



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

**DISEÑO DE EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA  
Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS  
CENTRAL**

**Rody Francisco Cardona Aguirre**

Asesorado por la Ingeniera Christa Classon de Pinto

Guatemala, mayo de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA  
Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS  
CENTRAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**RODY FRANCISCO CARDONA AGUIRRE**  
ASESORADO POR LA INGA. CHRISTA CLASSON DE PINTO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MAYO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
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 EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA  
Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS  
CENTRAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 21 de febrero de 2018.

**Rody Francisco Cardona Aguirre**



Guatemala, 31 de octubre de 2018  
REF.EPS.DOC.914.10.2018

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

Estimado Ingeniero Argueta Hernández.

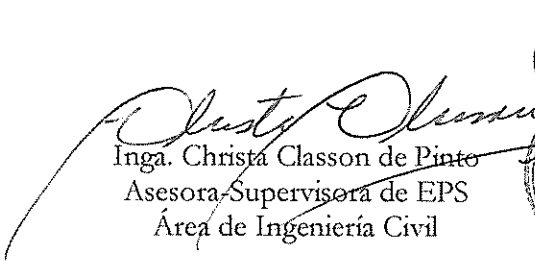
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rody Francisco Cardona Aguirre**, Registro Académico 201404150 y CUI 3417 75037 2106 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS CENTRAL.**

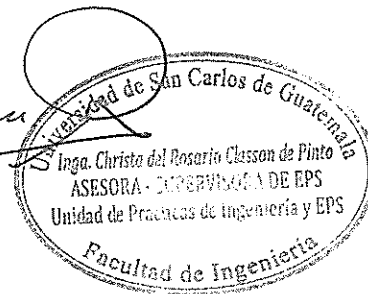
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Christa Classon de Pinto  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
CCdP/ra



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
03 de abril de 2019

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 EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS CENTRAL desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rody Francisco Cardona Aguirre, con Registro Estudiantil No. 201404150, quien contó con la asesoría de la Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto.

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,

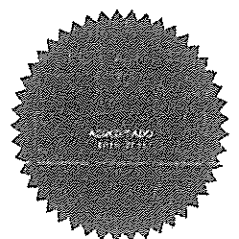
ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
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, 05 de abril de 2019

Ref.EPS.D.131.04.19

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 EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS CENTRAL**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rody Francisco Cardona Aguirre, CUI 3417 75037 2106** y **Registro Académico 201404150**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Christa Classon de Pinto.

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

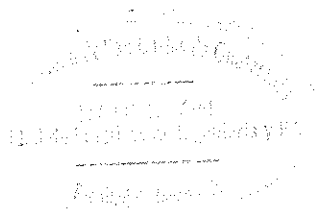
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

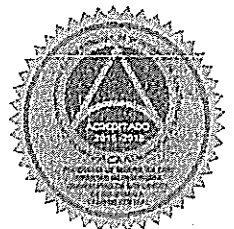


El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación del estudiante Rody Francisco Cardona Aguirre titulado **DISEÑO DE EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS CENTRAL** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco.

Guatemala, mayo 2019

/mrrm.



---

*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 273.2019

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 EDIFICACIÓN ANEXA AL EDIFICIO T-11 PARA LA FACULTAD DE FARMACIA Y CIENCIAS QUÍMICAS, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CAMPUS CENTRAL**, presentado por el estudiante universitario: **Rody Francisco Cardona Aguirre**, 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 Peláez  
Decano



Guatemala, mayo de 2019

/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Mi madre** Miriam Aguirre, por ser un ejemplo de lucha y dedicación, su cariño y su apoyo incondicional durante mi carrera universitaria.
- Mis hermanos** Daniel Cardona y Diego Aguirre, por soportarme y acompañarme durante este tiempo.
- Mi padre** Por todo su cariño, comprensión y confianza.
- Mi familia y amigos** Por sus buenos consejos e invaluable cariño.
- Mi abuelo** Don Paco Cardona, por sus enseñanzas y haber sido el mejor ejemplo de moral e integridad que un nieto puede pedir.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la casa de estudios que me formó de manera personal y profesional, y haber vivido dentro del campus una etapa trascendental en mi vida.
<b>Facultad de Ingeniería y Escuela de Ingeniería Civil</b>	Por brindarme el conocimiento y las herramientas necesarias para culminar mi carrera.
<b>Ing. Arnoldo Flores</b>	Por compartir su conocimiento y apoyarme durante la realización de este proyecto. Por su invaluable amistad estaré eternamente agradecido.
<b>División de Servicios Generales, USAC</b>	Por brindarme la oportunidad y la confianza de elaborar este trabajo de graduación, así también, por su compañerismo y enseñanza.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS .....	XIX
INTRODUCCIÓN .....	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía de la Facultad de Ciencias Química y Farmacia.....	1
1.1.1. Ubicación y localización .....	2
1.1.2. Población estudiantil actual.....	3
1.1.3. Clima.....	5
1.1.4. Vías de acceso.....	6
1.1.5. Servicios públicos .....	6
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	7
2.1. Diseño de edificio anexo T-11.....	7
2.1.1. Descripción del proyecto.....	7
2.1.2. Estudio de suelos.....	8
2.1.2.1. Ensayo de compresión triaxial .....	8
2.1.2.2. Determinación de valor soporte .....	9
2.1.3. Levantamiento topográfico.....	11
2.1.4. Diseño arquitectónico.....	12
2.1.4.1. Estructuración .....	12

	2.1.4.1.1.	Sistema estructural a utilizar .....	12
	2.1.4.1.2.	Requerimiento de áreas.....	13
	2.1.4.1.3.	Distribución de espacios .....	13
	2.1.4.1.4.	Alturas y cotas .....	13
2.1.5.		Análisis estructural.....	14
	2.1.5.1.	Predimensionamiento estructural .....	14
	2.1.5.2.	Modelos matemáticos de marcos .....	19
	2.1.5.3.	Cargas aplicadas en marcos .....	21
		2.1.5.3.1. Cargas verticales.....	21
		2.1.5.3.2. Cargas horizontales.....	25
	2.1.5.4.	Análisis de marcos por método numérico.....	49
	2.1.5.5.	Momentos últimos por envolvente de momentos .....	69
	2.1.5.6.	Diagramas de momentos.....	75
	2.1.5.7.	Diagramas de corte.....	77
	2.1.5.8.	Resultados del software de análisis estructural (ETABS).....	81
2.1.6.		Diseño estructural.....	82
	2.1.6.1.	Diseño de losas .....	83
	2.1.6.2.	Diseño de vigas .....	97
	2.1.6.3.	Diseño de columnas .....	106
	2.1.6.4.	Diseño de nudo sísmico.....	125
	2.1.6.5.	Diseño de cimentación.....	128
	2.1.6.6.	Diseño de muro de sótano.....	138
	2.1.6.7.	Diseño de muros de tabiquería.....	154

2.1.6.8.	Diseño de módulo de gradas .....	156
2.1.6.9.	Diseño de torre de rampas.....	163
2.1.6.10.	Diseño de instalaciones hidráulicas ...	165
2.1.6.11.	Diseño de instalaciones sanitarias .....	167
2.1.6.12.	Diseño de instalaciones eléctricas .....	169
2.1.7.	Juntas .....	171
2.1.8.	Presupuesto.....	172
2.1.9.	Cronograma .....	175
2.1.10.	Evaluación de impacto ambiental.....	176
CONCLUSIONES.....		181
RECOMENDACIONES .....		183
BIBLIOGRAFÍA .....		185
APÉNDICES.....		187
ANEXOS .....		193



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Imagen satelital del Campus Central, Universidad de San Carlos de Guatemala .....	3
2.	Población estudiantil entre el 2012 y el 2016 en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia .....	4
3.	Marcos en sentido longitudinal (dimensiones en metros) .....	20
4.	Marcos en sentido transversal (dimensiones en metros).....	20
5.	Marcos en sentido transversal con cargas verticales .....	24
6.	Planta geométrica, nivel 0 .....	40
7.	Planta geométrica, niveles 1, 2 y 3 .....	40
8.	Cargas verticales y horizontales en marco .....	48
9.	Diagrama de momentos en vigas, carga muerta .....	63
10.	Diagrama de momentos en columnas, carga muerta .....	64
11.	Diagrama de momentos en vigas, carga viva .....	65
12.	Diagrama de momentos en columnas, carga viva .....	66
13.	Diagrama de momentos en vigas, carga sísmica .....	67
14.	Diagrama de momentos en columnas, carga sísmica .....	68
15.	Envolvente de momentos en vigas .....	75
16.	Envolvente de momentos en columnas .....	76
17.	Diagrama de corte en vigas.....	79
18.	Diagrama de corte en columnas.....	80
19.	Diagrama de momentos obtenido con ETABS (cifras en kg*m) .....	81
20.	Planta de distribución de losas .....	83
21.	Momentos actuantes en losas .....	90



22.	Momentos balanceados en losas .....	93
23.	Armado longitudinal en vigas según capítulo 18, ACI 318-14 .....	100
24.	Armado del refuerzo longitudinal de la viga .....	101
25.	Armado transversal en vigas según capítulo 18, ACI 318-14.....	104
26.	Armado de refuerzo trasnversal en viga.....	105
27.	Esquema de carga axial.....	118
28.	Esquema de carga axial con excentricidad $e_x$ .....	119
29.	Esquema de carga axial con excentricidad $e_y$ .....	120
30.	Disposición de refuerzo transversal según ACI 318-14.....	122
31.	Sección transversal de columna.....	124
32.	Sección longitudinal de columna .....	124
33.	Esquema de cargas en zapata combinada .....	130
34.	Diagramas de cortante y momento en la zapata .....	132
35.	Franjas de armado transversal en la zapata .....	136
36.	Detalle de armado de zapata combinada.....	137
37.	Muro de contención dimensionado.....	139
38.	Distribución geométrica de muro.....	141
39.	Distribución de presiones en el terreno .....	142
40.	Distribución de presiones y cargas sobre el diente .....	143
41.	Distribución de presiones y cargas en el talón .....	147
42.	Distribución de presiones y cargas en la pantalla .....	150
43.	Diseño y armado de muro para sótano .....	153
44.	Juntas en muros de tabiquería.....	154
45.	Disposición de mochetas y soleras en muros de tabiquería .....	156
46.	Geometría del tramo de escaleras .....	157
47.	Disposición de acero en gradas .....	162
48.	Geometría del tramo típico en módulo de rampas .....	164
49.	Disposición de acero en rampas .....	164

## TABLAS

I.	Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof.....	9
II.	Datos de diseño.....	14
III.	Cargas verticales.....	21
IV.	Parámetros para determinar el corte basal.....	26
V.	Nivel de protección sísmica.....	26
VI.	Coefficiente de sitio $F_a$ .....	27
VII.	Coefficiente de sitio $F_v$ .....	27
VIII.	Factor $N_a$ para períodos cortos de vibración.....	28
IX.	Factor $N_v$ para períodos largos de vibración.....	28
X.	Factor de calibración.....	29
XI.	Distribución de fuerzas por nivel.....	35
XII.	Centro de rigidez en X, nivel 0.....	37
XIII.	Centro de rigidez en Y, nivel 0.....	38
XIV.	Centro de rigidez en X, niveles 1, 2 y 3.....	38
XV.	Centro de rigidez en Y, niveles 1, 2 y 3.....	39
XVI.	Centros de masa.....	41
XVII.	Excentricidades, nivel 0.....	42
XVIII.	Excentricidades, nivel 1.....	42
XIX.	Excentricidades, nivel 2.....	42
XX.	Excentricidades, nivel 3.....	43
XXI.	Fuerzas por marcos eje X, nivel 3.....	44
XXII.	Fuerzas por marcos eje Y, nivel 3.....	45
XXIII.	Fuerzas por marcos eje X, nivel 2.....	45
XXIV.	Fuerzas por marco eje Y, nivel 2.....	46
XXV.	Fuerzas por marco eje X, nivel 1.....	46
XXVI.	Fuerzas por marco eje Y, nivel 1.....	47
XXVII.	Fuerzas por marco eje X, nivel 0.....	47

XXVIII.	Fuerzas por marco eje Y, nivel 0.....	48
XXIX.	Rigideces en vigas .....	50
XXX.	Rigideces en columnas .....	51
XXXI.	Factores de giro .....	53
XXXII.	Momentos fijos para cargas muertas .....	57
XXXIII.	Momentos fijos para cargas vivas .....	60
XXXIV.	Combinaciones de carga según ACI 318-14.....	69
XXXV.	Envolvente de momentos en vigas.....	70
XXXVI.	Envolvente de momentos en columnas.....	72
XXXVII.	Envolvente de momentos en zapatas .....	74
XXXVIII.	Fuerza cortante en vigas.....	78
XXXIX.	Fuerza cortante en columnas.....	78
XL.	Comparación de momentos Kani – ETABS .....	82
XLI.	Separación de estribos.....	105
XLII.	Integración de carga para columnas centrales, primer nivel .....	108
XLIII.	Integración de carga para columnas de esquina, primer nivel .....	108
XLIV.	Integración de carga para columnas de borde en sentido longitudinal, primer nivel.....	109
XLV.	Integración de carga para columnas de borde en sentido transversal, primer nivel .....	109
XLVI.	Integración de carga para columnas centrales, segundo nivel.....	110
XLVII.	Integración de carga para columnas de esquina, segundo nivel.....	110
XLVIII.	Integración de carga para columnas de borde en sentido longitudinal, segundo nivel .....	111
XLIX.	Integración de carga para columnas de borde en sentido transversal, segundo nivel.....	111
L.	Integración de carga para columnas centrales, tercer y cuarto nivel .....	112

