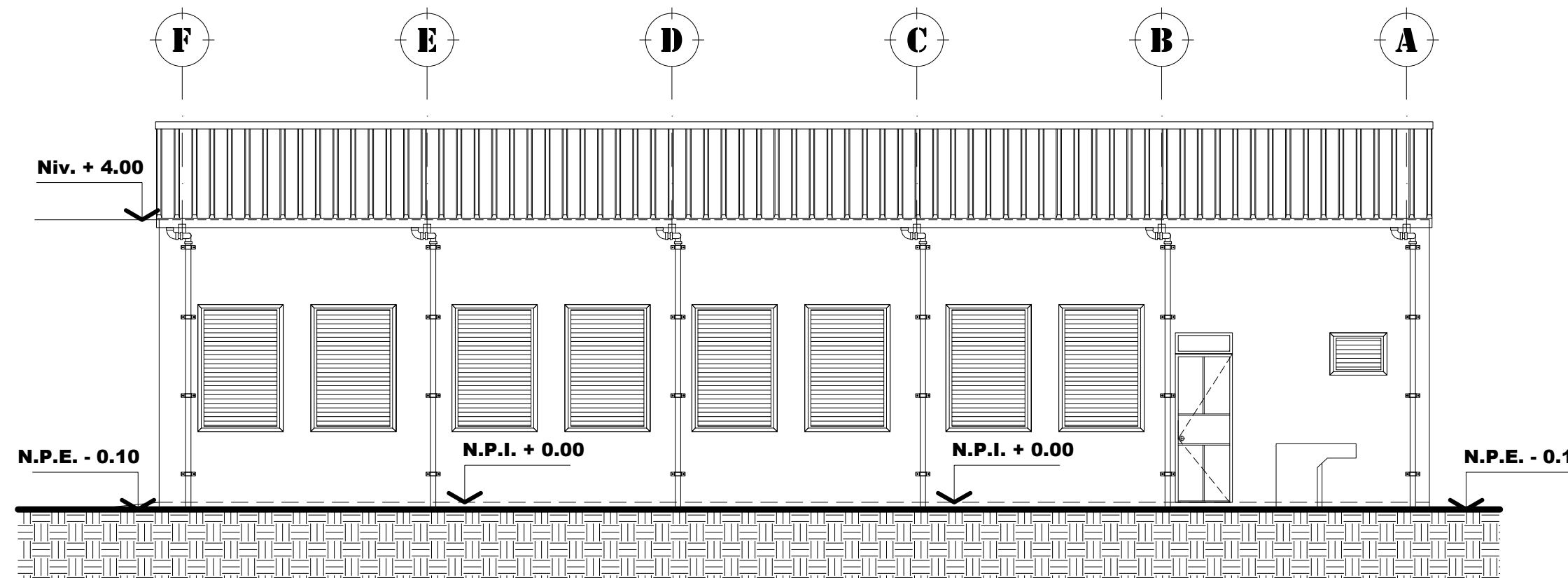
Número **00/06**  
 Revisión: 1



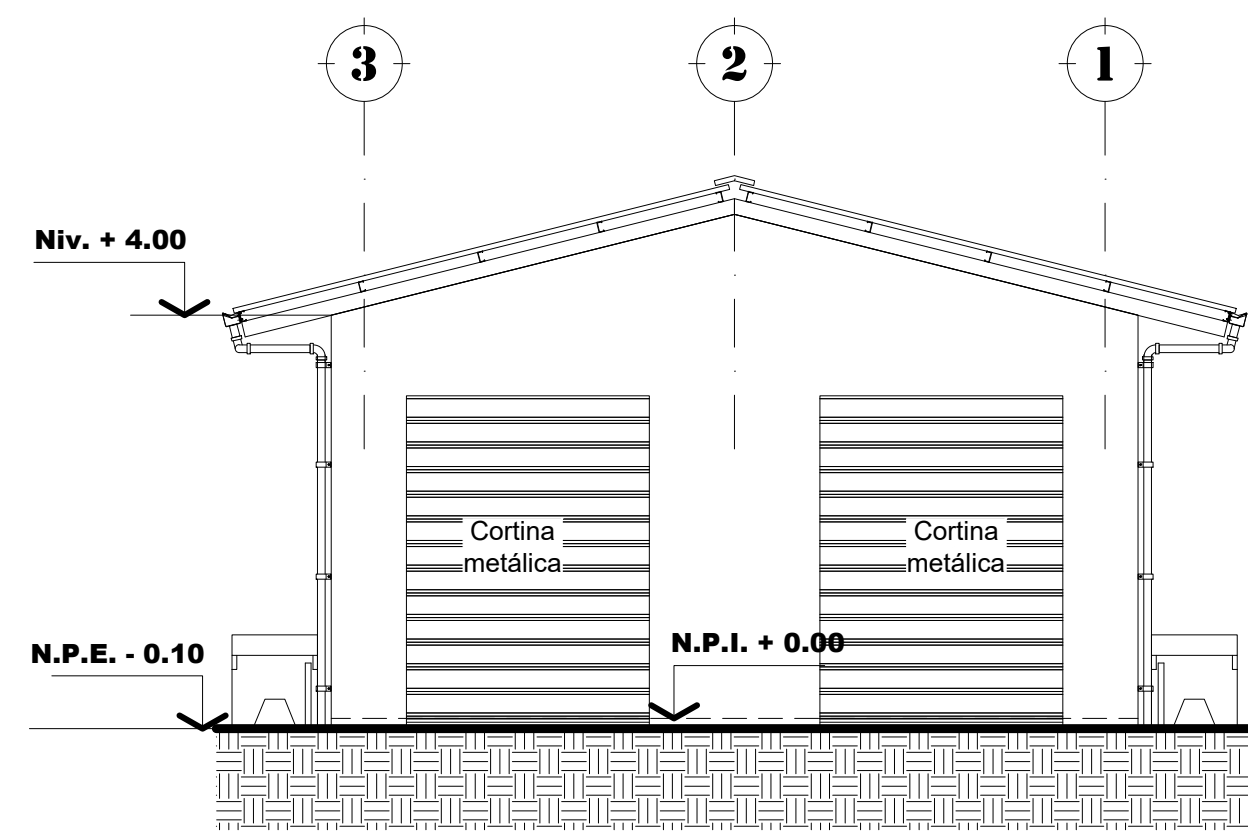
**PLANTA GENERAL**  
ESCALA 1: 75



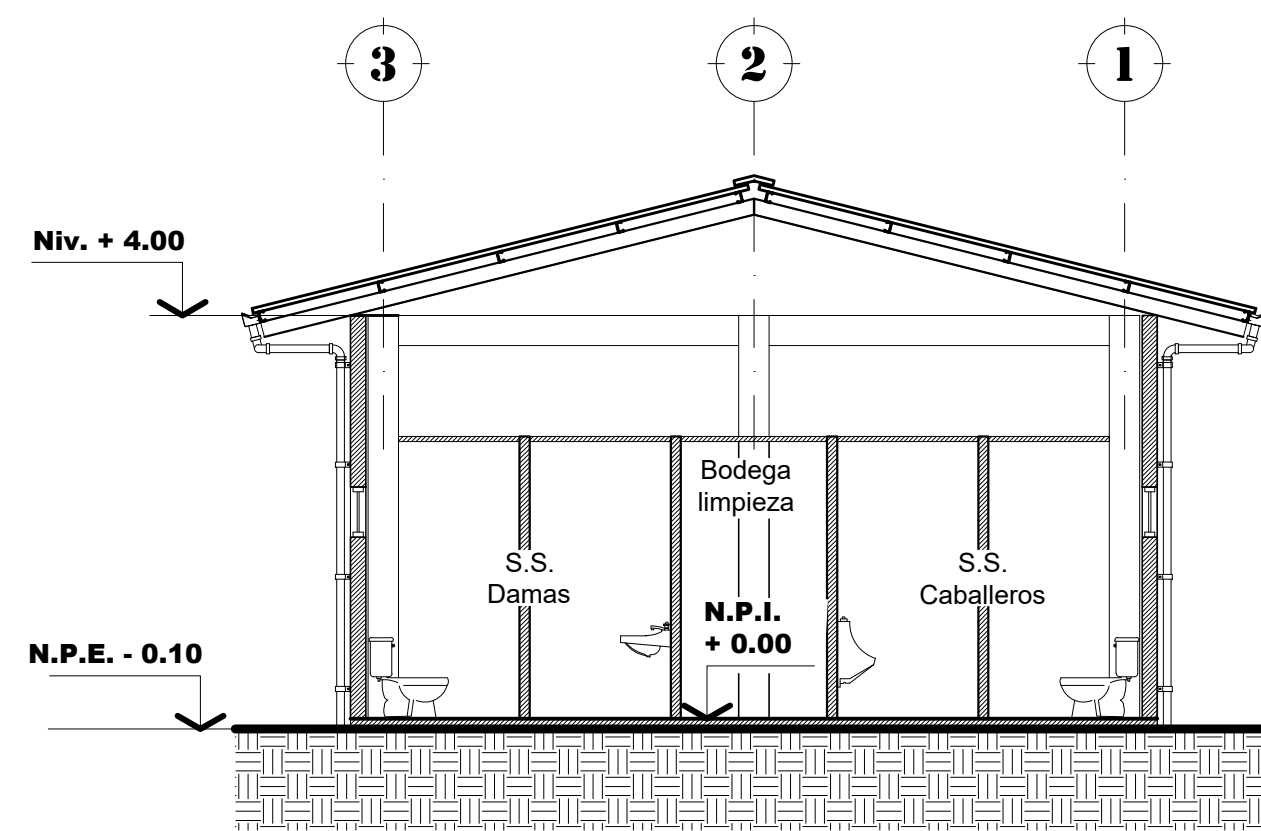
**ELEVACIÓN 1**  
ESCALA 1: 75



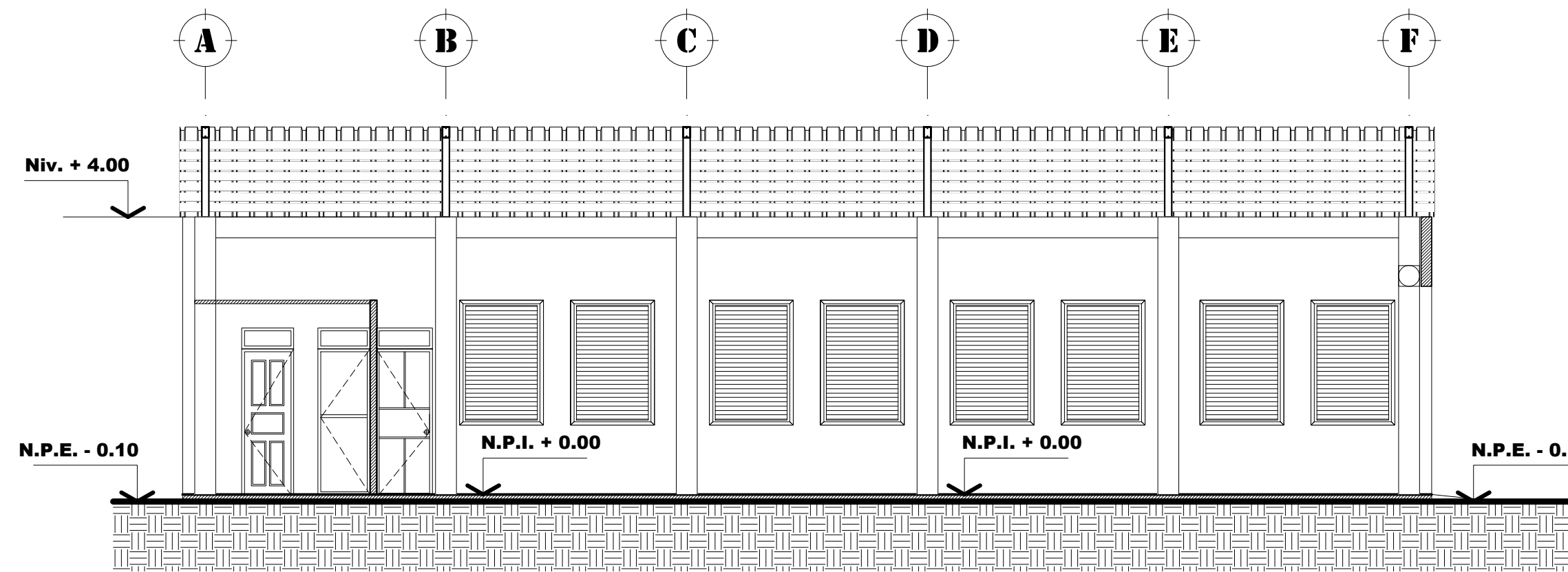
**ELEVACIÓN 2**  
ESCALA 1: 75



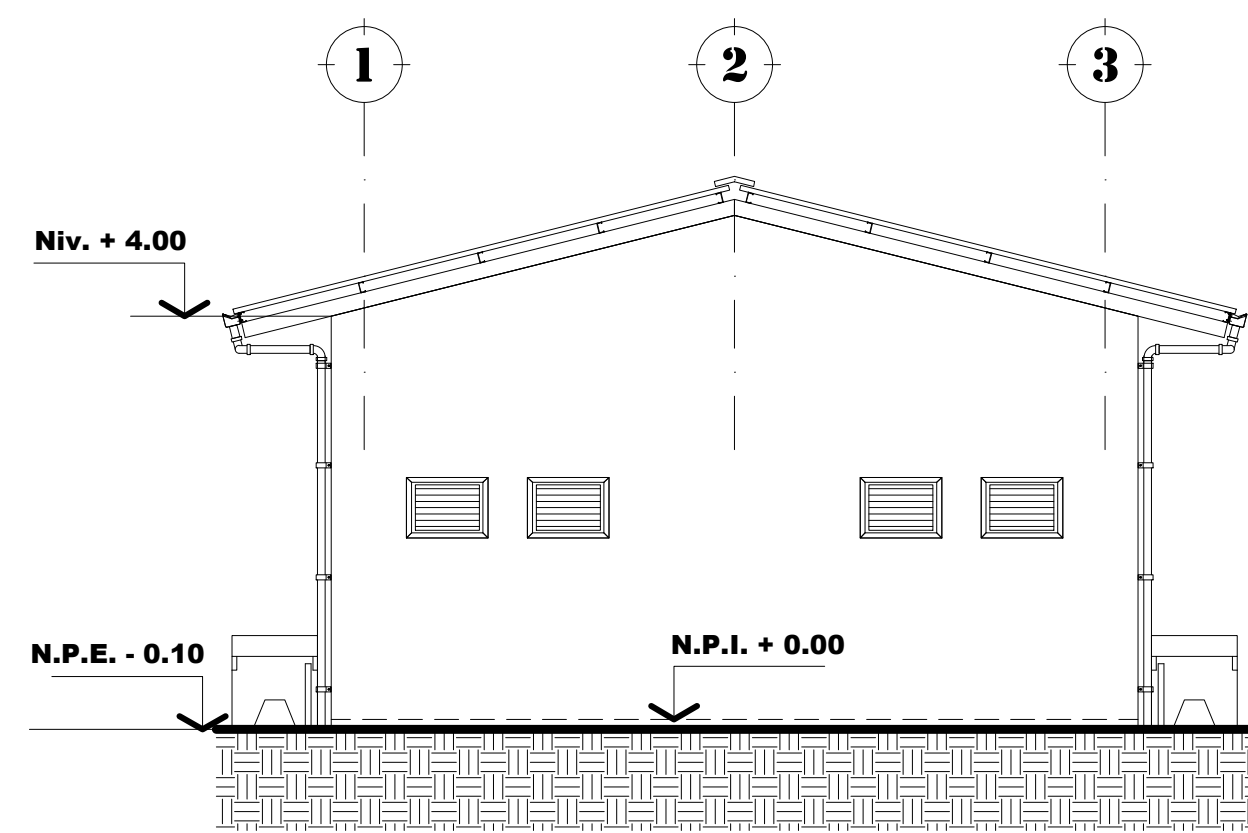
**ELEVACIÓN 3**  
ESCALA 1: 75



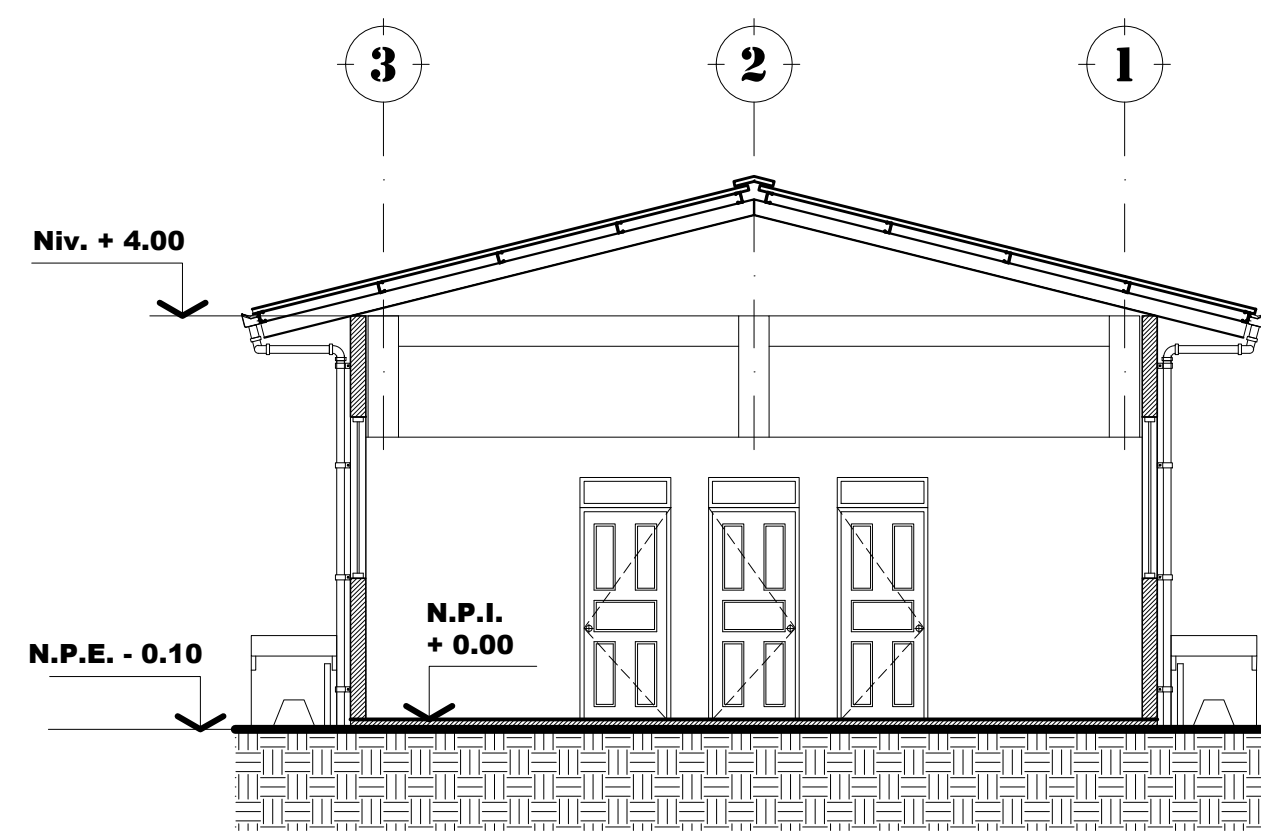
**SECCIÓN A-A**  
ESCALA 1: 75



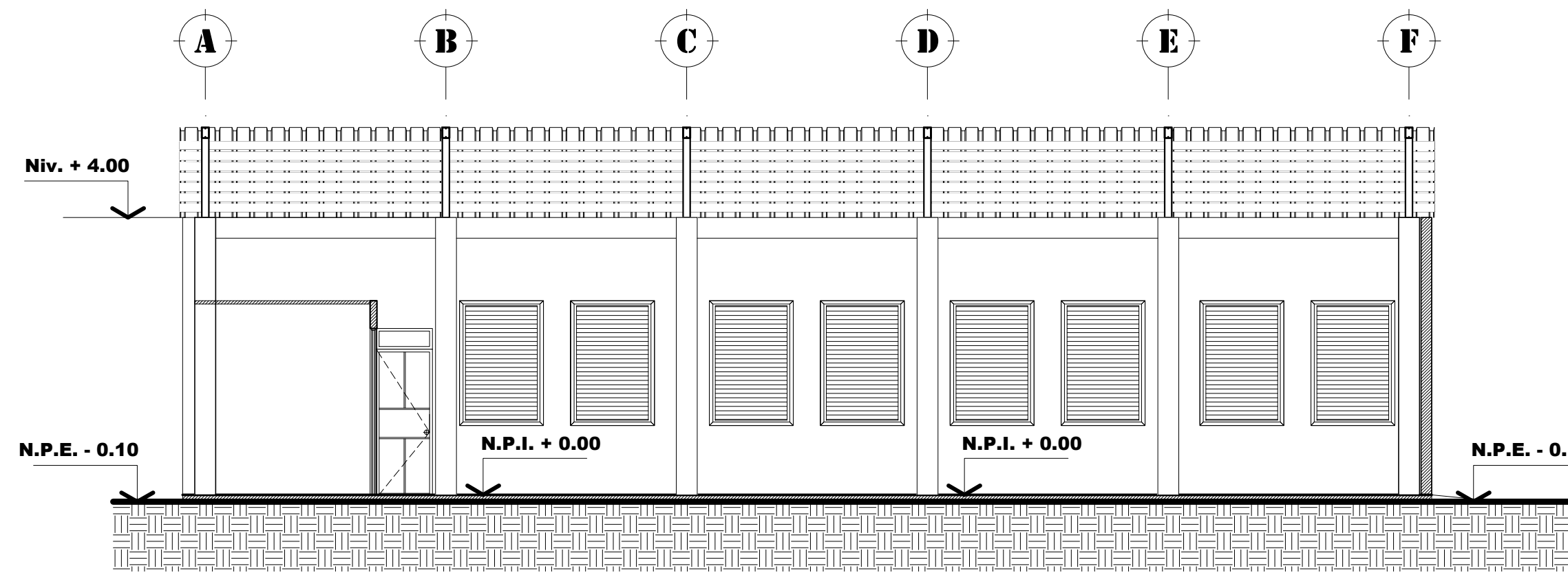
**SECCIÓN C-C**  
ESCALA 1: 75



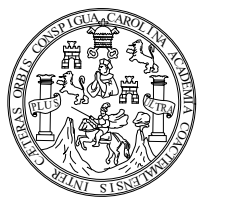
**ELEVACIÓN 4**  
ESCALA 1: 75



**SECCIÓN B-B**  
ESCALA 1: 75



**SECCIÓN D-D**  
ESCALA 1: 75



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

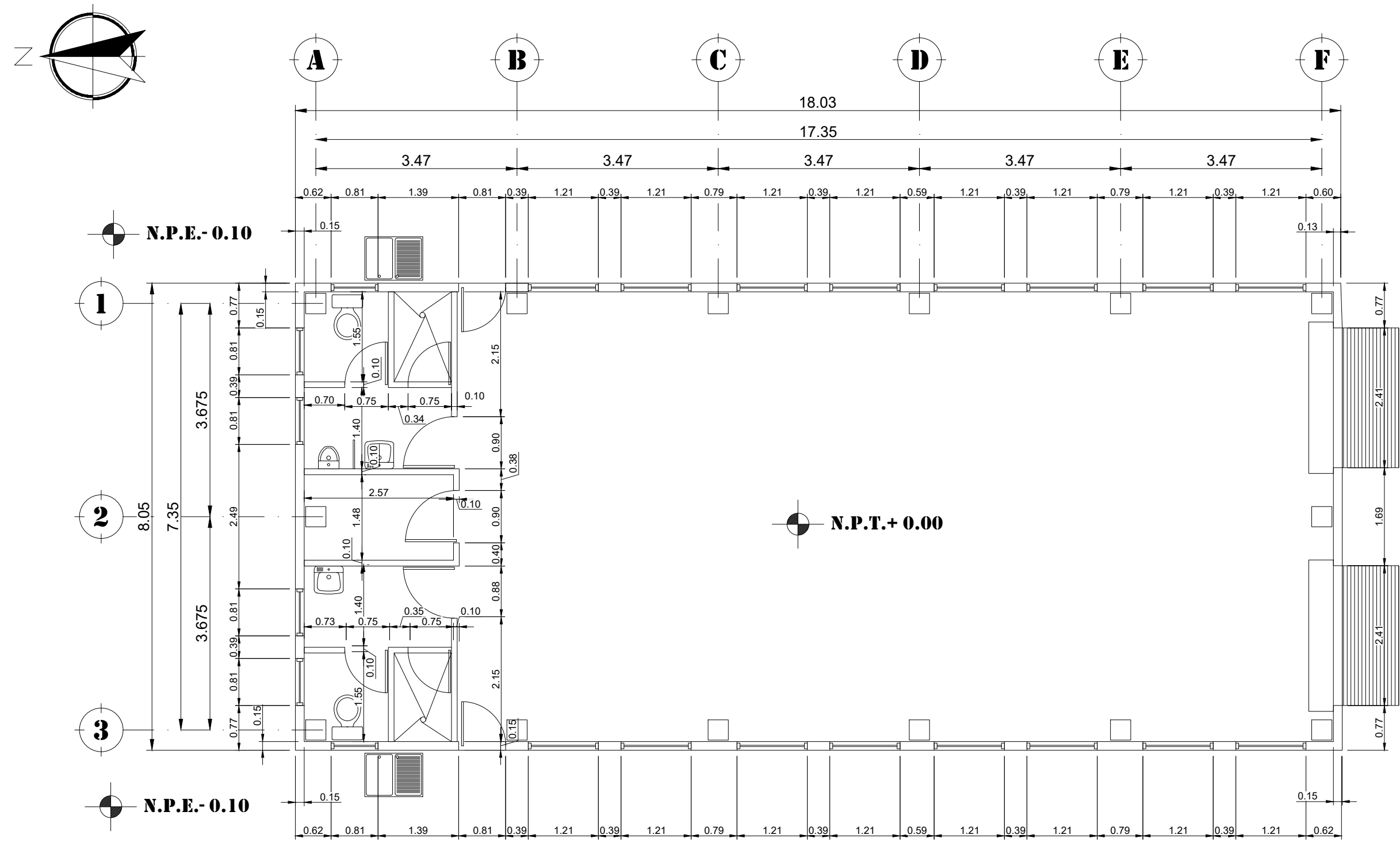
Apoyado por:  
MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto:  
DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Dibujo:  
PLANTA GENERAL, ELEVACIONES Y SECCIONES

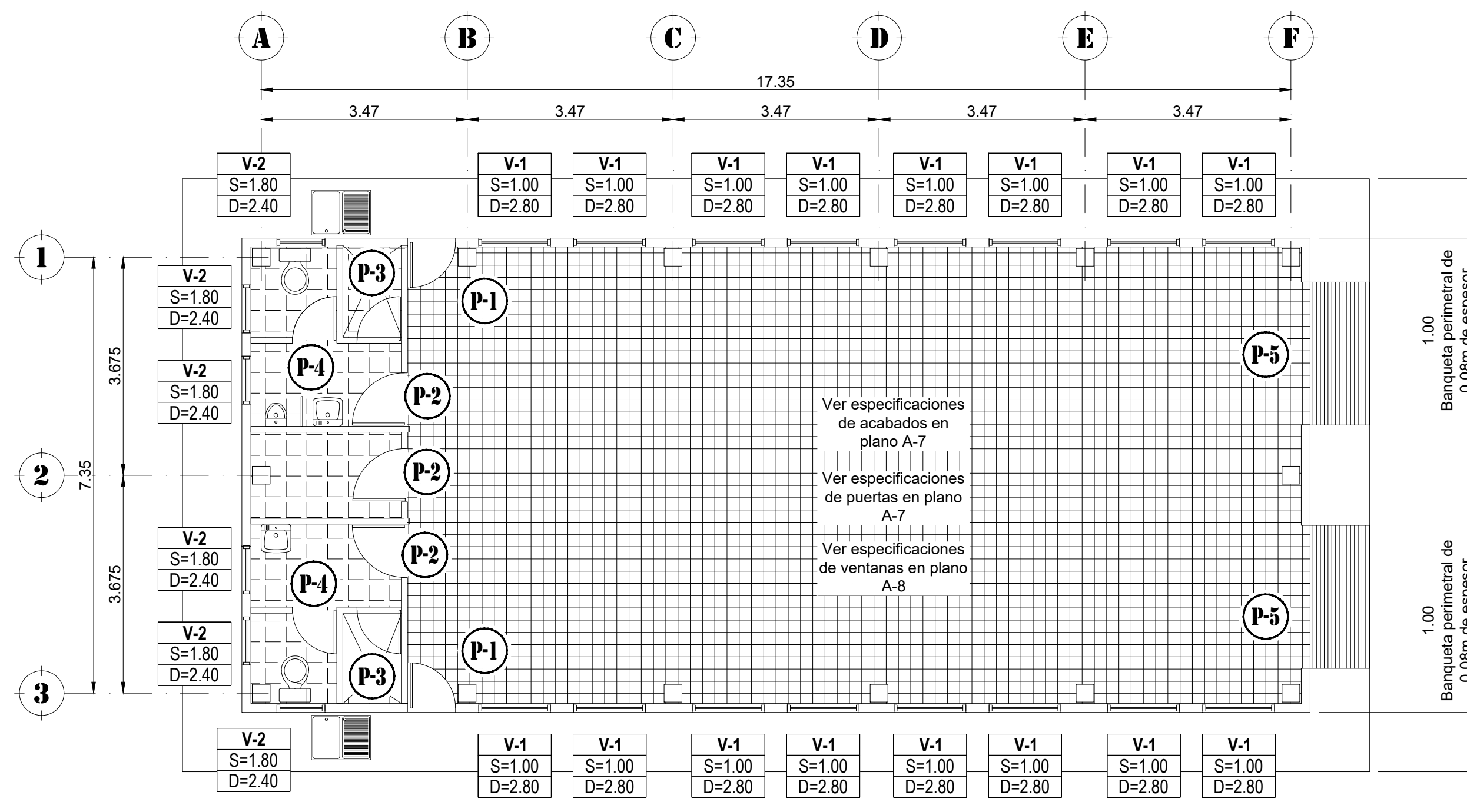
Dibujo: H.M.S.	Aprobado: Fac. Ingeniería USAC
Diseño: H.M.S.	Revisado: Fac. Ingeniería USAC

Fecha: Abril 2021	Revisión: 1	Número: <b>01/06</b>
Escala: Indicada	<b>A-1</b>	



**PLANTA COTAS**

ESCALA 1: 75

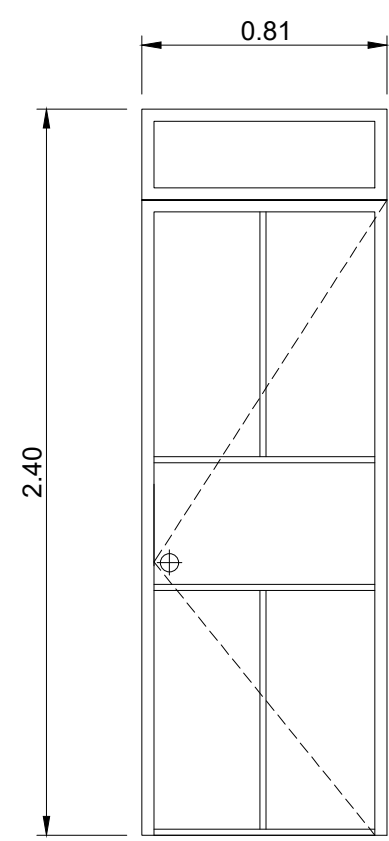


**PLANTA ACABADOS, PUERTAS & VENTANAS**

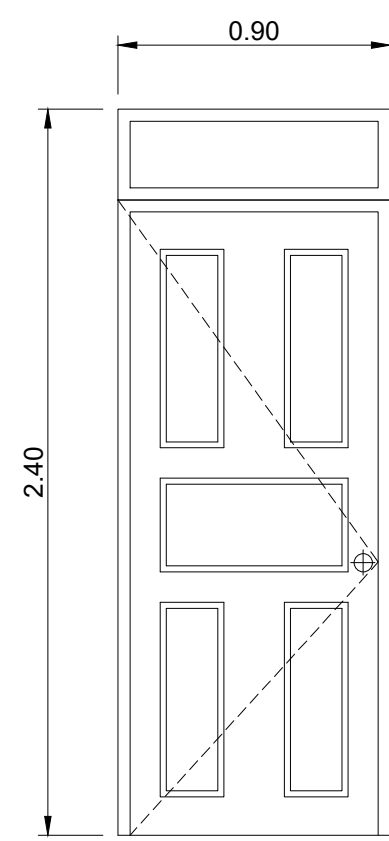
ESCALA 1: 75

**ESPECIFICACIONES DE ACABADOS**

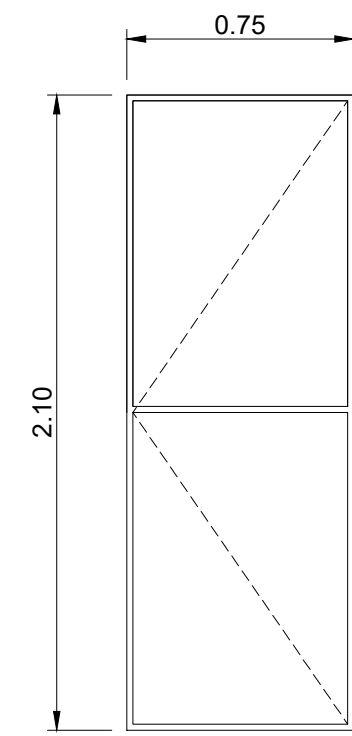
- Los pisos interiores son de granito de 0.20 x 0.20 m
- Banqueta perimetral de concreto ancho de 1.00 m y 0.08 m de espesor, cepillado.
- Los pisos en baños y bodega de limpieza son de cerámico.
- El piso en las duchas son de cerámico antideslizante.
- Las rampas de ingreso y egreso son de concreto de 0.10 m de espesor, con acabado tipo martellado.
- Los acabados en los muros interiores tienen cerido y pintura blanco hueso tipo colonial.
- Los acabados en los muros exteriores tienen cerido vertical y pintura amarillo tipo colonial para exteriores.
- Las columnas y vigas pintadas de Excello Látex blanco mate.
- En las paredes de baños colocar azulejo de 0.21 x 0.31 m, con estuche hasta una altura de 1.80m.
- En el lado interior de las paredes del salón pintar zócalo color café quemado Excello Látex brillante de 0.10m.
- En los baños y bodega de limpieza colocar cielo suspendido de retícula de aluminio y planchas de duropor de 2' x 4'.



