



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

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA
DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN
LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

Oscar Alexander Montes Castillo

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA
DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN
SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN
LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA

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

Oscar Alexander Montes Castillo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
22 de agosto de 2018

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

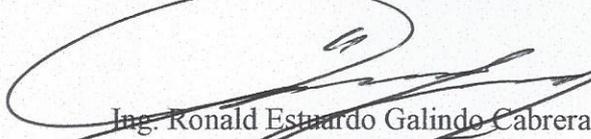
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Oscar Alexander Montes Castillo, con Registro Estudiantil No. 200619668, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua





Guatemala, 07 de septiembre de 2016

REF.EPS.DOC.645.09.16

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Oscar Alexander Montes Castillo** con carné No. **200619668**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Angel Roberto Sic García
Asesor-Supervisor de EPS
Area de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
ARSG/ra



Guatemala, 23 de agosto de 2018
Ref.EPS.D.316.08.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

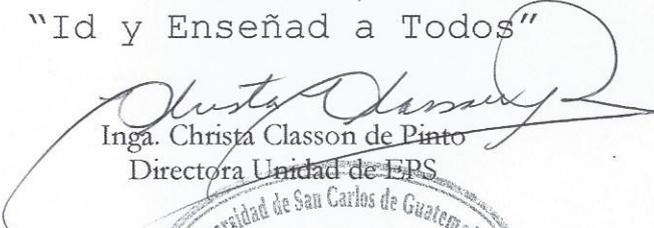
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Oscar Alexander Montes Castillo, Registro Académico 200619668 y CUI 1683 97188 0101**, 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 del mismo por el Asesor-Supervisor, y en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

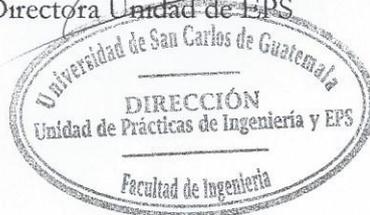
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





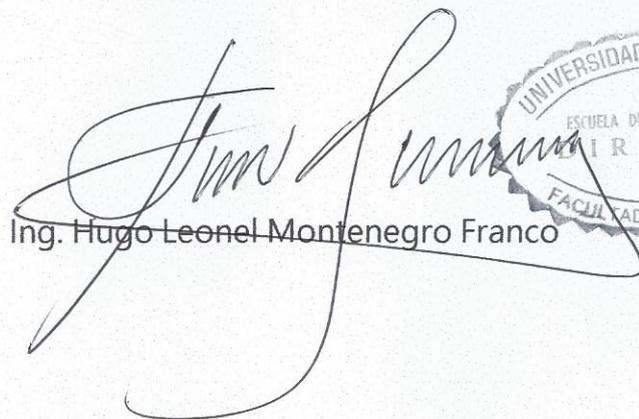
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

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 de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Oscar Alexander Montes Castillo titulado **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2018

/mrrm.

Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua

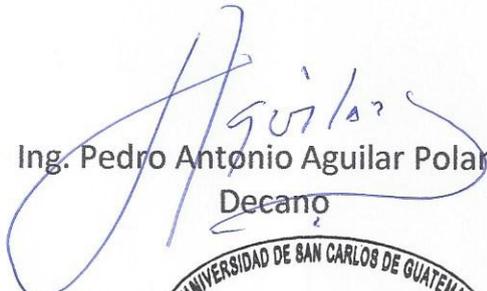




DTG. 370.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ Y DEL ÁREA RECREATIVA DE LA COLONIA VILLA DE SAN JUAN EN LA CIUDAD DE GUATEMALA, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Oscar Alexander Montes Castillo**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2018



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Nuestro creador y guía en mi camino.

Mi padre

Oscar Montes Estrada, por ser un buen padre, por las noches de desvelo que me dedicó desde mis primeros días de vida, por brindarme su apoyo, protección y tiempo; por ser mi mayor admiración; por apoyarme en mis estudios y demostrarme con su ejemplo que serán la base para tener una vida profesional de éxito.

Mi madre

Sara Castillo, por todo su amor brindado a lo largo de mi vida, por su compañía, amistad y apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por haberme permitido culminar esta etapa y dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Mis padres

Porque este triunfo es más de ustedes que mío, por cuidarme siempre, por ser mi ejemplo a seguir, por estar siempre ahí cuando más los necesitaba, por su apoyo incondicional, su amor, sus atenciones, su comprensión, sobre todo por su paciencia, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí.

Mi esposa

Gabriela Rodríguez de Montes, por su amor incondicional, por siempre creer en mí, por ayudarme en los días difíciles, en los cuales su apoyo fue muy importante para lograr alcanzar la meta establecida.

Mi familia

Por el cariño y apoyo que siempre he recibido de ustedes, cada uno ha aportado ciertas enseñanzas y valores con los cuales he logrado culminar mi esfuerzo, terminando así mi carrera profesional.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por abrirme las puertas de esta casa de estudios y permitir convertirme en un profesional.

Facultad de Ingeniería

Por los conocimientos transmitidos a través de todos los docentes que han dejado su huella para contribuir al desarrollo de mi vida profesional.

Unidad de EPS

Por haberme brindado su ayuda y amistad durante la realización de mi Ejercicio Profesional Supervisado.

Mis amigos

A los que siempre me han apoyado y ayudado, les quiero dar las gracias por todas las experiencias vividas, cada uno ha aportado su granito de arena, ayudándome a librar obstáculos, a lo largo de esta etapa y siempre ocuparán un lugar muy especial en mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de la aldea Lo de Mejía, San Juan, Sacatepéquez.....	1
1.1.1. Origen de la comunidad.....	2
1.1.2. Localización y colindancias.....	2
1.1.3. Ubicación geográfica	2
1.1.4. Topografía	2
1.1.5. Clima	3
1.1.6. Situación demográfica	3
1.1.7. Vías de acceso y medios de transporte.....	4
1.1.8. Servicios públicos	4
1.1.9. Actividad económica.....	5
1.1.10. Idioma y religión.....	6
1.2. Monografía del municipio de Guatemala, Guatemala.....	6
1.2.1. Ubicación y localización.....	7
1.2.2. Clima e hidrología.....	8
1.2.3. Vías de acceso y medios de transporte.....	8
1.2.4. Zonas e infraestructura.....	9

1.2.4.1.	Zona industrial.....	10
1.2.4.2.	Zona residencial.....	10
2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño de la escuela Las Colinas de la aldea Lo de Mejía, San Juan, Sacatepéquez	11
2.1.1.	Descripción del proyecto	11
2.1.2.	Descripción del área disponible.....	12
2.1.2.1.	Localización del terreno	12
2.1.2.2.	Topografía del terreno.....	12
	2.1.2.2.1. Planimetría.....	12
	2.1.2.2.2. Altimetría	13
2.1.3.	Evaluación de la calidad del suelo	13
2.1.3.1.	Ensayo de compresión triaxial.....	13
	2.1.3.1.1. Etapas de un ensayo de compresión triaxial ...	14
	2.1.3.1.2. Ensayo triaxial no consolidado-no drenado.....	15
	2.1.3.1.3. Ensayo triaxial consolidado drenado.....	15
	2.1.3.1.4. Ensayo triaxial consolidado-no drenado.....	15
	2.1.3.2. Resultados obtenidos del ensayo triaxial.....	15
2.1.4.	Sistema estructural a utilizar	17
2.1.5.	Predimensionamiento estructural	18
2.1.5.1.	Predimensionamiento losa	19

	2.1.5.2.	Predimensionamiento de vigas.....	19
	2.1.5.3.	Predimensionamiento de columnas.....	20
2.1.6.		Integración de cargas	23
	2.1.6.1.	Cargas verticales	23
	2.1.6.2.	Cargas horizontales.....	25
		2.1.6.2.1. Corte basal	26
	2.1.6.3.	Fuerzas por nivel	29
	2.1.6.4.	Centro de rigidez	30
	2.1.6.5.	Centro de masas	33
	2.1.6.6.	Cálculo de excentricidades.....	39
	2.1.6.7.	Distribución de fuerzas por marco	40
2.1.7.		Análisis estructural.....	43
	2.1.7.1.	Análisis estructural por el método de Kani	43
	2.1.7.2.	Envolvente de momentos	51
2.1.8.		Diseño de losas	54
2.1.9.		Diseño de vigas	69
2.1.10.		Diseño de columnas	81
2.1.11.		Diseño de cimentación	101
2.1.12.		Instalaciones hidráulicas.....	125
2.1.13.		Instalaciones de drenajes	129
		2.1.13.1. Instalaciones eléctricas.....	133
2.1.14.		Planos del proyecto	133
2.1.15.		Presupuesto.....	134
2.1.16.		Cronograma de ejecución.....	135
2.1.17.		Evaluación de impacto ambiental inicial	136
2.2.		Diseño de salón de usos múltiples y área recreativa de la colonia Villas de San Juan, ciudad de Guatemala.....	142
	2.2.1.	Descripción del proyecto	143

2.2.2.	Descripción de área disponible	143
2.2.2.1.	Localización del terreno	143
2.2.2.2.	Topografía del terreno.....	144
2.2.2.2.1.	Planimetría.....	144
2.2.2.2.2.	Altimetría	144
2.2.3.	Evaluación de la calidad del suelo	144
2.2.3.1.	Ensayo triaxial	145
2.2.4.	Criterios arquitectónicos de diseño	146
2.2.4.1.	Criterios de conjunto	146
2.2.4.2.	Criterio de iluminación.....	146
2.2.4.3.	Otros criterios	147
2.2.4.3.1.	Ventilación.....	147
2.2.4.3.2.	Ubicación del edificio ..	148
2.2.4.4.	Área de servicio.....	148
2.2.5.	Análisis estructural	148
2.2.5.1.	Selección del sistema estructural a utilizar.....	148
2.2.5.2.	Análisis de cargas	148
2.2.5.2.1.	Cargas verticales	148
2.2.5.2.2.	Cargas horizontales por AGIES.....	150
2.2.5.3.	Método simplificado en muros de mampostería	159
2.2.5.3.1.	Selección de la cubierta	176
2.2.5.3.2.	Selección de la estructura de apoyo	178
2.2.6.	Diseño estructural	179
2.2.6.1.	Diseño de la cimentación	180

	2.2.6.1.1.	Diseño del cimiento corrido	180
	2.2.6.1.2.	Diseño de zapatas.....	188
2.2.7.		Diseño de instalaciones	188
	2.2.7.1.	Instalaciones eléctricas.....	188
	2.2.7.2.	Instalaciones hidráulicas.....	190
	2.2.7.3.	Instalaciones sanitarias	194
2.2.8.		Desarrollo del proyecto	197
	2.2.8.1.	Presupuesto.....	198
	2.2.8.2.	Cronograma de ejecución.....	199
	2.2.8.3.	Elaboración de planos	200
	2.2.8.4.	Evaluación ambiental inicial.....	201
CONCLUSIONES			209
RECOMENDACIONES.....			211
BIBLIOGRAFÍA.....			213
APÉNDICES			215
ANEXOS			219

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Planta de la escuela.....	18
2.	Área tributaria columna critica.....	21
3.	Planta segundo nivel.....	36
4.	Iteración por método Kani, carga viva eje c.....	47
5.	Iteración por método kani, carga muerta, eje C, módulo 1.....	48
6.	Iteración por método Kani, carga sísmica, eje C, módulo 1.....	49
7.	Detalle general de losa de primer y segundo nivel.....	54
8.	Planta de distribución de momentos no balanceados en losa de primer y segundo nivel (Kg-m).....	59
9.	Planta de distribución de momentos no balanceados en losa de primer y segundo nivel (Kg-m).....	62
10.	Detalle de armado final de losa.....	67
11.	Detalle de longitud de bastones y tensiones en losa 1N y 2N.....	68
12.	Detalle de armado de losa del primer y segundo nivel.....	69
13.	Diagrama de momentos últimos más críticos en el eje Y, primer nivel.....	71
14.	Diagrama de corte último actuante en la viga.....	75
15.	Zonas de empalmes de refuerzo en vigas principales.....	80
16.	Armado de viga eje C, 2-3, del módulo I, nivel 1.....	80
17.	Armado final de columna.....	101
18.	Esquema de armado para zapata Z-1.....	111
19.	Detalle en planta de armado para Z-1.....	111
20.	Esquema de armado para zapata Z-2.....	124

21.	Detalle en planta de armado para zapata Z-2.....	124
22.	Velocidad básica del viento en km/h de Guatemala	152
23.	Centro de masa y rigidez	163
24.	Relación modular	170
25.	Detalle de la sección de mochetas	174
26.	Detalle de soleras	176
27.	Diagrama flecha / luz	177
28.	Detalle de la viga tipo canal	179
29.	Detalle de cimiento corrido CC-1	186
30.	Sección de cimiento corrido CC-2.....	187
31.	Cronograma de ejecución del salón de usos múltiples	200

TABLAS

I.	Etapas del ensayo de compresión triaxial.....	14
II.	Carga axial sobre la columna crítica	22
III.	Resultados integración de cargas sobre el eje crítico.....	25
IV.	Cálculo de corte basal, módulo 1	27
V.	Fuerzas horizontales, módulo 1	29
VI.	Centro de rigidez eje X, nivel 2	31
VII.	Centro de rigidez eje X, nivel 1, módulo 1	32
VIII.	Centro de rigidez eje Y, nivel 2, módulo1	32
IX.	Centro de rigidez eje Y, nivel1, módulo1	32
X.	Resumen centro de rigidez, módulo 1	33
XI.	Peso ejes en sentidos X, segundo nivel	33
XII.	Peso ejes en sentidos y, segundo nivel	34
XIII.	Peso ejes en sentido x primer nivel, módulo I.....	34
XIV.	Peso ejes en sentido Y primer nivel módulo I	35
XV.	Cálculo del centroide en sentido x, segundo nivel	37

XVI.	Cálculo del centroide en sentido Y, segundo nivel.....	38
XVII.	Centro de masa segundo y primer nivel.....	39
XVIII.	Excentricidades directas	40
XIX.	Excentricidades accidentales	40
XX.	Distribución de fuerzas nivel 2, eje x.....	41
XXI.	Distribución de fuerzas nivel 1, eje X	42
XXII.	Distribución de fuerzas nivel 2, eje y	42
XXIII.	Distribución de fuerzas por nivel 1, eje Y	42
XXIV.	Momentos finales en marco por Kani para vigas, eje C	50
XXV.	Momentos finales en marco por Kani para columnas, eje C	50
XXVI.	Factores de carga y combinaciones sugeridos por el ACI 318S-11 y AGIES	51
XXVII.	Envolvente de viga AB, eje 2, nivel 2	52
XXVIII.	Envolvente de viga BC, eje 2, nivel 2	52
XXIX.	Envolvente de viga CD, eje 2, nivel 1	53
XXX.	Envolvente de viga DE, eje 2, nivel 1	53
XXXI.	Resumen de cargas muertas	55
XXXII.	Momentos actuantes no balanceados en losa de primer y segundo nivel.....	59
XXXIII.	Momentos actuantes balanceados en losa de primer nivel.....	61
XXXIV.	Carga axial sobre columnas del nivel 1 y 2	83
XXXV.	Coeficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación por nivel y por eje, sentido Y	89
XXXVI.	Unidades de gasto para tuberías de distribución	126
XXXVII.	Gastos probables para el método de Hunter (lt/s).....	128
XXXVIII.	Ecuaciones de intensidad de lluvia por región	130
XXXIX.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga	132
XL.	Presupuesto del edificio escolar.....	134

XLI.	Cronograma de ejecución del edificio escolar	135
XLII.	Evaluación de impacto ambiental para el proyecto del edificio escolar	136
XLIII.	Cargas verticales de paneles para techo curvo	150
XLIV.	Momento de volteo	158
XLV.	Cálculo de centro de masa en muros	160
XLVI.	Cálculo de centro de rigidez en muros.....	162
XLVII.	Cálculo de fuerzas cortantes distribuidas en muros.....	164
XLVIII.	Cálculo de momento de volteo distribuido en muros	165
XLIX.	Relación flecha luz óptima	177
L.	Circuitos de fuerza	189
LI.	Circuitos de iluminación	189
LII.	Cálculo de subramales	190
LIII.	Unidades de gasto según aparato sanitario.....	192
LIV.	Gastos probables para el método de Hunter	193
LV.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga	195
LVI.	Diámetros de las derivaciones en colector	196
LVII.	Área máxima a drenar con una bajada de agua pluvial	197
LVIII.	Presupuesto del salón de usos múltiples.....	198
LIX.	Evaluación de impacto ambiental para el proyecto de salón de usos múltiples.....	202

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Altura de viga
As	Área de acero
b	Base
C	Coeficiente de rugosidad
cm	Centímetro
Vmax	Corte máximo
Vrc	Corte nominal del concreto
CP	Cota piezométrica
Ec	Ecuación
E	Empuje de la tierra
e	Excentricidad
t	Espesor de losa
EQ	Fuerza de sismo
FH	Fuerza horizontal
FL	Fuerza longitudinal
ha	Hectárea
HG	Hierro galvanizado
I	Impacto
Lts/seg	Litros por segundo
L	Luz libre entre vigas
m	Metro
m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico

m³/seg	Metros cúbicos por segundo
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
mm/hr	Milímetros por hora
Mcm	Momento por carga muerta
Mcv	Momento por carga viva
Mt	Momento total
Mu	Momento último
d	Peralte
Hf	Pérdida de carga
Wc	Peso de concreto armado
Wcc	Peso del concreto ciclópeo
pulg²	Pulgadas cuadradas
Fy	Resistencia del acero
f'c	Resistencia del concreto
seg	Segundo
Vs	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Acera	Espacio más elevado que la capa de rodadura donde circulan los peatones.
Acero de refuerzo	Cantidad de acero requerido para un esfuerzo determinado.
ACI	Instituto Americano del Concreto.
ACI 318-08	American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).
AGIES	Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica.
Área	Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites.
Bases de diseño	Son las bases técnicas adaptadas para el diseño del proyecto.
Carga estática	Es la diferencia de alturas que existe entre la superficie libre de una fuente de abastecimiento y un punto determinado del acueducto. Viene expresada en metros columna de agua (m.c.a.).

CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
Cota de cimentación	Altura donde se construyen los cimientos referidos a un nivel determinado.
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.
Deslizamiento	Fuerza que tiende a deslizar horizontalmente el muro.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.
Empuje	Fuerza ejercida por el suelo a la estructura.
Especificaciones	Son normas generales y técnicas de construcción con disposiciones especiales o cualquier otro documento que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.
Formaleta	Molde temporal para el concreto fresco que se retira una vez que el concreto logra la resistencia suficiente para sostenerse por sí mismo. Puede ser llamado cimbra.

Fraguado	Reacción química exotérmica que determina el paulatino endurecimiento de una mezcla de cemento y agua, la cual puede ser un concreto o mortero.
Fuerza de sismo	Carga que es inducida por un sismo y que provoca esfuerzos en la subestructura.
IGSS	Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Losa	Elemento estructural, plano que soporta directamente las cargas y las transmite a diferentes apoyos.
MINEDUC	Ministerio de Educación.
Mortero	Mezcla constituida por material cementante, agregado fino, agua, con o sin aditivos empleada para obras de albañilería, como material de pega, revestimiento de paredes, entre otros.
Nivelación	Es un procedimiento de campo que se realiza para determinar las elevaciones en puntos determinados.
Sobrecarga	Carga adicional a la aplicada, que se toma como factor de seguridad.

Topografía

Arte de representar un terreno en un plano, con su forma, dimensiones y relieve.

RESUMEN

El presente documento presenta el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado que consta del diseño de dos proyectos de infraestructura, cuya finalidad es satisfacer las necesidades más prioritarias expresadas por los habitantes de la aldea Lo De Mejía del municipio de San Juan, Sacatepéquez y de la colonia Villas de San Juan, zona 7 de la ciudad de Guatemala, Guatemala; los cuales serán beneficiados con su implementación. Ambos proyectos se hicieron con el objeto de proporcionar soluciones reales a los problemas expresados, utilizando criterios básicos de ingeniería

El proyecto planteado para la escuela oficial rural mixta de la aldea Lo de Mejía consiste en diseñar un edificio, el cual contará con un área para la dirección, secretaría y contabilidad, una sala de espera, un salón de profesores, un área de baños para hombres y un área de baños para mujeres, todo lo anterior ubicado en el primer nivel del edificio; asimismo, contará con dos salones de clase ubicados en el segundo nivel, estos dos utilizando un área de 136 m², beneficiando a 600 estudiantes por jornada.

El segundo proyecto a desarrollar consiste en diseñar un salón de usos múltiples con escenario, camerinos, un área administrativa y servicios sanitarios. Lo anterior beneficiará a la población de la colonia y a los visitantes que cuenta con área de construcción de 230 m², beneficiando a 300 familias de la colonia Villas de San Juan.

OBJETIVOS

General

Diseñar un edificio de dos niveles para la escuela oficial rural mixta de Ciudad Quetzal, en la aldea Lo de Mejía del municipio de San Juan, Sacatepéquez y un área recreativa para la colonia Villas de San Juan, Guatemala, Guatemala.

Específicos

1. Mejorar las condiciones de la escuela de la aldea Lo de Mejía, San Juan, Sacatepéquez, creando espacios que brinden un ambiente adecuado y propicio para poder recibir el tan preciado derecho a la educación.
2. Proporcionar las instalaciones adecuadas para el desarrollo de actividades recreativas y sociales de los habitantes de la colonia Villas de San Juan, zona 7, Guatemala, Guatemala, creando un lugar que les permita estar en contacto con la naturaleza, aprovechando el área verde con la que cuenta la colonia.
3. Capacitar al personal involucrado en el desarrollo de los proyectos. La capacitación se dará tanto para el personal administrativo, en el manejo de software de oficina y de diseño de ingeniería, como para los trabajadores en la lectura e interpretación de planos de construcción.
4. Adquirir experiencia profesional al participar en el diseño de obras civiles la cual será de gran ayuda en un futuro.

INTRODUCCIÓN

Los Concejos Comunitarios de Desarrollo buscan contribuir a la descentralización del Estado tanto administrativa como financieramente. Lo anterior quiere decir que se busca que las decisiones se tomen cada vez más a nivel local y no municipal, pues es en la comunidad donde se conocen mejor los problemas y las necesidades de las mismas.

La Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como entidad comprometida con el pueblo de Guatemala, brinda apoyo a los diferentes COCODE que existen dentro del territorio nacional.

Para el cumplimiento de lo anteriormente descrito el estudiante de la carrera de Ingeniería Civil, en representación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se compromete con la formulación de proyectos de infraestructura social, que sean de interés y beneficio para la comunidad a la que se le brinda apoyo.

En esta oportunidad el Concejo Comunitario de Desarrollo de la aldea Lo de Mejía, del municipio de San Juan Sacatepéquez, ha solicitado apoyo para desarrollar el proyecto que consiste en el diseño de un edificio de dos niveles para la escuela oficial rural mixta de Ciudad Quetzal; asimismo, el comité de vecinos de la colonia Villas de San Juan, zona 7 de la ciudad de Guatemala, Guatemala, ha solicitado apoyo también para desarrollar el proyecto que consiste en el diseño de un salón de usos múltiples.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Lo de Mejía, San Juan, Sacatepéquez

El nombre del Municipio se define de la siguiente manera: San Juan, en honor al patrono San Juan Bautista y Sacatepéquez que se deriva de dos voces Cakchiqueles, *Sacat* que significa hierba y *Tepeq* que significa cerro. Su origen es precolonial, fue conquistado por los españoles en 1525, al mando de Antonio de Salazar, cuya corte, se estableció en tierra de Yampuc, fue uno de los pueblos más importantes que formaron el reino Cakchiquel. Según documentos existentes, el título de tierras de San Juan Sacatepéquez adquirió derechos el 03 de febrero de 1752, en el cual hace constar que los indígenas de la región compraron al Rey de España 480 caballerías y 38 manzanas, siendo repartidas entre todos los ejidos, pagando por el mismo 1 200,00 pesos en monedas de la época, segregando posteriormente, parte de las tierras para los municipios vecinos.

Debido a su crecimiento y desarrollo agrícola, comercial y cultural, el municipio fue ascendido a Villa, según el Acuerdo Gubernativo del 08 de marzo de 1923, pasó el municipio a 2ª categoría. El municipio se compone de varias aldeas y caseíos, entre la que se destaca la aldea Lo de Mejía, en la microrregión uno, fue instituida hace 50 años aproximadamente, su población es de condición social baja, su actividad principal es la agricultura, como el maíz y frijol, plantas ornamentales, la minería, como la extracción de piedra caliza entre otros, su fiesta titular es el 11 de febrero en honor a la virgen de Lourdes.

1.1.1. Origen de la comunidad

La comunidad surge del crecimiento poblacional del municipio. En la búsqueda de tierras para la agricultura, como también en el repartimiento de tierras de forma hereditaria, fueron creando el caserío que se transformó en lo que actualmente es aldea Lo de Mejía, establecida hace cincuenta años, aproximadamente, con una población aproximada de 35 habitantes, fuente de información COCODE de la aldea.

1.1.2. Localización y colindancias

La aldea Lo de Mejía se encuentra ubicada al este de la cabecera Municipal de San Juan Sacatepéquez, colinda al norte con finca Lo de Castillo; al sur con el municipio de Mixco; al este con la colonia Lomas de San Pedro, y al oeste con la aldea Sajcavillá, su topografía es quebrada, el centro es relativamente plano, a una distancia de la cabecera municipal, de 10 km aproximadamente.

1.1.3. Ubicación geográfica

La aldea se encuentra ubicada entre las coordenadas, latitud $14^{\circ}41'43,08''$ norte, y longitud $90^{\circ}36'5,05''$ oeste y se encuentra a una altura de 1 738 msnm.

1.1.4. Topografía

La topografía del municipio de San Juan, Sacatepéquez es irregular, bastante montañosa y quebrada, presenta pocas planicies, tiene muchas pendientes y hondonadas, cubiertas de verde y exuberante vegetación. Tiene

regiones fértiles que gradualmente van haciendo contacto con partes de terrenos secos, barrancos arenosos y hasta barrocos. La aldea Lo de Mejía presenta este tipo de topografía accidentada en gran proporción y en el centro es regular.

Tanto el municipio como la aldea cuentan con cerros que son dignos de mencionar como lo son: el cerro Candelaria, situado a norte de la cabecera municipal, se extiende desde el río Raxtunyá hasta las afueras de la misma y posee vetas de calcio en sus entrañas; el cerro Carnaval, ubicado en la aldea Sajcavillá, que por su altura y formación tiene las características de un volcán y cuenta con minas de mármol que fueron explotadas durante el gobierno del General José María Reyna Barrios, el cerro Mala Paga que se encuentra en la aldea Lo de Mejía, el cerro Colorado, en la aldea camino a San Pedro, entre otros.

1.1.5. Clima

La aldea Lo de Mejía, cuenta con un clima que va de cálido a templado; la temperatura media oscila entre los 17 °C, según la estación climatológica Suiza Contenta del INSIVUMEH la temperatura máxima es de 28 °C, la precipitación pluvial, es frecuente en las tardes y noches en época lluviosa.

1.1.6. Situación demográfica

La aldea cuenta con una tipología diversa de viviendas, ya que se encuentran construidas con materiales mixtos, de las que se pueden mencionar algunas características, forros de lámina de zinc y madera, con techo de lámina de zinc, de pared de block pómez y de pared de adobe con techo de lámina de zinc, existen aproximadamente unas 900 viviendas en la región.

1.1.7. Vías de acceso y medios de transporte

La comunidad carece de obras de infraestructura, pero cuenta con carreteras que son las vías de comunicación más comunes en el medio y a la vez muy importantes para el desarrollo de las comunidades, por ello se puede mencionar la carretera que conduce de la ciudad de Guatemala hacia el municipio con 32 km aproximadamente de longitud y las carreteras hacia algunas aldeas y caseríos se encuentran asfaltadas, y también hay de terracería, según su localización.

La aldea Lo de Mejía tiene su principal acceso por la carretera que comunica con la aldea Sajcavillá llegando de la cabecera municipal de San Juan Sacatepéquez, con una distancia aproximada de 10 km.

Esta carretera es de mucha importancia, ya que es transitable en todo tiempo y es usada para llegar a diferentes aldeas y colonias de la región.

También se tiene un acceso sobre la carretera que conduce hacia la colonia Lo de Carranza, del municipio de Mixco. Las calles internas de la aldea son de terracería en su totalidad, su longitud total es de 12 km, aproximadamente. Cuenta con transporte extraurbano de la cabecera municipal hacia la aldea Lo de Mejía por medio de microbuses, hasta el mediodía y por el lado de la carretera que conduce hacia la colonia Lo de Carranza, el transporte es por medio de pick up, hacia el centro de la aldea y lugares inmediatos.

1.1.8. Servicios públicos

El municipio en general cuenta con distintos servicios, tanto públicos como privados, que ofrecen el apoyo a la aldea Lo de Mejía como a otras aldeas, para

el abastecimiento de la canasta básica y pago de servicios en instituciones tanto públicas como privadas.

Entre las instituciones públicas están: escuelas, Bomberos Voluntarios, Policía Nacional Civil, Centro de Salud, IGSS., Juzgado de Paz, Ministerio Público, Iglesias Católicas, Iglesias Evangélicas, entre otras.

Entre las instituciones privadas están: colegios, empresas financieras (bancos y cooperativa), telgua, transportes, bienes raíces, sanatorio, centro médico, unidad asistencial, restaurantes, pizzería, cafeterías, pastelerías, heladerías.

1.1.9. Actividad económica

La población se dedica mayormente a la agricultura, a San Juan Sacatepéquez se le denomina la Tierra de las flores, por su alta producción de flores, las cuales son vendidas en la cabecera municipal, en la ciudad capital, así como dentro y fuera de las fronteras de la República de Guatemala.

La tapicería es otra de las actividades en que se distingue el pueblo. Se producen muebles de finos acabados de sala, comedor y cocina, que son vendidos en el municipio, en la ciudad capital, en el interior de la República, como también en el exterior.

La población de San Juan Sacatepéquez también se dedica a tejer, los tejidos son elaborados en casa, en su mayoría por la mujer adulta, y por lo general se distribuyen en el mismo pueblo. Existen varios telares de estilo antiguo y telares pequeños manuales, los que utilizan en su mayoría las

mujeres para elaborar las telas de sus trajes típicos, como güipiles, fajas, tapados, cargadores, gorros de niños, entre otros.

En el municipio se desarrollan distintas actividades en talleres de mecánica, hojalatería, bordados a máquina, también actividades comerciales en abarroterías, despensa, comida rápida, elaboración de cestas de caña de castilla, manufactura de enseres de barro (como comales, ollas, batidores, y otros), cohetería, jarcia que consiste en la elaboración de artículos, utilizando la pita (material que se extrae del maguey) y sirve para hacer bolsas, redes, mecapal, lazos, cebaderas de caballo y dentro de la aldea Lo de Mejía se desarrollan actividades de minería, entre otros.

1.1.10. Idioma y religión

La aldea domina el idioma cakchiquel y el castellano, la religión de la aldea está clasificada con un 60,00 % de la iglesia católica, un 35,00 % de la iglesia evangélica y el resto de otras denominaciones.

1.2. Monografía del municipio de Guatemala, Guatemala

La Ciudad de Guatemala ha atravesado por grandes desastres que incidieron profundamente en la vida de sus ciudadanos. La capital tuvo que ser trasladada en tres ocasiones; la primera cuando se asentaba en el Valle de Almolonga (hoy Ciudad Vieja, cerca de Antigua Guatemala) y que fue destruida por una avalancha de agua y lodo que se desprendió del volcán de Agua.

Como producto de este desastre se trasladó la ciudad al valle de Panchoy (hoy Antigua Guatemala), que fue destruida por el terremoto de Santa Marta el 29 de julio de 1773. Esto produjo un nuevo traslado al valle de la Ermita en

1775 y desde entonces ha sido sometida a otros dos terremotos de gran magnitud, en 1917, 1918 y 1976. El municipio de Guatemala ha experimentado un alto crecimiento de población en los últimos cincuenta años: en 1950 vivían cerca de 300 000 personas y en el año 1999 la cifra llegó a un millón; es decir, hubo un incremento del 70,00 %. Esta situación implicó una demanda de servicios como agua potable, calles, drenajes, electricidad, transporte, y adicionalmente, disponibilidad de tierra para el desarrollo de nuevos asentamiento y urbanizaciones.

Desde la segunda mitad del siglo XX se ha conformado una serie de asentamientos precarios en áreas propensas a sufrir daños, no solamente por eventos de gran magnitud como los enumerados, sino por el impacto de amenazas naturales que ocurren cotidianamente. A partir del terremoto de 1976 más de 20 000 familias migraron a la capital y se asentaron en las áreas verdes, parques y terrenos baldíos que tenía la ciudad. Los asentamientos precarios se ubican generalmente en las laderas de los barrancos, cuyas áreas se han dejado como reserva forestal y que debido a la presión por la posesión por la tierra, son invadidas. El proceso de deforestación en las laderas y ubicación de las viviendas en terrenos con pendientes pronunciadas o rellenos, son las características más comunes en donde habita este segmento poblacional.

1.2.1. Ubicación y localización

La ciudad de Guatemala se encuentra a una elevación de 1 502 msnm, ubicada en una latitud de 14° 35' 11" N y longitud de 90° 31' 58" W, en el departamento del mismo nombre; y cuenta con una extensión territorial de 91 km² aproximadamente.

El municipio de Guatemala colinda al norte con Chinautla y San Pedro Ayampuc; al este con Palencia; al sur con Santa Catarina Pinula, San José Pinula, Villa Canales, Petapa y Villa Nueva; al oeste con Mixco. Todos municipios del departamento de Guatemala.

1.2.2. Clima e hidrología

El Observatorio Nacional, según la estación E15 del INSIVUMEH, ha indicado que posee una temperatura media anual de 19,25 °C, promedio máxima 24,5 °C, promedio mínimo 14,0 °C, absoluta máxima 33,4 °C y absoluta mínima de 4,2 °C, con 1 196,80 milímetros de precipitación y 122 días de lluvia al año. La humedad relativa media fue de 78,00 %.

1.2.3. Vías de acceso y medios de transporte

La Ciudad de Guatemala cuenta con diversas carreteras y autopistas que la conectan al resto del país, como la autopista Palín-Escuintla hacia el sur, la carretera Jacobo Arbenz Guzmán hacia el Atlántico y el norte, la carretera a El Salvador (carretera Panamericana hacia el oriente del país) y las carreteras que se derivan de la carretera Panamericana y que la conectan al occidente del país, específicamente a los departamentos de Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango y Quiché.

El servicio de transporte está constituido principalmente por el servicio de buses urbanos, existen 336 rutas y cobran una tarifa de Q.1,00 quetzales, sin embargo, cabe destacar la importancia de las dos líneas de transporte masivo denominada transmetro promovida por la municipalidad de Guatemala, la primera ruta sale de la central de la zona 12 hasta el centro cívico de la capital (eje sur), y la segunda sale del centro cívico hacia la zona 13 de la ciudad (eje

central). En la actualidad se trabaja en la segunda fase de esta línea, aunque está en proyecto la implementación de doce nuevas rutas del citado sistema transmetro. También se implementó un sistema de autobuses en toda la ciudad capital, denominado transurbano, en el cual se reemplazaron los buses urbanos por autobuses en los cuales ya no se paga en efectivo, sino que se utiliza una tarjeta en la cual se le descuenta el pasaje a fin de reducir la frecuencia de asaltos a los pilotos urbanos.

1.2.4. Zonas e infraestructura

La ciudad tiene además de una gran variedad de restaurantes, centros comerciales, plazas, hoteles y tiendas, cerca de trescientas galerías y museos; asimismo, existen trece universidades: doce privadas y una nacional, la cual tiene varios centros de estudios en diferentes zonas de la ciudad.

La ciudad está dividida en 25 zonas (omitiendo las zonas 20, 22 y 23 que son parte de otros municipios), lo cual hace muy sencillo encontrar direcciones gracias al plan urbanístico diseñado por el Ingeniero Raúl Aguilar Batres. Guatemala tiene una estructura cuadrada que se expande en todas las direcciones, lo cual es una característica importante del urbanismo neoclásico de principios de siglo. La ciudad posee muchas avenidas y bulevares amplios y decorados; como la Avenida La Reforma, Vista Hermosa, Los Próceres, y Avenida de Las Américas, entre otros. Su trazado antiguo y su ubicación (un valle rodeado de barrancos profundos) hace que las vías de acceso principales sean pocas, lo cual causa una severa congestión de tráfico, al igual que el desarrollo de otras áreas antes tomadas como marginales como la ruta al Atlántico Jacobo Arbenz Guzmán entre las zonas 17 y 18, área que ha demostrado un gran poder comercial.

1.2.4.1. Zona industrial

La industria está concentrada mayormente en la zona 12, a ambos lados de la avenida de Petapa, convirtiendo a esta zona en la más contaminada de la ciudad. Asimismo, modernos proyectos urbanísticos colocaron a las contaminantes fábricas en las cercanías de las carreteras hacia el Pacífico y el Atlántico y lo que será el gran proyecto del anillo metropolitano. Grandes áreas comerciales se construyeron en distintos puntos de la capital, entre las que destacan el complejo urbanístico del parque comercial Las Majadas, que agrupa el área comercial más grande del país ya que en él se encuentran quince centros comerciales.

1.2.4.2. Zona residencial

Existen diversas zonas residenciales en la ciudad aunque debido al crecimiento de la población y el desarrollo económico muchas áreas ahora son de carácter mixto compartiendo residencias, comercios y en algunos casos industrias. Debido a la inseguridad se puede observar un fenómeno llamado colonia cerrada, que consiste en que los vecinos se organizan para cerrar las calles con rejas o paredes y dejan una garita de entrada y salida con guardia privada.

2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de la escuela Las Colinas de la aldea Lo de Mejía, San Juan, Sacatepéquez

A continuación, se describen los lineamientos tomados en cuenta y los cálculos llevados a cabo para el diseño estructural del proyecto del edificio escolar en la aldea Lo de Mejía, San Juan, Sacatepéquez.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consistirá en la ampliación de las instalaciones existentes. Por las dimensiones del terreno de la escuela donde se desea hacer el proyecto, y en busca del máximo aprovechamiento de este, el edificio contará con los siguientes ambientes:

- Oficina de dirección para desarrollar las correspondientes actividades administrativas y atención a los padres de familia.
- Servicios sanitarios para hombres y mujeres
- Sala de espera
- Área de secretaria y contabilidad
- Área de cocina
- Área de bodega para guardar mobiliario
- Salón de profesores
- Dos salones de clase

2.1.2. Descripción del área disponible

Se cuenta con un terreno de forma rectangular que pertenece al ministerio de educación, por lo cual no se tiene ningún inconveniente legal para llevar a cabo la construcción de este edificio.

La escuela oficial rural mixta de la aldea Lo de Mejía en el municipio de San Juan Sacatepéquez cuenta con varios módulos de infraestructura de mampostería de uno y dos niveles, cuenta también con un área en el cual se han improvisado salones de clase utilizando láminas y madera. Es en esta área donde se pretende construir la ampliación del edificio escolar propuesta.

2.1.2.1. Localización del terreno

El lugar disponible para la construcción del edificio escolar se encuentra ubicada en la aldea Lo de Mejía, del municipio de San Juan, Sacatepéquez, cuyas coordenadas geográficas son latitud 14° 41' 43,10" N, y longitud 90°36'5,08" W.

2.1.2.2. Topografía del terreno

La superficie del terreno puede considerarse plana, por lo que no hubo necesidad de hacer el levantamiento altimétrico. Se cuenta con un espacio disponible de 14 m de ancho x 16 m de largo lo que da un área de 224 m².

2.1.2.2.1. Planimetría

Consiste en los procedimientos utilizados para fijar las posiciones de puntos, proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones, con las distancias y direcciones obtenidas de campo.

Los levantamientos planimétricos se pueden hacer por métodos tales como, conservación de azimut, por deflexiones, por rumbo y distancia u otro de los usados generalmente.

2.1.2.2. Altimetría

Tiene por objeto determinar la diferencia de altura entre puntos del terreno, la altura de los puntos se tiene sobre un plano de comparación, siendo el más común el nivel del mar. El instrumento utilizado para el desarrollo del trabajo depende de la precisión que se desee. Con los datos de campo se obtienen las cotas y perfil del terreno.

2.1.3. Evaluación de la calidad del suelo

Para apreciar las características del suelo donde se construirá la edificación y para conocer el valor del soporte del suelo, se realizó un ensayo de compresión triaxial, mediante el método propuesto por el Dr. Terzaghi.

2.1.3.1. Ensayo de compresión triaxial

El ensayo triaxial constituye el método más versátil en el estudio de las propiedades esfuerzo-deformación. Con este ensayo es posible obtener una gran variedad de estados reales de carga. Esta prueba es la más común para determinar las propiedades esfuerzo – deformación.

Este ensayo se realiza sobre muestras inalteradas de suelo de forma cilíndrica con relación uno a dos y sometida a una presión de confinamiento en todas sus caras (fuerzas compresivas que actúa en tres direcciones en ángulos rectos entre si).

Las desventajas son del tipo operativo, ya que el equipo y el ensayo en sí es bastante complejo y obliga a extremar los cuidados durante todas las etapas de ensayo.

2.1.3.1.1. Etapas de un ensayo de compresión triaxial

El ensayo de compresión triaxial consta de las etapas siguientes:

- Primera etapa: se inicia con la aplicación de la presión de cámara, en caso de condiciones drenadas y no drenadas, lo que influirá si es consolidado o no.
- Segunda etapa: carga, el espécimen se somete a esfuerzos cortantes induciendo esfuerzos principales diferentes entre sí. Esta etapa depende si es drenada o no drenada, aunque este proceso tiene sentido si se dreno en la primera etapa.

Tabla I. Etapas del ensayo de compresión triaxial

Tipo de ensayo	ETAPA I		ETAPA II		Duración del ensayo
	Solicitud isotrópica		Solicitud anisotrópica		
	Drenaje	Gráficas	Drenaje	Gráficas	
UU	No	No	No	$(\sigma_1 - \sigma_3) = f(\epsilon)$	Minutos
CU	Si	$\Delta V / V_0 = f(t)$	No	$(\sigma_1 - \sigma_3) + U = f(t)$	Depende del tipo de suelo
CD	Si	$\Delta V / V_0 = f(t)$	Si	$(\sigma_1 - \sigma_3) + \Delta V / V_0 = f(\epsilon)$	Depende del tipo de suelo

Fuente: DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. p. 58

2.1.3.1.2. Ensayo triaxial no consolidado-no drenado

También conocido como no consolidado rápido, denominado UU (*unconsolidated – undrained*), R (rápido) o Q (quick).

2.1.3.1.3. Ensayo triaxial consolidado drenado

También conocido como ensayo triaxial lento, denominado CD (*consolidated – drained*), L (lento) o S (*slow*), permite determinar los parámetros efectivos de resistencia al corte.

2.1.3.1.4. Ensayo triaxial consolidado-no drenado

También conocido como consolidado rápido que puede ser con o sin medición de la presión de poros. Denominado CU (*consolidated – undrained*) o RC (consolidado rápido). Cuando durante la ejecución del ensayo es posible la medición del exceso de presión de poros, se pueden determinar los parámetros de resistencia del suelo tanto en términos totales como efectivos.

2.1.3.2. Resultados obtenidos del ensayo triaxial

Terzaghi propuso el mecanismo de falla para un cimiento poco profundo de longitud infinita normal al plano del papel, después de todo el análisis que el doctor Terzaghi realizó, llegó a la siguiente ecuación:

$$q_d = 0,867 \times C \times N_c + \gamma_s \times Z \times N_q + 0,4 \times \gamma_s \times B \times N_s$$

Donde:

q_d = valor de esfuerzo límite

C = coeficiente de cohesión del suelo

ϕ = ángulo de fricción interna

N_c = factor de capacidad de carga debido a la cohesión

γ_s = peso específico del suelo

Z = desplante del cimiento

N_q = factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga

B = base de la zapata

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

F_s = factor de seguridad

Los datos obtenidos en el ensayo triaxial realizado en el CII para el cálculo del valor de esfuerzo límite para arena limosa color café oscuro fueron los siguientes:

$C = 8,63 \text{ ton/m}^2$	$\gamma_s = 1,61 \text{ ton/m}^3$	$B = 1,00$
		m
$\phi = 24$	$Z = 1,61 \text{ m}$	F_{sf}
		= 1,50
$N_c = 19,32$	$N_q = 9,60$	$N_\gamma =$
		7,66

$$q_d = 0,867(8,63)(19,32) + (1,6)(1,61)(9,60) + 0,4(1,61)(1)(7,66) = 174,37 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

El valor soporte del suelo (V_s) queda determinada por medio de la expresión matemática formulada por Terzaghi:

$$V_s = \frac{q_d}{F_s} = \frac{174,37 \text{ ton}/m^2}{4} = 43,59 \frac{\text{ton}}{m^2}$$

Se utiliza el factor de seguridad $F_s = 4,00$ ya que solo se tomó una muestra para este ensayo, y un factor de corrección de fórmula =1,5, el cual ya está aplicado en los cálculos, debido que la muestra no fue tomada por personal calificado y para mayor seguridad por ser un edificio de 2 niveles y la característica principal del suelo es arena limosa color café oscuro.

2.1.4. Sistema estructural a utilizar

Para la escuela es necesario un sistema estructural que resista de forma efectiva las cargas laterales y gravitacionales impuestas, cuya ductilidad sea ampliamente conocida y pueda lograrse con un buen detallado de miembros estructurales.

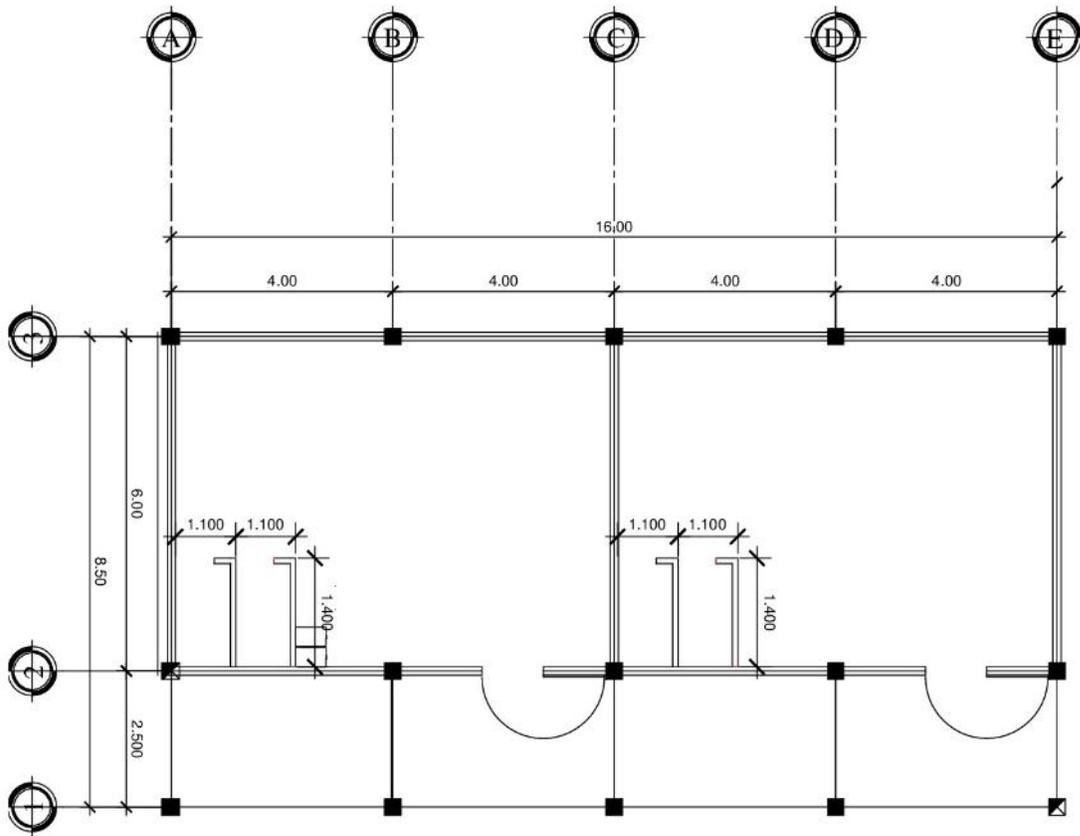
Se ha elegido el sistema de marcos rígidos resistente a momento, y su estructura y detallado sismo-resistente corresponde a lo especificado en el American Concrete Institute (ACI), en su edición 2008, específicamente a lo estipulado por el comité 318 en el capítulo 21, en las secciones correspondientes a los miembros estructurales pertenecientes a marcos especiales resistentes a momento (SMRF, por sus siglas en inglés).

Los muros de mampostería no formarán parte del sistema estructural, y sus efectos se consideran únicamente para el análisis sísmico y de carga por gravedad.

En las secciones siguientes se detallará el proceso de diseño para el módulo I de la planta general presentada en la figura 1. Luego, se llevará a cabo

el procedimiento posterior para las condiciones particulares del módulo restante, el diseño se complementará.

Figura 1. **Planta de la escuela**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.5. **Predimensionamiento estructural**

Predimensionar es dar medidas preliminares a los elementos que componen la estructura, que soportaran las cargas aplicadas. Para esto, se

puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos como los descritos a continuación.

2.1.5.1. Predimensionamiento losa

Para predimensionar losas se calcula el peralte (t), el método usa como variable las dimensiones de la superficie de la losa y el tipo de apoyos que tiene, en este caso todas las losas están apoyadas en los cuatro lados. Se tienen varias medidas de losas, por tanto, se toma la crítica y el peralte resultante se usa en todas.

La fórmula para calcular el espesor de losa:

$$t = \frac{\text{Perimetro}}{180} \qquad t = \frac{(6,00*2+4,00*2)}{180} = 0,1111$$

t = 0,12 metros (área tomada de figura 1)

Se tomará como dimensión uniforme para toda la losa de 12 centímetros, por consideraciones constructivas y arquitectónicas.

2.1.5.2. Predimensionamiento de vigas

Para predimensionar vigas, el método determina el peralte o altura de la viga, ésta depende de la luz que esta cubra. La base de la viga queda a criterio del diseñador. En este caso se calcula la viga crítica, es decir, la de mayor longitud, quedando las demás con igual sección.

Según código ACI 318-08 sección 10.7, el espesor mínimo de viga, no pretensadas con un extremo continuo es $L/21$, donde L es la luz máxima. Ahora bien, se tomará el criterio de ocho por ciento de peralte por cada metro de luz.

Criterio 1	Criterio 2
$h = L * 8 \%$	$h = \frac{L}{21}$
$h = 6.00 * 8 \%$	$h = \frac{6,00}{21}$
$h = 0,48 \text{ m}$	$h = 0,29 \text{ m}$

Donde:

L = luz libre crítica de viga a utilizar

Para el peralte de la viga se utilizará el primer criterio puesto que el segundo muestra un peralte menor a las consideraciones o recomendaciones que da el Código.

En el caso de la base, se utilizarán criterios obtenidos en clase:

$$b = \frac{h}{2} \qquad b = \frac{0.5}{2} = 0.25$$

2.1.5.3. Predimensionamiento de columnas

El método que se utiliza para predimensionar las columnas y determinar la sección se basa en la carga aplicada que se le aplica. En este caso en

particular, se desea guardar simetría en la dimensiones de la columna. Por esta razón se toma la columna crítica, es decir, la que soporta mayor carga. La medida resultante se aplica a todas las demás.

$$P = 0,80(0,225 f'c * Ag + fy * Ag); 1 \% < As < 6 \%$$

Donde

P = carga axial total que llega a la columna

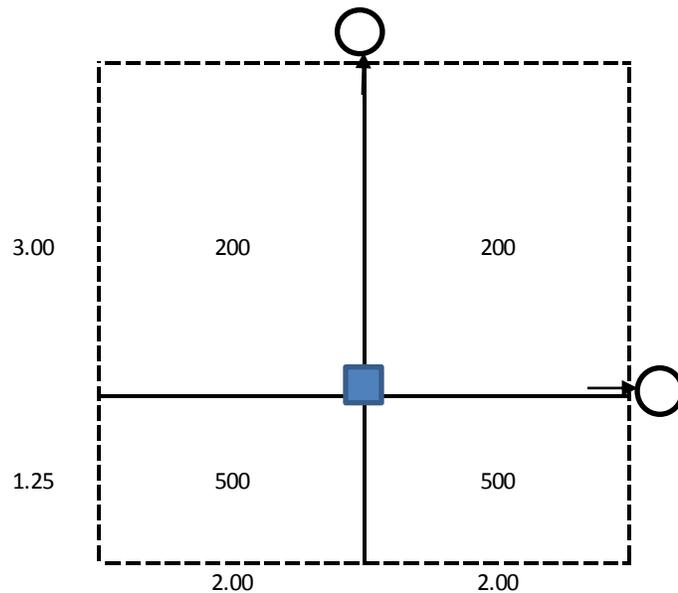
f'c = resistencia del concreto (kg/ cm²)

Ag = área gruesa (Área de sección de la columna)

Fy = resistencia del acero (kg/ cm²)

A_{st} = ρ Ag; ρ (según ACI 1 % < As < 6 %)

Figura 2. **Área tributaria columna crítica**



Fuente: elaboración propia.

Solución:

P = peso segundo nivel + peso primer nivel (tomado del área tributaria y espesor de losa de 0,12m), apoyándonos de la figura 2.

A continuación se muestra la integración de cargas vivas y muertas que llegan a la columna crítica. Indicada en la figura 2.

Tabla II. **Carga axial sobre la columna crítica**

1er nivel		
Losa	4488,00	Kg
Vigas	2475,00	Kg
Muros	4725,00	Kg
CV	4900,00	Kg
Total	16588,00	Kg
2do nivel		
losa	4488,00	Kg
vigas	2475,00	Kg
columna	648,00	Kg
CV	3400,00	Kg
total	11011,00	Kg
gran total	27599,00	Kg

Cargas calculadas en las tablas X y XII

Fuente: elaboración propia.

$$P = 27\,599,00 \text{ kg}$$

Según ACI 318-08

$$P = 0,80[0,85f_c(A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \therefore A_{st} = \rho A_g$$

Donde

P = carga actuante

$f'c$ = resistencia del concreto

f_y = resistencia del acero

A_g = área gruesa

A_{st} = área de acero

ρ = cuantilla de acero

$A_g = 328,56 \text{ cm}^2$

$b = 17,47 \text{ cm}$

Se propone una columna de 30 x 30 que supera el área necesaria y las limitantes.

2.1.6. Integración de cargas

Las cargas que actúan en una estructura pueden variar dependiendo de la dirección en la que se aplique la fuerza. Las cargas pueden ser verticales y horizontales.

2.1.6.1. Cargas verticales

Al referirse a cargas verticales, también conocidas como cargas por gravedad, se tiene cargas vivas y muertas. Las cargas vivas son aquellas cargas ocasionales. Las cargas muertas son aquellas cargas que permanecen constantes, inamovibles y permanentes dentro de una estructura, generalmente está compuesta por el peso propio de los elementos que integran a la estructura.

Para las cargas vivas se tomaron de referencias las mencionadas en las normas de seguridad estructural para la República de Guatemala. NSE-2, en su tabla 3.7.1, cargas vivas para edificaciones.

Cargas viva (CV)

Techo (azotea) = 200 kg/m^2 (losa sin acceso)

Aulas = 200 kg/m^2 (NSE-2)

Pasillos y gradas = 500 kg/m^2

Carga muerta (CM)

Peso del concreto (W_c) = 2400 kg/m^3

Sobrecarga (SC) = 60 kg/m^2

Peso de muros (P_{muros}) = 150 kg/m^2

- Área tributaria

Es la sección de una estructura que atribuye o tributa a la carga sobre un elemento estructural.

Los resultados obtenidos en la integración de cargas se resumen en la tabla III.

Tabla III. **Resultados integración de cargas sobre el eje crítico**

Peso total de la estructura					
		Peso	Factor	Total	
1N	CM	102 796,50	1	102 796,5	Kg
	CV	39 200,00	0,25	9 800	Kg
2N	CM	85 696,50	1	85 696,5	Kg
	CV	27 200,00	0,25	6 800	Kg
Total				205 093	Kg

Cargas calculadas en las tablas X, XI, XII y XIII

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.2. Cargas horizontales

En Guatemala, las cargas horizontales son principalmente debido a fuerzas sísmicas. Las fuerzas horizontales a las que se encuentra expuesto comúnmente un edificio son: de viento y de sismo. En el análisis estructural regularmente se considera una de las dos, ya que los fenómenos naturales que las provocan, generalmente no se presentan simultáneamente.

Desde el punto de vista de las estructuras, los sismos consisten en movimientos aleatorios horizontales y verticales en la superficie de la tierra, a medida que el terreno se mueve, la inercia tiende a mantener a la estructura en su sitio original, lo cual conlleva a la imposición de desplazamiento y de fuerzas que pueden tener resultados catastróficos, por lo tanto; la respuesta sísmica depende fuertemente de las propiedades geométricas de la estructura, especialmente su altura.

Para determinar las fuerzas sísmicas aplicadas a la estructura se utilizara el método de AGIES.

2.1.6.2.1. Corte basal

Es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base, para obtener su valor se utiliza la ecuación 2-1 del AGIES NSE3, sección 2.1.1:

$$V_B = C_s * W_s$$

Donde

W_s = peso de la edificación

C_s = coeficiente sísmico de diseño

Estableciendo el peso de la edificación W_s , se calculó los pesos de los elementos estructurales por cada nivel, como se indicó en la tabla anterior.

Según Normas de Diseño Guatemaltecas, AGIES, en la NSE3-10, sección 1.10.3 indica que el peso de la edificación W_s , debe de incluir un 25 % del peso de la carga viva en los niveles que se consideren altos de ocupación.

Tras haber calculado los pesos del edificio se procede a calcular el corte basal en cada uno de los módulos.

Donde:

I_o = Índice de sismicidad

S_{cr} = ordenada espectral de período corto

S_{1r} = ordenada espectral con período de 1 segundo

K_T = factor que depende del sistema estructural

H_n = altura total del edificio en m

x = factor que depende del sistema estructural y K_T

- T_a = período fundamental de vibración
 F_a = coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos
 F_v = coeficiente de sitio para períodos de vibración largos
 S_{cs} = ordenada espectral con período de vibración corto
 S_{1s} = ordenada espectral con período de vibración de 1s
 N_a = factor de proximidad de las amenazas
 N_v = factor de proximidad de las amenazas
 T_s = período de transición
 S_a = ordenadas espectrales para cualquier período de vibración
 R = factor de reducción
 K_d = coeficiente que depende de la ocurrencia del sismo
 Ω_r = factor de sobre-resistencia
 C_s = coeficiente sísmico
 V_b = corte basal

Tabla IV. **Cálculo de corte basal, módulo 1**

Pasos	Descripción	Cálculos		
Paso 1	Establecer la clase de sitio.	Clase de sitio	D	
	Referencia: AGIES, NSE2 tabla 4.1 p. 11			
Paso 2	Amenazas sísmicas	Io	4	
	Referencia: AGIES, NSE2, anexo a listado de amenaza sísmica por municipios, p.55	Scr	1,5	g
		S1r	0,55	g
Paso 3	Período de vibración empírico (T_a)		E-1	
	Si $T_a < 0.5$ Usar $Scr = 0.5$ g	Kt	0,047	
	Referencia: AGIES, NSE3 2.1.4, p. 25	Hn	8,2	m
	Sistema Estructural	x	0,9	seg
	Referencia: AGIES, NSE3 Tabla 1-1, p. 11	Ta	0,312	seg
		Scr	1,5	g
Paso 4	Coeficiente de sitio	Io	4	
	Referencia: AGIES, NSE 2, tabla 4.2 y tabla 4.3, p. 15	Fa	1	
		Fv	1,5	
Paso 5	Tipo de fuente sísmica	Fuente sísmica	B	
	Referencia: AGIES, NSE2, ver tabla 4-5, p. 24			

Continuación de la tabla IV.