LI.	Integración de carga para columnas de esquina, tercer y cuarto nivel .....	112
LII.	Integración de carga para columnas de borde en sentido longitudinal, tercer y cuarto nivel .....	113
LIII.	Integración de carga para columnas de borde en sentido transversal, tercer y cuarto nivel.....	113
LIV.	Coeficientes de empotramiento y relaciones de esbeltez, columnas del primer nivel.....	115
LV.	Resistencia nominal del nudo a cortante $V_n$ .....	128
LVI.	Distribución geométrica de muro .....	141
LVII.	Unidades de gasto Hunter por aparato.....	165
LVIII.	Gastos probables por método de Hunter (lt/s).....	166
LIX.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones de PVC ..	168
LX.	Diámetro y pendiente recomendada en función de la cantidad de unidades de descarga .....	169
LXI.	Requerimiento de luxes en función del uso del área en edificios.....	170
LXII.	Presupuesto del proyecto .....	172
LXIII.	Cronograma del proyecto .....	176
LXIV.	Matriz de evaluación de impacto ambiental.....	177



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$A_s$	Área de acero
$A_g$	Área gruesa
$A_t$	Área tributaria
$b$	Base del elemento
$C_g$	Centro de gravedad
$C_m$	Centro de masa
$C_R$	Centro de rigidez
$C'$	Cohesión del suelo
$\Psi$	Coeficiente del grado de empotramiento a la rotación de una columna
$C_M$	Carga muerta
$P$	Carga puntual
$q$	Capacidad soporte del suelo
$C_U$	Carga última
$C_V$	Carga viva
$\emptyset$	Diámetro
$m^2$	Dimensional de área, metro cuadrado
$m^3$	Dimensional de volumen, metro cúbico
$e$	Excentricidad
$V$	Esfuerzo cortante
$F_{cu}$	Factor de carga última
$U$	Factor de corrimiento
$N_q$	Factor de flujo de carga

<b><math>N_\gamma</math></b>	Factor de flujo
<b><math>\mu</math></b>	Factor de giro
<b>s</b>	Espaciamiento del refuerzo de acero
<b>I</b>	Inercia
<b>Kg-m</b>	Kilogramo metro
<b>M</b>	Momento
<b><math>M_b</math></b>	Momento balanceado
<b><math>\Upsilon</math></b>	Peso específico
<b><math>f'_c</math></b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b><math>f_y</math></b>	Resistencia a la fluencia del acero
<b>K</b>	Rigidez
<b>T</b>	Tonelada
<b>W</b>	Peso
<b>d</b>	Peralte efectivo

## GLOSARIO

<b>ACI</b>	American Concrete Institute.
<b>Área tributaria</b>	Teóricamente se define como la zona de acción de las cargas para el análisis estructural.
<b>Carga muerta</b>	Cargas permanentes soportadas por un elemento, según se define en la ordenanza general de la construcción, sin mayorar.
<b>Carga viva</b>	Consiste, principalmente, en cargas de ocupación en edificios. Estas pueden estar total o parcialmente en su sitio, o no estar presentes, también pueden cambiar su ubicación.
<b>Columna</b>	Elemento estructural usado principalmente para resistir carga axial a compresión. Su geometría es tal que su altura guarda una relación con su lado de menor dimensión lateral mayor que 3.
<b>Corte basal</b>	Es la fuerza total lateral que se aplica a una estructura para simular, partiendo de un modelo matemático, los efectos del sismo en la edificación.



<b>Deflexión</b>	Deformación de los elementos estructurales que se presenta en forma de curvatura en el eje longitudinal, al ser cargados.
<b>Estribo</b>	Refuerzo utilizado con el fin de resistir los esfuerzos de corte en vigas y columnas.
<b>Estructura</b>	Ordenamiento de un conjunto de elementos encargado de resistir los efectos de las fuerzas externas de un cuerpo físico.
<b>Excentricidad</b>	Distancia entre el centro de masa y el centro de rigidez.
<b>Magnificación de momentos</b>	Factor de seguridad obtenido mediante el análisis de los efectos de esbeltez en las columnas.
<b>Momento resistente</b>	Es el resultado de multiplicar la fuerza de tensión o la de compresión, por el brazo del par interno.
<b>Momento último o de diseño</b>	Es el momento resistente afectado por un factor de magnificación, el cual garantiza que los elementos estructurales son diseñados para soportar las fuerzas internas actuantes con cierto margen de seguridad.
<b>Peralte efectivo</b>	Es la distancia medida desde la fibra extrema hasta el centroide del refuerzo sujeto a tensión.

<b>Rigidez</b>	Capacidad de un elemento al ser cargado de oponerse a las deformaciones.
<b>Viga</b>	Miembro horizontal usado principalmente para soportar cargas que inducen efectos flectores.
<b>Zapata</b>	Tipo de cimentación superficial adecuada, cuando el terreno tiene propiedades de soporte favorables.



## RESUMEN

La siguiente investigación desarrolla una propuesta diseñada durante el Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la División de Servicios Generales, campus central, se presenta una solución técnica para las necesidades de la población estudiantil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

La propuesta corresponde al diseño del proyecto anexo T-11, que consta de un edificio de tres niveles y un sótano, constituido por marcos rígidos de concreto resistentes a momento. El proyecto está conformado por tres módulos, el principal que albergará laboratorios y la biblioteca de dicha Facultad, el secundario que será un módulo útil para incorporar el acceso a la población estudiantil con discapacidades y un tercero que interconectará al edificio T-11 con la nueva estructura. El proyecto tendrá aproximadamente 2 200 m<sup>2</sup> de construcción. Se realizó el análisis estructural por medio del método de Kani y se comparó con el programa de computación ETABS. Presenta también la disposición de instalaciones eléctricas de iluminación y fuerza, instalaciones de agua potable, drenaje sanitario y drenaje pluvial y el presupuesto del costo que tendría para la universidad la realización de dicho proyecto.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseño y planificación de una edificación de 3 niveles y un sótano para la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, campus central.

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación demográfica y un diagnóstico sobre la necesidad de infraestructura en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
2. Diseñar una estructura que ayude a mejorar la capacidad y las condiciones del área docente y estudiantil para la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, contribuyendo con una estructura física diseñada para satisfacer las necesidades de la población estudiantil y brindar espacios adecuados para el desarrollo de las actividades académicas dentro de la Facultad.



## INTRODUCCIÓN

El servicio otorgado por parte de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), tiene como finalidad el diseño y la planificación de proyectos prioritarios que ayuden al desarrollo del país. En conjunto con División de Servicios Generales (DSG) de la universidad, se identificó la necesidad de la implementación de un edificio de módulos de aulas y laboratorios para la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas en el campus central, esto debido a la poca disponibilidad de infraestructura con la que cuenta la Facultad para atender al estudiantado, asimismo, superar los procesos de acreditación a los que están sometidas las 5 escuelas de dicha Facultad.

Uno de los requisitos de la acreditación que se le está exigiendo a la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas es la disminución de la densidad estudiantil en sus salones de clases y laboratorios con el fin de mejorar la calidad de la educación que se imparte, por lo cual, se necesita una nueva estructura para la apertura de nuevos laboratorios, que ayuden a satisfacer la demanda estudiantil y brindar una mejor enseñanza de manera adecuada. Se proyecta la apertura de 7 laboratorios multidiciplinarios con la realización de este proyecto, el cual beneficiará a un aproximado de 1 500 estudiantes.

El diseño de la nueva estructura se deberá realizar tomando en cuenta las políticas para atender a la población con discapacidades en la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Plan de Manejo del Conjunto Histórico del Patrimonio de la Modernidad del Campus Central.





# **1. FASE DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía de la Facultad de Ciencias Química y Farmacia**

Los estudios de Farmacia se llevaban a cabo en la Facultad de Medicina, a partir de 1840 y de la cual el primer farmacéutico egresó en 1843. La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia se estableció el 18 de septiembre de 1918, siendo su primer decano el doctor Rodolfo Robles.

El edificio que ocupó inicialmente la Facultad era el que ocupaba la Escuela Nacional 21 de noviembre, pero como no reunía ninguna condición para el destino que se le había dado, fue derribado y construido el edificio, hoy situado en la 3a. calle 6-47, de la zona 1, siendo decano el Lic. Pedro Arenales, e inaugurado el 16 de diciembre de 1928.

Cabe agregar que en dicho edificio actualmente funcionan algunas dependencias de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Al separarse la Escuela de Farmacia de la de Medicina, se le adjudicó a la primera el laboratorio de química, instalado en la antigua Casa de la Moneda y el Museo Zoológico que había sido fundado por la antigua y benemérita Sociedad Económica de amigos de Guatemala. También la Facultad de Farmacia heredó de la Facultad de Medicina parte de la biblioteca.

Actualmente la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia está ubicada en la zona 12 de la Ciudad Capital, en el complejo conocido como Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia cuenta hoy en día con 4 edificios a su

disposición, el T-10, T-11, T-12 y T-13 y brinda a los estudiantes universitarios las carreras de:

- Químico Biólogo
- Químico Farmacéutico
- Químico
- Biólogo
- Nutrición

#### **1.1.1. Ubicación y localización**

Su sede principal se encuentra en la ciudad universitaria, zona 12 de la Ciudad de Guatemala, siendo el campus universitario más grande de Centroamérica.

El campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentra ubicado en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, en el municipio y departamento de Guatemala. Se localiza en las coordenadas UTM 14 grados, 35 minutos 3,64 segundos, norte 90 grados 33 minutos 13,98 segundos, a una elevación de 1 485 metros sobre el nivel del mar.

Colinda al noreste con la colonia el Carmen, al suroeste con la colonia Villa Sol, al noroeste con la colonia Santa Rosa, y al sur con la colonia Monte María. Al oeste tiene la avenida Petapa y al norte el Anillo Periférico

Figura 1. **Imagen satelital del Campus Central, Universidad de San Carlos de Guatemala**

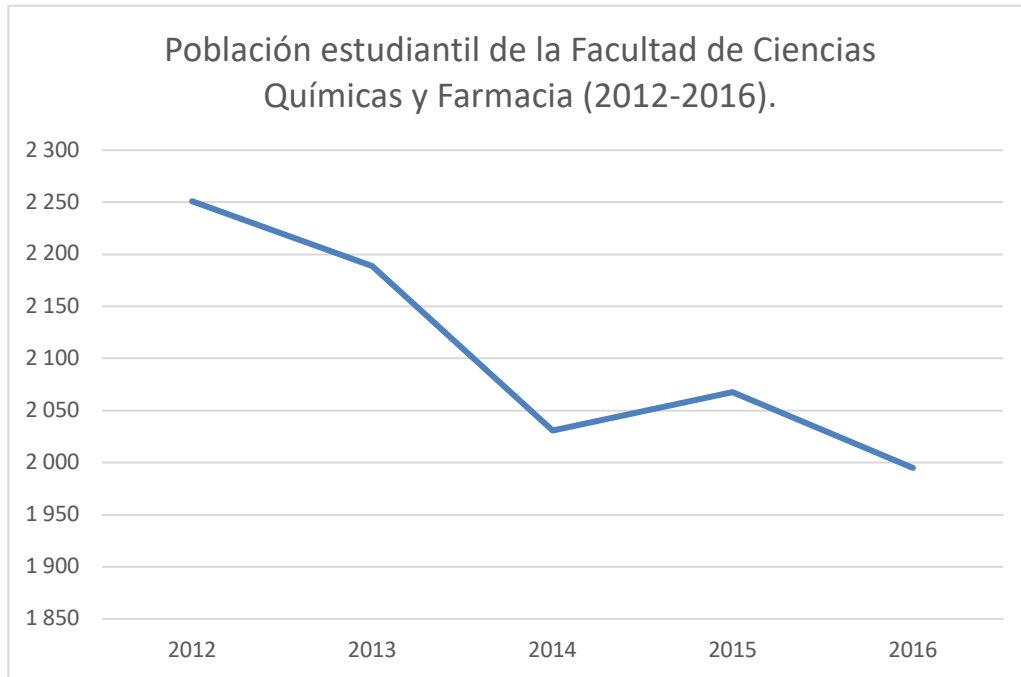


Fuente: elaboración propia utilizando Google Earth, programa de posicionamiento satelital.  
Consulta: octubre de 2017.

### **1.1.2. Población estudiantil actual**

Según el departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia contaba con una población estudiantil de 2 251 estudiantes inscritos en el 2012 y se había mantenido arriba de los 2 000 estudiantes hasta el 2016 que se registraron 1 995 estudiantes inscritos.

Figura 2. **Población estudiantil entre el 2012 y el 2016 en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**



Fuente: Departamento de Registro y Estadística. Universidad de San Carlos de Guatemala.

A pesar del comportamiento decreciente en la población estudiantil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, la infraestructura existente con fines de docencia sigue siendo insuficientes para brindar una atención didáctica adecuada a la población estudiantil.

### **1.1.3. Clima**

El clima en ciudad de Guatemala es generalmente muy suave, casi primaveral, a lo largo del año. La temporada de lluvias se extiende de mayo a noviembre mientras que la estación seca abarca el resto del año. En Ciudad de Guatemala también tiende a soplar mucho el viento, lo que puede reducir la temperatura significativamente.

La ciudad de Guatemala es la capital más fría y más alta de toda Centroamérica, para los meses fríos entre noviembre y febrero las temperaturas mínimas pueden llegar hasta los 3 grados centígrados y las máximas no sobrepasar los 20 grados centígrados.