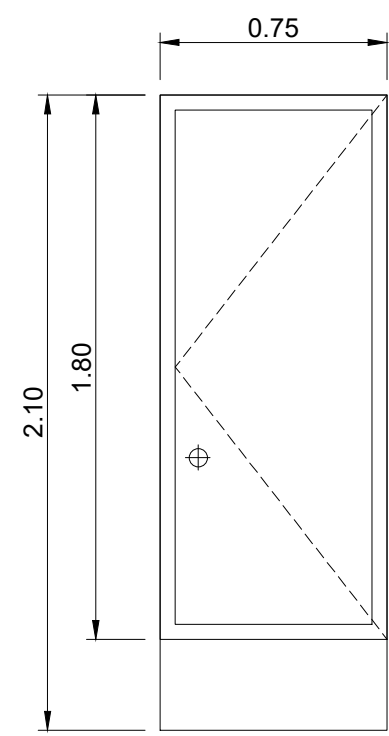
**ELEVACIÓN P - 1** ESCALA 1: 25



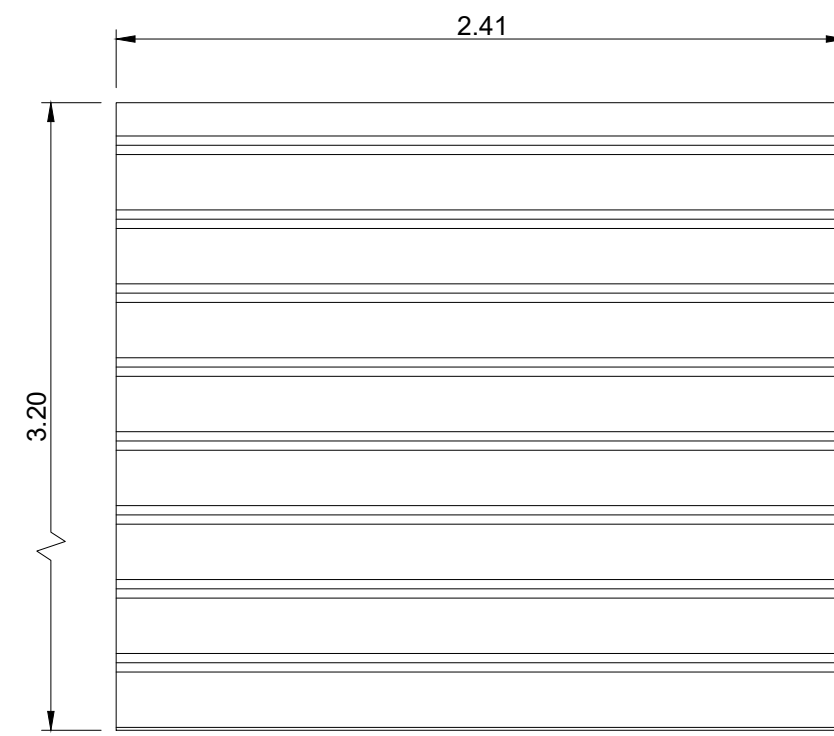
**ELEVACIÓN P - 2** ESCALA 1: 25



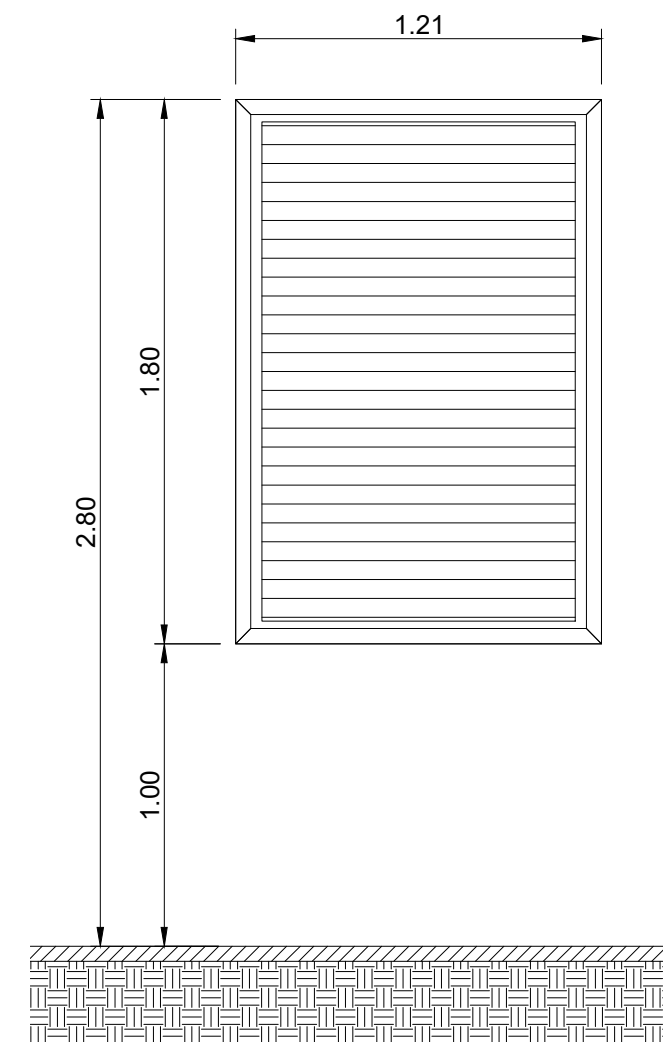
**ELEVACIÓN P - 3** ESCALA 1: 25



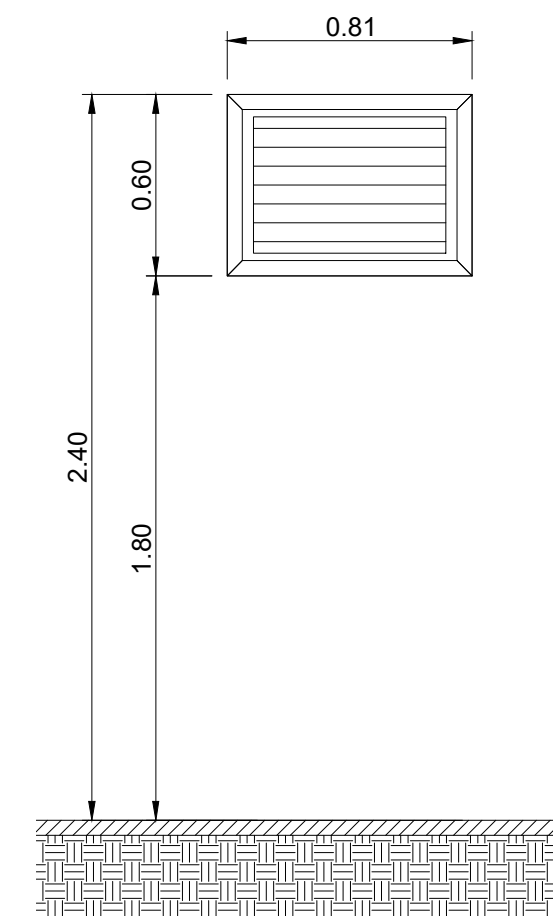
**ELEVACIÓN P - 4** ESCALA 1: 25



**ELEVACIÓN P - 5** ESCALA 1: 25



**ELEVACIÓN V - 1** ESCALA 1: 25




**ELEVACIÓN V - 2** ESCALA 1: 25

PLANILLA DE PUERTAS				
Tipo	Dimensiones de vano		U	Material
	Altura	Ancho		
1	2.40	0.81	2	Hierro
2	2.40	0.90	3	Madera
3	2.10	0.75	2	Aluminio anodizado natural + vidrio opaco
4	1.80	0.81	2	Madera forrado con fórmica
5	3.20	2.00	2	Cortina metálica

Ver detalle de puertas

PLANILLA DE VENTANAS						
Tipo	Dimensiones de vano				U	Material
	Altura	Ancho	Sillar	Dintel		
1	1.80	1.21	1.00	2.80	2	Aluminio anodizado natural, con paletas de vidrio claro
2	0.60	0.81	1.80	2.40	3	Aluminio anodizado natural, con paletas de vidrio claro

Ver detalle de ventanas

  
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
 MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

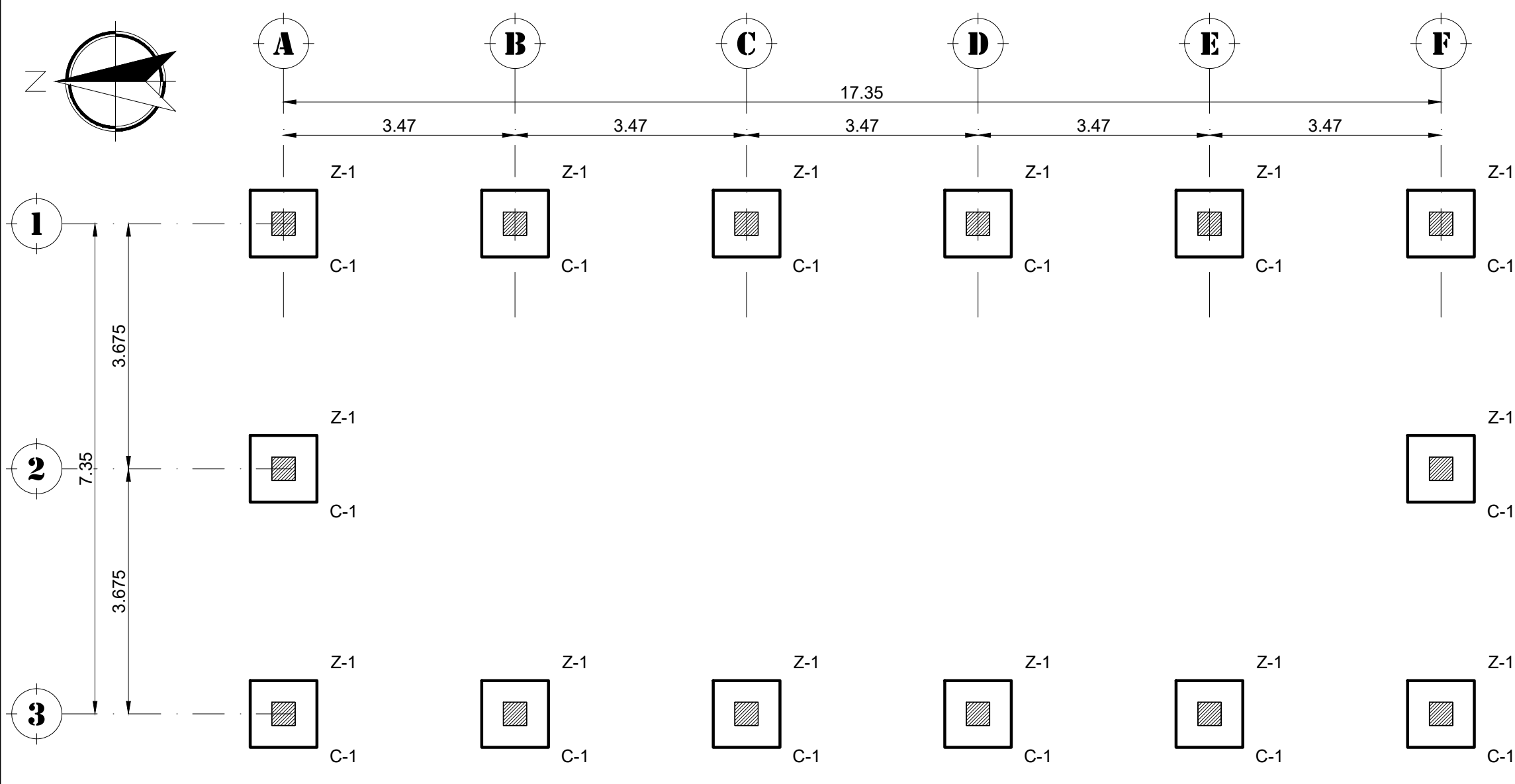
Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO XPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Dibujo:  
**PLANTA DE COTAS, PLANTA DE PUERTAS VENTANAS Y ACABADOS & DETALLES**

Dibujo: H.M.S.	Aprobado: Fac. Ingeniería USAC
Diseño: H.M.S.	Revisado: Fac. Ingeniería USAC
Fecha: Abril 2021	Revisión: 1
Escala: Indicada	Número <b>02/06</b>

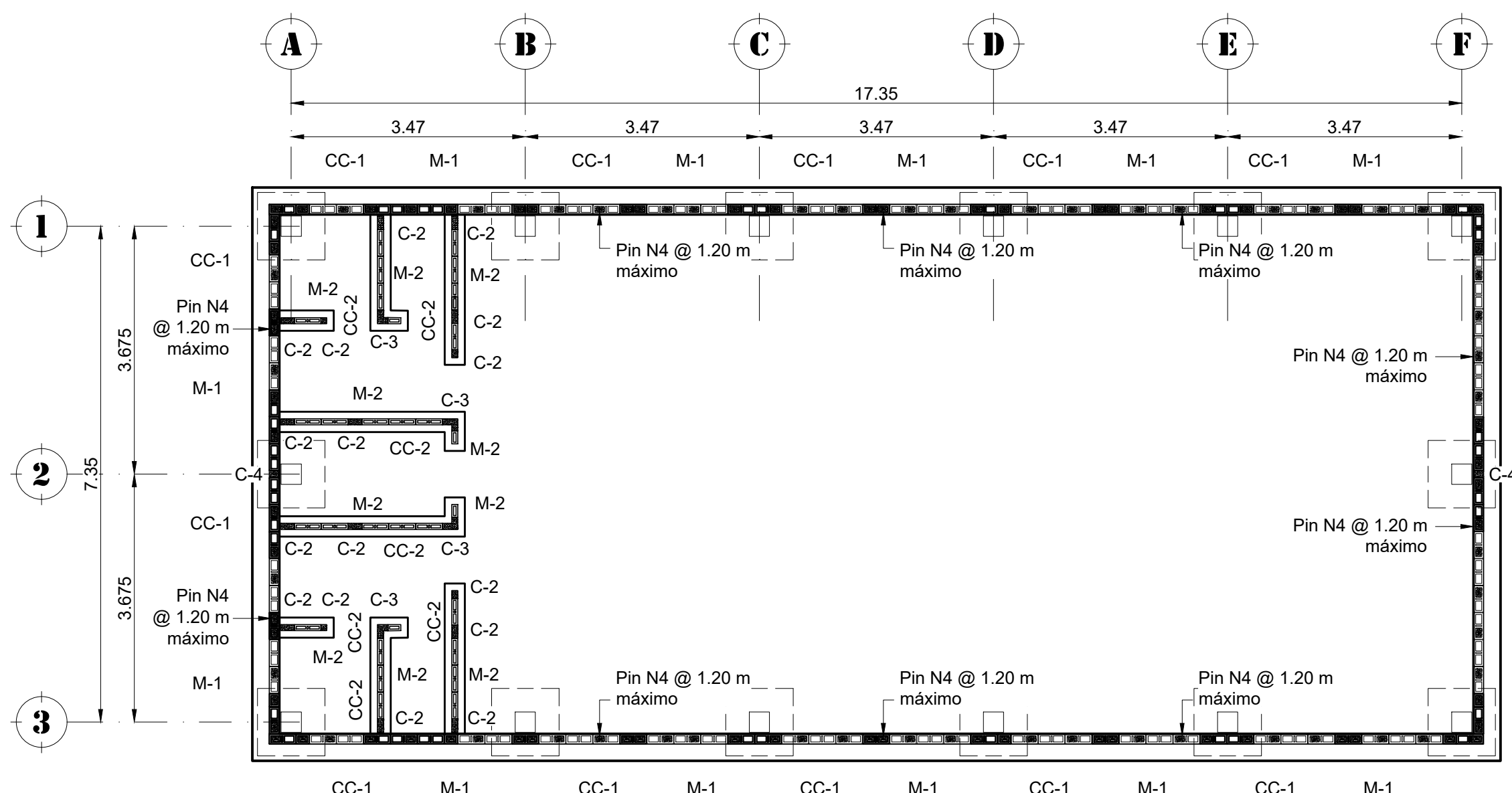
A-2





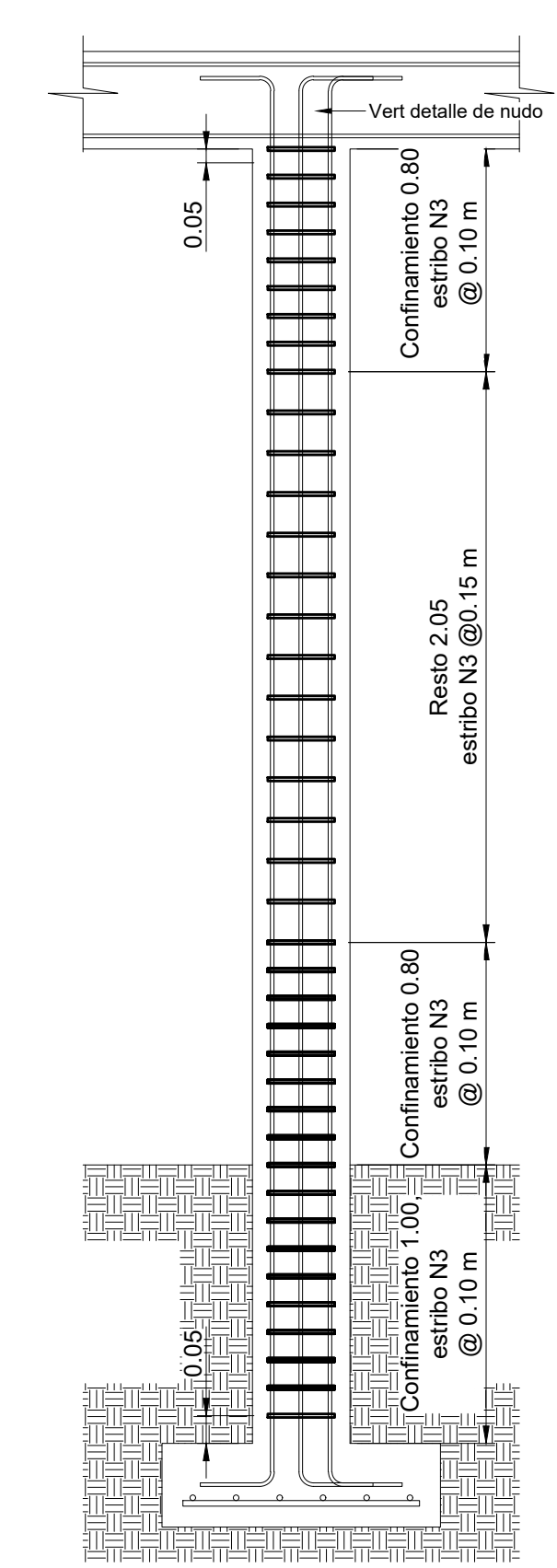
**PLANTA ZAPATAS Y COLUMNAS**

ESCALA 1: 75



**PLANTA CIMENTOS, MUROS Y COLUMNAS DE MUROS**

ESCALA 1: 75

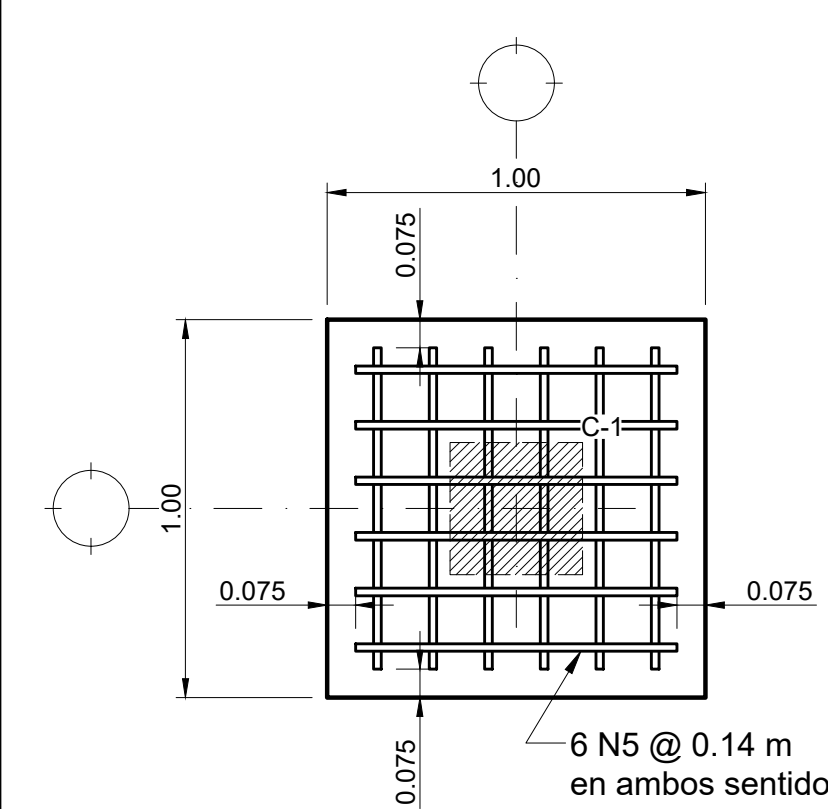


**ELEVACIÓN COLUMNA 1**

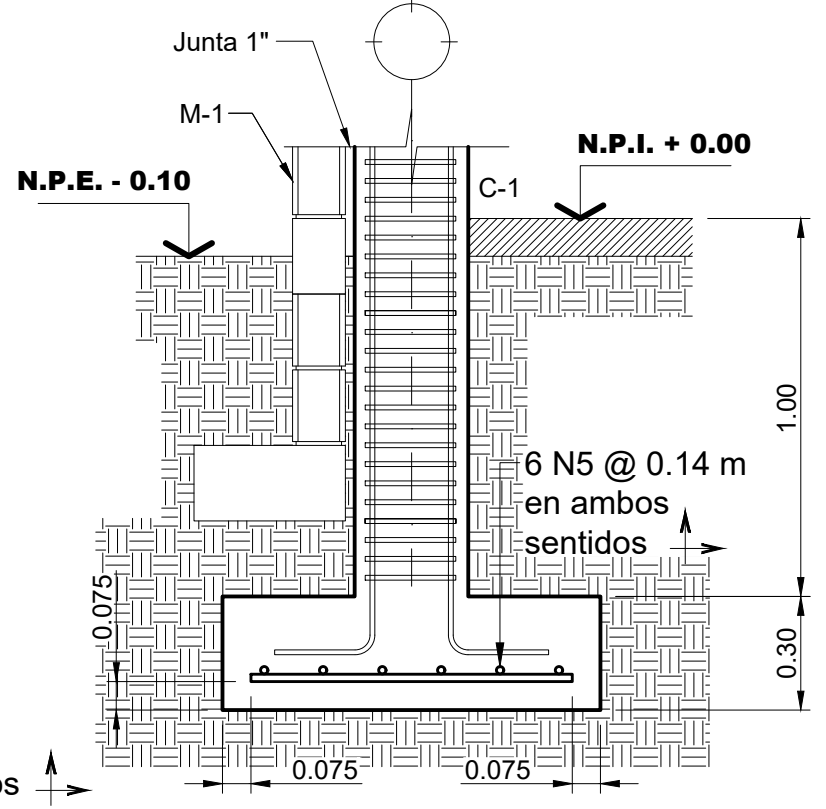
ESCALA 1: 25

- NOTAS:**
- Cotas en metros, salvo indicación.
  - Niveles en metros, salvo indicación.
  - El recubrimiento inferior y lateral en cimientos es de 0.075 m (3"), salvo indicación.
  - El recubrimiento en columnas, pedestales, vigas y soleras es de 0.04 m (1-1/2"), salvo indicación.
  - Las uniones por traslape y anclaje, en las barras de refuerzo deben tener las siguientes longitudes mínimas:
- | BARRA     | LONGITUD    |
|-----------|-------------|
| N3 ~ 3/8" | 381mm ~ 15" |
| N4 ~ 1/2" | 483mm ~ 19" |
| N5 ~ 5/8" | 610mm ~ 24" |
| N6 ~ 3/4" | 737mm ~ 29" |

- PLANOS DE ESTRUCTURALES:**
- Cargas gravitacionales establecidas según las normas AGIES.
  - Carga por viento establecidas según las normas AGIES.
  - Carga por sismo establecida según las normas AGIES.
  - La resistencia al compresión del concreto es de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
  - La resistencia a la compresión sobre el área neta de los bloques huecos de concreto es de  $f_m = 25 \text{ kg/cm}^2$ .
  - La resistencia a la fluencia del acero de refuerzo es de  $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$ .
  - La resistencia a la fluencia de los pernos A36 es de 14.50 Kips.
  - La resistencia a la fluencia de la estructura metálica es de  $f_y = 36 \text{ kips}$ .
  - Soldadura E70xx.
  - Lámina para la cubierta es troquelada, esmaltada, color blanco, calibre 24.