Paso 6	Ordenadas espectrales	\geq	15		m
	Distancia horizontal a la falla				
	Referencia: AGIES, NSE2, tabla 4-6, p. 24 y tabla 4-7, p. 25	Na	1		
	$S_{cs} = S_{cr} \times F_a \times N_a$	Nv	1		
	$S_{1s} = S_{1r} \times F_v \times N_v$	Scs	1,5		
	Referencia ecuaciones: AGIES, NSE2, ecuación 4-1a y 4-2a, p.13	S1s	0,83		
Paso 7	Espectros al nivel de diseño	Clase de obra	Importante		
	Nivel mínimo de protección sísmica	Nivel protección	D		
	Referencia: AGIES, NSE 2, tabla 4.1, p. 11.	Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5 % en 50 años		
	Definir tipo de sismo (NSE 2 P. 12)				
	Referencia: AGIES, NSE 2, sección 4.3.2 p. 12	Sismo	Severo		
	Espectro calibrado al nivel de diseño requerido	Kd	0,8		
	$S_{cd} = K_d \times S_{cs}$	Scd	1,2		g
$S_{1d} = K_d \times S_{1s}$					
Referencia: AGIES, NSE 2, sección 4.3.4.2, p. 16	S1d	0,72		g	
Paso 8	Período de transición	Ts	0,66		seg
	$T_s = S_{1d} / S_{cd}$				
	$S_a(T) = S_{cd}$ si $T_a \leq T_s$	$T_a \leq T_s$	0,312	\leq	0,66
	$S_a(T) = S_{1d}/T$ si $T_a > T_s$	$T_a > T_s$	0,312	$>$	0,66
En base a las condiciones anteriores	$S_a(T)$	1,2		g	
Paso 9	Coefficiente sísmico	R	8		
		Ω_r	3		
	$C_s = S_a(T) / R$	Cs	0,15		
	$C_s \geq 0,044 * S_{cd}$	$0,044 * S_{cd}$	0,05		
		$C_s \geq 0,044 * S_{cd}$	0,15	\geq	0,05
	$C_s \geq 0,5 * S_{1r} / R$	S_{1r}/R	0,08		
	$0,5 * S_{1r}/R$	0,04			
Referencia: AGIES, NSE3, sección 2.1.2.1, p. 24	$C_s \geq 0,5 * S_{1r}/R$	0,15	\geq	0,04	
Paso 10	Coefficiente sísmico	Cs	0,15		
	Peso del edificio	Ws	205,093		ton
	$VB = C_s * W_s$				
	Corte basal	VB	30,76		ton

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.3. Fuerzas por nivel

El corte basal produce una distribución de fuerzas en cada piso, el cual se calcula a partir de la división del corte por nivel, dentro del número de marcos que soportarán dicha fuerza.

Las fuerzas sísmicas se distribuirán a lo alto del edificio de acuerdo con la ecuación:

$$F_x = C_{vx} \times V_B$$

$$C_{vx} = \frac{W_x \times h_x}{\sum(W_i \times H_i)}$$

Donde:

C_{vx} = coeficiente de respuesta sísmica

F_x = fuerza sísmica en el nivel X de la edificación

h_x = es la altura del nivel X sobre la base

Tabla V. **Fuerzas horizontales, módulo 1**

Nivel	Altura h_x [m]	peso w_x [kg]	$(w_x)(h_x)$ [kg-m]	Fuerza de piso F_x [kg]	cortante de piso V_x [kg]	Marco X(3)[Kg]	Marco Y(E)[Kg]
nivel 2	7	92 496,50	647 475,50	120 955,78	120 955,78	40 318,59	24 191,15
nivel 1	4	596,50	450 386,00	84 137,22	205 093,00	28 045,74	16 827,44
sumatoria		205 093,00	1 097 861,50	205 093,00	...	...	...

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.4. Centro de rigidez

En este punto se centran los elementos verticales de un sistema estructural que resiste a las fuerzas laterales.

Para su cálculo se utilizarán las expresiones:

$$K_{\text{techo}} = \frac{1}{\frac{F x H^3}{3 x E_c x I} + \frac{1.2 x F x H}{A x G}} \quad \text{para losas de techo.}$$

$$K_{\text{entrepiso}} = \frac{1}{\frac{F x H^3}{12 x E_c x I} + \frac{1.2 x F x H}{A x G}} \quad \text{para losas de entrepiso.}$$

$$CR \frac{y}{x} = \Sigma \frac{(K_m x I)}{K_m}$$

Donde

K_c = rigidez

F = fuerza de nivel

H = altura de la columna

I = inercia de sección

E_c = módulo de elasticidad del concreto

A = área de la sección

G = módulo de cortante

Calculando

$$E_c = 15\,100 \times \sqrt{f'_c}$$

$$E_c = 15\,100 \times \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}$$

$$E_c = 252\,671,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$G = 0,4 \times E_c$$

$$G = 0,4 \times (252\,671,33 \text{ kg/cm}^2)$$

$$G = 101\,068,53 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_{\text{columna 2nivel}} = 300 \text{ cm}$$

$$H_{\text{columna 1nivel}} = 300 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I = \frac{1}{12} \times 30 \times (30)^3$$

$$I = 67\,500 \text{ cm}^4$$

$$A = 30 \times 30 \text{ cm}$$

$$A = 900 \text{ cm}^2$$

Tabla VI. Centro de rigidez eje X, nivel 2

Segundo nivel sentido X	Marco	# columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x I
	A	3	0,016	0,047	0,00	0,00
	B	3	0,016	0,047	4,00	0,19
	C	3	0,016	0,047	8,00	0,37
	D	3	0,016	0,047	12,00	0,56
	E	3	0,016	0,047	16,00	0,75
	Total			0,23		1,87
	CR 2 nivel en x (m)			8,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Centro de rigidez eje X, nivel 1, módulo 1**

Primer nivel sentido X	Marco	# Columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x L
	A	3	0,037	0,11	0,00	0
	B	3	0,037	0,11	4,00	0,4485249
	C	3	0,037	0,11	8,00	0,8970497
	D	3	0,037	0,11	12,00	1,3455746
	E	3	0,037	0,11	16,00	1,7940994
Total				0,56		4,49
CR 1 nivel en X (m)				8,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Centro de rigidez eje Y, nivel 2, módulo1**

Segundo nivel sentido Y	Marco	# Columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x L
	1	5	0,016	0,08	0,00	0,00
	2	5	0,016	0,08	2,50	0,19
	3	5	0,016	0,08	8,50	0,66
Total				0,23		0,86
CR 2 nivel en Y (m)				3,67		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Centro de rigidez eje Y, nivel1, módulo1**

Primer nivel sentido Y	Marco	# Columnas	Kc (cm ⁻¹)	Km (cm ⁻¹)	Lacum. (m)	Km x L
	1	5	0,037	0,19	0,00	0,00
	2	5	0,037	0,19	2,50	0,47
	3	5	0,037	0,19	8,50	1,59
Total				0,56		2,06
CR 1 nivel en Y (m)				3,67		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Resumen centro de rigidez, módulo 1**

Módulo A		
Nivel	X	Y
CR 2	8,00	3,67
CR 1	8,00	3,67

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.5. Centro de masas

Existen varias formas de aproximar el centro de masas de un nivel determinado. Para el presente diseño, se simplificará el procedimiento según los ejes, calculando los pesos de los elementos involucrados y dando un peso total por eje, agregando la carga viva asignada en el nivel de análisis.

Tabla XI. **Peso ejes en sentidos X, segundo nivel**

EJES	Vigas		Losa Final		Muros		Carga Viva		Total por eje (Kg)	2DO NIVEL Eje X
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad		
	300	kg/m	324	Kg/m2	375	kg/m	200	Kg/m2		
	Cantidad		Cantidad		Cantidad		Cantidad			
1	16		0		16		0		10800	
2	16		0		16		0		10800	
3	16		0		16		0		10800	
Losa Final	0		136		0		0		44064	
CV Losa	0		0		0		136		27200	
									103664	Kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Peso ejes en sentidos y, segundo nivel**

EJES	Vigas		Columnas		Muros		Total por eje (Kg)	2DO NIVEL Eje Y
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad		
	300	kg/m	648	Kg/col	375	kg/m		
	Cantidad		Cantidad		Cantidad			
A	8.5		3		6		6744	
B	8.5		3		0		4494	
C	8.5		3		6		6744	
D	8.5		3		0		4494	
E	8.5		3		8.5		7681.5	
							30157.5	Kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Peso ejes en sentido x primer nivel, módulo I**

EJES	Vigas		Losas Entrepiso		Muros		Carga Viva Aula		Carga Viva Pasillo		Total por eje (Kg)	1ER NIVEL Eje X
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad		
	300	kg/m	264	Kg/m ²	375	kg/m	200	Kg/m ²	500	Kg/m ²		
	Cantidad		Cantidad		Cantidad		Cantidad		Cantidad			
1	16		0		16		0		0		10800	
2	16		0		16		0		0		10800	
3	16		0		16		0		0		10800	
Losa Entrepiso	0		136		0		0		0		35904	
CV Aula	0		0		0		96		0		19200	
CV Pasillo	0		0		0		0		40		20000	
											107504	Kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Peso ejes en sentido Y primer nivel módulo I**

EJES	Vigas		Columnas		Muros		Total por eje (Kg)	1ER NIVEL Eje Y
	Peso	Unidad	Peso	Unidad	Peso	Unidad		
	300	kg/m	648	Kg/col	375	kg/m		
	Cantidad		Cantidad		Cantidad			
A	8.5		3		6		6744	
B	8.5		3		0		4494	
C	8.5		3		6		6744	
D	8.5		3		0		4494	
E	8.5		3		8.5		7681.5	
							30157.5	Kg

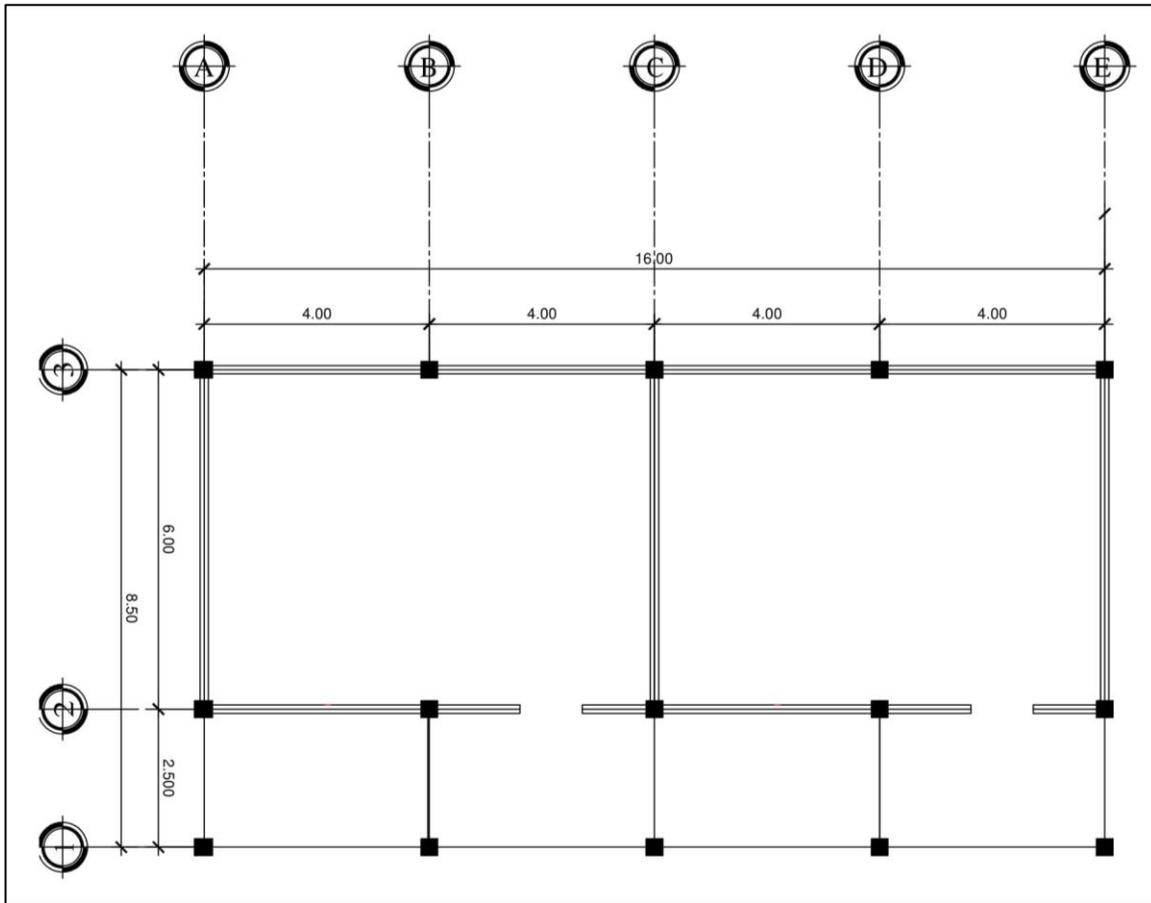
Fuente: elaboración propia.

Teniendo los pesos de los ejes en cada nivel y en cada sentido, se procede a calcular el centro de masas en cada nivel, con las expresiones siguientes:

$$\bar{X} \text{ cm} = \frac{\sum(W_i X_i)}{\sum W_i}; \quad \bar{Y} \text{ cm} = \frac{\sum(W_i Y_i)}{\sum W_i}$$

En la figura 3 se muestra la planta del segundo nivel para el cálculo de distancias desde el punto de referencia.

Figura 3. **Planta segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

El peso de los ejes se calcularon en las tablas XII, XIII y XIV, y la distancia se midió del centroide del eje hacia el punto de referencia en X y en Y que se muestra en la figura 3.

Ejemplo: eje 1

Longitud: 16,00m el centroide se localiza a $L/2$; $(16,00/ 2) = 8,00$ m medido desde el punto de referencia (0,0)

El peso del eje: 6 782,26 kg

Se procede a multiplicar el peso del eje con su centroide medido desde el punto de referencia: (6 782,26 kg) (11,30) = 76 639,54 kg-m

El cálculo se simplifica en las tablas XV y XVI.

Tabla XV. **Cálculo del centroide en sentido x, segundo nivel**

EJE	PESO (Wx) [Kg]	Distancia al centroide del eje (Xi) [m]	Wx*Xi [Kg-m]
1	10800.00	8.00	86400.00
2	10800.00	8.00	86400.00
3	10800.00	8.00	86400.00
A	6744.00	0.00	0.00
B	4494.00	4.00	17976.00
C	6744.00	8.00	53952.00
D	4494.00	12.00	53928.00
E	7681.50	16.00	122904.00
Losa Final	44064.00	8.00	352512.00
CV Losa	27200.00	8.00	217600.00
SUMATORIA	133821.50	-	1078072.00

Fuente: elaboración propia.

Resumiendo las ecuaciones de centro de masa y tomando los datos descritos en la tabla, se obtiene:

$$\bar{X} = \frac{\Sigma(W_i X_i)}{\Sigma W_i}$$

$$\bar{X} = \frac{1078072,00}{133821,50} = 8,06$$

Tabla XVI. **Cálculo del centroide en sentido Y, segundo nivel**

EJE	PESO (Wx) [Kg]	Distancia al centroide del eje (Xi) [m]	Wx*Xi [Kg-m]
1	10800.00	0.00	0.00
2	10800.00	2.50	27000.00
3	10800.00	8.50	91800.00
A	6744.00	4.25	28662.00
B	4494.00	4.25	19099.50
C	6744.00	4.25	28662.00
D	4494.00	4.25	19099.50
E	7681.50	4.25	32646.38
Losa Final	44064.00	4.25	187272.00
CV Losa	27200.00	4.25	115600.00
SUMATORIA	133821.50	-	549841.38

Fuente: elaboración propia.

Resumiendo las ecuaciones de centro de masa y tomando los datos descritos en la tabla, se obtiene:

$$\bar{y} = \frac{\sum(W_i Y_i)}{\sum W_i}$$

$$\bar{y} = \frac{549841,38}{133821,50} = 4,11$$

Siguiendo el procedimiento similar para el primer nivel, se obtienen las coordenadas del centro de masa de ambos niveles, como se muestra en la tabla XVII:

Tabla XVII. **Centro de masa segundo y primer nivel**

Segundo nivel	
Sentido	Distancia desde punto de referencia [m]
Sentido X (\bar{X}_{cm})	8,06
Sentido Y (\bar{Y}_{cm})	4,11
Primer nivel	
Sentido	Distancia desde punto de referencia [m]
Sentido X (\bar{X}_{cm})	8,05
Sentido Y (\bar{Y}_{cm})	3,85

Fuente: elaboración propia.

2.1.6.6. **Cálculo de excentricidades**

A la distancia horizontal o vertical que existe entre el centro de rigidez y el centro de masa, se le conoce como excentricidad (e), misma que al ser multiplicada por el cortante sísmico, que actúa en el nivel, produce el momento torsional.

Excentricidad directa o real

$$e_1 = |CM_{x,y} - CR_{x,y}|$$

Excentricidad de diseño

$$e_{x,y 1} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}| + 0.05 \times B$$

$$e_{x,y 2} = |CM_{x,y} - CR_{x,y}| - 0.05 \times B$$

Aplicando las ecuaciones y parámetros mencionados obtenemos lo siguiente:

Tabla XVIII. **Excentricidades directas**

Modulo		
Segundo nivel	$e_{x 2 (m)}$	0,06
	$e_{y 2 (m)}$	0,44
Primer nivel	$e_{x 1 (m)}$	0,05
	$e_{y 1 (m)}$	0,18

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Excentricidades accidentales**

	Segundo nivel	Primer nivel
$E_{x 1 (m)}$	0,86	0,85
$E_{x 2 (m)}$	-0,74	-0,75
$E_{y 1 (m)}$	0,86	0,61
$E_{y 2 (m)}$	0,01	-0,24

Fuente: elaboración propia.

De los valores anteriores se tomarán los que de mayor resultado en el momento torsionante para cada uno de los módulos.

2.1.6.7. Distribución de fuerzas por marco

Para establecer las fuerzas de sismo distribuidas a lo largo de la edificación, se consideran solo los marcos perpendiculares a la dirección en que esta actúa.

Para el cálculo de las mismas, se aplicaron las siguientes ecuaciones:

$$V_T = V_s + V_t$$

$$V_s = \frac{K_m \times F_x}{\sum k_m}$$

$$V_t = \frac{e_{xy} \times F_x \times (K_m \times d_i)}{\sum K_m \times d_i^2}$$

Donde

V_T = corte total

d_i = distancia al centro de la estructura hacia cada eje

V_s = corte por sismo

V_t = corte por torsión

e_{xy} = excentricidad de diseño

F_x = fuerza del nivel

Para el análisis tomar el V_T del marco más crítico, para tener seguridad que los marcos soportaran la torsión extrema calculada.

Tabla XX. **Distribución de fuerzas nivel 2, eje x**

SEGUNDO NIVEL SENTIDO X	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _t	V _T	V _{T a usar}
		e _{1x}	e _{2x}										
A		e _{1x}	0.86	18.14	311.01	-8	5642.78	-2488.09	19904.69	3.63	-0.78	2.85	4.30
		e _{2x}	-0.74										
B		e _{1x}	0.86	18.14	311.01	-4	5642.78	-1244.04	4976.17	3.63	-0.39	3.24	3.97
		e _{2x}	-0.74										
C		e _{1x}	0.86	18.14	311.01	0	5642.78	0.00	0.00	3.63	0.00	3.63	3.63
		e _{2x}	-0.74										
D		e _{1x}	0.86	18.14	311.01	4	5642.78	1244.04	4976.17	3.63	0.39	4.02	4.02
		e _{2x}	-0.74										
E		e _{1x}	0.86	18.14	311.01	8	5642.78	2488.09	19904.69	3.63	0.78	4.41	4.41
		e _{2x}	-0.74										
TOTAL					1555.05				49761.74				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Distribución de fuerzas nivel 1, eje X

PRIMER NIVEL SENTIDO X	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _i	V _T	V _{T a usar}
	A	e _{1x}	0.85	12.62	12.62	249.18	-8	3144.80	-1993.44	15947.55	2.52	-0.54	1.98	2.99
e _{2x}		-0.75	0.47									2.99	
B	e _{1x}	0.85	12.62	12.62	249.18	-4	3144.80	-996.72	3986.89	2.52	-0.27	2.25	2.76
	e _{2x}	-0.75									0.24	2.76	
C	e _{1x}	0.85	12.62	12.62	249.18	0	3144.80	0.00	0.00	2.52	0.00	2.52	2.52
	e _{2x}	-0.75									0.00	2.52	
D	e _{1x}	0.85	12.62	12.62	249.18	4	3144.80	996.72	3986.89	2.52	0.27	2.79	2.79
	e _{2x}	-0.75									-0.24	2.29	
E	e _{1x}	0.85	12.62	12.62	249.18	8	3144.80	1993.44	15947.55	2.52	0.54	3.06	3.06
	e _{2x}	-0.75									-0.47	2.05	
TOTAL				1245.90					39868.88				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Distribución de fuerzas nivel 2, eje y

SEGUNDO NIVEL SENTIDO Y	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _i	V _T	V _{T a usar}
	1	e _{1y}	0.86	18.14	18.14	725.69	-3.67	13166.50	-2663.29	9774.27	6.05	-1.71	4.34	6.02
e _{2y}		0.01	-0.03									6.02	
2	e _{1y}	0.86	18.14	18.14	725.69	-1.17	13166.50	-849.06	993.40	6.05	-0.55	5.50	6.04
	e _{2y}	0.01									-0.01	6.04	
3	e _{1y}	0.86	18.14	18.14	725.69	4.33	13166.50	3142.25	13605.93	6.05	2.02	8.07	8.07
	e _{2y}	0.01									0.03	6.08	
TOTAL				2177.08					24373.60				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Distribución de fuerzas por nivel 1, eje Y

PRIMER NIVEL SENTIDO Y	EJE	e (m)		F _x (kg)	K _m	d _i	K _m × F _x	K _m × d _i	K _m × d _i ²	V _s	V _i	V _T	V _{T a usar}
	2	e _{1y}	0.61	12.62	12.62	1744.26	-3.67	22013.62	-6401.45	23493.31	8798.93	-1354.34	7444.58	9996.62
e _{2y}		-0.24	1197.70									9996.62	
3	e _{1y}	0.61	12.62	12.62	1744.26	-1.17	22013.62	-2040.79	2387.72	8798.93	-502.73	8296.19	9996.62
	e _{2y}	-0.24									444.59	9243.51	
4	e _{1y}	0.61	12.62	12.62	1744.26	4.33	22013.62	7552.66	32703.02	8798.93	284.47	9083.39	9996.62
	e _{2y}	-0.24									-251.56	8547.36	
TOTAL					6.04				136.34				

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Análisis estructural

A continuación se presenta el análisis estructural.

2.1.7.1. Análisis estructural por el método de Kani

Tras obtener la magnitud de las cargas que afectan a la estructura, es necesario analizar su comportamiento estructural.

Kani es un método iterativo aplicable a marcos rígidos simétricos o asimétricos con cualquier tipo de carga. La ventaja de este método, es que en forma directa, toma el efecto del desplazamiento de los miembros, evitando el planeamiento y solución de ecuaciones simultáneas.

A partir de la integración de cargas verticales y horizontales se obtienen los datos para realizar el análisis estructural. Las cargas vivas y muertas son representadas por cargas verticales, mientras que las cargas sísmicas son representadas por la carga lateral que afecta a cada marco.

Para el análisis de la estructura se deben analizar las cargas por separado; es decir, se debe analizar la estructura bajo las cargas muertas, luego por las cargas vivas y por último por las fuerzas de sismo.

El procedimiento de análisis se detalla a continuación:

- Momentos fijos (M_f): se calculan cuando existen cargas verticales, a través de la siguiente ecuación

$$M_f = \frac{1}{12} \times W \times L^2$$

Donde

M_f = momento fijo de empotramiento kg/m

W = carga distribuida (carga viva o carga muerta)

L = luz libre del elemento

- Momento de sujeción (M_s): se consideran cuando hay cargas verticales, aplicando la siguiente expresión

$$M_s = \sum M_f$$

- Fuerza cortante en el piso (Q_n): se obtienen de la distribución de fuerzas horizontales aplicadas a los marcos dúctiles unido a los nudos rígidos.
- Momentos de piso (M_p): estos se calculan cuando se hace el análisis con las fuerzas horizontales aplicadas al marco dúctil con nudos rígidos, por medio de la expresión:

$$M_p = \frac{Q_n \times h}{3}$$

Donde

Q_n = fuerza cortante de piso

H = altura de piso

- Rigidez de los elementos (K): se determina haciendo uso de la ecuación:

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

Donde

I = inercia del elemento

L = longitud del elemento

- Factor de giro (μ): también se le conoce con el nombre de coeficiente de reparto, se calcula:

$$\mu = -\frac{1}{2} \times \frac{K}{\sum K_{que\ llegan\ al\ nudo}}$$

- Factores de ladeo (V): ó factores de corrimiento, se calculan cuando hay ladeo causado por asimetría en la estructura, o cuando se hace el análisis con la fuerza horizontal aplicada al marco dúctil unido con nudos rígidos.

$$V = \frac{3}{2} \times \frac{K_{COL}}{\sum k_{Col\ nivel}}$$

- Iteraciones (M'_{ik}), influencias de giro: estas pueden ser con ladeo y sin ladeo.

$$\text{Sin ladeo:} \quad M'_{ik} = \mu \times (M_s + \sum M'_{in})$$

$$\text{Con ladeo:} \quad M'_{ik} = \mu \times (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$$

- Iteraciones, influencias de desplazamiento (M''_{ik}): se consideran únicamente cuando existe ladeo.

$$\text{Por asimetría:} \quad M''_{ik} = V \times \sum (M'_{in} + \sum M'_{ni})$$

$$\text{Por fuerzas horizontales:} \quad M''_{ik} = V \times (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$$

- Momentos finales (M_{ik}): se ubican en el extremo de cada barra, estos pueden ser con ladeo y sin ladeo.

$$\text{Sin ladeo: } M_{ik} = M_{fik} + 2M'_{fik} + M'_{ki}$$

$$\text{Con ladeo: } M_{ik} = \mu \times (M_s + \sum (M'_{in} + M'_{ni}))$$

- Momentos finales en vigas: para el cálculo de los momentos finales en vigas aplicamos la fórmula:

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

Donde

$M_{i(-)}$ = momento negativo de la viga en el extremo del lado izquierdo.

$M_{k(-)}$ = momento negativo de la viga en el extremo del lado derecho.

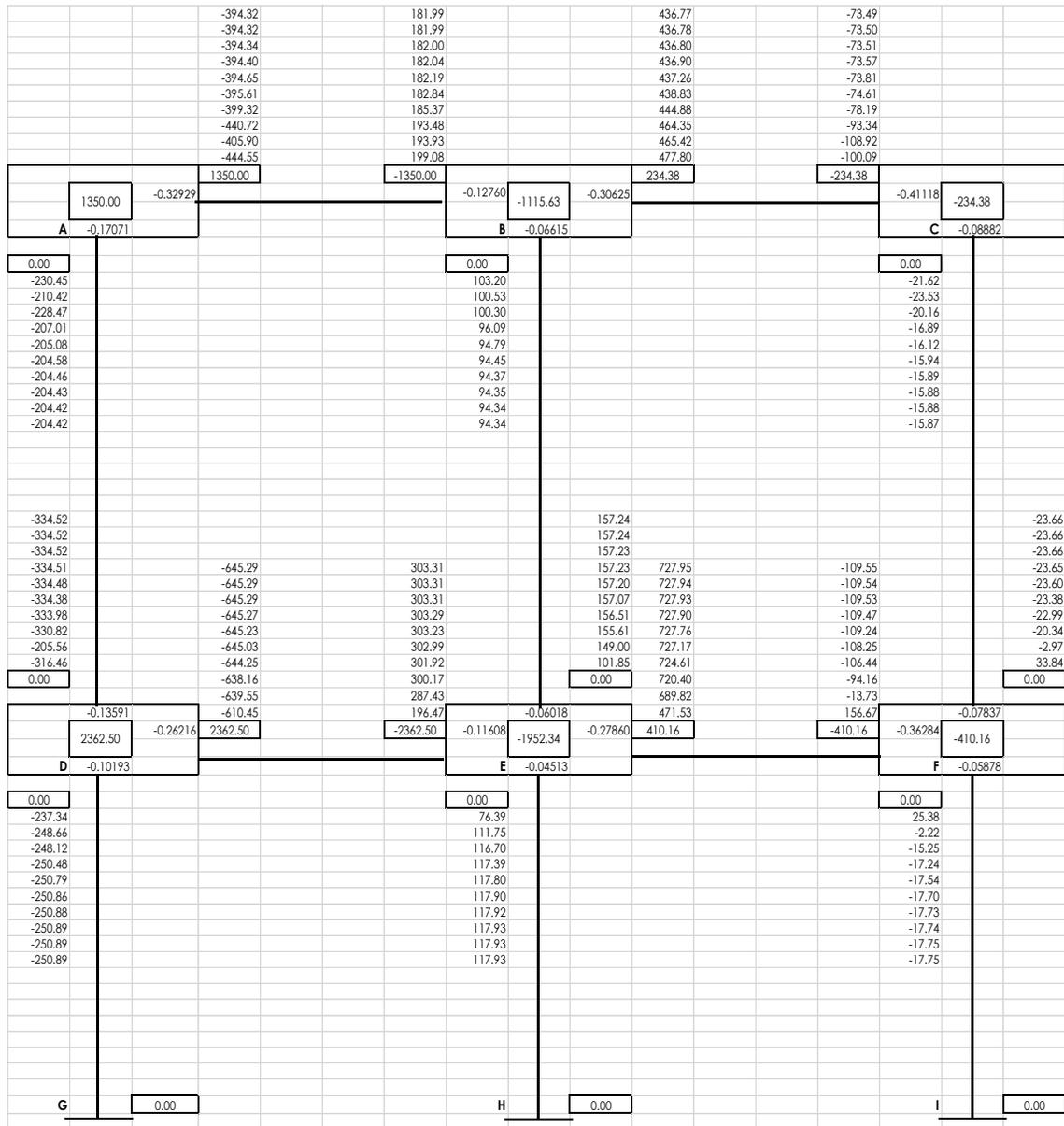
Los resultados del análisis número de Kani para los marcos de ejes más críticos de cada módulo, de cargas vivas, cargas muertas y sismo se presentan en las siguientes figuras.

Ejes críticos

Eje X = eje 2

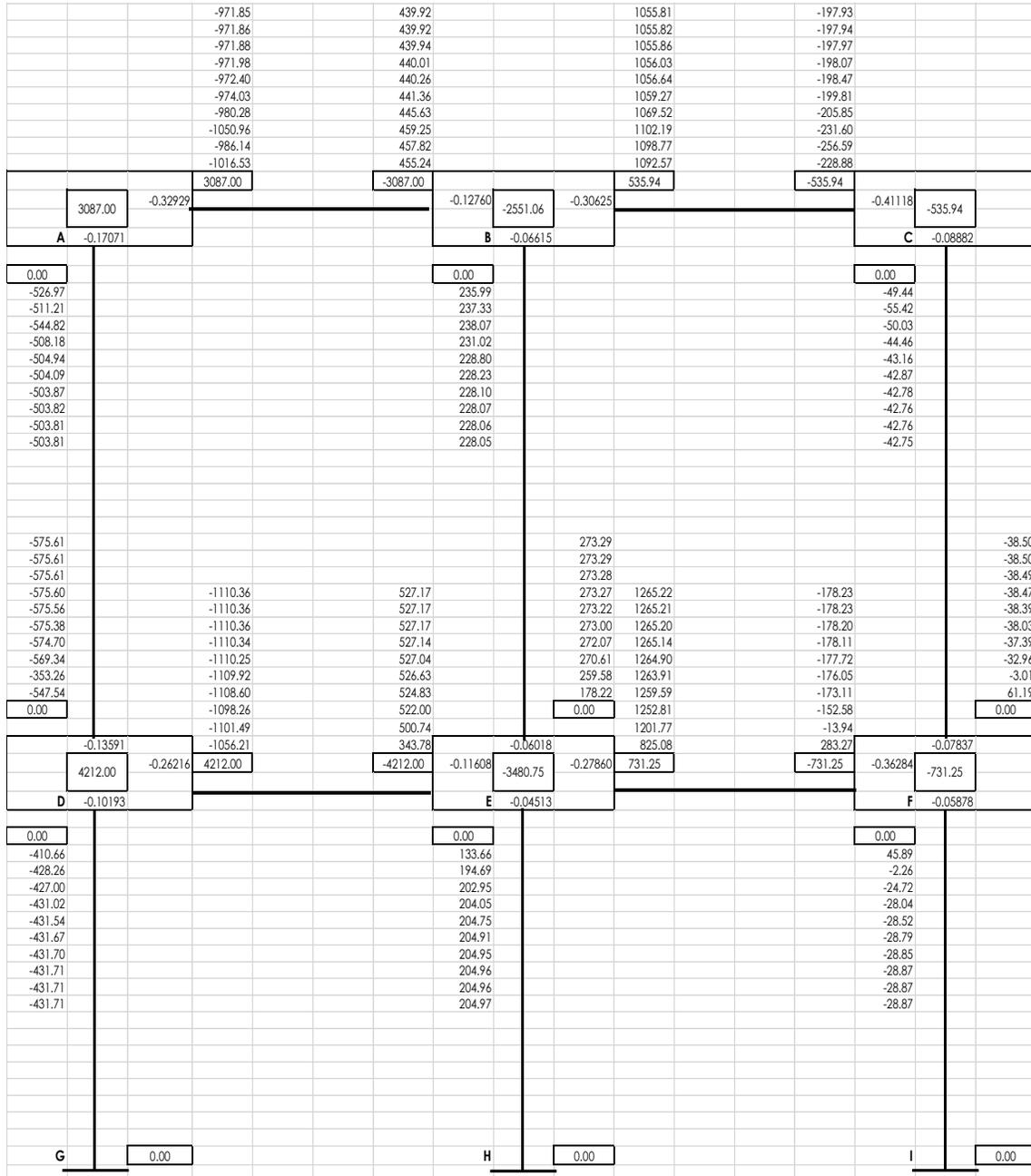
Eje Y = eje C

Figura 4. Iteración por método Kani, carga viva eje c



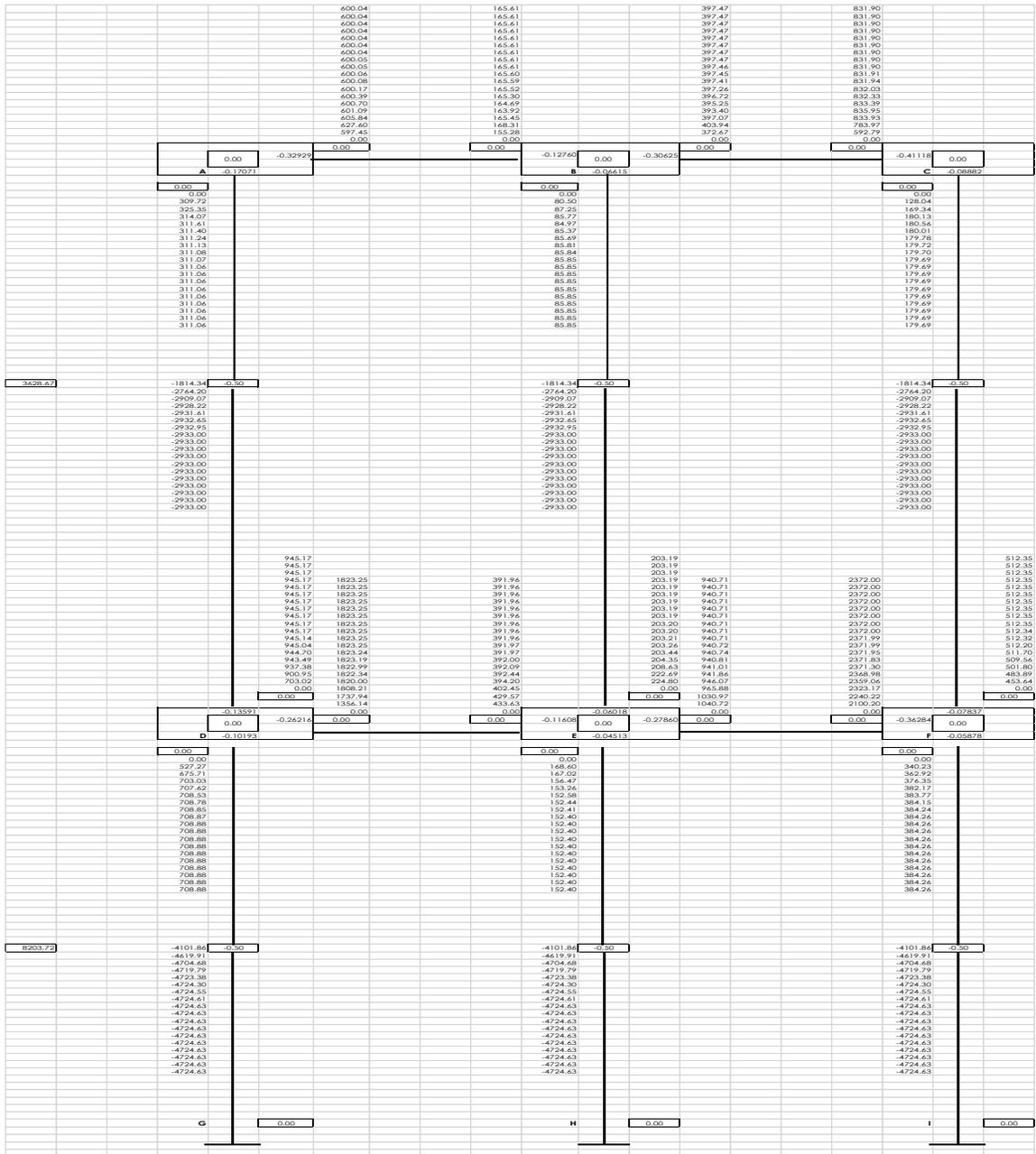
Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Iteración por método kani, carga muerta, eje C, módulo 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Iteración por método Kani, carga sísmica, eje C, módulo 1



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Momentos finales en marco por Kani para vigas, eje C**

Momento	Momento CV (kg-m)	Momento CM (kg-m)	Momento Sísmico (kg-m)
SEGUNDO NIVEL			
MAB	743.35	1583.22	1365.70
MBA	-1380.34	-3179.01	931.27
MBC	1034.43	2449.62	1626.83
MCB	55.41	124.00	2061.27
PRIMER NIVEL			
MDE	1375.23	2518.45	4038.46
MED	-2401.17	-4268.01	2607.18
MFE	98.69	177.50	5684.71
MEF	1756.50	3083.45	4253.42

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Momentos finales en marco por Kani para columnas, eje C**

Momento	Momento CV (kg-m)	Momento CM (kg-m)	Momento Sísmico (kg-m)
SEGUNDO NIVEL			
M_{AD}	-743.35	-1583.23	-1365.70
M_{DA}	-873.45	-1655.03	-731.59
M_{BE}	345.92	729.40	-2558.10
M_{EB}	408.82	774.63	-2440.76
M_{CF}	-55.41	-124.01	-2061.27
M_{FC}	-63.20	-119.75	-1728.61
PRIMER NIVEL			
M_{DG}	-501.78	-863.42	-3306.87
M_{GD}	-250.89	-431.71	-4015.75
M_{EH}	235.85	409.93	-4419.84
M_{HE}	117.93	204.97	-4572.23
M_{FI}	-35.49	-57.75	-3956.10
M_{IF}	-17.75	-28.87	-4340.37

Fuente: elaboración propia.

2.1.7.2. Envoltente de momentos

La envoltente de momentos determina los valores para el cálculo y diseño de las vigas y columnas de las estructuras, estas representan los esfuerzos que pueden acontecer al superponer los efectos de las diferentes combinaciones de cargas.

Las combinaciones a utilizar son del AGIES y del código ACI318S-11 para concreto reforzado, tomando los valores máximos para el diseño estructural, según el programa de diseño estructural etabs se trabajaron varias de estas combinaciones para obtener los valores obtenidos en la tabla de la figura 8.

Las combinaciones que se tomaron en cuenta para la envoltente de momentos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla XXVI. **Factores de carga y combinaciones sugeridos por el ACI 318S-11 y AGIES**

AGIES	1,4 CM
	1,3 CM + 1,6 CV
	1,3 CM + 1,0 CV
	1,2 CM + 1,0 CV + 1,0 S
	1,2 CM + 1,0 CV - 1,0 S
ACI	1,4 CM
	1,2 CM + 1,6 CV
	1,2 CM + 1,0 CV
	0,9 CM + 1,0 S
	0,9 CM - 1,0 S

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Envolvente de viga AB, eje 2, nivel 2**

	COMBINACIÓN	MOMENTO (kg/m)		
	U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.
AGIES	1.4 CM	4644.52	8864.66	-6512.29
	1.3 CM+ 1.6 CV	5727.15	9652.69	-7031.54
	1.3 CM+ 1.0 CV	5196.76	9119.73	-6662.39
	1.2 CM+ 1.0 CV+ 1.0 S	9051.99	8486.54	-3002.99
	1.2 CM+ 1.0 CV - 1.0 S	678.02	8486.54	-9391.46
	ENVOLVENTE	9051.99	9652.69	-3002.99
ACI	1.4 CM	4644.52	8864.66	-6512.29
	1.2 CM+ 1.6 CV	5395.40	9019.50	-6566.38
	1.2 CM+ 1.0 CV	4865.00	8486.54	-6197.22
	0.9 CM+ 1.0 S	7172.75	5698.71	-992.24
	0.9 CM - 1.0 S	-1201.22	5698.71	-7380.71
	ENVOLVENTE	7172.75	9019.50	-992.24

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Envolvente de viga BC, eje 2, nivel 2**

	COMBINACIÓN	MOMENTO (kg/m)		
	U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.
AGIES	1.4 CM	4083.50	-515.51	185.84
	1.3 CM+ 1.6 CV	3908.60	-249.38	137.94
	1.3 CM+ 1.0 CV	3864.81	-335.37	150.93
	1.2 CM+ 1.0 CV+ 1.0 S	9981.53	-298.55	7538.80
	1.2 CM+ 1.0 CV - 1.0 S	-2835.27	-298.55	-7263.50
	ENVOLVENTE	9981.53	-249.38	7538.80
ACI	1.4 CM	4083.50	-515.51	185.84
	1.2 CM+ 1.6 CV	3616.92	-212.56	124.67
	1.2 CM+ 1.0 CV	3573.13	-298.55	137.65
	0.9 CM+ 1.0 S	9033.51	-331.40	7520.62
	0.9 CM - 1.0 S	-3783.29	-331.40	-7281.68
	ENVOLVENTE	9033.51	-212.56	7520.62

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Envolvente de viga CD, eje 2, nivel 1**

	COMBINACIÓN	MOMENTO (kg/m)		
	U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.
AGIES	1.4 CM	7132.41	12710.74	-8938.32
	1.3 CM + 1.6 CV	12850.98	23454.28	-16755.18
	1.3 CM + 1.0 CV	10515.47	19084.99	-13584.44
	1.2 CM + 1.0 CV + 1.0 S	19852.12	18177.08	-5629.14
	1.2 CM + 1.0 CV - 1.0 S	159.90	18177.08	-20262.83
	ENVOLVENTE	19852.12	23454.28	-5629.14
ACI	1.4 CM	7132.41	-380.75	-8938.32
	1.2 CM + 1.6 CV	12341.52	-910.38	-16116.73
	1.2 CM + 1.0 CV	10006.01	-691.37	-12945.99
	0.9 CM + 1.0 S	14431.23	-244.77	1570.78
	0.9 CM - 1.0 S	-5260.99	-244.77	-13062.91
	ENVOLVENTE	14431.23	-244.77	1570.78

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Envolvente de viga DE, eje 2, nivel 1**

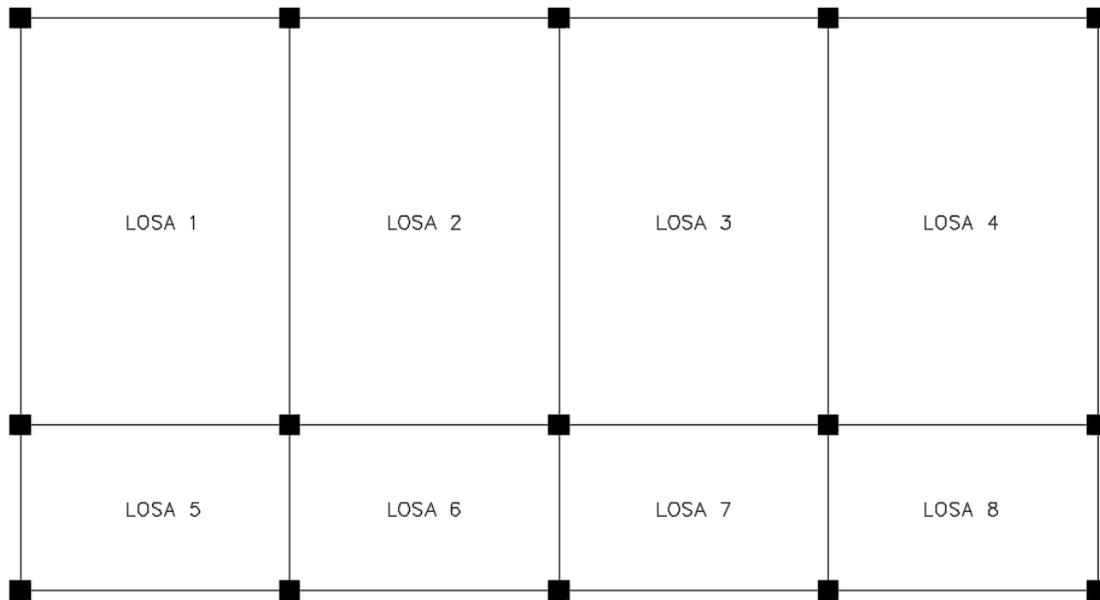
	COMBINACIÓN	MOMENTO (kg/m)		
	U	M(-) Izq.	M(+) Centro	M(-) Der.
AGIES	1.4 CM	5072.35	-380.75	188.36
	1.3 CM + 1.6 CV	9872.95	-937.58	398.79
	1.3 CM + 1.0 CV	7936.86	-718.57	314.84
	1.2 CM + 1.0 CV + 1.0 S	21881.25	-691.37	17137.35
	1.2 CM + 1.0 CV - 1.0 S	-6732.16	-691.37	-16534.59
	ENVOLVENTE	21881.25	-380.75	17137.35
ACI	1.4 CM	5072.35	-380.75	188.36
	1.2 CM + 1.6 CV	9510.64	-910.38	385.34
	1.2 CM + 1.0 CV	7574.55	38.65	301.38
	0.9 CM + 1.0 S	17567.50	-244.77	16957.06
	0.9 CM - 1.0 S	-11045.91	-244.77	-16714.88
	ENVOLVENTE	17567.50	38.65	16957.06

Fuente: elaboración propia.

2.1.8. Diseño de losas

Para el diseño de losas se utilizó el método 3 del ACI, el cual determina los momentos actuantes máximos en las losas, tanto en el sentido corto como en el sentido largo.

Figura 7. Detalle general de losa de primer y segundo nivel



Fuente: elaboración propia.

Para el diseño de losas primero se debe verificar si la losa trabaja en uno o dos sentidos, de la siguiente manera:

Si $\frac{a}{b} < 0,5$ losa en un sentido

Si $\frac{a}{b} \geq 0,5$ losa en dos sentidos

Donde

A = lado menor de la losa

B = lado mayor de la losa

Por lo tanto

$$\frac{a_{losa\ 1}}{b_{losa\ 1}} = \frac{4,00}{6,00} = 0,56 \text{ (losa en 2 sentidos)}$$

$$\frac{a_{losa\ 5}}{b_{losa\ 5}} = \frac{2,50}{4,00} = 0,62 \text{ (losa en 2 sentidos)}$$

El espesor de losa se tomará del predimensionamiento como se calculó previamente, $t = 12\text{cm}$.

Tabla XXXI. **Resumen de cargas muertas**

CARGA MUERTA	
Descripción	Valor (kg/m ²)
Concreto	288
Acabados	25
Relleno	25
Piso	120
Sobrecarga	30
Peso total losa entrepiso	488

Fuente: elaboración propia.

$$\begin{aligned} \text{CMU} &= 1,4 * (\text{CM}_{\text{concreto}} + \text{CM}_{\text{acabados}} + \text{CM}_{\text{relleno}} + \text{CM}_{\text{piso}} + \text{CM}_{\text{sobrecarga}}) \\ \text{CMU} &= 1,4 * (288 \text{ kg/m}^2 + 25 \text{ kg/m}^2 + 25 \text{ kg/m}^2 + 120 \text{ kg/m}^2 + 30 \text{ kg/m}^2) \\ \text{CMU} &= 683,2 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Carga viva (losas 1-2 y 7-12)

$$CV = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,7 * CV$$

$$CVU = 1,7 * (500 \text{ kg/m}^2) = 850 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total (losas 1-2 y 7-12):

$$CTU = CMU + CVU$$

$$CTU = 683,2 \text{ kg/m}^2 + 850 \text{ kg/m}^2 = 1 533,2 \text{ kg/m}^2$$

Se utilizará una franja unitaria de 1 m para el diseño de la losa, por lo cual la carga distribuida será la siguiente:

$$W = CTU * 1 \text{ m}$$

$$W = 1 533,2 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m} = 1 533,2 \text{ kg/m}$$

Carga viva (losas 3-6)

$$CV = 350 \text{ kg/m}^2$$

$$CVU = 1,7 * CV$$

$$CVU = 1,7 * (350 \text{ kg/m}^2) = 595 \text{ kg/m}^2$$

Carga última total (losas 3-6):

$$CTU = CMU + CVU$$

$$CTU = 683,2 \text{ kg/m}^2 + 595 \text{ kg/m}^2 = 1 278,2 \text{ kg/m}^2$$

Se utilizará una franja unitaria de 1 m para el diseño de la losa, por lo cual la carga distribuida será la siguiente:

$$W = CTU * 1 \text{ m}$$
$$W = 1\,533,2 \text{ kg/m}^2 * 1 \text{ m} = 1\,278,2 \text{ kg/m}$$

Determinación de momentos actuantes, aplicando el método 3 del ACI 318S-08.

Relación m:

Losas 1 – 4:

$$m = \frac{\textit{lado corto}}{\textit{lado largo}} = \frac{4,00}{6,00} = 0,66 \approx 0,65$$

Losas 5 – 8:

$$m = \frac{\textit{lado corto}}{\textit{lado largo}} = \frac{2,50}{4,00} = 0,625 \approx 0,65$$

Cálculo de momentos actuantes negativos y positivos:

Momentos negativos:

$$M_{a(-)} = C_{a(-)} * CUT * a^2$$

$$M_{b(-)} = C_{b(-)} * CUT * b^2$$

Momentos positivos:

$$M_{a(+)} = C_{am(-)} * CMU * a^2 + C_{av(-)} * CVU * a^2$$

$$M_{b(+)} = C_{bm(-)} * CMU * b^2 + C_{bv(-)} * CVU * b^2$$

Donde

$C_{a(-)}$ y $C_{b(-)}$ = coeficiente para momentos negativos

$C_{am(-)}$ y $C_{bm(-)}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga muerta

$C_{av(-)}$ y $C_{bv(-)}$ = coeficiente para momentos positivos debido a carga viva

Losa 2 (caso 9)

$$M_{a(-)} = 0,088 * 1\,533,2 \text{ Kg/m} * (3,15 \text{ m})^2$$

$$M_{a(-)} = 1\,338,76 \text{ kg} - m$$

$$M_{b(-)} = 0,003 * 1\,533,2 \text{ Kg/m} * (6,15 \text{ m})^2$$

$$M_{b(-)} = 173,97 \text{ kg} - m$$

$$M_{a(+)} = 0,038 * 683,20 * 3,15^2 + 0,067 * 850 * 3,15^2$$

$$M_{a(+)} = 822,69 \text{ kg} - m$$

$$M_{b(+)} = 0,002 * 683,20 * 6,15^2 + 0,004 * 850 * 6,15^2$$

$$M_{b(+)} = 180,28 \text{ kg} - m$$

Para los lados de las losas que no posean continuidad, los momentos actuantes se calcularán de la siguiente manera:

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

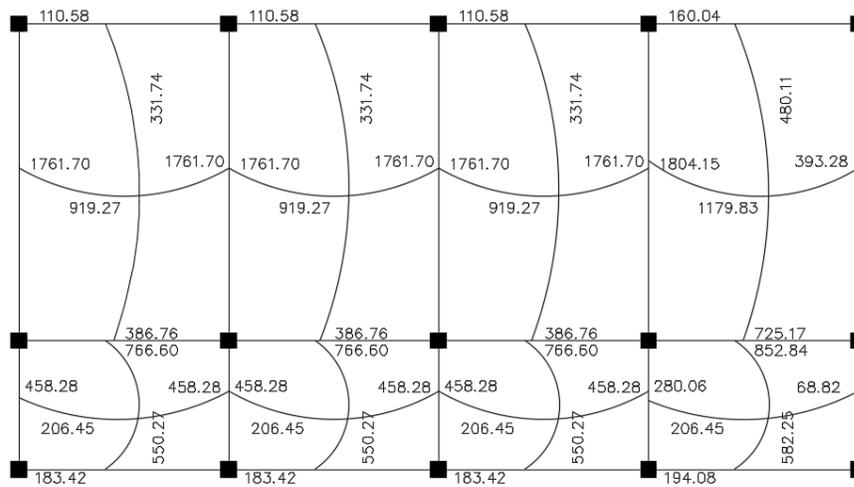
$$M_{i(-)} = \frac{1}{3} * 822,69 = 274,23 \text{ kg - m}$$

Tabla XXXII. **Momentos actuantes no balanceados en losa de primer y segundo nivel**

Losa	Lado corto (a)		Lado largo (b)		Lado sin continuidad	
	Momento positivo Ma+ kg - m	Momento negativo Ma- kg - m	Momento positivo Mb+ kg - m	Momento negativo Mb- kg - m	Momento negativo Ma- kg - m	Momento negativo Mb- kg - m
1	919,27	1761,70	331,74	386,76	306,42	-
2	919,27	1761,70	331,74	386,76	306,42	-
3	919,27	1761,70	331,74	386,76	306,42	-
4	1179,83	1804,15	480,11	725,17	393,28	160,04
5	550,27	766,60	206,45	458,28	-	68,82
6	550,27	766,60	206,45	458,28	-	68,82
7	550,27	766,60	206,45	458,28	-	68,82
8	582,25	852,84	206,45	280,06	194,08	68,82

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Planta de distribución de momentos no balanceados en losa de primer y segundo nivel (Kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Balanceo de momentos: cuando los momentos de las losas en el lado que tienen en común son diferentes, es necesario balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar el refuerzo requerido.

$$M_1 = 1\,338,76 \text{ kg} - m$$

$$M_2 = 1\,430,04 \text{ kg} - m$$

Sí $M_1 > 0,8M_2$, entonces

$$M_b = \frac{M_1 + M_2}{2}$$

$$0,8 \cdot (1\,430,04) = 1\,144,03 < 1\,338,76$$

Como si cumple la condición se procede a calcular la ecuación anterior.

$$M_b = \frac{1\,430,04 + 1\,338,76}{2} = 1\,384,4 \text{ kg} - m$$

$$M_1 = 1\,761,70 \text{ kg} - m$$

$$M_2 = 1\,338,76 \text{ kg} - m$$

$$0,8 \cdot (1\,761,70) = 1\,409,36 > 1\,338,76$$

Como no cumple, el momento se balancea y se calcula mediante rigideces, de la siguiente manera:

$$K_1 = \frac{1}{L_1} = \frac{1}{4,075} = 0,245$$

$$K_2 = \frac{1}{L_2} = \frac{1}{3,150} = 0,317$$

$$D_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} = \frac{0,245}{0,245 + 0,317} = 0,436$$

$$D_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} = \frac{0,317}{0,245 + 0,317} = 0,564$$

$$M_{b1} = M_1 + [(M_2 - M_1) * D_1]$$

$$M_{b1} = 1\,761,70 + [(1\,338,76 - 1\,761,70) * 0,436] = 1\,577,30 \text{ kg} - m$$

$$M_{b2} = M_2 - [(M_2 - M_1) * D_2]$$

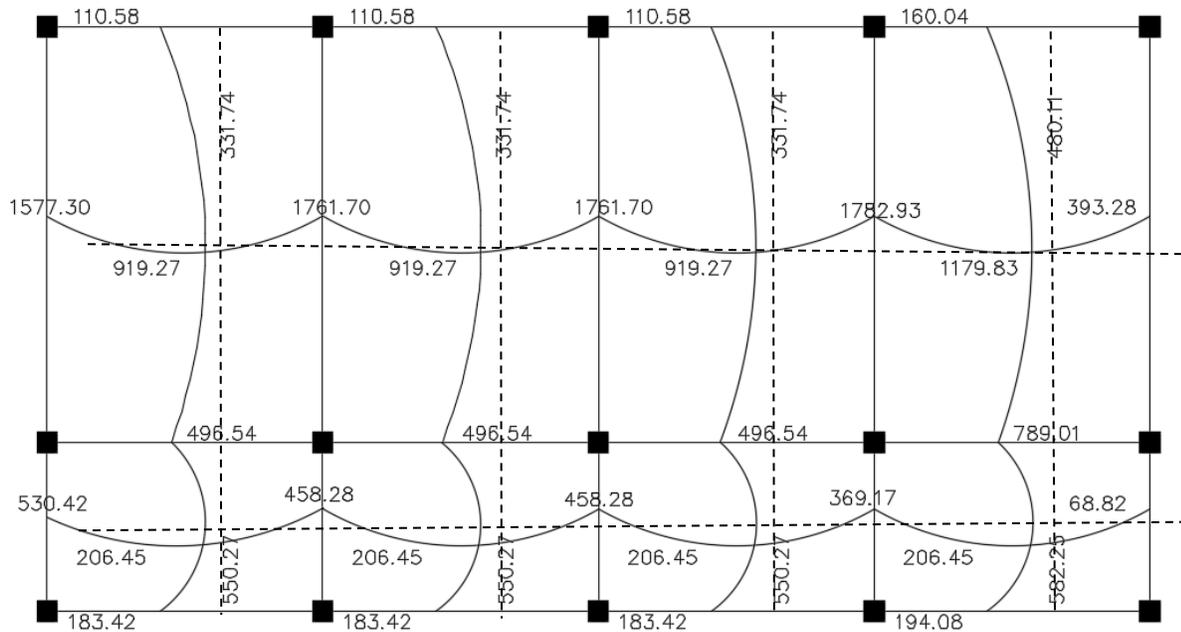
$$M_{b2} = 1\,338,76 - [(1\,338,76 - 1\,761,70) * 0,564] = 1\,577,30 \text{ kg} - m$$

Tabla XXXIII. **Momentos actuantes balanceados en losa de primer nivel**

M1	M2	Método	Mb real
1430,04	1338,76	Promedio	1384,40
1761,70	1338,76	Rigidez	1577,30
1804,15	1761,70	Promedio	1782,93
623,74	441,18	Rigidez	532,46
623,74	458,28	Rigidez	530,42
458,28	280,06	Rigidez	369,17
680,36	347,94	Rigidez	444,02
527,04	173,97	Rigidez	276,01
766,60	386,76	Rigidez	496,54
852,84	725,17	Promedio	789,01

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Planta de distribución de momentos no balanceados en losa de primer y segundo nivel (Kg-m)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

Determinación del área de acero y espaciamiento:

Recubrimiento = 2,50 cm

Ø varilla ≈ 0,71 cm (varilla No.3)

$$\text{Peralte } (d) = \text{espesor de losa} - \text{recubrimiento} - 0,50 * \varnothing \text{varilla}$$

$$\text{Peralte } (d) = 12 \text{ cm} - 2,50 \text{ cm} - 0,50 * (0,95) = 9,025 \text{ cm}$$

Para determinar el acero mínimo se empleará la ecuación 10-3 del reglamento ACI 318S-08:

$$AS_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{f'_c}}{f_y} * b * d \geq \rho_{min} * b * d$$

$$AS_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{280 \text{ kg/cm}^2}}{4 200 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 9,025 \text{ cm} = 2,88 \text{ cm}^2$$

$$AS_{min} = \frac{14,1}{4 200 \text{ kg/cm}^2} * 100 \text{ cm} * 9,025 \text{ cm} = 3,03 \text{ cm}^2$$

Se debe utilizar el mayor de ambos, por consiguiente, el área de acero mínimo será de $3,03 \text{ cm}^2$.

$$M_{AS_{min}=0,9} \left[AS_{min} * f_y * \left(d - \frac{AS_{min} * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

$$M_{AS_{min}=0,9} \left[3,03 * 4 200 * \left(9,025 - \frac{3,03 * 4 200}{1,7 * 280 * 100} \right) \right] = 100 308,88 \text{ kg-cm}$$

$$M_{AS_{min}=1} = 1 003,09 \text{ kg-m}$$

El mayor momento que actúa sobre la losa es de $1 782,93 \text{ kg-m}$, superior al momento que soporta el área mínima de acero, por lo tanto, es necesario determinar el área de acero necesaria para soportar el mayor momento actuante.

$$\frac{AS_{min}^2 * f_y}{1,7 * f'_c * b} - d * AS_{min} + \frac{M}{0,9 * f_y} = 0$$

$$0,088 AS_{min}^2 - 9,025 AS_{min} + \frac{1 782,93 * 100}{0,9 * 4 200} = 0$$

$$0,088 AS_{min}^2 - 9,025 AS_{min} + 47,17 = 0$$

Por medio de la ecuación cuadrática se determinan los valores de AS_{min} requerido para soportar el mayor momento.

$$X_i = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Donde

$$a = 0,088$$

$$b = -9,025$$

$$c = 47,17$$

$$X_1 = 96,92 \text{ cm}^2$$

$$X_2 = 5,52 \text{ cm}^2$$

Debido al alto valor obtenido en X_1 , se procede a tomar el valor de 5,52 cm^2 como área de acero para el momento mayor que actúa en la losa de 1 782,93 kg-m.

$$M_{ASmin} = 1\,003,09 \text{ kg} - m < M_{ASCritico} = 1\,782,93 \text{ kg} - m$$

Cálculo de espaciamiento:

Por lo tanto se procede a calcular el espaciamiento (S):

$$S = \frac{\text{Ancho de franja unitaria}}{\text{As mayor momento}} * AS \text{ varilla núm. 3}$$

$$S = \frac{100 \text{ cm}}{5,52 \text{ cm}^2} * 0,71 \text{ cm}^2 = 12,86 \text{ cm}$$

El espaciamiento a utilizar es de 12 cm.