Su temperatura media anual es de 19 grados centígrados. En el invierno, de diciembre a abril, tienen temperaturas que oscilan entre 5 y 21 grados centígrados. Los veranos van de junio a septiembre con temperaturas que oscilan entre 16 y 25 grados centígrados, siendo 0 grados centígrados la temperatura más baja históricamente. La humedad relativa media mañana es de 84 %, por la noche la humedad relativa corresponde a un 64 %. El promedio de punto de rocío es de 12 grados centígrados.

Dado que la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentra ubicada dentro de la Ciudad de Guatemala el clima que predomina dentro del campus central, es el mismo que el de la ciudad.

#### **1.1.4. Vías de acceso**

El campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala cuenta con dos accesos, uno proveniente del Anillo Periférico y séptima avenida de la zona 12 de la Ciudad de Guatemala, y el otro, por la avenida Petapa. Ambas vías de acceso se encuentran asfaltadas, y cuentan cada una con dos carriles de ingreso, y otros dos carriles de salida.

#### **1.1.5. Servicios públicos**

Las instalaciones de la Universidad de San Carlos de Guatemala cuentan con los servicios básicos de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, iluminación y energía eléctrica. De igual manera cuenta con servicios telefónicos y de internet en cada una de las unidades académicas facultativas y escuelas, y edificios administrativos. También se cuenta con servicio de internet inalámbrico gratuito dentro de instalaciones para el uso de los estudiantes y docentes.

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

### **2.1. Diseño de edificio anexo T-11**

En este apartado se definen las características arquitectónicas y estructurales del proyecto como dimensiones, sistema estructural y distribución de áreas. La elección de estos aspectos se realizó en función de la máxima funcionalidad y economía del proyecto.

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

El diseño de la estructura anexa al edificio T-11 de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia será realizado para satisfacer las necesidades de infraestructura de la Facultad y mejorar las condiciones de las áreas donde se llevan a cabo actividades de carácter académico. El proyecto consta de tres módulos; el primario que es la estructura donde se encontraran las áreas para uso académico y contará con un sótano, el secundario que servirá de vinculo entre el módulo primario y el T-11 y un tercer módulo que estará conformado por una torre de rampas que van desde el sótano hasta el tercer nivel del primer módulo, estas rampas brindarán acceso a toda la población estudiantil sin exceptuar a los discapacitados a las instalaciones del T-11 y del nuevo edificio.

En el primer nivel del modulo principal se ubicará la biblioteca y el centro de documentación de la Facultad, un almacén y un área de atención a los estudiantes. En el segundo nivel se contará con un salón de reuniones y tres laboratorios multidisciplinarios.



En el tercer nivel se ubicarán cuatro laboratorios multidisciplinarios. En los tres niveles se contará con servicios sanitarios tanto para damas como para caballeros.

## **2.1.2. Estudio de suelos**

Para el estudio se reutilizará un ensayo realizado en una muestra extraída a menos de 10 metros de donde se ubicará el edificio y a 2 metros de profundidad. A esta muestra ya se le realizó el ensayo de compresión triaxial y clasificación del tipo de suelo (ver anexos).

### **2.1.2.1. Ensayo de compresión triaxial**

La muestra extraída en el terreno, de 1 pie cúbico, se sometió a un ensayo de compresión triaxial, no consolidado y no drenado, del cual se obtuvieron los siguientes datos pertinentes para la determinación de la capacidad soportante del terreno que sustentará la estructura.

- Descripción del suelo: Limo arenoso color café
- Ángulo de fricción interna:  $\phi = 19,37^\circ$
- Cohesión:  $C' = 6,78 \text{ t/m}^2$
- Peso específico del suelo:  $\gamma = 1,46 \text{ t/m}^3$

Los suelos limo arenosos son suelos inconsistentes, donde no es recomendable construir debido a que los terrenos conformados por este tipo de suelo no son firmes.

### 2.1.2.2. Determinación de valor soporte

Para estimar el valor soporte se utiliza la ecuación general de Meyerhof, sustituyendo los datos obtenidos del ensayo triaxial realizada a la muestra de suelo.

$$q_u = c'N_cF_{cs}F_{cd}F_{ci} + qN_qF_{qs}F_{qd}F_{qi} + 0.5\gamma BN_\gamma F_{\gamma s}F_{\gamma d}F_{\gamma i}$$

Donde:

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = factores de forma.

$F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = factores de profundidad.

$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = factores de inclinación.

$N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga.

$C'$  = cohesión.

$q$  = esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación.

$\gamma$  = peso específico del suelo.

$B$  = ancho de cimentación.

Tabla I. Factores de capacidad de carga para la teoría de Meyerhof

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
19°	13,93	5,80	4,68
20°	14,83	6,40	5,39

Fuente: DAS, Braja. *Principios de la ingeniería de cimentaciones*, tabla 3.3. p. 144.

- Factores de carga:
  - $N_c = 14,26$  (interpolando de la tabla I)
  - $N_q = 6,02$  (interpolando de la tabla I)
  - $N_\gamma = 4,94$  (interpolando de la tabla I)
  
- Factores de forma:
  - $F_{cs} = 1 + \frac{B}{L} * \frac{N_q}{N_c} = 1,42$
  - $F_{qs} = 1 + \frac{B}{L} * \tan \emptyset = 1,35$
  - $F_{\gamma s} = 1 - 0,4 * \frac{B}{L} = 0,6$
  
- Factores de profundidad:
  - $F_{qd} = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \sin \emptyset)^2 * \tan^{-1}(\frac{Df}{B}) = 1,19$
  - $F_{cd} = F_{qd} - \frac{1 - F_{qd}}{N_c \tan \emptyset} = 1,23$
  - $F_{\gamma d} = 1,00$
  
- Factores de inclinación:
  - $F_{qi} = F_{ci} = (1 - \beta/90)^2 = 1,00$
  - $F_{\gamma i} = 1,00$
  
- Esfuerzo efectivo al nivel de desplante de la cimentación:
  - $q = Df * \gamma = 2,63 \text{ t/m}^2$

- Realizando la sustitución en la ecuación de Meyerhof:

- $q_u = (6,78)(14,26)(1,42)(1,23)(1,00) +$   
 $(2,63)(6,02)(1,35)(1,19)(1,00) +$   
 $0,5(1,46)(1,40)(4,94)(0,6)(1,00)(1,00)$

- $q_u = 197,33 \text{ t/m}^2$  (capacidad de carga o esfuerzo límite)

Para estimar el esfuerzo admisible o de diseño se consideran las directrices que Braja M. Das y se aplica un factor de seguridad de 3.

- $q_a = \frac{197,33}{3}$
- $q_a = 65,78 \text{ t/m}^2$

El valor soporte admisible determinado por la ecuación general de capacidad de carga es de 65,78 toneladas por metro cuadrado, este valor no es representativo del tipo de suelo y genera incertidumbre, ya que como se indicó anteriormente, los limo arenosos no son suelos firmes, por lo cual, utilizando valores de referencia obtenidos de la Norma NBE – AE 88, se determinó que el valor soporte a utilizar en el diseño es equivalente a 18 toneladas por metro cuadrado. Dicho procedimiento puede comprobarse en los apéndices adjuntos a este informe.

### **2.1.3. Levantamiento topográfico**

Se realizó un levantamiento para determinar la superficie disponible para el diseño de las estructuras y se identificó la ubicación de las instalaciones de servicios como sanitarias, hidráulicas, luz y la red de servicios integrados.

El terreno disponible para el desarrollo del proyecto sufre de pocos cambios de nivel, se podría considerar llano cambios de nivel que superan los 1,50 m.

#### **2.1.4. Diseño arquitectónico**

El diseño arquitectónico define la forma y estética que tendrán las edificaciones, como sus dimensiones y distribución de ambientes de forma funcional que permita realizar las actividades académicas y administrativas de forma eficiente. Se definió un diseño moderno con plantas regulares, caracterizado por tener áreas abiertas que brinden una sensación de amplitud.

##### **2.1.4.1. Estructuración**

La estructuración define los sistemas estructurales, materiales y características de espacio como cotas y distribución de ambientes que se emplean en el diseño de las edificaciones.

###### **2.1.4.1.1. Sistema estructural a utilizar**

Los sistemas estructurales se establecieron en función de la distribución de áreas, factores económicos, estéticos y la influencia del sismo en la región en la que se encuentra el campus central. El sistema estructural que se estableció es de marcos rígidos, de concreto reforzado y losas tradicionales de concreto reforzado.

#### **2.1.4.1.2. Requerimiento de áreas**

Las áreas se establecieron en función de la ocupación y la concurrencia que estas tendrían en su funcionamiento cotidiano. Para el módulo primario, dónde se encuentran las áreas de funcionamiento académico y administrativo, se estableció ubicar las zonas de mayor concurrencia como la biblioteca y el centro de documentación de la Facultad en el primer nivel, con el fin de brindar un acceso más rápido a la población estudiantil. Se establecieron las medidas de los pasillos, de tal manera que permitan el paso de 3 personas como mínimo, para permitir una movilidad ordenada y segura dentro de las instalaciones.

#### **2.1.4.1.3. Distribución de espacios**

La distribución de los ambientes en el módulo principal se dispuso, de tal manera que fuera de rápido y fácil acceso, ubicando las áreas con mayor concurrencia, como la biblioteca y el centro de documentación, en el primer nivel. En el segundo y tercer nivel se ubicaron las áreas de carácter académico y docente, como laboratorios y salas de reuniones. El módulo secundario funciona como vínculo entre la estructura del módulo principal y la del edificio T-11, logrando con este, movilidad y accesibilidad en todos los niveles.

#### **2.1.4.1.4. Alturas y cotas**

La altura del nivel de piso terminado al cielo será de 3,5 metros en en todos los niveles, el sótano estará 3,5 m bajo la cota de terreno. La cota de la altura total del edificio estará 10,5 m sobre la cota de terreno. Se escogieron las dimensiones anteriores considerando que debido a lo estipulado en el plan de manejo del conjunto histórico del patrimonio de la modernidad del campus

central, el anexo T - 11 deberá ser de menor altura que los edificios con valor histórico a sus alrededores, como el edificio T – 11, el cual tiene once metros de altura.

### **2.1.5. Análisis estructural**

El análisis estructural permite apreciar la magnitud de las cargas que inciden en la estructura mediante el análisis de modelos matemáticos. Se seguirán los parámetros que dispone AGIES para la estimación de las cargas gravitacionales y sísmicas.

#### **2.1.5.1. Predimensionamiento estructural**

Las dimensiones estimadas en el predimensionamiento se obtendrán siguiendo los límites de diseño que se disponen en el código ACI 318SUS-14 para elementos de concreto no presforzado y serán un primer acercamiento a las dimensiones geométricas de los elementos estructurales.

Tabla II. **Datos de diseño**

$f'c$	280 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	4 200 kg/cm <sup>2</sup>
$\gamma_{con}$	2 400 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: elaboración propia.

- Vigas:

Límites de diseño:

La luz libre ( $l_n$ ) del elemento no debe ser menor que cuatro veces su peralte efectivo.

$$l_n > 4d \quad (\text{ACI 318SUS-14 secc.18.6.2.1 (a)})$$

El ancho  $b$  debe ser al menos igual al menor entre 25 cm y 30 % de la altura del elemento.

$$b = 25 \text{ cm o } 0,3h \quad (\text{ACI 318SUS-14 secc.18.6.2.1 (b)})$$

Para vigas con ambos extremos continuos, la altura ( $h$ ) del elemento no debe ser menor que la relación entre la luz libre y 21.

$$h \geq l_n/21 \quad (\text{ACI 318SUS-14, Tabla 9.3.1.1})$$

Para la luz crítica en la estructura (8 m) el peralte mínimo de la viga es de:

$$h = l_n/21$$

$$h = 8 \text{ m}/21$$

$$h = 0,38 \text{ m}$$

Tomando en cuenta las limitantes en el diseño que dispone el código, se propone una sección con peralte de 60 cm y base de 30 cm.



- Columnas:

Límites de diseño:

La dimensión menor de la sección transversal del elemento debe ser al menos de 30 cm. (ACI 318SUS-14, secc. 18.7.2.1 (a)).