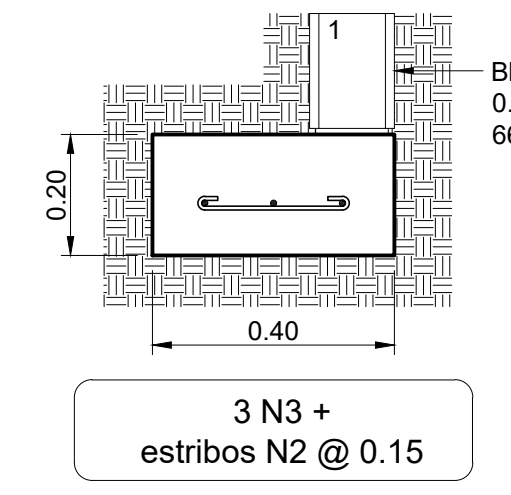


**PLANTA ZAPATA 1**



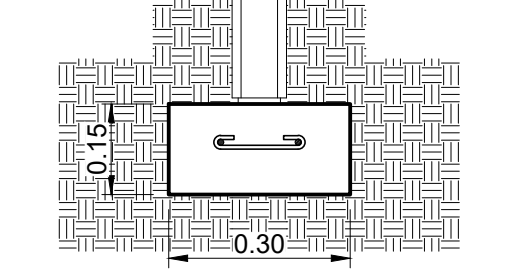
**SECCIÓN TÍPICA ZAPATA 1**

ESCALA 1: 20



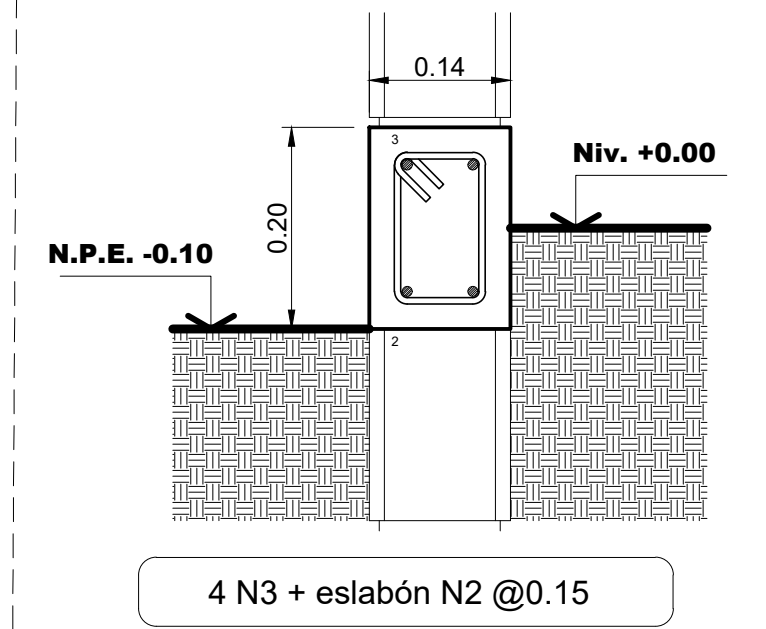
**SECCIÓN TÍPICA CC-1**

ESCALA 1: 12.5



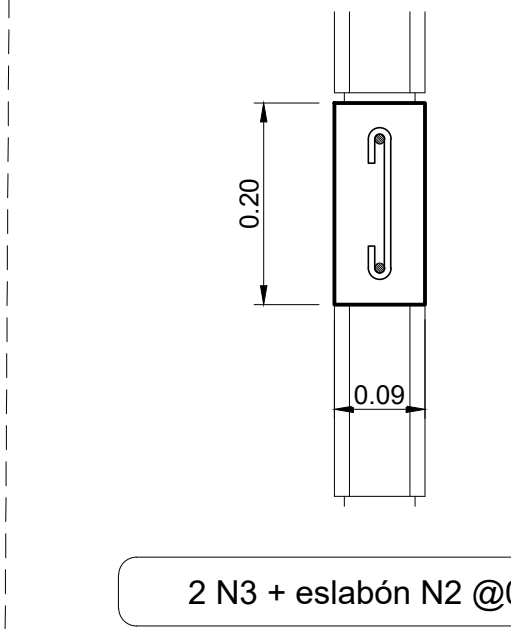
**SECCIÓN TÍPICA CC-2**

ESCALA 1: 12.5



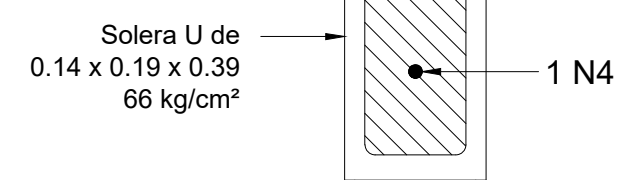
**SECCIÓN TÍPICA SOLERA 1**

ESCALA 1: 7.5



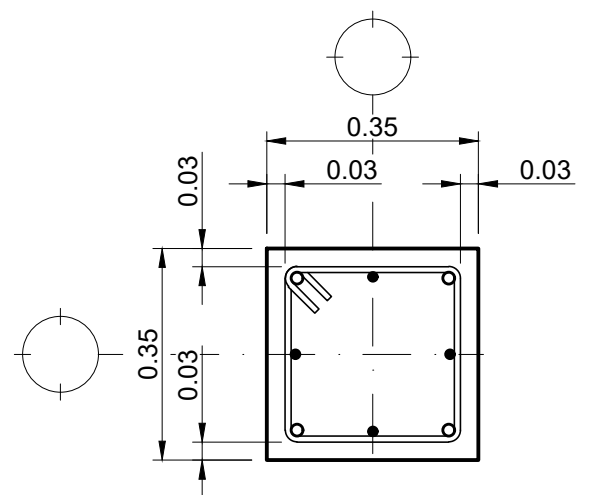
**SECCIÓN TÍPICA SOLERA 2**

ESCALA 1: 7.5



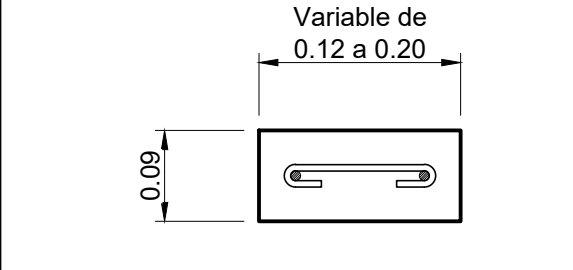
**SECCIÓN TÍPICA SOLERA U**

ESCALA 1: 7.5



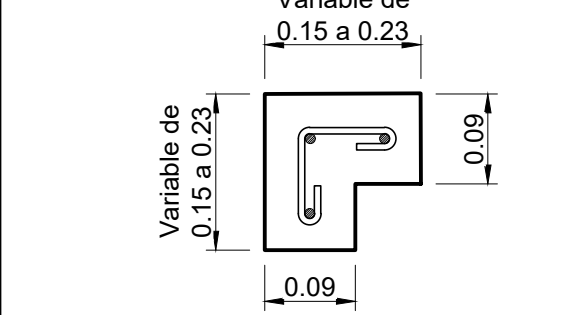
**SECCIÓN TÍPICA COLUMNA 1**

ESCALA 1: 12.5



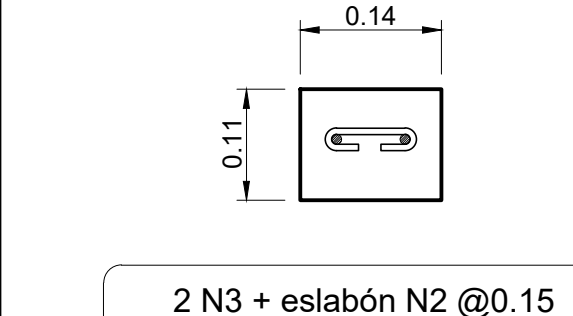
**SECCIÓN TÍPICA COLUMNA 2**

ESCALA 1: 7.5



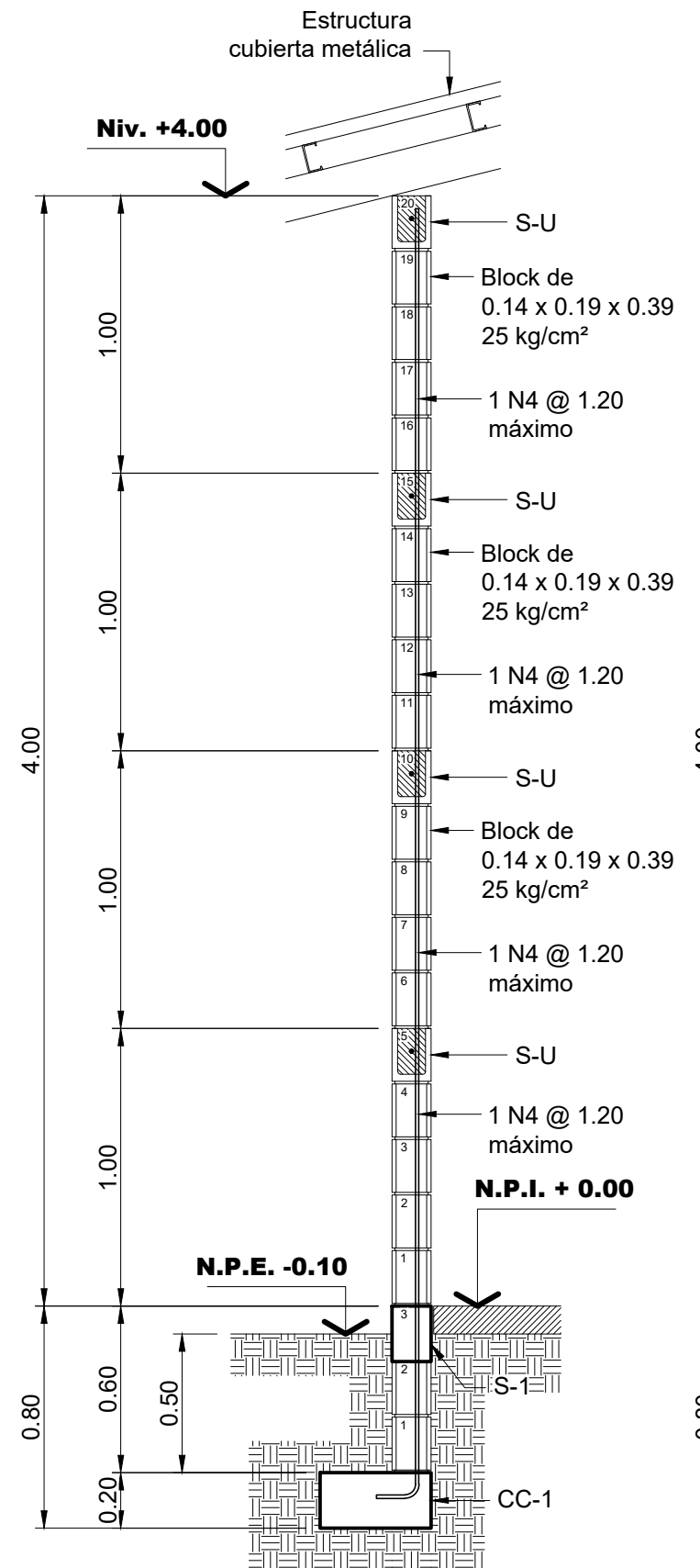
**SECCIÓN TÍPICA COLUMNA 3**

ESCALA 1: 7.5

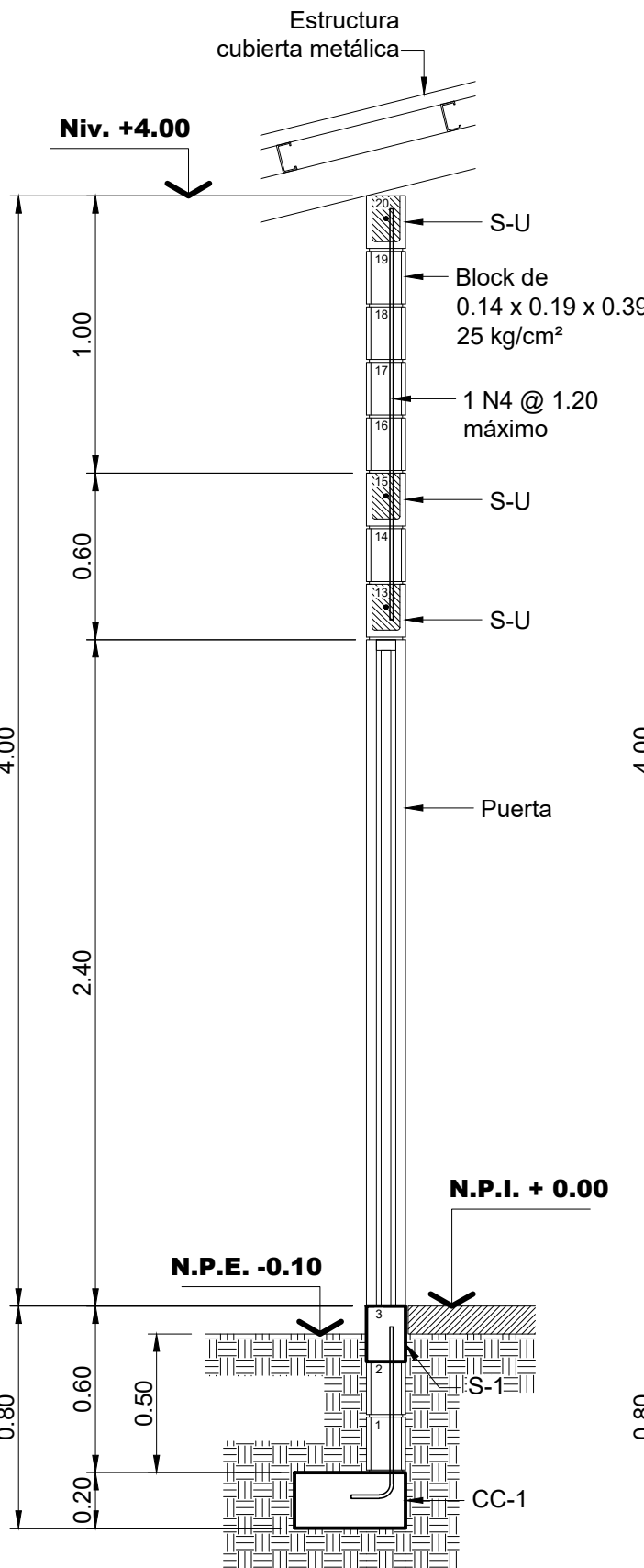


**SECCIÓN TÍPICA COLUMNA 4**

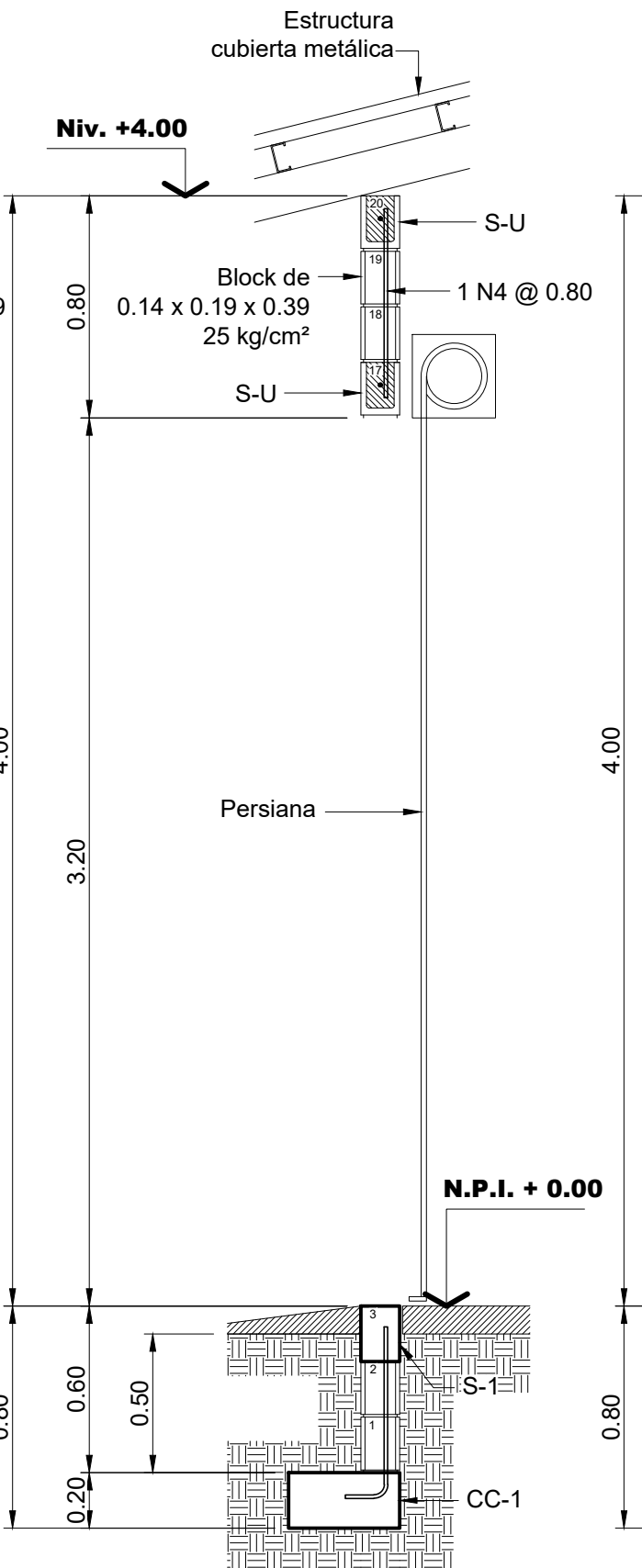
ESCALA 1: 7.5



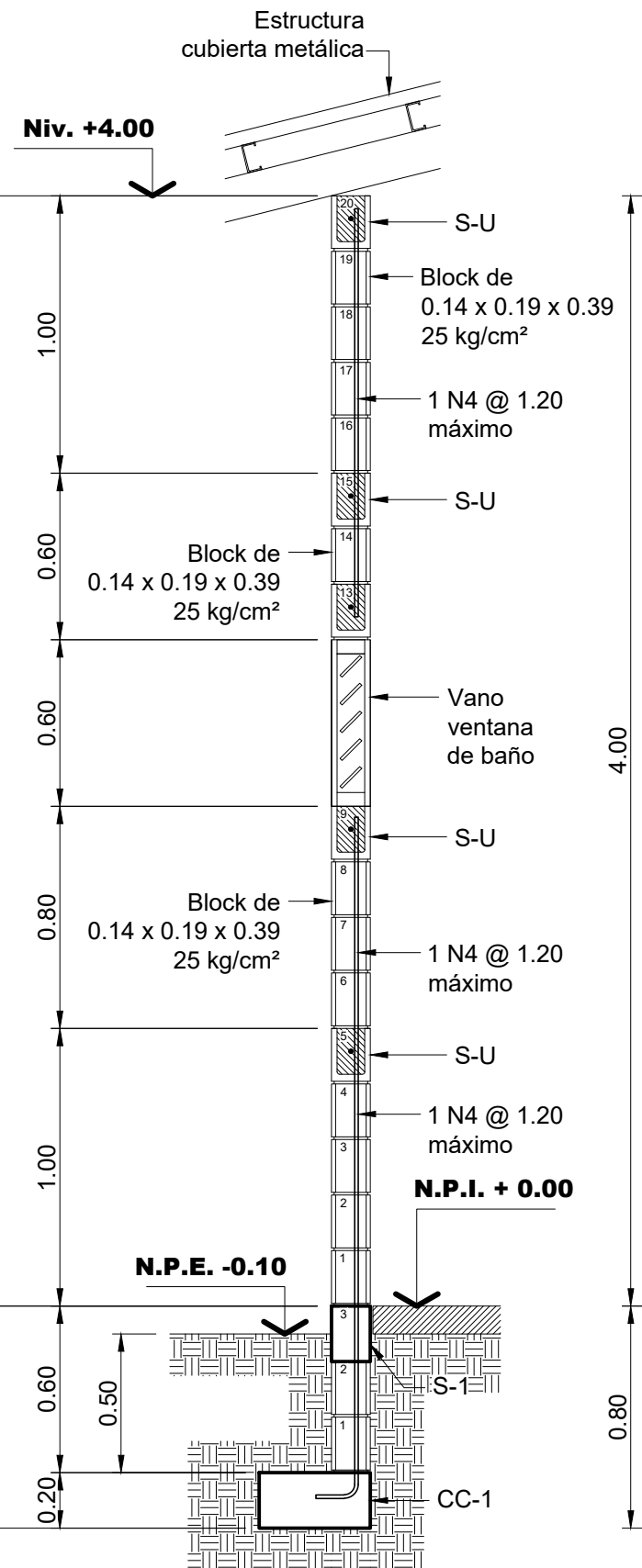
**SECCIÓN TÍPICA MURO 1**



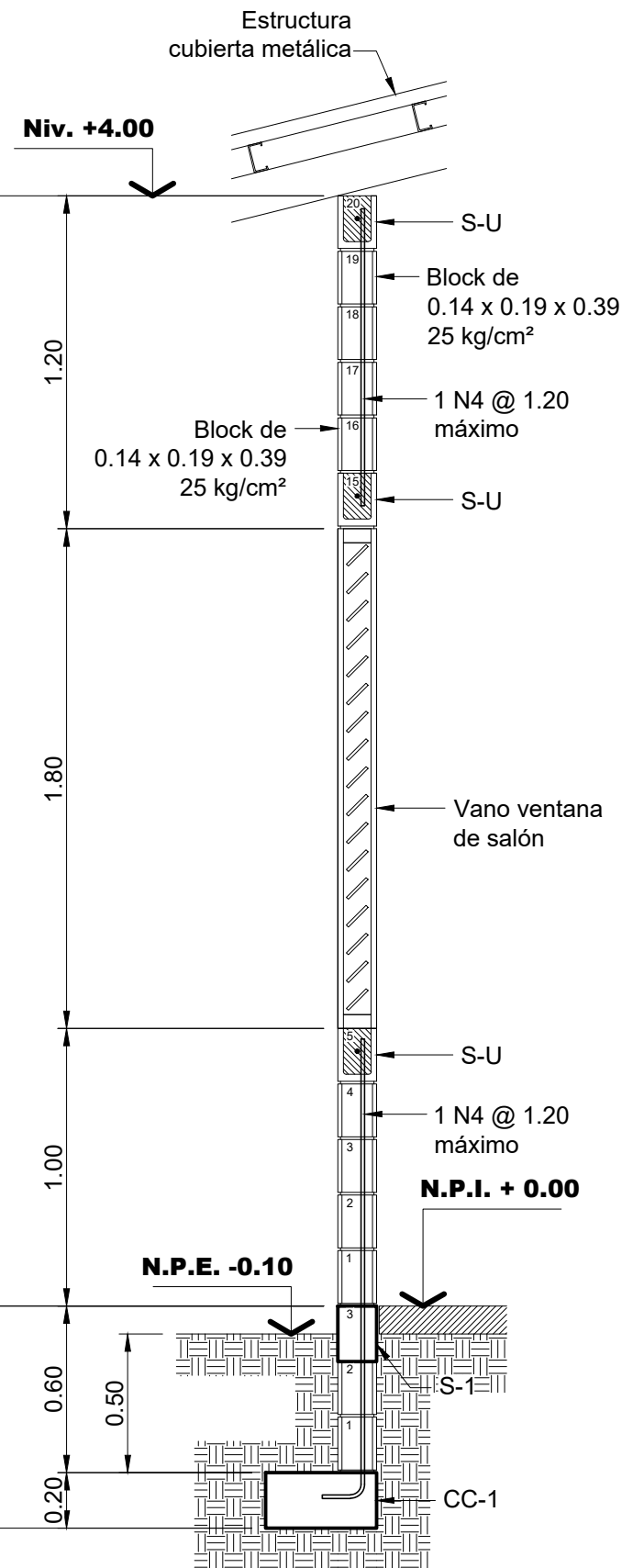
**SECCIÓN TÍPICA VANO DE PUERTA**



**SECCIÓN TÍPICA VANO DE PERSIANA**

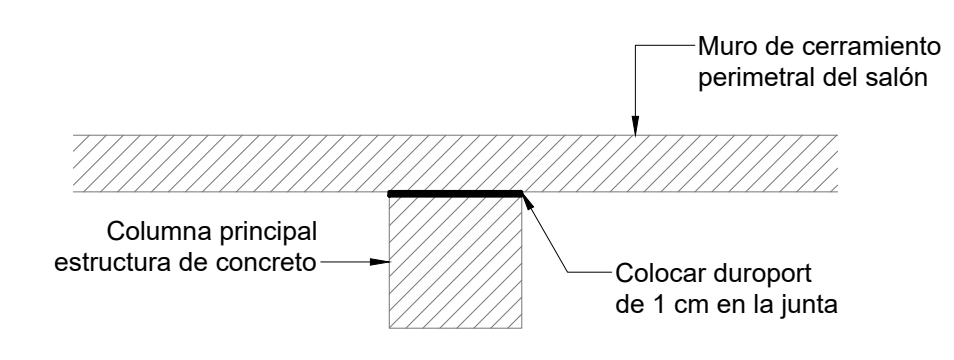


**SECCIÓN TÍPICA VENTANA DE BAÑO**



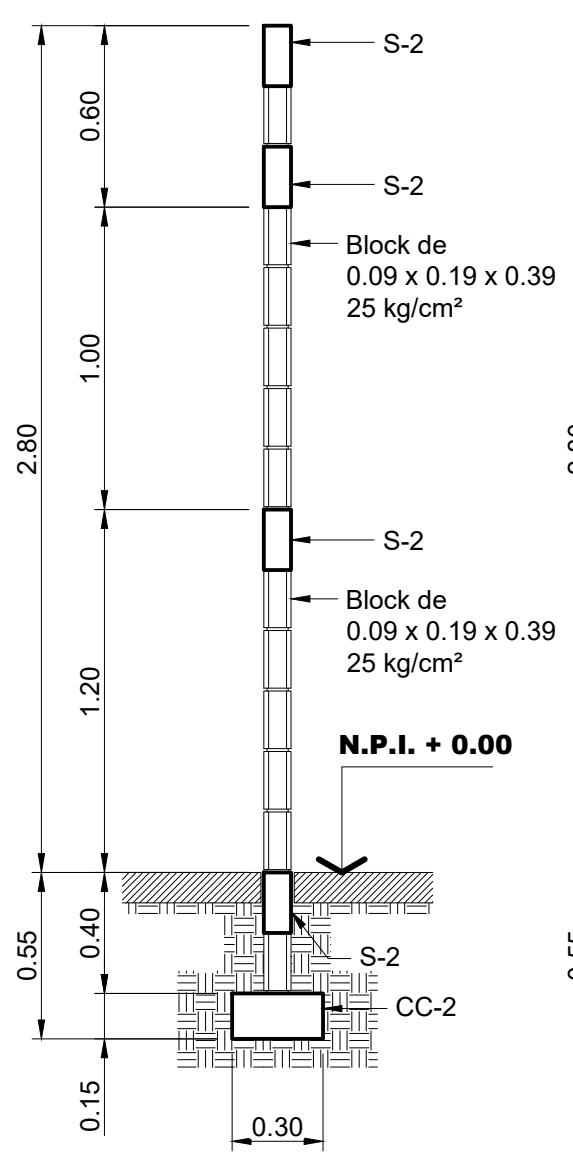
**SECCIÓN TÍPICA VENTANA DE SALÓN**

ESCALA 1: 25

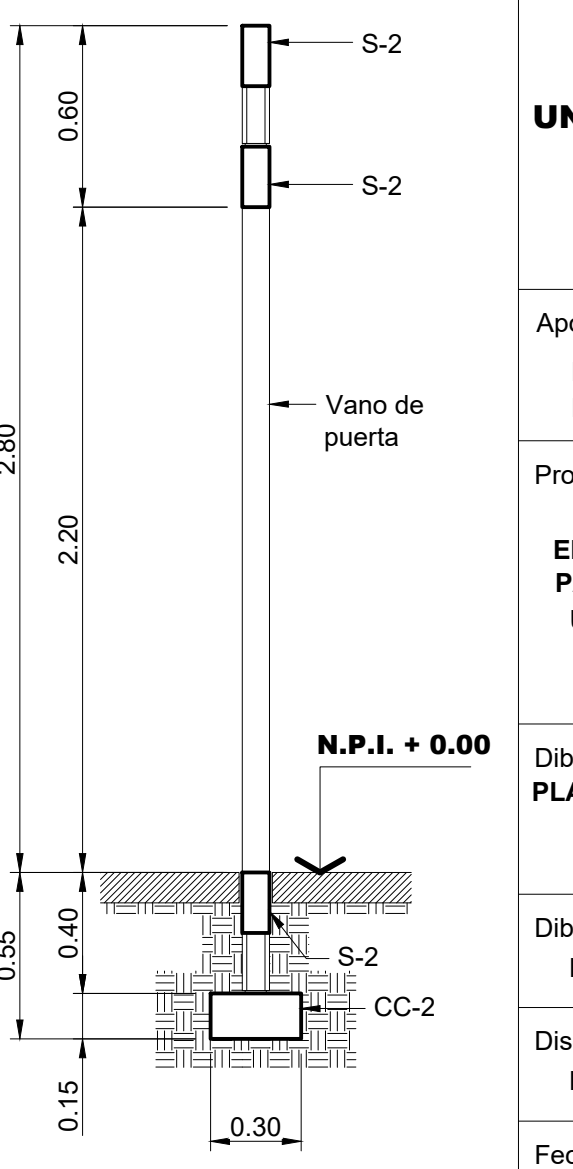


**PLANTA DETALLE DE JUNTA MURO - COLUMNA**

ESCALA 1: 12.5



**SECCIÓN TÍPICA MURO 2**



**SECCIÓN TÍPICA VANO DE PUERTA**

ESCALA 1: 25

- ABREVIATURAS:**
- C- = Indica columna
  - CC- = Indica cimiento corrido
  - CC- = Indica cimiento
  - M- = Indica muro
  - N = Número
  - Z- = Indica zapata

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
 MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