Según la sección 13.3.2 del ACI 310-08 dice que el espaciamiento del refuerzo no debe exceder dos veces el espesor de la losa.

$$S_{max} = 2 * t = 2 * 12 \rightarrow 24 \text{ cm}$$

Chequeo por corte

Las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por sus materiales.

$$V_{actuante} < V_{resistente}$$

$$V_{max} = \frac{W * L}{2}$$

$$V_{max} = \frac{1\,533,2 * 3,15}{2} = 2\,414,79 \text{ kg}$$

$$V_r = 45 * t * \sqrt{f'c}$$

$$V_r = 45 * 12 * \sqrt{280} = 9\,035,93 \text{ kg}$$

$$V_r > V_{max} ; \text{ si chequea}$$

$$V_{max} = \frac{1\,533,2 * 4,075}{2} = 3\,123,89 \text{ kg}$$

$$Vr = 45 * 12 * \sqrt{280} = 9\,035,93 \text{ kg}$$

$Vr > Vmax$; si chequea

$$Vmax = \frac{1\,533,2 * 2,50}{2} = 1\,916,50 \text{ kg}$$

$$Vr = 45 * 12 * \sqrt{280} = 9\,035,93 \text{ kg}$$

$Vr > Vmax$; si chequea

$$Vmax = \frac{1\,533,2 * 6,15}{2} = 4\,714,59 \text{ kg}$$

$$Vr = 45 * 12 * \sqrt{280} = 9\,035,93 \text{ kg}$$

$Vr > Vmax$; si chequea

Conclusión:

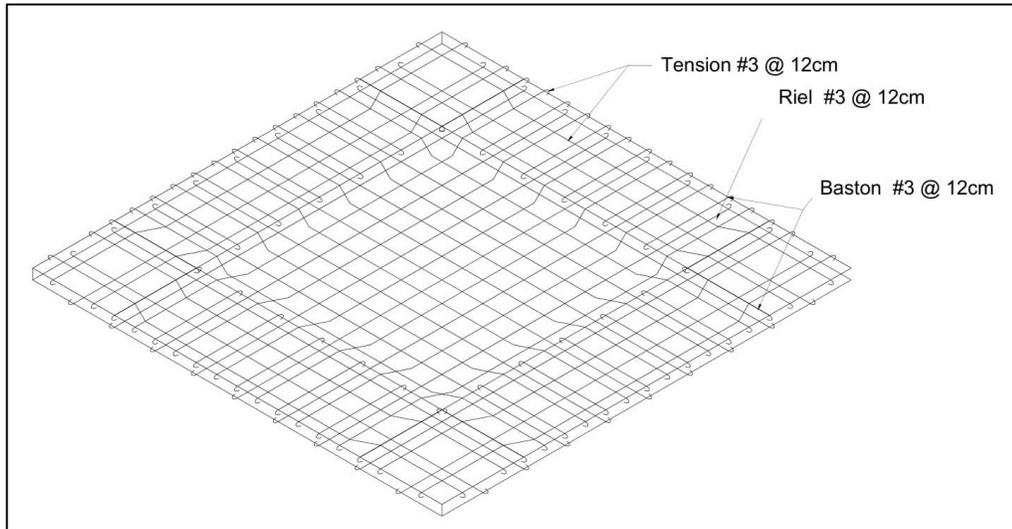
Losa: T= 12cm

Barra: núm. 3. G60

S: @12 cm ambos sentidos

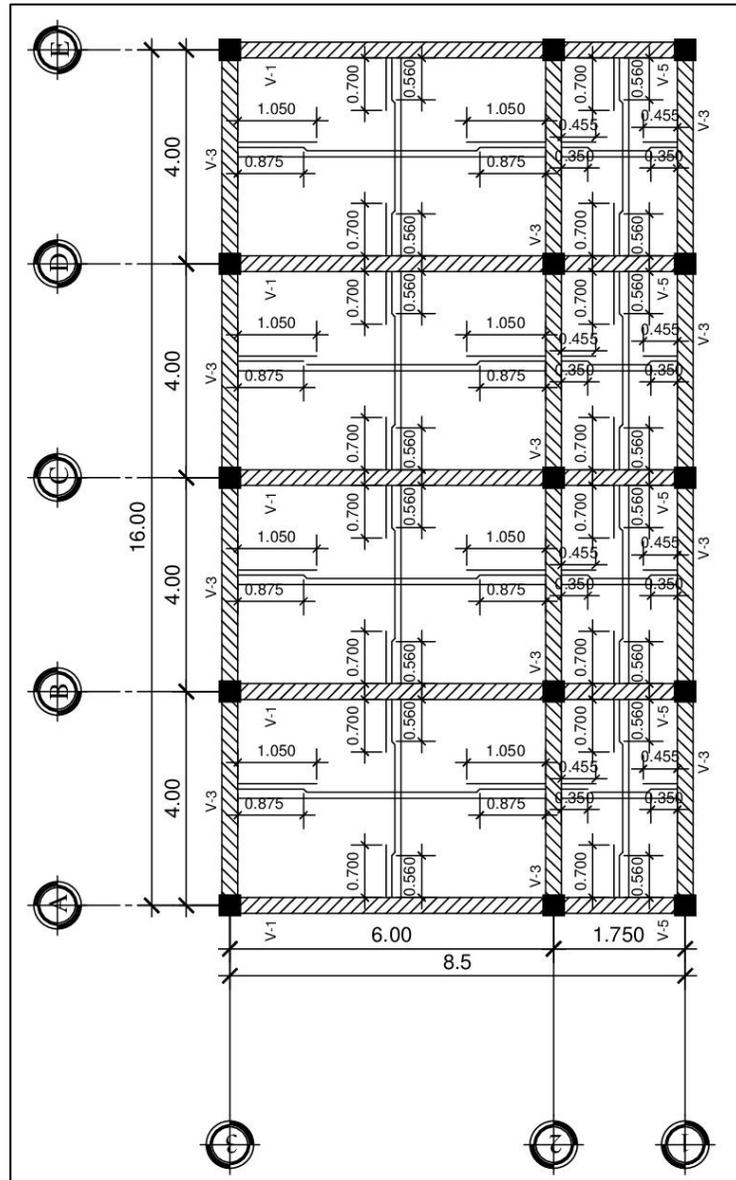
Ver armado final en figura 11 y detalle de armado figura 10

Figura 10. **Detalle de armado final de losa**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 11. Detalle de longitud de bastones y tensiones en losa 1N y 2N

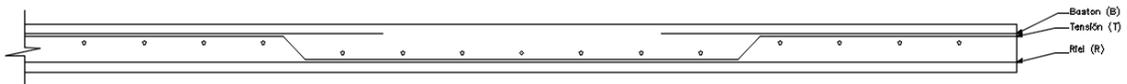


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Para la losa del entepiso tendrá un espesor de 12 cm y un recubrimiento de 2,50 cm. El refuerzo será con varilla núm.3 grado 60. Los bastones tendrán una longitud de $L/4$ y el doblé de las tensiones una longitud de $L/5$.

Diseño de losa segundo nivel: para el diseño de la losa del segundo nivel se utilizará el mismo diseño que para la losa del primer nivel.

Figura 12. **Detalle de armado de losa del primer y segundo nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.9. **Diseño de vigas**

Los momentos y cortes últimos obtenidos de la envolvente de momentos se utilizarán para el diseño de las vigas. Para garantizar que las vigas soportarán los mayores esfuerzos a los que serán sometidas, se tomarán los mayores momentos y corte para su diseño. El diseño de vigas se realizó con base al capítulo 21 del ACI 318S-08.

Datos preliminares:

Base $b = 25$ cm

Altura $h = 50$ cm

Recubrimiento = 4 cm

Peralte $d = 46$ cm

$f_y = 4\,200$ kg/cm²

$f'_c = 280$ kg/cm²

Diseño de vigas en el eje C del primer nivel

Área de acero mínima:

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \geq \rho_{min} * b * d$$

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280}}{4 200} * 25 * 46 = 4,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{4 200} * 25 * 46 = 4,60$$

Se debe utilizar el valor mayor obtenido de las ecuaciones anteriores, siendo el área de acero mínima de 4,60 cm².

Cálculo del momento que resiste el área de acero

$$M_{A_{S_{min}}=0,9} = 0,9 \left[A_{S_{min}} * f_y * \left(d - \frac{A_{S_{min}} * f_y}{1,7 * f'c * b} \right) \right]$$

$$M_{A_{S_{min}}=0,9} = 0,9 \left[4,40 * 4 200 * \left(46 - \frac{4,40 * 4 200}{1,7 * 280 * 25} \right) \right] = 74 3548,24 \text{ kg-cm}$$

$$M_{A_{S_{min}}=7435,5 \text{ kg-m}}$$

Área de acero máxima:

$$\rho_{balanceado} = 0,85 * \beta * \frac{f'c}{f_y} * \frac{6 120}{f_y + 6 120}$$

$$\rho_{balanceado} = 0,85 * 0,85 * \frac{280}{4 200} * \frac{6 120}{4 200 + 6 120} = 0,02856$$

$$\rho_{max} = 0,5 * \rho_{balanceado}$$

$$\rho_{max} = 0,5 * 0,028564 = 0,014282$$

$$AS_{max} = \rho_{max} * b * d$$

$$AS_{max} = 0,014282 * 25 * 46 = 19,71 \text{ cm}^2$$

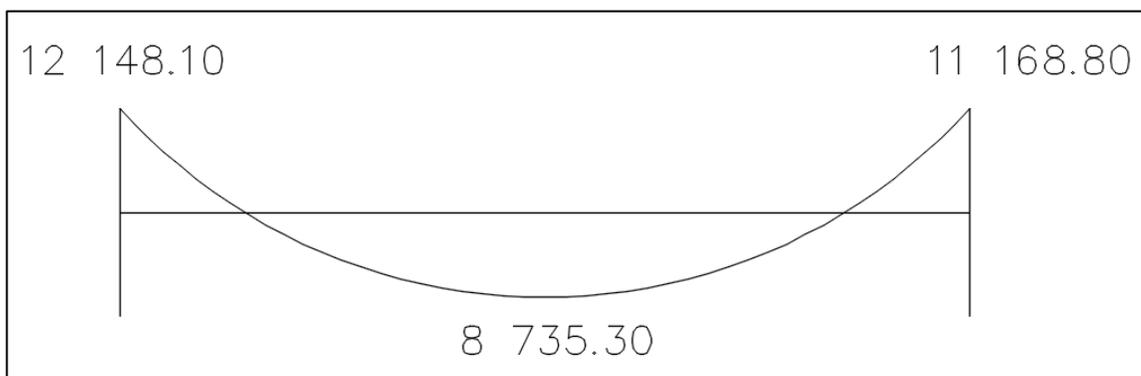
Cálculo del momento que resiste el área de acero

$$M_{AS_{max}=0,9} \left[19,71 * 4\ 200 * \left(46 - \frac{19,71 * 4\ 200}{1,7 * 280 * 25} \right) \right] = 2\ 995\ 271,9 \text{ kg-cm}$$

$$M_{AS_{max}} = 29\ 952,7 \text{ kg-m}$$

Cálculo de acero longitudinal:

Figura 13. **Diagrama de momentos últimos más críticos en el eje Y, primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Donde:

$$M_{1(-)} = 12\,148,10 \text{ kg-m}$$

$$M_{(+)} = 8\,735,30 \text{ kg-m}$$

$$M_{2(-)} = 11\,168,80 \text{ kg-m}$$

Ya que el $M_{AS_{min}} = 7\,435,5 \text{ kg-m} <$ a los momentos últimos

$$< M_{AS_{max}} = 29\,952,7 \text{ kg-m}$$

Se comprueba que el diseño es resistente, así a continuación se calculó el As para cada uno de los momentos críticos.

Cálculo de acero necesario para cada momento:

$$AS = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

Acero necesario para $M_{1(-)}$:

$$AS = \left[25 * 46 - \sqrt{(30 * 46)^2 - \frac{12\,148,10 * 25}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right)$$

$$AS = 7,33 \text{ cm}^2$$

Acero necesario para $M_{(+)}$:

$$AS = \left[25 * 46 - \sqrt{(30 * 46)^2 - \frac{8\,735,30 * 25}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right)$$

$$AS = 5,20 \text{ cm}^2$$

Acero necesario para $M_{2(-)}$:

$$AS = \left[25 * 46 - \sqrt{(30 * 46)^2 - \frac{11\,168,80 * 25}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right)$$

$$AS = 6,71 \text{ cm}^2$$

Determinación de varillas a utilizar:

Cama superior:

El ACI 318S-08, en el capítulo 21, establece que se deben colocar 2 varillas como mínimo, con el área de acero mayor de los siguientes parámetros:

$$AS_{min} = 4,60$$

$$33 \% AS_{M(-) mayor} = 2,42 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 2 varillas núm.6, equivalentes a un área de 5,70 cm^2 cama inferior:

El ACI 318S-08, en el capítulo 21, establece que se deben colocar 2 varillas como mínimo, con el área de acero mayor de los siguientes parámetros:

$$AS_{min} = 4,60$$

$$50 \% AS_{M(-) mayor} = 3,67 \text{ cm}^2$$

$$50 \% AS_{M(+)} = 2,60 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 2 varillas núm.6, equivalentes a 5,70cm²

- Cálculo de bastones:

Si el acero corrido colocado en la cama superior e inferior no cubre los momentos negativos o el positivo respectivamente, se deben colocar bastones que permitan cubrir el área de acero requerida para estos momentos. Para determinar el área de acero de los bastones se utilizará la siguiente ecuación:

$$AS_{baston} = AS_{momento} - AS_{cama inferior o superior}$$

Para momento M₁₍₋₎:

$$AS_{baston\ cama\ sup} = 7,33\ cm^2 - 4,60\ cm^2 = 2,73\ cm^2$$

$$AS_{baston\ cama\ inf} = 7,33\ cm^2 - 4,60\ cm^2 = 2,73\ cm^2$$

Se propone utilizar 2 varillas número 5 como bastones, los cuales cubren un área de acero de 4,00 cm².

Para momento M₁₍₊₎:

$$AS_{baston\ cama\ sup} = 5,20\ cm^2 - 4,60\ cm^2 = 0,60\ cm^2$$

$$AS_{baston\ cama\ inf} = 5,20\ cm^2 - 4,60\ cm^2 = 0,60\ cm^2$$

Se propone utilizar 2 varillas número 3 como bastones, los cuales cubren un área de acero de 4,00 cm².

Para momento $M_{2(-)}$:

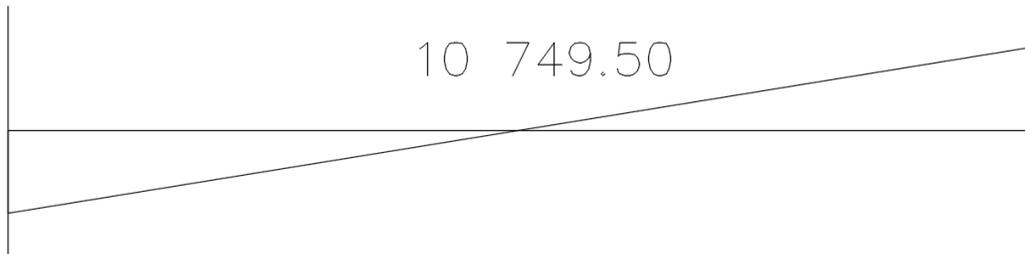
$$AS_{baston\ cama\ sup} = 6,71\ cm^2 - 4,60\ cm^2 = 2,11\ cm^2$$

$$AS_{baston\ cama\ inf} = 6,71\ cm^2 - 4,60\ cm^2 = 2,11\ cm^2$$

Se propone utilizar 2 varillas número 5 como bastones, los cuales cubren un área de acero de $4.00\ cm^2$, dos varillas número 4 también cubren el área necesaria, pero por facilidad en obra se mantendrá el mismo que en el $M_{1(-)}$.

Cálculo de acero transversal

Figura 14. **Diagrama de corte último actuante en la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Los fines de colocar acero transversal son: por armado, para mantener el refuerzo longitudinal en la posición deseada, y para contrarrestar los esfuerzos de corte, en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento a seguir es el siguiente:

Cálculo de corte resistente:

$$Vr = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d$$

$$Vr = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 25 * 46 = 10\ 402,86\ kg$$
$$Vu = 10\ 749,50\ kg$$

Comparar corte resistente con corte último:

Si $Vr > Vu$; la viga necesita estribos solo por armado, $Sma = d/2$

Si $Vr < Vu$; se diseñan estribos por corte, usando la expresión siguiente:

$$S = \frac{2 * Av * fy * d}{Vu}$$

En este caso, $Vu = 10\ 749,50\ kg$ y $Vr = 10\ 402,86\ kg$; como $VR < VU$, calcular los estribos por corte:

$$S = \frac{2 * 0,71 * 4\ 200 * 46}{10\ 749,50} = 25,52 = 26\ cm$$

$$S_{max} = \frac{h}{2} = \frac{50}{2} = 25\ cm$$

Se utilizarán estribos por corte con varilla número 3 con un espaciamiento de 25 cm.

Además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan a confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con el objetivo de darle mayor ductilidad en los nudos.

Según la sección 21.5.3.1 del ACI 318-08 establece que estribos cerrados para el confinamiento se colocan en las regiones:

- En una longitud igual a dos veces la altura del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos del elemento en flexión.
- En longitudes iguales a dos veces la altura del elemento a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a desplazamientos laterales inelásticos del pórtico.

$$\text{Longitud de confinamiento} = 2 * h = 2 * 50 \text{ cm} = 100 \text{ cm}$$

De la misma forma, en la sección 21.5.3.2 establece que el primer estribo cerrado para el confinamiento debe estar situado a no más de 50 milímetros de la cara del elemento de apoyo, Además el espaciamiento en la zona de confinamiento de los estribos no debe exceder el menor de:

- $d/4 = 46/4 = 11.5 \text{ cm}$
- $8 \times \phi \text{ varilla longitudinal} = 8 \times 1,91 = 15,28 \text{ cm}$
- $24 \phi \text{ varilla transversal} = 24 \times 0,71 = 17,04 \text{ cm}$
- 25 cm

Por lo tanto se propone un espaciamiento en la zona de confinamiento de 10 centímetros.

Longitud de desarrollo:

Para el armado longitudinal de la viga se debe calcular la longitud de desarrollo en tracción para barras corrugadas con gancho estándar l_{dh} . Para ello se hace referencia al código ACI 318-08 en su sección 12.5, en la cual se indica que el mismo debe calcularse utilizando la siguiente ecuación.

$$l_{dh} = \left(\frac{0.075 * \psi_e * fy}{\lambda \sqrt{f'c}} \right) * d_b$$

Donde

ψ_e y $\lambda = 0,75$ para concreto con agregado liviano y 1,0 para otros casos.

d_b = diametro nominal de la barra utilizada para el refuerzo (ϕ
= 1,91 cm)

$$l_{dh} = \left(\frac{0,075 * 1 * 4\ 200}{1 * \sqrt{280}} \right) * 1.91 = 35.95 \approx 36\text{ cm}$$

De la misma forma establece que la pata del refuerzo no debe ser menor a $12 d_b$, $12 (1,91) = 22,92$, se toma como largo de la pata 25 cm.

- Empalmes del refuerzo

Debido a la longitud de la viga y la longitud nominal de las barras de acero para refuerzo, es necesario en algunos casos realizar empalmes, para ello se hace referencia al código ACI 318-08 en su capítulo 12 sección 12.15. Empalmes de alambres y barras corrugadas a tracción. La misma indica que se debe utilizar un empalme por traslapo clase B, $1.3 l_d$.

$$l_d = \left(\frac{fy * \psi_e * \psi_t}{6.6 \lambda \sqrt{f'c}} \right) * d_b$$

Donde

l_d = longitud de desarrollo

ψ_e = factor de modificación para la longitud de desarrollo con base en el revestimiento del refuerzo, 1.3 en la cama superior y 1 para la cama inferior.

ψ_t = factor de modificación para la longitud de desarrollo con base en la localización del refuerzo, 1 para refuerzo sin recubrimientos epóxicos o con zinc (galvanizado).

λ = factor de modificación que tiene en cuenta las propiedades mecánicas del concreto, 1 para concretos de peso normal.

Empalme en cama superior:

$$l_d = \left(\frac{4\,200 * 1,3 * 1}{6,6 * 1 * \sqrt{280}} \right) * 1,91 = 94,42 \approx 95 \text{ cm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 * 95 = 123,5 \approx 125 \text{ cm}$$

La longitud del empalme en la cama superior será de 1,25 m.

Empalme en cama superior:

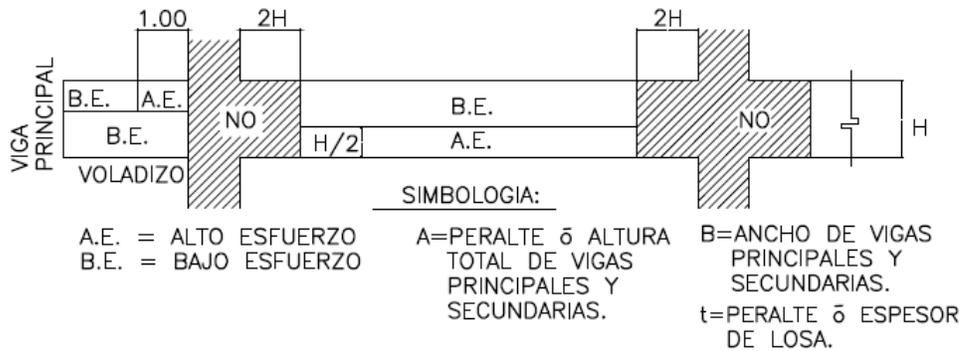
$$l_d = \left(\frac{4\,200 * 1 * 1}{6,6 * 1 * \sqrt{280}} \right) * 1,91 = 72,63 \approx 73 \text{ cm}$$

$$1,3 l_d = 1,3 * 73 = 94,9 \approx 95 \text{ cm}$$

La longitud del empalme en la cama superior será de 0,95 m.

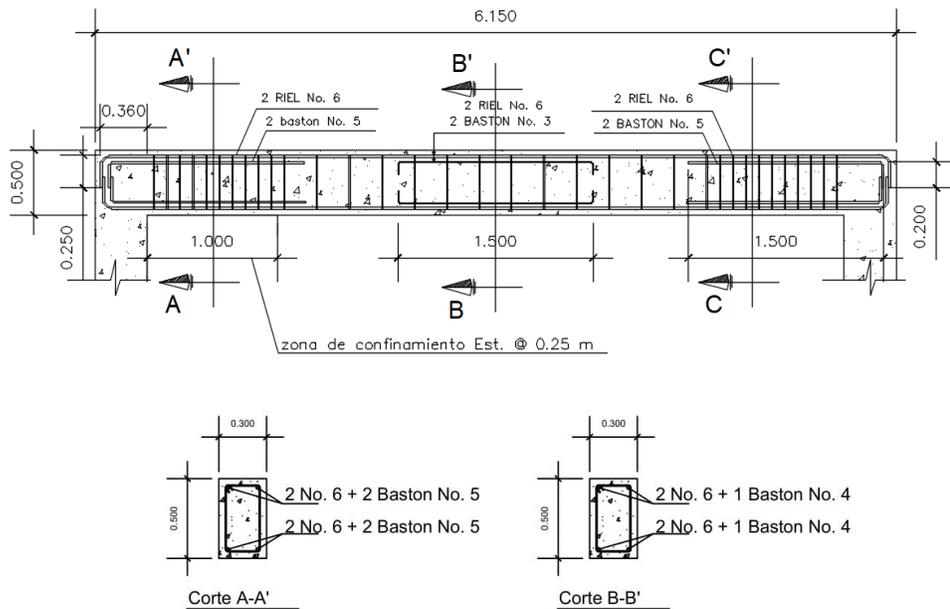
La ubicación de los empalmes se restringe por medio de la figura 15.

Figura 15. **Zonas de empalmes de refuerzo en vigas principales**



Fuente. Especificaciones técnicas y constructivas, curso de diseño estructural, con base en el capítulo 12 ACI 318-08.

Figura 16. **Armado de viga eje C, 2-3, del módulo I, nivel 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.10. Diseño de columnas

Para este caso, se diseñará la columna crítica que se encuentra en el eje C con intersección en el eje 2 y el diseño resultante fue aplicado a todas las columnas de los tres módulos y del nivel respectivo.

Para su diseño se deben cumplir los parámetros que establece el código ACI 318S-11, para elementos sismorresistentes. En la sección 10.8, establece que es adecuado diseñar una columna de dimensiones suficientes para resistir la carga mayorada que esté dentro de los porcentajes mínimos de refuerzo de elementos sometidos a compresión. Dentro de los requerimientos mínimos para el diseño de sus dimensiones, se refiere la sección 21.6.1.1 y 21.6.1.2, se plantea lo siguiente:

- La dimensión menor de la sección transversal, no debe ser menor de 30 cm.
- La relación entre la dimensión menor de la sección transversal de la dimensión perpendicular no debe ser menor a 0,4.

El refuerzo longitudinal sirve para controlar las deformaciones que el momento de fluencia exceda al momento de fisuración, en la sección 21.6.3.1 establece:

- El área de refuerzo longitudinal, A_{st} no debe ser menor que $0.01 A_g$ ni mayor que $0,06 A_g$.

El refuerzo transversal tiene relación con el confinamiento del concreto y el suministro de soporte lateral al refuerzo longitudinal. En la sección 21.6.4.1,

establece que el refuerzo transversal debe suministrarse en una longitud l_o , medida desde la cara del nudo y a ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión. La longitud, l_o , no deber ser menor de la mayor de (a), (b), y (c):

- La altura del elemento en la cara del nudo o en la sección donde puede ocurrir fluencia por flexión.
- Un sexto de la luz libre del elemento.
- 45 cm.

Los requisitos de espaciamiento transversal, se toma en cuenta la sección 21.6.4.3 donde indica que la separación del refuerzo transversal a lo largo del eje longitudinal del elemento no debe exceder la menor de (a), (b), y (c):

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento.
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal.

S_o según lo definido en la siguiente ecuación:

$$S_o = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right)$$
$$10 \text{ cm} \leq S_o \leq 15 \text{ cm}$$

Los datos necesarios para el diseño de columnas fueron obtenidos del análisis estructural y se diseñó con el mayor de los momentos actuantes. Los datos de diseño para las columnas son los siguientes:

Sección = 0,40 x 0,40 m

$M_x = 9\,176,80 \text{ kg-m}$

$$M_y = 9\,187,4 \text{ kg-m}$$

$$L_u = 4,70 \text{ m}$$

La carga axial se determina por medio de áreas tributarias, incluyendo el peso de las vigas que se localicen dentro de dicha área. Considerando que si la columna soporta otros niveles, la carga axial de los niveles superiores se acumulan para el diseño de la misma.

Tabla XXXIV. **Carga axial sobre columnas del nivel 1 y 2**

Carga axial nivel 2		
CM	Wlosa + Wsc	436 kg/m ²
CV	Cviva techo sin acceso	100 kg/m ²
CU2	Cu=1,4CM+1,7CV	780,4 kg/m ²
Fcu2	Fcu2=Cu/(CM+CV)	1,46
Carga axial nivel 1		
CM	Wlosa + Wsc+Wmuro	656 kg/m ²
CV	Cviva mas critica	500 kg/m ²
CU1	Cu=1,4CM+1,7CV	1 768,4 kg/m ²
Fcu1	Fcu1=Cu/(CM+CV)	1,53

Fuente: elaboración propia.

La carga axial, P_u , se determina por medio de la siguiente expresión:

$$P_u = (A_{trib} \times C_u) + (A_v \times L_v \times W_c \times F_{cu})$$

Donde:

P_u = carga axial última sobre la columna del nivel analizado

A_{trib} = área tributaria

C_u = carga última del nivel analizado

L_v = luz libre de la viga

W_c = peso del concreto

F_{cu} = factor de carga última del nivel analizado

A_c = área de la columna nivel 2

L_c = altura de la columna nivel 2

A_v = área transversal de la viga en el nivel 1

Se procede a calcular la carga axial última sobre la columna del nivel 2 y nivel 1.

Calculando:

Nivel 2

$$P_{U2} = (A_{trib} \times C_{u2}) + (A_v \times L_v \times W_c \times F_{cu2})$$

$$P_{U2} = 19\,676,94 \text{ kg}$$

$$P_{U2} = 19,68 \text{ ton}$$

Nivel 1

$$P_{U1} = P_{U2} + (A_c \times L_c \times W_c \times F_{cu2}) + (A_v \times L_v \times W_c \times F_{cu1}) + (A_{trib} \times C_{u1})$$

$$P_{U1} = 50\,368,602 \text{ kg}$$

$$P_{U1} = 50,37 \text{ ton}$$

Antes de realizar el diseño de la columna, se deben de evaluar los efectos de esbeltez para obtener los momentos y cargas de diseño.

La esbeltez, E , de un elemento estructural es la reducción de resistencia de un elemento sujeto a compresión axial o a flexocompresión. Por la relación de esbeltez las columnas son clasificadas en:

- Columnas cortas: Si $E < 22$, se diseñan con los datos del diseño estructural.

- Columnas intermedias: Si $22 < E < 100$, se deben magnificar los momentos actuantes para su diseño.
- Columnas largas: Si $E > 100$, no se recomienda la construcción porque fallan por pandeo.

La esbeltez de una columna se determina mediante la relación que nos proporciona la expresión de la sección 10.10.1, se tiene:

$$E = \frac{K \times L_u}{R}$$

Donde

K = coeficiente de rigidez de la columna

L_u = longitud efectiva (sección 10.10.1.1)

R = radio de giro ($0.3h$), donde h es el lado menor, esto aplica para elementos rectangulares (sección 10.10.1.2)

Para obtener el factor de longitud efectiva, k, se recurre a los ábacos de alineamiento de Jackson y Moreland, o en a las ecuaciones de Furlong las cuales trabajan mediante los siguientes rangos:

$$K = \frac{20 - \Psi_m}{20} \times \sqrt{1 + \Psi_m} \quad \text{para} \quad \Psi_m < 2$$

$$K = 0,9 \times \sqrt{1 + \Psi_m} \quad \text{para} \quad \Psi_m \geq 2$$

Donde:

$$\Psi_m = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

El cálculo de coeficientes para determinar el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ) en ambos extremos se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\Psi = \frac{\frac{\sum I_{col}}{L_{col}}}{\frac{\sum I_v}{L_v}}$$

Donde:

I = inercia de los elementos que llegan al nodo considerado

L = longitud de los elementos que llegan al nodo

Calculando las inercias:

$$I_{col} = \frac{1}{12} \times 40 \times 40^3$$

$$I_{col} = 213\,333,33 \text{ cm}^4$$

$$I_{viga} = \frac{1}{12} \times 30 \times 50^3$$

$$I_{viga} = 312\,500,00 \text{ cm}^4$$

El cálculo de coeficientes para determinar el grado de empotramiento a la rotación en las columnas (Ψ), se calculó para el sentido X y el sentido Y, para cada nivel.

Calculando la esbeltez de la columna:

Nivel 2:

$$\Psi_a = \frac{\left(\frac{213\ 333,33}{3,50}\right)}{\left(\frac{312\ 500,00}{3,15} + \frac{312\ 500,00}{4,075}\right)}$$

$$\Psi_a = 0,35$$

$$\Psi_b = \frac{\left(\frac{213\ 333,33}{3,50} + \frac{213\ 333,33}{4,70}\right)}{\left(\frac{312\ 500,00}{3,15} + \frac{312\ 500,00}{4,075}\right)}$$

$$\Psi_b = 0,60$$

Determinando:

$$\Psi_m = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

$$\Psi_m = \frac{0,35 + 0,60}{2}$$

$$\Psi_m = 0,48$$

Como se obtuvo un $\Psi_m < 2$ se utiliza la siguiente fórmula:

$$K = \frac{20 - \Psi_m}{20} \times \sqrt{1 + \Psi_m}$$

$$K = \frac{20 - 0,48}{20} \times \sqrt{1 + 0,48}$$

$$K = 1,19$$

Se utilizará el mismo procedimiento para determinar el valor K del primer nivel.

Nivel 2:

$$\Psi_a = \frac{\left(\frac{213\ 333,33}{3,50} + \frac{213\ 333,33}{4,70}\right)}{\left(\frac{312\ 500,00}{3,15} + \frac{312\ 500,00}{4,075}\right)}$$

$$\Psi_a = 0,60$$

$\Psi_b = 0$, si es empotramiento perfecto, pero si se asemeja se supone 1.

Determinando:

$$\Psi_m = \frac{\Psi_a + \Psi_b}{2}$$

$$\Psi_m = \frac{0,35 + 0}{2}$$

$$\Psi_m = 0,30$$

Determinando:

$$K = \frac{20 - \Psi_m}{20} \times \sqrt{1 + \Psi_m}$$

$$K = \frac{20 - 0,30}{20} \times \sqrt{1 + 0,30}$$

$$K = 1,12$$

Chequeando la relación de esbeltez:

$$EN2 = \frac{K \times L_u}{R}$$

$$EN2 = \frac{1,12 \times 3,50}{0,30 \times 0,40}$$

$$EN2 = 34,59$$

$$EN1 = \frac{1,12 \times 4,70}{0,30 \times 0,40}$$

$$EN1 = 46,45$$

Con base en lo anterior, se clasifica la columna:

$$EN2 = 34,59 > 22$$

$$EN1 = 46,45 > 22$$

Las columnas del primero y segundo nivel en su eje 2, se consideran intermedias ($22 < E < 100$), por lo que se deberán magnificar los momentos actuantes en las mismas.

Para el eje C (sentido Y), se realizaron los mismos cálculos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla XXXV. **Coefficientes que miden el grado de empotramiento a la rotación por nivel y por eje, sentido Y**

EJE C	N2	N1
Ψ_a	0,35	0,60
Ψ_b	0,60	0,00
Ψ_p	0,48	0,30
K	1,19	1,12

Fuente: elaboración propia.

Nivel 2:

$$E = 34,59$$

Nivel 1:

$$E = 44,02$$

Al igual que en el eje 2 Las columnas del primero y segundo nivel en su eje C, se consideran intermedias ($22 < E < 100$), por lo que también se deberán magnificar los momentos actuantes en las mismas.

- Magnificación de momentos

El magnificador de momento, δ , es un factor de amplificación de momentos para tener en cuenta los efectos de la curvatura entre los extremos del elemento a compresión, es decir es un factor de seguridad por el cual deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar pandeo, en la sección 10.10.6 nos guía el procedimiento y expresiones para magnificar los momentos, entre ellas:

$$\delta = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 \times P_c}}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(K \times L_u)^2}$$

$$EI = \frac{0,4 \times E_c \times I}{1 + \beta_d}$$

$$\beta_d = \frac{CM_u}{CU_{total}}$$

$$M_c = \delta M_2$$

Donde:

C_m = factor de corrección, relaciona el diagrama existente con un diagrama de momentos equivalente, el valor va de, 0,4 a 1.

P_c = carga crítica de pandeo de Euler

P_u = carga axial mayorada

E_c = módulo de elasticidad del concreto

β_d = factor de flujo plástico

A continuación se desarrolla la magnificación de momentos para la columna del primer nivel en sentido X y Y.

$$\beta_d = \frac{1,4 \cdot 656}{1768,4}$$

$$\beta_d = 0,52$$

$$E_c = 15\,100 \times \sqrt{280}$$

$$E_c = 252\,671,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$EI = \frac{0,4 \times (252\,671,33 \times 213\,333,33)}{1+0,52}$$

$$EI = 14\,191\,223\,620,77 \text{ kg-cm}^2$$

$$EI = 1\,419,12 \text{ ton} - \text{m}^2$$

$$P_{c \text{ eje 2 sentido x}} = \frac{\pi^2 \times (1\,419,12)}{(1,12 \times 4,70)^2}$$

$$P_{c \text{ eje 2 sentido x}} = 501,93 \text{ ton}$$

$$P_{c \text{ eje C sentido y}} = \frac{\pi^2 \times (1\,419,12)}{(1,12 \times 4,70)^2}$$

$$P_{c \text{ eje C sentido y}} = 501,88 \text{ ton}$$

$$\delta_{\text{ eje 2}} = \frac{1}{1 - \frac{50,37 \text{ ton}}{0,75 \times 501,93 \text{ ton}}}$$

$$\delta_{\text{ eje 2}} = 1,15$$

$$\delta_{\text{ eje C}} = \frac{1}{1 - \frac{145,04 \text{ ton}}{0,75 \times 123\,109,08 \text{ ton}}}$$

$$\delta_{\text{ eje C}} = 1,15$$

$$M_{dx} = \delta_x \cdot M_x = 1,15 \cdot 9\,176,80 = 10\,594,31 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{dy} = \delta_y \cdot M_y = 1,15 \cdot 9\,187,40 = 10\,606,70 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de acero longitudinal

Comprobando lo establecido por la sección 21.6.1 para el diseño de elementos sometidos a flexión y carga axial resistentes a momentos, establece que estos deben estar diseñados para:

- Resistan fuerzas inducidas por sismo.
- Con fuerza axial mayorada de compresión P_u bajo cualquier combinación de carga que exceda $\frac{A_g x f'_c}{10}$

Estos elementos deben satisfacer lo establecido en la sección 21.6.1.1 y 26.6.1.2, lo cual indica:

- La dimensión transversal, medida en una línea recta que pase a través del centroide geométrico, no debe ser menor que 30 centímetros.
- La relación entre la dimensión menor y la dimensión perpendicular no debe ser menor que 0,4.

Rectificando, los parámetros anteriores, tenemos:

$$P_{U1} = 50\,368,602 \text{ kg}$$

$$\frac{A_g x f'_c}{10} = \frac{40 x 40 x 280}{10}$$

$$\frac{A_g x f'_c}{10} = 44\,800,00 \text{ kg}$$

Según los resultados obtenidos se decreta que si se cumple con lo establecido por el código ACI 318S-11, ya que $P_{U1} > \frac{A_g \times f'_c}{10} = 50\,368,602 \text{ kg} > 44\,800,00 \text{ kg}$ y la dimensión menor de la sección es de 55 cm y la relación entre la menor dimensión y la perpendicular $\frac{40}{40} = 1$, es mayor que 0,4.

El acero longitudinal se calcula en base a la sección 21.6.3.1, donde se tiene:

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min}} &= 0,01 A_g \quad \rightarrow \quad 0,01 \times (40 \times 40) &= 16,00 \text{ cm}^2 \\ A_{s \text{ max}} &= 0,06 A_g \quad \rightarrow \quad 0,06 \times (40 \times 40) &= 96,00 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Se propone para el acero longitudinal 8 varillas núm. 6, equivalente a 22,80 cm².

- Método de las cargas inversas

Para verificar si el refuerzo propuesto es el adecuado, se utilizará el método de cargas inversas o de cargas recíprocas mediante el uso de diagramas de interacción para el diseño de columnas. Dado que la sección de la columna es cuadrada y el refuerzo longitudinal es simétrico, el diagrama de interacción es el mismo para los sentidos X y Y. Para el chequeo se emplea la expresión:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} + \frac{1}{P'_o}}$$

Donde:

P'_u = capacidad real de la columna

P'_{ux} = resistencia de la columna a una excentricidad X

P'_{uy} = resistencia de la columna a una excentricidad Y

Los valores a utilizar en los diagramas se determinan con las expresiones:

- Valor de la gráfica: se determina por medio de la expresión:

$$\gamma = \frac{h_n}{h}$$

Donde:

h_n = altura del núcleo de la columna

h = altura de la sección transversal de la columna

r = recubrimiento

Calculando

$$\gamma = \frac{b-2r}{h}$$

$$\gamma = \frac{40-(2 \times 3)}{40}$$

$$\gamma = 0,85$$

- Valor de la curva: dependiendo del diagrama de interacción empleado, el valor de la curva estará dado por:

$$\rho_{tu} = \frac{A_s \times f_y}{0,85 \times f'_c \times A_g} = \frac{22,80 \times 4\ 200}{0,85 \times 280 \times 1\ 600} = 0,25$$

$$\rho_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{22,80}{1\,600} = 0,014$$

Donde:

ρ_{tu} = valor de la curva

ρ_g = valor de la curva

A_s = área de acero longitudinal

f_y = resistencia del acero

f'_c = resistencia del concreto

A_g = área gruesa de la columna

- Excentricidades:

$$e_x = \frac{M_{dx}}{P_{u1}}$$

$$e_x = \frac{10\,594,31 \text{ kg-m}}{50\,368,60 \text{ kg}}$$

$$e_x = 0,2103 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{M_{dy}}{P_{u1}}$$

$$e_y = \frac{10\,606,70 \text{ kg-m}}{50\,368,60 \text{ kg}}$$

$$e_y = 0,2106 \text{ m}$$

Estimando el valor de las diagonales:

$$\frac{e_x}{h_x} = \frac{0,2103}{0,40} \rightarrow 0,53$$

$$\frac{e_y}{h_y} = \frac{0,2106}{0,40} \rightarrow 0,53$$

Con los valores obtenidos se busca los valores en el diagrama de interacción (ver anexo) de los coeficientes K_x y K_y , cuyos valores son:

$$K_x = 0,18$$

$$K_y = 0,18$$

Obtenidos los coeficientes se calculan las cargas de resistencia de la columna con ambas excentricidades, por medio de las expresiones:

$$P'_x = K'_x \times f'_c \times A_g$$

$$P'_x = 0,21 \times 280,00 \times 1\,600,00$$

$$P'_x = 94\,080,00 \text{ kg}$$

$$P'_x = 94,08 \text{ ton}$$

$$P'_y = K'_y \times f'_c \times A_g$$

$$P'_y = 0,21 \times 280,00 \times 1\,600,000$$

$$P'_y = 94\,080,00 \text{ kg}$$

$$P'_y = 94,08 \text{ ton}$$

Por último se debe calcular la carga última que resiste la columna sin excentricidad, esto es carga axial pura, de la siguiente forma:

$$P'_o = \Phi (0,85 \times f'_c (A_g - A_s) + A_s \times f_y)$$

$$P'_o = 0,70 \times (0,85 \times 280 (1\,600,00 - 32,00) + (32,00 \times 4\,200))$$

$$P'_o = 395\,628,80 \text{ kg}$$

$$P'_o = 395,63 \text{ ton}$$

Aplicando la fórmula de Bressler:

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'_o}}$$

$$P'_u = \frac{1}{\frac{1}{94\,080,00} + \frac{1}{94\,080,00} - \frac{1}{395\,628,80}}$$

$$P'_u = 53\,628,80 \text{ kg}$$

$$P'_u = 53,39 \text{ ton}$$

$$53,39 \text{ ton} > 50,37 \text{ ton}$$

Como $P'_u > P_u$ el armado propuesto resiste las cargas aplicadas, si esto no fuera el caso, se deberá aumentar el área de acero hasta que la misma cumpla.

El armado longitudinal estará compuesto por 4 varillas núm. 8 en sus extremos y 4 varillas núm. 6 en sus centros, lo que corresponde a una cuantía de 1,98 % aproximadamente del 2 % de acero.

- Cálculo de acero transversal

El acero transversal debe suministrarse sobre una longitud medida desde la cara del nudo y ambos lados de cualquier sección donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de desplazamientos laterales inelásticos del marco, dicha longitud no debe ser menor que lo establecido en la sección 21.6.4.1, comprobando (a), (b) y (c) tenemos:

a) Altura del elemento → 0,40 m

b) $\frac{1}{6}$ de la luz libre → $\frac{1}{6} \times 4,70 = 0,78$

c) 0,45

A criterio se establece que la longitud de confinamiento debe ser al menos 0,80 m en ambos extremos de la columna.

En la sección 21.6.4.4, inciso b, indica que para el refuerzo transversal se requiere del área total de la sección transversal del refuerzo de estribos cerrados de confinamiento rectangulares, A_{sh} , no sea menor que la requerida por las siguientes expresiones:

$$A_{sh} = 0,3 \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \left(\frac{S \times b_c \times f'_c}{f_y} \right)$$

Donde

A_{sh} = área total del refuerzo transversal (incluyendo ganchos suplementarios) colocados dentro del espaciamiento y perpendicular a la dimensión b (cm^2).

S = espaciamiento medido centro a centro de los estribos.

b_c = dimensión transversal del núcleo medida de centro a centro de las ramas exteriores del refuerzo transversal con área A_{sh} .

A_g = área bruta de la sección.

A_{ch} = área de la sección transversal de un elemento, medidas desde los bordes exteriores del refuerzo transversal.

Calculando:

$$A_{sh} = 0,30 \times \frac{S \times b_c \times f'_c}{f_{yt}} \times \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \right]$$

$$A_{sh} = 0,30 \times \frac{S \times 34,00 \times 280,00}{4 \ 200,00} \times \left[\left(\frac{1 \ 600,00}{1 \ 156,00} - 1 \right) \right]$$

$$A_{sh} = 0,26 \ S$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \left(\frac{S \times b_c \times f'_c}{f_y} \right)$$

$$A_{sh} = 0,09 \times \left(\frac{S \times 34 \times 280}{4 \ 200} \right)$$

$$A_{sh} = 0,20 \ S$$

Proponiendo el refuerzo transversal: 1 núm. 3, equivalente a 0,71 cm².

Entonces:

$$A_{sh} = 2 \times 0,71$$

$$A_{sh} = 1,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh} = 0,26 \ S$$

$$1,42 = 0,26 \ S$$

$$S = 5,44 \text{ cm}$$

$$A_{sh} = 0,20 \ S$$

$$1,42 = 0,20 \ S$$

$$S = 6,96 \text{ cm}$$

Por modulación, la separación de estribos cerrados de confinamiento medidos de centro a centro es 5,00 centímetros.

El refuerzo en zona sin confinamiento el código nos refiere a la sección 21.6.4.3, indica que la que la separación de refuerzo transversal no debe exceder la menor de:

- La cuarta parte de la dimensión mínima del elemento.
- Seis veces el diámetro del refuerzo longitudinal.
- S_o según lo definido en la siguiente ecuación:

$$S_o = 10 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$$

$$10 \text{ cm} \leq S_o \leq 15 \text{ cm}$$

Rectificando:

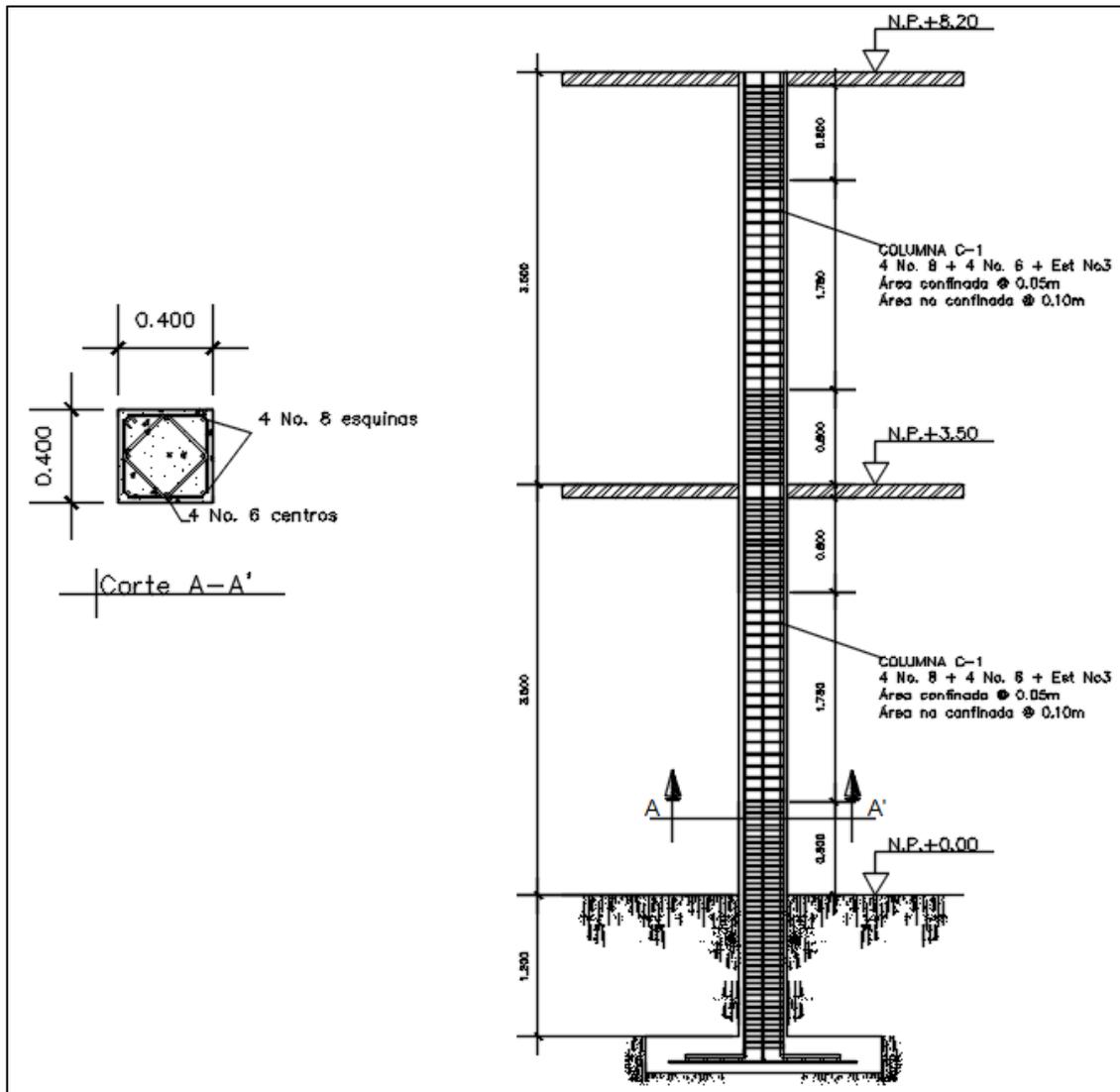
$$\text{a) } \frac{1}{4} \times 40 = 10 \text{ cm}$$

$$\text{b) } 6 \times 2,54 = 15,24 \text{ cm}$$

$$\text{c) } 10 + \left(\frac{35-20}{3}\right) = 15 \text{ cm}$$

En el resto de la columna, el refuerzo transversal, en zonas donde no se requiere estribos cerrados de confinamiento se proporcionó estribos cerrados espaciados a cada 10,00 centímetros medidos de centro a centro.

Figura 17. Armado final de columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.11. Diseño de cimentación

Los cimientos de una estructura son los encargados de transmitir las cargas al suelo, por eso la importancia de haber realizado un buen estudio de

mecánica de suelos determinando la capacidad de soporte y así realizar un diseño adecuado para no tener problemas de hundimiento desfavorables. Para el diseño de la cimentación se debe considerar, la naturaleza de las cargas, la influencia en la estructura y las condiciones del suelo.

En este proyecto se utilizarán zapatas concéntricas y zapatas excéntricas, para cargar las columnas.

- Zapatas concéntricas aisladas

Los datos a utilizar para el diseño de la zapata son:

$$P_u = 50\,368,602 \text{ kg}$$

$$M_x = 9\,176,80 \text{ kg-m}$$

$$M_y = 9\,187,40 \text{ kg-m}$$

$$V_s = 42,62 \text{ ton/m}^2$$

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

$$f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$F_{cu} = 1,53$$

$$\gamma_s = 1,67 \text{ ton/m}^3$$

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

$$t_{zapata} = 0,50 \text{ m}$$

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

$$P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}}$$

$$P'_t = \frac{50\,368,602}{1,53}$$

$$P'_t = 32\,920,65 \text{ kg}$$

$$P'_t = 32,92 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{F_{cu}}$$

$$M_{tx} = \frac{9\,176,80}{1,53}$$

$$M_{tx} = 5\,997,91 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = 6,00 \text{ ton}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{F_{cu}}$$

$$M_{ty} = \frac{9\,187,40}{1,53}$$

$$M_{ty} = 6\,004,84 \text{ kg}$$

$$M_{ty} = 6,00 \text{ ton}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 \times P'_t}{V_s}$$

$$A_z = \frac{1,5 \times 32,92}{42,62}$$

$$A_z = 1,16 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 1,50 metros por 1,50 metros, para un área de zapata de 2,25 m².

Parámetros geométricos:

$$S_x = \frac{1}{6} * b_{zapata} * L^2_{zapata}$$

$$S_x = \frac{1}{6} * 1,50 * 1,50^2 = 0,5625 \text{ m}^3$$

Como es una zapata cuadrada, $S_x = S_y$.

$$S_y = 0,5625 \text{ m}^3$$

Parámetros de masa:

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

$$Peso_{columna} = 0,4 * 0,4 * 4,70 * 2,4 = 1,80 \text{ ton}$$

$$Peso_{suelo} = Altura_{suelo} * \text{Área}_{zapata} * \gamma_{suelo}$$

$$Peso_{suelo} = 1,20 * 2,89 * 1,16 = 5,79 \text{ ton}$$

$$Peso_{zapata} = Espesor_{zapata} * \text{Área}_{zapata} * \gamma_{concreto}$$

$$Peso_{zapata} = 0,50 * 2,89 * 2,4 = 3,47 \text{ ton}$$

Con los valores de los parámetros de masa calculados anteriormente, se procede a calcular la carga última de trabajo P_{UT} .

$$P_{UT} = P'_T + Peso_{columnas} * Peso_{suelo} * Peso_{zapata}$$

$$P_{UT} = 32,92 + 1,80 + 5,79 + 3,47 = 43,99 \text{ ton}$$

Presión mínima y presión máxima

Estas presiones están condicionadas por los siguientes parámetros:

$$q_{min} > 0 \quad q_{max} \leq V_s$$

Presión mínima y máxima:

$$q_{min} = \frac{P_{UT}}{A_{zapata}} - \frac{M_{tx}}{S_x} - \frac{M_{ty}}{S_y}$$
$$q_{min} = \frac{43,99}{2,89} - \frac{6,00}{0,82} - \frac{6,00}{0,82} = 0,56 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{min} = \frac{P_{UT}}{A_{zapata}} + \frac{M_{tx}}{S_x} + \frac{M_{ty}}{S_y}$$
$$q_{min} = \frac{43,99}{2,89} + \frac{6,00}{0,82} + \frac{6,00}{0,82} = 29,88 \text{ ton/m}^2$$

$$0,56 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} > 0$$

$$29,88 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \leq 36,73 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

La presión mínima y máxima cumplen con los parámetros establecidos, por lo tanto, las dimensiones propuestas para la zapata son adecuadas.

Presión de diseño:

$$q_{diseño} = q_{max} * F_{CU}$$
$$q_{diseño} = 29,88 * 1,53 = 45,71 \text{ ton/m}^2$$

Chequeo por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzos cortantes ocurre a una distancia igual a d (peralte efectivo) del borde de la columna. Por tal razón, es necesario comparar en ese límite si el cortante resistente es mayor que el cortante actuante.

El peralte efectivo depende del diámetro de la varilla que se utilizará y del recubrimiento que tendrá la zapata. Para este diseño se utilizará varilla número 6 y la zapata tendrá un recubrimiento de 7,5 cm, según lo establece el ACI 318S-08, sección 7.7.1.

Peralte efectivo:

$$d_{efectivo} = t - \frac{\phi_{varilla}}{2} - recubrimiento$$

$$d_{efectivo} = 50 - \frac{1,91}{2} - 7,5 = 41,55 \text{ cm}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = q_{diseño} * b_{zapata} * d_{efectivo}$$

$$V_{act} = 45,71 * 1,50 * 0,416 = 32,29 \text{ ton}$$

Corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_{zapata} * d_{efectivo}$$

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 170 * 41,55 = 53\,240,42 \text{ kg}$$

$$V_r = 53,24 \text{ ton}$$

El corte actuante es menor al corte que resiste la zapata, lo que indica que el espesor propuesto es el adecuado.

- Chequeo por punzonamiento

El corte por punzonamiento actúa a una distancia de $d/2$ del rostro de la columna. El corte por punzonamiento actuante debe ser menor al corte que resiste la zapata propuesta.