La relación entre la dimensión menor de la sección transversal y la dimensión perpendicular a esta debe ser al menos 0,4.

$$\frac{La}{Lb} \geq 0,40 \quad (\text{ACI 318SUS-14, secc. 18.7.2.1 (b)})$$

Para columnas el área de refuerzo longitudinal no debe ser menor que  $0,01A_g$  ni mayor que  $0,08A_g$ .

$$0,01A_g < A_s < 0,08A_g \quad (\text{ACI 318SUS-14, secc. 10.6.1.1})$$

Para determinar la sección de la columna se estimarán las cargas utilizando las demandas por ocupación indicadas por la Norma AGIES en la tabla 3-1 de la NSE 2, edición 2010 :

- Datos de carga (AGIES):
  - Techo, nivel 4 ( $A_t = 56 \text{ m}^2$ )
    - $CV = 200 \text{ kg/m}^2$
    - $CM = W_{\text{losa}} + \text{sobrecarga}$
    - $CM = (0,15 \text{ m} * 2 \text{ 400 kg/m}^3) + 225 \text{ 200 kg/m}^2$
    - $CM = 585 \text{ kg/m}^2$

$$Pu_4 = 1,4CM + 1,7CV \text{ (Secc. 5.3.1 ACI 318-14)}$$

$$Pu_4 = 1,4(200 * 56) + 1,7(585 * 56)$$

$$Pu_4 = 64\,904 \text{ kg}$$

- Entrepiso, nivel 3 (At = 56 m2)

$$CV_1 = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_2 = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 585 \text{ kg/m}^2$$

$$Pu_3 = 1,4CM + 1,7(CV_1 + CV_2)$$

$$Pu_3 = 1,4(200 * 32 + 300 * 24) + 1,7(585 * 56)$$

$$Pu_3 = 68\,984 \text{ kg}$$

- Entrepiso, nivel 2 (At = 56 m2)

$$CV_1 = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_2 = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 585 \text{ kg/m}^2$$

$$Pu_2 = 68\,984 \text{ kg}$$

- Entrepiso, nivel 1 (At = 56 m2)

$$CV_1 = 700 \text{ kg/m}^2$$

$$CV_2 = 300 \text{ kg/m}^2$$

$$CM = 585 \text{ kg/m}^2$$

$$Pu_3 = 1,4CM + 1,7(CV_1 + CV_2)$$

$$Pu_3 = 1,4(700 * 32 + 300 * 24) + 1,7(585 * 56)$$

$$Pu_3 = 96\,184 \text{ kg}$$

$$Put = 229\,056 \text{ kg}$$

- $Pu = 0,80 * \theta [0,85f'_c (A_g - A_{st}) + f_y * A_{st}]$   
 $229\ 056 = 0,80 * 0,7 [0,85(280)(A_g - 0,01A_g) + 4\ 200 * 0,01A_g]$   
 $229,056 = 0,80 * 0,7 [235,62 * A_g + 4\ 2 * A_g]$   
 $A_g = 299\ 056 / 155,47$   
 $A_g = 1\ 923,60\ cm^2$

Considerando una columna de sección cuadrada de dimensiones  $a \times a$ :

$$a = \sqrt{1\ 923,60\ cm^2}$$

$$a = 43,86\ cm$$

$$a_{propuesta} = 60\ cm$$

Analizando la columna crítica para estimar un aproximado de la sección transversal de esta, teniendo en cuenta los límites de diseño dispuestos en el código y relacionándolos con un aproximado de la resistencia axial que soporta el elemento con la ecuación 22.4.2.2 del ACI 318SUS-14, se estima una columna de 60 x 60 centímetros.

- Losas:

- Determinar si la losa crítica de 8 m x 8 m, trabaja en uno o dos sentidos:

$$\frac{a}{b} < 0,5 \quad \text{trabaja en un sentido}$$

$$\frac{a}{b} > 0,5 \quad \text{trabaja en dos sentidos}$$

Donde:

a = lado corto de losa

b = lado largo de losa

$$\frac{a}{b} = 1 \text{ (} \frac{a}{b} > 0,5, \text{ trabaja en dos sentidos)}$$

Espesor de losa (t):

$$t = (\text{perimetro}/180)$$

$$t = (8 + 8 + 8 + 8/180)$$

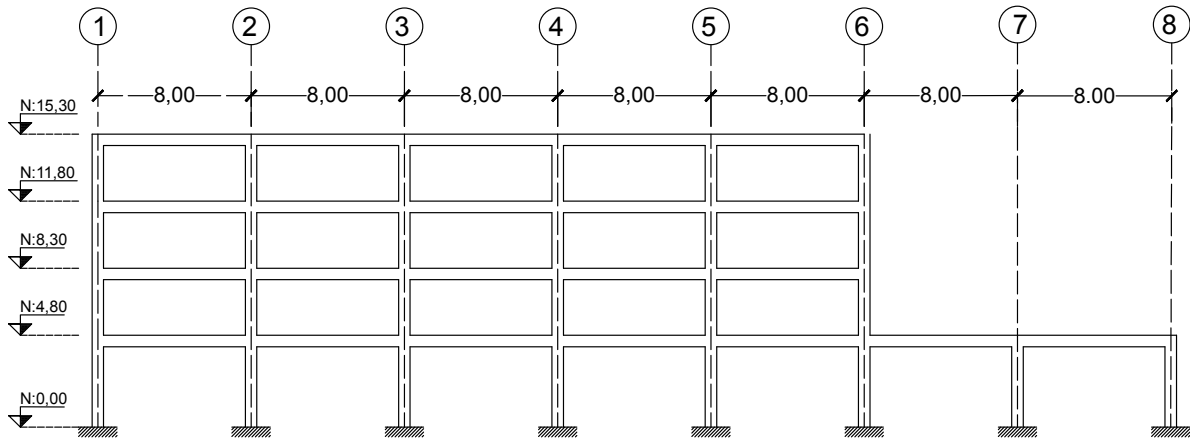
$$t = 0,18 \text{ m}$$

El espesor crítico estimado para la losa es demasiado grueso esto puede influir en deflexiones excesivas, por criterio, se propone utilizar losa prefabricada para disminuir el peso que la losa aporta a la estructura y se utiliza un espesor t de 15 centímetros.

#### **2.1.5.2. Modelos matemáticos de marcos**

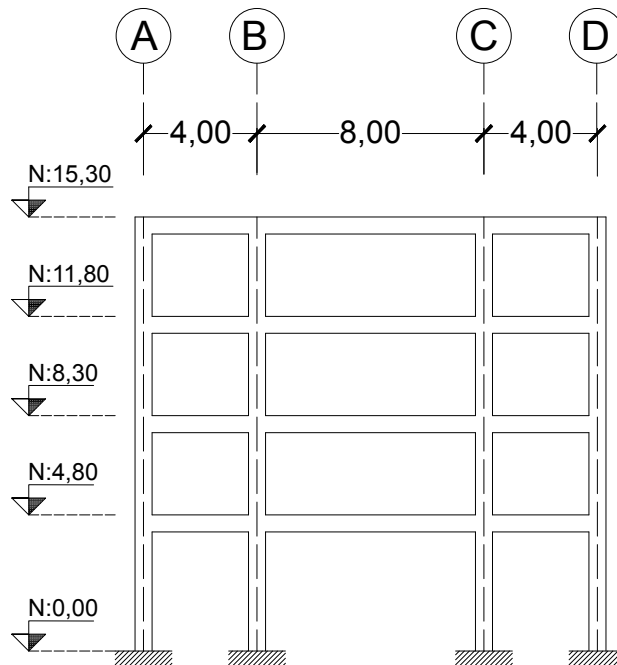
Son una representación gráfica de la estructura en la que se identifican las dimensiones y las cargas que inciden en esta, son el punto de partida del análisis estructural.

Figura 3. **Marcos en sentido longitudinal (dimensiones en metros)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2017.

Figura 4. **Marcos en sentido transversal (dimensiones en metros)**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2017.

### 2.1.5.3. Cargas aplicadas en marcos

Se pueden definir las cargas como el conjunto de fuerzas que actúan en una estructura, pueden ser de carácter variable con el tiempo (cargas vivas, sísmicas, entre otras.) o permanentes (cargas muertas). Son las que determinan las dimensiones de la estructura y están en función de los materiales, dimensiones, ocupación y ubicación geográfica y geológica.

#### 2.1.5.3.1. Cargas verticales

Este tipo de carga se caracteriza por tener sentido gravitacional y entre estas están las cargas vivas y muertas. Estas dependen del peso propio de los elementos estructurales y la ocupación de la estructura.

Tabla III. Cargas verticales

C.V según AGIES NSE 2 (kg/m <sup>2</sup> )	C.M
$W_{\text{oficinas}} = 250$	$W_{\text{concreto}} = 2\ 400\ \text{kg/m}^3$
$W_{\text{s.reuniones/servicios}} = 500$	
$W_{\text{pasillos y esc.}} = 500$	
$W_{\text{balcones/voladizos}} = 500$	$W_{\text{sobrecarga y acab.}} = 225\ \text{kg/m}^2$
$W_{\text{biblioteca}} = 700$	
$W_{\text{azotea}} = 200$	$W_{\text{muro}} = 160\ \text{kg/m}^2$
$W_{\text{salones/labs}} = 200$	

Fuente: Norma AGIES NSE 2. p. 7.

La integración de cargas se realizará únicamente en el marco en sentido transversal con el objetivo de ejemplificar. Para los demás marcos se seguirá el mismo procedimiento.

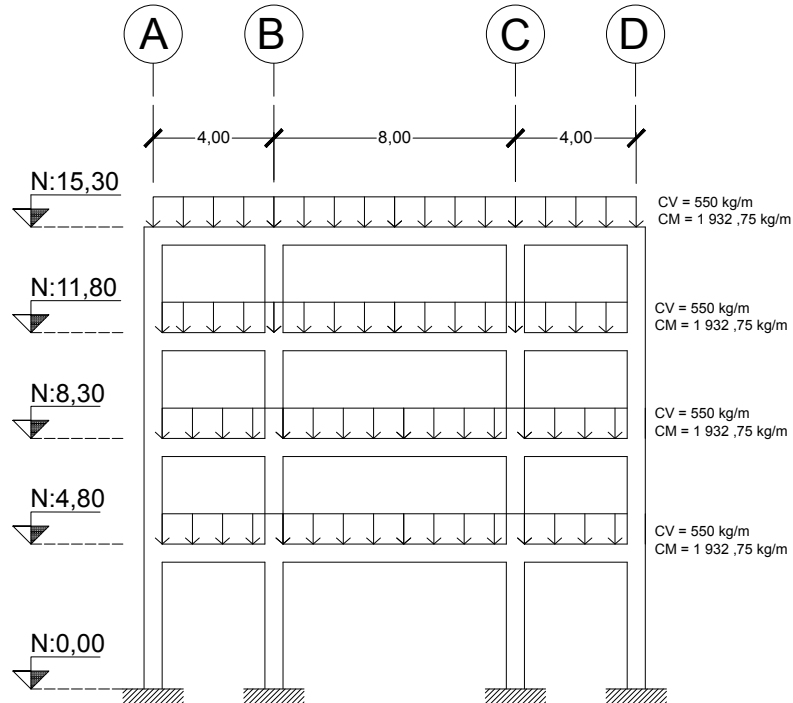
- C.M para nivel 3 ( $A_t = 44 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CM_{losa} = A_t * t * \gamma_{con} / L_t$   
 $CM_{losa} = (44 * 0,15 * 2\,400) / 16 = 990 \text{ kg/m}$
  - $CM_{viga} = (h - t) * b * \gamma_{con}$   
 $CM_{viga} = (0,6 - 0,15)(0,30)(2\,400) = 324 \text{ kg/m}$
  - $CM_{s.c/acb} = W_{s.c/ac} * A_t / L_t$   
 $CM_{s.c/acb} = 225 * 44 / 16 = 618,75 \text{ kg/m}$   
 $CM_3 = 1\,932,75 \text{ kg/m}$
  
- C.V para nivel 3 ( $A_t = 44 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CV_{azotea} = W_{azotea} * A_t / L_t$   
 $CV_{azotea} = (200 * 44) / 16 = 550 \text{ kg/m}$   
 $CV_3 = 550 \text{ kg/m}$
  
- C.M para nivel 2 ( $A_t = 44 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CM_{losa} = 990 \text{ kg/m}$
  - $CM_{viga} = 324 \text{ kg/m}$
  - $CM_{s.c/acb} = 618,75 \text{ kg/m}$
  - $CM_{muros} = (3,50 * 160 * 48) / 16 = 1\,680 \text{ kg/m}$   
 $CM_2 = 3\,612,75 \text{ kg/m}$

- C.V para nivel 2 ( $A_t = 44 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CV_{serv} = (500 * 4)/16 = 125 \text{ kg/m}$
  - $CV_{lab} = (200 * 16)/16 = 200 \text{ kg/m}$
  - $CV_{adm} = (250 * 16)/16 = 250 \text{ kg/m}$
  - $CV_{pas} = (500 * 8)/16 = 250 \text{ kg/m}$
  - $CV_2 = 825 \text{ kg/m}$
  
- C.M para nivel 1 ( $A_t = 44 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CM_{losa} = 990 \text{ kg/m}$
  - $CM_{viga} = 324 \text{ kg/m}$
  - $CM_{s.c/acb} = 618,75 \text{ kg/m}$
  - $CM_{muros} = (3,50 * 160 * 48)/16 = 1 680 \text{ kg/m}$
  - $CM_1 = 3 612,75 \text{ kg/m}$
  
- C.V para nivel 1 ( $A_t = 44 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CV_{serv} = (500 * 4)/16 = 125 \text{ kg/m}$
  - $CV_{lab} = (200 * 16)/16 = 200 \text{ kg/m}$
  - $CV_{adm} = (250 * 16)/16 = 250 \text{ kg/m}$
  - $CV_{pas} = (500 * 8)/16 = 250 \text{ kg/m}$
  - $CV_1 = 825 \text{ kg/m}$
  
- C.M para nivel 0 ( $A_t = 48 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CM_{losa} = 1 080 \text{ kg/m}$
  - $CM_{viga} = 353,45 \text{ kg/m}$



- $CM_{s.c/acb} = 675 \text{ kg/m}$
- $CM_{muros} = 1\,680 \text{ kg/m}$   
 $CM_0 = 3\,788,45 \text{ kg/m}$
- C.V para nivel 0 ( $A_t = 48 \text{ m}^2$  y  $L_t = 16 \text{ m}$ ):
  - $CV_{serv} = (500 * 4)/16 = 125 \text{ kg/m}$
  - $CV_{adm} = (250 * 32)/16 = 500 \text{ kg/m}$
  - $CV_{pas} = (500 * 12)/16 = 375 \text{ kg/m}$
  - $CV_0 = 1\,000 \text{ kg/m}$

Figura 5. **Marcos en sentido transversal con cargas verticales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2017.