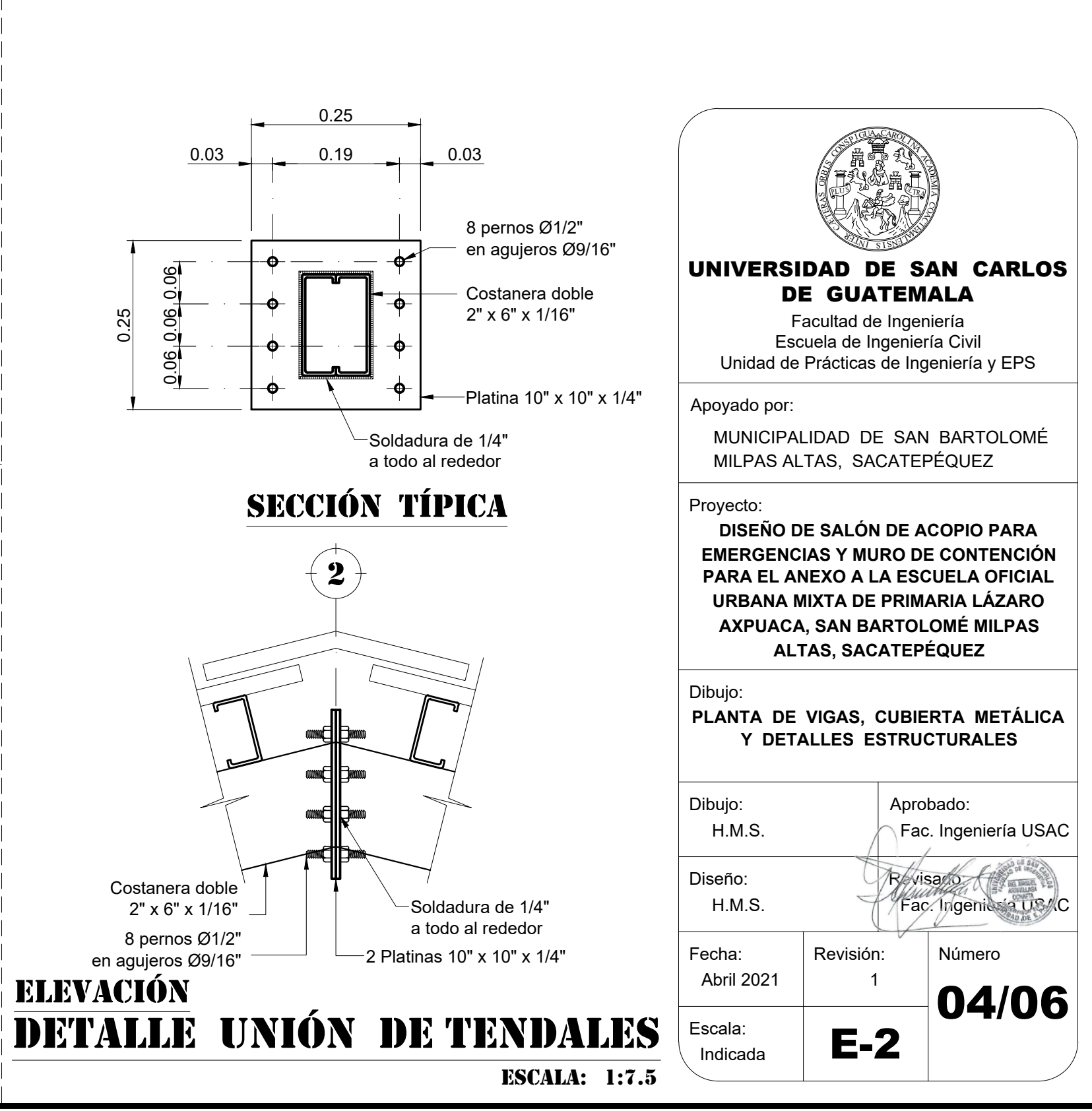
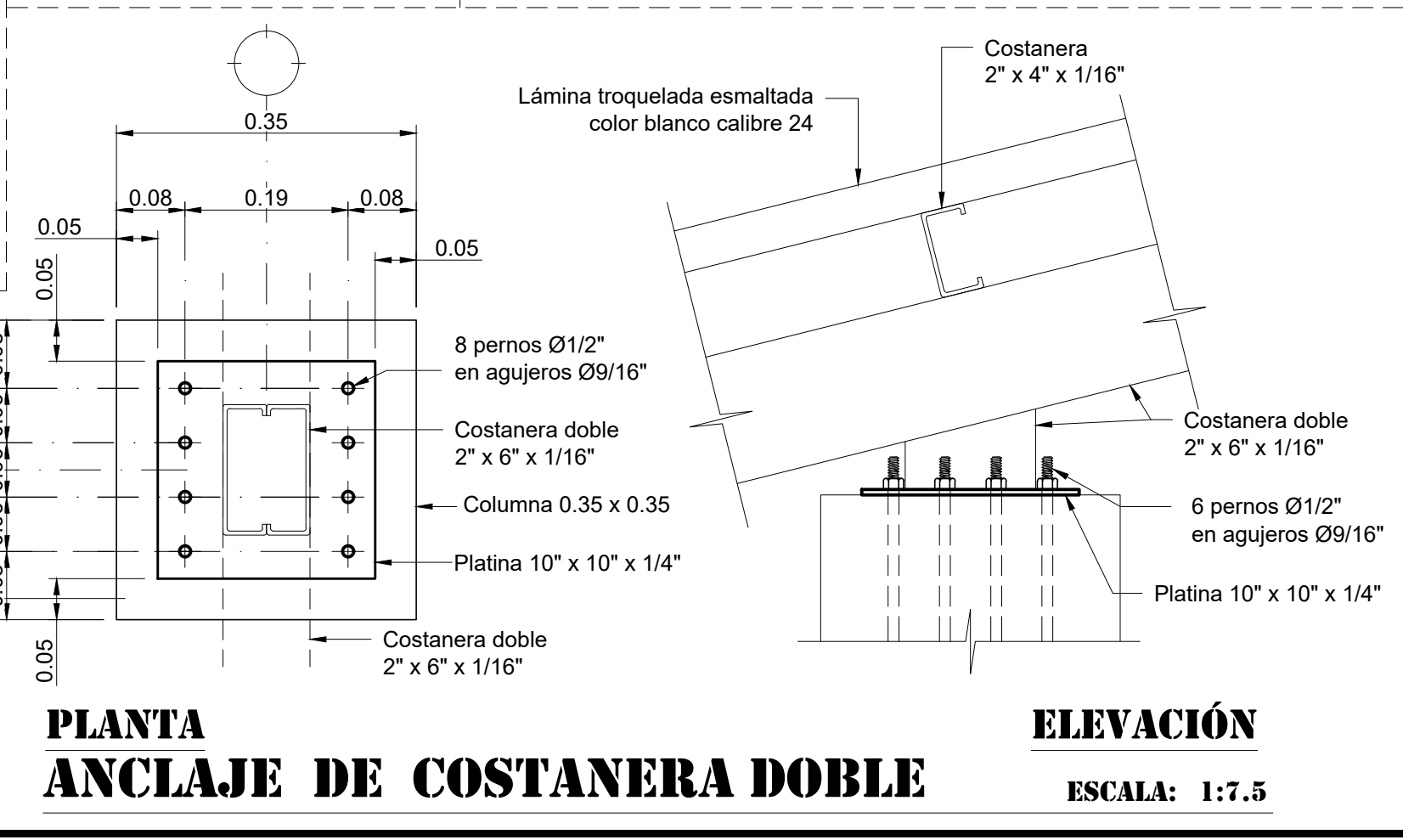
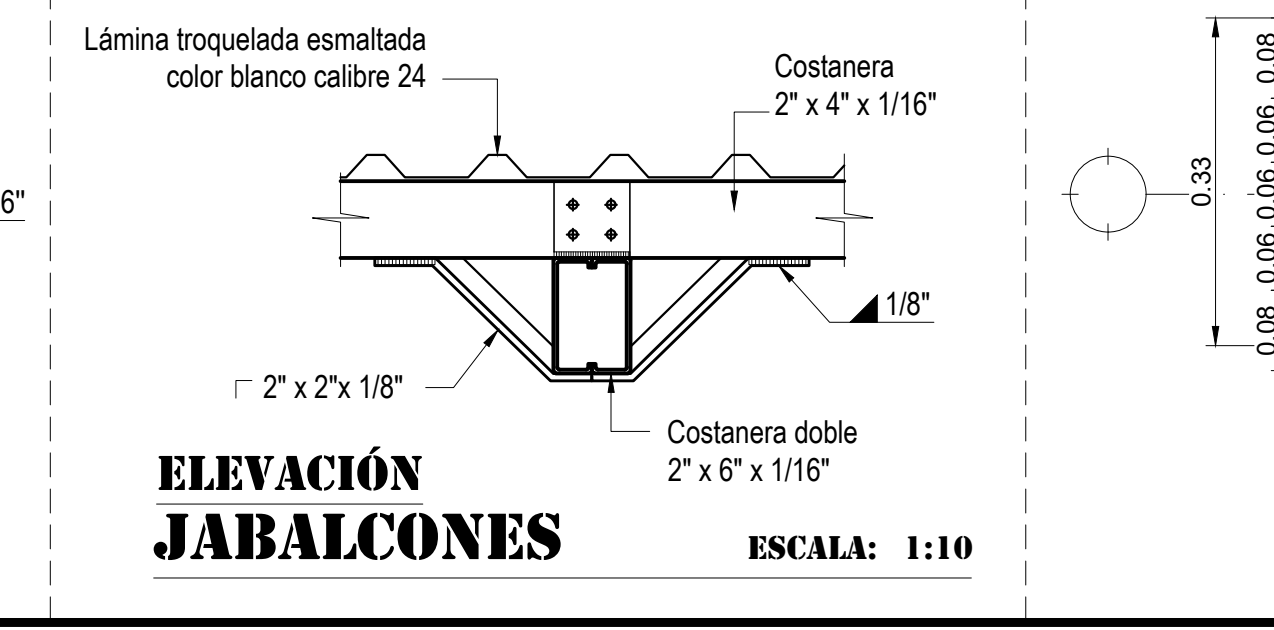
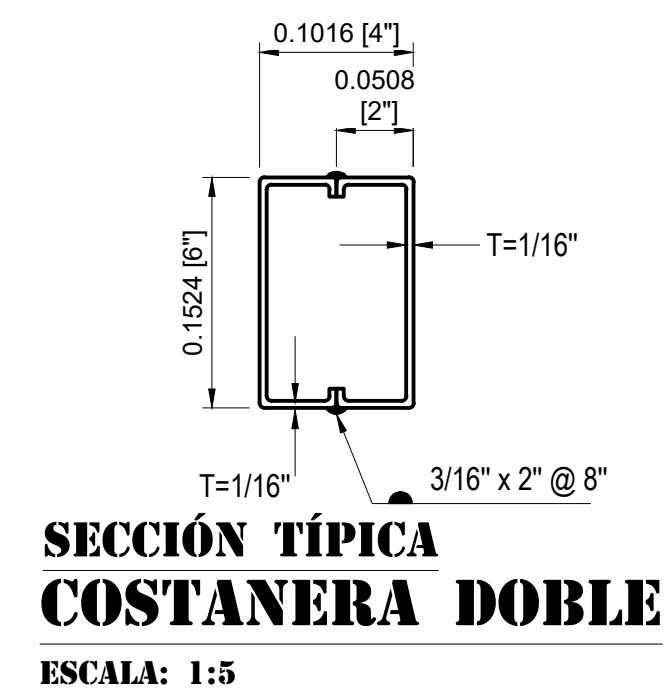
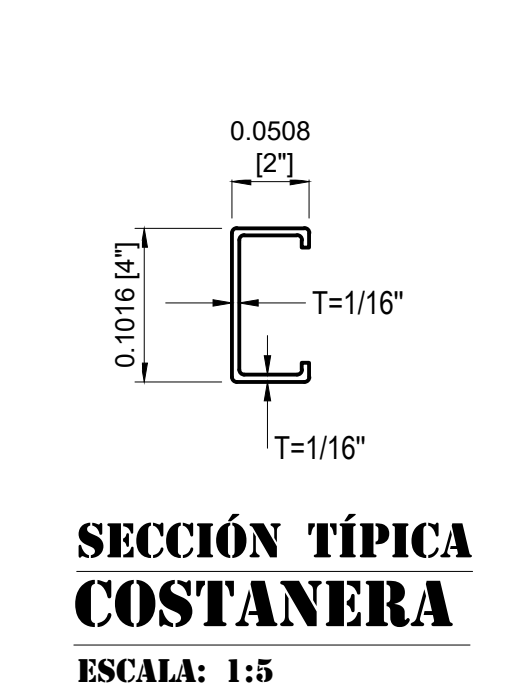
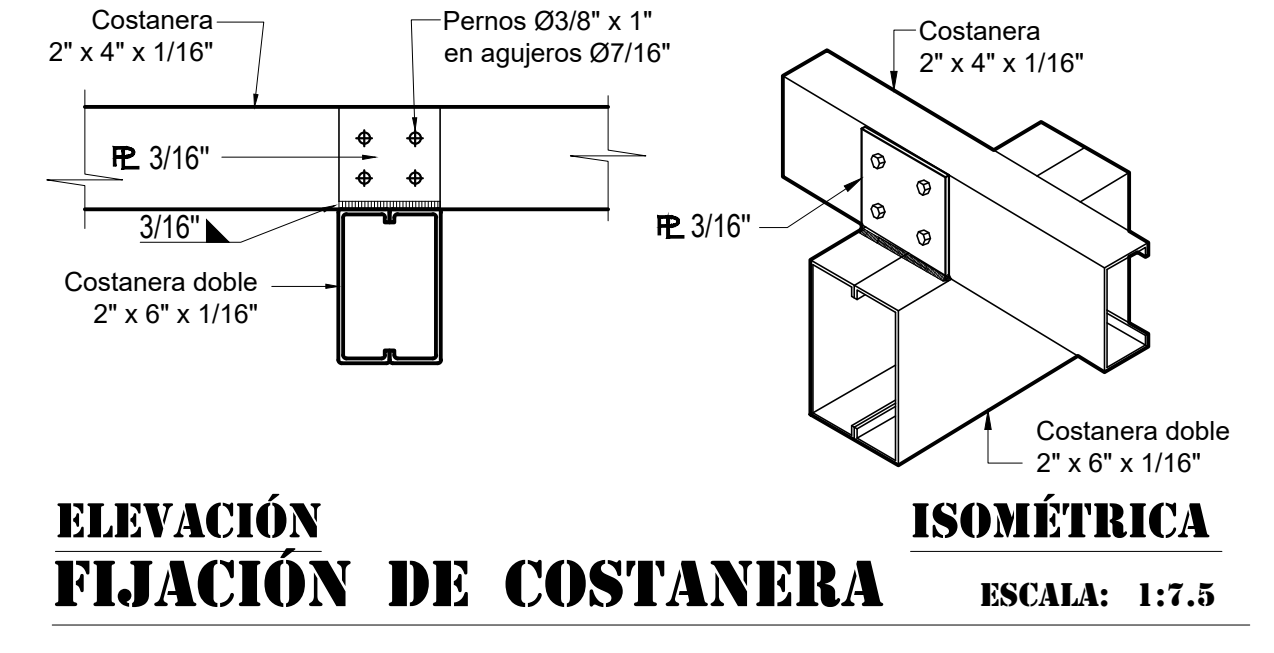
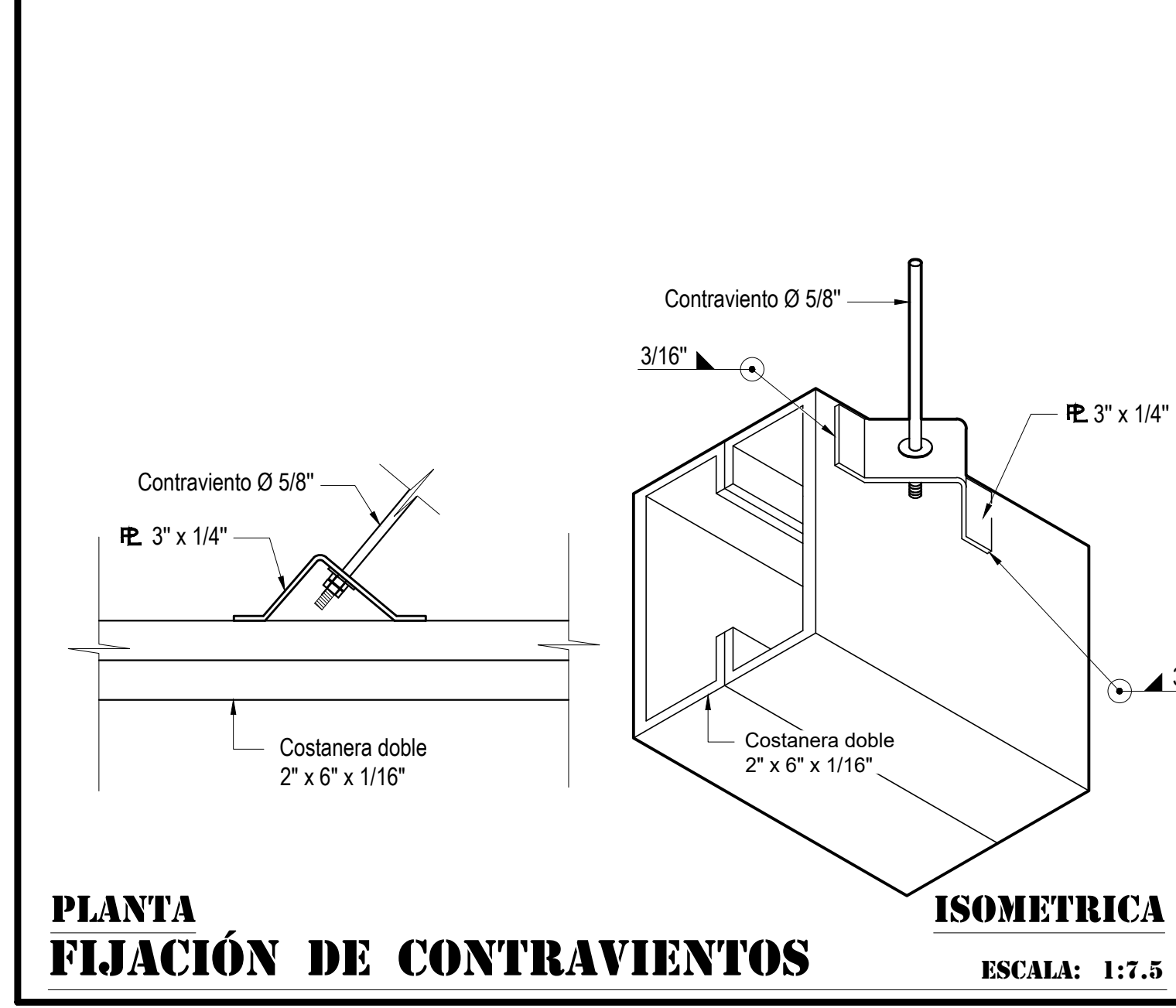
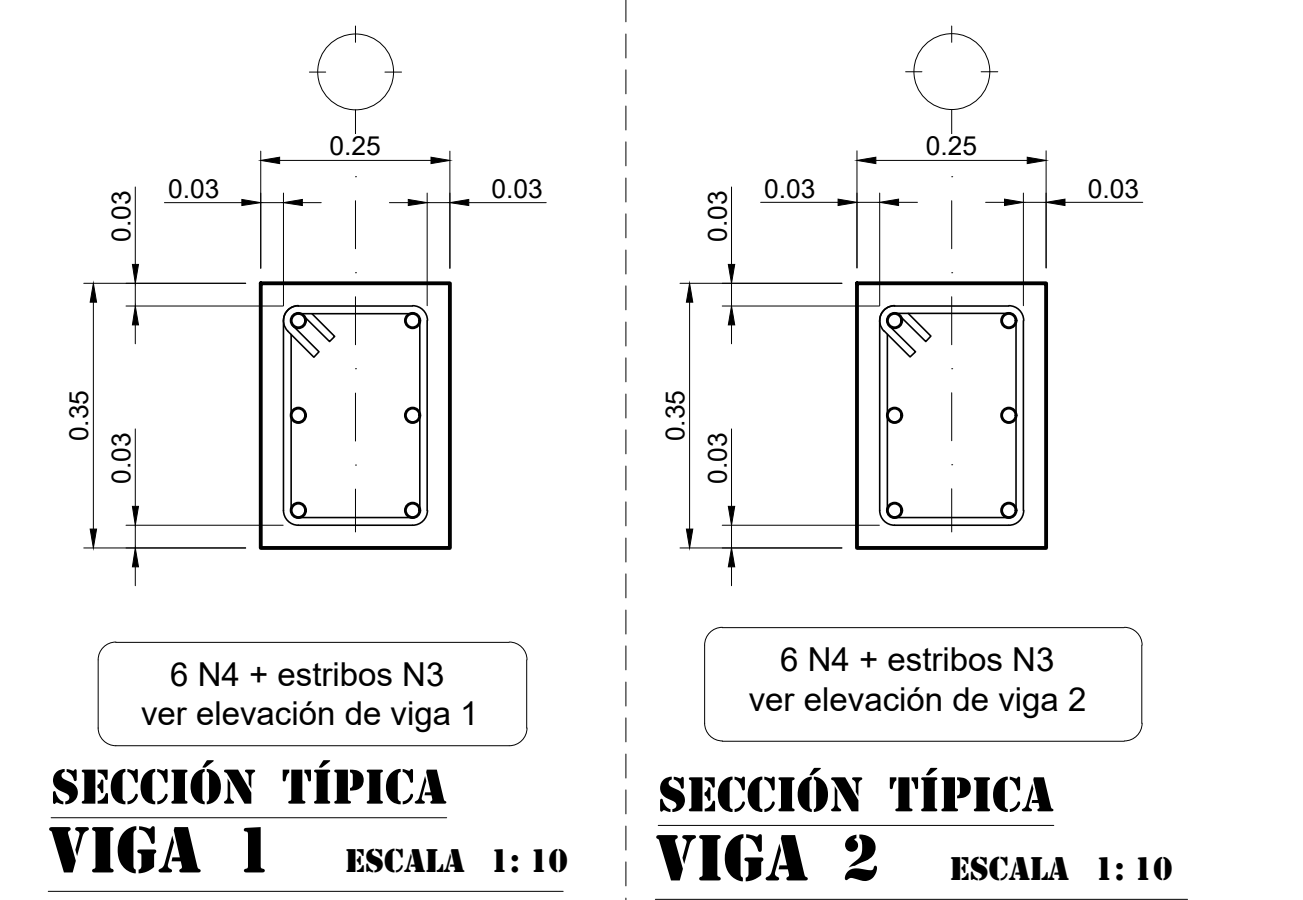
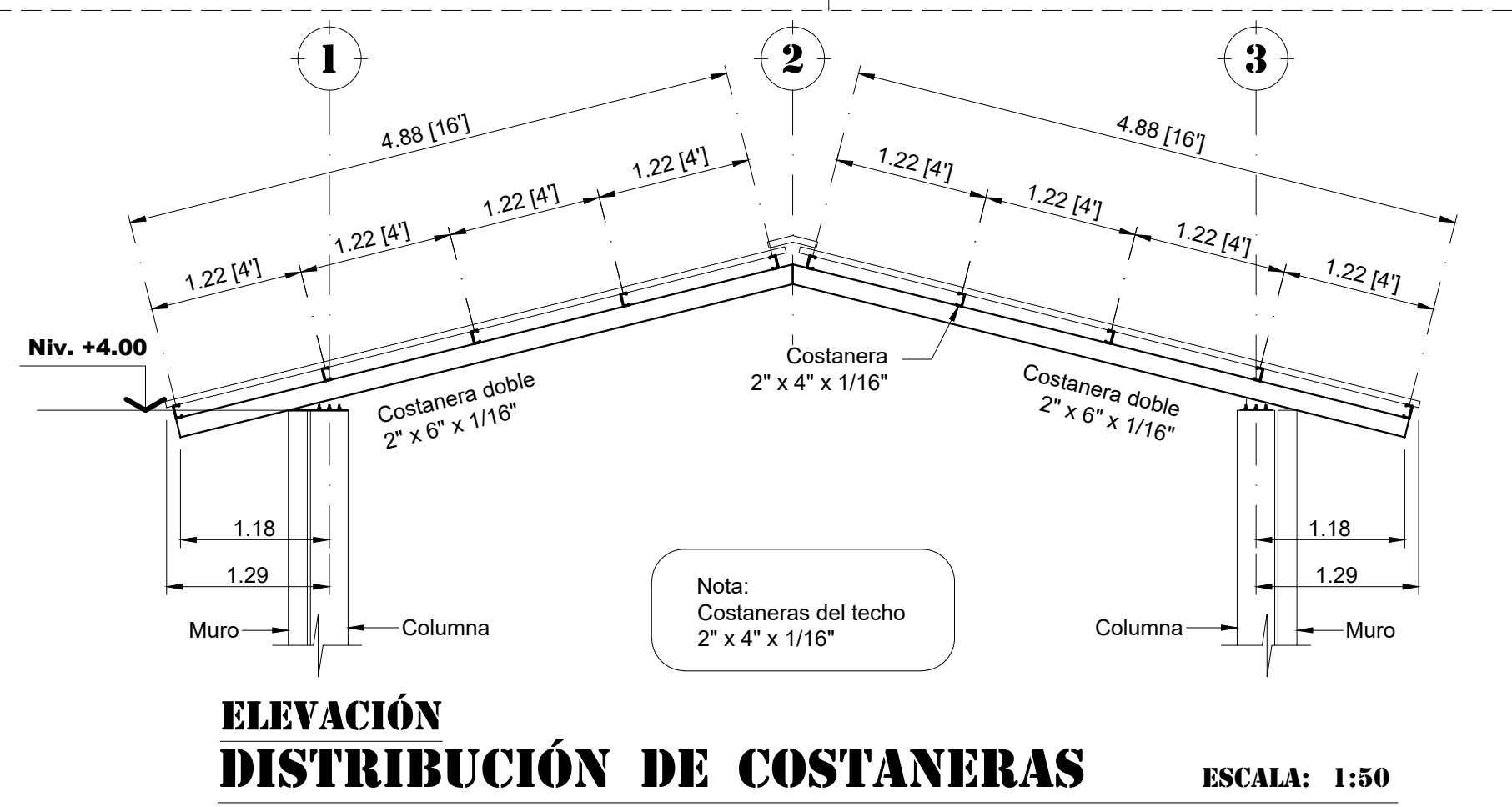
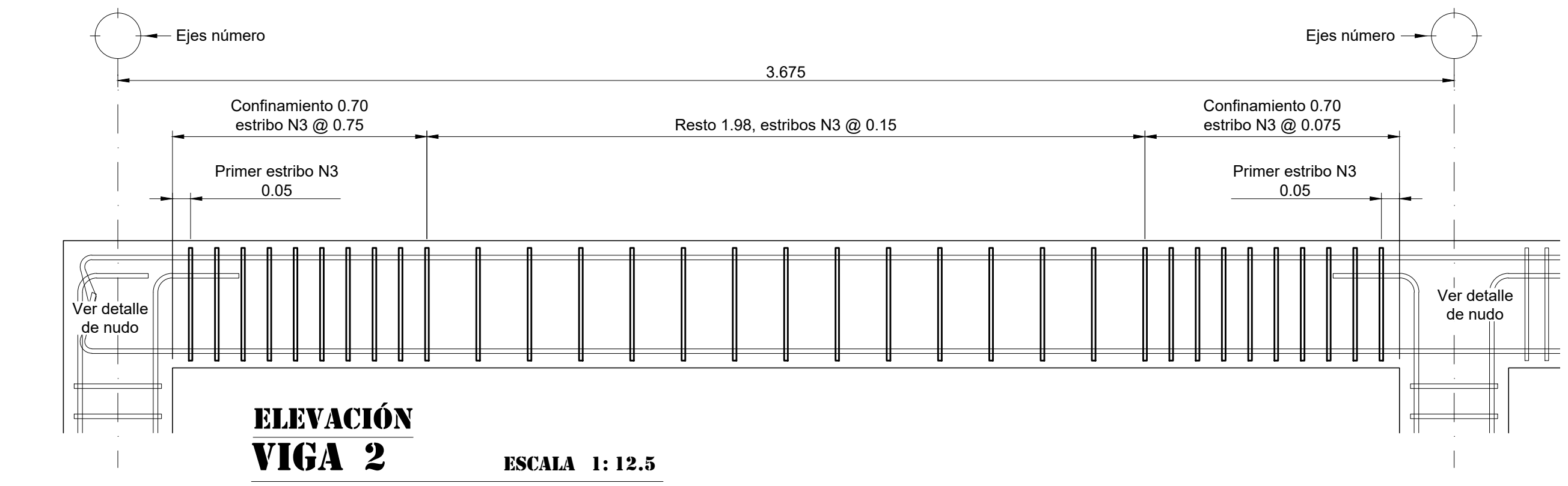
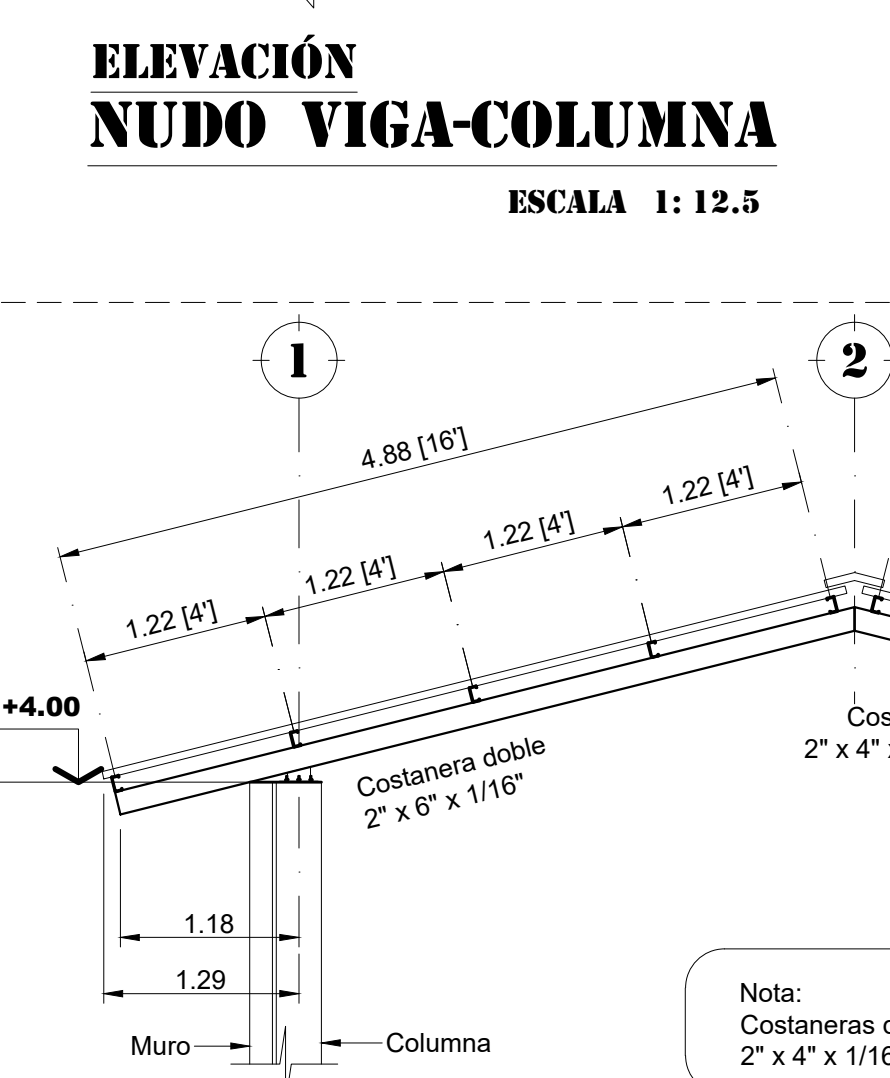
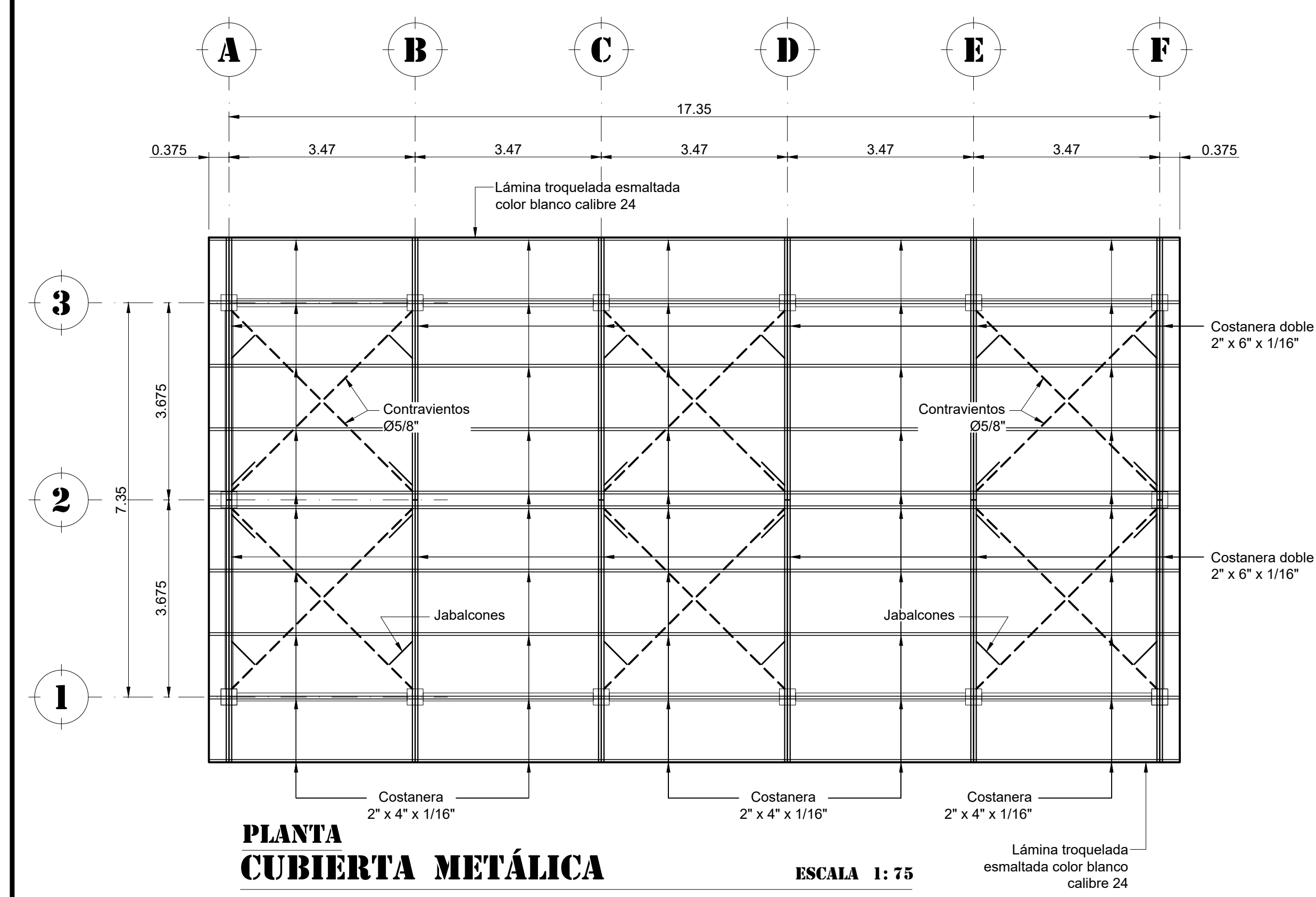
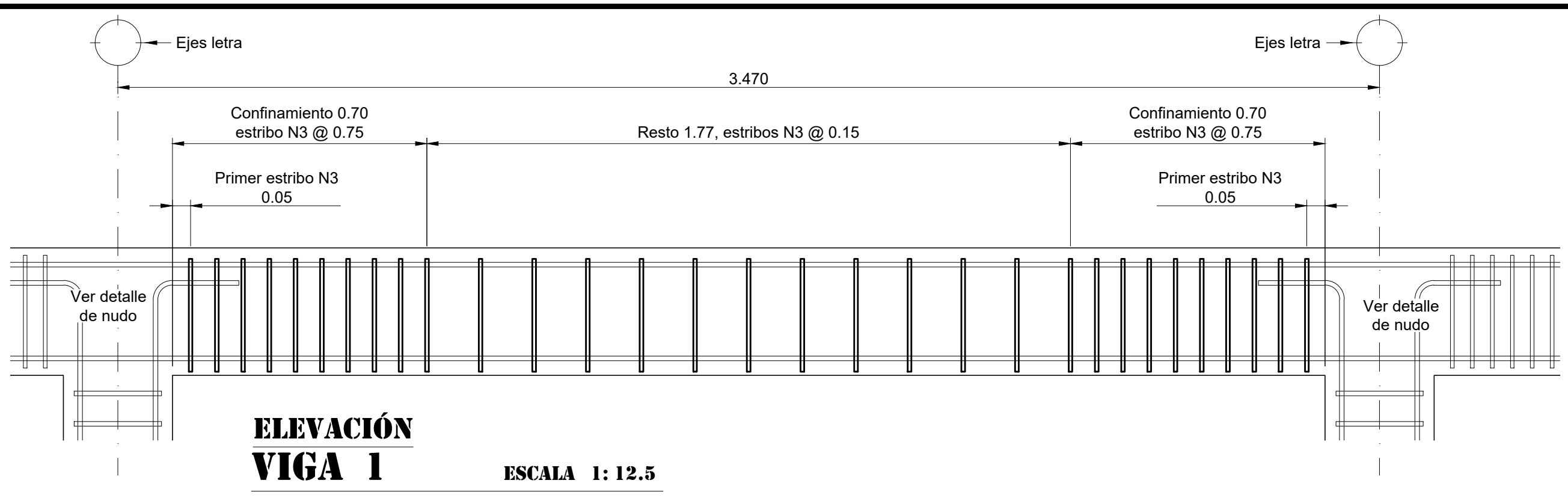
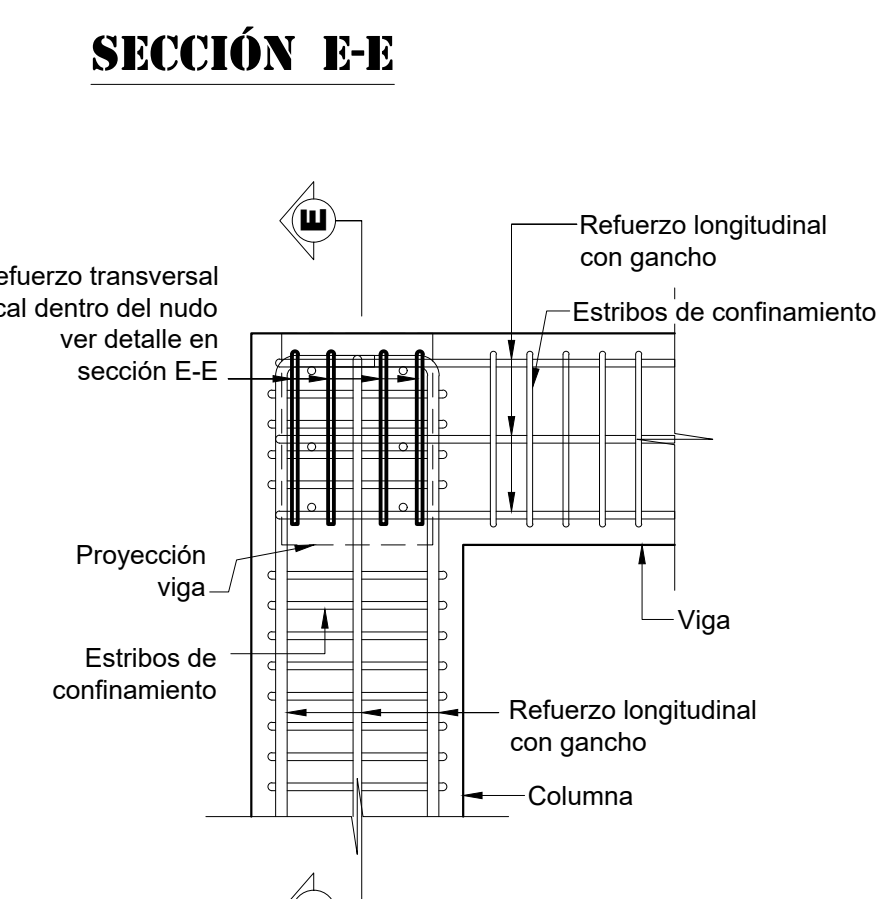
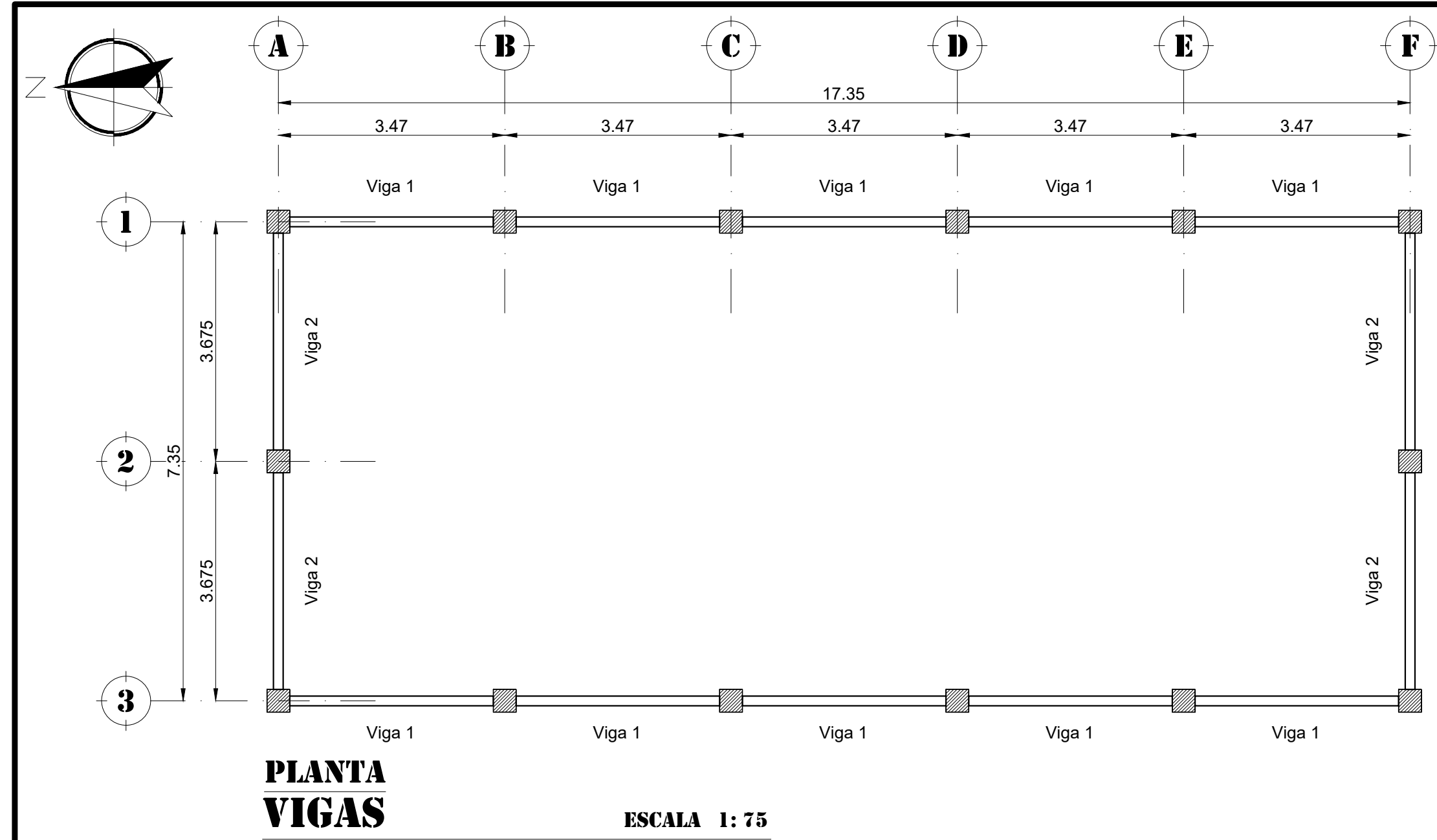
Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Dibujo:  
**PLANTA DE ZAPATAS, CIMENTOS, MUROS Y DETALLES ESTRUCTURALES**