Corte actuante:

$$V_{act} = [A_{zapata} - (b_{col} * d_{efectivo})^2] * q_{diseño}$$
$$V_{act} = [2,89 - (0,40 * 0,42)^2] * 45,71 = 124,52 \text{ ton}$$

Corte resistente:

Para determinar el corte resistente es necesario primero calcular el perímetro de la sección crítica, utilizando la siguiente ecuación:

$$b_o = 4 * (d_{efectivo} + Sección_{columna})$$
$$b_o = 4 * (41,55 + 40) = 326,18 \text{ cm}$$

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d_{efectivo}$$
$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 326,18 * 41,55 = 204\,305,42 \text{ kg}$$
$$V_r = 204,31 \text{ ton}$$

El chequeo por punzonamiento indica que el espesor propuesto de la zapata es el adecuado, ya que el corte actuante es menor al corte que resiste.

- Diseño del refuerzo

Para diseñar el refuerzo de acero se debe hacer una comparación entre el A_{smin} y el A_s que requiere el momento flector de diseño. Para determinar el momento flector se utilizará la siguiente ecuación:

$$MU = \frac{q_{diseño} * L^2}{2}$$

$$L = \frac{b_{zapata}}{2} - \frac{b_{col}}{2}$$

L es la distancia que existe entre el rostro de la columna y el borde de la zapata.

$$L = \frac{1,70}{2} - \frac{0,40}{2} = 0,65 \text{ m}$$

$$MU = \frac{45,71 * 0,65^2}{2} = 9,66 \text{ ton} \approx 9\ 656,97 \text{ kg}$$

Cálculo de A_{smin} :

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{f_y} * b * d \geq \rho_{min} * b * d$$

La base se tomará como franja unitaria, es decir, de 100 cm, ya que se diseñará como una losa.

$$A_{S_{min}} = \frac{0,80 * \sqrt{280}}{4\ 200} * 100 * 41,55 = 13,24 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \frac{14,1}{4\ 200} * 100 * 41,55 = 13,95 \text{ cm}^2$$

Se debe utilizar el valor mayor obtenido de las ecuaciones anteriores, siendo el área de acero mínima de 13,95 cm².

Cálculo de acero para momento flector:

$$AS_{MU} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{MU * b}{0,003825 * f'c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

$$AS_{MU} = \left[100 * 41,55 - \sqrt{(100 * 41,55)^2 - \frac{9\ 656,97 * 100}{0,003825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\ 200} \right)$$

$$AS_{MU} = 6,23 \text{ cm}^2$$

Como el AS_{min} es mayor que el AS_{MU} , se utilizará el valor de $13,95 \text{ cm}^2$ para el refuerzo de la zapata.

Espaciamiento del acero

Cama inferior:

$$AS_{varilla} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ (varilla núm. 6)}$$

$$AS_{calculado} = 13,95 \text{ cm}^2$$

$$L = 65 \text{ cm}$$

$$S_{inferior} = \frac{AS_{varilla} * L}{AS_{calculado}}$$

$$S_{inferior} = \frac{2,85 * 65}{13,95} = 13,28 \text{ cm}$$

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$

$$S_{max} = \frac{41,55}{2} = 20,78 \text{ cm}$$

Se utilizará el espaciamiento calculado para la cama inferior, ya que es menor al espaciamiento máximo. Por criterio se aproximará el espaciamiento a 12 cm.

Cama superior:

Para el refuerzo de la cama superior se utilizará el área de acero por temperatura, el cual se calcula con la siguiente ecuación:

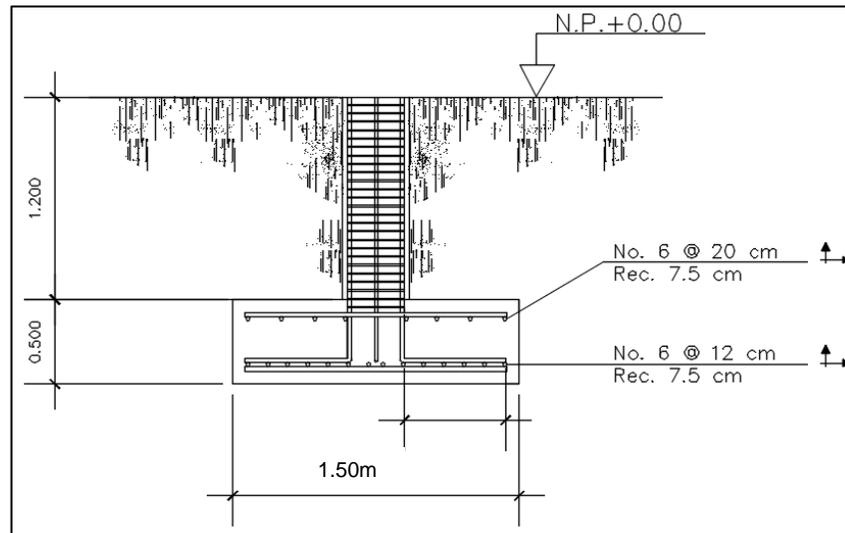
$$AS_{temp} = 0,002 * b * t$$
$$AS_{temp} = 0,002 * 100 * 50 = 10 \text{ cm}^2$$
$$S_{superior} = \frac{AS_{varilla} * b}{AS_{temp}}$$
$$S_{superior} = \frac{2,85 * 100}{10} = 28,50 \text{ cm}$$

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$
$$S_{max} = \frac{41,55}{2} = 20,78 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento de 20 cm para la cama superior de la zapata.

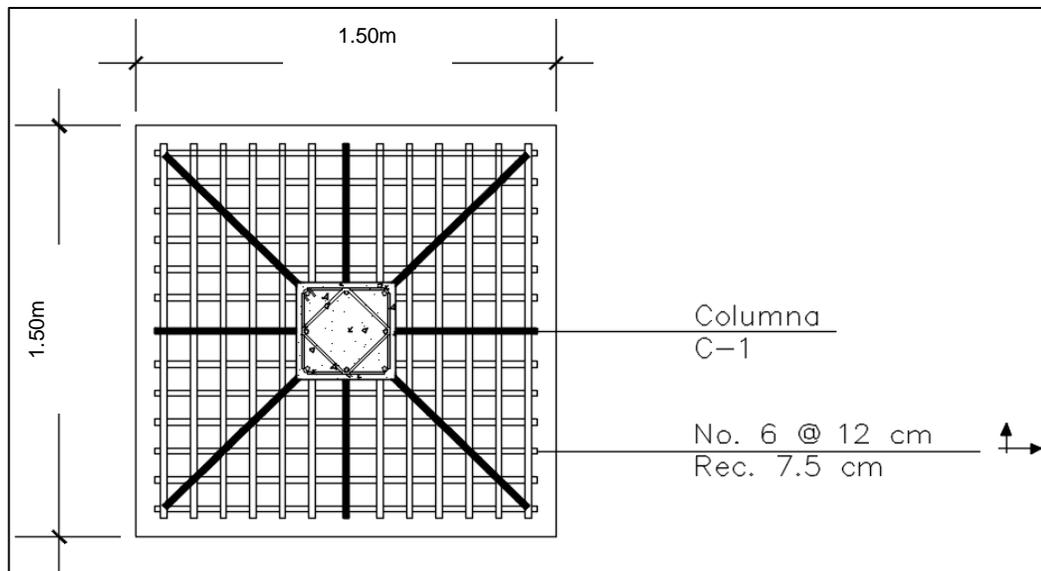
Conclusión: las zapatas serán de 1,70 m por 1,70 m. En la cama inferior se utilizarán varillas número 6 grado 60 @ 12 cm en ambos sentidos. En la cama superior se utilizarán varillas número 6 grado 60 @ 20 cm en ambos sentidos.

Figura 18. Esquema de armado para zapata Z-1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 19. Detalle en planta de armado para Z-1



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Zapatas excéntricas aisladas

Los datos a utilizar para el diseño de la zapata son:

$$P_u = 50\,368,602 \text{ kg}$$

$$M_x = 9\,176,80 \text{ kg-m}$$

$$M_y = 9\,187,40 \text{ kg-m}$$

$$V_s = 42,62 \text{ ton/m}^2$$

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

$$f_y = 4\,200 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$F_{cu} = 1,53$$

$$\gamma_s = 1,67 \text{ ton/m}^3$$

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

$$t_{zapata} = 0,50 \text{ m}$$

Se deben pasar las cargas últimas a cargas de trabajo, por medio del factor de carga última que se describe a continuación:

$$P'_t = \frac{P_u}{F_{cu}}$$

$$P'_t = \frac{50\,368,602}{1,53}$$

$$P'_t = 32\,920,65 \text{ kg}$$

$$P'_t = 32,92 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{F_{cu}}$$

$$M_{tx} = \frac{9\,176,80}{1,53}$$

$$M_{tx} = 5\,997,91 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = 6,00 \text{ ton}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{F_{cu}}$$

$$M_{ty} = \frac{9\,187,40}{1,53}$$

$$M_{ty} = 6\,004,84 \text{ kg}$$

$$M_{ty} = 6,00 \text{ ton}$$

Predimensionamiento del área de la zapata:

$$A_z = \frac{1,5 \times P_{t'}}{V_s}$$

$$A_z = \frac{1,5 \times 32,92}{42,62}$$

$$A_z = 1,17 \text{ m}^2$$

Se considera una zapata de 1,50 metros por 1,50 metros, para un área de zapata de 2,25 m².

Parámetros de masa:

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

$$Peso_{columna} = 0,4 * 0,4 * 4,70 * 2,4 = 1,80 \text{ ton}$$

$$Peso_{suelo} = Altura_{suelo} * Área_{zapata} * \gamma_{suelo}$$

$$Peso_{suelo} = 1,20 * 2,89 * 1,67 = 5,79 \text{ ton}$$

$$Peso_{zapata} = Espesor_{zapata} * Área_{zapata} * \gamma_{concreto}$$

$$Peso_{zapata} = 0,50 * 2,89 * 2,25 = 3,47 \text{ ton}$$

Con los valores de los parámetros de masa calculados anteriormente, se procede a calcular la carga última de trabajo P_{UT} .

$$P_{UT} = P'_T + P_{eso_{columnas}} * P_{eso_{suelo}} * P_{eso_{zapata}}$$

$$P_{UT} = 32,92 + 1,80 + 5,79 + 3,47 = 43,99 \text{ ton}$$

Momento último de trabajo

$$L_x = \frac{L_{zapata}}{2} - \frac{L_{columna}}{2}$$

$$L_x = \frac{1,50}{2} - \frac{0,40}{2} = 0,65 \text{ m}$$

$$M_{UT} = -M_{TX} + (P'_T * L_x) + (P_{eso_{columna}} * L_x)$$

$$M_{UT} = -6,00 + (33,92 * 0,65) + (1,80 * 0,65)$$

$$M_{UT} = 16,57 \text{ ton} - m$$

Excentricidades:

$$e = \frac{M_{UT}}{P_{UT}}$$

$$e = \frac{16,57}{43,99} = 0,38 \text{ m}$$

$$a = \frac{L_{zapata}}{2} - e$$

$$a = \frac{1,70}{2} - 0,38 = 0,47 \text{ m}$$

Para comprobar que las dimensiones propuestas para la zapata son adecuadas, se deben cumplir las siguientes condiciones:

$$3a < L_{zapata}$$

$$3 * 0,47 < 1,50$$

$$1.42 < 1,70 ; \text{ sí cumple}$$

$$e < \frac{B_{zapata}}{6}$$

$$0,38 < \frac{1,50}{6}$$

$$0,38 \text{ m} < 0,28 \text{ m} ; \text{ no cumple}$$

Puesto que la segunda condición no cumple, significa que la presión mínima será negativa, al ocurrir esto se generara una tensión sobre el suelo y el mismo no puede soportarlas, por tanto es inadmisibles. Los principios de ingeniería de cimentaciones, establece la siguiente ecuación modificada para calcular la presión máxima:

$$q_{max} = \frac{4 * P_{UT}}{3 * L_{zapata} * (B_{zapata} - 2e)}$$
$$q_{max} = \frac{4 * 43,99}{3 * 1,70 * (1,70 - 2 * 0,38)} = 36,44 \text{ ton/m}^2$$

La presión máxima debe ser menor que el valor soporte del suelo:

$$q_{max} < V_s$$
$$36,44 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} < 36,73 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} ; \text{ sí cumple}$$

Presión de diseño:

$$q_{diseño} = q_{max} * F_{CU}$$

$$q_{diseño} = 36,44 * 1,53 = 55,76$$

Presión suelo-cimiento:

$$q_{(c+s)} = F_{CU} * (h_{suelo} * \gamma_{suelo} + Espesor_{zapata} * \gamma_{concreto})$$
$$q_{(c+s)} = 1,53 * (1,20 * 1,67 + 0,50 * 2,4) = 4,90 \frac{ton}{m^2}$$

Carga de sección

$$W_{x/x} = \frac{q_{diseño}}{3a}$$
$$W_{\frac{x}{x}} = \frac{55,76}{1,42} = 39,26 \frac{ton}{m}$$

Chequeo por corte simple:

El peralte efectivo para las zapatas excéntricas será el mismo que el utilizado en las zapatas concéntricas, esto se debe a que el recubrimiento y el número de varillas para refuerzo a utilizar será el mismo.

$$d_{efectivo} = 50 - \frac{1,91}{2} - 7,5 = 41,55 \text{ cm}$$

Sección crítica

$$X = 3a - (b_{col} + d_{efectivo})$$
$$X = 1,42 - (0,40 + 0,4155) = 0,60 \text{ m}$$

Corte actuante

Distancia de corte (X'):

$$X' = \frac{q_{(C+S)}}{\frac{W_{x/x}}{2}}$$
$$X' = \frac{4,90}{\frac{39,26}{2}} = 0,25 \text{ m}$$

Corte máximo en X'

$$W_{\max X'} = \left| q_{(C+S)} * (L_{zapata} - 3a) + q_{(C+S)} * X' - \frac{W_{\frac{x}{x}}}{2} * X'^2 \right|$$
$$W_{\max X'} = \left| 4,90 * (1,7 - 1,42) + 4,90 * 0,25 - \frac{39,26}{2} * 0,25^2 \right|$$
$$W_{\max X'} = 1,37 \text{ ton}$$

Corte máximo en X

$$W_{\max X'} = \left| q_{(C+S)} * (L_{zapata} - 3a) + q_{(C+S)} * X - \frac{W_{\frac{x}{x}}}{2} * X^2 \right|$$
$$W_{\max X'} = \left| 4,90 * (1,7 - 1,42) + 4,90 * 0,60 - \frac{39,26}{2} * 0,60^2 \right|$$
$$W_{\max X'} = 2,84 \text{ ton}$$

Corte resistente:

$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b_{zapata} * d_{efectivo}$$
$$V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 170 * 41,55 = 53\,240,42 \text{ kg}$$

$$V_r = 53,24 \text{ ton}$$

El corte actuante es menor que el corte resistente de la zapata, esto indica que el espesor propuesto es el adecuado.

Chequeo por punzonamiento

Sección crítica

$$X = 3a - \left(b_{col} + \frac{d_{efectivo}}{2} \right)$$

$$X = 1,42 - \left(0,40 + \frac{0,4155}{2} \right) = 0,81 \text{ m}$$

Carga de sección crítica

$$W_x = W_{x/x} * X$$

$$W_x = 39,26 * 0,81 = 31,90 \text{ ton}$$

Corte actuante

$$V_{act} = P_U + q_{(c+s)} * \left[(b_{col} + d_{efectivo}) * \left(b_{col} + \frac{d_{efectivo}}{2} \right) \right] - (q_{dis} + W_x)$$

$$* \left[(b_{col} + d_{efectivo}) * \left(b_{col} + \frac{d_{efectivo}}{2} \right) \right]$$

$$V_{act} = 50,368 + 4,90 * \left[(0,40 + 0,4155) * \left(0,40 + \frac{0,4155}{2} \right) \right] - (55,76 + 31,90)$$

$$* \left[(0,40 + 0,4155) * \left(0,40 + \frac{0,4155}{2} \right) \right]$$

$$V_{act} = 9,36 \text{ ton}$$

Corte resistente

$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_{zapata} * d_{efectivo}$$
$$V_r = 0,85 * 1,06 * \sqrt{280} * 150 * 41,55 = 106\,493,66 \text{ kg}$$
$$V_r = 106,49 \text{ ton}$$

El corte actuante es menor que el corte resistente de la zapata, esto indica que el espesor propuesto es el adecuado.

Diseño del refuerzo

Distancia a rostro de columna

$$X = 3a - b_{col}$$
$$X = 1,42 - 0,40 = 1,02 \text{ m}$$

Distancia critica X':

$$V(0) = q_{(c+s)} * (L_{zapata} - 3a) + q_{(c+s)}X - \frac{W_x}{2}X^2$$
$$V(0) = 4,90 * (1,50 - 1,42) + 4,90 X - \frac{39,26}{2}X^2$$
$$V(0) = 1,372 + 4,90 X - 19,63X^2$$

Se utiliza la ecuación cuadrática para resolver:

$$X_i = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

De la anterior ecuación se obtuvieron los siguientes valores:

$$X_1 = 0,42 \text{ m} \quad X_2 = -0,17 \text{ m}$$

Se utilizará el valor mayor, $x' = 0,42 \text{ m}$.

Valor de la carga en el punto crítico X:

$$W_i = W_{\frac{x}{x}} * X$$
$$W_i = 39,26 * 1,02 = 40,05 \text{ ton}$$

Valor de carga en el punto crítico X':

$$W_i = W_{\frac{x}{x}} * X'$$
$$W_i = 39,26 * 0,42 = 16,49 \text{ ton}$$

Cálculo de momentos actuantes:

Momento actuante M_x :

$$M_{Ui} = q_{(c+s)} * \left(X + (L_{zapata} - 3a) \right)^2 - \left(W_i * \frac{X_i^2}{6} \right)$$

$$M_{Ui} = 4,90 * (1,02 + (1,70 - 1,42))^2 - \left(40,05 * \frac{1,02^2}{6}\right)$$

$$M_{Ui} = 1,34 \frac{ton}{m}$$

Momento actuante M_x' :

$$M_{Ui} = 4,90 * (0,42 + (1,70 - 1,42))^2 - \left(16,49 * \frac{0,42^2}{6}\right)$$

$$M_{Ui} = 1,92 \frac{ton}{m}$$

Cálculo de AS_{min} :

$$AS_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{f'c}}{fy} * b * d \geq \rho_{min} * b * d$$

La base se tomará como una franja unitaria, 100 cm, se diseñara de la misma forma que una losa.

$$AS_{min} = \frac{0,80 * \sqrt{280}}{4200} * 100 * 41,55 = 13,24 \text{ cm}^2$$

$$AS_{min} = \frac{14,1}{4200} * 100 * 41,55 = 13,95 \text{ cm}^2$$

Se utiliza el valor máximo obtenido, teniendo como área de acero mínimo: 13,95 cm².

Calculo de acero para momento actuante:

$$AS_{MU} = \left[b * d - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{MU * b}{0,03825 * f'c}} \right] * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

$$AS_{MU} = \left[100 * 41,55 - \sqrt{(100 * 41,55)^2 - \frac{1\,916,49 * 100}{0,03825 * 280}} \right] * \left(\frac{0,85 * 280}{4\,200} \right)$$

$$= 1,22 \text{ cm}^2$$

Como el AS_{min} es mayor que AS_{MU} , se utiliza el valor de $13,95 \text{ cm}^2$ para el cálculo de refuerzo de la zapata.

Espaciamiento de acero:

Cama inferior:

$$AS_{varilla} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ (varilla número 6)}$$

$$AS_{calculado} = 13,95 \text{ cm}^2$$

$$L = 130 \text{ cm}^2$$

$$S_{inferior} = \frac{AS_{varilla} * L}{AS_{calculado}}$$

$$S_{inferior} = \frac{2,85 * 130}{13,95} = 26,56 \text{ cm}$$

$$S_{max} = \frac{d}{2}$$

$$S_{max} = \frac{41,55}{2} = 20,78 \text{ cm}$$

Se utilizará un espaciamiento de 20 cm ya que el permitido para la cama inferior es mayor al máximo.

Cama superior:

Para el refuerzo de la cama superior se utilizara el área de acero por temperatura.

$$AS_{temperatura} = 0,002 * b * t$$

$$AS_{temperatura} = 0,002 * 100 * 50$$

$$AS_{temperatura} = 10 \text{ cm}^2$$

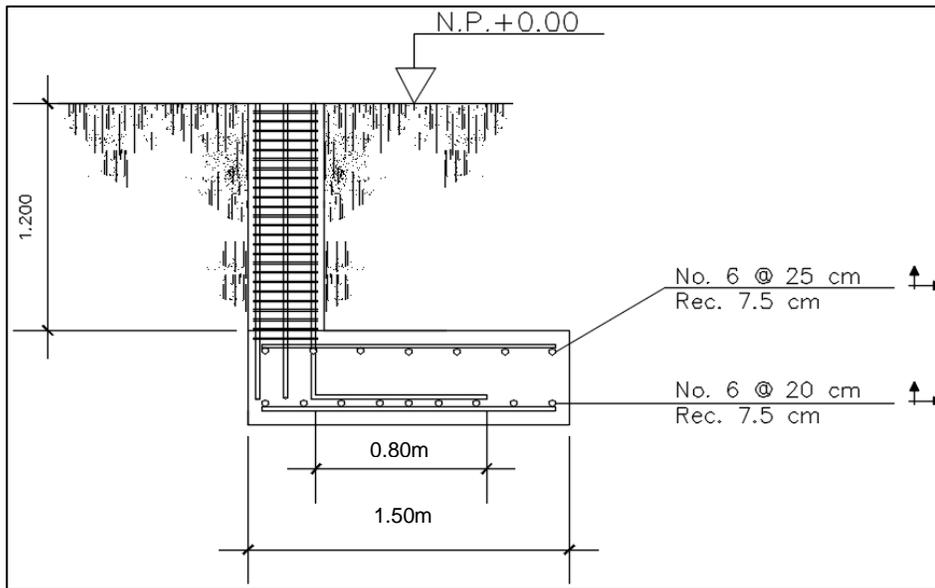
$$S_{superior} = \frac{AS_{varilla} * b}{AS_{temperatura}}$$

$$S_{inferior} = \frac{2,85 * 100}{10} = 28,5 \text{ cm}$$

Por criterio se utilizará un espaciamiento de 25 cm para la cama superior de la zapata

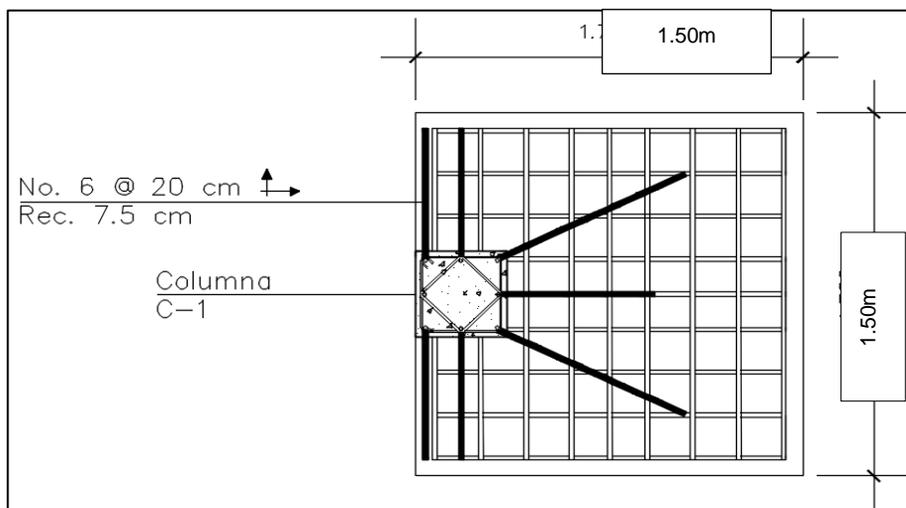
Conclusión: las zapatas serán de 1,70 m por 1,70 m. En la cama inferior se utilizarán varillas de acero numero 6 grado 40@20 cm en ambos sentidos. En la cama superior se utilizarán varillas de acero número 6 grado 40@25 cm en ambos sentidos.

Figura 20. Esquema de armado para zapata Z-2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

Figura 21. Detalle en planta de armado para zapata Z-2



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.1.12. Instalaciones hidráulicas

El diseño de agua potable para abastecer el edificio será a través de un circuito cerrado. La red principal debe diseñarse para que el funcionamiento de todos los artefactos sanitarios sea correcto, satisfaciendo los requisitos de capacidad y demandas máximas.

Para el diseño del sistema de agua potable se deberán tomar en cuenta los siguientes parámetros:

- La dotación mínima es de 100 lt/alumnos/día.
- La tubería de agua potable se debe ubicar a una distancia mínima de 30 cm por debajo del nivel de piso.
- El servicio de agua potable será continuo durante 10 horas al día.
- Cálculo de subramales

Los subramales son los tramos de tubería que conecta los ramales con los artefactos sanitarios. Los mismos serán diseñados con tubería PVC Ø ½”.

- Calculo de ramales

Los ramales son tuberías que provienen de la red principal del sistema de agua potable, que abastecen de agua a un punto de consumo aislado. Los mismos al igual que los sub ramales utilizarán tubería de PVC Ø ½”.

- Diseño de línea principal

Para el diseño de la línea principal del sistema de agua potable se utilizó el método Hunter, el cual asigna un número de unidades de gasto a cada aparato sanitario.

Tabla XXXVI. **Unidades de gasto para tuberías de distribución**

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.

Demanda para los diferentes artefactos sanitarios del primer nivel del edificio escolar:

$$\text{Lavamanos} = 2 * 19 \text{ lavamanos} = 38 \text{ UH}$$

$$\text{Grifo para pila} = 4,5 * 2 \text{ grifo para pila} = 9 \text{ UH}$$

$$\text{Inodoro con tanque} = 5 * 17 \text{ inodoro con tanque} = 85 \text{ UH}$$

$$\text{Urinario} = 5 * 6 \text{ grifo para patio} = 30 \text{ UH}$$

$$\text{Grifo para patio} = 1 * 4 = 4 \text{ UH}$$

$$\text{Total primer nivel} = 166 \text{ UH}$$

Demanda para los diferentes artefactos sanitarios del segundo nivel del edificio escolar:

$$\text{Lavamanos} = 2 * 16 \text{ lavamanos} = 32 \text{ UH}$$

$$\text{Inodoro con tanque} = 5 * 14 \text{ inodoro con tanque} = 70 \text{ UH}$$

$$\text{Urinario} = 5 * 6 \text{ grifo para patio} = 30 \text{ UH}$$

$$\text{Total segundo nivel} = 132 \text{ UH}$$

$$\text{Número total de UH} = 298 \text{ UH}$$

Para determinar el gasto que corresponde al número total de UH que se calculó para el edificio escolar se debe utilizar la tabla XXXVII:

Tabla XXXVII. **Gastos probables para el método de Hunter (lt/s)**

No. de unidades	Gasto probable		No. de unidades	Gasto probable	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
170	2.22	3.12	390	3.83	4.60
180	2.29	3.20	400	3.97	4.72
190	2.37	3.25	420	4.12	4.84
200	2.45	3.36	440	4.27	4.96
210	2.53	3.44	460	4.42	5.08
220	2.60	3.51	480	4.57	5.20
230	2.65	3.58	500	4.71	5.31
240	3.75	3.65	550	5.02	5.57
250	2.84	3.71	600	5.34	5.83
260	2.91	3.79	650	5.85	6.09
270	2.99	3.87	700	5.95	6.35
280	3.07	3.94	750	6.20	6.61
290	3.15	4.04	800	6.60	6.84
300	3.32	4.12	850	6.91	7.11
320	3.37	4.24	900	7.22	7.36
340	3.52	4.35	950	7.53	7.61
380	3.67	4.46	1000	7.84	7.85

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.
p. 51.

Se determinó que el gasto probable del edificio será de 3,32 lt/s.

Cálculo del diámetro de tubería a utilizar

$$Q = V * A$$

La velocidad promedio de la red municipal para el edificio escolar es de 3 m/s.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{3,32 * 10^{-3}}{3} = 0,001111 m^2 = 1,72 plg^2$$

Se utilizará tubería PVC de 1 ½" de diámetro.

2.1.13. Instalaciones de drenajes

Drenaje pluvial: su función principal es evacuar y conducir la escorrentía generada por precipitación. Las tuberías se deben ubicar en las partes externas del edificio y ser recubiertas por un mortero o concreto.

Para determinar el caudal se utilizará la siguiente formula:

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

Donde

Q = caudal

C = coeficiente de escorrentía del concreto (0,90)

I = intensidad de lluvia (mm/h)

A = área a drenar (Ha)

Para calcular la intensidad de lluvia se utilizarán los parámetros de la estación meteorológica más cercana. Para el presente trabajo se utilizará la de la ciudad de Guatemala en el INSIVUMEH.

Tabla XXXVIII. **Ecuaciones de intensidad de lluvia por región**

INSIVUMEH								
	2	5	10	20	25	30	50	100
A	1970	7997	1345	720	820	815	900	890
B	15	30	9	2	2	2	2	2
n	0.958	1.161	0.791	0.637	0.656	0.65	0.66	0.647

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh).

Para San Juan Sacatepéquez se utilizará la ecuación para la estación ubicada en el INSIVUMEH, asumiendo un período de retorno de 20 años.

$$I_{lluvia} = \frac{A}{(B + t)^n}$$

Se considera un tiempo de concentración de 12 minutos.

$$I_{lluvia} = \frac{720}{(2 + 12)^{0,958}}$$

$$I_{lluvia} = 134,04 \frac{mm}{h}$$

EL área crítica a drenar para las bajadas de agua es de 70,5 m² equivalente a 0,00705 Ha.

$$Q = \frac{0,90 * 13,4,04 * 0,00705}{360} = 2,36 \text{ lt/s}$$

Para calcular el diámetro de la tubería se empleara la ecuación de Manning:

$$D = \left(\frac{691\,000 * Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{3/8}$$

Para las tuberías de PVC el coeficiente de rugosidad n es de 0,009 y se propone una pendiente de 1,00 %.

$$D = \left(\frac{691\,000 * 0,00236 * 0,009}{\sqrt{0,01}} \right)^{3/8}$$

$$D = 6,49 \text{ cm}$$

Por desechos que se pueden encontrar en las partes superiores de las edificaciones debido a materia orgánica o de otra fuente, no se recomienda que se utilicen diámetros pequeños por lo que se utilizará tubería de 3" la cual cumple y rebasa la solicitada y es la apropiada.

- Drenaje sanitario: este se encarga de coleccionar y transportar las aguas residuales de la edificación, asimismo, es el medio por el cual se conducen dichas aguas al colector municipal. La pendiente mínima y máxima para tubería de drenaje sanitario es de 2 y 6 % respectivamente.

Para determinar el diámetro de la tubería a utilizar se tomara en cuenta la tabla XXXIX:

Tabla XXXIX. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

<i>Tipo de mueble o aparato</i>	<i>Unidades de descarga</i>			<i>Dtámetro mínimo del sifón y derivación</i>		
	<i>Clase</i>			<i>Clase</i>		
	<i>1ra</i>	<i>2da</i>	<i>3ra</i>	<i>1ra</i>	<i>2da</i>	<i>3ra</i>
<i>Lavabo</i>	1	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
<i>Inodoro</i>	4	5	6	3	3	3
<i>Tina</i>	3	4	4	1 1/4	2	2
<i>Bidet</i>	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
<i>Cuarto de baño completo</i>	7	...	...	3	3	3
<i>Regadera</i>	2	3	3	1 1/4	2	2
<i>Urinario suspendido</i>	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
<i>Urinario vertical</i>	...	4	4	...	2	2
<i>Fregadero de viviendas</i>	3	...	...	1 1/4	...	...
<i>Fregadero de restaurante</i>	...	8	8	...	3	3
<i>Lavadero (ropa)</i>	3	3	...	1 1/4	1 1/4	...
<i>Vertedero</i>	...	8	8	4	4	...
<i>Bebedero</i>	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4
<i>Lavaplatos de casa</i>	2	...	...	1 1/2	...	...
<i>Lavaplatos comercial</i>	...	4	...	...	...	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 71.

Por ser un edificio escolar se contemplará una instalación de primera clase, esto quiere decir, que todas las tuberías y accesorios deberán ser de PVC cédula 40, la misma deberá cumplir con la Norma ASTA D-3034.

La tubería de las ramificaciones que provienen de los artefactos sanitarios será de 3"; la tubería para bajada de aguas negras será de 4" y la tubería del colector principal será de 6".

2.1.13.1. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica consistirá en un circuito de iluminación con 12 lámparas como máximo de 120 watts, tipo industrial, y un circuito de fuerza para tomacorrientes, la cantidad de lámparas se distribuyeron según el espacio del salón.

2.1.14. Planos del proyecto

Los planos constructivos para el edificio escolar se presentan en la sección de anexos; y están conformados por los siguientes planos:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de acabados
- Secciones y elevaciones
- Planta de cimentación y columnas
- Detalles estructurales
- Detalle de gradas
- Planta de losas y vigas
- Planta de instalación eléctrica iluminación
- Planta de instalación eléctrica fuerza
- Planta de drenaje sanitario
- Planta de drenaje pluvial
- Planta instalación hidráulica

2.1.15. Presupuesto

El resumen del presupuesto del edificio escolar se elaboró según precios unitarios. Se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: materiales, mano de obra, maquinaria, prestaciones y factores de gastos indirectos (administración e impuestos). Para el precio de mano de obra, materiales y gastos indirectos se tomaron como referencia los utilizados por la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez para proyectos similares.

Tabla XL. Presupuesto del edificio escolar

Núm.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Trabajos preliminares				
1,1	Demolición	392,50	m ²	Q 99,31	Q 38 977,69
1,2	Limpieza (extracción de ripio)	1,00	global	Q 9 400,46	Q 9 400,46
1,3	Trazo y estaqueado	192,55	m	Q 39,82	Q 7 668,12
2	Cimentación				
2,1	Excavación	203,83	m ³	Q 162,79	Q 33 180,77
2,2	Zapatas Z-1	11,00	unidad	Q 5 514,77	Q 60 662,44
2,3	Zapata Z-2	11,00	unidad	Q 6 859,88	Q 75 458,70
2,4	Cimiento corrido	90,24	m	Q 218,49	Q 19 716,17
2,5	Relleno	125,87	m ³	Q 149,51	Q 18 819,40
3	Columnas				
3,1	Columna C-1	270,60	m	Q 1 239,09	Q 335 297,29
3,2	Columna C-2	371,85	m	Q 374,29	Q 139 177,97
3,3	Columna C-3	150,75	m	Q 331,88	Q 50 030,59
4	Vigas				
4,1	Viga V-1	11,00	unidad	Q 1 539,48	Q 16 934,26
4,2	Viga V-2	11,00	unidad	Q 5 131,33	Q 56 444,61
4,3	Viga V-3	30,00	unidad	Q 2 956,82	Q 88 704,74
4,4	Viga V-4	11,00	unidad	Q 1 738,04	Q 19 118,43
4,5	Viga V-5	11,00	unidad	Q 5 708,11	Q 62 789,20
4,6	Viga V-6	6,00	unidad	Q 2 961,79	Q 17 770,76
4,7	Viga V-7	6,00	unidad	Q 2 520,88	Q 15 125,27
4,8	Viga V-8	18,00	unidad	Q 2 517,06	Q 45 307,06
5	Losas				
5,1	Losa maciza t=12 cm	555,78	m ²	Q 726,43	Q 403 733,79
6	Muros				
6,1	Muro de block de 0,14*0,19*0,39 m; 35 kg/cm ²	252,15	m ²	Q 191,51	Q 48 289,22
6,2	Solera intermedia	220,10	m	Q 208,70	Q 45 935,23
6,3	Solera final	60,00	m	Q 237,92	Q 14 275,26
7	Acabados				
7,1	Piso cerámico de 30x30 cm	529,15	m ²	Q 331,13	Q 175 216,02
7,2	Repello y cernido plástico en losa	555,78	m ²	Q 184,92	Q 102 776,00
7,3	Repello, cernido y pintura de muro, vigas y columnas vistas	860,28	m ²	Q 242,46	Q 208 581,96
7,4	Puertas P1	9,00	unidad	Q 3 119,20	Q 28 072,77
7,5	Ventana V1	63,00	unidad	Q 1 578,59	Q 99 451,08
7,6	Barandal metálico	1,00	global	Q 18 348,21	Q 18 348,21

Continuación de la tabla XL.

8		Instalaciones			
8,1	Instalaciones de iluminación	1,00	global	Q 46 777,12	Q 46 777,12
8,2	Instalaciones de fuerza	1,00	global	Q 24 609,59	Q 24 609,59
8,3	Drenaje pluvial	1,00	global	Q 9 462,39	Q 9 462,39
9		Limpieza final			
9,1	Limpieza final	277,89	m ²	Q 13,63	Q 3 787,48
				Total	Q 2 339 906,67

Fuente: elaboración propia.

2.1.16. Cronograma de ejecución

A continuación se presenta el cronograma propuesto para la construcción del edificio de dos niveles para la escuela oficial rural mixta de Ciudad Quetzal, el tiempo estipulado de construcción es de 6 meses.

Tabla XLI. Cronograma de ejecución del edificio escolar

Renglones	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6			
	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4	S 1	S 2	S 3	S 4
1.1	x																							
1.2	x																							
1.3	x																							
2.1	x	x	x																					
2.7			x	x																				
2.9					x	x	x	x	x	x														
2.8							x	x																
2.2										x	x	x	x											
2.3														x	x	x	x							
2.4																x	x							
2.5																x	x							
2.6																x	x							
3.1																		x	x	x				
5.1																						x		
5.2																						x		
4.1																						x	x	x
4.2																							x	
4.3																							x	
4.4																							x	x

Fuente: elaboración propia.

2.1.17. Evaluación de impacto ambiental inicial

A continuación se presenta la evaluación de impactos ambientales que serán generados por la construcción del proyecto y sus medidas de mitigación.

Tabla XLII. **Evaluación de impacto ambiental para el proyecto del edificio escolar**

I. INFORMACIÓN LEGAL	
I.1 Nombre del proyecto, obra, industria o actividad:	
Salón de usos múltiples, aldea Choacorrall, San Juan Sacatepéquez	
I.1.1 Descripción del proyecto, obra, industria o actividad:	
Construcción de un salón de usos múltiples de 300 m ² con servicios sanitarios de damas y de caballeros, instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.	
I.2 Información legal	
C) Nombre del Proponente o Representante Legal:	
<u>Alcalde de la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.</u>	
D) De la empresa:	
Razón social:	
<u>Municipalidad de San Juan Sacatepéquez</u> Nombre	
comercial:	
<u>Municipalidad de San Juan Sacatepéquez</u>	
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto	
Kilómetro 28,5 Carretera Interamericana, municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.	
Especificar coordenadas UTM o geográficas	
Coordenadas UTM (Universal transverse de mercator datum WGS84)	Coordenadas geográficas datum WGS84
Zona: 15 P	Latitud: 14°35'30,47" norte
Coordenada Este: 754 586,29 m Este	Longitud: 90°38'12,96" oeste
Coordenada Norte: 1 614 500,94 m Norte	

Continuación de la tabla XLII.

I.5 Dirección para recibir notificaciones:		
6a. Calle y 4a. Avenida Zona 1, San Juan Sacatepéquez.		
I.6 Si para consignar la información de este formato fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo.		
II. INFORMACION GENERAL		
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:		
Etapas de:		
II.1 Etapa de construcción**	Operación	Abandono
<p>Actividades a realizar:</p> <p>trazo y corte, relleno y nivelación; excavación para la realización de zapatas y cimiento corrido; realización y colocación de concreto para diferentes elementos estructurales; instalación de tubería para distribución de agua potable y para drenajes sanitarios; elaboración de cajas unión y de registro; colocación de azulejos y artefactos sanitarios; montaje de paneles de acero para techo curvo; instalación de tubería y cableado para servicio de electricidad; elaboración de repellos y cernidos e instalación de piso de granito, puertas y ventanas.</p> <p>Insumos necesarios:</p> <p>Arena de río, arena cernida, piedrín 3/8", cemento, agua, barras de acero de diferentes diámetros, block pómez, ladrillo tayuyo, tubería PVC de diferentes diámetros, diferentes accesorios de PVC, poliducto, alambres calibre 12 AWG THNN, interruptores dobles y triples, tomacorrientes, plafoneras, vidrio, piso de granito, azulejo; paneles curvos de acero.</p>	<p>Actividades o procesos:</p> <p>El proyecto constituirá un espacio adecuado para realizar actividades sociales, económicas, entre otros.</p> <p>Materia prima o insumos</p> <p>Por la naturaleza del proyecto no se requiere de materias primas o insumos durante la operación del mismo.</p> <p>Maquinaria</p> <p>Debido a que es una obra civil, no se requiere maquinaria para la operación del proyecto.</p> <p>Productos y subproductos (bienes o servicios)</p> <p>Desechos sólidos ordinarios.</p> <p>Horario de trabajo</p> <p>El edificio funcionará en diferentes horarios, según lo requiera la comunidad.</p> <p>Otros de relevancia</p> <p>----</p>	<p>Acciones a tomar en caso de cierre:</p> <p>Por la naturaleza del proyecto no se espera el cierre del mismo.</p>
<p>Diferentes herramientas de construcción.</p> <p>Maquinaria:</p> <p>Camiones de volteo Compactadora Mezcladora</p> <p>Otros de relevancia</p> <p>----</p> <p>**Adjuntar plano</p>		

Continuación de la tabla XLII.

II.3 Área							
d) Área total del terreno en metros cuadrados: 941,68 m ² .							
e) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 300 m ² .							
f) Área total de construcción en metros cuadrados: 300 m ² .							
II.4 Actividades colindantes al proyecto							
NORTE <u>Carretera CA-1</u> SUR <u>Viviendas</u> ESTE Camino Ruta a Eco Jinayá OESTE <u>Club Torino</u>							
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, entre otros):							
Descripción		Dirección (norte, sur, este, oeste)			Distancia al sitio del proyecto		
Carretera CA-1		Norte			800 metros		
Viviendas		Sur			Colindancia directa		
Camino Ruta Eco Jinayá		Este			Colindancia directa		
Club Torino		Oeste			300 metros		
II.5 Dirección del viento							
De norte a este.							
II.7 Datos laborales							
d) Jornada de trabajo: diurna (X), Nocturna (), Mixta () Horas extras: <u>0</u>							
e) Número de empleados por jornada: <u>12</u> Total empleados: <u>12</u>							
f) Otros datos laborales, especifique -----							
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES REFRIGERANTES, OTROS....							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLE, LUBRICANTE, REFRIGERANTE, OTRO							
	Tipo	Si/ No	Cantidad/ (mes/ día/ hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	10 m ³ / mes	Municipal	Elaborar de mezcla de concreto y morteros. Limpieza de personal y herramienta.	----	Recipientes plásticos
	Pozo	No	--	--	--	--	--
	Servicio especial	No	--	--	--	--	--
	superficial	No	--	--	--	--	--
Comb	Gasolina	Si	8 gal/ mes	E. Privada	Vehículos Maquinaria	--	Recipientes plásticos
	Diésel	Si	15 gal/ mes	E. Privada	Maquinaria pesada	--	Recipientes plásticos
	Búnker	--	--	--	--	--	--
	GLP	--	--	--	--	--	--
Lubric	Solubles	--	--	--	--	--	--
	No solubles						
Refrig	--	--	--	--	--	--	--
Otros	--	--	--	--	--	--	--

Continuación de la tabla XLII.

III. TRANSPORTE				
<p>III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes:</p> <p>d) Número de vehículos: <u>4</u></p> <p>e) Tipo de vehículo: <u>1 camión de volteo, 1 retroexcavadora, 1 rodo compactador, 1 pick-up.</u></p> <p>f) Sitio de estacionamiento y área que ocupa: <u>terreno libre en donde se llevará a cabo el salón.</u></p>				
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDAN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD				
<p>IV.1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES</p> <p>En el siguiente cuadro identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, por lo que se requiere que se detalle y describa la información, indicando si corresponde o no a sus actividades.</p>				
Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar que se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores o vecindario
Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros).	Se generarán partículas de polvo derivadas de las actividades de construcción.	Se generará por polvo durante las actividades de demolición, excavación y elaboración de mezclas de concreto y morteros.	Se recomienda humedecer el área y los bancos de arena cada 4 horas; también cubrir los bancos de material con una membrana plástica.
	Ruido	Los sonidos que se producirán durante la construcción no sobrepasarán los 110 decibelios. Estos sonidos tienen esta intensidad a una distancia máxima de 3 metros.	Se alcanzarán los 110 decibelios durante la demolición. En las demás etapas de la construcción no se superarán los 95 decibelios.	Se proveerá de tapones para oídos a los trabajadores para prevenir cualquier inconveniente.
	Vibraciones	Las vibraciones serán mínimas.	Las vibraciones, principalmente, se podrán producir durante la compactación.	Ya que no se producirán vibraciones fuertes no es necesario llevar a cabo ninguna clase de mitigación.
	Olores	Por la naturaleza del proyecto no se producirán malos olores.	No se producirán malos olores.	Con base en que no existe impacto ambiental no es necesario realizar ninguna clase de manejo ambiental.
Abastecimiento de agua	Se utilizará el servicio de agua municipal.	El agua será utilizada en todas las etapas de la construcción de la obra: para la elaboración de la mezcla. Durante la operación se utilizará 30 l/m ² de uso del edificio.	Se utilizará únicamente la cantidad requerida para el diseño de las mezclas. Se colocarán artefactos ahorradores de agua.	

Continuación de la tabla XLII.

Agua	Aguas residuales ordinarias	10 m3/ mes	Durante la construcción del proyecto se producirán por el uso de los trabajadores y limpieza de herramientas.	Se utilizará el servicio sanitario de la escuela cuyo drenaje de aguas negras se encuentra conectado al drenaje principal del municipio.
	Aguas residuales especiales	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	No habrá ningún sistema que produzca este tipo de aguas residuales.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Mezcla de las aguas residuales anteriores	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	No habrá ningún sistema que produzca este tipo de aguas residuales.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Agua de lluvia	El agua de lluvia se infiltra directamente en el suelo.	---	Durante la construcción el agua de lluvia será conducida por pendiente natural del terreno hacia el drenaje principal mientras que durante la operación se instalarán bajadas de agua, las cuales se conectarán al drenaje pluvial principal.
Suelo	Desechos sólidos	Construcción: 5,6 lbs/día Operación: 50 lbs/día	Durante la construcción los trabajadores producirán desechos sólidos comunes y durante la operación los usuarios del edificio; en ambos casos, como resultado de las actividades normales diarias.	Los desechos sólidos serán recolectados y transportados hacia un relleno sanitario para su correcta disposición final.
	Desechos peligrosos	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	Ninguna actividad producirá este tipo de desechos.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Descarga de aguas residuales	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	Ninguna actividad producirá este tipo de impacto sobre el suelo.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Modificación del relieve o topografía del área.	Se realizará un corte y relleno.	Para la realización del proyecto se modificará la topografía en pequeñas dimensiones.	Se realizará compactación para evitar grandes asentamientos posteriores.

Continuación de la tabla XLII.

Biodiversidad	Flora	Ninguna clase de planta se verá afectada durante la construcción u operación de la obra.	---	Con base en que no habrá impacto ambiental, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental
	Fauna	Por la construcción u operación de la obra no se afectará ningún tipo de animal.	---	Con base en que no habrá impacto ambiental, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Ecosistema	Por la construcción u operación de la obra no se afectará ningún tipo de animal.	---	Con base en que no habrá impacto ambiental, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental
Visual	Modificación del paisaje	No habrá modificación del paisaje ya que es un área donde existen viviendas alrededor.	---	El edificio se integra a la zona ya que es una zona urbana.
Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos.	En este caso se tendrá un impacto positivo ya que se mejorará el servicio recreativo durante la operación y se crearán oportunidades de trabajo durante la construcción.	---	Debido a que el impacto ambiental es positivo, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
Otros	Desechos de construcción	---	Se producirán desechos sólidos derivados del proceso de construcción.	Se conducirá al relleno sanitario municipal dedicado exclusivamente a este tipo de desechos.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA

CONSUMO

V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): 500 kW/mes

V.2 Forma de suministro de energía

- d) Sistema público (X)
- e) Sistema privado ()
- f) Generación propia ()

V.3 Dentro de los sistema eléctricos de la empresa ¿se utilizarán transformadores, condensadores, capacitores o inyectores, eléctricos?

SI x NO _____

V.4 ¿Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?

Además de utilizar lámparas y reflectores ahorradores de energía, se aprovechará la iluminación natural.

2.2.1. Descripción del proyecto

Consiste en diseñar un área recreativa que incluya una cancha polifuncional, un salón de usos múltiples con escenario, camerinos y un área administrativa con servicios sanitarios para todos los usuarios, asimismo, se ubicarán áreas de churrasqueras, de juegos infantiles en donde puedan realizar sus actividades recreacionales y sociales, utilizando las áreas verdes para beneficio de sus residentes.

2.2.2. Descripción de área disponible

Por medio de la investigación de campo y reunión informativa con los vecinos de la colonia Villas de San Juan, se pudo establecer que el área verde con la que cuentan actualmente los residentes de la misma, se encuentra en muy mal estado, privando a los residentes de un área adecuada donde realizar sus actividades recreacionales y sociales, siendo éstas áreas propicias para actividades delincuenciales y antisociales por parte de visitantes de colonias aledañas, por lo que el comité se vio en la tarea de restringir el paso por las calles que conectan dichas colonias, dejando únicamente dos entradas y salidas a la colonia con portón, garita y guardias de seguridad, dando así inicio al rescate de sus áreas verdes y desarrollo en beneficio de sus residentes.

2.2.2.1. Localización del terreno

El terreno destinado para la ubicación del proyecto se encuentra en el área verde de la colonia Villas de San Juan en la zona 7 de la ciudad de Guatemala.

2.2.2.2. Topografía del terreno

La superficie del terreno puede considerarse plana, por lo que no hubo necesidad de hacer el levantamiento altimétrico. Se cuenta con un espacio disponible de 21,55 m de ancho x 38,31 m de largo lo que da un área de 825,58 m².

2.2.2.2.1. Planimetría

Consiste en los procedimientos utilizados para fijar las posiciones de puntos, proyectados en un plano horizontal, sin importar sus elevaciones, con las distancias y direcciones obtenidas de campo.

Los levantamientos planimétricos se pueden hacer por métodos tales como, conservación de azimut, por deflexiones, por rumbo y distancia u otro de los usados generalmente.

2.2.2.2.2. Altimetría

Tiene por objeto determinar la diferencia de altura entre puntos del terreno, la altura de los puntos se tiene sobre un plano de comparación, siendo el más común el nivel del mar. El instrumento utilizado para el desarrollo del trabajo depende de la precisión que se desee. Con los datos de campo, se obtienen las cotas y perfil del terreno.

2.2.3. Evaluación de la calidad del suelo

Al realizar el diseño estructural del proyecto, uno de los factores más importantes es el diseño de las cimentaciones, se debe efectuar un estudio de

las condiciones del subsuelo para determinar las presiones que existen en el sistema suelo-cimiento, lo que permite definir el tipo y el diseño más apropiado de la cimentación tomando en cuenta dos importantes características que se deben conjugar: seguridad y economía.

2.2.3.1. Ensayo triaxial

Se obtuvo una muestra inalterada de 1 pie cúbico a una profundidad de 2 metros en el lugar donde se construirá el salón de uso múltiple.

- Cálculo del valor soporte q_d

Se hizo uso de la fórmula de Terzaghi (véase sección 2.1.3.2. de este documento).

$$q_d = 0,867 \times C \times N_c + \gamma_s \times Z \times N_q + 0,4 \times \gamma_s \times B \times N_s$$

Los datos obtenidos en el ensayo triaxial para el cálculo del valor de esfuerzo límite fueron los siguientes:

$C = 10,50 \text{ ton/m}^2$	$\gamma_s = 1,29 \text{ ton/m}^3$	$B = 1,00 \text{ m}$
$\Phi = 36,41$	$Z = 1,00 \text{ m}$	$F_s = 4,00$
$N_c = 26,77$	$N_q = 13,97$	$N_\gamma = 9,41$

$$q_d = 0,867(10,5)(26,77) + (1)(1,29)(13,97) + 0,4(1,29)(1)(9,41) = 266,58 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

El valor soporte del suelo (V_s) queda determinada por medio de la expresión matemática formulada por Terzaghi:

$$V_s = \frac{q_d}{F_s} = \frac{266,58 \text{ ton/m}^2}{4} = 66,64 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

2.2.4. Criterios arquitectónicos de diseño

El diseño arquitectónico tiene como cometido satisfacer las demandas de una forma adecuada y una correcta distribución de ambientes, el diseño final debe ser económicamente razonable en la inversión y en la operación, debe estar de acuerdo con las necesidades que se tengan y estará limitado por el espacio disponible, los recursos económicos, los materiales y las normas de diseño vigentes.

2.2.4.1. Criterios de conjunto

Por las dimensiones del terreno donde se desea hacer el proyecto recreativo, se estima que podría realizarse un aprovechamiento máximo de este y así cumplir con los requerimientos que se enumeran a continuación: salón de usos múltiples, este espacio será techado y un área destinada para la recreación en el área exterior.

2.2.4.2. Criterio de iluminación

La iluminación en un salón de usos múltiples es un factor básico, ya que de eso depende que las actividades se realicen en forma adecuada, la mejor iluminación es la natural y se debe de aprovecharse al máximo por lo tanto hay que seguir los siguientes lineamientos:

- La altura de los ventanales debe ser accesible para permitir la limpieza de estos, la transparencia en la cristalera vertical es afectada por la falta de limpieza reduciéndola al 50 %. Los cristales deben ser lisos.
- La superficie mínima para ventanales para iluminación debe ser 1/5 área de piso.
- Evitar utilizar iluminación cenital por el calor que provoca los rayos del sol al recibirlos en forma directa dentro de un recinto cerrado.

La luz natural no se puede utilizar toda la jornada, entonces es necesario recurrir a luz artificial, el nivel de iluminación requerido se establece por las exigencias de uso y características arquitectónicas del salón.

2.2.4.3. Otros criterios

Para el diseño arquitectónico también deben tomarse en cuenta los siguientes criterios:

2.2.4.3.1. Ventilación

Los ventanales se ubicaron 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 es 1/6 del área de piso.

2.2.4.3.2. Ubicación del edificio

La correcta orientación y ubicación del edificio proporciona una óptima iluminación, ventilación y asolamiento de todos los ambientes del mismo. Por restricciones de espacio la orientación del salón es de sur a norte.

2.2.4.4. Área de servicio

El salón de usos múltiples contará con un área de servicios sanitarios tanto para damas como para caballeros.

2.2.5. Análisis estructural

A continuación se presenta la selección del sistema estructural.

2.2.5.1. Selección del sistema estructural a utilizar

Tratándose de un salón de usos múltiples la estructura será rectangular tipo cajón. En las estructuras de esta clase los muros soportan las oscilaciones horizontales y, cuando es aplicable, las verticales que les corresponden por área tributaria.

2.2.5.2. Análisis de cargas

A continuación se presentan las cargas verticales.

2.2.5.2.1. Cargas verticales

Las cargas verticales se dividen en cargas vivas y muertas.

- Cargas muertas

Estas son cargas fijas y constantes que se producen durante la vida útil de la estructura. Las cargas muertas se originan por el peso propio de la estructura, dentro de este se incluyen techos, vigas, columnas, repellos, cernidos, pisos, entre otros acabados e instalaciones.

También se toman como cargas muertas, aquellas que se producen por elementos que permanecerán en un punto determinado, como equipo elevador, quirófanos, entre otros.

- Cargas vivas (CV)

Las cargas vivas se deben al uso de la estructura, es decir, cargas por su ocupación, por tanto son temporales o móviles. Dentro de estas se incluyen personas, equipo y muebles.

El techo curvo autoportante y la estructura de apoyo que se utilizará para dicha cubierta, la cual es una viga tipo canal de concreto armado, conforman las cargas verticales del salón de usos múltiples.

En la tabla XLIII se presentan las cargas verticales de diseño indicadas por el fabricante.

Tabla XLIII. **Cargas verticales de paneles para techo curvo**

Carga	lb/pie²	kg/m²
Muerta	1,86	9,08
Viva	8,06	39,35
Viento	5,00	24,41

Fuente: Curvodegua.

2.2.5.2.2. Cargas horizontales por AGIES

Las edificaciones son sometidas a cargas laterales por sismo, viento, empuje de suelo o de fluidos, entre otras. Dado el tipo de sistema estructural que se utilizará, es indispensable conocer las cargas producidas por sismos y viento. A continuación, se presenta el cálculo de estas fuerzas horizontales utilizando los métodos establecidos por AGIES.

- Fuerzas laterales por viento

Para una estructura, sin importar su altura, las presiones de diseño de viento se deben encontrar utilizando:

$$P = C_e \times C_q \times q_s \times I$$

Donde:

P = presión de diseño de viento

C_e = coeficiente de exposición

C_q = coeficiente de presión para muro

q_s = presión de remanso de viento a la altura estándar de 10 metros

I = factor de importancia. Para obras importantes es 1

El coeficiente de exposición se determina tomando en cuenta la altura del muro sobre el nivel promedio del terreno y el tipo de exposición del sitio en donde se desarrollará la estructura.

Basándose en la sección 5.2.1, capítulo 5, norma NSE 2, AGIES 2010, el sitio es de exposición "B". Esta exposición se caracteriza por tener suelo con edificaciones, bosques o irregularidades superficiales que cubre, por lo menos, el 20 % del área a nivel del suelo, extendiéndose 1,50 km o más desde el lugar.

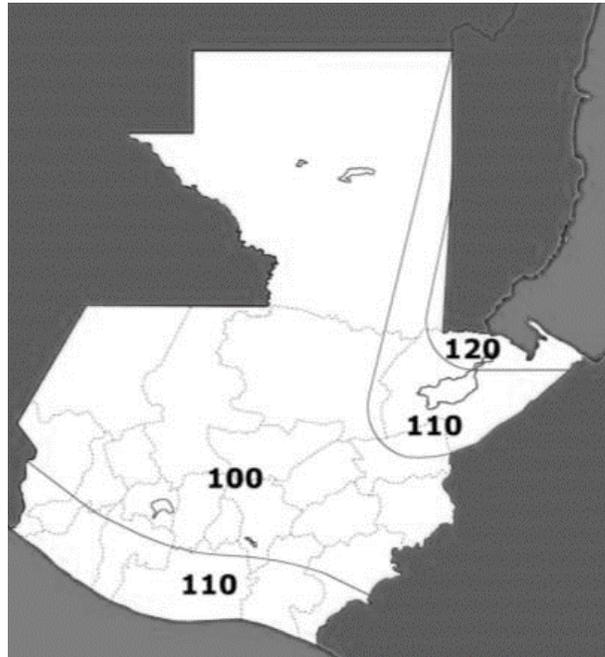
La altura del muro sobre el nivel del suelo es de 3,6 metros y según la sección 5.8, capítulo 8, NSE 2, AGIES 2010, el coeficiente de exposición es 0,62.

El coeficiente de presión para el muro se obtuvo mediante la tabla (5-2), capítulo 5, norma NSE 2, AGIES 2010:

Muro en barlovento: 0,80

Muro en sotavento: 0,50

Figura 22. **Velocidad básica del viento en km/h de Guatemala**



Fuente: AGIES 2010, NSE 2, p. 31.