### **2.1.5.3.2. Cargas horizontales**

Las cargas horizontales más comunes a evaluar en una estructura ubicada en la región metropolitana de Guatemala son las cargas laterales por sismo y viento, donde en edificios de poca o mediana altura (4 niveles o menos), se priorizan los efectos inducidos por movimiento telúricos. Por la cercanía del proyecto a la falla de Mixco, las cargas laterales a considerar en el análisis estructural serán las cargas sísmicas. Para integrar y definir la magnitud de dichas cargas se seguirá el método estático equivalente que recomienda la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES).

Para aplicar el método estático equivalente es necesario conocer parámetros como la categoría ocupacional de la estructura, sistema estructural, ubicación geográfica, proximidad a las fallas geológicas y tipo de suelo.

De acuerdo a esta estructuración, el sistema estructural a emplear en el módulo principal será de marcos rígidos de concreto, el cual tiene una clasificación estructural E1 según AGIES. De acuerdo a la clasificación que AGIES dispone en su normativa, el proyecto anexo T-11 (edificio educativo público que puede afectar a más de 300 personas), entra en la categoría ocupacional III: obras importantes. El sismo de diseño a considerar será el sismo severo, el cual tiene un 5 % de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años.

El índice de sismicidad ( $I_o$ ) es una medida relativa de la intensidad esperada del sismo en una localidad. Para la ciudad de Guatemala,  $I_o = 4$  y las ordenadas espectrales  $S_{cr}$  y  $S_{1r}$ , tienen un valor de 1,65 y 0,60 respectivamente.

El campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala guarda una distancia aproximada de 7 kilómetros con la falla geológica de Mixco. Dicha falla al igual que la falla de Santa Catarina Pinula y la falla del Frutal, tiene actividad constante, pero sin generar movimientos fuertes. Este tipo de falla es catalogada una fuente tipo B según AGIES. En función de los resultados del estudio geotécnico se puede determinar que el terreno en el que se construirá la estructura es firme y rígido, clasificación de sitio tipo D de acuerdo a la norma AGIES.

Tabla IV. **Parámetros para determinar el corte basal**

Índice de sismicidad	4
Sismo de diseño ( $I_o$ )	Sismo severo
Sistema estructural	E1
Ordenadas espectrales ( $S_{cr}$ y $S_{1r}$ )	1,65 – 0,60
Tipo de fuente	B
Distancia a la fuente	5 km
Clasificación de sitio	D

Fuente: Norma AGIES.

Tabla V. **Nivel de protección sísmica**

Índice de sismicidad	Categoría ocupacional			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
$I_o = 5$	E	E	D	C
$I_o = 4$	E	<b>D</b>	D	C
$I_o = 3$	D	C	C	B
$I_o = 2$	C	B	B	A
Probabilidad de exceder el sismo de diseño	5 % en 50 años	5 % en 50 años	10 % en 50 años	No aplica

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10, Capítulo 4. p. 11.

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales

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

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

Donde:

$N_a, N_v$  = factores de ajuste por proximidad a amenazas especiales.

$F_a, F_v$  = coeficientes de sitio.

Tabla VI. **Coefficiente de sitio  $F_a$**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
D	1,4	1,2	1,1	1,0	<b>1,0</b>
E	1,7	1,2	1,0	0,9	0,9
F	Se requiere evaluación específica				

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10, Capítulo 4. p. 15.

Tabla VII. **Coefficiente de sitio  $F_v$**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
C	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
D	2,0	1,8	1,7	1,6	<b>1,5</b>
E	3,2	2,8	2,6	2,4	2,4
F	Se requiere evaluación específica				

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10, Capítulo 4. p. 15.

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

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica		
	$\leq 2$ km	5 km	$\geq 10$ km
A	1,25	1,12	1,00
B	1,12	<b>1,00</b>	1,00
C	1,00	1,00	1,00

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10, Capítulo 4. p. 24.

Tabla IX. **Factor  $N_v$  para períodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica			
	$\leq 2$ km	5 km	10 km	$\geq 15$ km
A	1,4	1,2	1,1	1,0
B	1,2	<b>1,1</b>	1,0	1,0
C	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10, Capítulo 4. p. 25.

$$S_{cs} = (1,65 * 1,0 * 1,0) = 1,65$$

$$S_{1s} = (0,60 * 1,5 * 1,1) = 0,99$$

- Período de transición

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

$$T_s = 0,99/1,65 = 0,60$$

- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido.

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

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

Donde:

$K_d$  = factor de calibración en función de la probabilidad de excedencia del sismo.

Tabla X. **Factor de calibración**

Sismo ordinario	10 % de probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d = 0,66$
Sismo severo	5 % de probabilidad de ser excedido en 50 años	<b><math>K_d = 0,80</math></b>
Sismo extremo	2 % de probabilidad de ser excedido en 50 años	$K_d = 1,00$
Sismo minimo	(condición de excepción)	$K_d = 0,55$

Fuente: Norma AGIES NSE 2-10, Capítulo 4. p. 16.

$$S_{cd} = 1,65 * 0,80 = 1,32$$

$$S_{1d} = 0,99 * 0,80 = 0,79$$

- Cálculo de periodo fundamental

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

Donde:

$K_T = 0,047$  y  $X = 0,9$  para sistemas estructurales E1.

$h_n$  = Altura total de la estructura.

$$T_a = 0,047 * (15,3)^{0,9} = 0,55$$

- Cálculo de ordenada espectral para cualquier periodo de vibración.

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

$$S_a(T) = S_{1d}/T$$

$$S_a(T) = 1,32$$

$$S_a(T) = 0,79/0,55 = 1,44$$

$$T_s > T$$

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

$$S_a(T) = 1,32$$

- Coeficiente sísmico

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

Donde:

R = coeficiente que depende del sistema estructural.

R = 8, para marcos de concreto reforzado (E1).

$$C_s = \frac{1,32}{8} = 0,165$$

- Cortante basal

$$V_B = C_s * W_s$$

Donde:

$W_s$  = peso muerto de la estructura más 25 % de las cargas vivas.

$C_s$  = coeficiente sísmico.

- Integración del peso de la estructura
  - Cargas muertas, nivel 3:

$$\begin{aligned} \text{Losa} &= \left( 0,15 \text{ m} * 628,25 \text{ m}^2 * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \\ &= 226170 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Viga} &= \left( 0,3 \text{ m} * 0,6 \text{ m} * 274,5 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \\ &= 118584 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cols} &= \left( 0,6 \text{ m} * 0,6 \text{ m} * 70 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \\ &= 60480 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Muro} &= \left( 3,5 \text{ m} * 201,5 \text{ m} * 160 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) \\ &= 112840 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{S.C} &= \left( 0,3 \text{ m} * 0,6 \text{ m} * 274,5 \text{ m} * 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \\ &= 141356,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\sum W_{CM} = 659430,25 \text{ kg}$$

25 % cargas muertas, nivel 3:

$$\text{Azotea} = 0,25 \left( 628,25 \text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) = 31412,50 \text{ kg}$$

$$W_{s3} = 690842,75 \text{ kg}$$



- Cargas muertas, nivel 2:

$$Losa = 226\,170\text{ kg}$$

$$Viga = 118\,584\text{ kg}$$

$$Cols = 60\,480\text{ kg}$$

$$Muros = 112\,840\text{ kg}$$

$$S.C = 141\,356,25\text{ kg}$$

$$\sum W_{CM} = 659\,430,25\text{ kg}$$

25 % cargas muertas, nivel 2:

$$Voladizo = \left(116,25\text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 58\,125\text{ kg}$$

$$Pasillo = \left(160\text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 80\,000\text{ kg}$$

$$Servicio = \left(32\text{ m}^2 * 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 16\,000\text{ kg}$$

$$Adm = \left(64\text{ m}^2 * 250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 16\,000\text{ kg}$$

$$Labs = \left(256\text{ m}^2 * 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 51\,200\text{ kg}$$

$$\sum W_{CV} = 221\,325\text{ kg}$$

$$W_{s2} = 659\,430,25\text{ kg} + 0,25 * 221\,325\text{ kg}$$

$$= 714\,761,50\text{ kg}$$

- Cargas muertas, nivel 1:

$$Losa = 226\,170\text{ kg}$$

$$Viga = 118\,584\text{ kg}$$

$$Cols = 60\,480\text{ kg}$$

$$Muros = 112\,840\text{ kg}$$

$$S.C = 141\,356,25\text{ kg}$$

$$\sum W_{CM} = 659\,430,25\text{ kg}$$

25 % cargas muertas, nivel 1:

$$Voladizo = 58\,125\text{ kg}$$

$$Pasillo = 80\,000\text{ kg}$$

$$Servicio = 16\,000\text{ kg}$$

$$Adm = 16\,000\text{ kg}$$

$$Labs = \left(192\text{ m}^2 * 200\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 38\,400\text{ kg}$$

$$Sala Reun = \left(64\text{ m}^2 * 500\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right) = 32\,000\text{ kg}$$

$$\sum W_{CV} = 240\,525\text{ kg}$$

$$W_{s1} = 659\,430,25\text{ kg} + 0,25 * 240\,525\text{ kg}$$

$$= 719\,561,50\text{ kg}$$

- Cargas muertas, nivel 0:

$$Losa = 322\,560\text{ kg}$$

$$Viga = 152\,064\text{ kg}$$

$$Cols = 132\,710,40\text{ kg}$$

$$S.C = 201\,600\text{ kg}$$

$$\sum W_{CM} = 808\,934,40\text{ kg}$$

25 % cargas muertas, nivel 0:

$$Biblioteca = 89\,600\text{ kg}$$

$$Pasillo = 256\,000\text{ kg}$$

$$Servicio = 16\,000\text{ kg}$$

$$Almacen = 32\,000\text{ kg}$$

$$Adm = 32\,000\text{ kg}$$

$$\sum W_{CV} = 425\,600\text{ kg}$$

$$\begin{aligned} W_{s0} &= 808\,934,40\text{ kg} + 0,25 * 425\,600\text{ kg} \\ &= 915\,334,40\text{ kg} \end{aligned}$$

- Cálculo del corte basal

$$V_b = 0,165 * 3\,040\,500,15$$

$$V_b = 501\,682,52\text{ kg}$$

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

Nivel	$W_i$ (kg)	h (m)	$W_i \cdot h$	$C_{vx}$	$F_x$ (Ton)
3	690 842,75	15,3	10 569 894,08	0,36	180,55
2	714 761,50	11,8	8 434 185,70	0,29	144,07
1	719 561,50	8,3	5 972 360,45	0,20	102,02
0	915 334,40	4,8	4 393 605,12	0,15	75,05
	3 040 500,15		29 370 045,35		

Fuente: elaboración propia.

- Fuerzas por marco:

La distribución de cargas sísmicas depende de la simetría estructural, si hay excentricidad entre el centro de rigidez y el centro de masa, la capacidad torsional del edificio se ve afectada, los marcos con mayor excentricidad, reciben una fuerza de marco ( $F_m$ ) mayor, a los de menor excentricidad. Por ello deberán ser diseñados para soportar mayores cargas sísmicas. Si no hay excentricidad, la fuerza de piso se divide dentro del número de marcos paralelos a esta fuerza. Si los marcos son asimétricos la fuerza de piso  $F_i$ , se divide proporcional a la rigidez de los mismos. En este caso los marcos son asimétricos, por lo que hay torsión en la estructura.

Un método simplificado de analizar la torsión en las estructuras, consiste en considerar separadamente los desplazamientos relativos del edificio, ocasionados por la traslación y rotación en cada piso, tomando en cuenta la rigidez de cada nivel, estas fuerzas tendrán un desplazamiento unitario, distribuyendo los cortantes por torsión en proporción a su rigidez. Los momentos de entrepiso se distribuyen en los diversos marcos y muros del sistema resistente a fuerzas laterales, de manera congruente con la distribución de los cortantes de entrepiso. Según el tipo de estructura que se esté

analizando, así será el tipo de apoyo y por lo tanto, la ecuación de la rigidez a usar.

En voladizo: se refiere al nivel superior de la estructura, para este caso la rigidez se calcula con la siguiente ecuación:

$$K = \frac{1}{\frac{Fh^3}{3E_cI} + \frac{1,2Fh}{A * G}}$$

Donde:

K = rigidez

F = fuerz del nivel

h = altura de la columna

I = inercia de la sección

E<sub>c</sub> = módulo de elasticidad del concreto.

G = módulo de cortante (0,4\*E<sub>c</sub>)

A = área de la sección

Doblemente empujado: se refiere a los primeros niveles o niveles intermedios de la estructura, para este caso la rigidez se calcula con la siguiente expresión.

$$K = \frac{1}{\frac{Fh^3}{12E_cI} + \frac{1,2Fh}{A * G}}$$

Considerando que los conjuntos de columnas por nivel no difieren en sus características geométricas, la rigidez de estas es la misma.

Para el cálculo de los centros de rigidez (CR) se asume un valor  $k$ , sabiendo que la posición del centro de rigidez depende de la rigidez relativa de cada marco, por lo tanto:

$$CR = \frac{\sum(K_{marco} * Distancia)}{\sum K_{marco}}$$

Tabla XII. **Centro de rigidez en X, nivel 0**

Marco	$K_i$	$D_i$	$K_i * D_i$
A	4k	0	0
B	4k	8	32k
C	4k	16	64k
D	4k	24	96k
E	4k	32	128k
F	4k	40	160k
G	4k	48	192k
H	4k	56	224k
$\Sigma$	32k	$\Sigma$	896k

Fuente: elaboración propia.