Dibujo: H.M.S.      Aprobado: Fac. Ingeniería USAC  
 Diseño: H.M.S.      Revisado: Fac. Ingeniería USAC

Fecha: Abril 2021      Revisión: 1      Número: **03/06**  
 Escala: Indicada      **E-1**





**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

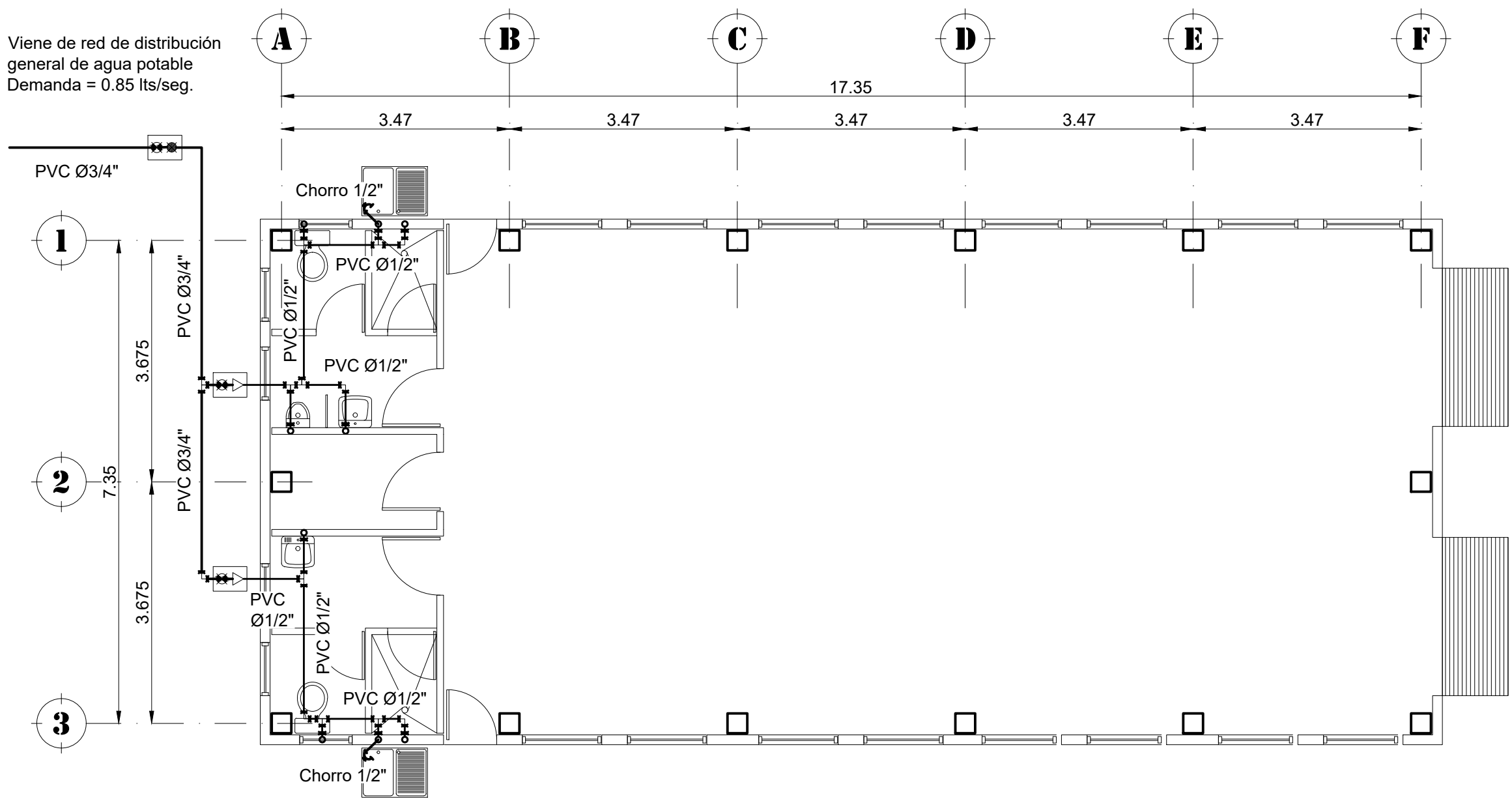
Proyecto:  
DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Dibujo:  
PLANTA DE VIGAS, CUBIERTA METÁLICA Y DETALLES ESTRUCTURALES

Dibujo:	H.M.S.	Aprobado:	Fac. Ingeniería USAC
Diseño:	H.M.S.	Revisado:	Fac. Ingeniería USAC
Fecha:	Abril 2021	Revisión:	1
Escala:	Indicada	Número:	<b>04/06</b>
			<b>E-2</b>



Viene de red de distribución general de agua potable  
Demanda = 0.85 ts/seg.



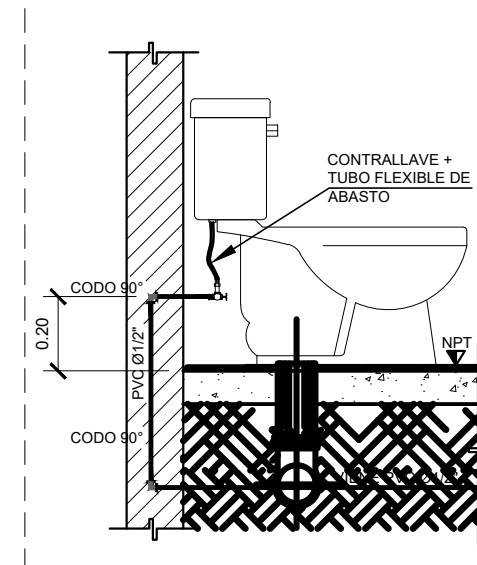
**PLANTA AGUA POTABLE**

ESCALA 1: 75

SIMBOLOGÍA AGUA POTABLE	
	ACOMETIDA AGUA POTABLE
	TOMA DE AGUA FRIA Y CALIENTE
	CODO PVC 90°
	TEE PVC
	TUBO PVC ø 3/4\"/>
	CALENTADOR ELECTRICO
	BOMBA HIDRONEUMATICA
	LLAVE DE COMPUERTA
	LLAVE DE CHEQUE

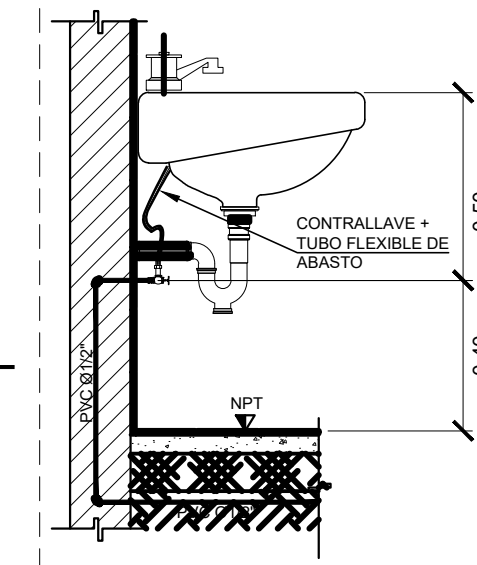
**ELEVACIÓN DUCHA**

ESCALA 1: 25



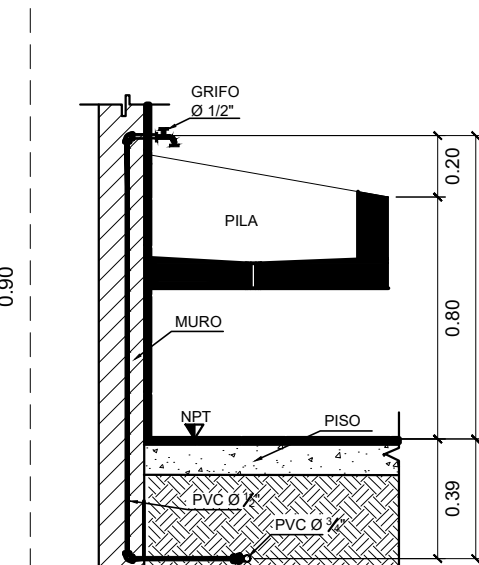
**ELEVACIÓN INODORO**

ESCALA 1: 25



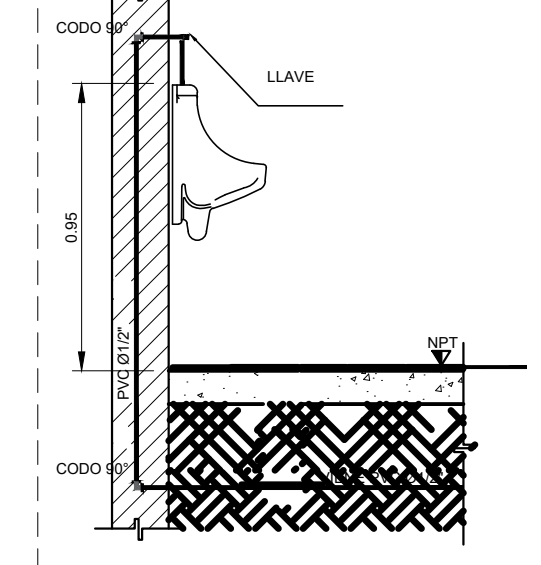
**DETALLE LAVAMANOS**

ESCALA 1: 25



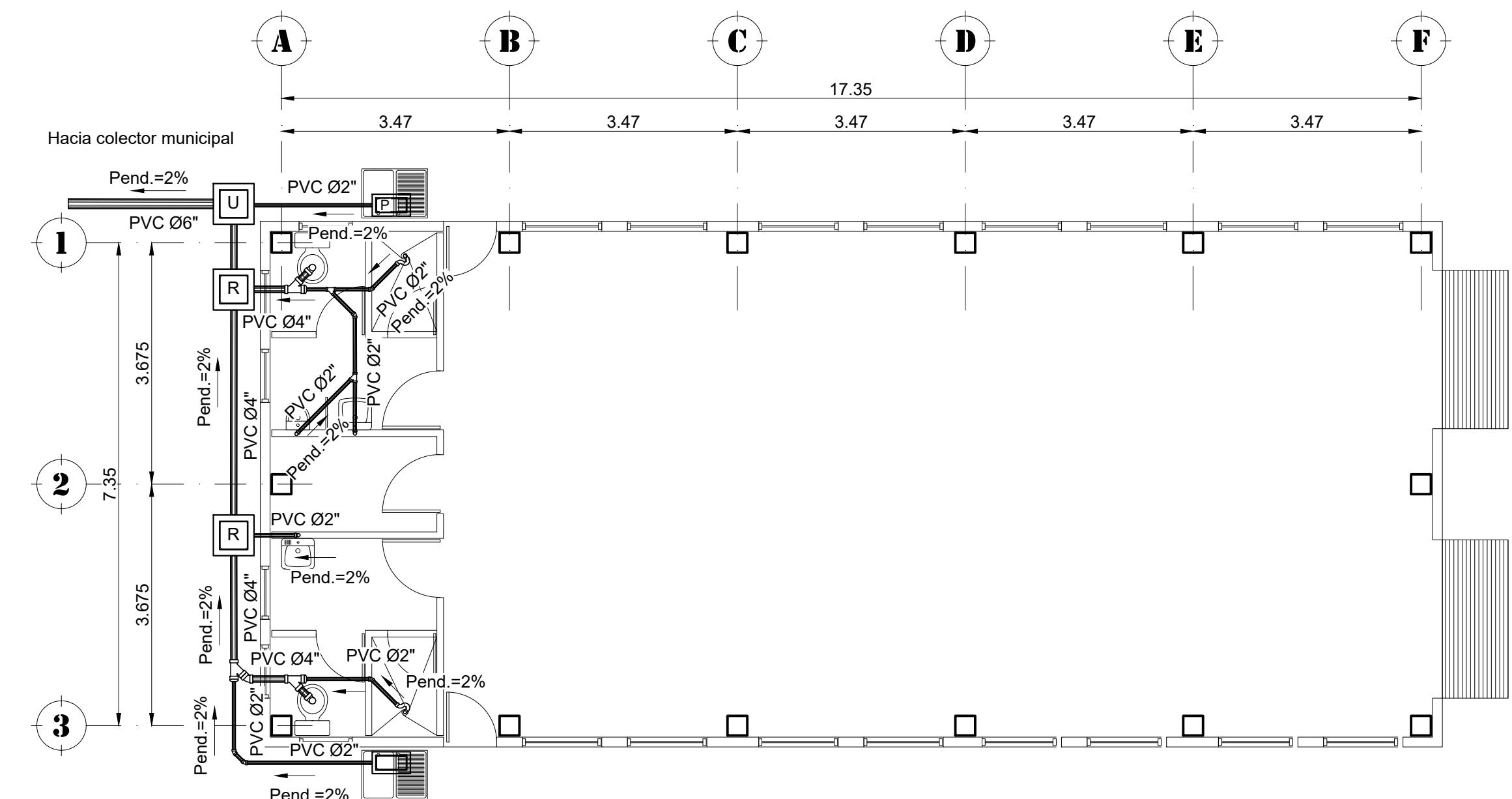
**DETALLE PILA**

ESCALA 1: 25



**DETALLE MINGITORIO**

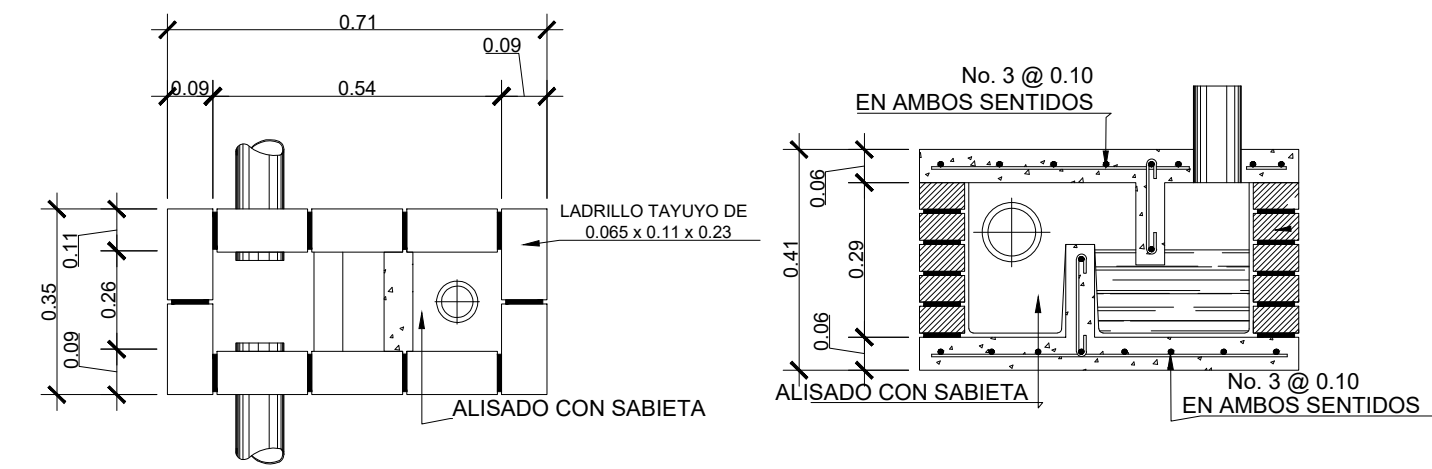
ESCALA 1: 25



**PLANTA DRENAJE DE AGUAS NEGRAS**

ESCALA 1: 75

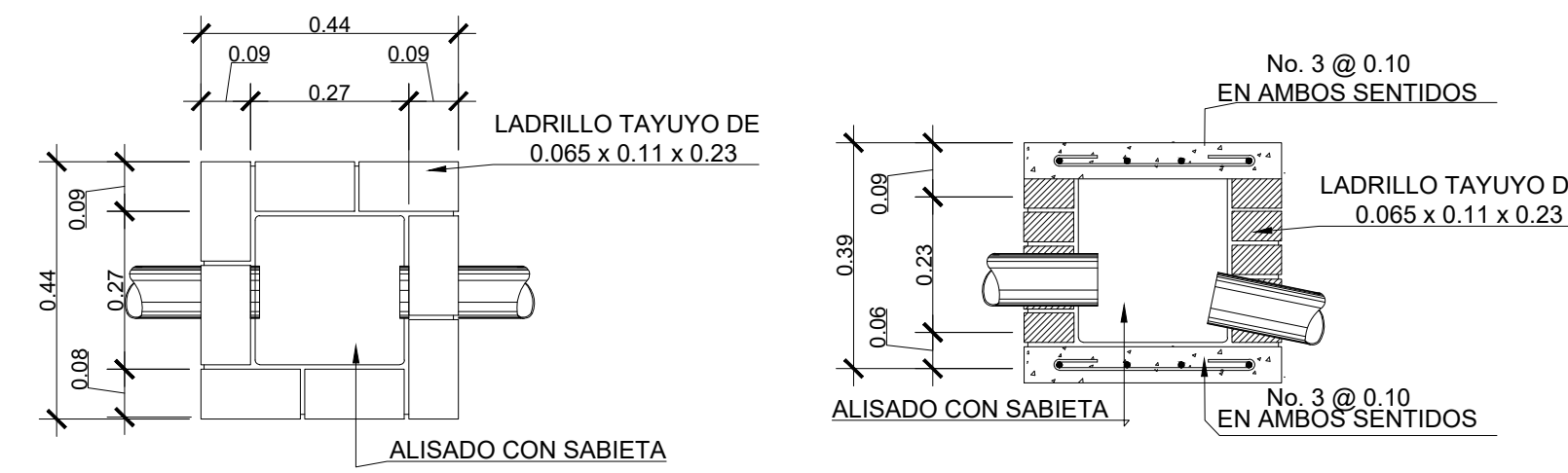
SIMBOLOGÍA DE DRENAJES - AGUAS NEGRAS			
	CAJA PARA PILA		SIFÓN TERMINAL PERFIL - PVC
	CAJA ATRAPA GRASA		YE - PVC
	CAJA UNION		YE DOBLE - PVC
	PENDIENTE Y DIRECCIÓN DE DESECHOS		CODO 90° PERFIL
	TUBO DE DRENAJE AGUAS NEGRAS		CODO 90° ELEVACIÓN - PVC
	REDUCTOR DE 4\"/>		
			CODO 45° PERFIL - PVC
			CODO 90° BAJA - PVC