Por medio de la figura anterior se determina que, para el municipio de San Juan Sacatepéquez, la velocidad básica del viento es de 100 km/h. Con base en esto la norma AGIES NSE 2-10, en la sección 5.10 establece que la presión de remanso es de 474 pascales.

$$q_s = 474 \text{ pascales} * \frac{0,102 \text{ kg/m}^2}{1 \text{ pacal}} = 48,35 \text{ kg/m}^2$$

Entonces la presión de diseño de viento es:

$$P = 0,62 \times 0,80 \times 48,35 \times 1 = 23,98 \text{ kg/m}^2$$

Para determinar las fuerzas causadas por la acción del viento se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Viento} = A * q$$

Donde:

Viento = fuerza de viento

A = área del muro a analizar

Q = presión de diseño de viento

- Muros de 30 metros de longitud (Eje X)

$$\text{Viento} = (30 * 3,6) * 23,98 = 2\,589,84 \text{ kg}$$

- Muros de 10 metros de longitud (Eje Y)

$$\text{Viento} = (10 * 3,6) * 23,98 = 863,28 \text{ kg}$$

- Fuerzas laterales por sismo

El procedimiento de cálculo de las fuerzas laterales por sismo para este caso, es similar al presentado en la sección 2.1.7.4.2. de este documento, solo cambian los factores dependientes del tipo de sistema estructural utilizado.

Con base en la lista de amenaza sísmica establecida en la Norma NSE 2 del AGIES 2010, se determina:

- El índice de sismicidad (I_0) = 4.

- El parámetro de la ordenada espectral de periodo corto del sismo extremo (S_{cr}) = 1,50 g.
- El parámetro de la ordenada espectral de periodo igual a 1 segundo del sismo extremo (S_{1r}) = 0,55 g.

El sitio donde se llevará a cabo el proyecto se clasifica como D, según la tabla XII, extraída de la Norma AGIES NSE 2-10, p.21. Tomando en cuenta la clase de sitio y el índice de sismicidad, mediante las tablas XIII y XIV, expuestas anteriormente, se obtuvo:

- El coeficiente de sitio para períodos de vibración cortos (F_a) = 1
- El coeficiente de sitio para periodos de vibración largos (F_v) = 1,5

A través de la figura 10 se determina que la falla más cercana al lugar donde se realizará la estructura, se ubica aproximadamente a 5 km. Esta falla es de tipo secundario y por tanto, según la tabla XV, la fuente sísmica es de tipo B. Con esta información fue posible encontrar:

- Factor de falla cercana para períodos de vibración cortos $N_a = 1$ (tabla XVI).
- Factor de falla cercana para períodos de vibración largos $N_v = 1,1$ (tabla XVII).

Los parámetros ajustados S_{cr} y S_{1r} se deben ajustar de la siguiente forma:

$$S_{cs} = S_{cr} * F_a * N_a = 1,5 * 1 * 1 = 1,5$$

$$S_{1s} = S_{1r} * F_v * N_v = 0,55 * 1,5 * 1,1 = 0,9075$$

Según la sección 3.1.5 de la Norma AGIES NSE 1-10 la obra se clasifica como importante y en la sección 4.3.2.2 de la Norma AGIES NSE 2-10 se encuentra establecido que, para esta clasificación, el tipo de sismo de diseño es severo.

Basándose en la sección 4.3.4.1, capítulo 4, NSE 2, AGIES 2010, el factor que determina el nivel de diseño para sismo severo es:

- Nivel de diseño requerido (K_d) = 0,80

El espectro calibrado al nivel del diseño requerido es:

$$S_{cd} = K_d * S_{cs} = 0,80 * 1,5 = 1,2$$

$$S_{1d} = K_d * S_{1s} = 0,80 * 0,9075 = 0,726$$

Mediante la sección 1.5, capítulo 1, AGIES NSE 3-10, se categoriza la estructura como E-2 (sistemas tipo cajón). Con base en esto y en la sección 2.1.4.1, capítulo 2, AGIES NSE 3-10, se obtiene los siguientes valores:

- $K_t = 0,047$
- $\chi = 0,85$

Para conocer el período fundamental de la estructura utilizando la ecuación (2-3), sección 2.1.4.1, capítulo 2, AGIES NSE 3-10, únicamente hace falta contar con la altura total de la estructura (4 metros).

$$T = K_t (h_n)^{\chi} = 0,047(4)^{0,85} = 0,1527 \text{ s}$$

Para encontrar el periodo de transición de la edificación se realiza lo siguiente:

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}} = \frac{0,9075}{1,5} = 0,6050 \text{ s}$$

Para conocer el valor de la demanda sísmica de diseño de la estructura, en la sección 4.3.4.3 de la Norma AGIES NSE 2-10 se establece que si $T < T_s$, $S_a(T) = S_{cd}$

$$0,1527 \text{ s} < 0,6050 \text{ s}; S_a(T) = 1,2$$

Utilizando la tabla 1-1, capítulo 1, NSE 3, AGIES 2010 se obtiene:

- Factor genérico de reducción de respuesta sísmica (R) = 4

A partir de todos los factores determinados y los cálculos previos, es posible encontrar el coeficiente sísmico de diseño

$$C_s = \frac{1,2}{4} = 0,3$$

Este valor debe satisfacer las siguientes condiciones:

$$C_s \geq 0,044 * S_{cd} = 0,044 * 1,2 = 0,0528$$

$$C_s \geq 0,5 * \frac{S_{1r}}{R} = 0,5 * \frac{0,55}{4} = 0,0688$$

Efectivamente, el valor determinado de C_s es mayor a las condiciones mínimas.

- Integración del peso de la estructura
 - Datos

Mampostería: 14 x 19 x 39 cm

Altura de muro (sobre nivel del suelo): 3,6 m

Peso específico de mampostería: 2 000 kg/m³

Longitud total de muros: 80 m

Longitud total de viga canal: 60 m

Área de la sección de la viga canal: 0,1065 m²

Peso específico de concreto: 2 400 kg/m³

Área de techo a cubrir: 300 m²

- Peso por carga muerta

$$W_{\text{techo}} = (9,08+24,41) \text{ kg/m}^2 * 300 \text{ m}^2 = 10\ 047 \text{ kg}$$

$$W_{\text{viga canal}} = 2\ 400 \text{ kg/m}^3 * 0,1065 \text{ m}^2 * 60 \text{ m} = 15\ 336 \text{ kg}$$

$$W_{\text{muros}} = 2\ 000 \text{ kg/m}^3 * 0,14 \text{ m} * 80 \text{ m} * 3,6 \text{ m} = 80\ 640 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total}} = 106\ 023 \text{ kg}$$

- Peso por carga viva

$$W_{\text{viva}} = 39,35 \text{ kg/m}^2 * 300 \text{ m}^2 = 11\ 805 \text{ kg}$$

- Peso total de la estructura

$$W_s = 106\ 023 * 25 \% * (11\ 805) = 108\ 974,25 \text{ kg}$$

Tomando en cuenta la carga lateral por acción del viento para los muros que se encuentran en sentido X y en Y, el corte basal de la estructura es:

$$V_b = C_s W_s + Viento$$

$$V_{b \text{ muros sentido } x} = 108\,974,25 * 0,3 + 2\,589,84 = 35\,282,12 \text{ kg}$$

$$V_{b \text{ muros sentido } y} = 108\,974,25 * 0,3 + 863,28 = 33\,555,56 \text{ kg}$$

- Cálculo del momento de volteo (Mv)

Las fuerzas horizontales causadas por efectos de sismo o viento pueden generar momentos de volteo sobre las estructuras. Cuando este sobrepasa la carga muerta de la estructura, provoca tensiones en los extremos de los muros. Además, puede originar fuerzas de compresión de grandes dimensiones y por lo tanto se necesitaría aumentar la resistencia específica de la mampostería y del acero de refuerzo o del espesor de las unidades de mampostería.

$$M_v = V_b * H_m$$

Tabla XLIV. **Momento de volteo**

Muro	Vb (kg)	Hm (m)	Mv (kg-m)
1 y 3	35 282,12	3,6	127 015,61
2 y 4	33 555,56	3,6	120 800,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.3. Método simplificado en muros de mampostería

En el método simplificado para el diseño de muros de mampostería se asume que la fuerza lateral se distribuye únicamente en los muros paralelos a la dirección en la que esta actúa; por tanto, los muros presentan un efecto de traslación en la misma dirección de la fuerza y otro de rotación respecto al centro de rigidez cuando este no coincide con el centro de masa.

El procedimiento del método simplificado para análisis de mampostería involucra los siguientes cálculos: centro de masa, centro de rigidez, fuerzas cortantes actuantes en los muros, momento de volteo distribuido en los muros.

- Determinación del centro de masa

$$C_{mX} = \frac{\sum L_{mX}}{\sum L_m}; \quad C_{mY} = \frac{\sum L_{mY}}{\sum L_m}$$

Donde:

C_{mX} = centro de masa en el sentido X

C_{mY} = centro de masa en el sentido Y

L_m = longitud del muro

= posición de centro de masa del elemento estructural en el sentido X

= posición de centro de masa del elemento estructural en el sentido Y

Tabla XLV. **Cálculo de centro de masa en muros**

Muro	Lm (m)	X (m)	Y (m)	X*Lm (m ²)	Y*Lm (m ²)
1	30	15	10	450	300
2	10	0	5	0	50
3	30	15	0	450	0
4	10	30	5	300	50
Suma	80	---	---	1 200	400
CmX	15,00 m				
CmY	5,00 m				

Fuente: elaboración propia.

- Determinación del centro de rigidez (K)

La rigidez está relacionada con la deformación (Δ) de la edificación ante la acción de las cargas ($K = 1/\Delta$). La estructura deberá tener suficiente cantidad de elementos para que la deformación lateral no sea excesiva.

Ya que la cubierta de la estructura es un techo curvo autoportante, los muros se consideran en voladizo, por tanto, para encontrar la deformación se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta = \frac{P * \left[\left(\frac{Hm}{Lm} \right)^3 + 3 * \left(\frac{Hm}{Lm} \right) \right]}{Em * tm}$$

Donde:

P = fuerza de piso

Hm = altura de muro

E_m = módulo de elasticidad de mampostería en compresión, $E_m = 750 \cdot f'm$

$f'm$ = resistencia a compresión de la unidad de mampostería

t_m = espesor de la unidad de mampostería

Al obtener los datos de la rigidez es posible encontrar el centro de rigidez de la estructura, mediante la utilización de las ecuaciones mostradas a continuación:

$$CRX = \frac{\sum K_y X_i}{\sum K_y}; \quad CRY = \frac{\sum K_x Y_i}{\sum K_x}$$

Donde

CRX = centro de rigidez en el sentido X

CRY = centro de rigidez en el sentido Y

K_y = rigidez de los muros en el sentido Y

X_i = posición del muro respecto a 0 en el sentido X

K_x = rigidez de los muros en el sentido X

Y_i = posición del muro respecto a 0 en el sentido Y

Tabla XLVI. **Cálculo de centro de rigidez en muros**

Muro	Lm (m)	f'm (kg/cm ²)	Em	Hm/Lm	Δ (m)	Kx	Xi (m)	Ky*Xi
1	30	70	52 500	0,12	0,0002	6 055,37	0	0
3	30	70	52 500	0,12	0,0002	6 055,37	30	55 470,57
Suma	--	--	--	--	--	12 110,74	--	55 470,57
CRX	15,00 m							
Muro	Lm (m)	f'm (kg/cm ²)	Em	Hm/Lm	Δ (m)	Ky	Yi (m)	Kx*Yi
2	10	70	52 500	0,36	0,001	1 849,02	10	60 553,71
4	10	70	52 500	0,36	0,001	1 849,02	0	0
Suma	--	--	--	--	--	3 698,04	--	60 553,71
CRY	5,00 m							

Fuente: elaboración propia.

- Determinación de la excentricidad (e)

La excentricidad es la distancia entre el centro de masa y centro de rigidez, por consiguiente:

$$e_{\text{real}} = |C_m - C_R|$$

$$e_{\text{real eje X}} = |15 - 15| = 0$$

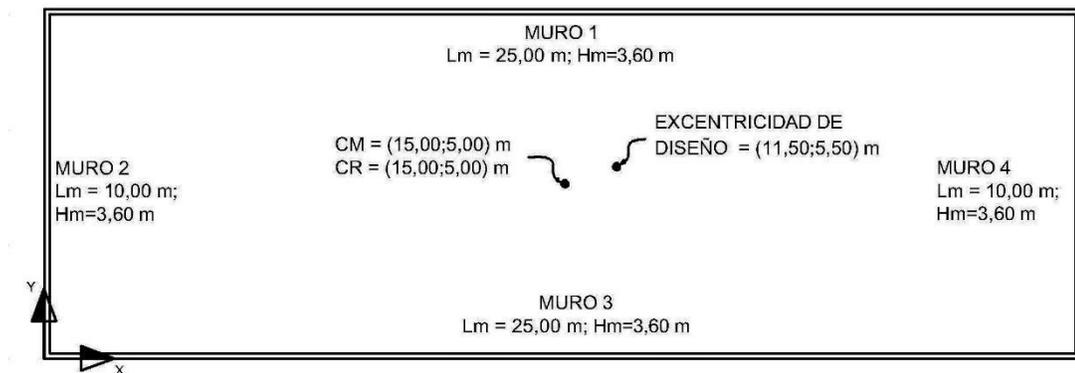
$$e_{\text{real eje Y}} = |5 - 5| = 0$$

Como se puede notar, el centro de masa de la estructura corresponde exactamente con el centro de rigidez de la misma en ambos sentidos. A pesar de ello, el AGIES menciona que la excentricidad de diseño debe ser el 5 % de la base perpendicular al sentido analizado:

$$e_{\text{diseño eje X}} = 0,05 * 30 = 1,5 \text{ m}$$

$$e_{\text{diseño eje Y}} = 0,05 * 10 = 0,5 \text{ m}$$

Figura 23. Centro de masa y rigidez



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Distribución de cargas y momentos en los muros

Las fuerzas de corte (F_v) se distribuyen en los muros de mampostería reforzada con respecto de sus rigideces relativas y del corte basal que actúa sobre la estructura como se muestra a continuación:

$$F_v = \frac{K}{\sum K} * 2V_b$$

Las fuerzas cortantes causadas por el momento de torsión (V_t) sobre la estructura se encuentran utilizando la ecuación:

$$V_t = \frac{e_{\text{diseño}} * V_b * (K * di)}{\sum (K * di)^2}$$

Donde:

V_t = cortante por torsión

$e_{\text{diseño}}$ = excentricidad de diseño

F_i = fuerza por nivel

K = rigidez del muro analizado

di = distancia entre el CR y el eje de cada muro considerado

Por tanto, las fuerzas cortantes distribuidas (F_d) en los muros se obtendrán realizando la sumatoria:

$$F_d = F_v + V_t$$

Tabla XLVII. **Cálculo de fuerzas cortantes distribuidas en muros**

Muro	K	Vb (kg)	Fv (kg)	di (m)	K*di	(K*di) ²	Vt (kg)	Fd=Fv+Vt (kg)
1	6 055,37	35 282,12	35 282,12	5	30 276,85	916 688 071	0,87	35 282,99
3	6 055,37	35 282,12	35 282,12	-5	-30 276,85	916 688 071	0,87	35 281,99
Suma	12 110,74	--	--	--	--	1 833 376 142	--	--
Muro	K	Vb (kg)	Fv (kg)	di (m)	K*di	(K*di) ²	Vt (kg)	Fd=Fv+Vt (kg)
2	1 849,02	33 555,56	33 555,56	-15	-27 735,29	769 246 105	0,30	33 555,88
4	1 849,02	33 555,56	33 555,56	15	27 735,29	769 246 105	0,30	33 555,88
Suma	3 698,04					1 538 492 211		

Fuente: elaboración propia.

El momento de volteo distribuido (M_d) en los muros se determina de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$M_d = \frac{K}{\sum K} * M_v$$

Tabla XLVIII. **Cálculo de momento de volteo distribuido en muros**

Muro	K	Mv	Md (kg-m)
1	6 055,37	127 015,61	63 507,81
3	6 055,37	127 015,61	63 507,81
Suma	12 110,74	--	--
Muro	K	Mv	Md (kg-m)
2	1 849,02	120 800,00	60 400,00
4	1 849,02	120 800,00	60 400,00
Suma	3 698,04	--	--

Fuente: elaboración propia.

- Esfuerzos admisibles de servicio

A continuación, se muestran los cálculos correspondientes a los esfuerzos admisibles de trabajo de los muros de mampostería reforzada. Todos los esfuerzos se determinan con base en la sección 3.4.1, capítulo 3, norma NSE 7.4, AGIES 2010. Los esfuerzos actuantes en cada muro no deben exceder los valores calculados mediante las ecuaciones establecidas en dicha sección del AGIES.

Los valores posteriores se encontraron tomando en cuenta los muros críticos, siendo para el eje X el muro 1 y para el eje Y el muro 4.

Esfuerzo de compresión axial en muros

El máximo esfuerzo de compresión axial (F_a) permitido en los muros de mampostería reforzada debe ser:

$$Fa = 0,20 f'm * \left[1 - \left(\frac{Hm}{40 * tm} \right)^3 \right]$$

$$Fa = 0,20 * 70 * \left[1 - \left(\frac{360}{40 * 14} \right)^3 \right] = 10,28 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo de compresión axial actuante (fa) en los muros de mampostería, se encuentra mediante:

$$fa = \frac{1,4CM + 1,7CV}{Lm * tm}$$

- Carga muerta que afecta el muro:

Muro 1:

$$CM_{techo} = \frac{\text{área tributaria} * \text{carga muerta}}{\text{longitud}}$$

$$CM_{techo} = \frac{\frac{300 \text{ m}^2}{2} * 9,08 \text{ kg/m}^2}{30 \text{ m}} = 45,4 \text{ kg/m}$$

$CM_{viga \text{ canal}} = \text{Área transversal} * \text{Peso específico del concreto}$

$$CM_{viga \text{ canal}} = 0,1065 \text{ m}^2 * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 255,6 \text{ kg/m}$$

Muro 4:

$$CM_{forro} = \frac{15,10 \text{ m}^2 * 9,08 \text{ kg/m}^2}{10 \text{ m}} = 13,71 \text{ kg/m}$$

$$CM_{viga canal} = 0,1065 m^2 * 2 400 \frac{kg}{m^3} = 255,6 kg/m$$

- Carga viva que afecta el muro

Muro 1:

$$CV = \frac{\text{área tributaria} * \text{carga viva}}{\text{longitud}}$$

$$CV = \frac{\frac{300 m^2}{2} * 39,35 kg/m^2}{30 m} = 196,75 kg/m$$

Muro 4:

$$CV = \frac{15,10 m^2 * 39,35 kg/m^2}{10 m} = 59,43 kg/m$$

Entonces:

Muro 1:

$$fa = \frac{(1,4 * (45,4 + 255,6) + 1,7 * 196,75) * 30}{3 000 * 14} = 0,54 kg/cm^2$$

Muro 4:

$$fa = \frac{(1,4 * (14,64 + 255,6) + 1,7 * 44,36) * 10}{1 000 * 14} = 0,34 kg/cm^2$$

Efectivamente, el valor del esfuerzo de compresión axial actuante del muro es menor al esfuerzo de compresión axial admisible.

- Esfuerzo de compresión por flexión

El valor del máximo esfuerzo de compresión por flexión (F_b) en los muros de mampostería reforzada se obtiene a través de:

$$F_b = 0,33 * f'_{cm}$$

$$F_b = 0,33 * 70 \text{ kg/cm}^2 = 23,1 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo de compresión por flexión actuante (f_b) en los muros de mampostería se determina de la siguiente forma:

$$f_b = \frac{6 * M_d}{t_m * L_m^2}$$

Muro 1:

$$f_b = \frac{6 * 63\,507,81 * 100}{14 * (3\,000)^2} = 0,3 \text{ kg/cm}^2$$

Muro 4:

$$f_b = \frac{6 * 60\,400 * 100}{14 * (1\,000)^2} = 2,59 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo de compresión actuante en los muros críticos no excede el máximo valor permitido, por tanto, el diseño es adecuado.

- Esfuerzo de corte

El máximo esfuerzo cortante (F_v) en los muros producido por las fuerzas laterales no debe exceder el valor encontrado mediante:

$$F_v = 0,3 * \sqrt{f'_m} = 0,3 * \sqrt{70} = 2,51 \text{ kg/cm}^2$$

El valor correspondiente al esfuerzo de corte actuante (f_v) en los muros se obtiene de acuerdo con la ecuación:

$$f_v = \frac{F_d}{t_m * L_m}$$

Muro 1:

$$f_v = \frac{35\,282,99}{14 * 3\,000} = 0,84 \text{ kg/cm}^2$$

Muro 4:

$$f_v = \frac{33\,555,86}{14 * 1\,000} = 2,4 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo de corte actuante calculado no excede el esfuerzo de corte máximo producido por las fuerzas laterales, en ambos muros, por consiguiente, se continúa con el diseño de la estructura.

- Esfuerzo de tensión

El esfuerzo de tensión (f_s) en las barras de acero debe ser menor que el valor encontrado a partir de la fórmula:

$$f_s = 0,4 * f_y$$

El refuerzo por utilizar es de grado 40, es decir de 40 000 PSI, equivalentes a 2 810 kg/cm².

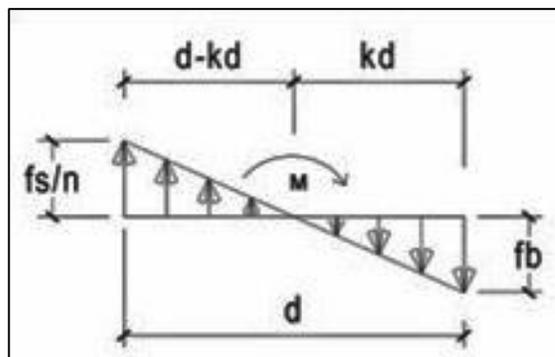
$$f_s = 0,4 * 2 810 = 1 124 \text{ kg/cm}^2$$

- Determinación del área de acero por flexión
 - Muro 1

Con base en los cálculos anteriores, primero se debe establecer la relación modular (n), la cual es útil para encontrar el momento resistente de una sección dada. Para esto, es necesario determinar el área equivalente al área compuesta de concreto y acero.

$$n = \frac{E_s}{E_m} = \frac{2 100 000}{50 500} = 40$$

Figura 24. **Relación Módular**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

La expresión f_b , mostrada en la figura 24, se consigue utilizando la ecuación siguiente:

$$f_b = \left[1,33 - \frac{f_a}{F_a} \right] * F_b = \left[1,33 - \frac{0,54}{10,28} \right] * 23,1 = 29,51 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{f_s}{n} = \frac{1\ 124}{40} = 28,1 \text{ kg/cm}^2$$

Por relación de triángulos:

$$\frac{28,1}{3\ 000 - 3\ 000k} = \frac{29,51}{3\ 000k}$$

Despejando se obtiene que:

$$k = 0,5122 \text{ cm}$$

$$j = 1 - \frac{0,5122}{3} = 0,83 \text{ cm}$$

Habiendo encontrado los datos anteriores, el área de acero requerida ($A_{s_{req}}$) a flexión para el muro de mampostería reforzada con elementos de concreto armado se consigue a través de la expresión:

$$A_{s_{req}} = \frac{M_d}{f_s * j * L_m} = \frac{63\ 507,81 * 100}{1\ 124 * 0,83 * 3000} = 2,27 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínimo ($A_{s_{min}}$), según el AGIES, para el muro 1 es:

$$A_{s_{min}} = 0,0007 * t_m * L_m$$

$$A_{s_{\min}} = 0,0007 * 14 * 3\ 000 = 29,4 \text{ cm}^2$$

Por tanto, se propone realizar 7 mochetas con una sección de 20 x 20 centímetros, reforzadas con 4 barras de acero Núm. 4; una varilla de este número tiene un área de 1,29 cm².

Por lo tanto:

$$A_s = \text{núm. mochetas} * \text{núm. varillas} * \text{área de la varilla}$$

$$A_s = 7 * 4 * 1,29 \text{ cm}^2 = 36,12 \text{ cm}^2$$

El área de acero propuesta cubre con el área de acero mínimo para el muro crítico en dirección X.

- Muro 4:

$$f_b = \left[1,33 - \frac{0,34}{10,28} \right] * 23,1 = 29,96 \text{ kg/cm}^2$$

Por relación de triángulos:

$$\frac{28,1}{1\ 000 - 1\ 000k} = \frac{29,96}{1\ 000k}$$

Despejando se obtiene que:

$$K = 0,516$$

$$j = 1 - \frac{0,516}{3} = 0,83 \text{ cm}$$

Entonces, el área de acero requerida ($A_{s_{req}}$) a flexión para el muro es:

$$A_{s_{req}} = \frac{M_d}{f_s * j * L_m} = \frac{60\,400 * 100}{1\,124 * 0,83 * 1000} = 6,49 \text{ cm}^2$$

El área de acero mínimo ($A_{s_{min}}$) para el muro 4 es:

$$A_{s_{min}} = 0,0007 * t_m * L_m$$

$$A_{s_{min}} = 0,0007 * 14 * 1\,000 = 9,8 \text{ cm}^2$$

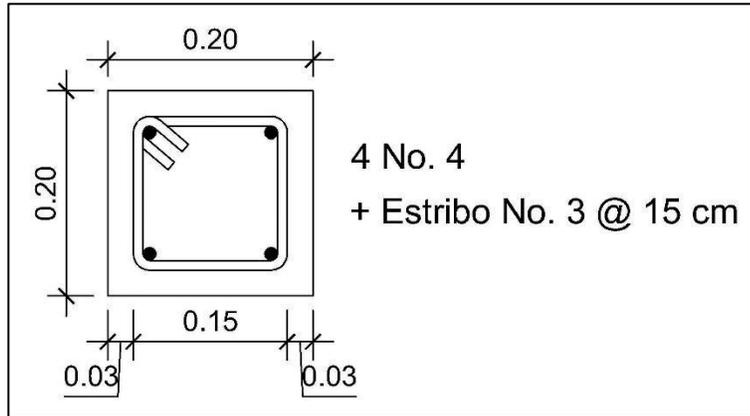
Por tanto, se propone colocar 4 mochetas con una sección de 20 x 20 centímetros, reforzadas con 4 varillas núm. 4; una varilla núm. 4 = 1,29 cm².

Por ende:

$$A_s = 4 * 4 * 1,29 \text{ cm}^2 = 20,64 \text{ cm}^2$$

El área de acero propuesta cubre con el área de acero mínimo para el muro crítico en dirección Y.

Figura 25. **Detalle de la sección de mochetas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

- Determinación del área de acero por corte

$$A_{S_{req}} = \frac{S * t_m * f_v}{f_s}$$

El refuerzo a corte lo constituyen las soleras. Cuando los muros poseen una altura mayor a 2,80 metros, se debe colocar más de uno de estos elementos estructurales, según la Norma NSE 7.4, sección 4.3.5, AGIES 2010. Por esta razón, se plantea colocar las soleras distanciadas entre sí a 1,20 metros y el área de acero requerida por corte es:

Muro 1:

$$A_{S_{req}} = \frac{120 * 14 * 0,83}{1124} = 1,24 \text{ cm}^2$$

Muro 4:

$$A_{s_{req}} = \frac{120 * 14 * 2,37}{1\ 124} = 3,55 \text{ cm}^2$$

El AGIES establece que el área de acero mínimo por corte se obtiene mediante la expresión siguiente:

$$A_{s_{min}} = 0,0015 * tm * Hm$$

$$A_{s_{min}} = 0,0015 * 14 * 360 = 6,53 \text{ cm}^2$$

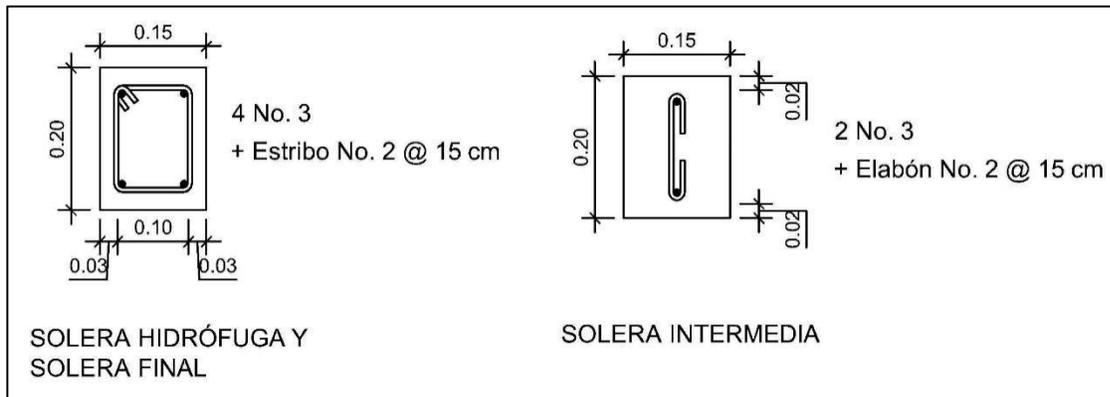
El área de acero requerida por el muro 1 y 4 es menor al área de acero mínima, por ello, se debe utilizar esta última como referencia para diseñar las soleras. Además, tomando en cuenta que todos los muros poseen la misma altura, se utiliza la misma área de acero por corte para los 4 muros de la estructura.

Con base en lo anterior, se propone llevar a cabo 4 soleras a cada 1,20 metros. Las 2 soleras intermedias tendrán una sección de 15 x 20 cm y estarán reforzadas con 2 varillas núm. 3; la solera hidrófuga y la solera final tendrán una sección de 15 x 20 cm y se reforzarán con 4 barras de acero Núm. 3. El área de acero de una varilla núm. 3 es equivalente a 0,71 cm².

$$A_s = 2 * 2 * 0,71 \text{ cm}^2 + 2 * 4 * 0,71 \text{ cm}^2 = 8,52 \text{ cm}^2$$

El refuerzo de acero propuesto cubre con el área de acero mínimo de todos los muros de la estructura.

Figura 26. **Detalle de soleras**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2012.

2.2.5.3.1. Selección de la cubierta

La cubierta del salón de usos múltiples será un techo curvo metálico. Entre otros aspectos, se seleccionó este tipo de cubierta ya que permite cubrir luces grandes sin ningún tipo de apoyo intermedio. Su diseño será proporcionado por la empresa que se dedica a la fabricación y montaje de los mismos.

La cubierta consiste en paneles individuales metálicos unidos entre sí por engrapado. Rollos de lámina de acero de calidad industrial, constituyen la materia prima con la cual se elaboran. La lámina es recubierta con aluzinc, que es una mezcla entre aluminio y zinc, lo cual hace que el techo sea más resistente a la corrosión y su durabilidad sea cinco veces mayor comparado con cualquier otro tipo de lámina.

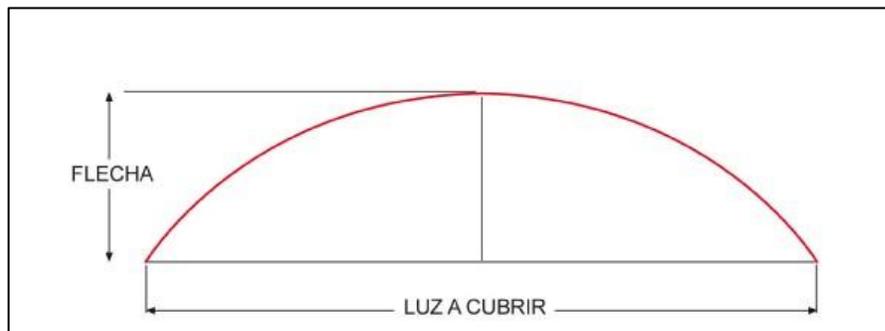
Tabla XLIX. **Relación flecha luz óptima**

Solución	Luz mín. (m)	Luz máx. (m)	Relación flecha/luz óptima
Piso a piso	4,00	20,00	1/2
Sobre paredes o estructuras metálicas	2,00	30,00	1/6
Sobre paredes o estructuras metálicas (simplemente apoyada)	2,00	8,00	1/10
Ojival	4,00	14,00	1/8
Recta	0,10	60,00	--

Fuente: Curvodegua.

Para este caso, la relación flecha/luz óptima es 1/6, ya que la cubierta estará apoyada sobre los muros.

Figura 27. **Diagrama flecha / luz**



Fuente: Curvodegua.

Entonces la flecha de la cubierta se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{flecha} = \frac{\text{luz}}{6} = \frac{10}{6} = 1,67 \text{ m}$$

La flecha para una luz de 10,0 metros es de 1,67 metros, con estos datos es posible obtener el radio del arco (R) y la longitud del mismo (C).

$$R = \frac{\frac{luz^2}{4} + flecha^2}{2 * flecha} = \frac{\frac{10^2}{4} + 1,67^2}{2 * 1,67} = 8,32 \text{ m}$$

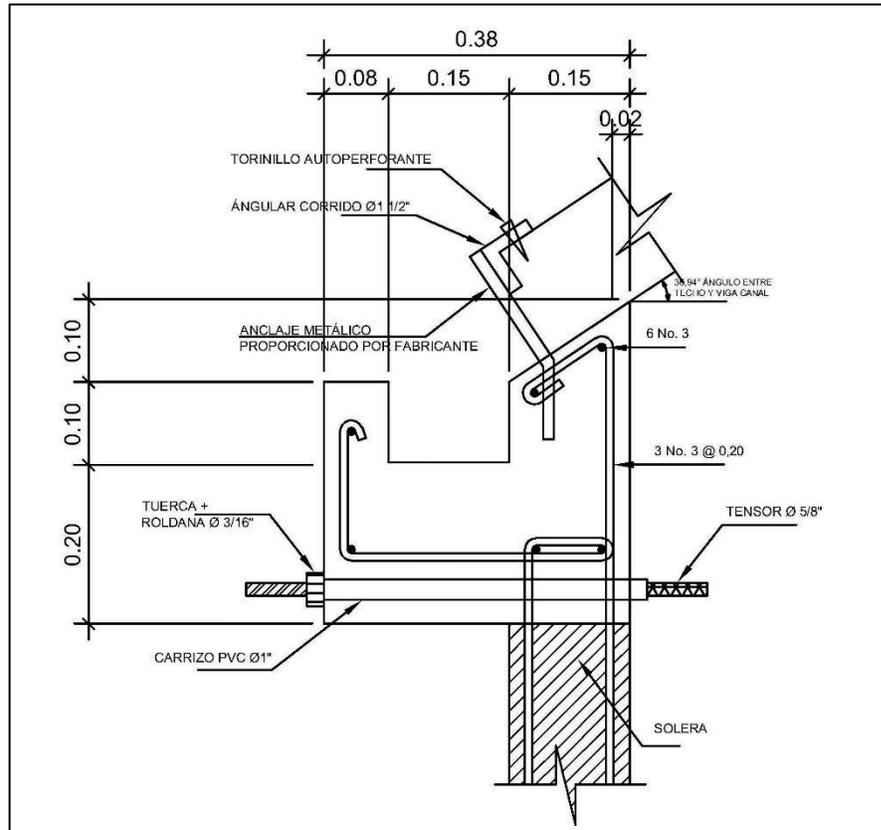
$$C = \frac{R * \text{ángulo} * \pi}{90} = \frac{8,32 * 36,94 * \pi}{90} = 10.73 \text{ m}$$

2.2.5.3.2. Selección de la estructura de apoyo

El sistema de techos curvos puede ir fijado a estructuras de concreto o metálicas. Estas estructuras son vigas de anclaje denominadas vigas tipo canal. Cuando estas vigas son de metal necesitan mantenimiento constante. Las de concreto armado no lo requieren con tanta frecuencia y tienen mayor resistencia; por tal razón, para este caso en particular se eligió viga tipo canal de concreto armado.

Es recomendable llevar a cabo la viga de anclaje conforme la relación de flecha/luz, por tal motivo, la empresa encargada de realizar la cubierta proporciona las medidas adecuadas de la viga.

Figura 28. Detalle de la viga tipo canal



Fuente: Curvodegua.

2.2.6. Diseño estructural

En esta sección se desarrollará el diseño de la cimentación de la estructura, que es un salón de usos múltiples.

2.2.6.1. Diseño de la cimentación

A continuación se presenta el diseño del crecimiento corrido.

2.2.6.1.1. Diseño del cimiento corrido

- Cimiento corrido para muros de carga (CC-1)

Los datos obtenidos en el ensayo triaxial realizado en el CII para el cálculo del valor de esfuerzo límite para arena limosa color café oscuro, fueron los siguientes:

$C = 10,47 \text{ ton/m}^2$	$\gamma_s = 1,61 \text{ ton/m}^3$	$B = 1,00 \text{ m}$
$\Phi = 18,78$	$Z = 1,61 \text{ m}$	$F_{sf} = 1,50$
$N_c = 13,75$	$N_q = 5,67$	$N_\gamma = 3,18$

$$q_d = 0,867(10,47)(13,75) + (1,6)(1,61)(5,67) + 0,4(1,61)(1)(3,18) = 141,46 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

El valor soporte del suelo (V_s) queda determinada por medio de la expresión matemática formulada por Terzaghi:

$$V_s = \frac{q_d}{F_s} = \frac{141,46 \text{ ton/m}^2}{4} = 35,36 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Se utiliza el factor de seguridad $F_s = 4,00$ ya que solo se tomó una muestra para este ensayo, y un factor de corrección de fórmula = 1,5 debido que la muestra no fue tomada por personal calificado y para mayor seguridad por ser un edificio de 2 niveles y la característica principal del suelo es arena limosa color café oscuro.

Para el salón de usos múltiples se diseñará el cimiento corrido para soportar el peso total de la estructura, ya que esta fue diseñada por muros de carga. Los cálculos del cimiento corrido se realizan por metro lineal.

Datos:

$$\begin{aligned}
 D_s &= 1,20 \text{ m} & q_s &= 17,69 \text{ ton/m}^2 \\
 \text{Peralte (t)} &= 0,2 \text{ m} & Y_s &= 1,61 \text{ ton/m}^3 \\
 Y_{\text{concreto}} &= 2,4 \text{ ton/m}^3 & \text{FCU} &= 1,50 \text{ fy} = 2\,810 \text{ kg/cm}^2 \\
 f'_c &= 210 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Como primer paso se determina la carga (P_u) que debe soportar el cimiento corrido:

$$W_{\text{techo}} = \frac{(300/2) \text{ m}^2 * (9,08 + 39,35 + 24,41) \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 3,6 \text{ m}}{30 \text{ m}} * \frac{1 \text{ ton}}{1\,000 \text{ kg}} = 1,31 \text{ ton}$$

$$W_{\text{viga}} = \frac{2,4 \text{ ton/m}^2 * 3,195 \text{ m}^3 * 3,6 \text{ m}}{30 \text{ m}} = 0,92 \text{ ton}$$

$$P_u = W_{\text{techo}} + W_{\text{viga}} = 1,31 + 0,92 = 2,23 \text{ ton}$$

- Presión sobre el suelo

$$P'_u = P_u / \text{FCU} + P_{\text{mocheta}} + P_{\text{suelo}} + P_{\text{cimiento}} + P_{\text{muro}}$$

$$P_{\text{mocheta}} = 0,20 \text{ m} * 0,20 \text{ m} * 4,6 \text{ m} * 2,4 \text{ ton/m}^2 = 0,44 \text{ ton}$$

$$P_{\text{suelo}} = (1,2 - 0,20) * 0,5 \text{ m} * 1 \text{ m} * 1,61 \text{ ton/m}^3 = 0,81 \text{ ton}$$

$$P_{\text{cimiento}} = 0,2 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2,4 \text{ ton/m}^3 = 0,24 \text{ ton}$$

$$P_{\text{muro}} = 3,6 \text{ m} * 0,14 \text{ m} * 1 \text{ m} * 2 \text{ ton/m}^3 = 1,01 \text{ ton}$$

$$P'u = 2,23/1,5 + 0,44 + 0,81 + 0,24 + 1,01 = 3,98 \text{ ton}$$

Entonces, 3,98 toneladas es la carga última que soportará el cimiento corrido por unidad de metro lineal.

Luego, se determina la presión máxima sobre el suelo ($q_{\text{máx}}$), que debe ser menor al valor soporte del suelo

$$q_{\text{max}} = \frac{P' u}{A} = \frac{3,98 \text{ ton}}{0,5 \text{ m} * 1 \text{ m}} = 7,96 \text{ ton/m}^2 < 35,36 \text{ ton/m}^2$$

Como se nota en el resultado anterior, la presión máxima sobre el suelo es menor al valor soporte del suelo, por lo que, la base (B) del cimiento elegida, igual a 0,50 m, es correcta.

- Chequeo por corte

La falla por esfuerzo cortante se da a una distancia igual al peralte efectivo (d) del rostro de la columna. Entonces, es necesario revisar que el esfuerzo cortante resistente (V_{res}) sea mayor al cortante actuante (V_{act}) en dicho punto.

- Peralte efectivo

Se utilizará un recubrimiento de 7,5 cm, que es el mínimo, según lo especificado en la sección 7.7.1 del ACI 318S-08. Además, se propone utilizar refuerzo núm. 4 para el armado del cimiento.

$$d = t - \text{rec} - \frac{\emptyset}{2} = 20 - 7,5 - \frac{1,27}{2} = 11,865 \text{ cm}$$

- Cortante actuante

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d = \frac{0,5}{2} - \frac{0,14}{2} - 0,11865 = 0,06 \text{ m}$$

Una vez encontrado el punto donde se produce la falla por el esfuerzo de corte actuante, se calcula en dicho punto. Para ello, se utiliza el método de cargas últimas, con este se utiliza un factor de carga última que, puede ser entre 1,5 y 2. En este caso se utilizó el FCU de 1,5 ya que el suelo sobre el cual estará la cimentación tiene un valor soporte muy bueno.

$$V_{act} = L * x * q_{m\acute{a}x} * FCU = 1 * 0,06 * 7,96 * 1,5 = 0,72 \text{ ton}$$

- Corte resistente

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * B * d$$

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 100 * 11,865 = 7\,745,9 \text{ kg} = 7,75 \text{ ton}$$

Ya que el corte resistente es mayor que el esfuerzo de corte actuante, el peralte propuesto resiste el corte último.

- Diseño del refuerzo por flexión

Para realizar el diseño del refuerzo de la cimentación corrida, se utiliza el ancho unitario de un metro y los datos proporcionados al inicio de esta sección.

Momento flector (Mu):

$$M_u = \frac{q_u * L * \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2}\right)^2}{2}$$

$$M_u = \frac{11,94 * 1 * \left(\frac{0,5}{2} - \frac{0,14}{2}\right)^2}{2} * 1\,000 = 193,49 \text{ kg} - \text{m}$$

El área de acero (As) resistido por el momento flector se calcula con base en una franja unitaria de 1m.

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

$$A_s = \left[100 * 11,865 - \sqrt{(100 * 11,865)^2 - \frac{193,49 * 100}{0,003825 * 210}} \right] * \left(\frac{0,85 * 210}{2\,810} \right)$$

$$A_s = 0,65 \text{ cm}^2$$

Para encontrar el área de acero mínima, se utilizan las siguientes ecuaciones y se utiliza el área que proporciones valores más grandes:

$$A_{s_{\min}} = \frac{0,8\sqrt{210}}{2\,810} * 100 * 11,865 = 4,90 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 11,865 = 5,95 \text{ cm}^2$$

Como se puede notar, el área de acero requerida ($0,65 \text{ cm}^2$) por el momento último es menor que el área de acero mínima ($5,95 \text{ cm}^2$), por tanto se debe utilizar esta última para el diseño del refuerzo.

La cantidad de varillas longitudinales, si se colocan barras de refuerzo núm. 4, que tiene un área de $1,29 \text{ cm}^2$, es la siguiente:

$$\text{Núm. varillas} = \frac{A_s}{A_{\text{varilla}}} = \frac{5,95}{1,29} = 4,61 \approx 5 \text{ varillas}$$

Por armado se colocarán 5 varillas núm. 4 a cada 8 centímetros.

El espaciamiento (s) requerido para barras de refuerzo transversal núm. 4 en es el siguiente:

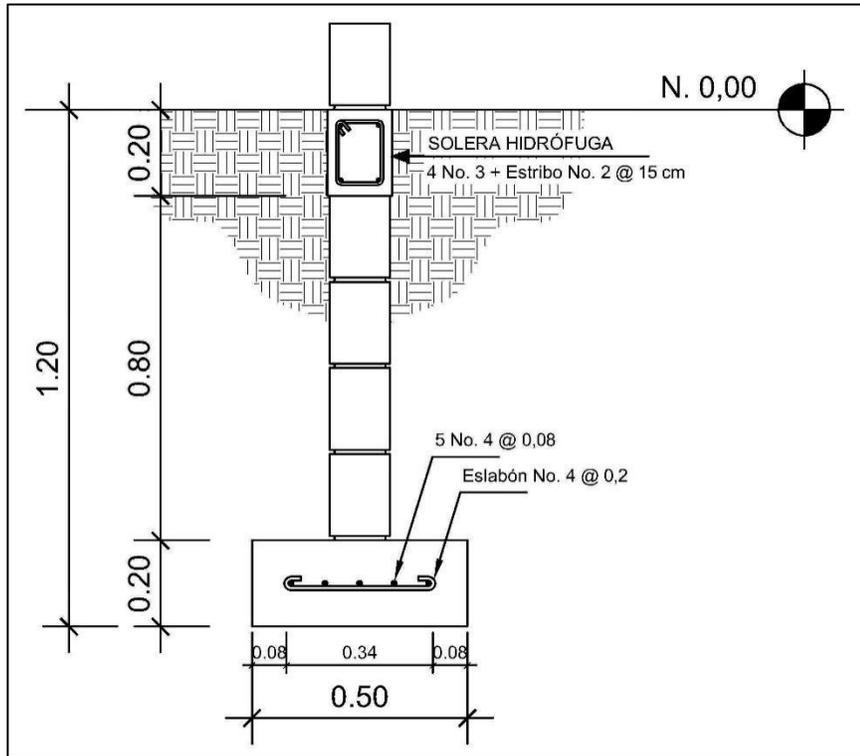
$$5,95 \text{ cm}^2 \text{ ----- } 100 \text{ cm}$$

$$1,29 \text{ cm}^2 \text{ ----- } s$$

$$s = \frac{1,29 * 100}{5,95} = 21,68 \text{ cm}$$

Se colocarán varillas núm. 4 a cada 20 centímetros en el sentido transversal del cimiento corrido.

Figura 29. **Detalle de cimiento corrido CC-1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

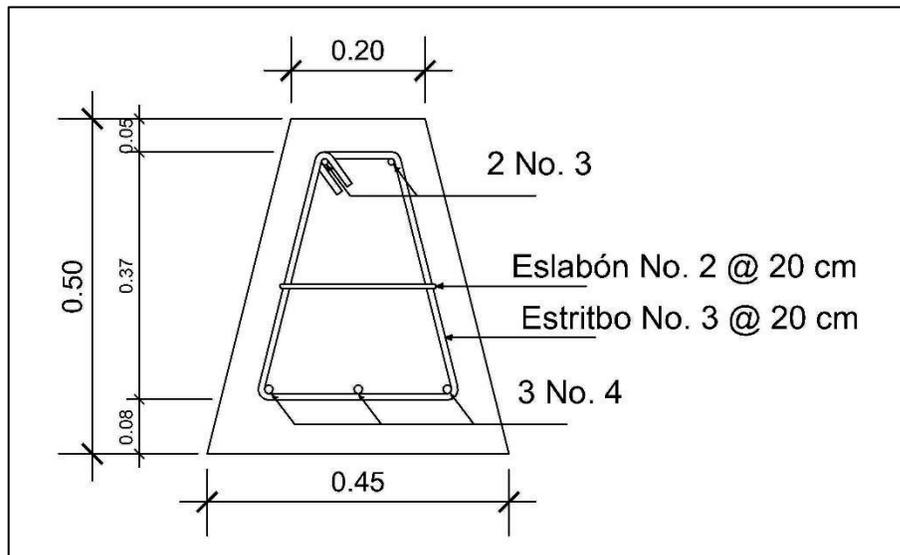
- **Cimiento corrido para muros tabique (CC-2)**

Para los muros de la estructura que no soportarán ninguna carga adicional a la de su peso propio, ya que su función será dividir ambientes, se propone realizar un cimiento corrido de sección trapezoidal, que puede funcionar también como solera hidrófuga.

La geometría y armado del mismo se realizará conforme lo establece la Norma NSE 4-10, capítulo 5, sección 5.3.5.2 del AGIES 2010 y son los siguientes.

- Acho de corona = 20 cm.
- Peralte = 50 cm.
- Ancho de la base = 45 cm.
- Refuerzo longitudinal = 3 núm. 4 en la parte inferior + 2 núm. 3 en la superior.
- Refuerzo transversal = Estribo núm. 3 + eslabón núm. 2 @ 20 cm.
- Recubrimiento = 8 cm en la parte inferior; 5 cm en los laterales y en la parte superior.

Figura 30. **Sección de cemento corrido CC-2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

2.2.6.1.2. Diseño de zapatas

Para este proyecto no es necesario colocar zapatas, ya que los muros son de carga y el cimiento corrido se diseñó para soportar y transmitir todas las cargas que estos producen.

2.2.7. Diseño de instalaciones

A continuación se presentan las instalaciones eléctricas.

2.2.7.1. Instalaciones eléctricas

El sistema eléctrico estará constituido por 1 tablero general de distribución, 3 circuitos de iluminación y 2 circuitos de fuerza, en ambos casos con un máximo de 10 unidades por circuito.

Los circuitos de iluminación incluyen 18 lámparas de 100 *watts* que iluminan el salón de usos múltiples y 4 lámparas de 4 x 17 *watts* para los servicios sanitarios. Los circuitos de fuerza en 12 tomacorrientes con capacidad de 180 *watts*.

Para determinar el calibre de los conductores para la iluminación y para la fuerza se debe conocer la corriente de los circuitos.

A continuación, se muestra el cálculo de la corriente para los circuitos con mayor número de unidades.

Iluminación: circuito B (9 lámparas de 100 *watts*)

$$I = \frac{9 * 100 \text{ W}}{120 \text{ V}} = 7,5 \text{ A}$$

Fuerza: circuito A (6 tomacorrientes de con capacidad de 180 *watts*)

$$I = \frac{6 * (180 \text{ W})}{120 \text{ V}} = 9 \text{ A}$$

De acuerdo con lo anterior, para la instalación eléctrica se colocarán conductores de cobre calibre 12, que tienen la capacidad de resistir 20 amperios y se utilizará un *flip on* de 20 amperios para cada circuito de iluminación y fuerza.

Tabla L. **Circuitos de fuerza**

Circuito	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Flip on	Conductor
A	1 080	120	9	20 A	12 AWG, THHN
B	1 080	120	9	20 A	12 AWG, THHN

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Circuitos de iluminación**

Circuito	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)	Flip on	Conductor
A	272	120	2,27	20 A	12 AWG, THHN
B	900	120	7,50	20 A	12 AWG, THHN
C	900	120	7,50	20 A	12 AWG, THHN

Fuente: elaboración propia.

2.2.7.2. Instalaciones hidráulicas

La instalación hidráulica del salón de usos múltiples se refiere al conjunto de tuberías y conexiones que se requieren para llevar a cabo la distribución de agua potable en el interior de la edificación.

La red hidráulica se diseña utilizando el método de *Hunter*, que consiste en establecer para cada aparato sanitario un número de unidades de gasto que es determinado de manera experimental.

Primero, se debe asignar un diámetro de tubería a los sub ramales, que son pequeñas longitudes de tubería que conectan los aparatos sanitarios a los ramales.

Tabla LII. Cálculo de subramales

Tipo de aparato sanitario	Diámetro del sub-ramal en pulgadas		
	Presiones hasta 10m	Presiones mayores de 10m	Diámetro mínimo
Lavatorio	1/2	1/2	1/2
Bidet	1/2	1/2	1/2
Tina	3/4 - 1/2	3/4	1/2
Ducha	3/4	1/2	1/2
Grifo de cocina	3/4	1/2	1/2
Inodoro con Tanque	1/2	1/2	1/2
Inodoro con Válvula	1 1/2 - 2	1	1 1/4
Urinario con Tanque	1/2	1/2	1/2
Urinario con Válvula	1 - 1/2 - 2	1	1

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 54.

De acuerdo con la tabla LII se asignan los siguientes diámetros:

\emptyset de lavamanos = 1/2"

\emptyset de inodoro con tanque = 1/2"

\emptyset de urinario con tanque = 1/2"

A continuación, se determina el diámetro de tubería para los ramales (tuberías derivadas del alimentador principal que abastecen de agua a un punto de consumo aislado o a un grupo de aparatos sanitarios).

En este caso se ha definido que el diámetro de la tubería de los ramales será de 3/4".

Ahora bien, para la línea principal de conducción es necesario asignar un número de unidades de gasto o unidades *Hunter* (UH) a cada aparato sanitario del salón de usos múltiples.

6 inodoros con tanque x 5 UH = 30 UH

4 urinarios con tanque x 3 UH = 12 UH

6 lavamanos x 1,5 UH = 9 UH

Total = 51 UH

Tabla LIII. **Unidades de gasto según aparato sanitario**

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.

Se utilizará un valor de 55 unidades de *Hunter* y el gasto en litro por segundo (l/s) se obtiene mediante la tabla LIII.

Tabla LIV. **Gastos probables para el método de Hunter**

No. de	Gasto		No. de	Gasto	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
3	0.12	---	40	0.91	1.74
4	0.16	---	42	0.95	1.78
5	0.23	0.91	44	1.00	1.82
6	0.25	0.94	46	1.03	1.84
7	0.28	0.97	48	1.09	1.92
8	0.29	1.00	50	1.13	1.97
9	0.32	1.03	55	1.19	2.04
10	0.34	1.06	60	1.25	2.11
12	0.38	1.12	65	1.31	2.17
14	0.42	1.17	70	1.36	2.23
16	0.46	1.22	75	1.41	2.29
18	0.50	1.27	80	1.45	2.35
20	0.54	1.33	85	1.50	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.

Se puede observar que el gasto probable es de 1,19 litros por segundo que equivalen a 0,00119 metros cúbicos por segundo.

La Dirección Municipal de Aguas de la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez indica que el valor de la velocidad promedio de la red de distribución municipal en el sector es de 2 metros por segundo.

$$A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

Q = caudal de diseño (m³/s)

A = área de la sección de la tubería a utilizar (m²)

V = velocidad (m/s)

Entonces:

$$A = \frac{0,00119}{2} = 0,000595 \text{ m}^2 * \frac{(39.37 \text{ plg})^2}{1 \text{ m}^2} = 0,92 \text{ plg}^2$$

Por tanto, se utilizará tubería de diámetro igual a 1 ¼", que posee un diámetro de 1,23 plg².

2.2.7.3. Instalaciones sanitarias

- Drenaje sanitario

El drenaje sanitario debe ser capaz de recolectar y evacuar las aguas residuales que se producen en el salón de usos múltiples. Esto se hace por medio de un conjunto de tuberías y estructuras que deben seguir las siguientes consideraciones del FHA:

- Las cajas de registro se deben colocar en los extremos inferiores de bajadas, en la unión de dos o más colectores, en cambios de dirección y cada 15 metros, como máximo en tramos rectos.
- Las tuberías enterradas deberán tener una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %.

Utilizando como referencia la tabla LII se establece un número de unidades de descarga (UD) y un diámetro de tubería por cada aparato sanitario, tomando en cuenta la clase de la instalación.

Para este proyecto se considera una instalación de segunda clase, debido a que esta se refiere a instalaciones semipúblicas, es decir, donde los muebles sanitarios son utilizados por número limitado de personas.

Tabla LV. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro mínimo del sifón y derivación		
	Clase			Clase		
	1ra	2da	3ra	1ra	2da	3ra
Lavabo	1	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 ¼	2	2
Bidet	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Cuarto de baño completo	7	----	----	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 ¼	2	2
Urinario suspendido	2	2	2	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Urinario vertical	----	4	4	----	2	2
Fregadero de viviendas	3	----	----	1 ¼	----	----
Fregadero de restaurante	----	8	8	----	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	----	1 ¼	1 ¼	----
Vertedero	----	8	8	4	4	----
Bebedero	1	1	1	1 ¼	1 ¼	1 ¼
Lavaplatos de Casa	2	----	----	1 ½	----	----
Lavaplatos comercial	----	4	----	----	----	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

p. 71.

6 inodoros con tanque x 5 UD = 30 UD

4 urinarios con tanque x 2 UD = 8 UD

6 lavamanos x 2 UD = 12 UD
 Total = 50 UD

Tabla LVI. **Diámetros de las derivaciones en colector**

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.

Tomando en cuenta la tabla LXXXI y el total de unidades de descarga, el sistema de drenaje sanitario se diseña con una pendiente de 2 %. La tubería entre cajas de registro y para todo el circuito de colectores será de 3", mientras que los lavamanos, sanitarios y urinales utilizarán tubería de 3".

- Drenaje pluvial

La edificación también debe disponer de un sistema capaz de evacuar las aguas pluviales. Para esto, primero, se debe conocer la intensidad de lluvia, que se calculará para un período de retorno de 20 años, un tiempo de

concentración de 5 minutos y tomando los datos de la estación Suiza Contenta, como en la sección 2.1.9.3. de este documento, se tiene una intensidad de lluvia de 277,39 mm/hr.

Tabla LVII. **Área máxima a drenar con una bajada de agua pluvial**

Diámetro (pulgadas)	Área máxima (m²)
2	30
2 ½	60
3	100
4	210
6	625

Fuente: Instituto de Fomento de Hipotecas Aseguradas (FHA). *Normas de planificación y construcción*. p. 84.

A partir de la tabla LVII, se puede observar el área máxima que, según las Normas del FHA, puede drenar una bajada pluvial dependiendo del diámetro de la tubería que se utilice. Todo esto para una intensidad de lluvia de 200 mm/hr.

Con base en lo anterior, se propone colocar 6 bajadas de agua pluvial de tubería PVC de 4", ya que el área total por drenar es de 300 metros cuadrados, cada bajante drenará un área de 50 metros cuadrados.

2.2.8. Desarrollo del proyecto

A continuación se muestra el presupuesto.

2.2.8.1. Presupuesto

A continuación se muestra el resumen del presupuesto para el salón de usos múltiples.

Tabla LVIII. Presupuesto del salón de usos múltiples

Núm.	Renglón	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
1	Trabajos preliminares				
1,1	Limpieza preliminar	941,68	m ²	Q 7,48	Q 7 041,21
1,2	Corte y nivelación	74,17	m ³	Q 106,37	Q 7 889,52
1,3	Relleno y compactación	18,46	m ³	Q 163,01	Q 3 009,08
1,4	Trazo y estaqueado	95,00	ml	Q 36,94	Q 3 509,63
2	Cimentaciones				
2,1	Excavación	83,05	m ³	Q 133,17	Q 11 059,91
2,2	Cimiento corrido tipo CC-1	80,00	ml	Q 422,66	Q 33 812,68
2,3	Cimiento corrido tipo CC-2	15,00	ml	Q 185,63	Q 2 784,40
2,4	Relleno	28,00	m3	Q 144,28	Q 4 039,80
3	Columnas				
3,1	Columna C-1	101,20	ml	Q 553,97	Q 56 061,32
3,2	Columna C-2	136,60	ml	Q 351,14	Q 47 965,85
3,3	Columna C-3	7,20	ml	Q 311,58	Q 2 243,36
4	Muros				
4,1	Muro de block de 0,14*0,19*0,39 m; 70 kg/cm2	304,00	m ²	Q 179,12	Q 54 453,63
4,2	Muro de block de 0,14*0,19*0,39 m; 35 kg/cm2	46,80	m ²	Q 175,05	Q 8 192,29
4,3	Solera hidrófuga	80,00	ml	Q 185,08	Q 14 806,71
4,4	Solera final	95,00	ml	Q 373,70	Q 35 501,13
4,5	Solera intermedia	190,00	ml	Q 370,75	Q 70 442,72
5	Cubierta autoportante				
5,1	Cubierta autoportante en lámina Aluzinc; norma ASTM A792	1,00	global	Q 84 234,21	Q 84 234,21
5,2	Viga canal	60,00	ml	Q 741,35	Q 44 481,05

Continuación de la tabla LVIII.