Calculando el centro de rigidez medido desde el origen:

$$CR_{x0} = \frac{896k}{32k} = 28 \text{ m}$$

Tabla XIII. **Centro de rigidez en Y, nivel 0**

Marco	K <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	K <sub>i</sub> *D <sub>i</sub>
1	8k	0	0
2	8k	4	32
3	8k	12	96
4	8k	16	128
Σ	32k	Σ	256

Fuente: elaboración propia.

Calculando el centro de rigidez medido desde el origen:

$$CR_{Y0} = \frac{256k}{32k} = 8 \text{ m}$$

Tabla XIV. **Centro de rigidez en X, niveles 1, 2 y 3**

Marco	K <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	K <sub>i</sub> *D <sub>i</sub>
A	3k	0	0
B	3k	8	24k
C	4k	16	64k
D	4k	24	96k
E	3k	32	96k
F	3k	40	120k
Σ	20k	Σ	400k

Fuente: elaboración propia.

Calculando el centro de rigidez medido desde el origen:

$$CR_{X1,2,3} = \frac{400k}{20k} = 20 \text{ m}$$

Tabla XV. **Centro de rigidez en Y, niveles 1, 2 y 3**

Marco	K <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	K <sub>i</sub> *D <sub>i</sub>
1	6k	0	0
2	6k	4	24
3	6k	12	72
4	2k	16	32
Σ	20	Σ	128

Fuente: elaboración propia.

Calculando el centro de rigidez medido desde el origen:

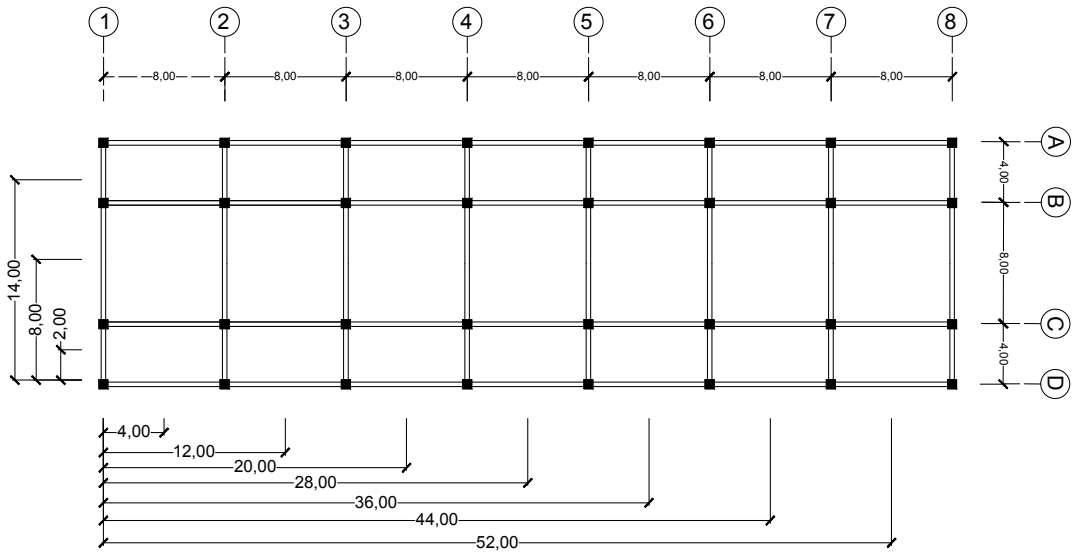
$$CR_{Y1,2,3} = \frac{128k}{20k} = 6,4 \text{ m}$$

Para el cálculo del centro de masa (CM) se considera el peso de cada elemento actuando directamente en su centroide, la sumatoria de los productos de la masa por la distancia del origen a su centroide dividido dentro de la suma de toda la masa calculada en el nivel dan como resultado la posición del centro de masa:

$$CM = \frac{\sum(Masa * distancia \text{ del origen al centroide})}{\sum Masa}$$

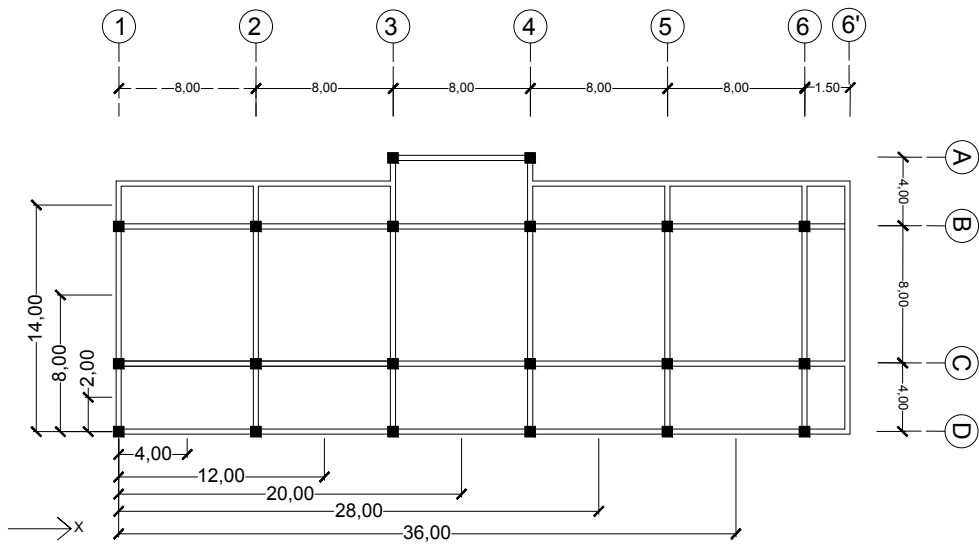


Figura 6. **Planta geométrica, nivel 0**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 7. **Planta geométrica, niveles 1, 2 y 3**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Tabla XVI. **Centros de masa**

Nivel	CM <sub>x</sub> (m)	CM <sub>y</sub> (m)
0	27,58	7,97
1	21,37	7,29
2	21,27	7,28
3	21,29	7,35

Fuente: elaboración propia.

Cuando el centro de rigidez (CR) no coincide con el centro de masa (CM), se produce excentricidad en la estructura, esto es debido a que existe una distribución desigual y asimétrica de las masas y las rigideces en la estructura. La excentricidad se determina por medio de la diferencia que existe entre el valor del centro de masa y el valor del centro de rigidez. El cálculo de la fuerza que llega a cada marco, se realiza por medio de la suma algebraica de la fuerza de torsión  $F_i''$  (fuerza rotacional) y la fuerza directamente proporcional a la rigidez de los marcos  $F_i'$  (fuerza traslacional).

Cálculo de excentricidades directas:

$$e_x = |CM_x - CR_x|$$

$$e_y = |CM_y - CR_y|$$

Cálculo de excentricidades accidentales:

$$e_{12x} = |CM_x - CR_x| \pm 0,05b$$

$$e_{12y} = |CM_y - CR_y| \pm 0,05b$$

Donde  $b$  es la longitud perpendicular a la cual se está analizando la estructura.

Tabla XVII. **Excentricidades, nivel 0**

$e_x$	0,42	Excentricidades directas
$e_y$	0,03	
$e_{1x}$	1,22	Excentricidades accidentales 1
$e_{1y}$	2,83	
$e_{2x}$	-0,38	Excentricidades accidentales 2
$e_{2y}$	-2,77	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Excentricidades, nivel 1**

$e_x$	1,37	Excentricidades directas
$e_y$	0,69	
$e_{1x}$	2,17	Excentricidades accidentales 1
$e_{1y}$	2,69	
$e_{2x}$	0,57	Excentricidades accidentales 2
$e_{2y}$	-1,31	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Excentricidades, nivel 2**

$e_x$	1,27	Excentricidades directas
$e_y$	0,68	
$e_{1x}$	2,07	Excentricidades accidentales 1
$e_{1y}$	2,68	
$e_{2x}$	0,47	Excentricidades accidentales 2
$e_{2y}$	-1,32	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Excentricidades, nivel 3**

$e_x$	1,29	Excentricidades directas
$e_y$	0,75	
$e_{1x}$	2,09	Excentricidades accidentales 1
$e_{1y}$	2,75	
$e_{2x}$	0,49	Excentricidades accidentales 2
$e_{2y}$	-1,25	

Fuente: elaboración propia.

- Fuerzas por marco:

El cálculo de las fuerzas por marco se basa en los siguientes criterios:

Si el valor de  $F_m < F_i'$  se debe de tomar  $F_i'$  como la fuerza del marco. Si el valor de  $F_m > F_i'$  m será el valor del marco analizado.

Esto es si existe una excentricidad directa distinta de 0, para el caso en análisis se tiene una excentricidad directa igual a cero, entonces solo se tomara la excentricidad mínima y además,  $F_m$  será la sumatoria de los valores absolutos de  $F_i'$  y  $F_i''$ .

Las ecuaciones a utilizar para el cálculo de fuerzas por marco se detallan a continuación:

$$F_m = F_i' + F_i''$$

Donde:

$F_i'$  = fuerza o corte traslacional

$$F_i' = \frac{K * F}{\sum K}$$

K = rigidez del marco

$\sum K$  = rigidez total de nivel

$F_i''$  = fuerza o corte inducido por sismo

$$F_i'' = \frac{e * F}{E_i}$$

e = excentricidad

$E_i$  = relación entre rigideces y brazo de cada marco

Tabla XXI. Fuerzas por marcos eje X, nivel 3

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
A	e <sub>1x</sub>	2,09	3	-20	-60	1 200	-56,53	27 082,5	-6 674,81	25 517,59
	e <sub>2x</sub>	0,49							-1 564,91	
B	e <sub>1x</sub>	2,09	3	-12	-36	432	-94,22	27 082,5	-4 004,89	26 143,55
	e <sub>2x</sub>	0,49							-938,95	
C	e <sub>1x</sub>	2,09	4	-4	-16	64	-212,00	36 110	-1 779,95	35 692,69
	e <sub>2x</sub>	0,49							-417,31	
D	e <sub>1x</sub>	2,09	4	4	16	64	212,00	36 110	1 779,95	37 889,95
	e <sub>2x</sub>	0,49							417,31	
E	e <sub>1x</sub>	2,09	3	12	36	432	94,22	27 082,5	4 004,89	31 087,39
	e <sub>2x</sub>	0,49							938,95	
F	e <sub>1x</sub>	2,09	3	20	60	1 200	56,53	27 082,5	6 674,81	33 757,31
	e <sub>2x</sub>	0,49							1 564,91	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXII. Fuerzas por marcos eje Y, nivel 3**

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
1	e <sub>1y</sub>	2,75	6	-6,4	-38,4	245,76	-17,00	54 165	-29 206,62	67 440,74
	e <sub>2y</sub>	-1,25							13 275,74	
2	e <sub>1y</sub>	2,75	6	-2,4	-14,4	34,56	-45,33	54 165	-10 952,48	59 143,40
	e <sub>2y</sub>	-1,25							4 978,40	
3	e <sub>1y</sub>	2,75	6	5,6	33,6	188,16	19,43	54 165	25 555,79	79 720,79
	e <sub>2y</sub>	-1,25							-11 616,27	
4	e <sub>1y</sub>	2,75	2	9,6	19,2	184,32	34,00	18 055	14 603,31	32 658,31
	e <sub>2y</sub>	-1,25							-6 637,87	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXIII. Fuerzas por marcos eje X, nivel 2**

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
A	e <sub>1x</sub>	2.07	3	-20	-60	1 200	-56,53	21 610,5	-5 275,20	20 412,75
	e <sub>2x</sub>	0.47							-1 197,75	
B	e <sub>1x</sub>	2.07	3	-12	-36	432	-94,22	21 610,5	-3 165,12	20 891,85
	e <sub>2x</sub>	0.47							-718,65	
C	e <sub>1x</sub>	2.07	4	-4	-16	64	-212	28 814	-1 406,72	28 494,60
	e <sub>2x</sub>	0.47							-319,40	
D	e <sub>1x</sub>	2.07	4	4	16	64	212	28 814	1 406,72	30 220,72
	e <sub>2x</sub>	0.47							319,40	
E	e <sub>1x</sub>	2.07	3	12	36	432	94,22	21 610,5	3 165,12	24 775,62
	e <sub>2x</sub>	0.47							718,65	
F	e <sub>1x</sub>	2.07	3	20	60	1 200	56,53	21 610,5	5 275,20	26 885,70
	e <sub>2x</sub>	0.47							1 197,75	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXIV. Fuerzas por marco eje Y, nivel 2**

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
1	e <sub>1y</sub>	2,68	6	-6,4	-38,4	245,76	-17,00	43 221	-22 712,21	54 407,61
	e <sub>2y</sub>	-1,32							11 186,61	
2	e <sub>1y</sub>	2,68	6	-2,4	-14,4	34,56	-45,33	43 221	-8 517,08	47 415,98
	e <sub>2y</sub>	-1,32							4 194,98	
3	e <sub>1y</sub>	2,68	6	5,6	33,6	188,16	19,43	43 221	19 873,19	63 094,19
	e <sub>2y</sub>	-1,32							-9 788,29	
4	e <sub>1y</sub>	2,68	2	9,6	19,2	184,32	34,00	14 407	11 356,11	25 763,11
	e <sub>2y</sub>	-1,32							-5 593,31	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXV. Fuerzas por marco eje X, nivel 1**