**PLANTA CAJA PARA PILA**

**ELEVACIÓN**

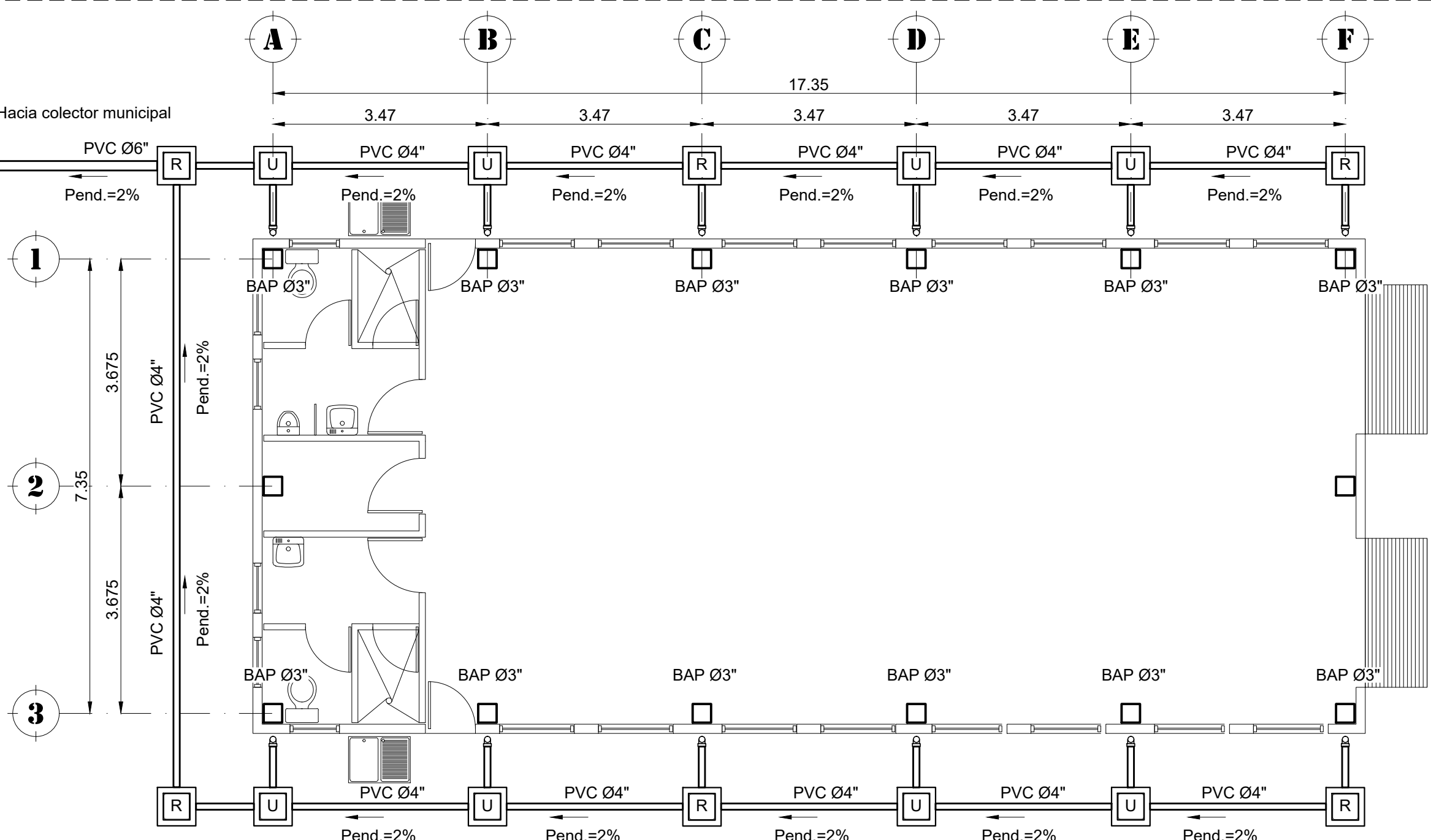
ESCALA 1: 20



**PLANTA CAJA DE UNIÓN**

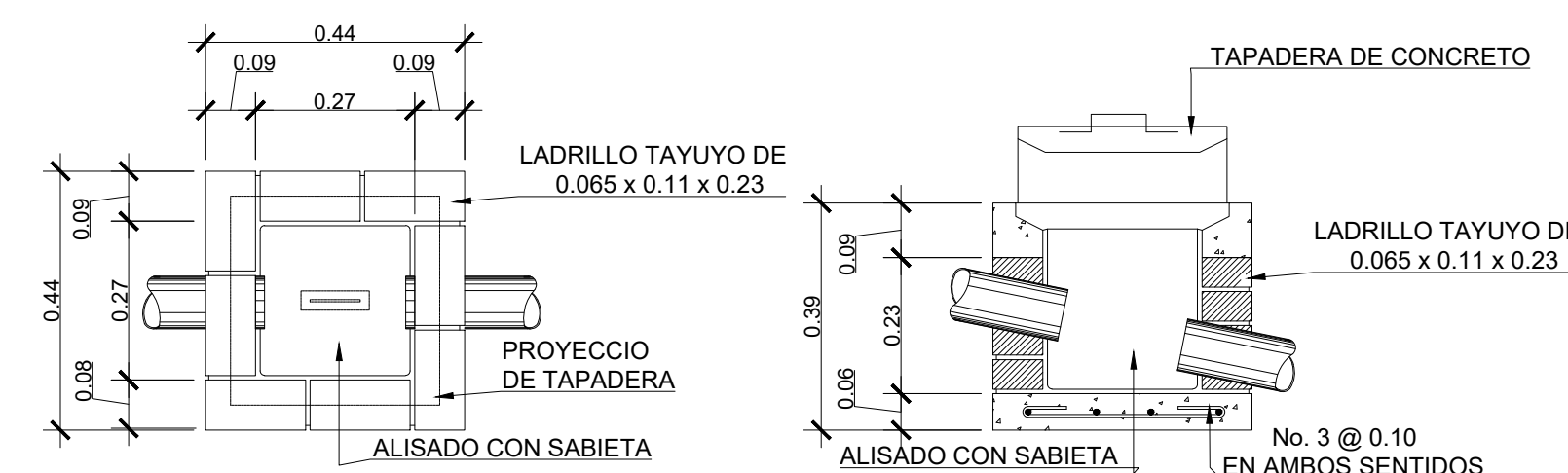
**ELEVACIÓN**

ESCALA 1: 12.5



**PLANTA AGUA PLUVIAL**

ESCALA 1: 75

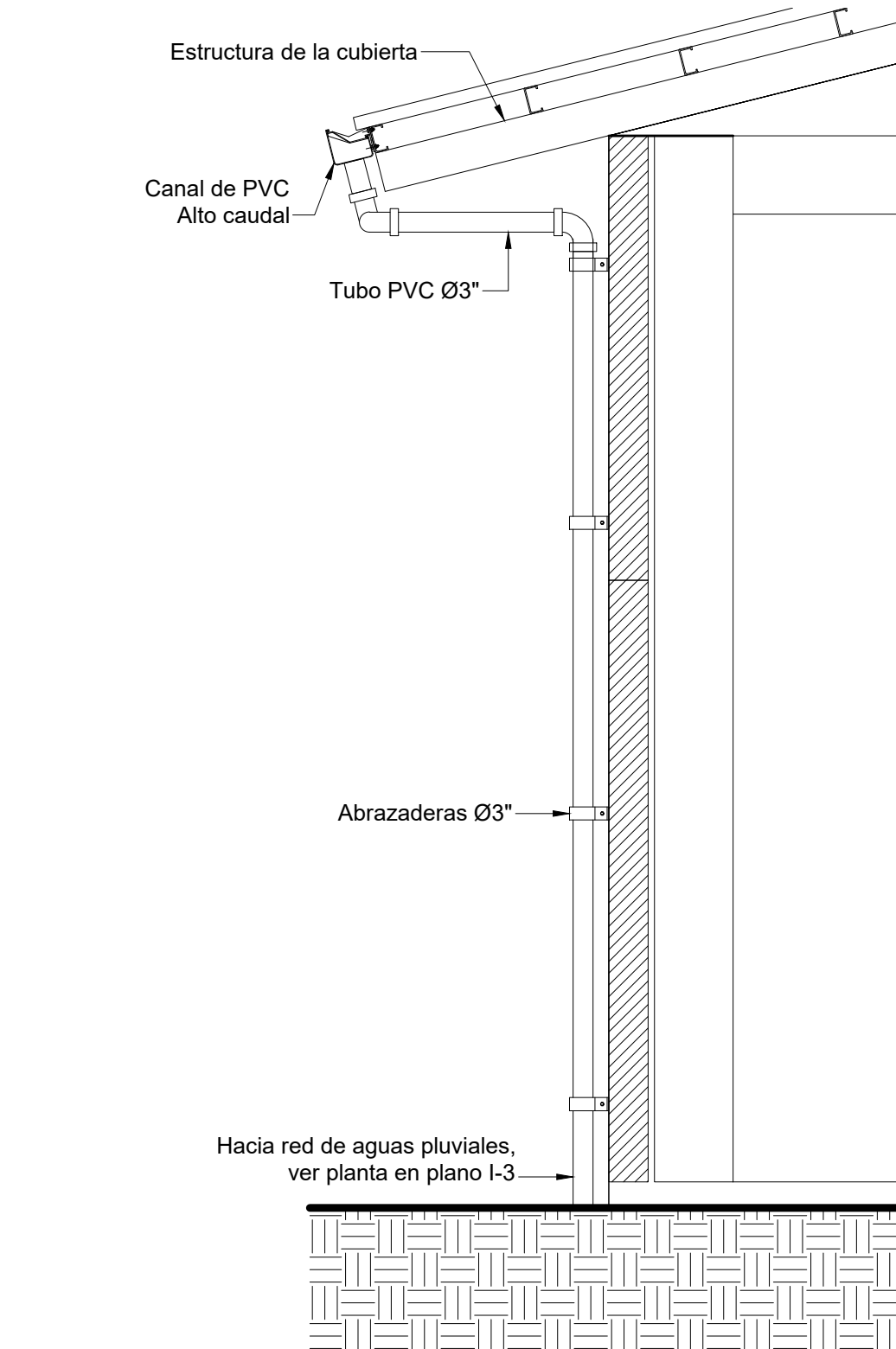


**PLANTA CAJA DE REGISTRO**

**ELEVACIÓN**

ESCALA 1: 12.5

SIMBOLOGÍA DE DRENAJES PLUVIALES			
	CAJA UNION		YE - PVC
	REPOSADERA		CODO 90° ELEVACIÓN - PVC
	TUBO DE DRENAJE AGUA PLUVIAL		CODO 45° PERFIL - PVC
<b>BAP</b>	BAJADA DE AGUA PLUVIAL		CODO 90° BAJA - PVC



**DETALLE DE BAJADA DE AGUA PLUVIAL**

ESCALA 1: 25

- PLANOS DE DRENAJES:**
- Las bajadas de aguas negras y pluviales estarán sujetas con abrazaderas de 3".
  - Lasas zanjas de drenaje deberán ser debidamente compactadas con material selecto, tanto en su base como en la parte superior.
  - Pendiente para aguas negras 1%.
  - Pendiente para aguas pluviales 1%.
  - Tubería para aguas negras: 2", 4" y 6" de 80 PSI.
  - Tubos para bajadas pluviales serán de PVC 3" de tubo para drenaje color naranja de 45 PSI.

- PLANOS DE AGUA POTABLE:**
- La tubería PVC será de 1/2" 250 PSI y 3/4" de 160 PSI.
  - La profundidad a la que deberá ser colocada la tubería de la instalación hidráulica será de 0.30 m. Como mínimo respecto del nivel +0.00

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

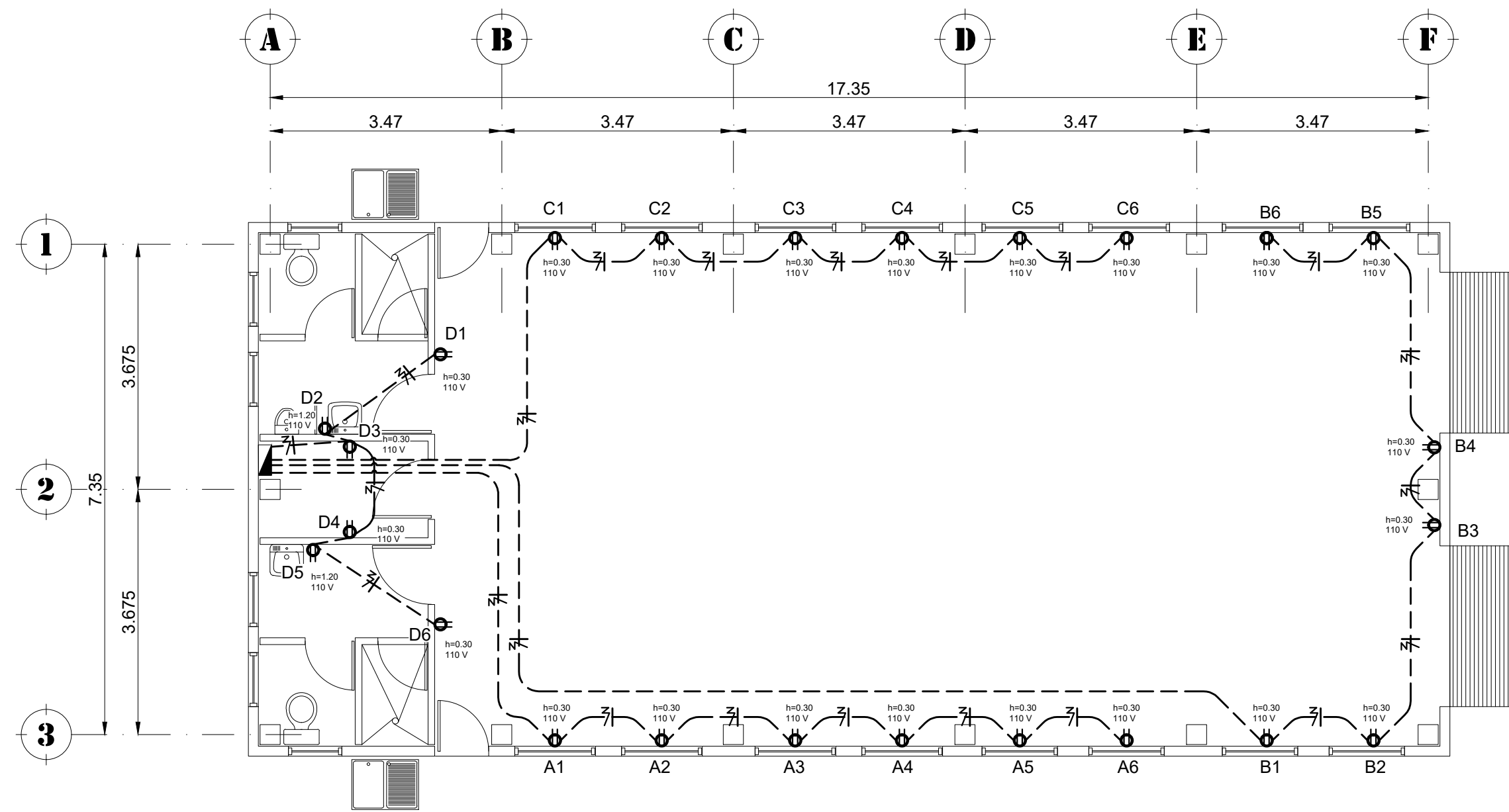
Dibujo:  
PLANTA DE AGUA POTABLE, PLANTA DE DRENAJES DE AGUAS NEGRAS, PLANTA DE DRENAJES DE AGUAS PLUVIALES Y DEALLES

Dibujo:  
H.M.S. Aprobado:  
Fac. Ingeniería USAC

Diseño:  
H.M.S. Revisado:  
Fac. Ingeniería USAC

Fecha:  
Abril 2021 Revisión:  
1 Número  
**05/06**

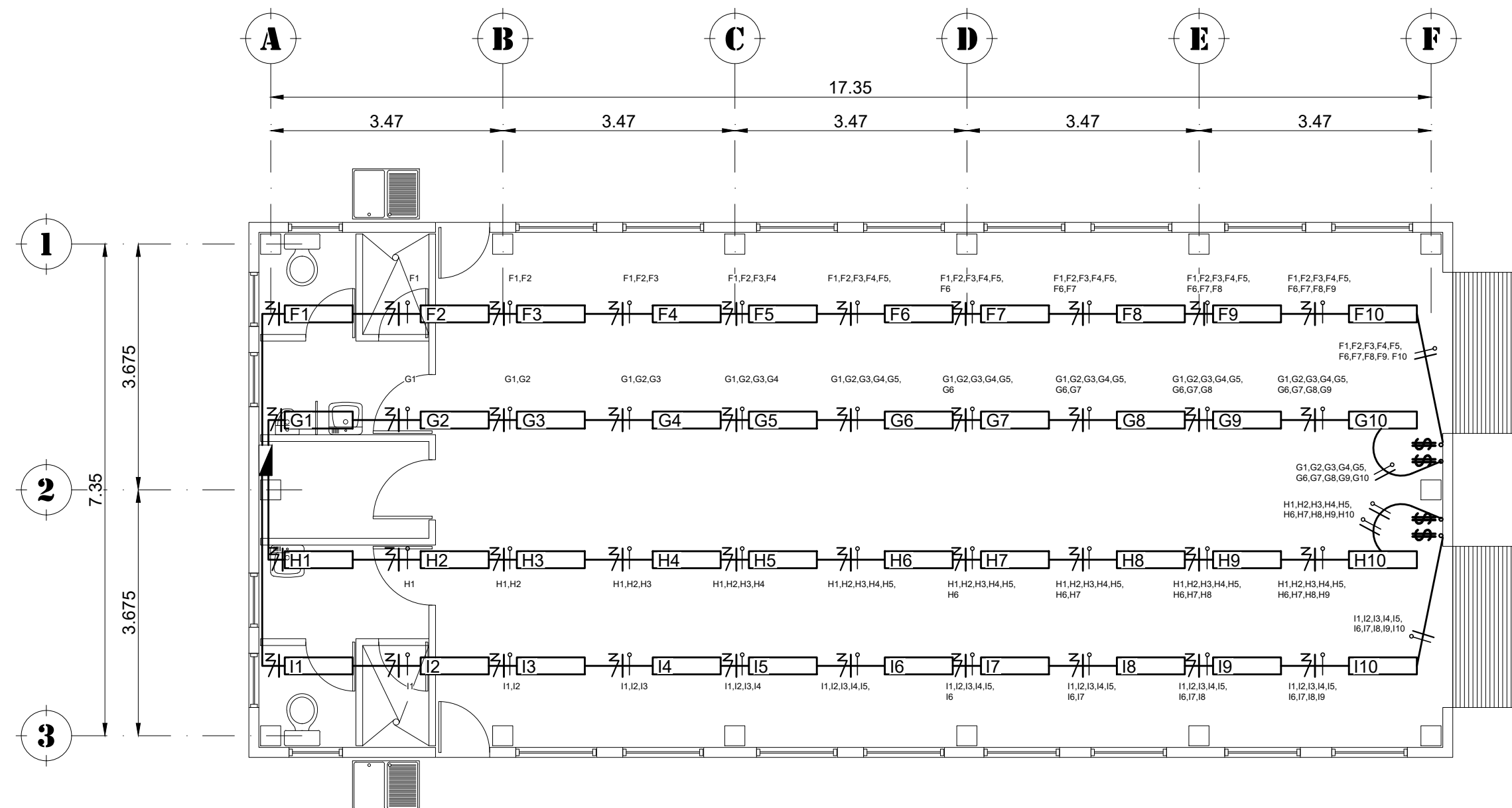
Escala:  
Indicada **I-1**



**PLANTA FUERZA ELÉCTRICA**

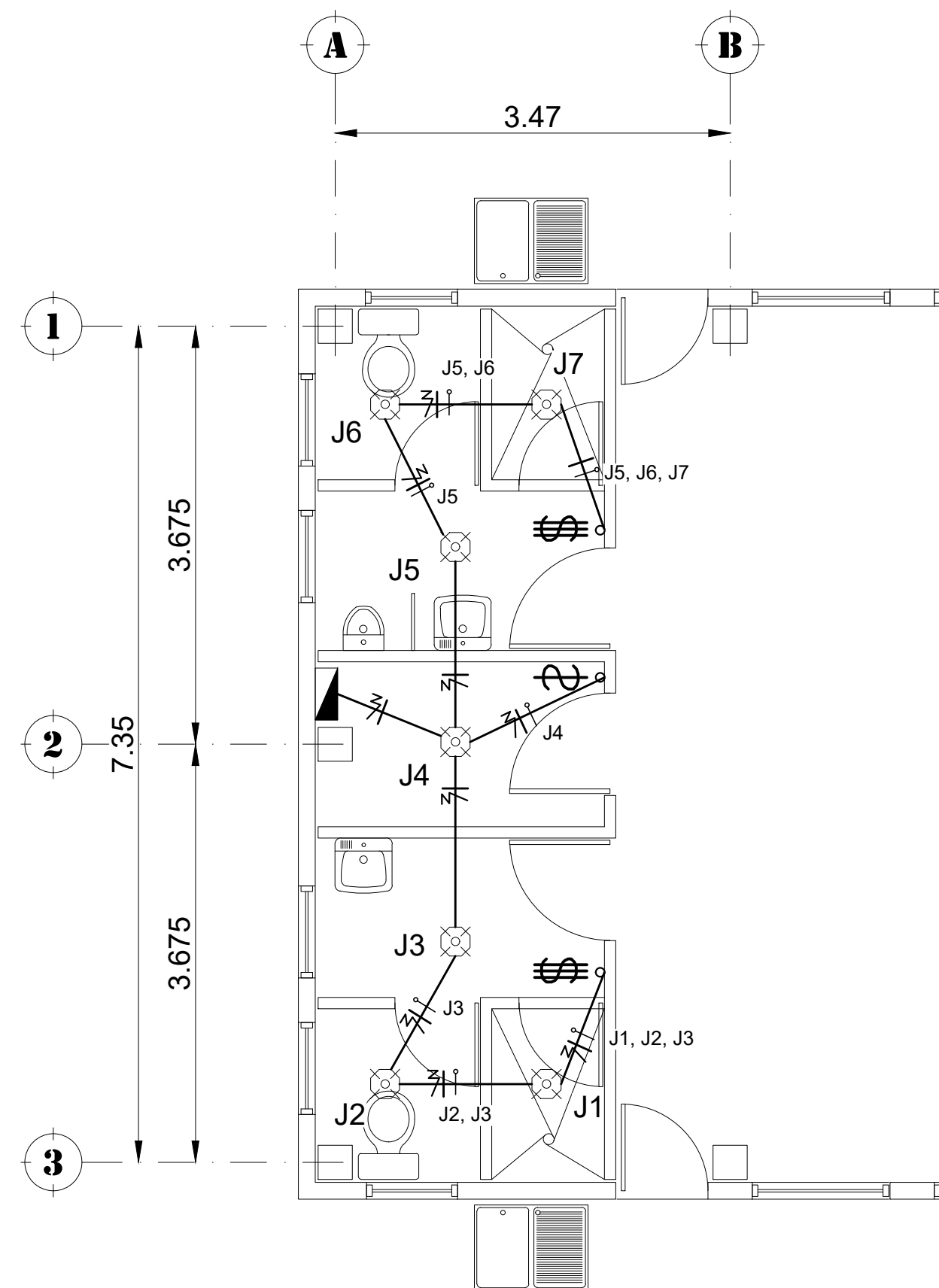
ESCALA 1: 75

SIMBOLOGÍA FUERZA			
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	PVC ELÉCTRICO Ø 3/4" EN PISO.		LÍNEA NEUTRA
	TABLERO DE CONTROL DE CIRCUITOS		LÍNEA DE TIERRA
	TOMACORRIENTE DOBLE		PUENTE
	LÍNEA VIVA		TOMACORRIENTE 1 DE CIRCUITO A



**PLANTA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA EN SALÓN**

ESCALA 1: 75



**PLANTA ILUMINACIÓN EN BAÑOS**

ESCALA 1: 50

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	TABLERO DE CONTROL DE CIRCUITOS
	LAMPARA INCANDESCENTE EN CIELO
	RETORNO No. 12
	POSITIVO No. 12
	NEUTRO No. 12
	DUCTO HORIZONTAL EN TECHO
	LAMPARA INCANDESCENTE EN CIELO
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE

- PLANOS ELÉCTRICOS:**
- Cable para 110 v. sera thnn No. 12 y No. 14 para retornos.
  - La acometida, será aluminio forrado no. 2.
  - Cajas para lamparas y tomacorrientes serán de metal.
  - Flipones 110 v; 20 amperios.
  - Codigo de colores segun nec:  
rojo: conductor de corriente (línea viva)  
blanco: conductor neutral (neutro).  
verde: conductor de tierra física.  
negro: línea de retorno.
  - Interruptores, tomacorrientes; serán marca b-licino de la línea domino, domus plus o similar.
  - Interruptores serán de 120v, 15 amperios, instalados a una altura de 1.30 s.n.p.t
  - Tomacorrientes serán dobles, polarizados, instalados a una altura de 0.30 s.n.p.t a menos que se indique lo contrario.
  - Tablero de circuitos debera llevar conexión a tierra física con varilla de cobre de 8" x 5/8" con mordaza. El conductor será thnn #10.
  - Tablero de circuitos será marca general electric de 12 espacios para empotrar, 120/240v, con barras de tierra y neutro.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Dibujo:  
**PLANTA DE FUERZA PLANTA DE ILUMINACIÓN**

Dibujo: H.M.S.	Aprobado: Fac. Ingeniería USAC
Diseño: H.M.S.	Revisado: Fac. Ingeniería USAC

Fecha: Abril 2021	Revisión: 1	Número <b>06/06</b>
Escala: Indicada	<b>I-2</b>	



Cronograma de actividades para la construcción del muro de contención																
Actividad / Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Trabajos preliminares	X															
Corte de terreno		X	X	X												
Relleno de terreno				X	X	X										
Cimiento					X	X	X	X								
Levantado de muro							X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Instalación de drenajes												X	X	X	X	X



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por: MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Contenido:  
**CRONOGRAMA MURO DE CONTENCIÓN**

Fecha:  
 Abril 2021

Dibujo y Diseño:  
 H.M.S.