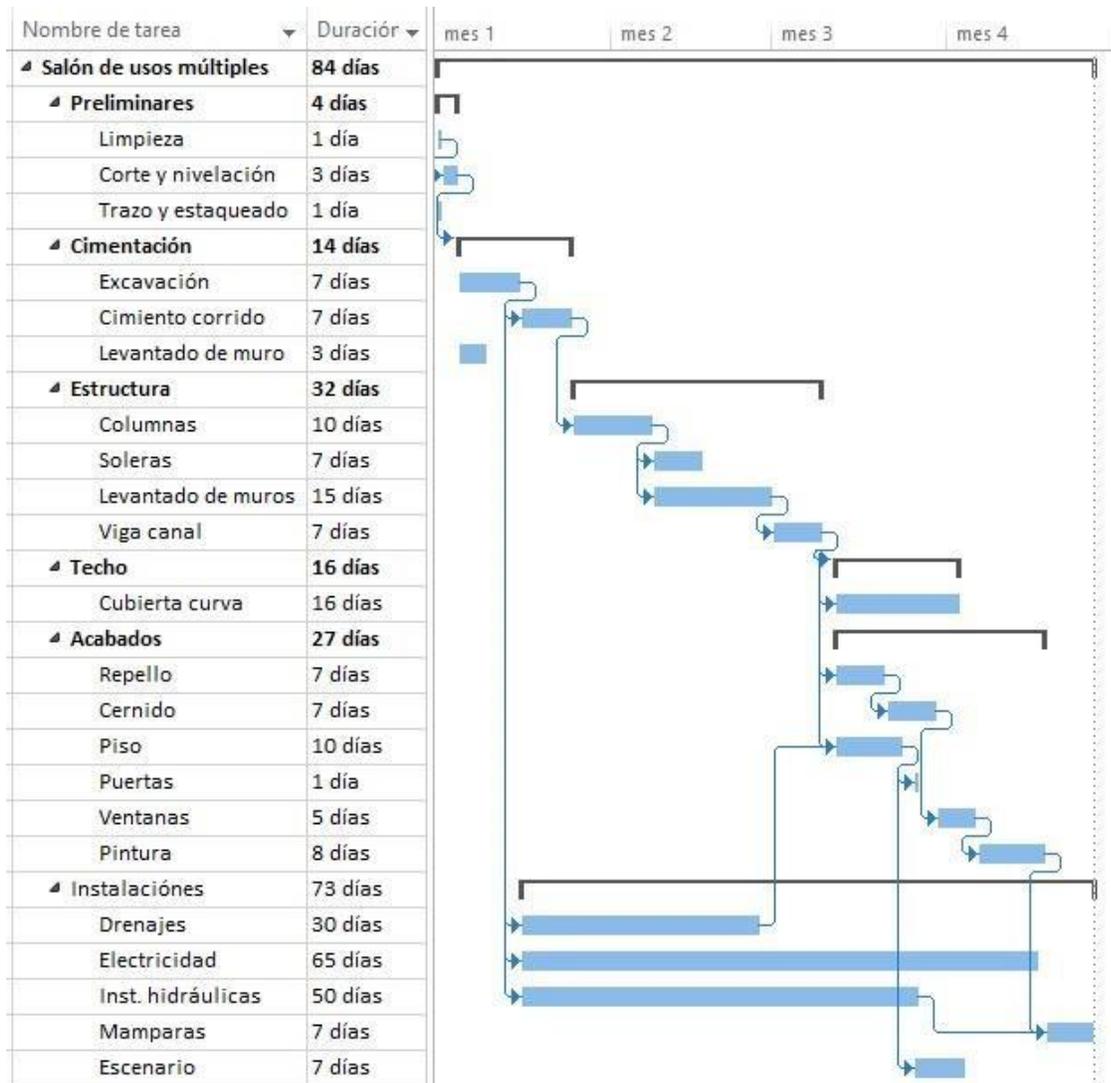
6	Acabados				
6,1	Piso cerámico de 40 x 40 cm	300,00	m ²	Q 339,57	Q 101 871,68
6,2	Repello de muro, viga y columnas vistas	665,38	m ²	Q76,98	Q 51 218,58
6,3	Cernido y pintura de muro, viga y columnas vistas	614,98	m ²	Q 146,06	Q 89 824,95
6,4	Azulejo de 20 x 31; alta calidad	50,40	m ²	Q 193,68	Q 9 761,43
6,5	Puerta P1	2,00	unidad	Q 4 403,57	Q 8 807,14
6,6	Puerta P2	2,00	unidad	Q 1 712,50	Q 3 425,00
6,7	Ventana V1	30,00	unidad	Q 1 119,24	Q 33 577,23
6,8	Ventana V2	2,00	unidad	Q 1 003,65	Q 2 007,29
6,9	Ventana V3	2,00	unidad	Q 611,61	Q 1 223,21
7	Instalaciones				
7,1	Instalaciones de iluminación	1,00	global	Q 22 253,80	Q 22 253,80
7,2	Instalaciones de fuerza	1,00	global	Q 9 319,15	Q 9 319,15
7,3	Drenaje pluvial	1,00	global	Q 12 381,27	Q 12 381,27
7,4	Drenaje sanitario	1,00	global	Q 6 169,40	Q 6 169,40
7,5	Instalaciones hidráulicas	1,00	global	Q 3 492,77	Q 3 492,77
7,6	Instalación de artefactos sanitarios	1,00	global	Q 26 995,38	Q 26 995,38
7,7	Instalación de mamparas de acero inoxidable	1,00	global	Q 61 772,32	Q 61 772,32
7,8	Instalación de escenario de madera	1,00	global	Q 20 183,04	Q 20 183,04
				Total	Q 955 814,12

Fuente: elaboración propia.

2.2.8.2. Cronograma de ejecución

En la figura 31 es posible observar que el salón de usos múltiples se ejecutará en 4 meses. Es importante mencionar que el cronograma está sujeto a cambios según lo requiera el proyecto.

Figura 31. Cronograma de ejecución del salón de usos múltiples



Fuente: elaboración propia, empleando Project 2013.

2.2.8.3. Elaboración de planos

Los planos detallan los elementos que conforman la edificación. Estos deben elaborarse después de haber realizado todos los cálculos para el diseño

de la misma. Los planos finales del proyecto se pueden apreciar en el apéndice y comprenden:

- Arquitectura
 - Planta amueblada
 - Planta acotada
 - Elevaciones y secciones
 - Acabados interiores y exteriores

- Estructura
 - Cimentaciones y columnas
 - Detalles de cimentaciones, columnas y soleras
 - Detalle de techo autoportante

- Instalaciones
 - Iluminación y fuerza
 - Drenaje sanitario y pluvial
 - Instalaciones hidráulicas

2.2.8.4. Evaluación ambiental inicial

A continuación, se presenta la evaluación ambiental inicial conforme al formato requerido por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN):

Tabla LIX. **Evaluación de impacto ambiental para el proyecto de salón de usos múltiples**

I. INFORMACIÓN LEGAL	
I.1 Nombre del proyecto, obra, industria o actividad:	
Salón de usos múltiples, aldea Choacorrall, San Juan Sacatepéquez	
I.1.1 Descripción del proyecto, obra, industria o actividad:	
Construcción de un salón de usos múltiples de 300 m ² con servicios sanitarios de damas y de caballeros, instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.	
I.3 Información legal	
C) Nombre del Proponente o Representante Legal:	
<u>Alcalde de la municipalidad de San Juan Sacatepéquez.</u>	
D) De la empresa:	
Razón social:	
<u>Municipalidad de San Juan Sacatepéquez</u> Nombre comercial:	
<u>Municipalidad de San Juan Sacatepéquez</u>	
I.4 Dirección de donde se ubicará el proyecto	
Kilómetro 28,5 Carretera Interamericana, municipio de San Juan Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez.	
Especificar coordenadas UTM o geográficas	
Coordenadas UTM (Universal Transverse de Mercator Datum WGS84)	Coordenadas geográficas Datum WGS84
Zona: 15 P	Latitud: 14°35'30,47" norte
Coordenada Este: 754 586,29 m este	Longitud: 90°38'12,96" oeste
Coordenada Norte: 1 614 500,94 m norte	
I.5 Dirección para recibir notificaciones:	
6a. Calle y 4a. Avenida Zona 1, San Juan Sacatepéquez.	
I.6 Si para consignar la información de este formato fue apoyado por un profesional, por favor anote el nombre y profesión del mismo.	
II. INFORMACIÓN GENERAL	
Se debe proporcionar una descripción de las operaciones que serán efectuadas en el proyecto, obra, industria o actividad, explicando las etapas siguientes:	
Etapas de:	

Continuación de la tabla LIX.

II.1 Etapa de construcción**	Operación	Abandono
<p>Actividades a realizar:</p> <p>trazo y corte, relleno y nivelación; excavación para la realización de zapatas y cimiento corrido; realización y colocación de concreto para diferentes elementos estructurales; instalación de tubería para distribución de agua potable y para drenajes sanitarios; elaboración de cajas unión y de registro; colocación de azulejos y artefactos sanitarios; montaje de paneles de acero para techo curvo; instalación de tubería y cableado para servicio de electricidad; elaboración de repellos y cernidos e instalación de piso de granito, puertas y ventanas.</p> <p>Insumos necesarios:</p> <p>Arena de río, arena cernida, piedrín 3/8", cemento, agua, barras de acero de diferentes diámetros, block pómez, ladrillo tayuyo, tubería PVC de diferentes diámetros, diferentes accesorios de PVC, poliducto, alambres calibre 12 AWG THNN, interruptores dobles y triples, tomacorrientes, plafoneras, vidrio, piso de granito, azulejo; paneles curvos de acero.</p>	<p>Actividades o procesos:</p> <p>El proyecto constituirá un espacio adecuado para realizar actividades sociales, económicas, entre otros.</p> <p>Materia prima o insumos</p> <p>Por la naturaleza del proyecto no se requiere de materias primas o insumos durante la operación del mismo.</p> <p>Maquinaria</p> <p>Debido a que es una obra civil, no se requiere maquinaria para la operación del proyecto.</p> <p>Productos y subproductos (bienes o servicios)</p> <p>Desechos sólidos ordinarios.</p> <p>Horario de trabajo</p> <p>El edificio funcionará en diferentes horarios, según lo requiera la comunidad.</p> <p>Otros de relevancia</p> <p>----</p>	<p>Acciones a tomar en caso de cierre:</p> <p>Por la naturaleza del proyecto no se espera el cierre del mismo.</p>
<p>Diferentes herramientas de construcción.</p> <p>Maquinaria:</p> <p>Camiones de volteo Compactadora Mezcladora</p> <p>Otros de relevancia</p> <p>----</p> <p>**Adjuntar plano</p>		
<p>II.3 Área</p> <p>g) Área total del terreno en metros cuadrados: 941,68 m².</p> <p>h) Área de ocupación del proyecto en metros cuadrados: 300 m².</p> <p>i) Área total de construcción en metros cuadrados: 300 m².</p>		

Continuación de la tabla LIX.

II.4 Actividades colindantes al proyecto							
NORTE_ Carretera CA-1 _____ SUR_ Viviendas _____ ESTE_ Camino Ruta a Eco Jinayá _____ OESTE_ Club Torino _____							
Describir detalladamente las características del entorno (viviendas, barrancos, ríos, basureros, iglesias, centros educativos, centros culturales, entre otros):							
DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN (NORTE, SUR, ESTE, OESTE)			DISTANCIA AL SITIO DEL PROYECTO			
Carretera CA-1	Norte			800 metros			
Viviendas	Sur			Colindancia directa			
Camino Ruta Eco Jinayá	Este			Colindancia directa			
Club Torino	Oeste			300 metros			
II.5 Dirección del viento							
De norte a este.							
II.7 Datos laborales							
g) Jornada de trabajo: diurna (X), Nocturna (), Mixta () Horas extras: <u>0</u>							
h) Número de empleados por jornada: <u>12</u> Total empleados: <u>12</u>							
i) Otros datos laborales, especifique -----							
II.8 PROYECCIÓN DE USO Y CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLES, LUBRICANTES REFRIGERANTES, OTROS....							
CONSUMO DE AGUA, COMBUSTIBLE, LUBRICANTE, REFRIGERANTE, OTRO							
	Tipo	Si/ No	Cantidad/ (mes/ día/ hora)	Proveedor	Uso	Especificaciones u observaciones	Forma de almacenamiento
Agua	Servicio público	Si	10 m ³ / mes	Municipal	Elaborar de mezcla de concreto y morteros. Limpieza de personal y herramienta.	----	Recipientes plásticos
	Pozo	No	--	--	--	--	--
	Servicio especial	No	--	--	--	--	--
	superficial	No	--	--	--	--	--
Comb	Gasolina	Si	8 gal/ mes	E. Privada	Vehículos Maquinaria	--	Recipientes plásticos
	Diésel	Si	15 gal/ mes	E. Privada	Maquinaria pesada	--	Recipientes plásticos
	Búnker	--	--	--	--	--	--
	GLP	--	--	--	--	--	--
Lubric	Solubles	--	--	--	--	--	--
	No solubles						
Refrig	--	--	--	--	--	--	--
Otros	--	--	--	--	--	--	--

Continuación de la tabla LIX.

III. TRANSPORTE				
III.1 En cuanto a aspectos relacionados con el transporte y parqueo de vehículos de la empresa, proporcionar los datos siguientes: g) Número de vehículos: <u>4</u> h) Tipo de vehículo: <u>1 camión de volteo, 1 retroexcavadora, 1 rodo compactador, 1 pick-up.</u> i) Sitio de estacionamiento y área que ocupa: <u>terreno libre en donde se llevará a cabo el salón.</u>				
IV. IMPACTOS AMBIENTALES QUE PUEDAN SER GENERADOS POR EL PROYECTO, OBRA, INDUSTRIA O ACTIVIDAD				
IV.1 CUADRO DE IMPACTOS AMBIENTALES En el siguiente cuadro identificar el o los impactos ambientales que pueden ser generados como resultado de la construcción y operación del proyecto, obra, industria o actividad. Marcar con una X o indicar que no aplica, por lo que se requiere que se detalle y describa la información, indicando si corresponde o no a sus actividades.				
Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar que se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario
Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, entre otros).	Se generarán partículas de polvo derivadas de las actividades de construcción.	Se generará por polvo durante las actividades de demolición, excavación y elaboración de mezclas de concreto y morteros.	Se recomienda humedecer el área y los bancos de arena cada 4 horas; también cubrir los bancos de material con una membrana plástica.
	Ruido	Los sonidos que se producirán durante la construcción no sobrepasarán los 110 decibelios. Estos sonidos tienen esta intensidad a una distancia máxima de 3 metros.	Se alcanzarán los 110 decibelios durante la demolición. En las demás etapas de la construcción no se superarán los 95 decibelios.	Se proveerá de tapones para oídos a los trabajadores para prevenir cualquier inconveniente.
	Vibraciones	Las vibraciones serán mínimas.	Las vibraciones, principalmente, se podrán producir durante la compactación.	Ya que no se producirán vibraciones fuertes no es necesario llevar a cabo ninguna clase de mitigación.
	Olores	Por la naturaleza del proyecto no se producirán malos olores.	No se producirán malos olores.	Con base en que no existe impacto ambiental no es necesario realizar ninguna clase de manejo ambiental.
	Abastecimiento o de agua	Se utilizará el servicio de agua municipal.	El agua será utilizada en todas las etapas de la construcción de la obra: para la elaboración de la mezcla. Durante la operación se utilizará 30 l/m ² de uso del edificio.	Se utilizará únicamente la cantidad requerida para el diseño de las mezclas. Se colocarán artefactos ahorradores de agua.

Continuación de la tabla LIX.

Agua	Aguas residuales ordinarias	10 m ³ / mes	Durante la construcción del proyecto se producirán por el uso de los trabajadores y limpieza de herramientas.	Se utilizará el servicio sanitario de la escuela cuyo drenaje de aguas negras se encuentra conectado al drenaje principal del municipio.
	Aguas residuales especiales	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	No habrá ningún sistema que produzca este tipo de aguas residuales.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Mezcla de las aguas residuales anteriores	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	No habrá ningún sistema que produzca este tipo de aguas residuales.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Agua de lluvia	El agua de lluvia se infiltra directamente en el suelo.	---	Durante la construcción el agua de lluvia será conducida por pendiente natural del terreno hacia el drenaje principal mientras que durante la operación se instalarán bajadas de agua, las cuales se conectarán al drenaje pluvial principal.
Suelo	Desechos sólidos	Construcción: 5,6 lbs/día Operación: 50 lbs/día	Durante la construcción los trabajadores producirán desechos sólidos comunes y durante la operación los usuarios del edificio; en ambos casos, como resultado de las actividades normales diarias.	Los desechos sólidos serán recolectados y transportados hacia un relleno sanitario para su correcta disposición final.
	Desechos peligrosos	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	Ninguna actividad producirá este tipo de desechos.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Descarga de aguas residuales	Por la naturaleza del proyecto no se producirá este impacto ambiental.	Ninguna actividad producirá este tipo de impacto sobre el suelo.	Ya que no se generará impacto ambiental no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Modificación del relieve o topografía del área.	Se realizará un corte y relleno.	Para la realización del proyecto se modificará la topografía en pequeñas dimensiones.	Se realizará compactación para evitar grandes asentamientos posteriores.

Continuación de la tabla LIX.

Biodiversidad	Flora	Ninguna clase de planta se verá afectada durante la construcción u operación de la obra.	---	Con base en que no habrá impacto ambiental, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental
	Fauna	Por la construcción u operación de la obra no se afectará ningún tipo de animal.	---	Con base en que no habrá impacto ambiental, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
	Ecosistema	Por la construcción u operación de la obra no se afectará ningún tipo de animal.	---	Con base en que no habrá impacto ambiental, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental
Visual	Modificación del paisaje	No habrá modificación del paisaje ya que es un área donde existen viviendas alrededor.	---	El edificio se integra a la zona ya que es una zona urbana.
Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos.	En este caso se tendrá un impacto positivo ya que se mejorará el servicio recreativo durante la operación y se crearán oportunidades de trabajo durante la construcción.	---	Debido a que el impacto ambiental es positivo, no será necesario llevar a cabo ninguna clase de manejo ambiental.
Otros	Desechos de construcción	---	Se producirán desechos sólidos derivados del proceso de construcción.	Se conducirá al relleno sanitario municipal dedicado exclusivamente a este tipo de desechos.

V. DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA

CONSUMO

V.1 Consumo de energía por unidad de tiempo (kW/hr o kW/mes): 500 kW/mes

V.2 Forma de suministro de energía

- d) Sistema público (X)
- e) Sistema privado ()
- f) Generación propia ()

V.3 Dentro de los sistema eléctricos de la empresa ¿se utilizarán transformadores, condensadores, capacitores o inyectores, eléctricos?

SI x NO _____

V.4 ¿Qué medidas propone para disminuir el consumo de energía o promover el ahorro de energía?

Además de utilizar lámparas y reflectores ahorradores de energía, se aprovechará la iluminación natural.

Continuación de la tabla LIX.

VI. EFECTOS Y RIESGOS DERIVADOS DE LA ACTIVIDAD	
VI.1 Efectos en la salud humana del vecindario	
d) <input checked="" type="checkbox"/>	la actividad no representa riesgo a la salud de pobladores cercanos al sitio.
e) <input type="checkbox"/>	la actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de pobladores.
f) <input type="checkbox"/>	la actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de pobladores.
Del inciso marcado explique las razones de su respuesta, identificar que o cuales serían las actividades riesgosas:	
El proyecto no representa riesgo para la salud de los pobladores cercanos al sitio ya que son actividades básicas de construcción, además que el área de construcción no estará expuesta directamente con el paso de los vecinos.	
VI.2 Efectos en la salud humana del vecindario	
a) Inundación ()	b) Explosión ()
d) Derrame de combustible ()	e) Fuga de combustible ()
e) Incendio ()	f) Otro ()
Detalle la información explicando el por qué	
Debido a la naturaleza y al área en la que está ubicado el proyecto, no hay ningún riesgo de los mencionados anteriormente ni ningún otro.	
VI.3 Riesgos ocupacionales:	
<input checked="" type="checkbox"/>	Existe alguna actividad que represente riesgo para la salud de los trabajadores.
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca un grado leve de molestia y riesgo a la salud de los trabajadores.
<input type="checkbox"/>	La actividad provoca grandes molestias y gran riesgo a la salud de los trabajadores.
<input type="checkbox"/>	No existen riesgos para los trabajadores.
Ampliar información:	
No existe ningún riesgo para los trabajadores.	
VI.5 Equipo de protección personal:	
VI.5.1 Se provee de algún equipo para la protección de los trabajadores: Si (X) No ()	
VI.5.2 Detallar qué clase de equipo de protección proporciona:	
Chaleco reflectivo, casco, tapones para oídos, mascarillas, lentes y guantes de seguridad.	
VI.5.3 Qué medidas propone para evitar las molestias o daños a la salud de la población o trabajadores.	
Los trabajadores siempre deben utilizar el chaleco reflectivo y casco y deben portar el otro equipo de seguridad siempre que la actividad lo requiera.	

Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

CONCLUSIONES

1. El proyecto del edificio escolar para la aldea Lo de Mejía, contará con un área para la dirección, un área para secretaría y contabilidad, una sala de espera, un área para la cocina, una bodega para guardar mobiliario, un salón de profesores, un área de baños para hombres y un área de baños para mujeres, todo lo anterior ubicado en el primer nivel del edificio; asimismo, contará con dos salones de clase ubicados en el segundo nivel. El costo total del proyecto es de Q 955 814,12.
2. El proyecto del salón de usos múltiples y área recreativa de la colonia Villas de San Juan, Ciudad de Guatemala, contará con un área recreativa que incluya una cancha polifuncional, un salón de usos múltiples con escenario, camerinos y un área administrativa con servicios sanitarios para todos los usuarios, asimismo, se ubicarán áreas donde los pobladores puedan realizar sus actividades recreacionales y sociales. El costo total directo del proyecto es de Q 2 339 906,67.
3. En el diseño del área recreativa, se tomaron en cuenta factores como las dimensiones del terreno, el clima, la región y las costumbres, entre otras; para garantizar a los usuarios la funcionalidad, seguridad y comodidad requeridas.
4. Con la construcción del edificio escolar los niños gozarán de instalaciones amplias y agradables, con suficiente iluminación natural y artificial, con ventilación natural y un espacio óptimo para cada alumno.

5. Los proyectos garantizan calidad en su funcionamiento, puesto que para la elaboración de los mismos se han respetado de forma muy cautelosa las normas y parámetros de diseño nacionales e internacionales vigentes actualmente en Guatemala.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de San Juan Sacatepéquez y a la Municipalidad de Guatemala, Guatemala:

1. Actualizar los precios de los materiales presentados en los presupuestos antes de su construcción, porque están sujetos a cambios por variaciones en la economía guatemalteca.
2. Para lograr la durabilidad del edificio escolar, los pobladores deberán cuidar las instalaciones. Se recomienda la limpieza general de pisos, puertas y ventanas, diariamente. También se debe verificar el funcionamiento correcto de puertas y ventanas, corrigiendo cualquier defecto que se presente.
3. El material a usar para la construcción del edificio escolar y del salón de usos múltiples deben evaluarse, para determinar la calidad de los mismos, los cuales deben cumplir con lo establecido en las especificaciones técnicas de cada uno de los proyectos, esto con el fin de garantizar la seguridad del edificio.
4. Garantizar la supervisión técnica, a la hora de la ejecución de los proyectos para que se cumplan con todas las especificaciones contenidas en los planos.
5. Prever un fondo para el mantenimiento preventivo y correctivo que sea necesario, para que las edificaciones se mantengan en buen estado.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-08) y comentario (ACI 318-08)* Michigan: ACI, 2008. 518 p.
2. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2013. 180 p.
3. CAMÓ LÓPEZ, Boris Paolo. *Diseño y planificación del salón municipal Antonio Chacón Gómez, para el municipio de Rabinal, Baja Verapaz*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 116 p.
4. DAS, Braja M. *Principios de ingeniería de cimentaciones*. 8a ed. Estados Unidos de América: Cengage Learning, 2005. 745 p.
5. MORALES BATHEN, Raúl. *Manual de presupuestos para la construcción de edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1970. 147 p.
6. QUIJADA HEREDIA, Juan. *Guía de supervisión para construcción de edificios de uno y dos niveles*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1980. 66 p.

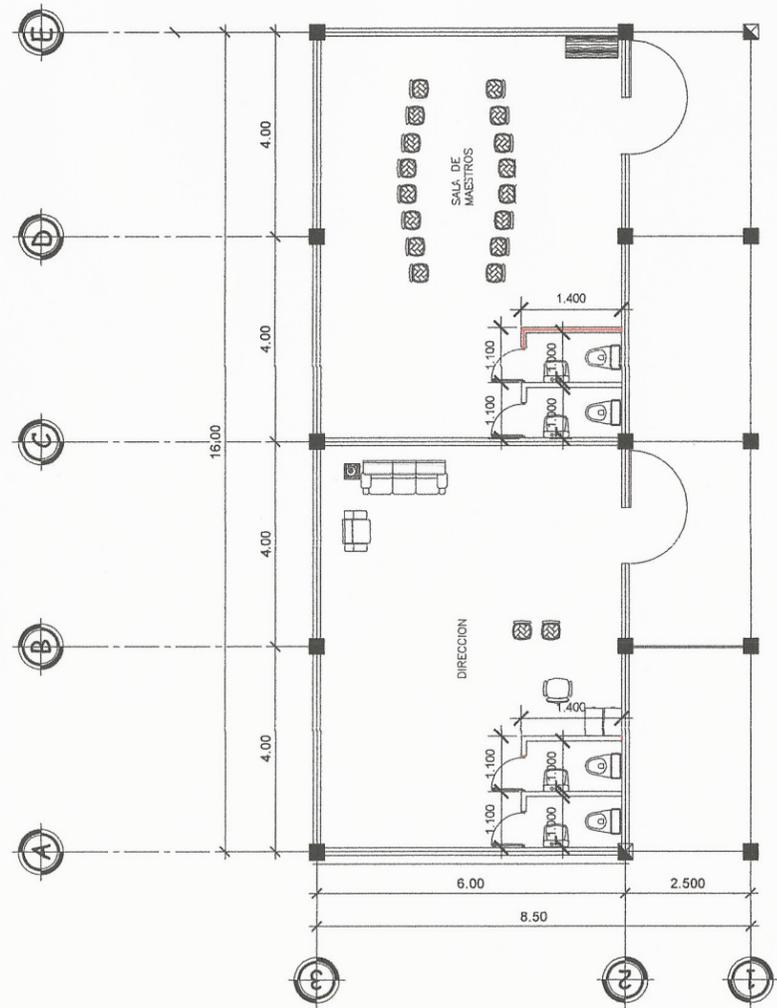
7. RODRÍGUEZ SOSA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 129 p.

8. SAPÓN RODRÍGUEZ, Daniel Eduardo. *Diseño del salón municipal, ubicado en el municipio de Río Hondo del departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 67 p.

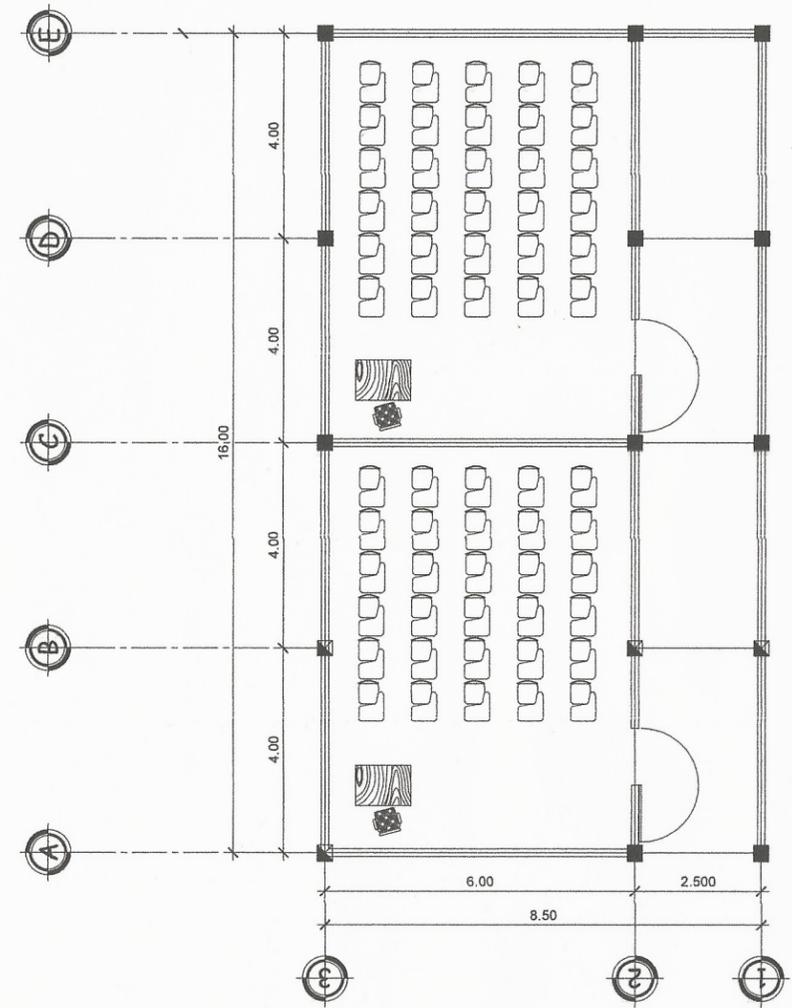
APÉNDICES

- Apéndice 1. **Planos constructivos: edificio de dos niveles para la escuela oficial rural mixta de Ciudad Quetzal, en la aldea Lo de Mejía del municipio de San Juan Sacatepéquez**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.



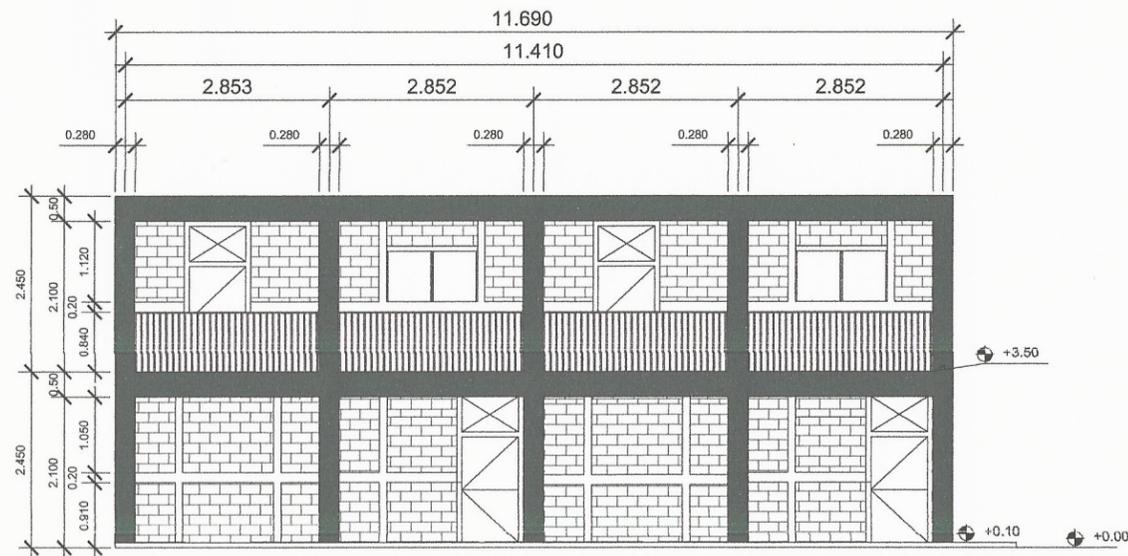
PLANTA PRIMER NIVEL



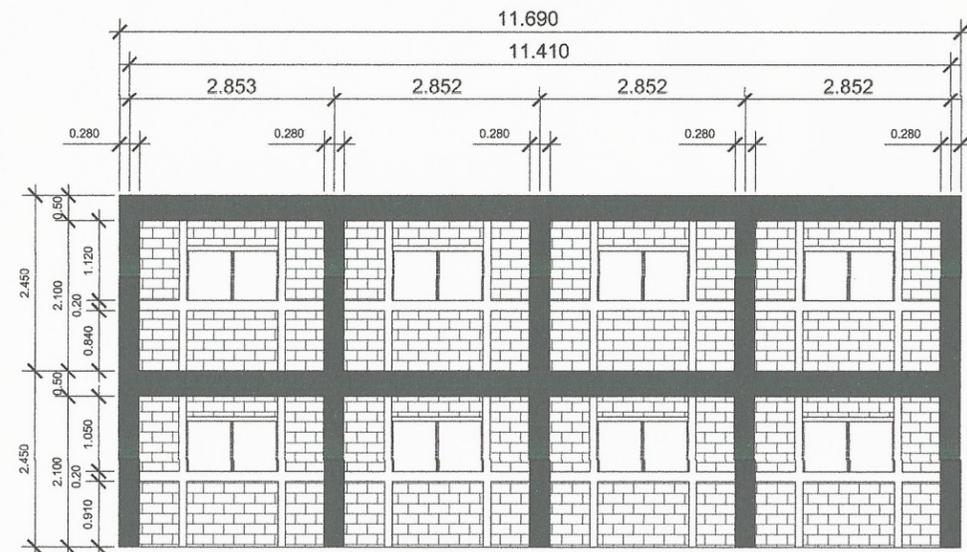
PLANTA SEGUNDO NIVEL

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA			
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 1 / 17
FECHA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA	
ASESOR - ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA			


 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

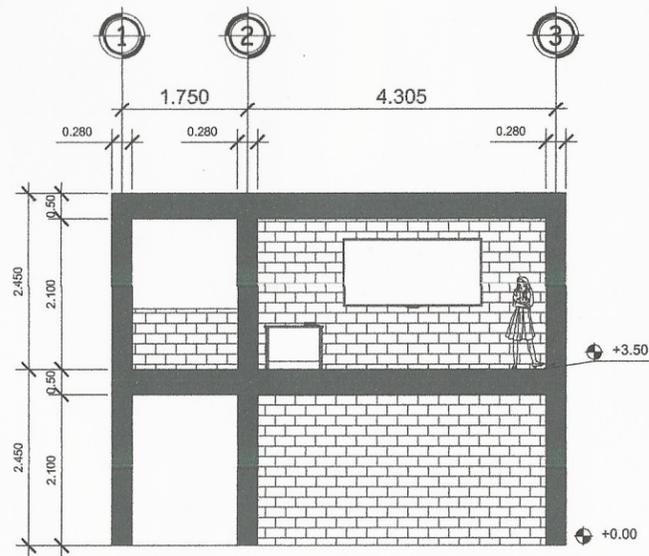


ELEVACION FRONTAL

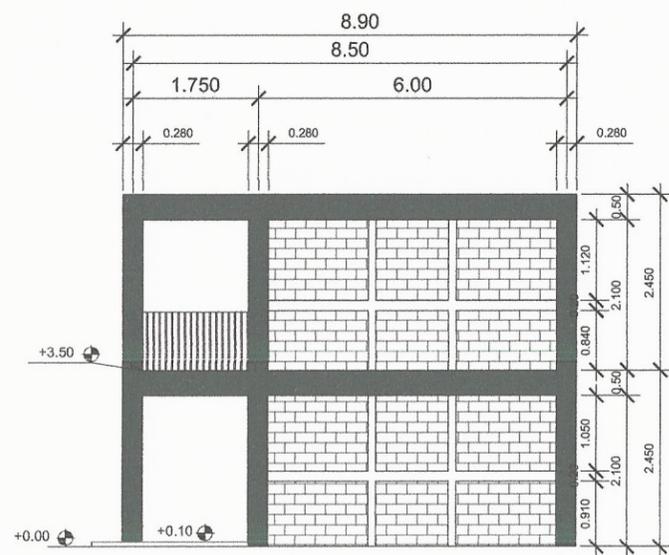


ELEVACION TRACERA

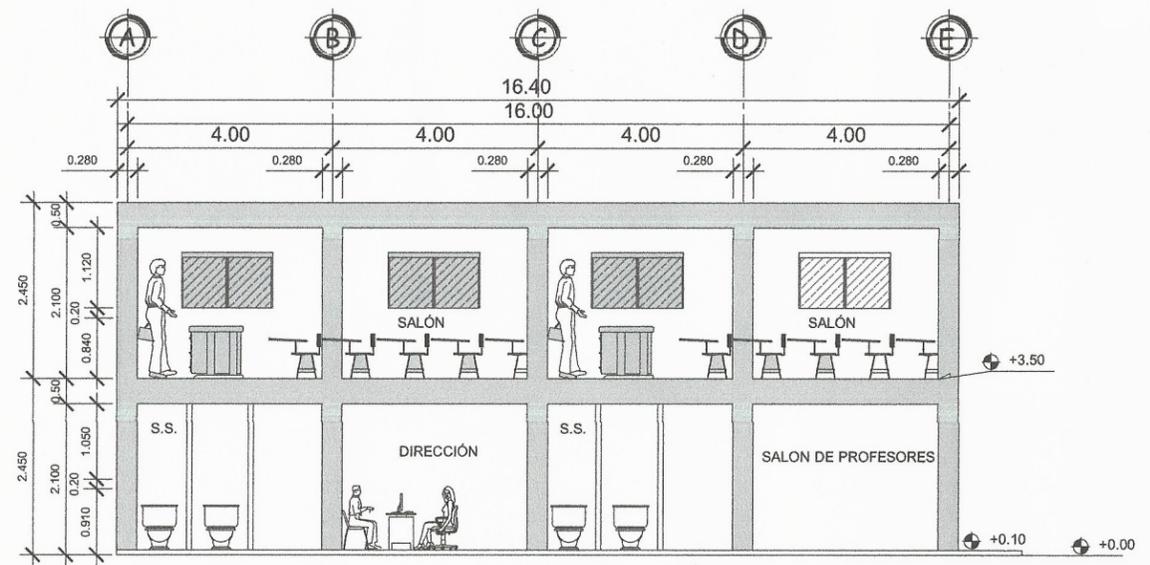
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJIA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: ELEVACIONES			
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 2 / 17
ASESOR - SUPERVISOR DE E.P.S. Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta Unidad de Prácticas de Ingeniería y E.P.S.		FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA
ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA			



SECCION B-B'

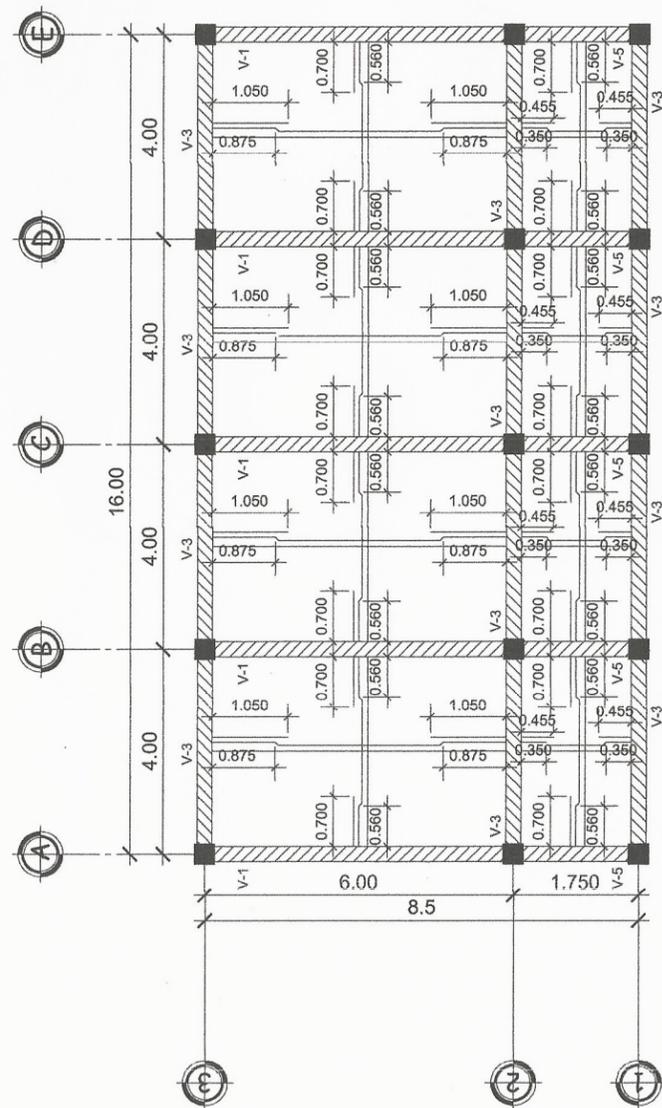


ELEVACION LATERAL

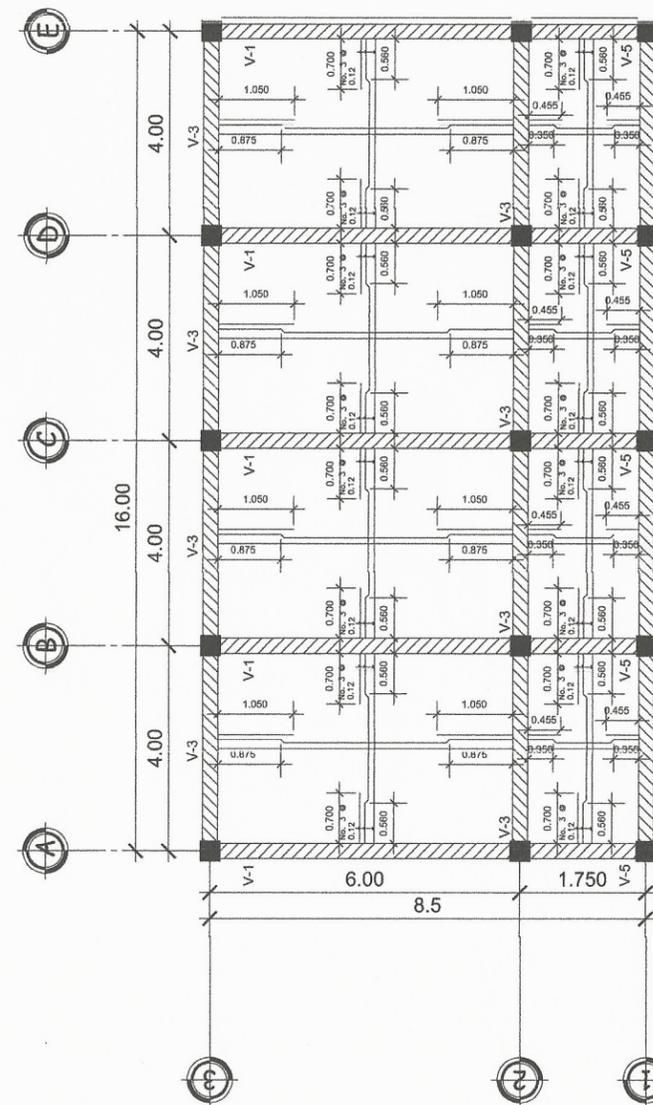


SECCION A-A'

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJIA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: ELEVACIONES			
PRESENTE: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ESCALA: 1/50	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO FECHA: SEPTIEMBRE 2018	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	HOJA No. 3 / 17
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS <small>ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA</small>			

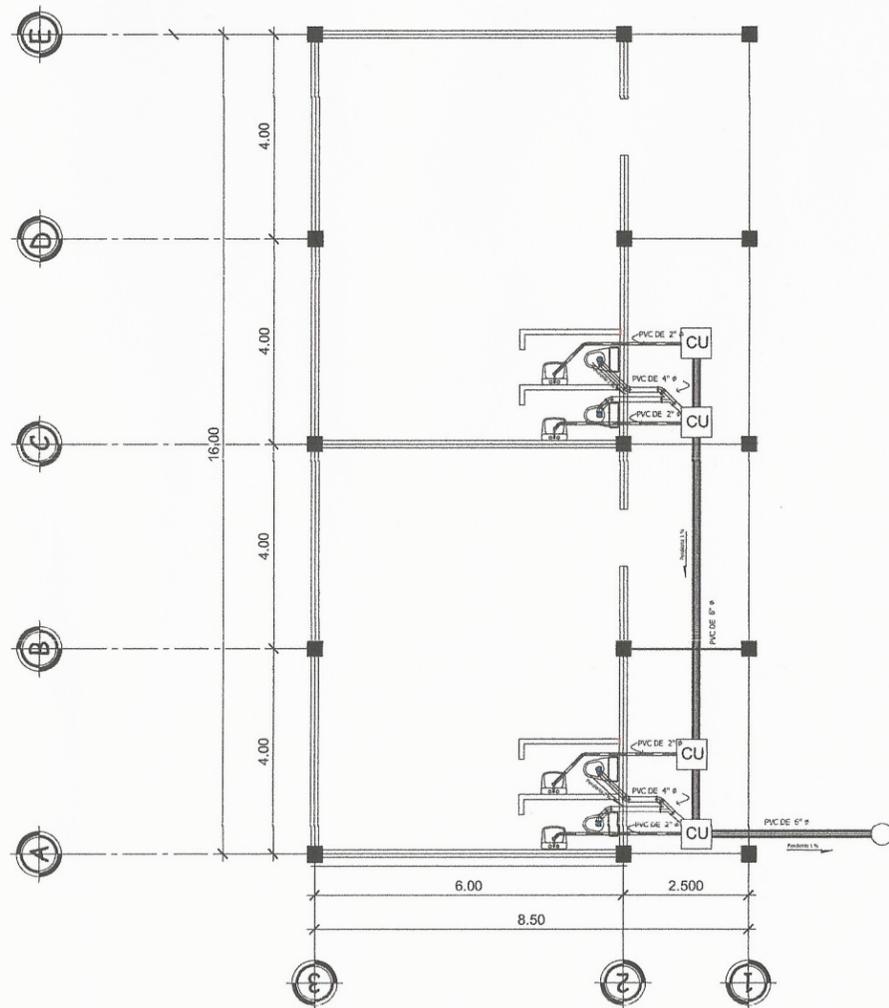


PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ		
CONTENIDO: LOSAS Y VIGAS		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CÁLCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
ESCALA: 1/40	FECHA: 20 DE SEPTIEMBRE DE 2015	HOJA No. 4 / 17
ASESOR - SUPERVISOR DE E.P.S. ING. MANUEL ARRIOLA GARCÍA		
ASESOR: ING. MANUEL ARRIOLA GARCÍA		

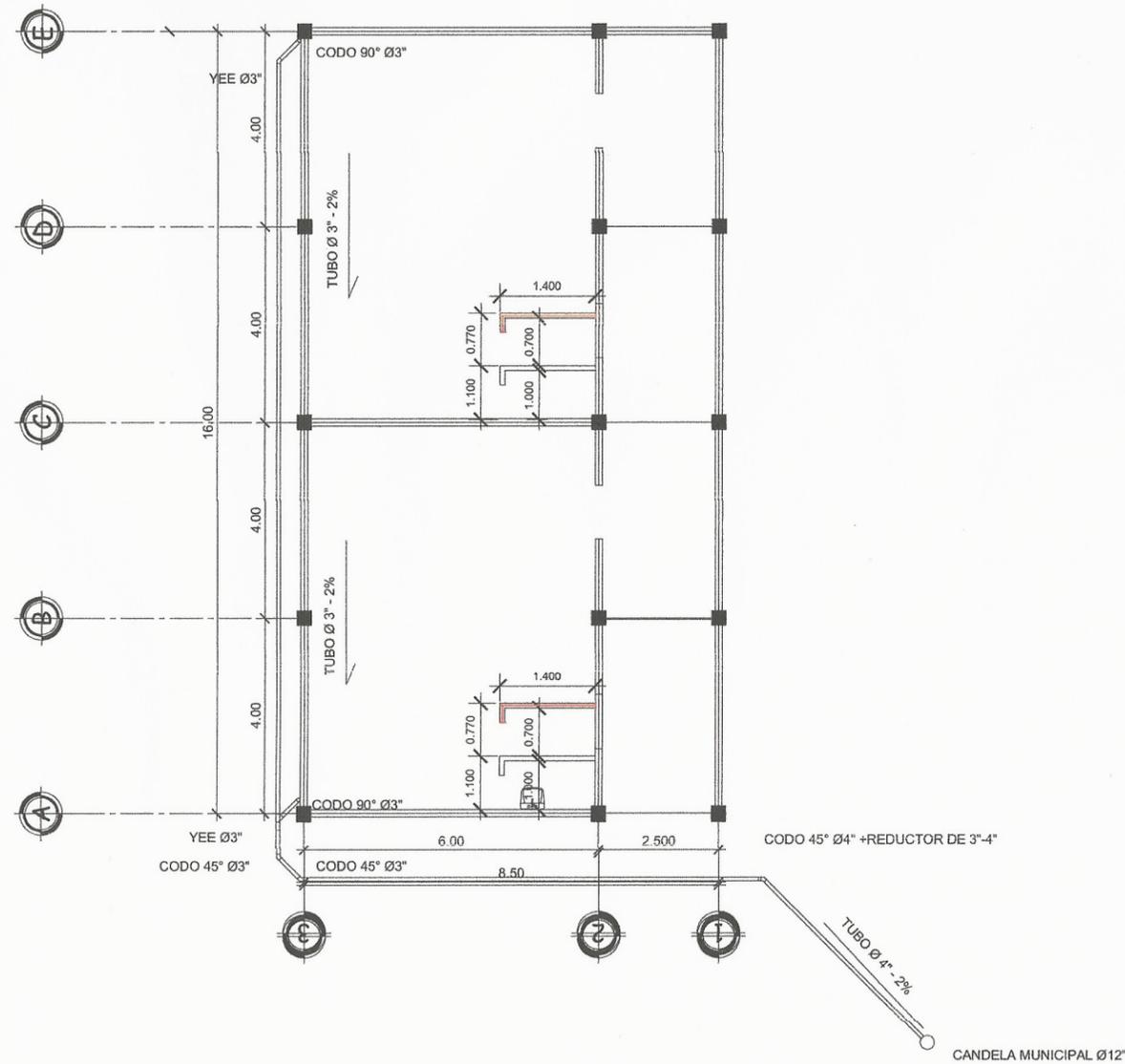


PRIMER NIVEL

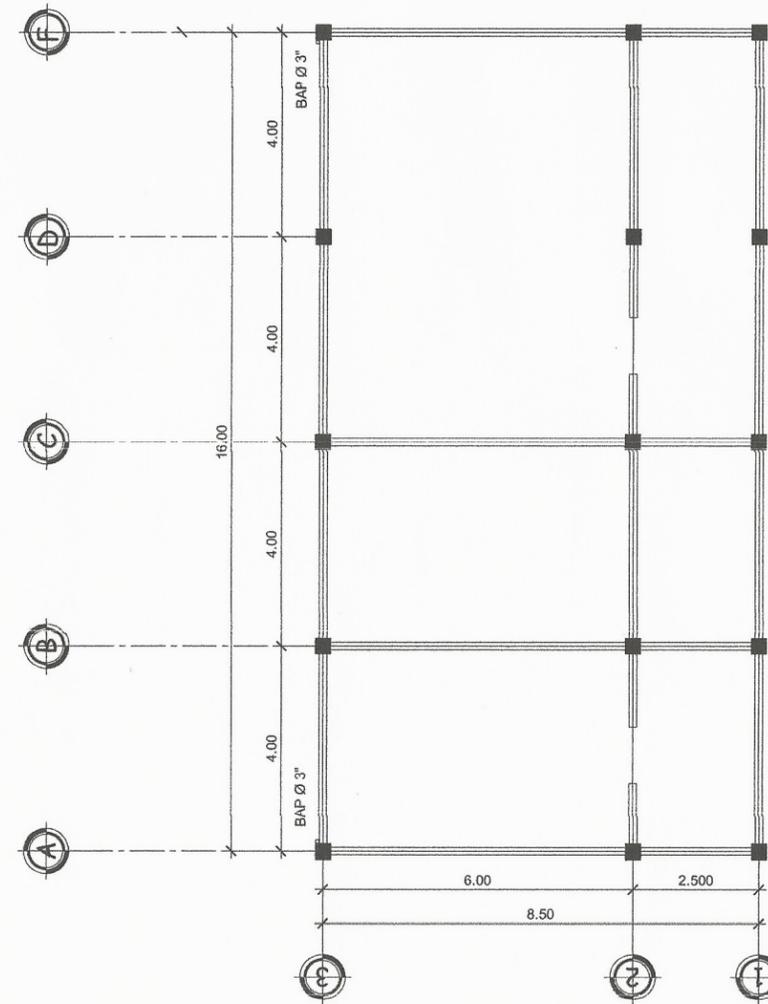
SIMBOLOGIA SANITARIOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
$C \setminus 90 \setminus \phi$	CODO 90°, PVC ϕ INDICADO, EN PLANTA NORMAL
$C \setminus 90 \setminus \phi$	CODO 90°, PVC ϕ INDICADO, EN PLANTA INVERTIDA
$C \setminus 90 \setminus \phi$	CODO 90°, PVC ϕ INDICADO, EN PERFIL
$T \setminus \phi$	TEE PVC, ϕ INDICADO, EN PERFIL
$Y \setminus \phi$	YEE PVC, ϕ INDICADO, EN PERFIL
$ST \setminus 2$	SIFON TERMINAL PVC, ϕ DE 2", EN PLANTA
$SAS \setminus 2$	SIFON A SEGUIR PVC, ϕ DE 2", EN PLANTA
$C \setminus 45 \setminus \phi$	CODO 45°, PVC ϕ INDICADO, EN PERFIL
$R \setminus 4 - 2$	REDUCIDOR PVC, ϕ 4" A ϕ 2", EN PERFIL
$T \setminus 4$	TEE PVC, ϕ DE 4", EN PLANTA
$PVC \setminus \phi \setminus 1.5\%$	TUBERIA DE PVC, ϕ INDICADO, PENDIENTE DE 1.5 % AGUAS NEGRAS

SIMBOLOGIA DE DRENAJE	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA P.V.C. ϕ INDICADO
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION VERTICAL INVERTIDA
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION VERTICAL
	CODO P.V.C. A 90° EN POSICION HORIZONTAL
	CODO P.V.C. A 45° EN POSICION HORIZONTAL
	REDUCTOR P.V.C. DE ϕ 4" A 2"
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION VERTICAL
	TEE SANITARIA P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	YEE SIMPLE P.V.C. EN POSICION HORIZONTAL
	REPOSADERA
	INDICA PENDIENTE 1.5 % Y DIRECCION DE FLUJO
B.A.P.	BAJAN AGUAS PLUVIALES
B.A.G.	BAJAN AGUAS GRISAS
B.A.N.	BAJAN AGUAS NEGRAS
	CAJA UNIFICADORA
	CAJA DE REGISTRO
	CAJA TRAMPA GRASA

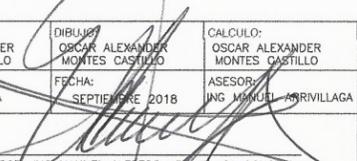
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJIA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ					
CONTENIDO: INSTALACIONES SANITARIAS					
OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	
ESCALA:		SERIE:		HOJA No.	
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS		Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR		5 / 17	
ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA-OCHAETA					

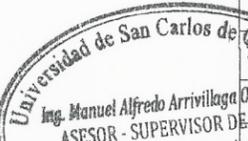


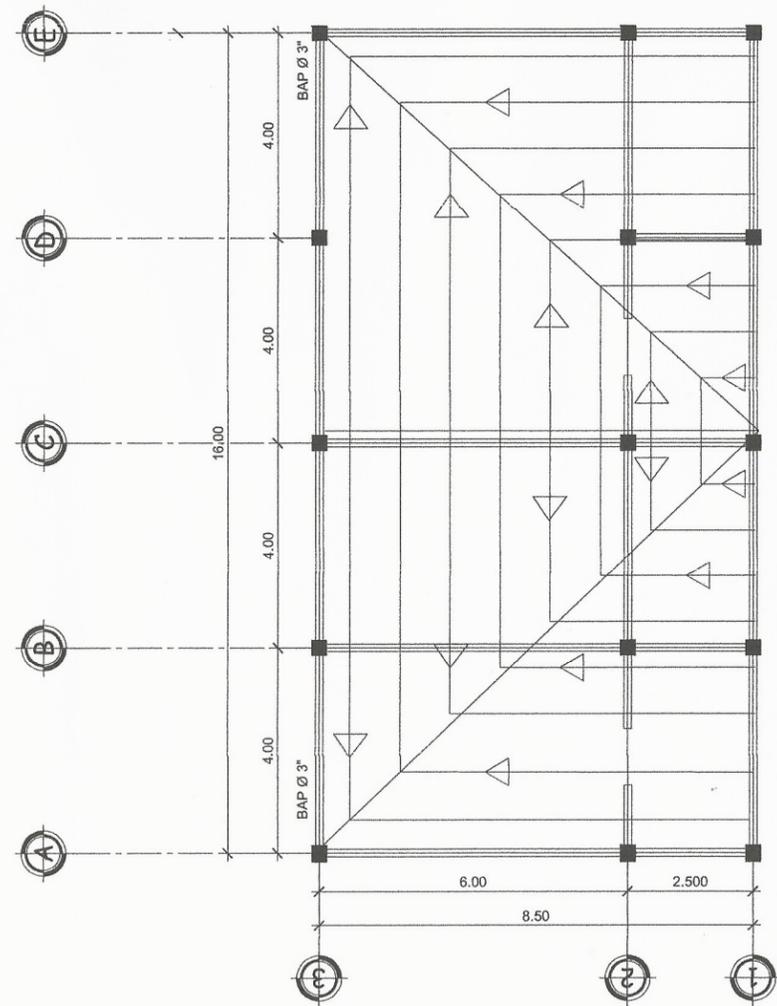
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: DRENAJE PLUVIAL			
DIBUJANTE: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 6 / 17
FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA		
ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA			


 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

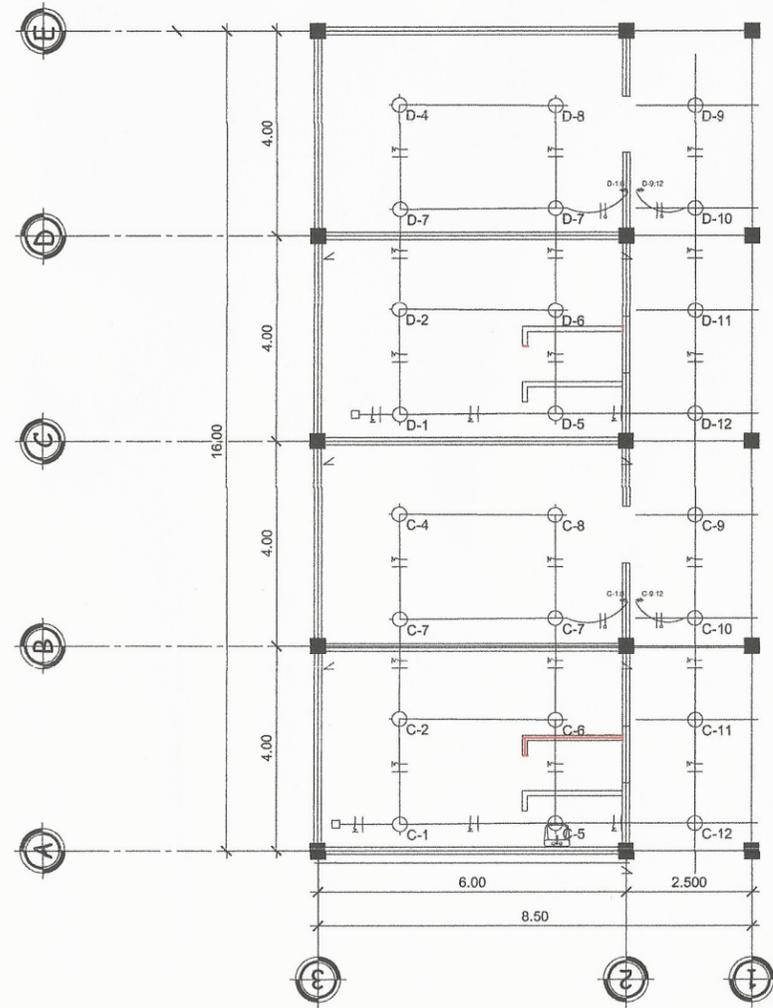


PLANTA TECHO

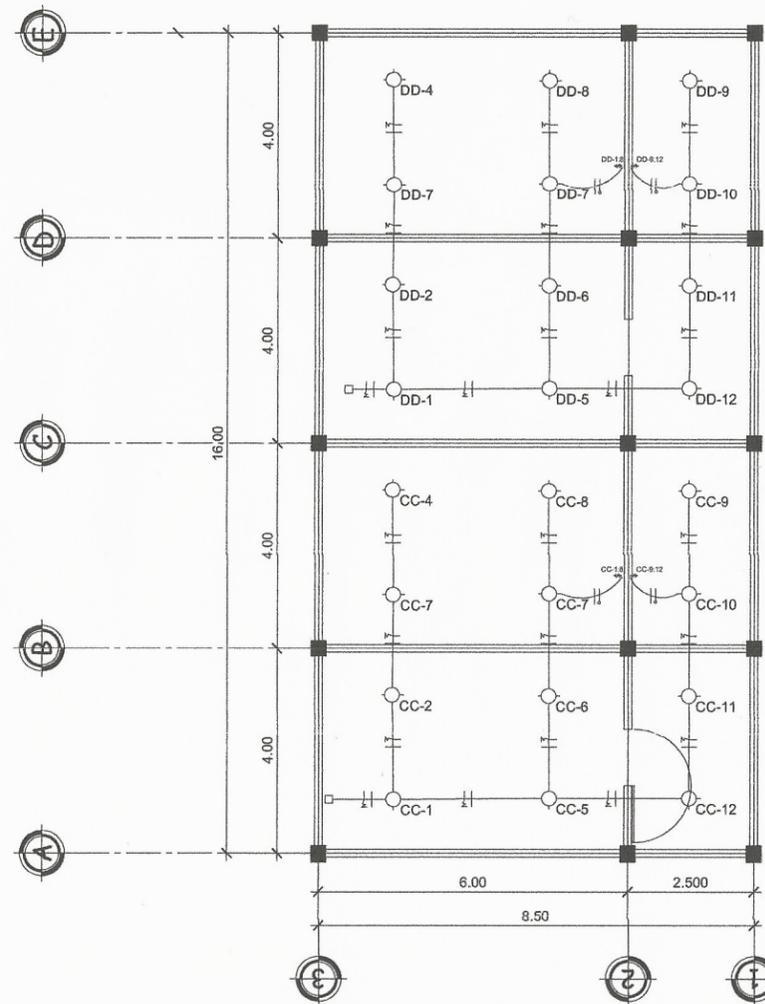
NOMENCLATURA

SIMBOLO	SIGNIFICADO
	INDICA TUBERÍA DE AGUA PLUVIAL
	INDICA TEE HORIZONTAL
	INDICA CODO A 45°
	INDICA CODO A 90°
	INDICA REDUCIDOR DE TUBERIA
BAP	INDICA BAJADAS DE AGUA PLUVIAL
	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ					
CONTENIDO: DRENAJE PLUVIAL					
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	
ESCALA: 1:50		ESCALA: 1:50		ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA	
ASESOR - SUPERVISOR DE LOS TRABAJOS: ING. MANUEL ARRIVILLAGA		ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA		HOJA No. 7 / 17	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y Edificación					



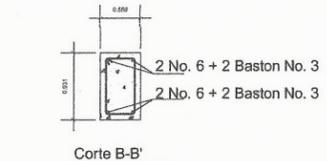
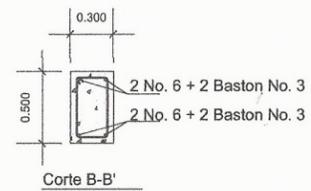
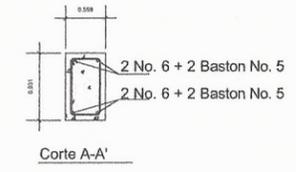
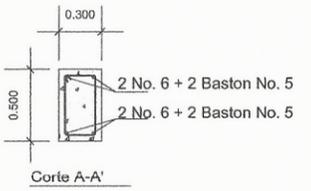
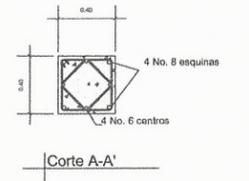
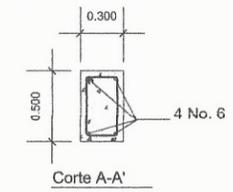
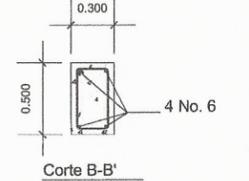
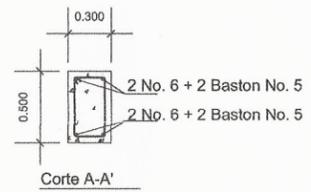
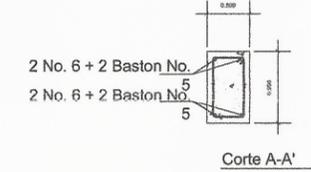
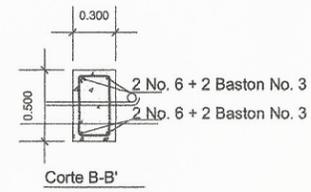
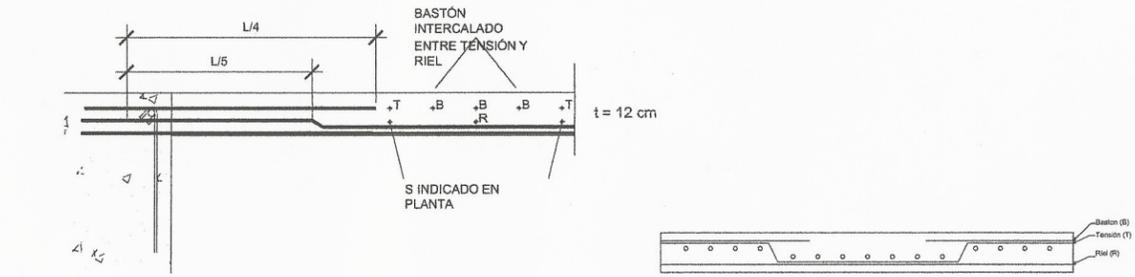
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

SIMBOLOGÍA DE ILUMINACIÓN	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	PLAFONERA, PARA FOCO DE 120 WATTS
	CAJA DE REGISTRO 4" x 4" SALIDAS DE 1/2" - 3/4"
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	LÍNEA NEUTRAL CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN BLANCO
	LÍNEA DE PUENTE CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AMARILLO
	LÍNEA VIVA CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN NEGRO
	LÍNEA DE RETORNO CABLE AWG No. 12 FORRO TIPO THHN AZUL
	TUBO ELÉCTRICO Ø3/4"
	INDICA EMPOTRADO EN LOSA
	INTERRUPTOR 3w H=1.20 S.N.P.T.
	INTERRUPTOR SIMPLE H=1.20 S.N.P.T.