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
A	e <sub>1x</sub>	2,17	3	-20	-60	1 200	-56,53	15 303	-3 915,98	14 274,38
	e <sub>2x</sub>	0,57							-1 028,62	
B	e <sub>1x</sub>	2,17	3	-12	-36	432	-94,22	15 303	-2 349,59	14 685,83
	e <sub>2x</sub>	0,57							-617,17	
C	e <sub>1x</sub>	2,17	4	-4	-16	64	-212,00	20 404	-1 044,26	20 129,70
	e <sub>2x</sub>	0,57							-274,30	
D	e <sub>1x</sub>	2,17	4	4	16	64	212,00	20 404	1 044,26	21 448,26
	e <sub>2x</sub>	0,57							274,30	
E	e <sub>1x</sub>	2,17	3	12	36	432	94,22	15 303	2 349,59	17 652,59
	e <sub>2x</sub>	0,57							617,17	
F	e <sub>1x</sub>	2,17	3	20	60	1 200	56,53	15 303	3 915,98	19 218,98
	e <sub>2x</sub>	0,57							1 028,62	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Fuerzas por marco eje Y, nivel 1

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
1	e <sub>1y</sub>	2,69	6	-6,4	-38,4	245,76	-17	30 606	-16 143,16	38 467,54
	e <sub>2y</sub>	-1,31							7 861 54	
2	e <sub>1y</sub>	2,69	6	-2,4	-14,4	34,56	-45,33	30 606	-6 053,69	33 554,08
	e <sub>2y</sub>	-1,31							2 948,08	
3	e <sub>1y</sub>	2,69	6	5,6	33,6	188,16	19,43	30 606	14 125,27	44 731,27
	e <sub>2y</sub>	-1,31							-6 878,85	
4	e <sub>1y</sub>	2,69	2	9,6	19,2	184,32	34	10 202	8 071,58	18 273,58
	e <sub>2y</sub>	-1,31							-3 930,77	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Fuerzas por marco eje X, nivel 0

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
A	e <sub>1x</sub>	1,22	4	-28	-112	3 136	-96	9 381,25	-953,76	9 678,32
	e <sub>2x</sub>	-0,38							297,07	
B	e <sub>1x</sub>	1,22	4	-20	-80	1 600	-134,4	9 381,25	-681,26	9 593,44
	e <sub>2x</sub>	-0,38							212,19	
C	e <sub>1x</sub>	1,22	4	-12	-48	576	-224	9 381,25	-408,75	9 508,57
	e <sub>2x</sub>	-0,38							127,32	
D	e <sub>1x</sub>	1,22	4	-4	-16	64	-672	9 381,25	-136,25	9 423,69
	e <sub>2x</sub>	-0,38							42,44	
E	e <sub>1x</sub>	1,22	4	4	16	64	672	9 381,25	136,25	9 517,50
	e <sub>2x</sub>	-0,38							-42,44	
F	e <sub>1x</sub>	1,22	4	12	48	576	224	9 381,25	408,75	9 790,00
	e <sub>2x</sub>	-0,38							-127,32	
G	e <sub>1x</sub>	1,22	4	20	80	1 600	134,4	9 381,25	681,26	10 062,51
	e <sub>2x</sub>	-0,38							-212,19	
H	e <sub>1x</sub>	1,22	4	28	112	3 136	96	9 381,25	953,76	10 335,01
	e <sub>2x</sub>	-0,38							-297,07	

Fuente: elaboración propia.

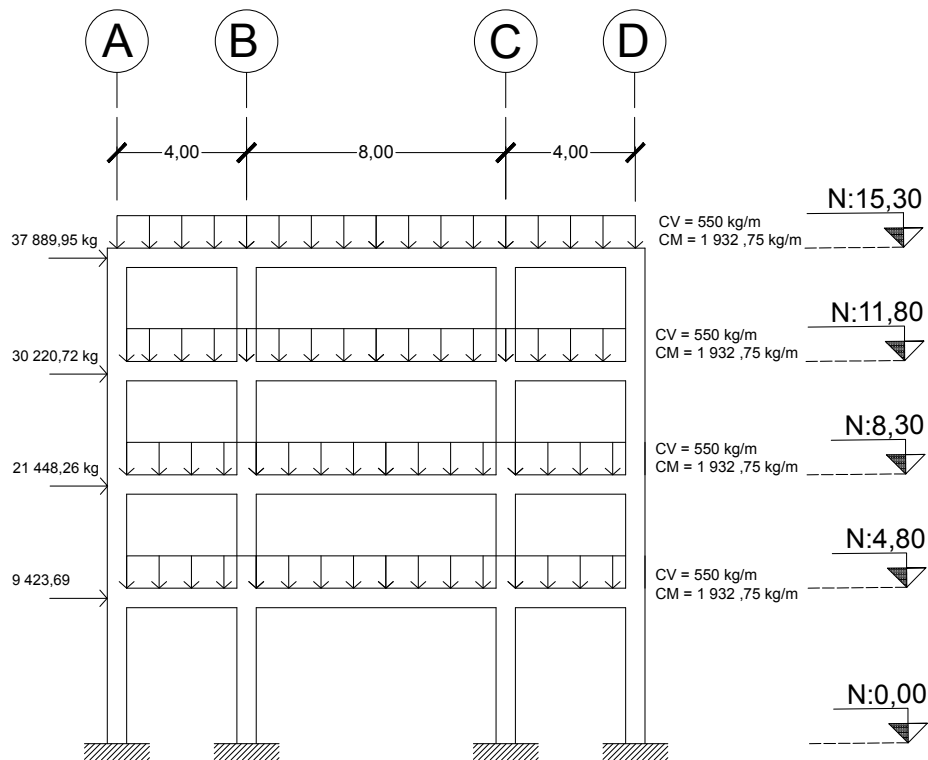


Tabla XXVIII. Fuerzas por marco eje Y, nivel 0

Marco	e		K	di	K*di	k*di <sup>2</sup>	Ei	Fi' (kg)	Fi'' (kg)	Fm (kg)
1	e <sub>1y</sub>	2,83	8	-8	-64	512	-20	18 762,5	-10 619,58	29 156,93
	e <sub>2y</sub>	-2,77							10 394,43	
2	e <sub>1y</sub>	2,83	8	-4	-32	128	-40	18 762,5	-5 309,79	23 959,71
	e <sub>2y</sub>	-2,77							5 197,21	
3	e <sub>1y</sub>	2,83	8	4	32	128	40	18 762,5	5 309,79	24 072,29
	e <sub>2y</sub>	-2,77							-5 197,21	
4	e <sub>1y</sub>	2,83	8	8	64	512	20	18 762,5	10 619,58	29 382,08
	e <sub>2y</sub>	-2,77							-10 394,43	

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Cargas verticales y horizontales en marco



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

#### 2.1.5.4. Análisis de marcos por método numérico

El análisis estructural, es el estudio al cual se somete una estructura para conocer el comportamiento de cada uno de sus miembros bajo la influencia de cargas externas. En este caso, se recurre a analizar la estructura mediante un método numérico exacto y correctivo, como lo es el método de Kani.

Este método está fundamentado en las características generales de la elástica. La ventaja de este método sobre los demás métodos de aproximaciones sucesivas, es que se toma el efecto del desplazamiento de los elementos de manera directa, además, la comprobación de resultados puede hacerse en cualquier nudo, utilizando únicamente los valores finales, sin que sea necesario revisar todo el desarrollo de cálculo. Al utilizar el método de Kani, las cargas vivas, muertas y sísmicas, deberán analizarse por separado.

- Determinar las rigideces de los elementos:

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

Donde:

K = rigidez

I = inercia del elemento

L = longitud del elemento

Tanto las vigas como las columnas son de sección rectangular, por lo tanto:

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

Donde:

I = inercia del elemento

b = base de la sección transversal

h = altura de la sección transversal

Tabla XXIX. **Rigideces en vigas**

Elemento	b (m)	h (m)	Inercia (m <sup>4</sup> )	Longitud (m)	Rigidez (K)
Vigas del nivel 3					
A-B	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
B-C	0,3	0,6	0,0054	8	0,0007
B-D	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
Vigas del nivel 2					
E-F	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
F-G	0,3	0,6	0,0054	8	0,0007
G-H	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
Vigas del nivel 1					
I-J	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
J-K	0,3	0,6	0,0054	8	0,0007
K-L	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
Vigas del nivel 0					
M-N	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014
N-O	0,3	0,6	0,0054	8	0,0007
O-P	0,3	0,6	0,0054	4	0,0014

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Rigideces en columnas**

Elemento	b (m)	h (m)	Inercia (m4)	Longitud (m)	Rigidez (K)
Columnas del nivel 3					
A-E	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
B-F	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
C-G	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
D-H	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
Columnas del nivel 2					
E-I	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
F-J	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
G-K	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
H-L	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
Columnas del nivel 1					
I-M	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
J-N	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
K-O	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
L-P	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
Columnas del nivel 0					
M-Q	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
N-R	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
O-S	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031
P-T	0,6	0,6	0,0108	3,5	0,0031

Fuente: elaboración propia.

- Determinar factores de giro o reparto

$$\mu = -\frac{1}{2} * \frac{K}{\sum K}$$

Donde:

$\mu$  = factor de giro o reparto

K = rigidez del elemento

$\sum K$  = sumatoria de las rigideces en el nudo

Debe de verificarse que las sumatoria entre los factores de giro en cada nudo sea igual a -0,50, en el caso del nudo A:

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{AB}}{K_{AB} + K_{BA}}$$

$$\mu_{AB} = -\frac{1}{2} * \frac{0,0014}{0,0014 + 0,0031}$$

$$\mu_{AB} = -0,1556$$

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{K_{BA}}{K_{AB} + K_{BA}}$$

$$\mu_{BA} = -\frac{1}{2} * \frac{0,0031}{0,0014 + 0,0031}$$

$$\mu_{BA} = -0,3444$$

Comprobación:

$$\sum \mu = \mu_{Ab} + \mu_{BA}$$

$$\sum \mu = -0,1556 + (-0,3444) = -0,50$$

Tabla XXXI. **Factores de giro**

Tramo	Factor de giro ( $\mu$ )
Nudo A	
A-B	-0,152
A-E	-0,348
	-0,500
Nudo B	
B-A	-0,132
B-F	-0,302
B-C	-0,066
	-0,500
Nudo C	
C-B	-0,066
C-G	-0,302
C-D	-0,132
	-0,500
Nudo D	
D-C	-0,152
D-H	-0,348
	-0,500
Nudo E	
E-A	-0,205
E-F	-0,090
E-I	-0,205
	-0,500
Nudo F	
F-E	-0,082
F-B	-0,188
F-G	-0,041
F-J	-0,188
	-0,500

Continuación de la tabla XXXI.

Nudo G	
G-F	-0,041
G-C	-0,188
G-H	-0,082
G-K	-0,188
	-0,500
Nudo H	
H-G	-0,090
H-D	-0,205
H-L	-0,205
	-0,500
Nudo I	
I-E	-0,205
I-J	-0,090
I-M	-0,205
	-0,500
Nudo J	
J-I	-0,082
J-F	-0,188
J-K	-0,041
J-N	-0,188
	-0,500
Nudo K	
K-J	-0,041
K-G	-0,188
K-L	-0,082
K-O	-0,188
	-0,500
Nudo L	
L-K	-0,090
L-H	-0,205
L-P	-0,205
	-0,500

Continuación de la tabla XXXI.

Nudo M	
M-I	-0,231
M-N	-0,101
M-Q	-0,168
	-0,500
Nudo N	
N-M	-0,092
N-J	-0,210
N-O	-0,046
N-R	-0,153
	-0,500
Nudo O	
O-N	-0,046
O-K	-0,210
O-P	-0,092
O-S	-0,153
	-0,500
Nudo P	
P-O	-0,101
P-L	-0,231
P-T	-0,168
	-0,500

Fuente: elaboración propia.

Los valores presentados para las rigideces y factores de giro solo son influenciados por aspectos geométricos de la estructura y no se ven afectados por las cargas, debido a esto, los valores se mantendrán constantes para los análisis con las diferentes cargas.



- Análisis para carga muerta

Cálculo de momentos fijos:

$$MF = \frac{WL^2}{12}$$

Donde:

MF = momento fijo

W = carga uniformemente distribuida

L = longitud del elemento

Para la determinación de los momentos fijos, se tomarán negativos los momentos que actúan a favor de las manecillas del reloj y positivos los momentos que actúan en contra.