Aprobado:  
 Fac. Ing. USAC

Revisado:  
 Fac. Ing. USAC

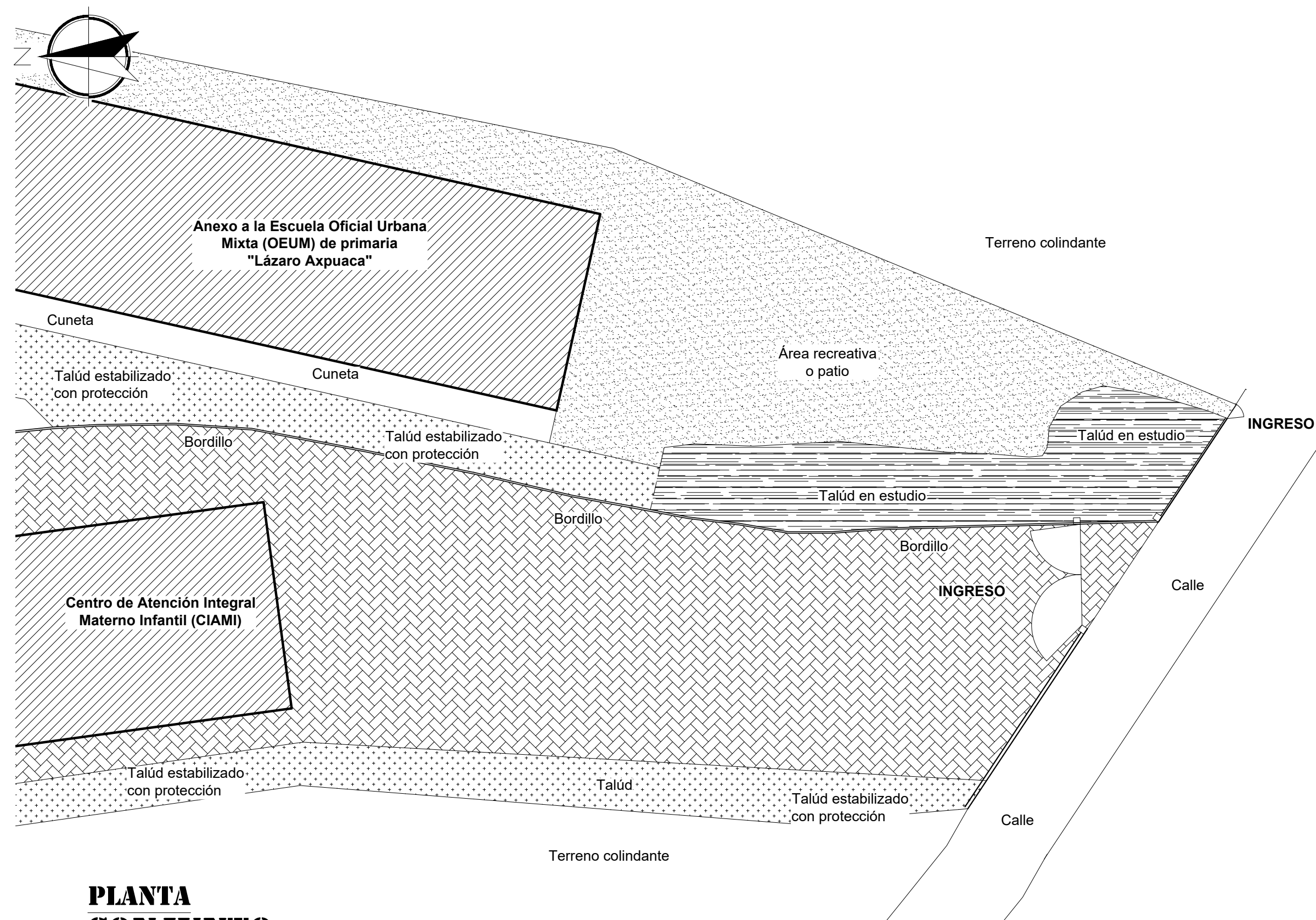


Número

**00/03**

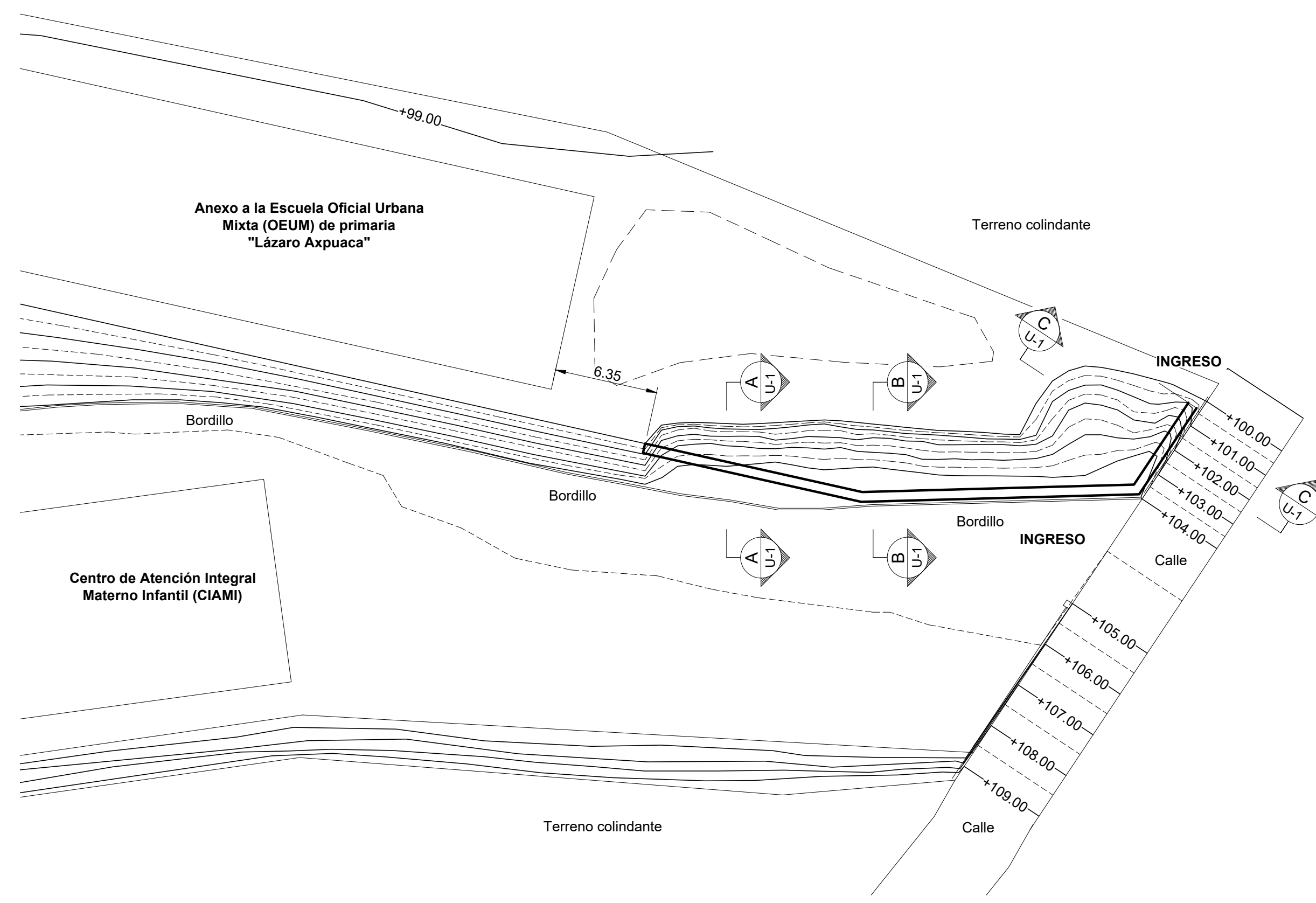
Revisión: 1





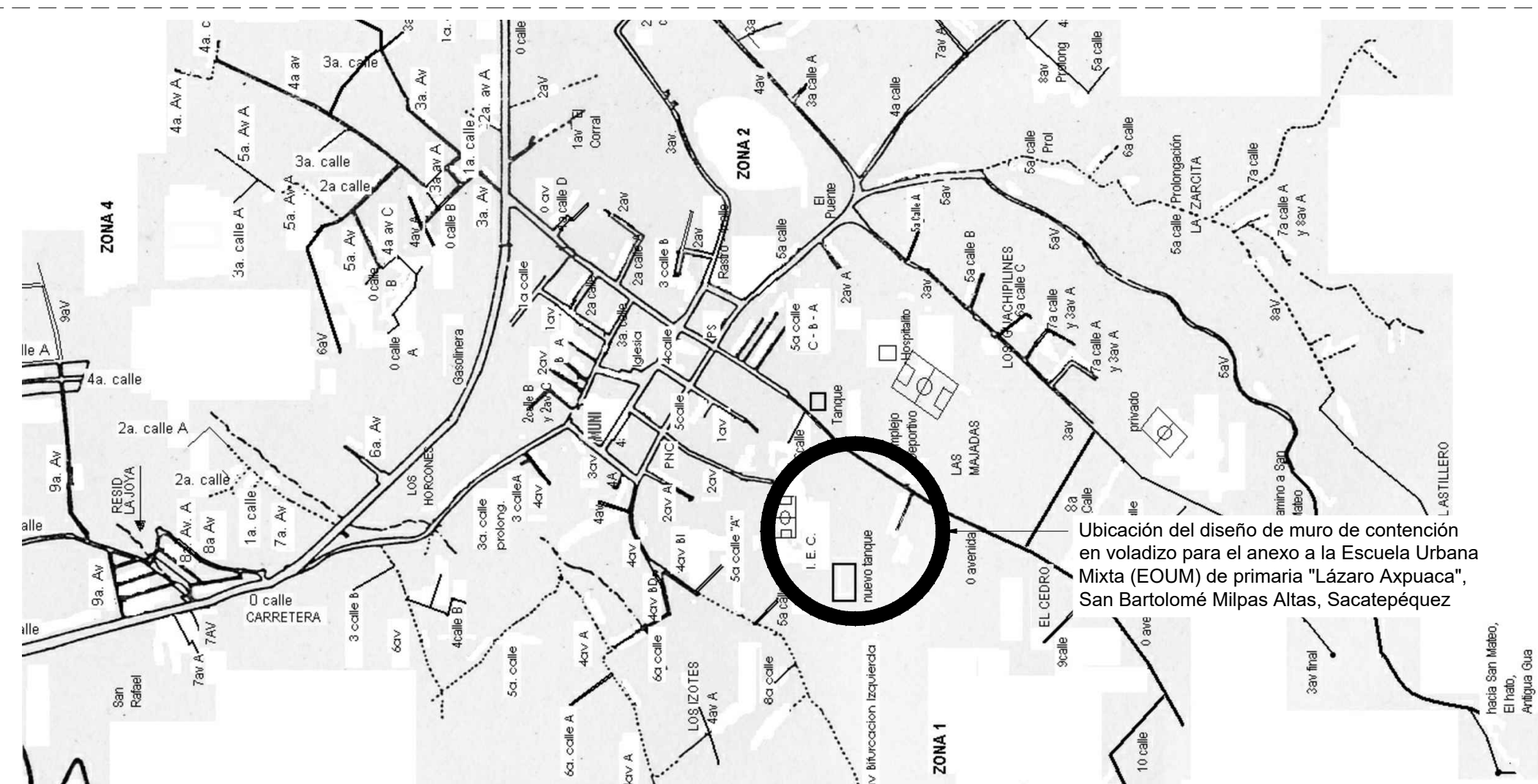
**PLANTA CONJUNTO**

ESCALA 1:250



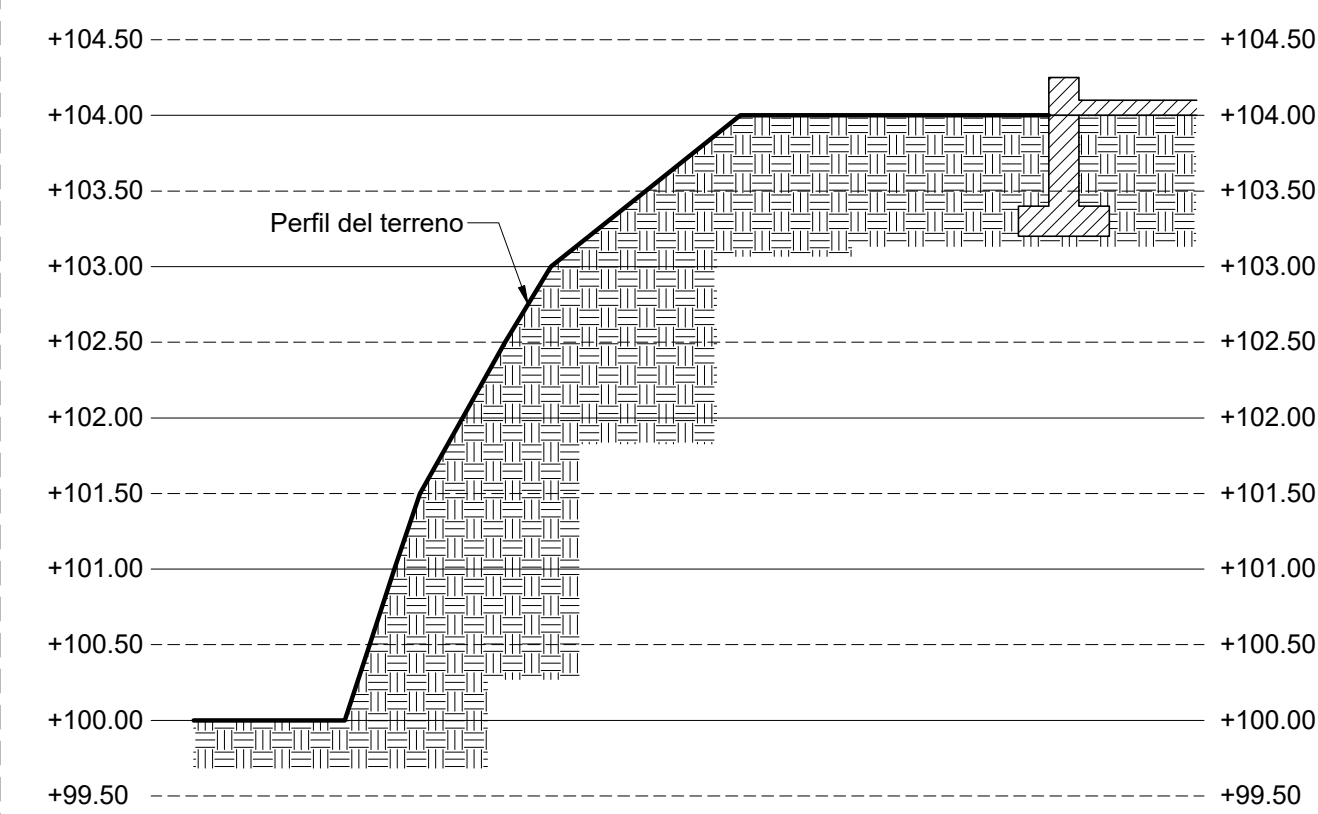
**PLANTA TOPOGRAFÍA**

ESCALA 1:250

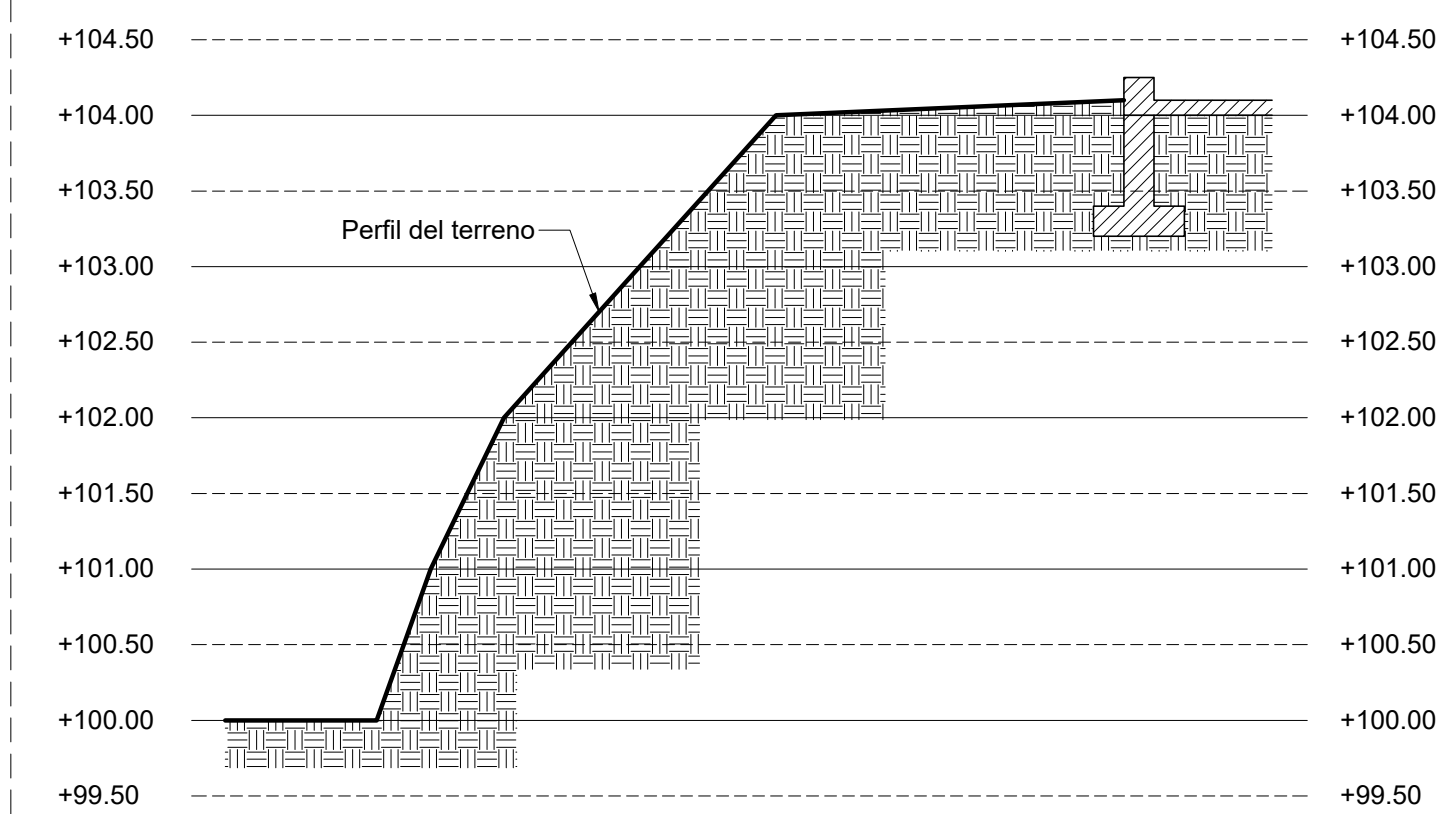


**PLANTA LOCALIZACIÓN**

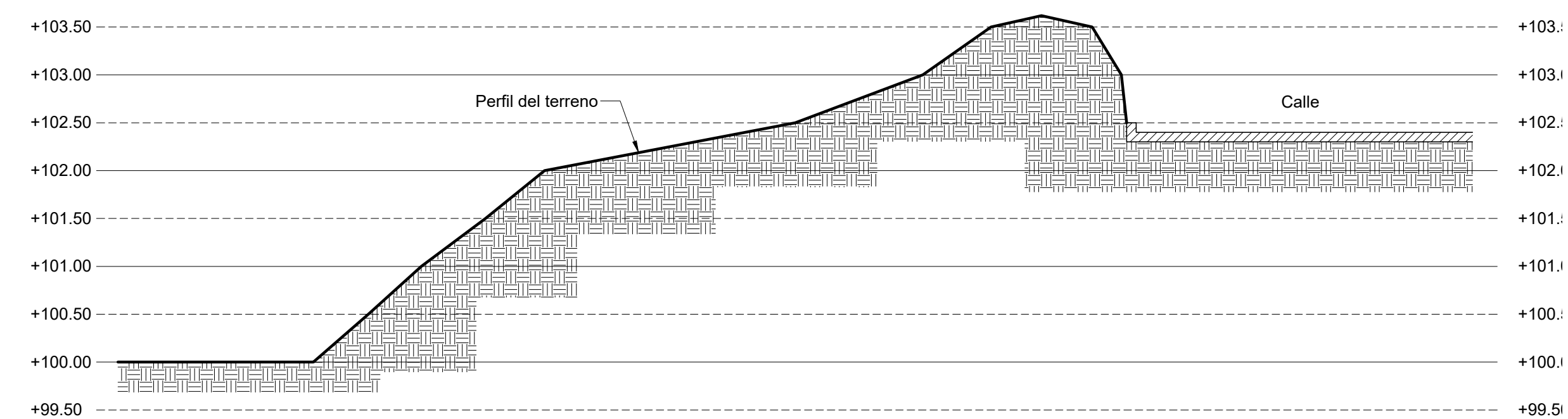
ESCALA S/E



**SECCIÓN A-A**

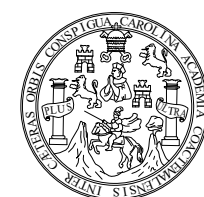


**SECCIÓN B-B**



**SECCIÓN C-C TOPOGRAFÍA**

ESCALA 1:50



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
 MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

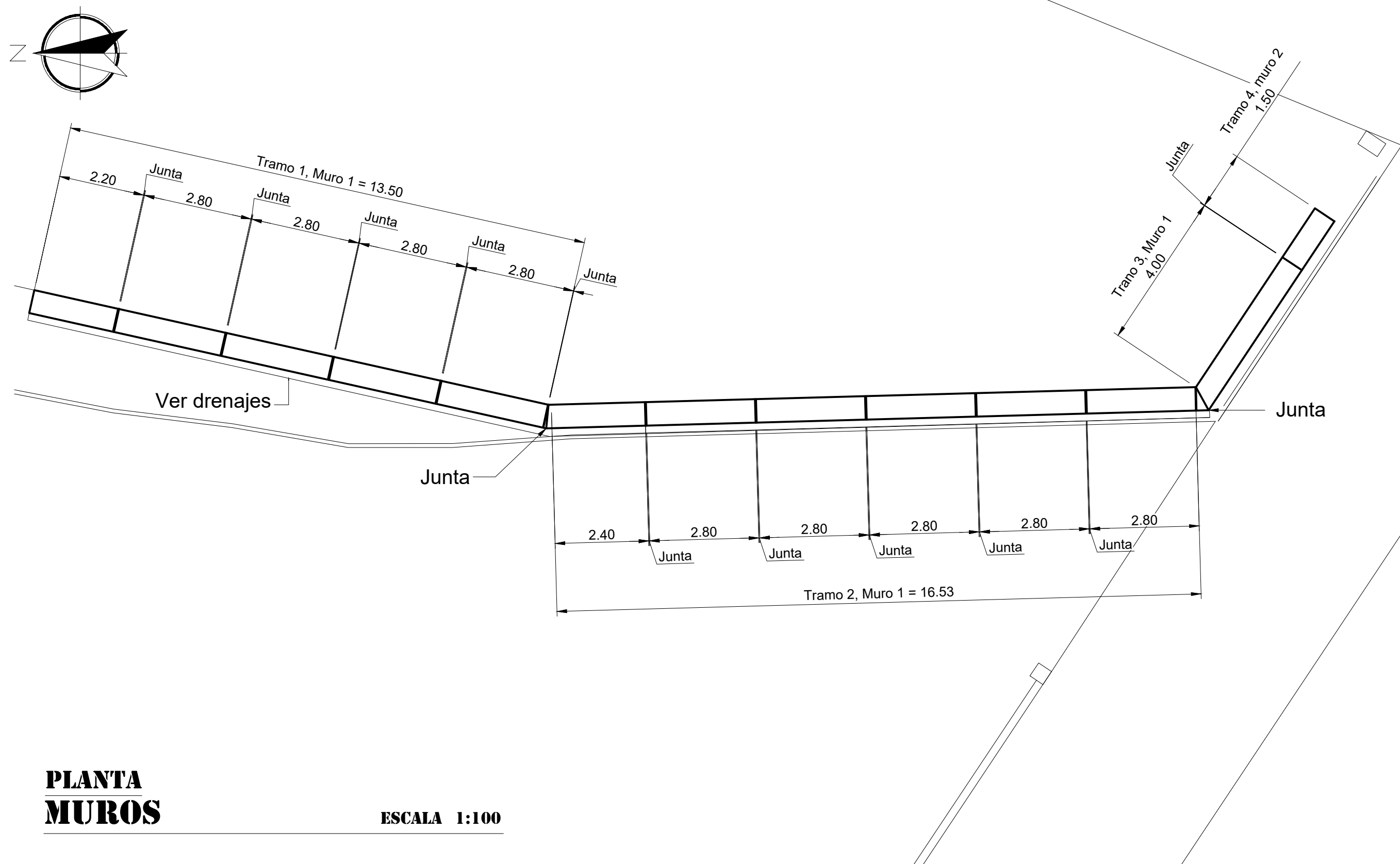
Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPUCÁ, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Dibujo:  
**PLANTA DE CONJUNTO, UBICACIÓN DEL PROYECTO Y TOPOGRAFÍA**

Dibujo: H.M.S.	Aprobado: Fac. Ingeniería USAC
Diseño: H.M.S.	Revisión: Fac. Ingeniería USAC

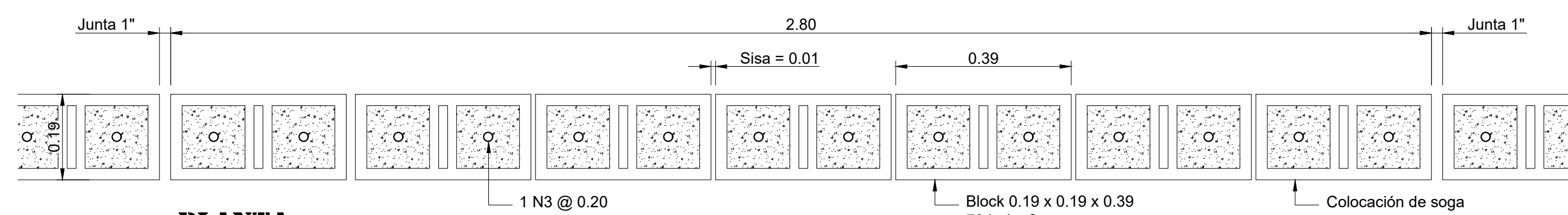
Fecha: Abril 2021	Revisión: 1	Número <b>01/03</b>
Escala: Indicada	<b>U-1</b>	





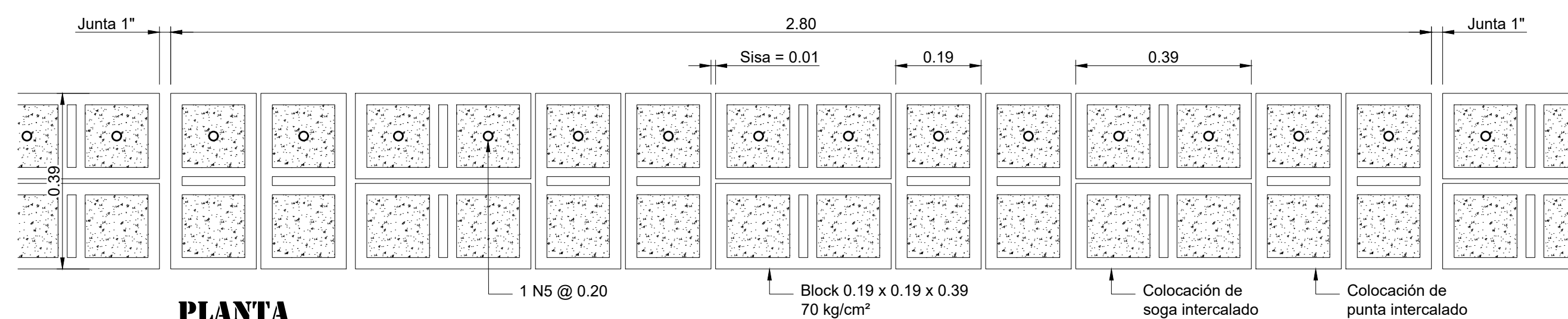
**PLANTA MUROS**

ESCALA 1:100



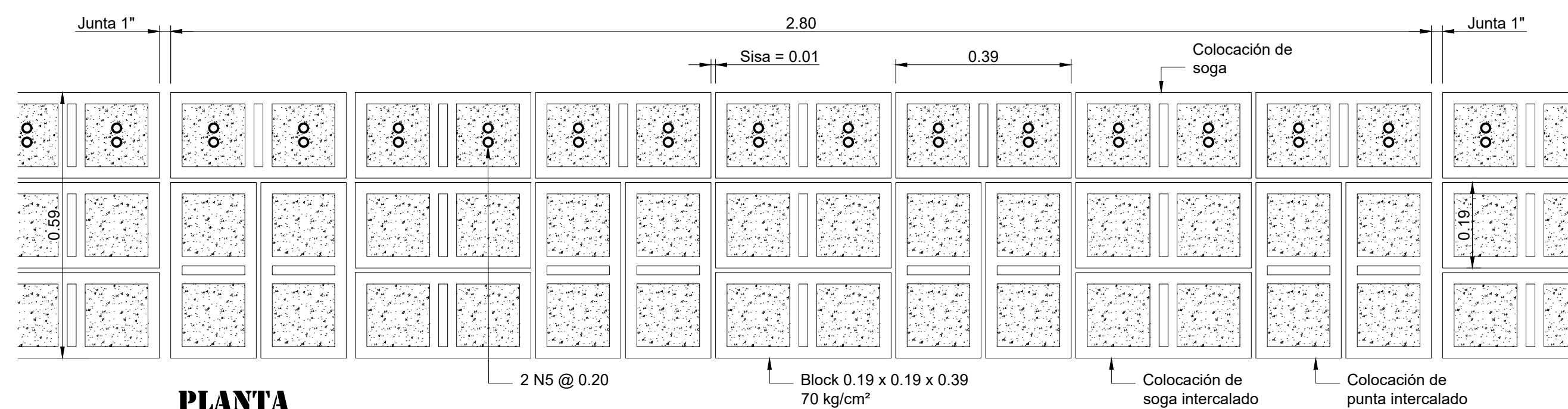
**PLANTA ARMADO DE MURO PARTE SUPERIOR**

ESCALA 1:10



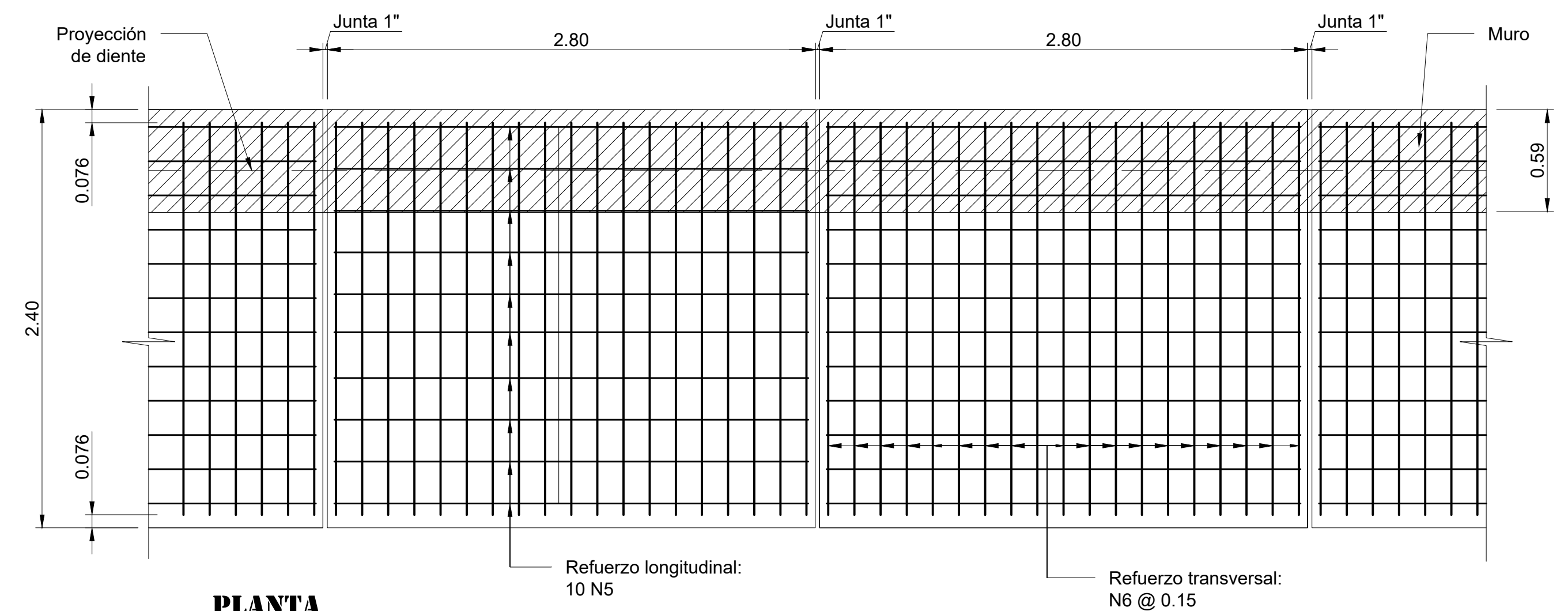
**PLANTA ARMADO DE MURO PARTE INTERMEDIA**

ESCALA 1:10



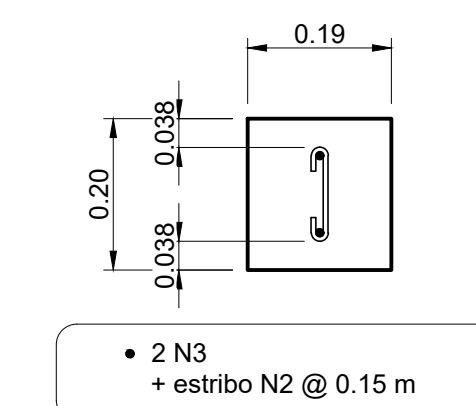
**PLANTA ARMADO DE MURO PARTE INFERIOR**

ESCALA 1:10



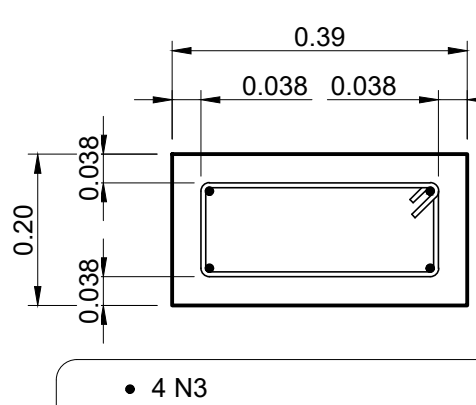
**PLANTA CIMENTO**

ESCALA 1:25



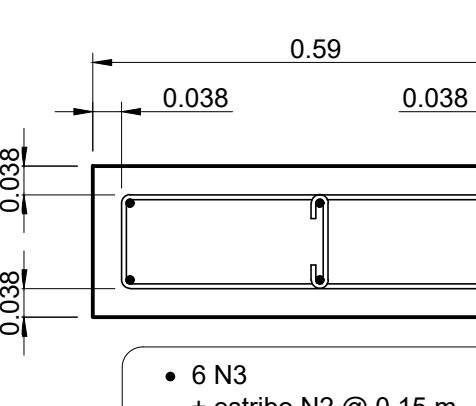
**SECCIÓN TÍPICA SOLERA 1**

ESCALA 1:10



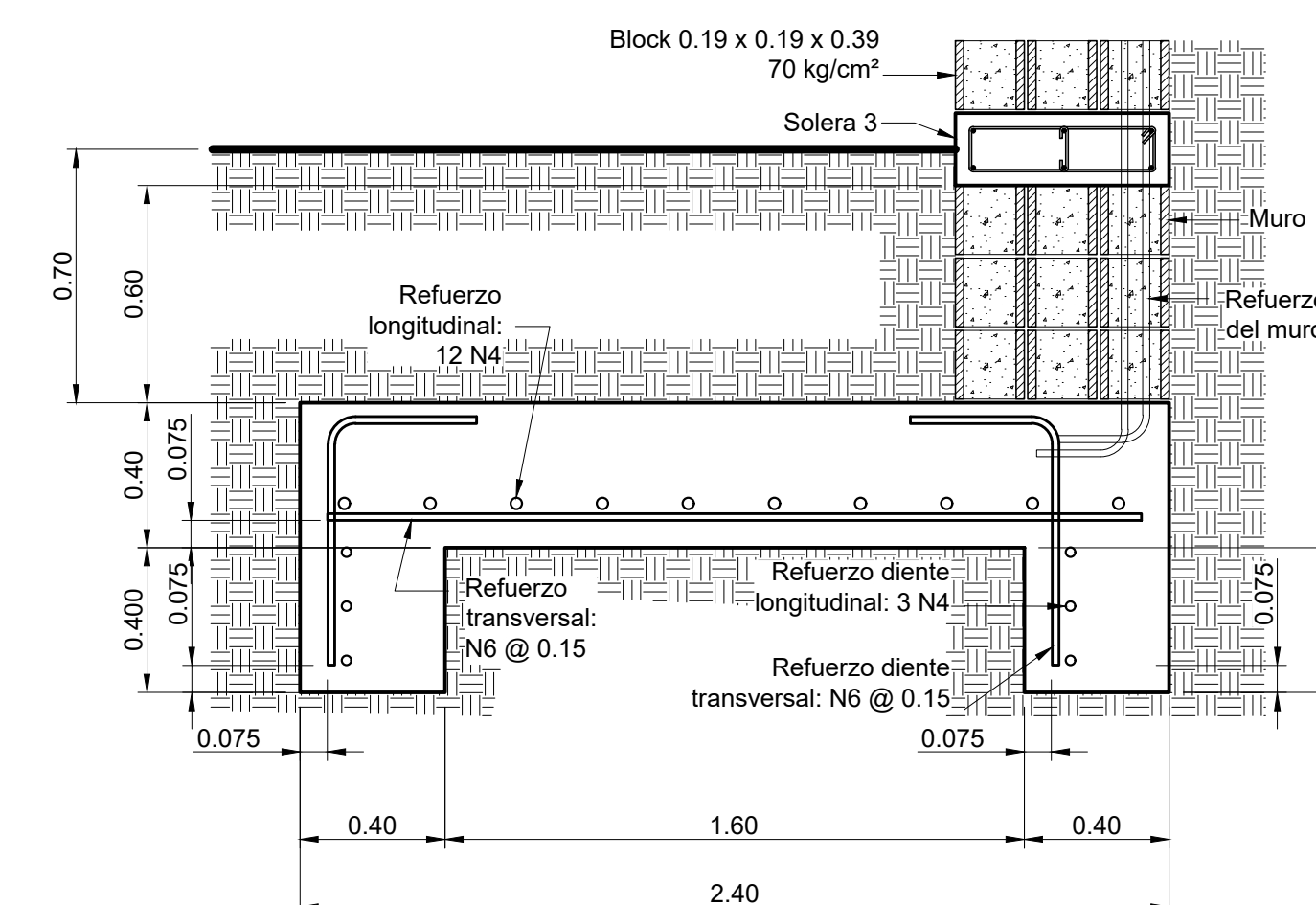
**SECCIÓN TÍPICA SOLERA 2**

ESCALA 1:10



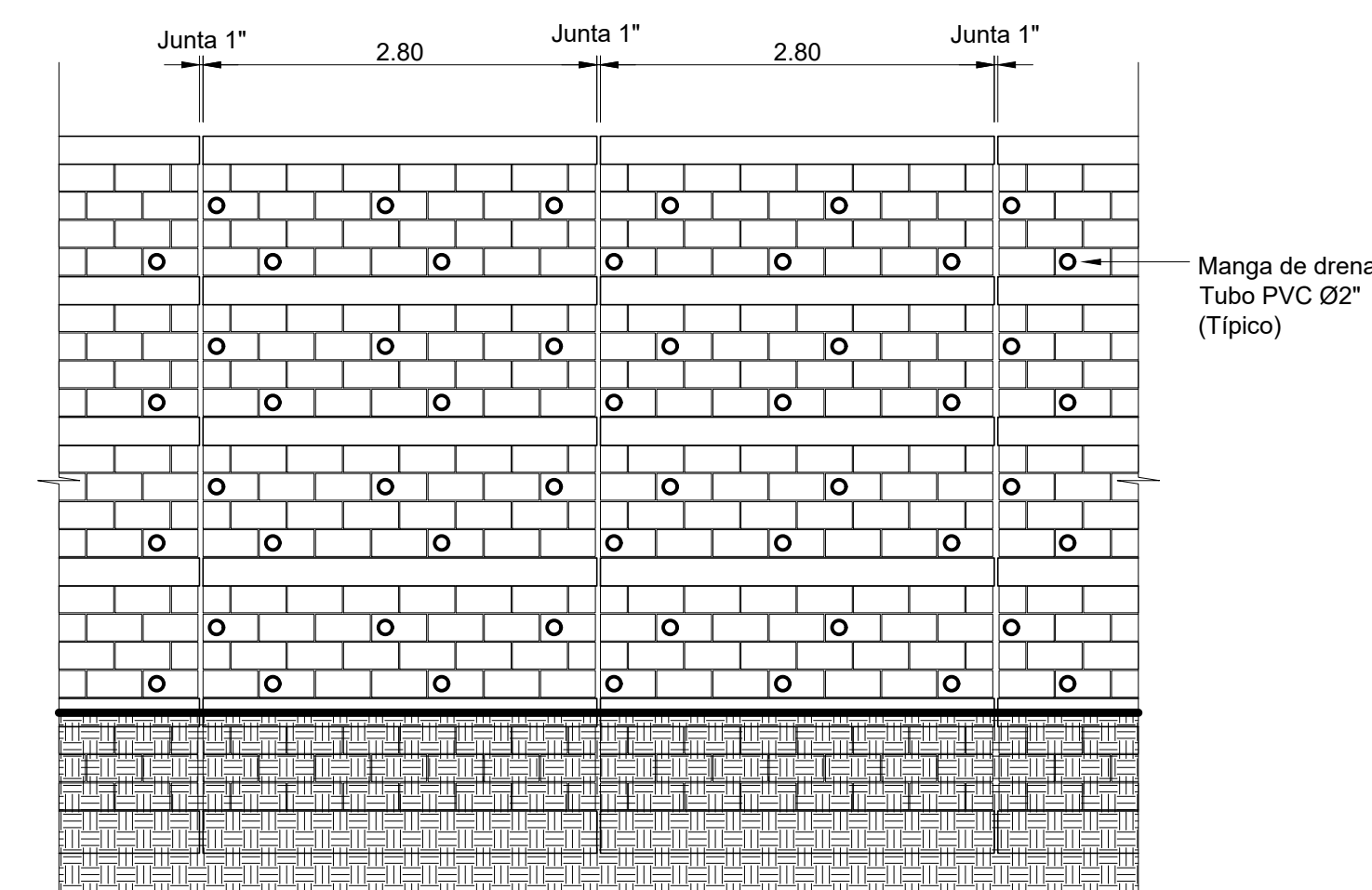
**SECCIÓN TÍPICA SOLERA 3**

ESCALA 1:10



**SECCIÓN TÍPICA CIMENTO**

ESCALA 1:20



**ELEVACIÓN DRENAJE DE MURO**

ESCALA 1:50

- NOTAS:**
- Cotas en metros, salvo indicación.
  - Niveles en metros, salvo indicación.
  - El recubrimiento inferior y lateral en cimientos es de 0.075 m (3"), salvo indicación.
  - El recubrimiento en columnas, pedestales, vigas y soleras es de 0.04 m (1-1/2"), salvo indicación.
  - Las uniones por traslape y anclaje, en las barras de refuerzo deben tener las siguientes longitudes mínimas:
- | BARRA      | LONGITUD    |
|------------|-------------|
| N 3 ~ 3/8" | 381mm ~ 15" |
| N 4 ~ 1/2" | 483mm ~ 19" |
| N 5 ~ 5/8" | 610mm ~ 24" |
| N 6 ~ 3/4" | 737mm ~ 29" |

**PLANOS DE ESTRUCTURALES:**

- La resistencia al compresión del concreto es de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la compresión sobre el área neta de los bloques huecos de concreto es de  $f_m = 70 \text{ kg/cm}^2$ .
- La resistencia a la fluencia del acero de refuerzo es de  $f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2$ .