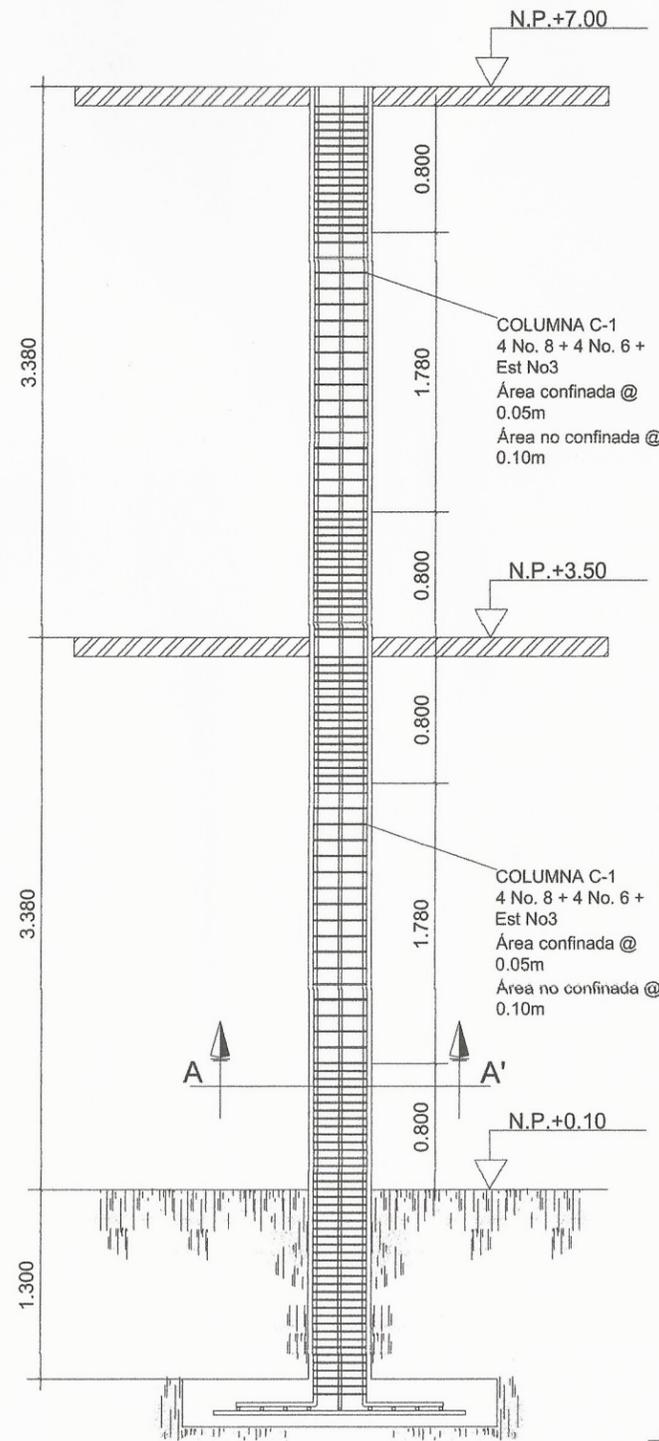
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ					
CONTENIDO: PLAN DE ILUMINACIÓN					
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	
ASesor: JORGE DE LA CRUZ		ASesor: JORGE DE LA CRUZ		ASesor: MANGUEL ARRIOLA	
FECHA: 2018		FECHA: 2018		FECHA: 2018	
INGENIERIA		INGENIERIA		INGENIERIA	
ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIOLA OCHAETA		ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIOLA OCHAETA		ASesor: ING. MANUEL ALFREDO ARRIOLA OCHAETA	
				HOJA No. 8 / 17	



Tipo de viga	Detalle Longitudinal	Corte Transversal
V-1		
V-3		
V-5		<p>Corte A-A'</p>

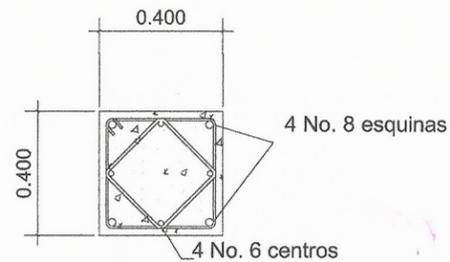
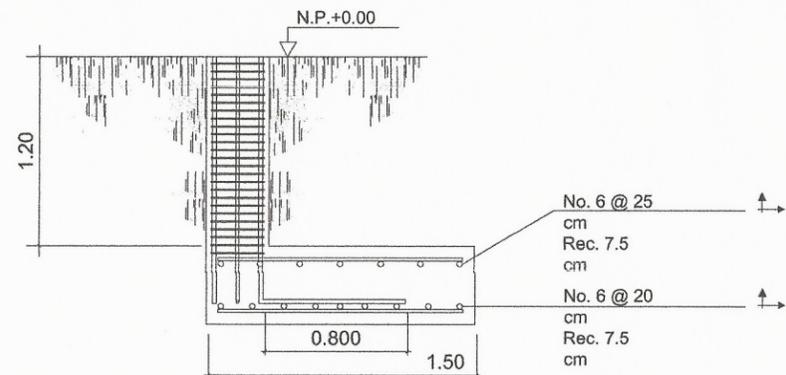
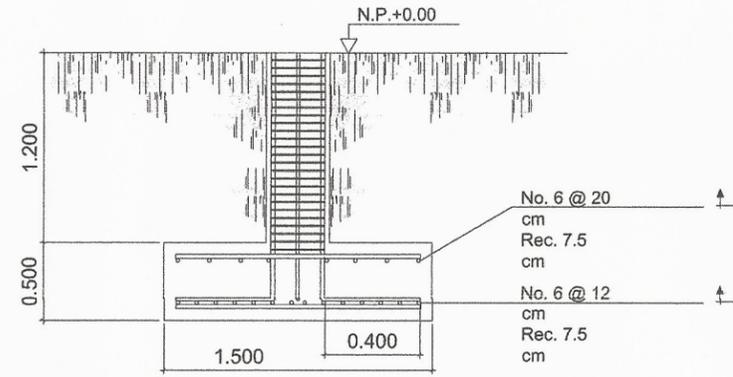
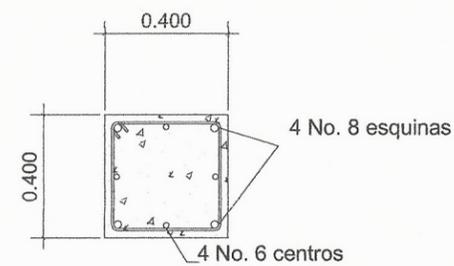
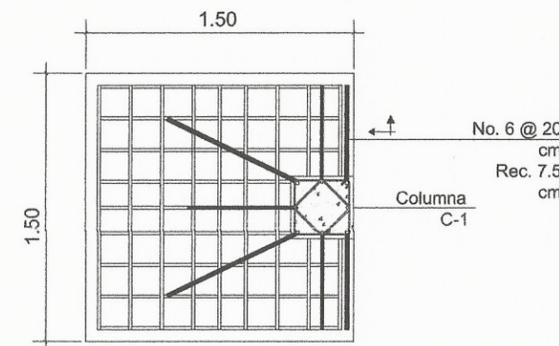
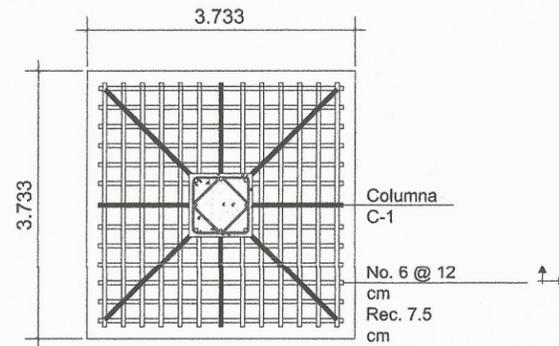
ESPECIFICACIONES GENERALES	CONCRETO F _c = CONCRETO 4000 PSI A LOS 28 DIAS AGREGADO Ø 1/2"																		
	ACERO DE REFUERZO F _y = 60,000 PSI																		
	MAMPOSTERIA F _m = 35 Kg/Cm. ²																		
	SOPORTE DE SUELO V _s = 36 T/m ²																		
	CODIGOS DE REFERENCIA ACI-318-08 AGIES NSE 2017																		
	EMPALMES DE VARILLAS Y LONGITUDES DE ANLAJE																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>VARILLA</th> <th>LONGITUD A</th> <th>LONGITUD B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No 3</td> <td>0.40 m</td> <td>0.12 m</td> </tr> <tr> <td>No 4</td> <td>0.50 m</td> <td>0.16 m</td> </tr> <tr> <td>No 5</td> <td>0.60 m</td> <td>0.20 m</td> </tr> <tr> <td>No 6</td> <td>0.70 m</td> <td>0.25 m</td> </tr> <tr> <td>No 8</td> <td>0.80 m</td> <td>0.30 m</td> </tr> </tbody> </table>	VARILLA	LONGITUD A	LONGITUD B	No 3	0.40 m	0.12 m	No 4	0.50 m	0.16 m	No 5	0.60 m	0.20 m	No 6	0.70 m	0.25 m	No 8	0.80 m	0.30 m
	VARILLA	LONGITUD A	LONGITUD B																
	No 3	0.40 m	0.12 m																
	No 4	0.50 m	0.16 m																
No 5	0.60 m	0.20 m																	
No 6	0.70 m	0.25 m																	
No 8	0.80 m	0.30 m																	
RECUBRIMIENTOS																			
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>CIENTOS</td> <td>7 cm.</td> </tr> <tr> <td>ZAPATAS</td> <td>7.5 cm.</td> </tr> <tr> <td>COLUMNAS</td> <td>4 cm.</td> </tr> <tr> <td>VIGAS</td> <td>4 cm.</td> </tr> </tbody> </table>	CIENTOS	7 cm.	ZAPATAS	7.5 cm.	COLUMNAS	4 cm.	VIGAS	4 cm.											
CIENTOS	7 cm.																		
ZAPATAS	7.5 cm.																		
COLUMNAS	4 cm.																		
VIGAS	4 cm.																		

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJIA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPEQUEZ		
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES		
DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 9 / 17
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA		

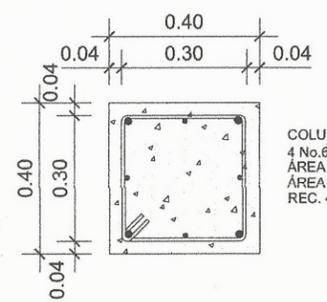
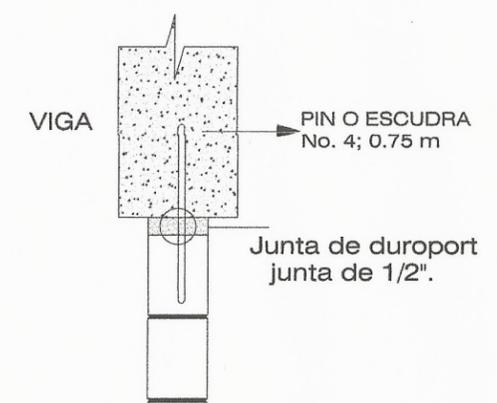
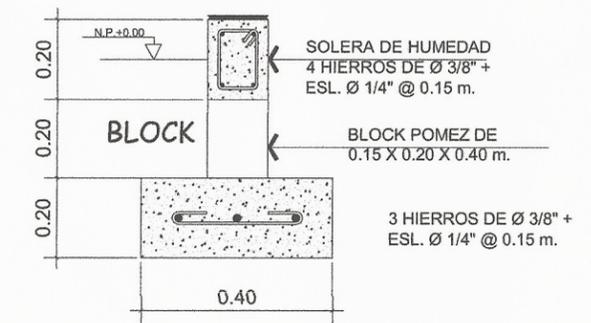
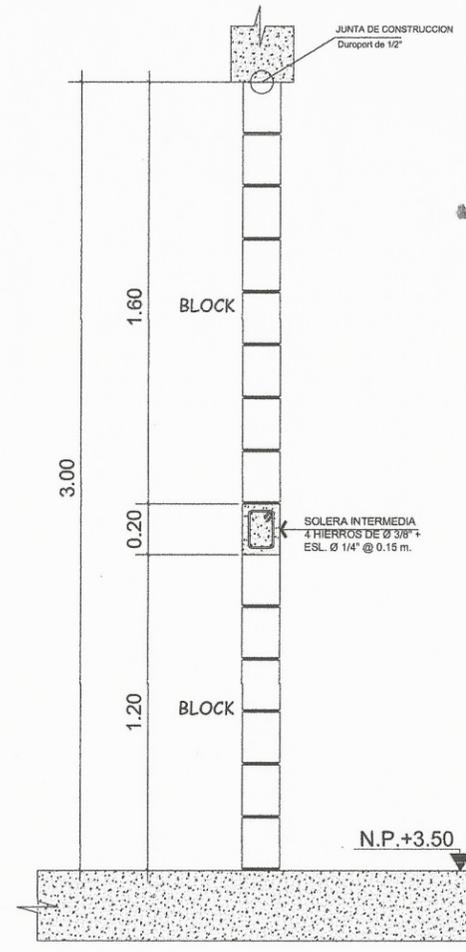
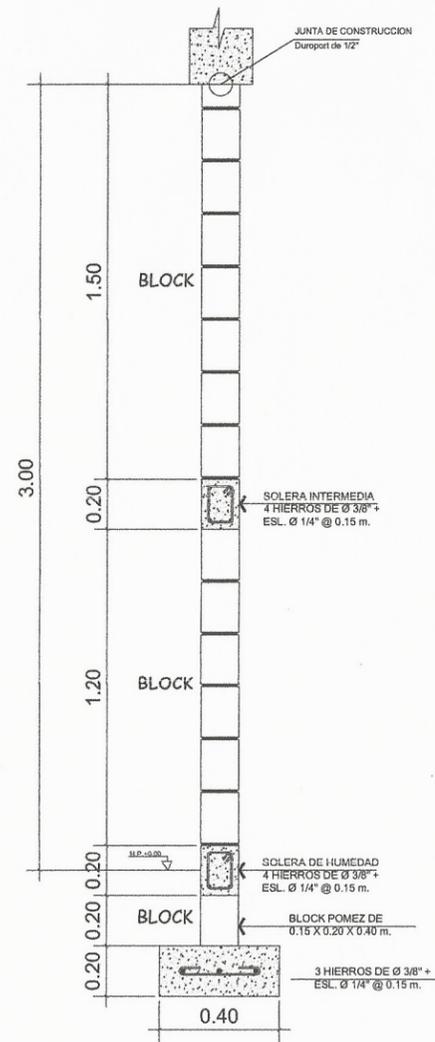
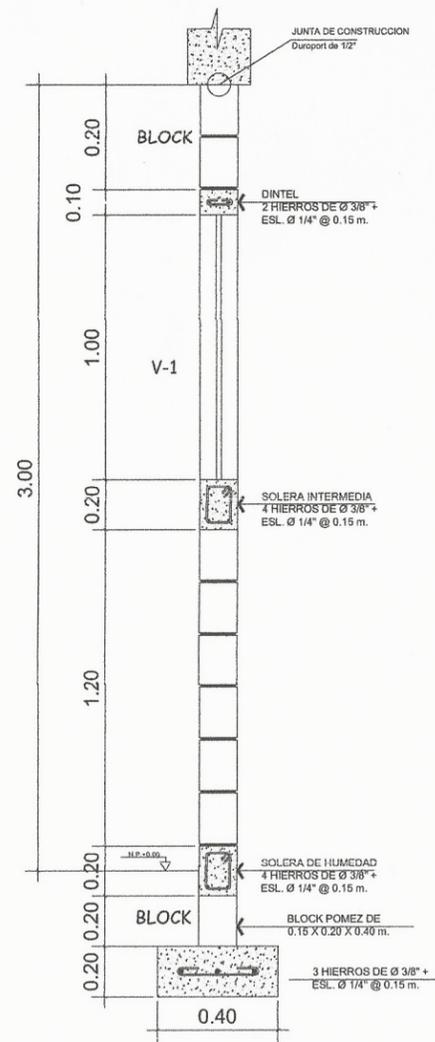


COLUMNA C-1
4 No. 8 + 4 No. 6 +
Est No3
Área confinada @
0.05m
Área no confinada @
0.10m

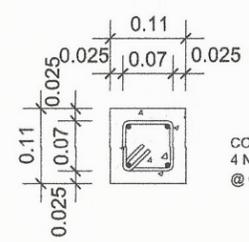
COLUMNA C-1
4 No. 8 + 4 No. 6 +
Est No3
Área confinada @
0.05m
Área no confinada @
0.10m



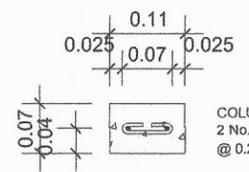
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES			
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 10 / 17
ESCALA: 	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	
Ing. Manuel Alfredo Arrillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
1) ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHAETA			



COLUMNA C-1
4 No. 8 + 4 No. 8 + EST. No. 3
ÁREA CONFINADA @ 0.05m
ÁREA NO CONFINADA @ 0.10 m
REC. 4 cm

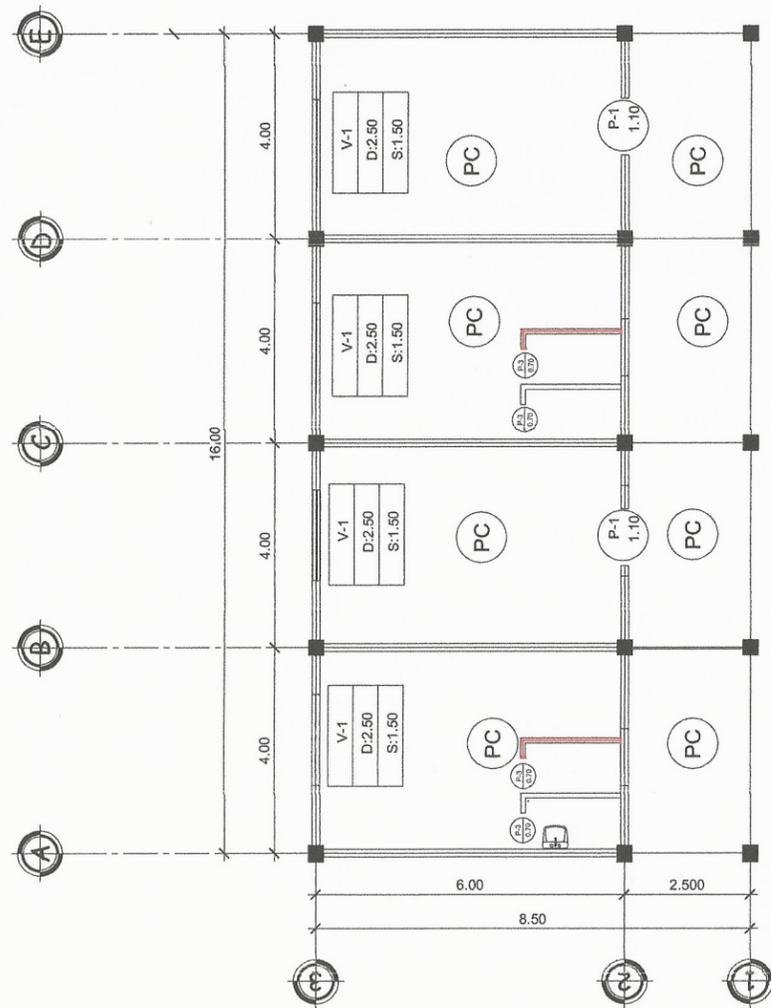


COLUMNA C-2
4 No. 3+ EST. No. 2
@ 0.15m.

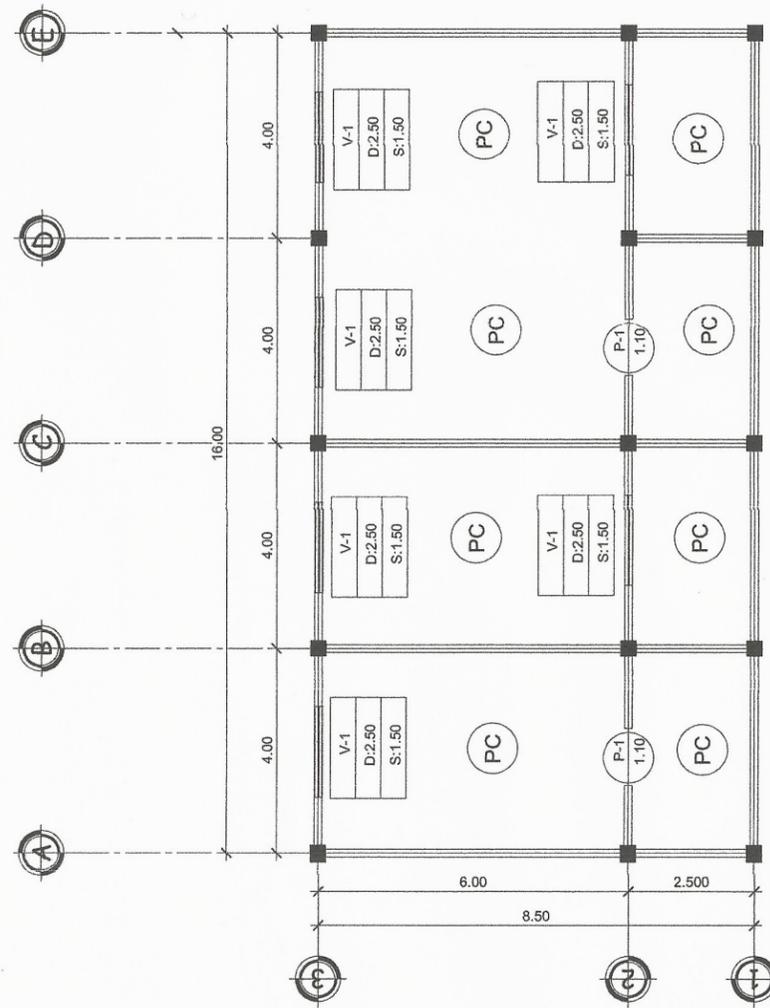


COLUMNA C-3
2 No. 3+ ESL. No. 2
@ 0.20m.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		FACULTAD DE INGENIERIA		UNIDAD DE E.P.S.	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ					
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES					
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO		CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	
ESCALA: 1/20		FECHA: FEBRERO 2018		ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA	
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS				HOJA No. 11/17	



PRIMER NIVEL

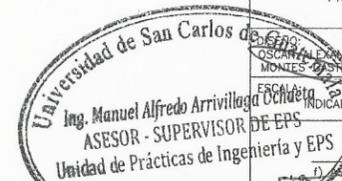


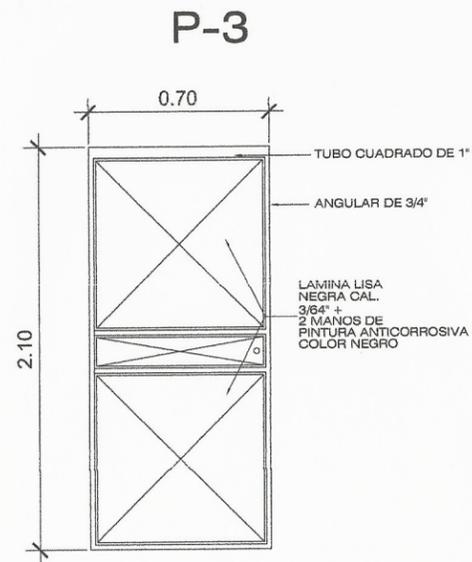
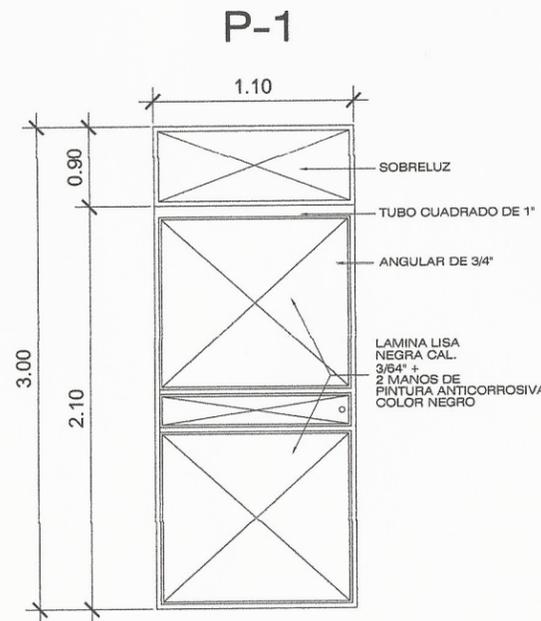
SEGUNDO NIVEL

PLANILLA DE VENTANAS

TIPO	ANCHO	ALTO	SILLAR	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL	OBSERVACIONES
V-1	1.80	1.00	1.40 1.50	2.50 2.60	46	VIDRIO DE 4mm. PINTURA ANTICORROSIVA COLOR BLANCO	CORREDIZA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUTZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ		
CONTENIDO: ACABADOS		
DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 12 / 17
FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING MANUEL ARRIVILLAGA	
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta		





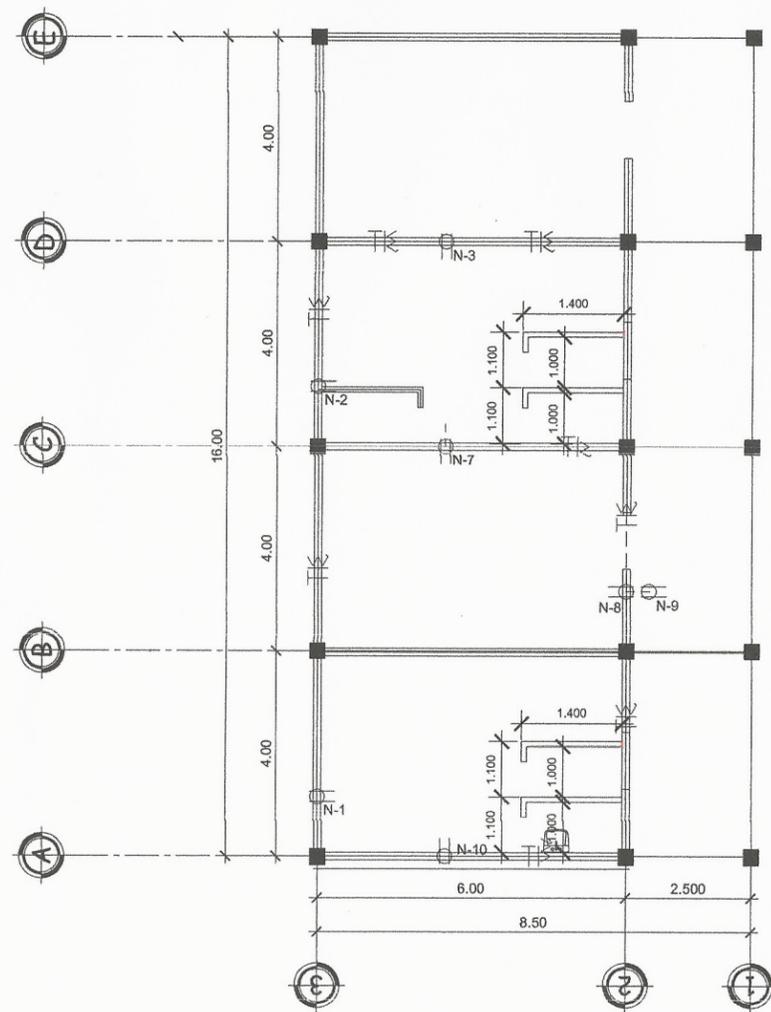
PLANILLA DE PUERTAS

TIPO	ANCHO	ALTO	ALTURA DINTEL	UNIDADES	MATERIAL	TIPO DE ABATIMIENTO
P-1	1.10	2.10	----	4	LAMINA LISA NEGRA CAL. 3/8" + 2 MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA Y BLANCA	ABATIMIENTO 180 GRADOS
P-3	0.70	2.10	----	5	LAMINA LISA NEGRA CAL. 3/8" + 2 MANOS DE PINTURA ANTICORROSIVA Y BLANCA	ABATIMIENTO 90 GRADOS

SIMBOLOGIA DE ACABADOS

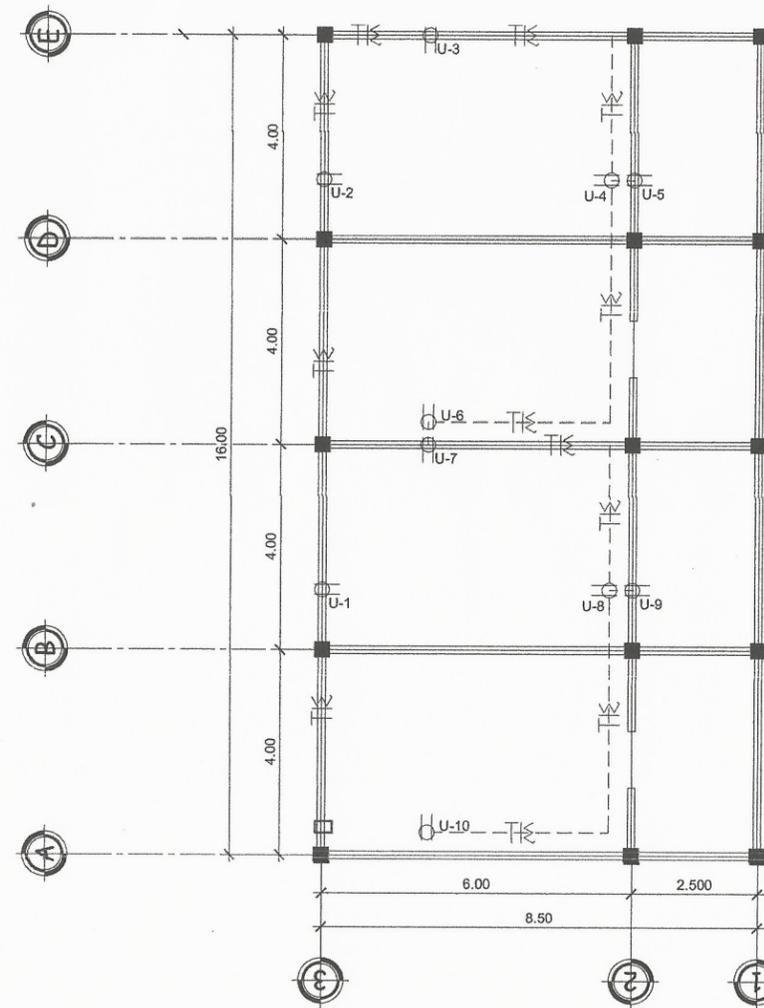
SIMBOLOGÍA DE ACABADOS	SIGNIFICADO
	INDICA TIPO DE PUERTA Y BANO DE LA MISMA
	INDICA TIPO DE VENTANA INDICA ALTURA DE DINTEL INDICA ALTURA DE SILLAR
	INDICA REPELLO GRIS + CERNIDO VERTICAL
	INDICA BLOCK VISTO SISADO, COLUMNAS Y Y SOLERAS TALLADAS
	PISO CERÁMICO

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	UNIDAD DE E.P.S.	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ		
CONTENIDO: ACABADOS		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
ESCALA: DIBUJADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		HOJA No. 13 / 17



PRIMER NIVEL

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	CONTADOR H=2.7 S.N.B.T.
	CAJA RH
	POLARIZACIÓN A TIERRA

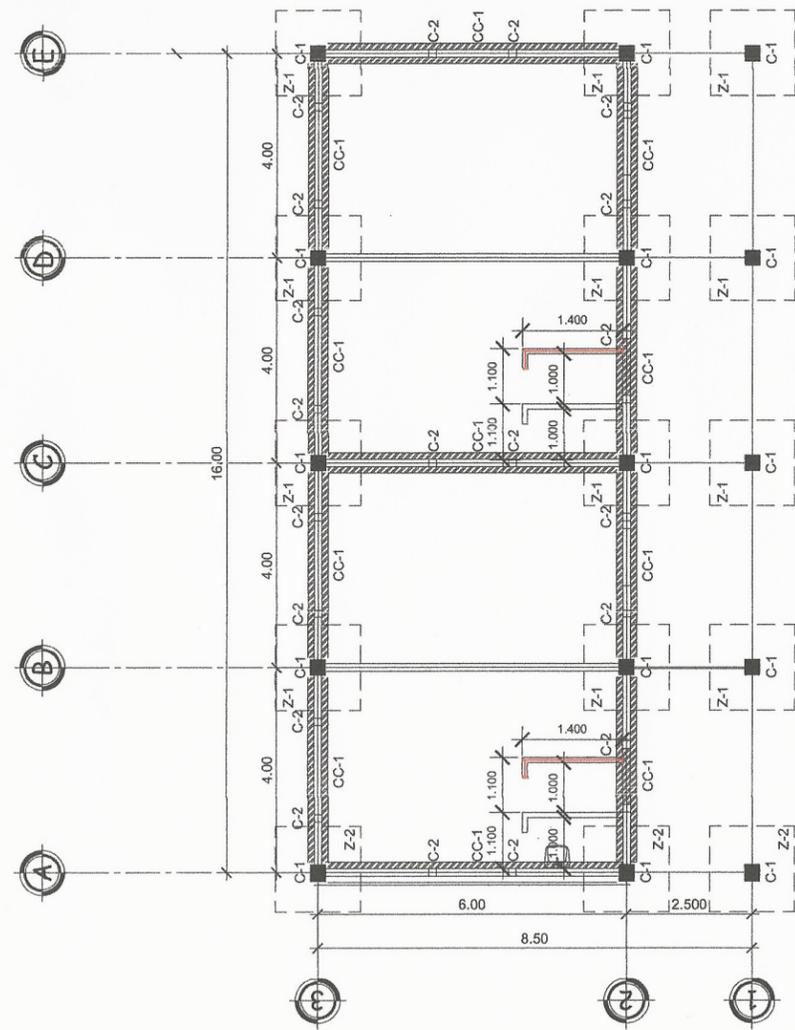


SEGUNDO NIVEL

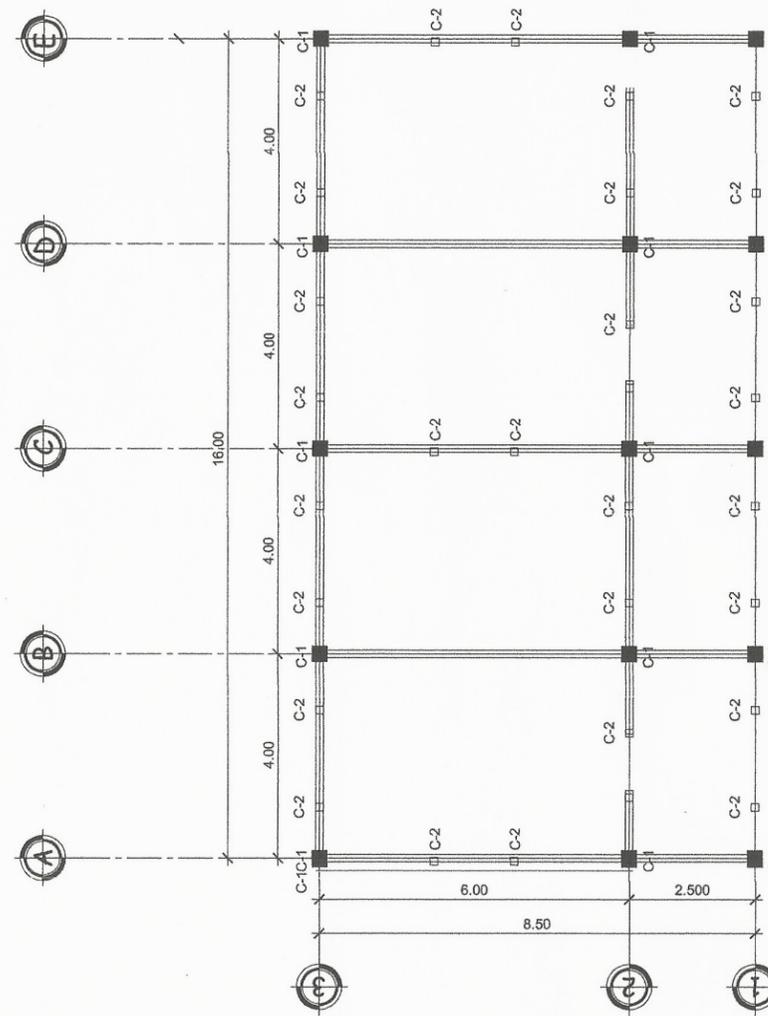
SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA/ FUERZA

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LÍNEA NEUTRAL CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA VIVA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	LÍNEA DE TIERRA CALIBRE 12 TW O INDICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE 120 V. H=0.30 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 2" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	CAJA RH

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO INGENIERO EN ELECTRICIDAD ASESOR - SUPERVISOR DE E.P.S.	HOJA No. 14 / 17
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA DE FUERZA		DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ESCALA: INDICADA FECHA: SEPTIEMBRE 2017	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ASESOR: ING. MANUEL ABRVILLAGA



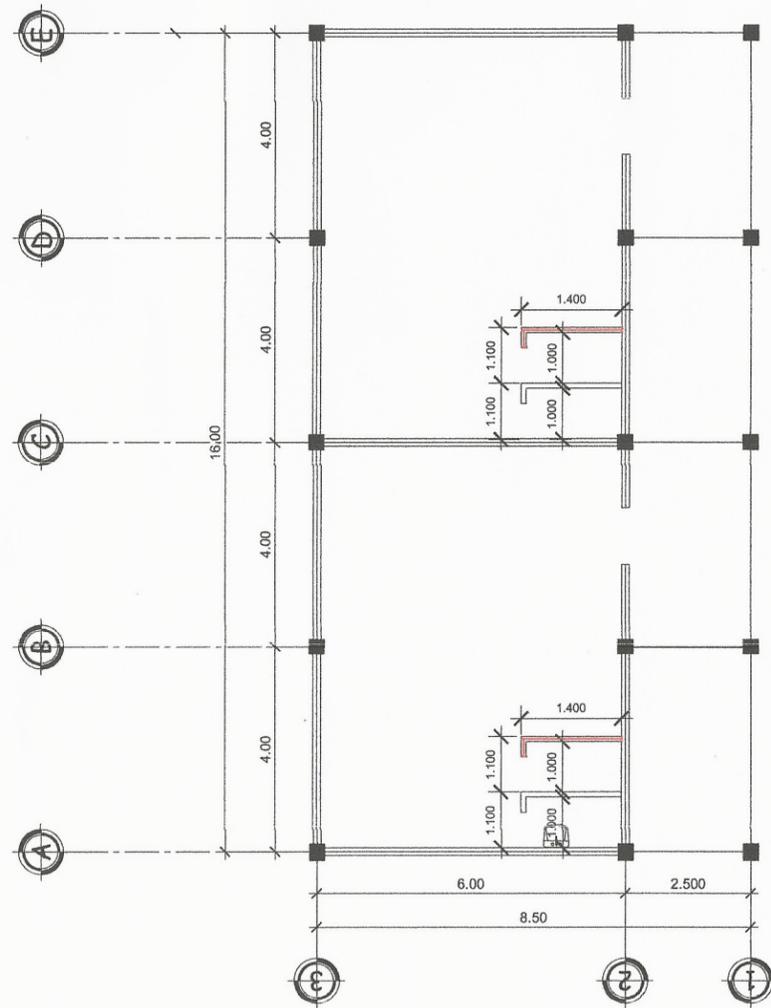
PRIMER NIVEL



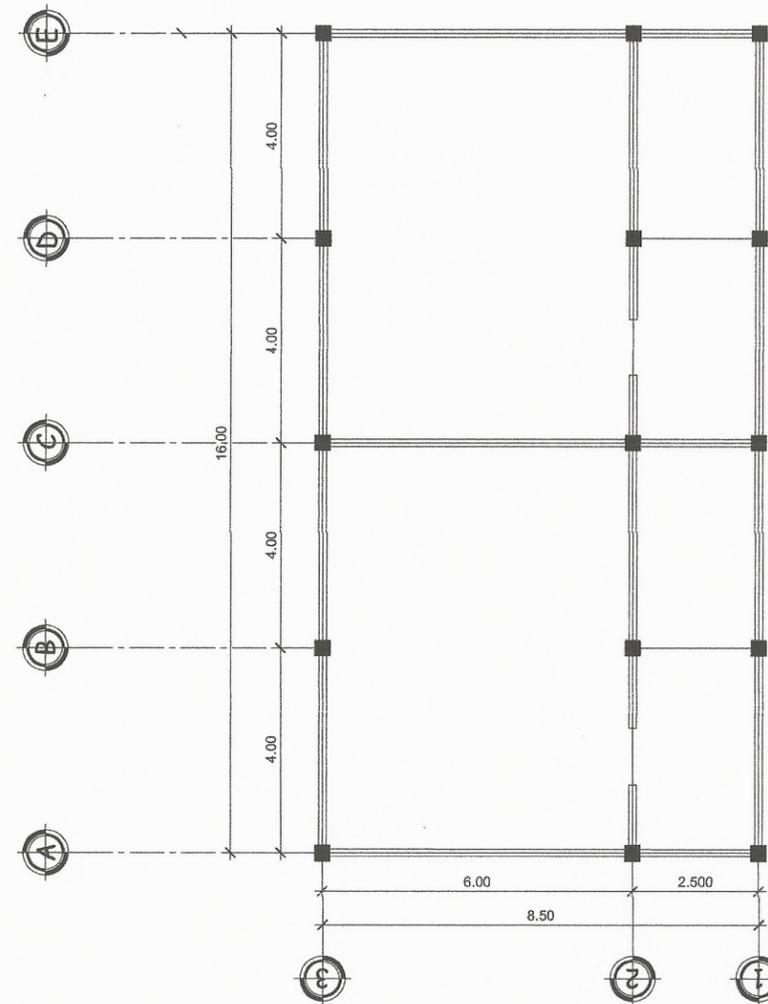
SEGUNDO NIVEL

ESPECIFICACIONES GENERALES	
CONCRETO F'c = CONCRETO 4000 PSI A LOS 28 DIAS AGREGADO Ø 1/2"	
ACERO DE REFUERZO Fy = 60,000 PSI	
MAMPOSTERIA Fm = 35 Kg/Cm. ²	
SOPORTE DE SUELO Vs = 36 T/m ²	
CODIGOS DE REFERENCIA ACI-318-08 AGIES NSE 2017	
EMPALMES DE VARILLAS Y LONGITUDES DE ANCLAJE	
VARILLA	LONGITUD A LONGITUD B
No 3	0.40 m 0.12 m
No 4	0.50 m 0.16 m
No 5	0.60 m 0.20 m
No 6	0.70 m 0.25 m
No 8	0.80 m 0.30 m
RECUBRIMIENTOS	
CIMENTOS	7 cm.
ZAPATAS	7.5 cm.
COLUMNAS	4 cm.
VIGAS	4 cm.

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ					
CONTENIDO: CIMENTACIONES Y COLUMNAS					
OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ESCALA:		OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ASESOR:		OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO INGENIERO	
Inj. Manuel Alfredo Arrillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS		Inj. Manuel Alfredo Arrillaga Ochaeta ASESOR		HOJA No. 15 / 17	
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS					

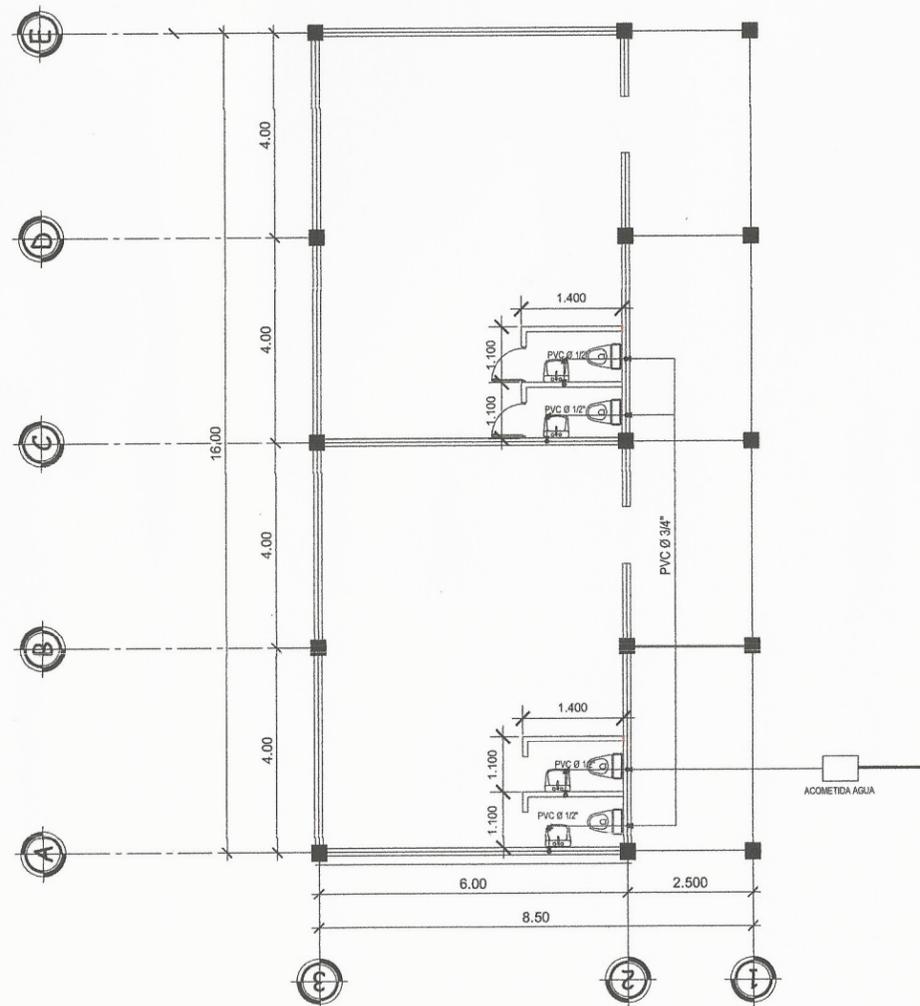


PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA			
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 16 / 17
ESCALA: 1/50	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA	
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS			
1) ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA			



PRIMER NIVEL

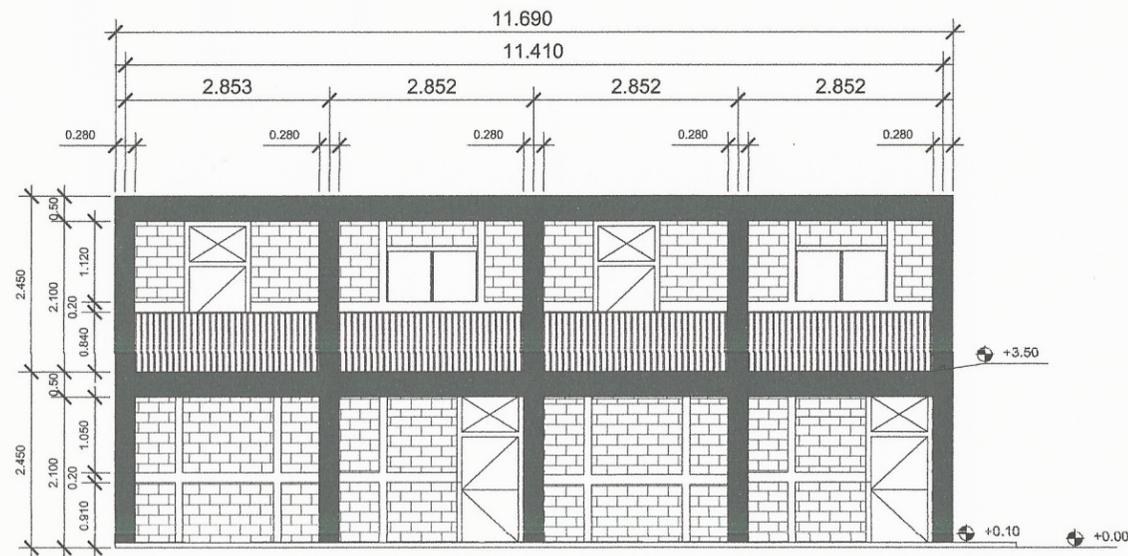
SIMBOLOGIA/NOMENCLATURA DE AGUA POTABLE

	CODO HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	TEE HORIZONTAL PVC DIAMETRO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	CODO VERTICAL PVC DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO
	LLAVE DE GLOBO DE ACUERDO A DIAMETRO DE TUBERIA INDICADO, CON CAJA DE CONCRETO
	TUBERIA DE PVC DE ACUERDO A DIAMETRO INDICADO, 250 PSI
PVC Ø	INDICA DIAMETRO DE TUBERIA DE AGUA POTABLE
	CAJA DE REGISTRO PREFABRICADA, 0.39 X 0.53 X 0.30
	INDICA ACOMETIDA PRINCIPAL
	REDUCIDOR PVC DEACUERDO A DIAMETRO INDICADO.

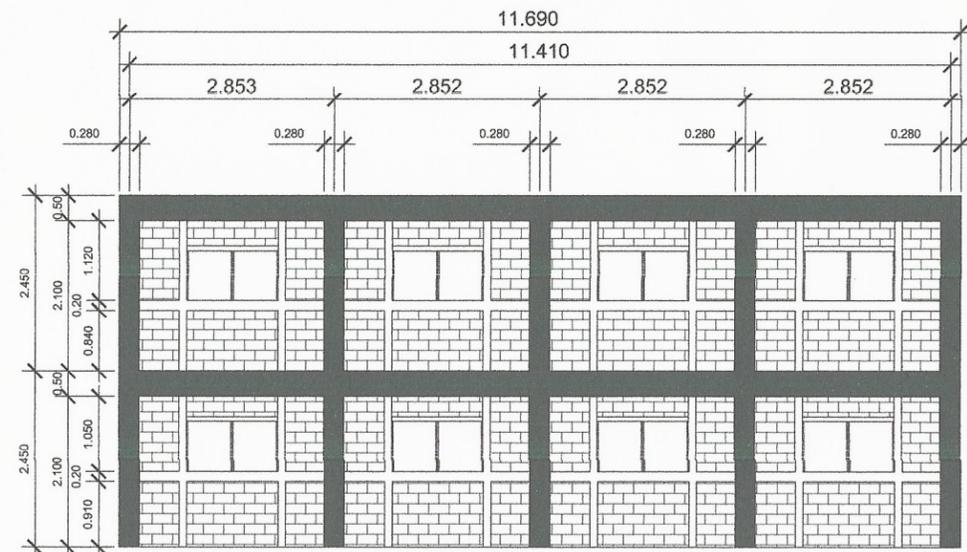
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	FACULTAD DE INGENIERIA	
	UNIDAD DE E.P.S.	
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJÍA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ		
CONTENIDO: INSTALACIONES HIDRAULICAS		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES-CASTILLO	REVISOR: OSCAR ALEXANDER MONTES-CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES-CASTILLO
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA
		HOJA No. 17 / 17
<small>(1) ASESOR: MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA</small>		

Apéndice 2. **Planos constructivos del área recreativa de la colonia
Villa de San Juan en la ciudad de Guatemala, Guatemala**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2016.