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
 Facultad de Ingeniería  
 Escuela de Ingeniería Civil  
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
 MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto:  
 DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Dibujo:  
 PLANTA DE MUROS, PLANTA Y SECCIÓN DE CIMENTO, ARMADO DE MURO Y DETALLES

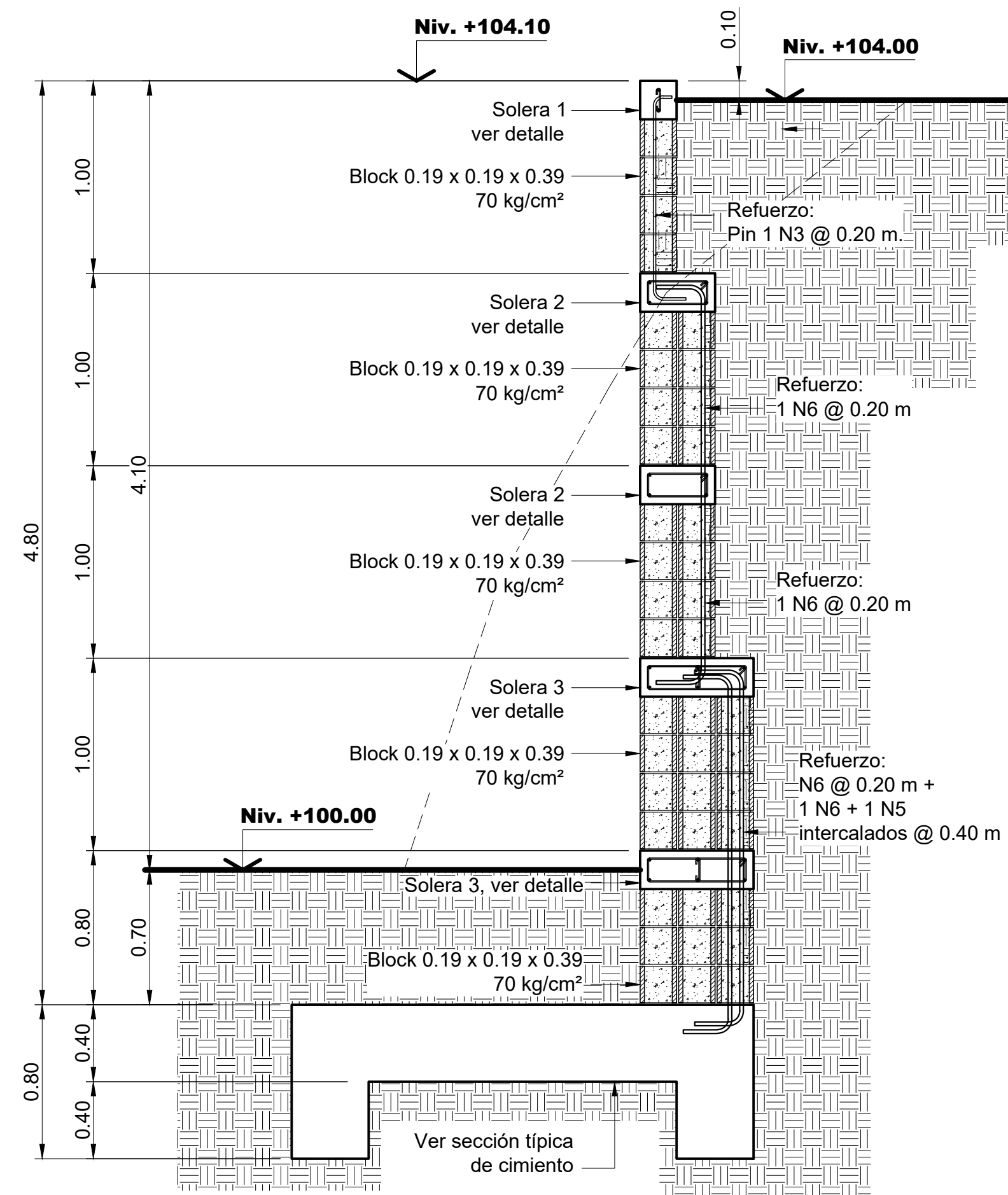
Dibujo: H.M.S. Aprobado: Fac. Ingeniería USAC

Diseño: H.M.S. Revisado: Fac. Ingeniería USAC

Fecha: Abril 2021 Revisión: 1 Número: 02/03

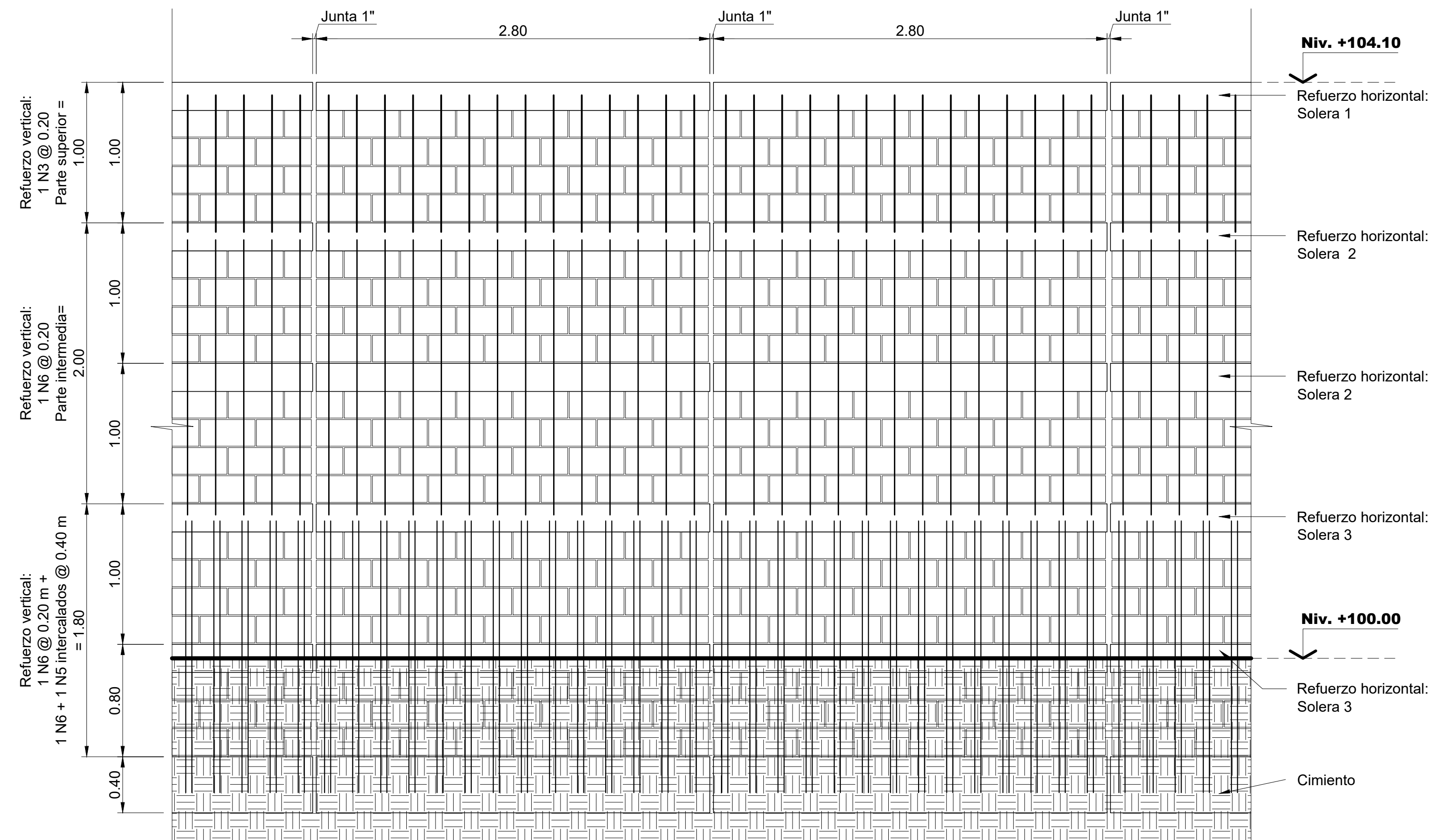
Escala: Indicada **E-1**





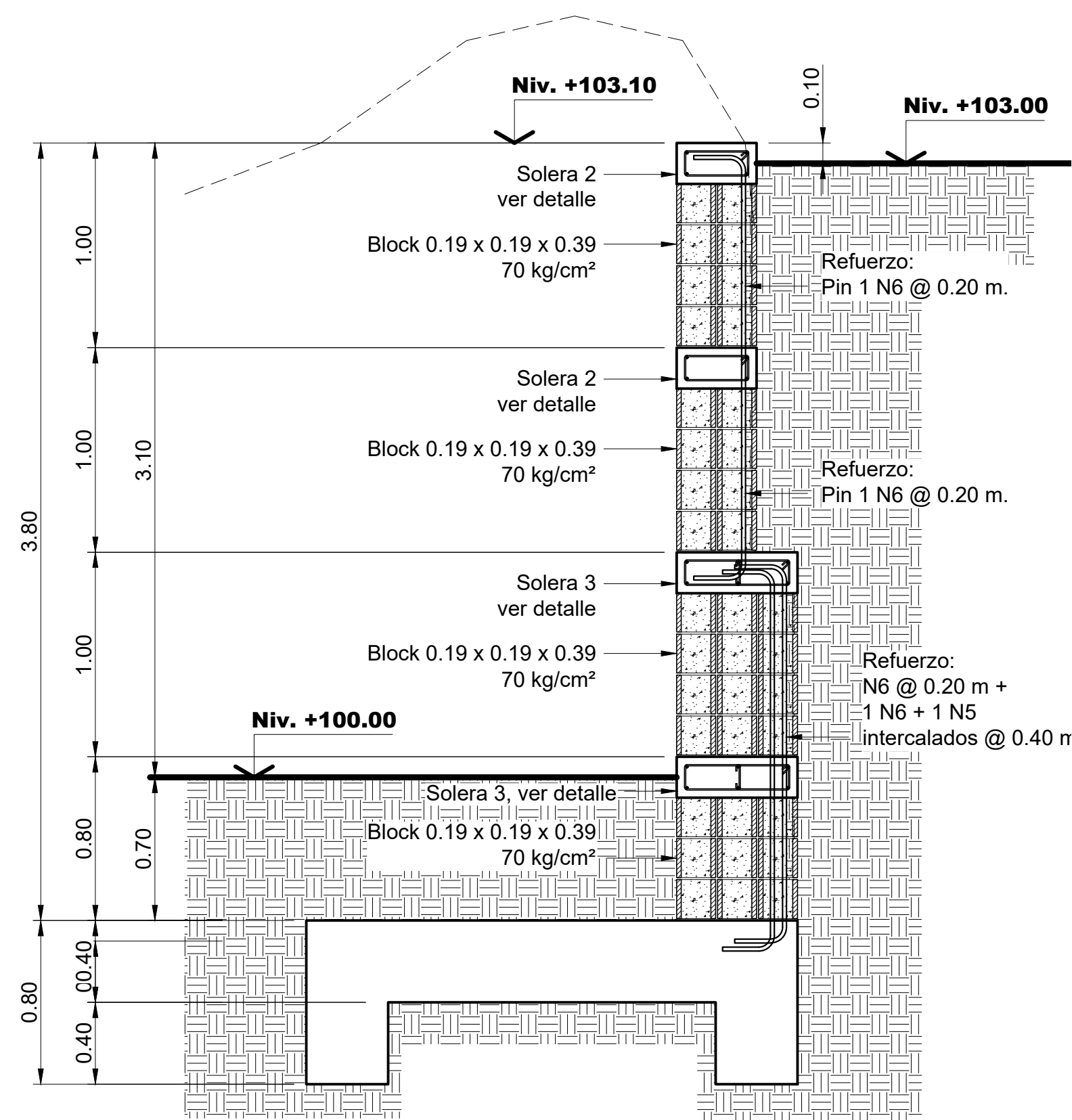
**SECCIÓN TÍPICA MURO 1**

ESCALA 1:25



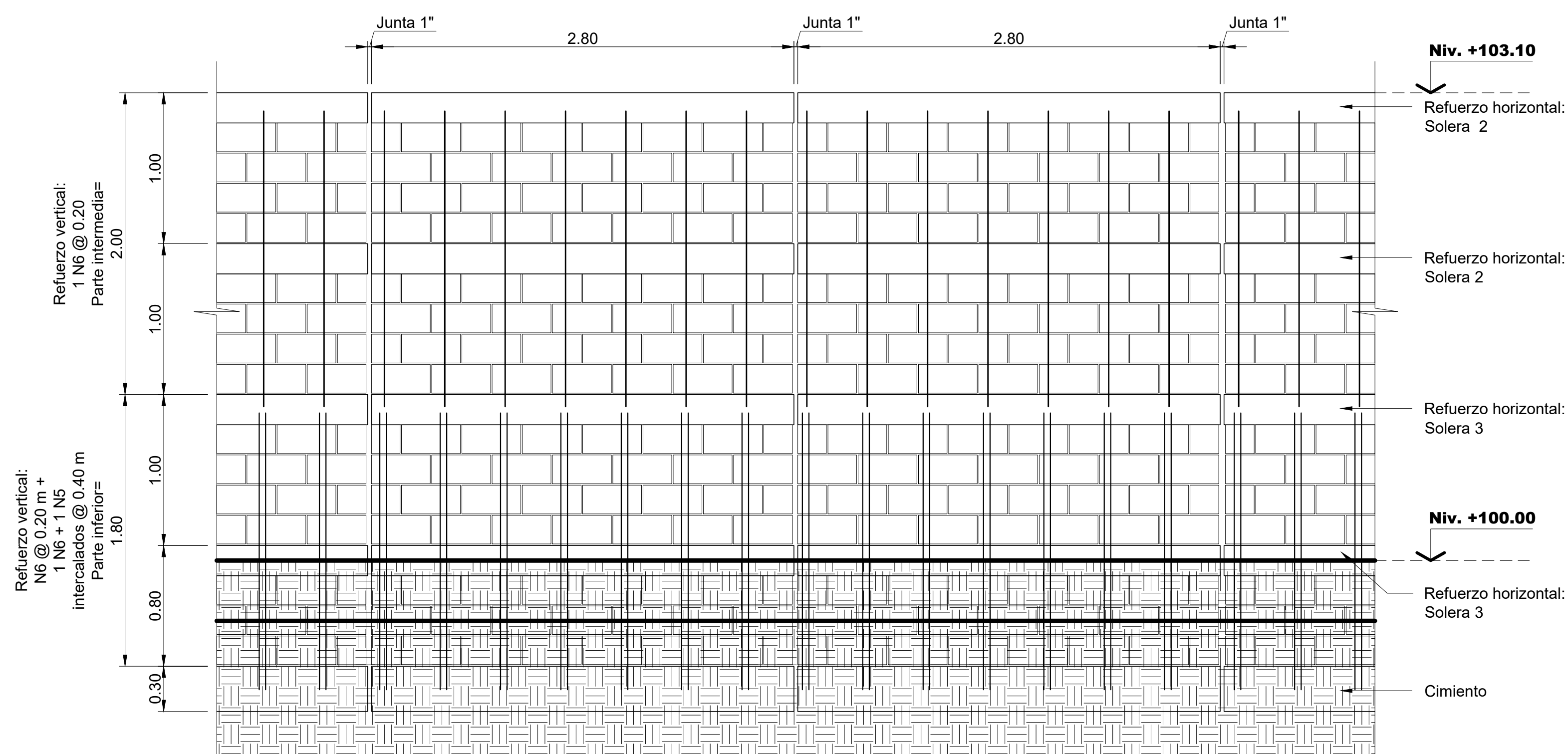
**ELEVACIÓN REFUERZO DE MURO 1**

ESCALA 1:25



**SECCIÓN TÍPICA MURO 2**

ESCALA 1:25



**ELEVACIÓN REFUERZO DE MURO 2**

ESCALA 1:25



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Civil  
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

Apoyado por:  
MUNICIPALIDAD DE SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ

Proyecto:  
**DISEÑO DE SALÓN DE ACOPIO PARA EMERGENCIAS Y MURO DE CONTENCIÓN PARA EL ANEXO A LA ESCUELA OFICIAL URBANA MIXTA DE PRIMARIA LÁZARO AXPÚACA, SAN BARTOLOMÉ MILPAS ALTAS, SACATEPÉQUEZ**

Dibujo:  
**SECCIÓN TÍPICA Y ELEVACIÓN DE MURO 1 Y 2**

Dibujo: H.M.S. Aprobado: Fac. Ingeniería USAC

Diseño: H.M.S. Revisado: Fac. Ingeniería USAC

Fecha: Abril 2021 Revisión: 1 Número: **03/03**

Escala: Indicada **E-2**

# ANEXOS

## Anexo 1. Resultados ensayos del laboratorio de suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



INFORME No. 410 S.S.A.

O.T.: 40,283

No. 17367

Interesado: Hector Mariano Soto Delgado

Proyecto: EPS "Diseño de salón de acopio para emergencias y muro de contención para el anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta de Primaria Lázaro Apxuaca, San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez"

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

Norma: AASHTO T-99 Y T-90

Ubicación: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez

FECHA: jueves, 21 de noviembre de 2019

### RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	CLASIFICACION *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	N.P.	N.P.	CL	Limo color café

(\*) CLASIFICACION SEGÚN CARTA DE PLASTICIDAD

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.

Atentamente,

  
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
SECCION DE MECANICA DE SUELOS Y ASFALTOS

Vo.Bo.

  
Inga. Telma Marcela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



Continuación del anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



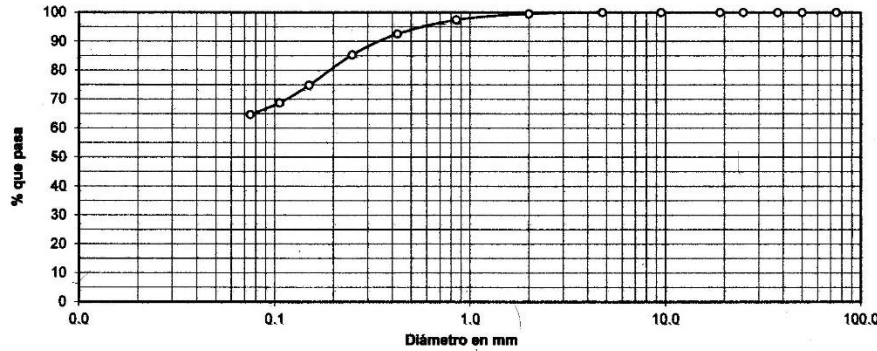
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe No.: 411 S.S.A. Q.T.: 40,283

No. 17368

Interesado: Héctor Mariano Soto Delgado  
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico con tamices y lavado previo  
 Norma: ASTM D6913-04  
 Proyecto: EPS "Diseño de salón de acopio para emergencias y muro de contención para el anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta de Primaria Lázaro Apxuaca, San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez"  
 Ubicación: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez  
 Fecha: jueves, 21 de noviembre de 2019

Análisis con Tamices:					
Tamiz	Abertura	% que pasa	Tamiz	Abertura	% que pasa
3"	75 mm	100.00	10	2.00 mm	99.57
2"	50 mm	100.00	20	850 µm	97.44
1 1/2"	37.5 mm	100.00	40	425 µm	92.58
1"	25 mm	100.00	60	250 µm	85.36
3/4"	19.0 mm	100.00	100	150 µm	74.87
3/8"	9.5 mm	100.00	140	106 µm	68.77
4	4.75 mm	100.00	200	75 µm	64.72



Descripción del suelo: Limo color café

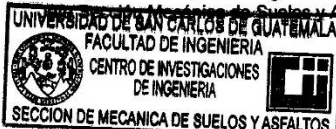
Clasificación: S.C.U.: ML % de Grava: 0.00 D10: \*  
 P.R.A.: A-4 % de Arena: 35.28 D30: \*  
 % de finos: 64.72 D60: \*

Observaciones: Muestra proporcionada por el interesado.  
 \* Diámetro efectivo no aplica.

Atentamente,

*Omar Enrique Medrano Méndez* Vo.Bo.  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez

*Teima Maricela Carrero Morales*  
 Inga. Teima Maricela Carrero Morales  
 DIRECTORA CII/USAC



Continuación del anexo 1.



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

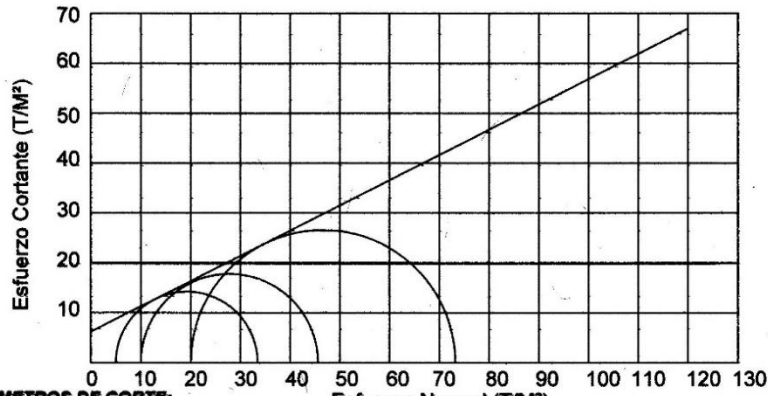
**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR**

No. 17369

INFORME No.: 412 S.S.A.

O.T.: 40,283

INTERESADO: Héctor Mariano Soto Delgado  
 PROYECTO: EPS "Diseño de salón de acopio para emergencias y muro de contención para el anexo a la Escuela Oficial Urbana Mixta de Primaria Lázaro Axpucac, San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez"  
 UBICACIÓN: San Bartolomé Milpas Altas, Sacatepéquez  
 FECHA: jueves, 21 de noviembre de 2019  
 POZO: 1 PROFUNDIDAD: 1.15 m MUESTRA: 1



**PARAMETROS DE CORTE:** **ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 26.87^\circ$**  **COHESIÓN:  $c_u = 6.21 \text{ Ton/m}^2$**

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.  
 DESCRIPCION DEL SUELO: Limo color café  
 DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"  
 OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

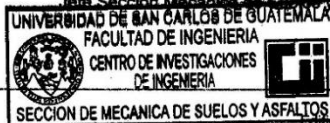
PROBETA No.	1	2	3
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA $q$ (T/m <sup>2</sup> )	28.46	35.61	53.20
PRESION INTERSTICIAL $u$ (T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA $E_r$ (%)	1.3	1.8	3.6
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.05	1.05	1.05
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.49	1.49	1.49
HUMEDAD (%H)	42.33	42.33	42.33

Atentamente,

Vo.Bo.

*Omar E. Medrano Méndez*  
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
 Jefe Sección Mecánica de Suelos y Asfaltos

*Telma Maricela Cano Morales*  
 Inga. Telma Maricela Cano Morales  
 DIRECTORA CII/USAC



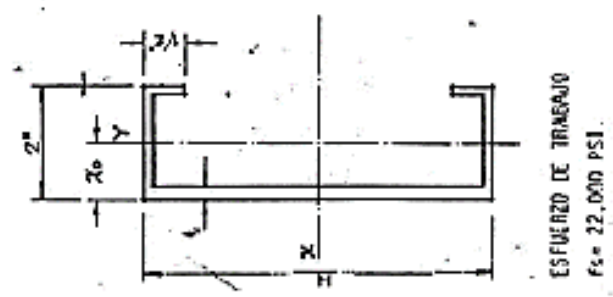
FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-  
 Emilio Beltranena, Ciudad Universitaria zona 12  
 Teléfono directo 2418-9115 y 2418-9121. Planta 2418-8000 Exts. 86253 y 86252  
 Página web: http://cii.usac.edu.gt

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería CII. 21 de noviembre de 2019.



Anexo 2. Tabla de costaneras

H (PULG.)	T (PULG.)	AREA (PULG <sup>2</sup> )	PESO (#/PIE)	J TIRA (6 HT)	I <sub>x</sub> (PULG <sup>4</sup> )	I <sub>y</sub> (PULG <sup>4</sup> )	X <sub>0</sub> (PULG.)	E <sub>x</sub> (PULG.)	R <sub>y</sub> (PULG.)	S <sub>x</sub> (PULG <sup>3</sup> )	K <sub>x</sub> K-PIE
4	1/16	0.55	1.86	36.60	1.43	0.30	0.67	1.62	0.71	0.72	1.32
5	1/16	0.61	2.07	40.78	2.40	0.32	0.60	1.98	0.73	0.96	1.76
6	1/16	0.67	2.29	45.00	3.65	0.34	0.55	2.34	0.71	1.22	2.24
7	1/16	0.73	2.50	49.15	5.27	0.35	0.51	2.68	0.70	1.50	2.76
8	1/16	0.80	2.71	53.35	7.24	0.37	0.47	3.01	0.68	1.81	3.32
9	1/16	0.86	2.92	57.50	9.61	0.38	0.44	3.34	0.67	2.14	3.91
10	1/16	0.92	3.14	61.74	12.41	0.39	0.41	3.67	0.65	2.48	4.55
8	3/32	1.18	4.03	79.25	10.63	0.53	0.47	3.00	0.67	2.66	4.87
10	3/32	1.37	4.66	91.80	18.27	0.55	0.41	3.65	0.64	3.56	6.70
14	1/16	1.69	3.72	73.25	2.87	2.55	2	1.62	1.53	1.43	2.63
16	1/16	1.34	4.57	90.00	7.33	3.52	2	2.34	1.62	2.44	4.48
18	1/16	1.59	5.42	106.75	14.48	4.48	2	3.01	1.68	3.62	6.64
20	3/32	2.37	8.06	158.50	21.26	6.59	2	3.00	1.67	5.32	9.75
22	1/16	1.34	4.57	90.00	7.33	1.09		2.34	0.90	2.44	4.48
24	1/16	1.59	5.42	106.75	14.48	1.09		3.01	0.63	3.62	6.64
28	3/32	2.37	8.06	158.50	21.26	1.09		3.00	0.68	5.32	9.75



Fuente: American National Standards Institute. Tabla de costaneras. p. 67.



Anexo 3. Diagrama de interacción de columnas

AYUDAS DE DISEÑO 697

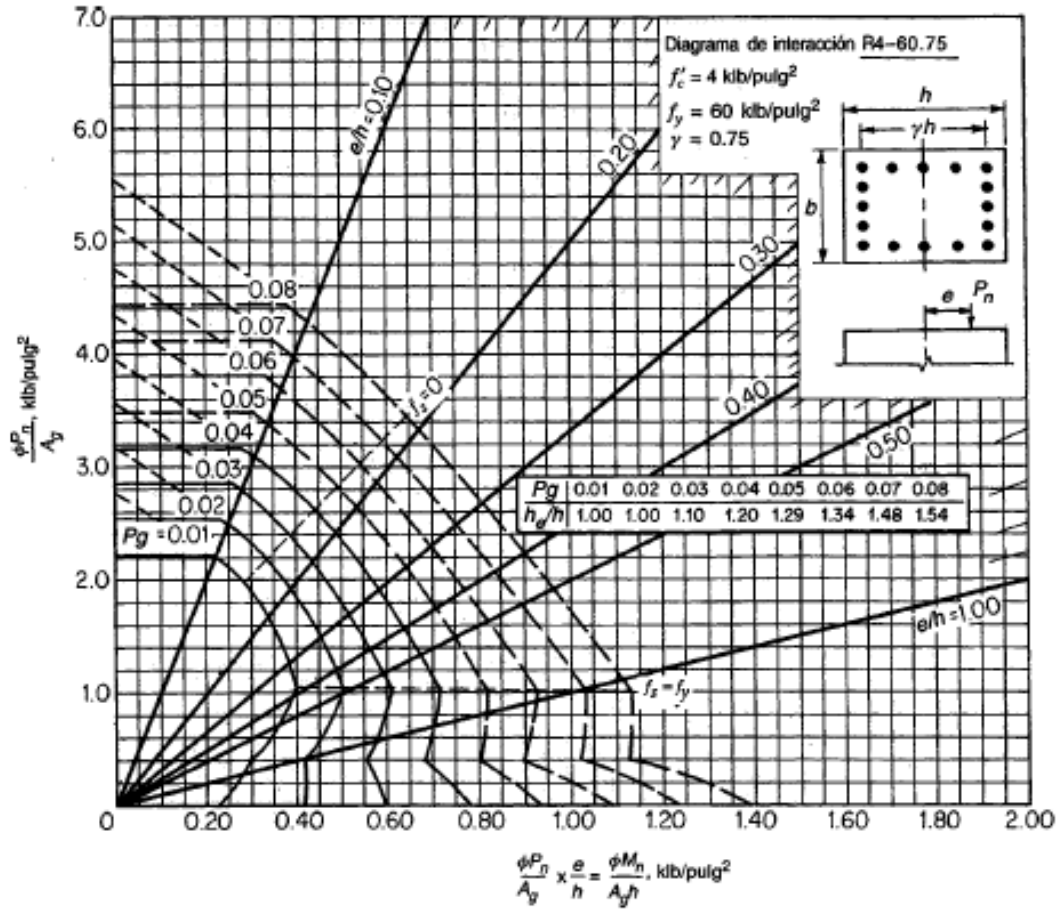


GRÁFICO A.7

Diagrama de interacción de la resistencia de columnas de sección rectangular con barras en las cuatro caras y  $\gamma = 0.75$  (tomado de la referencia 8.7. Cortesía del American Concrete Institute).

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. p. 697.