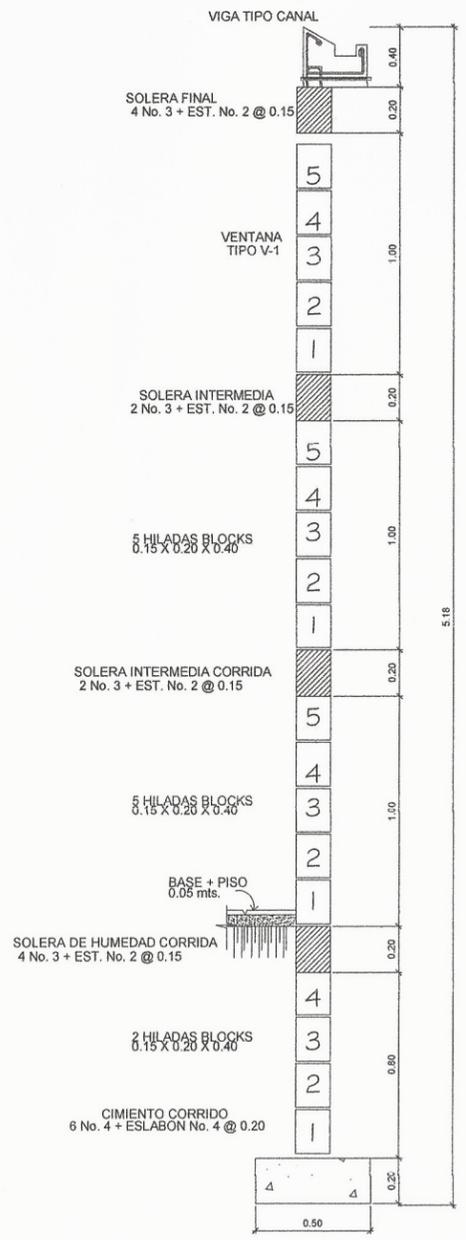


ELEVACION FRONTAL

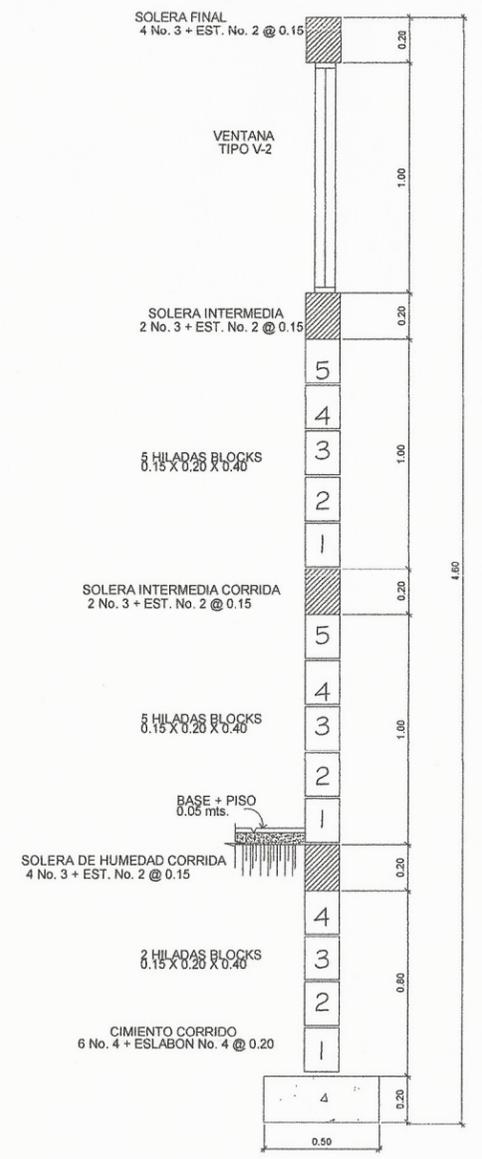


ELEVACION TRACERA

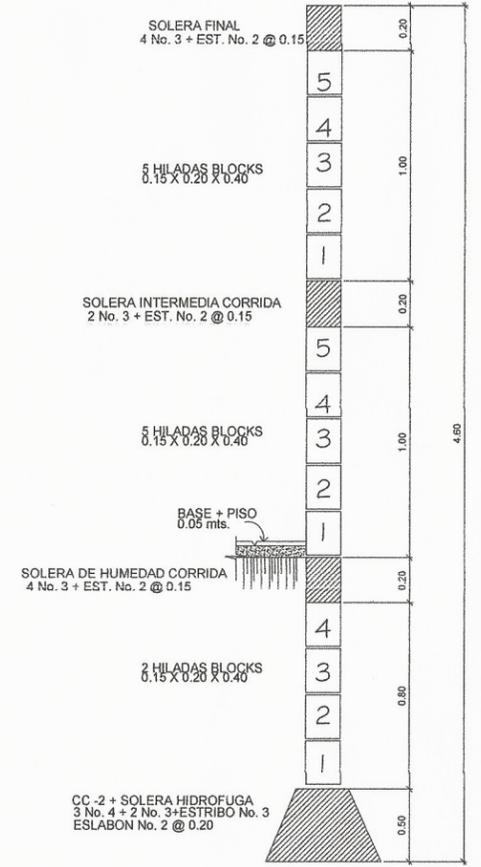
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: DISEÑO DE UN EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA LA ESCUELA OFICIAL RURAL MIXTA DE CIUDAD QUETZAL, EN LA ALDEA LO DE MEJIA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN SACATEPÉQUEZ			
CONTENIDO: ELEVACIONES			
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 2 / 17
ASESOR - SUPERVISOR DE E.P.S. Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta Unidad de Prácticas de Ingeniería y E.P.S.		FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA
ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA			



DETALLE DE MURO D-D'

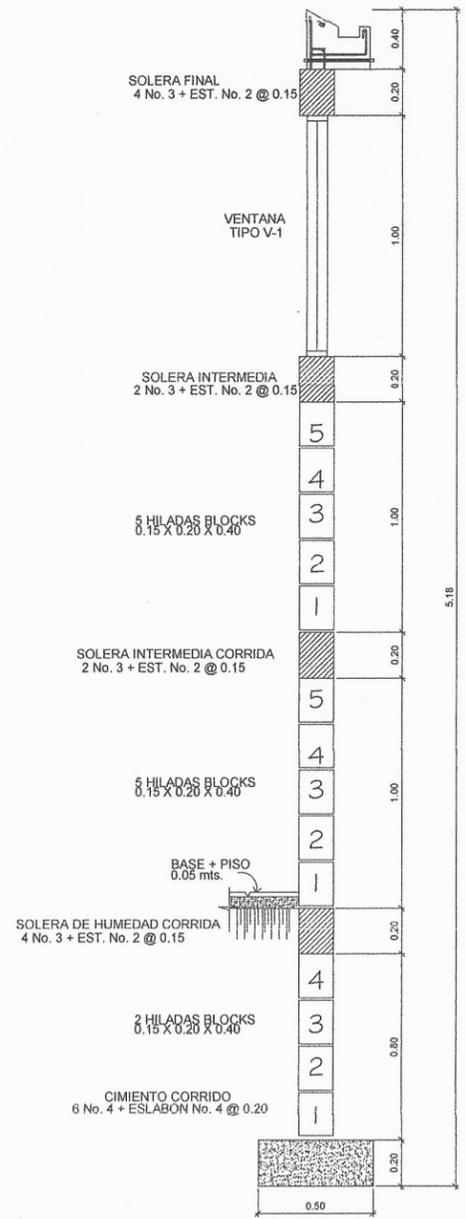


DETALLE DE MURO C-C'

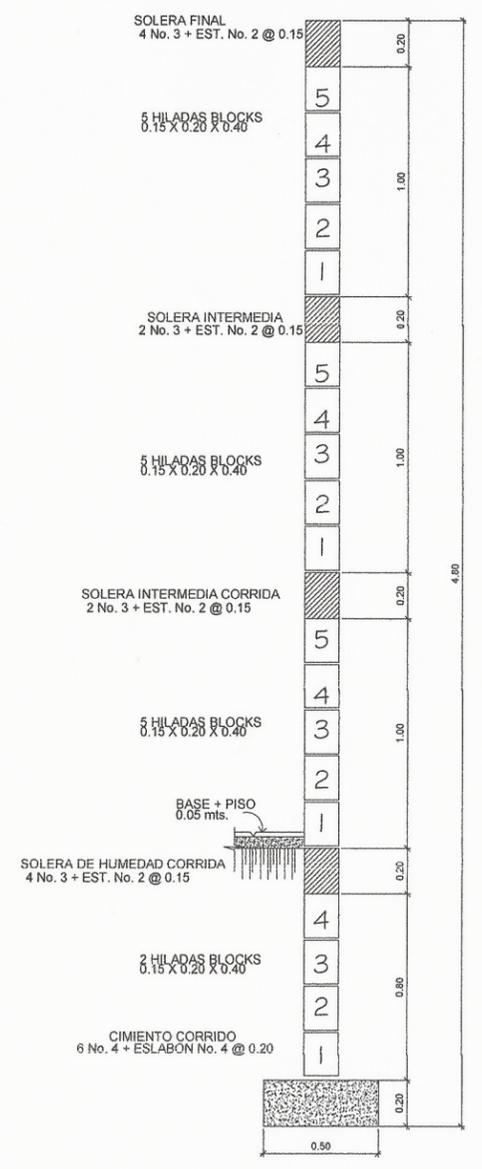


DETALLE DE MURO E-E'

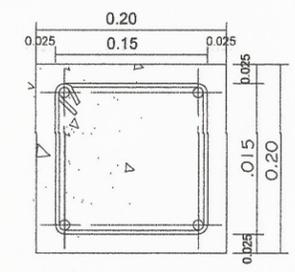
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.			
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA					
CONTENIDO - DETALLES					
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	FECHA: 28 DE DICIEMBRE 2018	ASesor: ING. MANUEL ARRILLAGA	HOJA No. 3 / 13
Ing. Manuel Alfredo Arrillaga Ochoa ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS					
Ing. ASesor: MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOA					



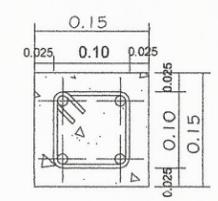
DETALLE DE MURO A-A'



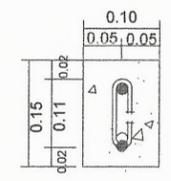
DETALLE DE MURO B-B'



4 No. 4 CORRIDOS
ESTRIBO No. 3 @ 0.15
COLUMNA TIPO C-1



4 No. 3 CORRIDOS
ESTRIBO No. 2 @ 0.15
COLUMNA TIPO C-2



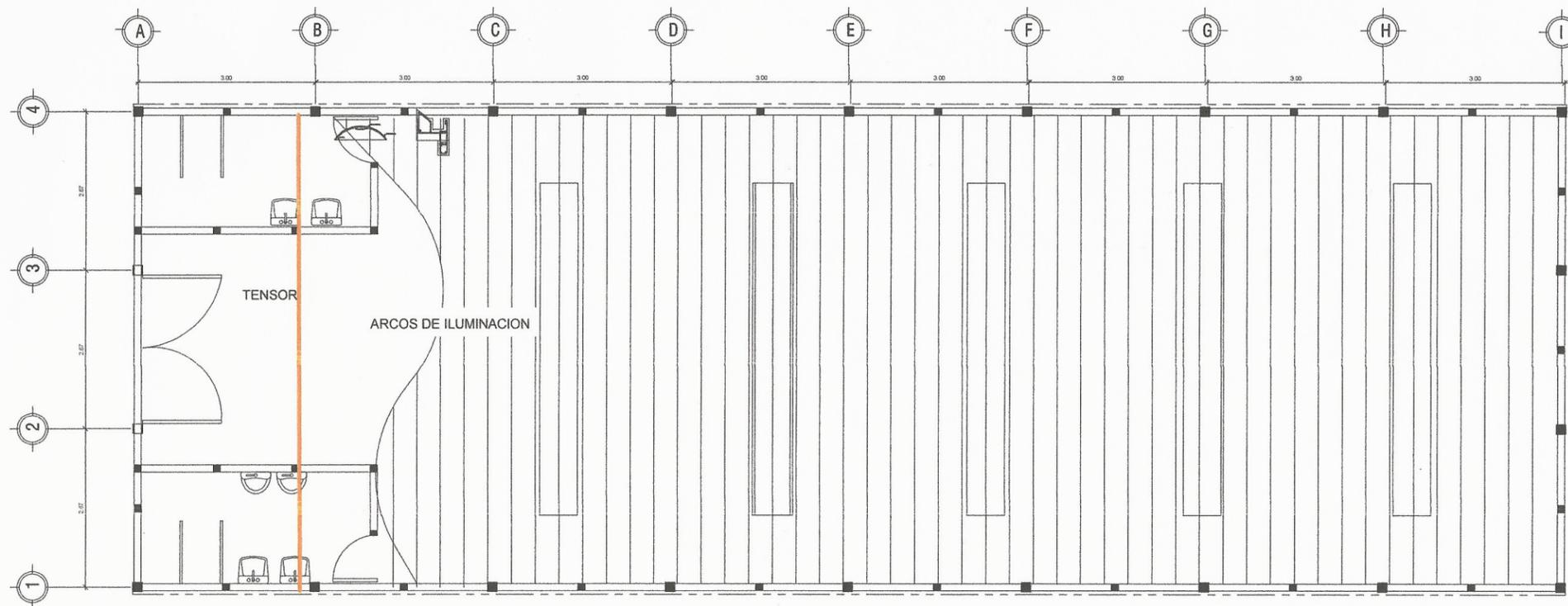
2 No. 3 + ESLABON No. 2 @ 0.15
COLUMNA TIPO C-3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA
COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA

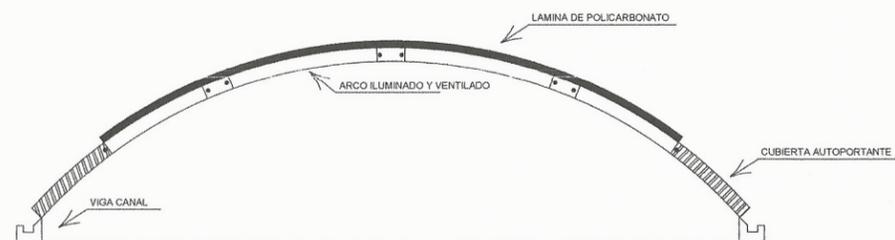
CONTENIDO: DETALLES

DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ASESOR - SUPERVISOR DE E.P.S. ING. MANUEL ALFREDO ARRILLAGA Unidad de Prácticas de Ingeniería	CÁLCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO FECHA: 15 DE DICIEMBRE 2018 ASESOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	HOJA No. 4 / 13
---	---	------------------------



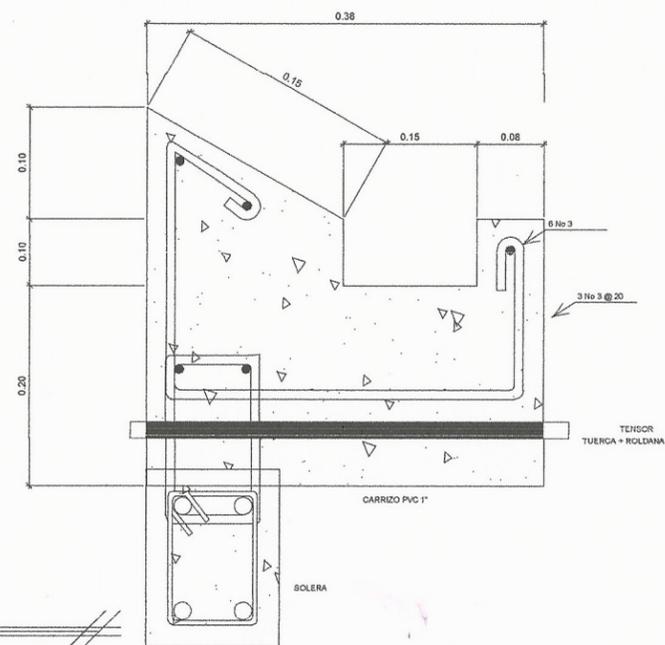
PLANTA TECHO

ESCALA 1:150



DETALLE TECHO

DETALLE VIGA CANAL



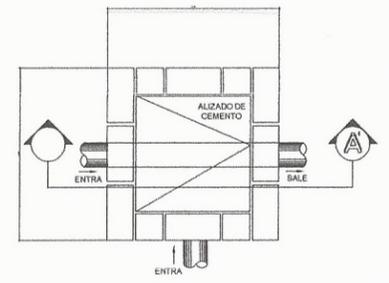
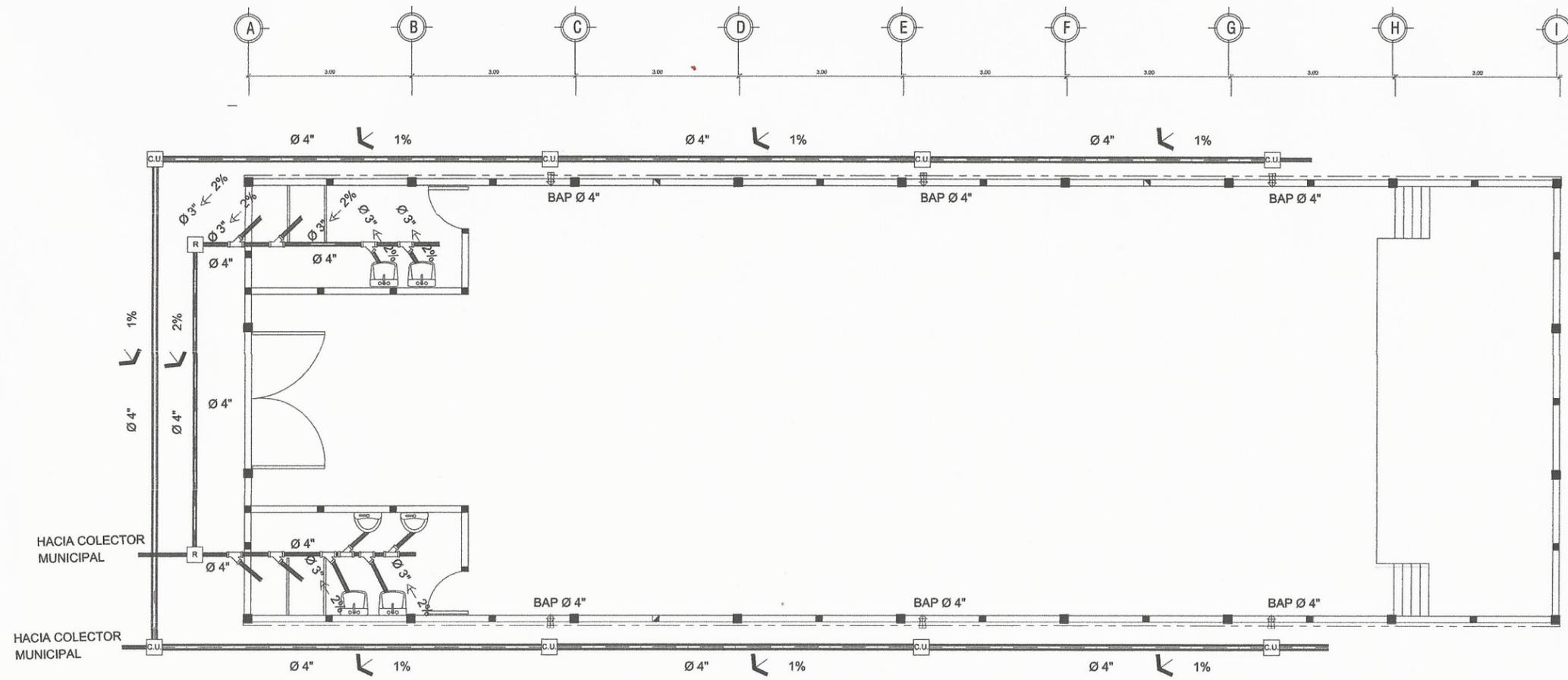
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA
 COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLES Y PLANTA

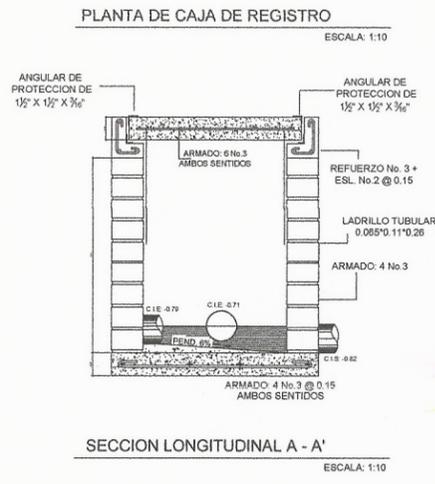
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No.
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA	5 / 13

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS



PLANTA INSTALACION DRENAJES

SIMBOLOGÍA DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES PVC Ø 4"
	TUBERIA DE AGUAS SERVIDA PVC
	CAJA UNION
	CODO 90° VERTICAL PVC
	CAJA REGISTRO
	SENTIDO DE LA PENDIENTE
	BAJADA DE AGUA PLUVIALES



ESPECIFICACIONES TECNICAS

1. TODA LA TUBERIA SERA DE CLORURO DE POLIVINILO (PVC) QUE CUMPLA CON NORMA ASTM D 1785, BAJO CEDULA 40.
2. LA TUBERIA DE AGUAS NEGRAS DEBERA TENER UNA PENDIENTE MINIMA DE 2%.
3. LA TUBERIA DE AGUAS PLUVIALES DEBERA TENER UNA PENDIENTE MINIMA DE 1%.
4. LA TUBERIA DEBERA SER COLOCADA A UNA PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.40m BAJO EL NIVEL DE PISO TERMINADO.
5. LAS INSTALACIONES SANITARIAS DEBERAN SER COLOCADAS BAJO LAS INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SE DEBERA COLOCAR DE MATERIA DE 0.10m DE ESPESOR.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA
 COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA

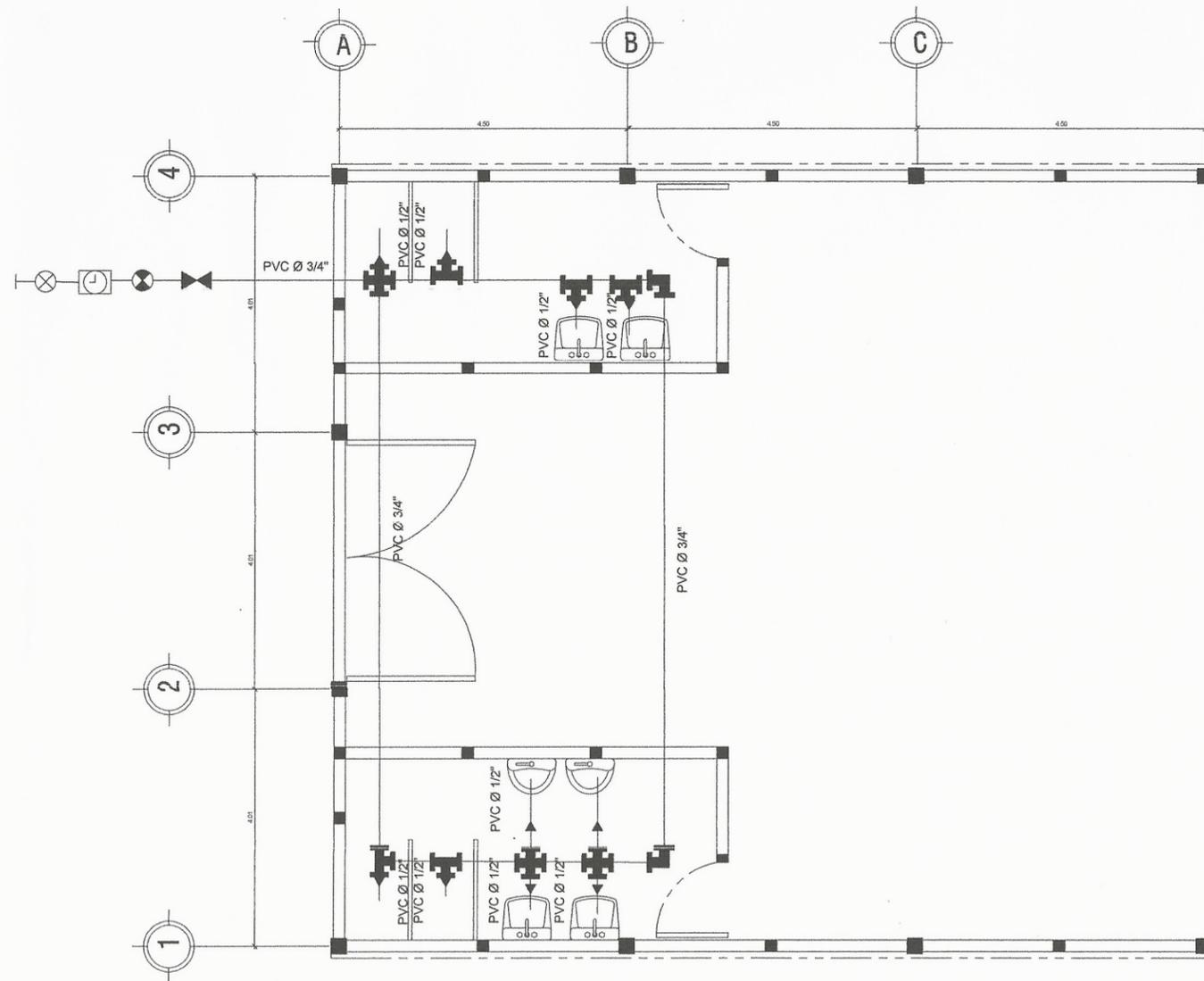
CONTENIDO: EDIFICIO ESCOLAR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

ING. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
 DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
 CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
 FECHA: SEPTIEMBRE 2018
 ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA

HOJA No. 6 / 13



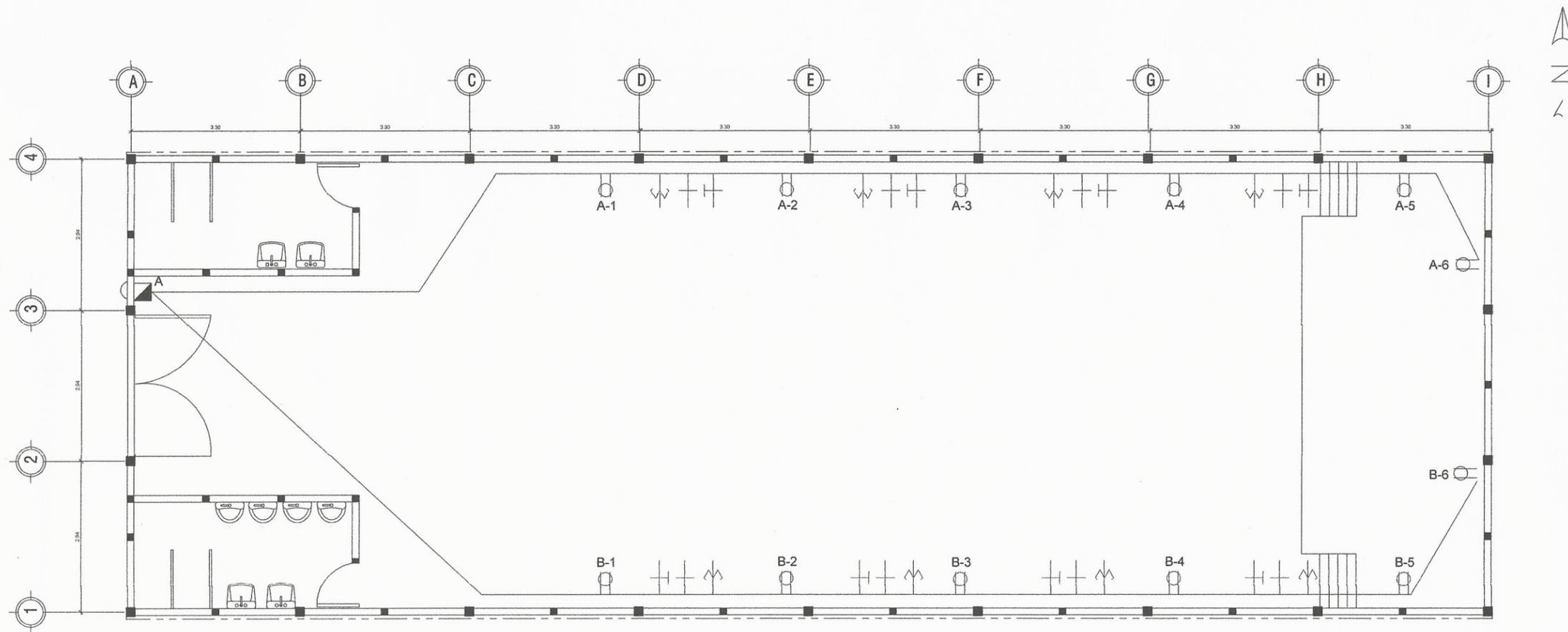
SIMBOLOGÍA ELECTRICA/ FUERZA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	CODO PVC Ø TUBERIA INDICADO
	TEE PVC Ø TUBERIA INDICADO
	CODO VERTICAL PVC Ø TUBERIA INDICADO
	LLAVE DE PASO
	TUBO PVC PARA AGUA POTABLE Ø INDICADO
	LLAVE DE GLOBO
	CONTADOR

ESPECIFICACIONES TECNICAS

1. TODA LA TUBERIA SERA DE CLORURO DE POLIVINILO (PVC) QUE CUMPLA CON NORMA ASTM D 1785, BAJO CEDULA 40.
2. EL CIRCUITO DE DISTRIBUCION SERA DE PVC Ø 3/4" Y EN LA ENTRADA A ACCESORIOS LA TUBERIA SERA REDUCIDA A Ø 1/2".
3. TODAS LAS JUNTA DE TUBERIA, UNIONES Y CONECCION DEL SISTEMA DE SITRIBUCION SERAN IMPERMEABILIZADAS CUBRIENDO LA ROSCA CON CINTA TEFLON ANTES DE ACOPLARLA
4. TODO EL CIRCUITO DEBE SER COLOCADA A UNA PROFUNDIDAD MINIMA DE 0.30m BAJO EL NIVEL DE PISO TERMINADO.
5. LAS VALVULAS Y LLAVES DEBERA SER PARA 125 PSI COMO MINIMO Y TODOS LOS ACCESORIOS TENDRAN CONTRALLAVE CROMADA DE Ø 1/2".

PLANTA INSTALACION
HIDRAULICA

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA				
CONTENIDO: PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA				
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALZULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No. 7 / 13	
Ing. Manuel Alfredo Arrillaga Ochoa ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		FECHA: SEPTIEMBRE 2015	ASESOR: ING MANUEL ARRILLAGA	
ASESOR: ING MANUEL ALFREDO ARRILLAGA OCHOA				



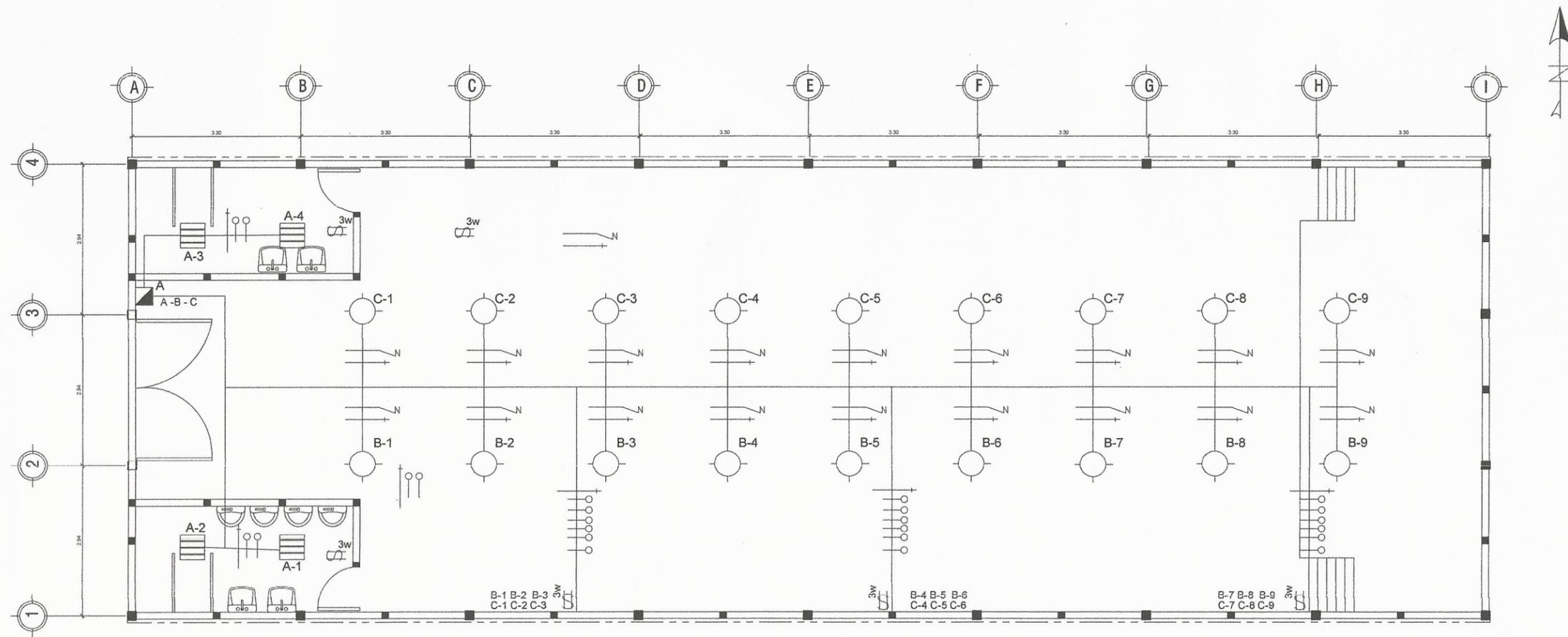
PLANTA INSTALACION
ELECTRICA (FUERZA)

SIMBOLOGÍA ELECTRICA/ FUERZA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LINEA NEUTRO 12 TW O INDICADO
	LINEA VIVA 12 TW O INDICADO
	LINEA TIERRA 12 TW O INDICADO
	TOMACORRIENTE (1,10V) H=0.30m S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED
	CONTADOR H=1.80 S.N.P.T.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONDUCTORES:
POSITIVO CALIBRE 12 AWG, THHN; COLOR ROJO
NEUTRO CALIBRE 12 AWG, THHN; COLOR BLANCO
RETORNO CALIBRE 12 AWG, THHN; COLOR NEGRO
LA TUBERÍA SERA POLIDUCTO DE 1 1/4" O INDICADO
E IRA EMPOTRADO EN MUROS Y EN CLIPS DE TECHO;
- SE COLOCRA UN FLIP ON DE 20 AMPERIOS POR CIRCUITO.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA CONTENIDO: INSTALACION ELECTRICA FUERZA		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
ESCALA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILLAGA
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoaeta ASESOR - SUPERVISOR DE EPS Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS		HOJA No. 8 / 13



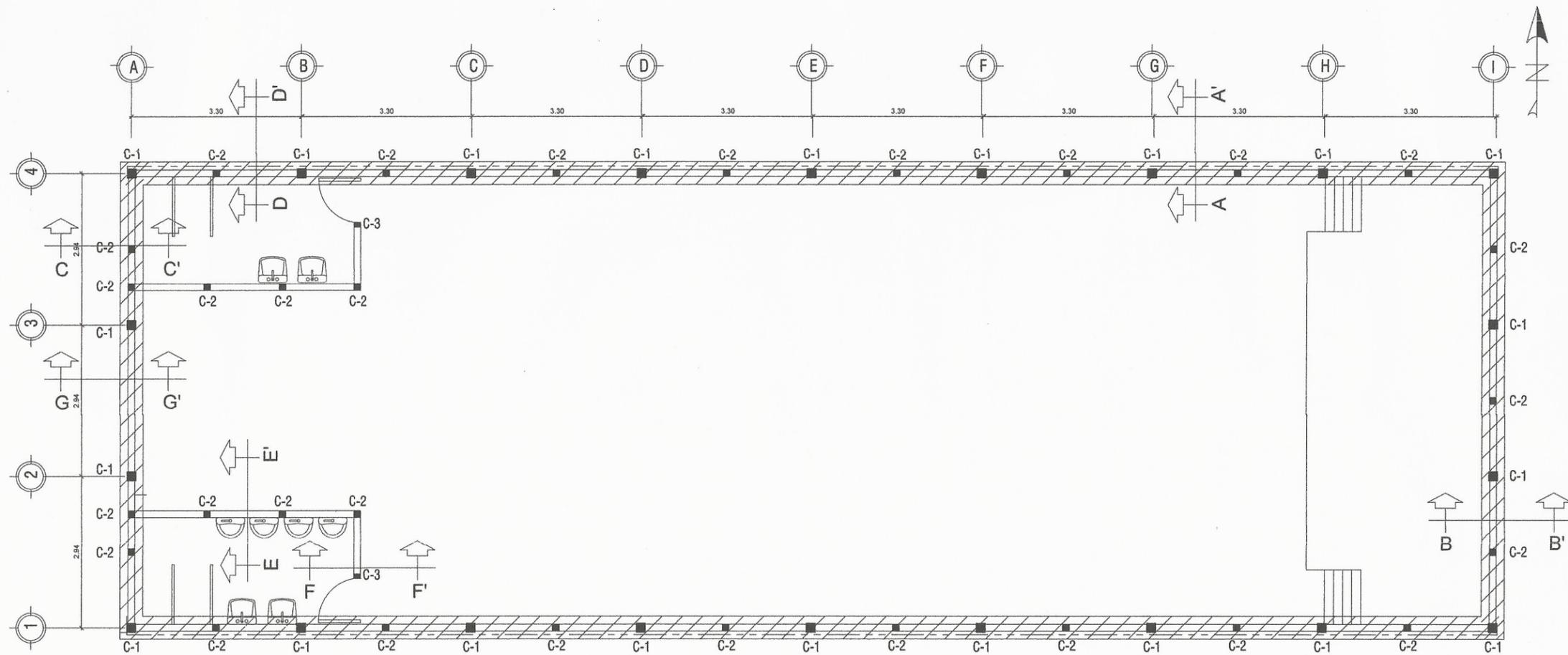
PLANTA INSTALACION
ELECTRICA (ILUMINACION)

SIMBOLOGÍA ELECTRICA/ILUMINACION	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	CONDUCTOR NEUTRO
	CONDUCTOR RETORNO
	CONDUCTOR POSITIVO
	INTERRUPTOR TRIPLE H=1.20 S.N.P.T.
	TUBO PVC ELÉCTRICO Ø 3/4" O INDICADO EMPOTRADO EN PARED
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN H=1.70 S.N.P.T.
	LAMPARA DOBLE (4 X 17 WATTS)

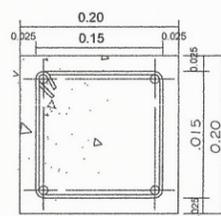
ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONDUCTORES:
POSITIVO CALIBRE 12 AWG, THHN; COLOR ROJO
NEUTRO CALIBRE 12 AWG, THHN; COLOR BLANCO
RETORNO CALIBRE 12 AWG, THHN; COLOR NEGRO
LA TUBERIA SERA POLIDUCTO DE 1 1/4" O INDICADO
E IRA EMPOTRADO EN MUROS Y EN CLIPS DE TECHO;
- SE COLOCRA UN FLIP ON DE 20 AMPERIOS POR CIRCUITO.

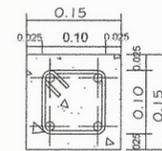
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		HOJA No. 9 / 13
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA CONTENIDO: INSTALACION ELECTRICA ILUMINACION		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	ASesor: ING. MANUEL ARRILLAGA
FECHA: 18/05/2018	ASesor - SUPERVISOR: ING. MANUEL ARRILLAGA	



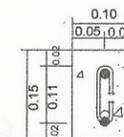
PLANTA DE CIMENTACIONES Y COLUMNAS



4 No. 4 CORRIDOS
ESTRIBO No. 3 @ 0.15
COLUMNA TIPO C-1

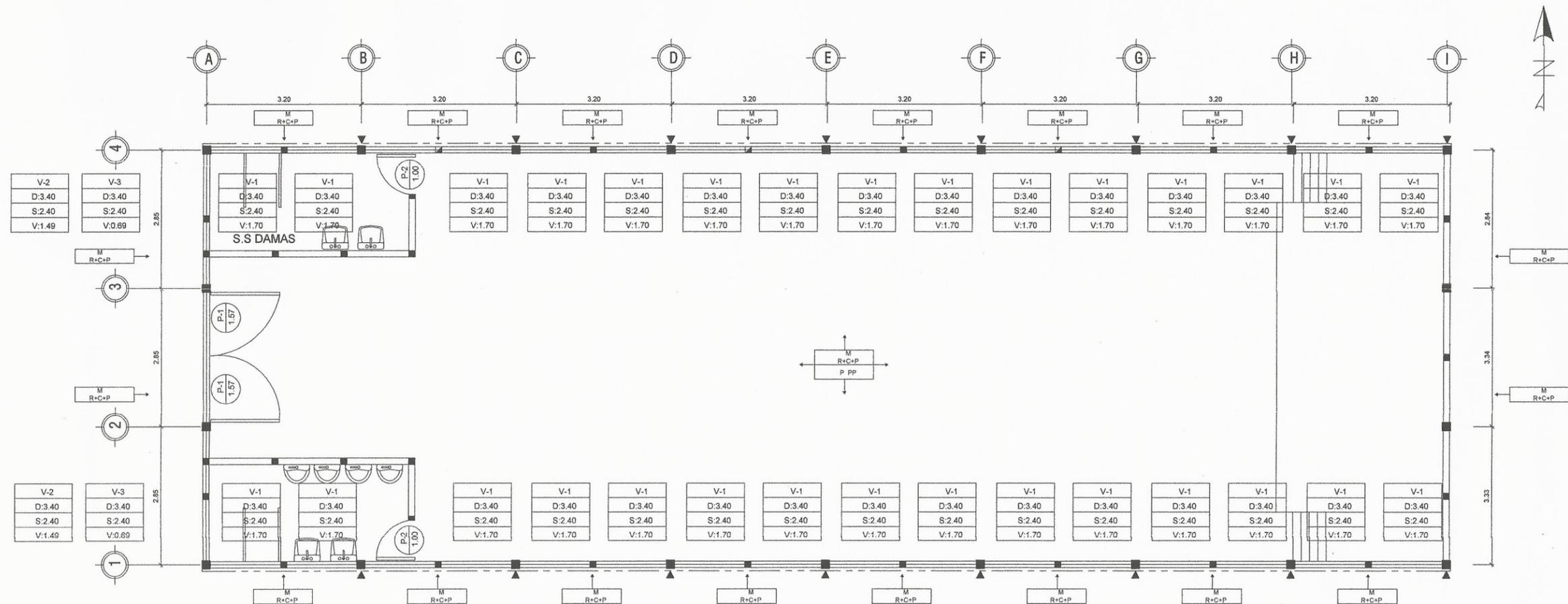


4 No. 3 CORRIDOS
ESTRIBO No. 2 @ 0.15
COLUMNA TIPO C-2



2 No. 3 + ESLABON No. 2 @ 0.15
COLUMNA TIPO C-3

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA		
CONTENIDO: PLANTA DE CIMENTACION Y COLUMNAS		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO
ASESOR - SUPERVISOR DE MEMBROS: Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta		ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILAGA OCHAETA
ASESOR: ING. MANUEL ARRIVILAGA OCHAETA		HOJA No. 10 / 13



PLANILLA DE PUERTAS

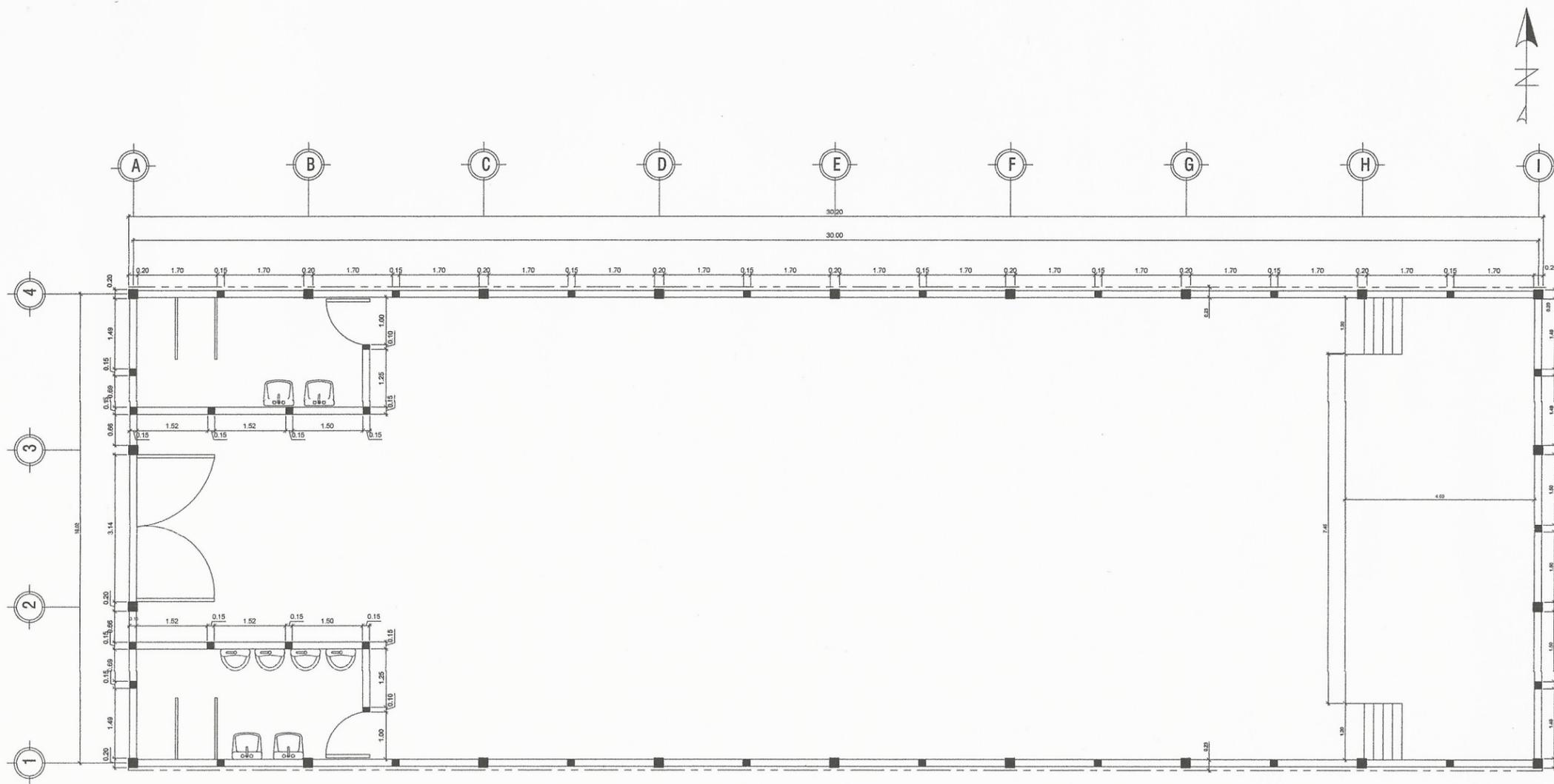
TIPO	ANCHO	ALTO	REMATE	UNIDADES	SOBRE PUERTA	MATERIAL
P-1	1.57 m	2.20 m	HASTA SOLERA	2	----	METAL
P-2	1.00 m	2.20 m	HASTA SOLERA	2	0.10m	MADERA
P-4	0.70 m	1.50 m	----	6	----	ACERO INOXIDABLE

PLANILLA DE VENTAS

TIPO	SILLAR	INTEL	VANO	ALTO	REMATE	MATERIAL
V-1	2.40 m	3.40 m	1.70 m	1.00 m	HASTA SOLERA	METAL+ VIDRIO CLARO
V-2	2.40 m	3.40 m	1.70 m	1.00 m	HASTA SOLERA	METAL + VIDRIO CLARO
V-4	2.40 m	3.40 m	1.70 m	1.00 m	HASTA SOLERA	METAL + VIDRIO CLARO

PLANTA DE ACABADOS

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA		
CONTENIDO: ACABADOS		
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No.
ESCALA: INDICADA	FECHA: 11/13	ASesor: ING. MANUEL ARRIVILLAGA
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga ASesor - SUPERVISOR DE E.P.S. Unidad de Presidencia de la Universidad de San Carlos de Guatemala		



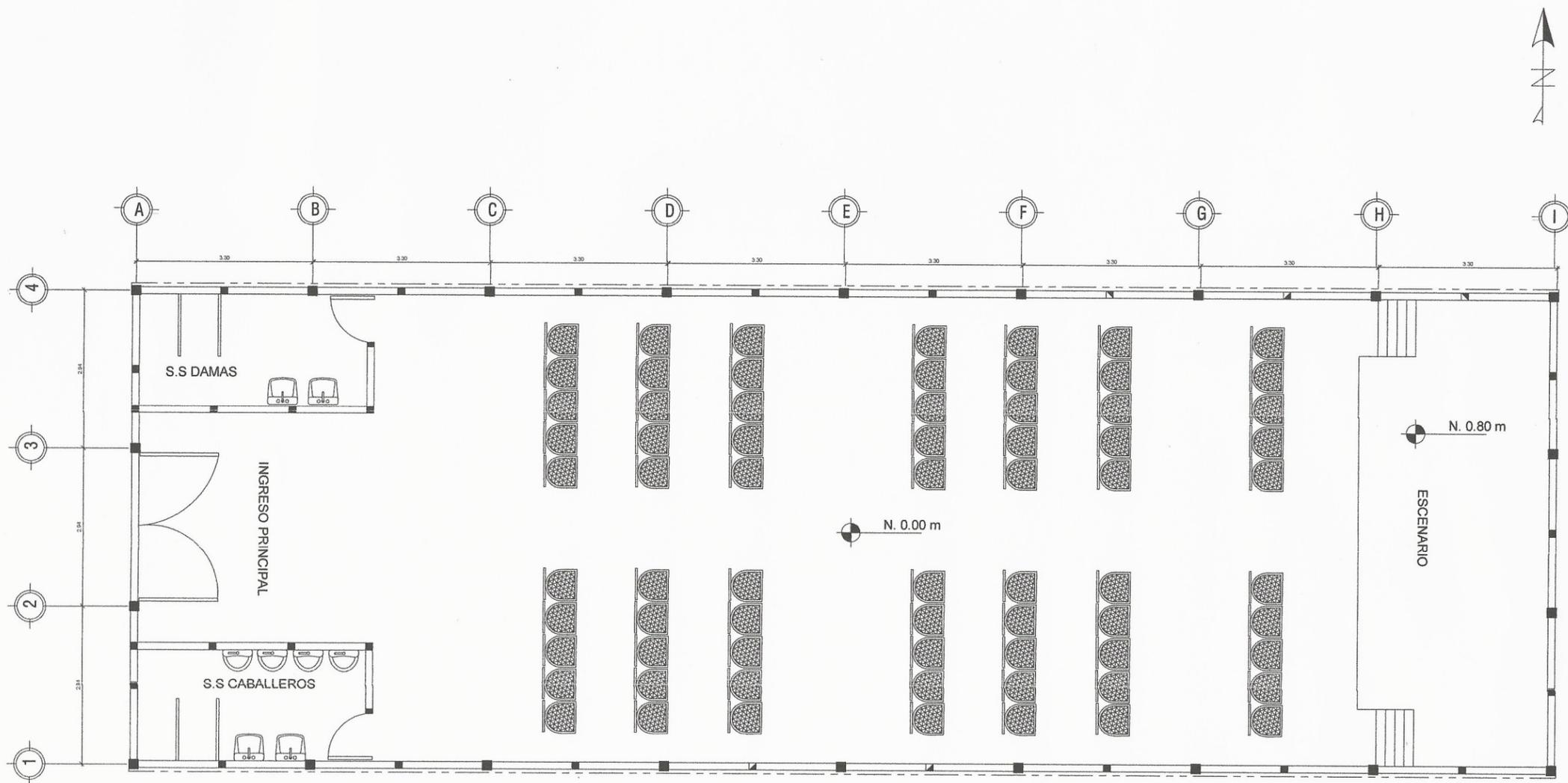
PLANTA ACOTADA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE E.P.S.

PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA
 COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA

CONTENIDO: COTAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA OSMAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ESCALA: ASBSOR - SUPERVISOR DE E.P.S. Unidad de Prácticas de Ingeniería y P.P.S.	OSMAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA	CALCULO: OSMAR ALEXANDER MONTES CASTILLO ASESOR: ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA	HOJA No. 12 / 13
---	--	--	---------------------



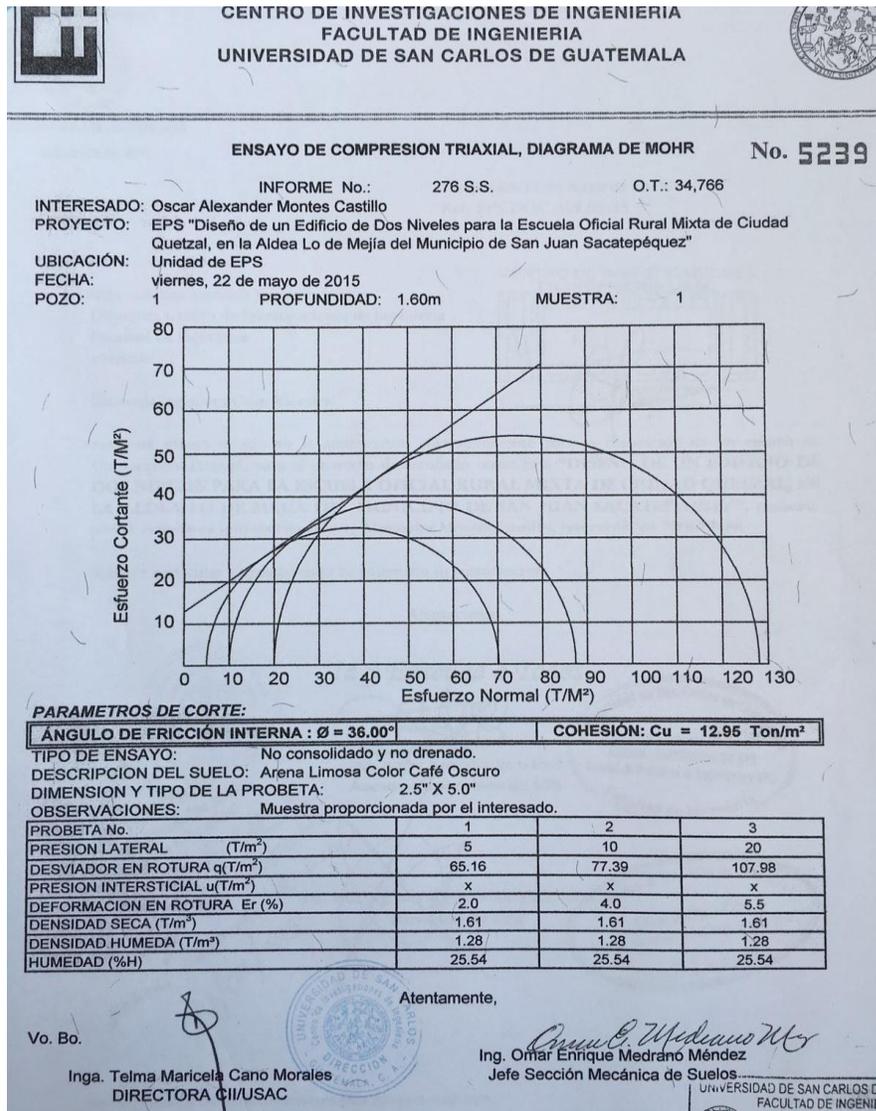
PLANTA ARQUITECTONICA

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	FACULTAD DE INGENIERIA		
	UNIDAD DE E.P.S.		
PROYECTO: SALON DE USOS MULTIPLES Y AREA RECREATIVA COLONIA VILLAS DE SAN JUAN, CIUDAD DE GUATEMALA			
CONTENIDO: ARQUITECTONICA			
DISEÑO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	DIBUJO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	CALCULO: OSCAR ALEXANDER MONTES CASTILLO	HOJA No.
ESCALA: INDICADA	FECHA: SEPTIEMBRE 2018	ASESOR: ING MANUEL ARRIVILLAGA	13 / 13


 Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS

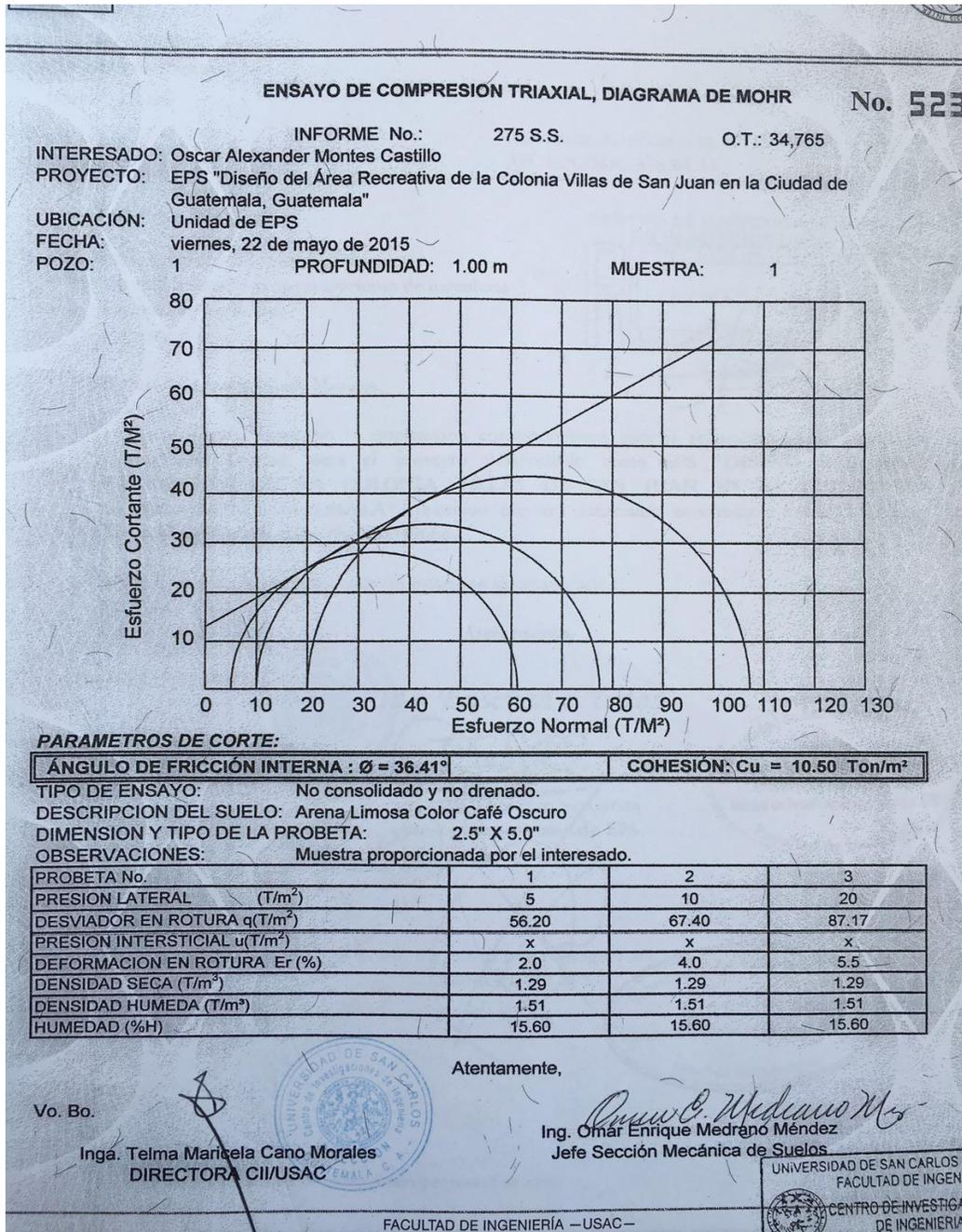
ANEXOS

Anexo 1. Ensayo 1 de compresión triaxial, diagrama de Mohr



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería/ Mecánica de Suelos. Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Anexo 2. **Ensayo 2 de compresión triaxial, diagrama de Mohr**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería/ Mecánica de Suelos. Facultad de Ingeniería.
Universidad de San Carlos de Guatemala.