$MF_{AB}$ :

$$MF_{AB} = \frac{1\,932,75 \text{ kg} * (4 \text{ m})^2}{12}$$

$$MF_{AB} = 2\,577,00 \text{ kg} * \text{m}$$

$MF_{BA}$ :

$$MF_{AB} = - MF_{BA}$$

$$MF_{AB} = - 2\,577,00 \text{ kg} * \text{m}$$

Tabla XXXII. **Momentos fijos para cargas muertas**

MF (kg*m)					
A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C
2 577,00	-2 577,00	10 308,00	-10 308,00	2 577,00	-2 577,00
E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G
4 817,00	-4 817,00	19 268,00	-19 268,00	4 817,00	-4 817,00
I-J	J-I	J-K	K-J	K-L	L-K
4 817,00	-4 817,00	19 268,00	-19 268,00	4 817,00	-4 817,00
M-N	N-M	N-O	O-N	O-P	P-O
5 051,27	-5 051,27	20 205,07	-20 205,07	5 051,27	-5 051,27

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de momentos de sujeción:

$$M_s = \sum MF_{ik}$$

Donde:

$M_s$  = momento de sujeción

$\sum MF_{ik}$  = suma de momentos fijos que llegan al nudo

Nudo A:

$$M_{SA} = MF_{AB} = 2\,577,00 \text{ kg*m}$$

Nudo B:

$$M_{SB} = MF_{BA} + MF_{BC} = -2\,577,00 + 10\,308,00 = 7\,731 \text{ kg*m}$$

Nudo C:

$$M_{SC} = MF_{CB} + MF_{CD} = - 10\,308,00 + 2\,577,00 = - 7\,731 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo D:

$$M_{SE} = MF_{DC} = - 2\,577,00 = - 2\,577,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo E:

$$M_{SE} = MF_{EF} = 4\,817,00 = 4\,817,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo F:

$$M_{SF} = MF_{FE} + MF_{FG} = - 4\,817,00 + 19\,268,00 = 14\,451,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo G:

$$M_{SG} = MF_{GF} + MF_{GH} = - 19\,268,00 + 4\,817,00 = - 14\,451,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo H:

$$M_{SH} = MF_{HG} = - 4\,817,00 = - 4\,817,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo I:

$$M_{SI} = MF_{IJ} = 4\,817,00 = 4\,817,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo J:

$$M_{SJ} = MF_{JI} + MF_{JK} = - 4\,817,00 + 19\,268,00 = 14\,451,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo K:

$$M_{SK} = MF_{KJ} + MF_{KL} = - 19\,268,00 + 4\,817,00 = - 14\,451,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo L:

$$M_{SL} = MF_{LK} = - 4\ 817,00 = - 4\ 817,00 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo M:

$$M_M = MF_{MN} = 5\ 051,27 = 5\ 051,27 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo N:

$$M_{SN} = MF_{NM} + MF_{NO} = - 5\ 051,27 + 20\ 205,07 = 15\ 153,80 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Nudo O:

$$M_{SO} = MF_{ON} + MF_{OP} = - 20\ 205,07 + 5\ 051,27 = - 15\ 153,80 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Cálculo de momentos finales:

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

Donde:

$M_{ik(-)}$  = momento final negativo

$MF_{ik}$  = momento fijo

$M'_{ik}$  = última iteración en el extremo izquierdo

$M'_{ki}$  = última iteración en el extremo derecho

$$M_{(+)} = \frac{W * L^2}{8} - \frac{|M_{ik(-)}| + |M_{ki(-)}|}{2}$$

Donde:

$M_{ik(+)}$  = momento final positivo

$W$  = carga distribuida

$L$  = longitud

$M_{ik(-)}$  = momento final en el extremo izquierdo

$M_{ki(-)}$  = momento final en el extremo derecho

Con los momentos fijos y de sujeción calculados se procede a realizar el cálculo iterativo, asistido por el software Microsoft Excel, tal y como se ilustra en la hoja de cálculo adjunta en los apéndices de este informe.

- Análisis para carga viva

Para este análisis se siguen los mismos pasos que para el análisis de cargas muertas, variando únicamente la magnitud de las cargas.

Tabla XXXIII. **Momentos fijos para cargas vivas**

MF (kg*m)					
A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C
733,33	-733,33	2 933,33	-2 933,33	733,33	-733,33
E-F	F-E	F-G	G-F	G-H	H-G
1 100,00	-1 100,00	4 400,00	-4 400,00	1 100,00	-1 100,00
I-J	J-I	J-K	K-J	K-L	L-K
1 100,00	-1 100,00	4 400,00	-4 400,00	1 100,00	-1 100,00
M-N	N-M	N-O	O-N	O-P	P-O
1 333,33	-1 333,33	5 333,33	-5 333,33	1 333,33	-1 333,33

Fuente: elaboración propia.

De la misma manera que en el análisis anterior, se procede a utilizar una plantilla de Microsoft Excel para realizar el análisis iterativo, tal y como se ilustra en la hoja de cálculo adjunta en los apéndices de este informe.

- Análisis para carga sísmica

Cálculo de momentos de piso:

$$M_x = \frac{F_x * h_x}{3}$$

Donde:

$M_x$  = momento de piso

$F_x$  = fuerza sísmica de piso

$h_x$  = altura del nivel

- Momento de piso nivel 3:

$$M_3 = \frac{F_3 * h_3}{3} = \frac{37,89 T * 3,50 m}{3} = 44,20 T * m$$

- Momento de piso nivel 2:

$$M_2 = \frac{(F_3 + F_2) * h_2}{3} = \frac{(37,89 + 30,22) T * 3,50 m}{3} = 79,46 T * m$$

- Momento de piso nivel 1:

$$M_1 = \frac{(F_3+F_2+F_1) * h_2}{3} = \frac{89,56 T * 3,50 m}{3} = 104,49 T * m$$

- Momento de piso nivel 0:

$$M_0 = \frac{(F_3+F_2+F_1+F_0) * h_0}{3} = \frac{98,98 T * 3,50 m}{3} = 115,48 T * m$$

Al realizar el análisis de cargas laterales en marcos, se hace necesario determinar el factor de corrimiento de cada nivel, el cual se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$\gamma = -\frac{3}{2} * \frac{K_{columna}}{\sum K_{columna}}$$

Donde:

$\gamma$  = factor de corrimiento

$K_{columna}$  = rigidez de la columna

$\sum K_{columna}$  = sumatoria de rigideces de columnas por nivel

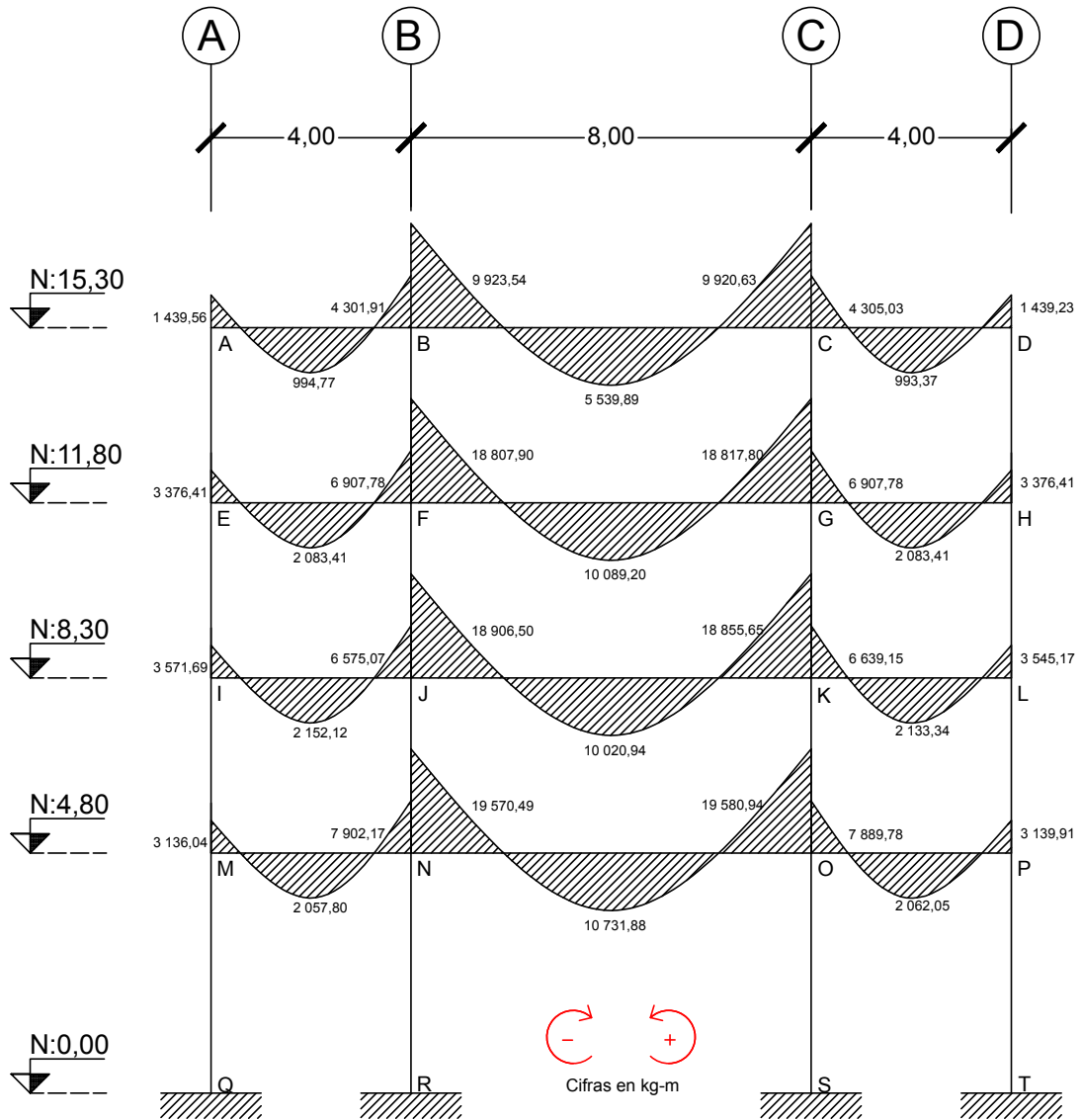
- Factor de corrimiento, nivel 3, 2 y 1:

$$\gamma = -\frac{3}{2} * \frac{0,0031}{0,0031 * 4} = -0,375$$

- Factor de corrimiento, nivel 0:

$$\gamma = -\frac{3}{2} * \frac{0,0023}{0,0023 * 4} = -0,375$$

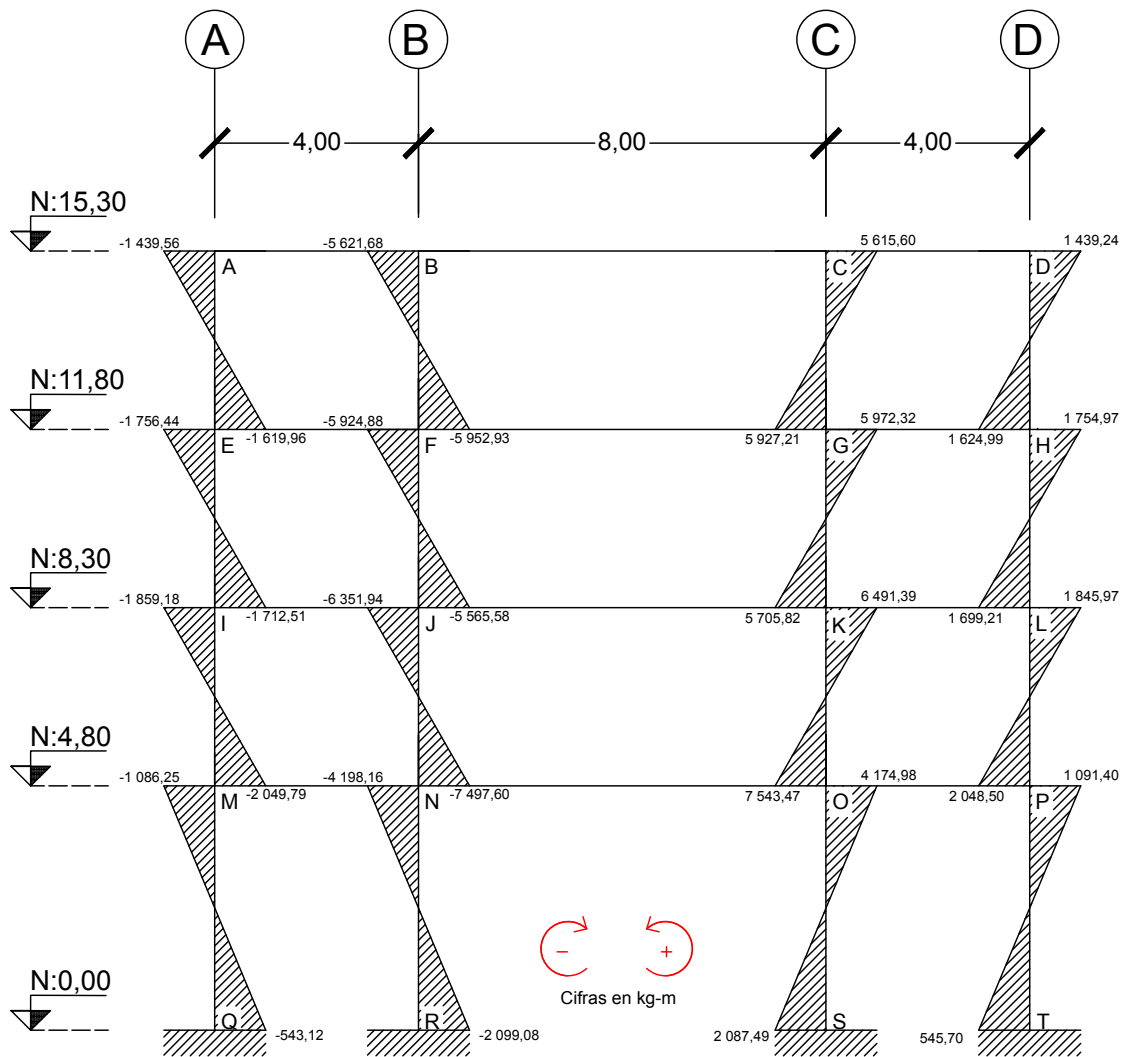
Figura 9. Diagrama de momentos en vigas, carga muerta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

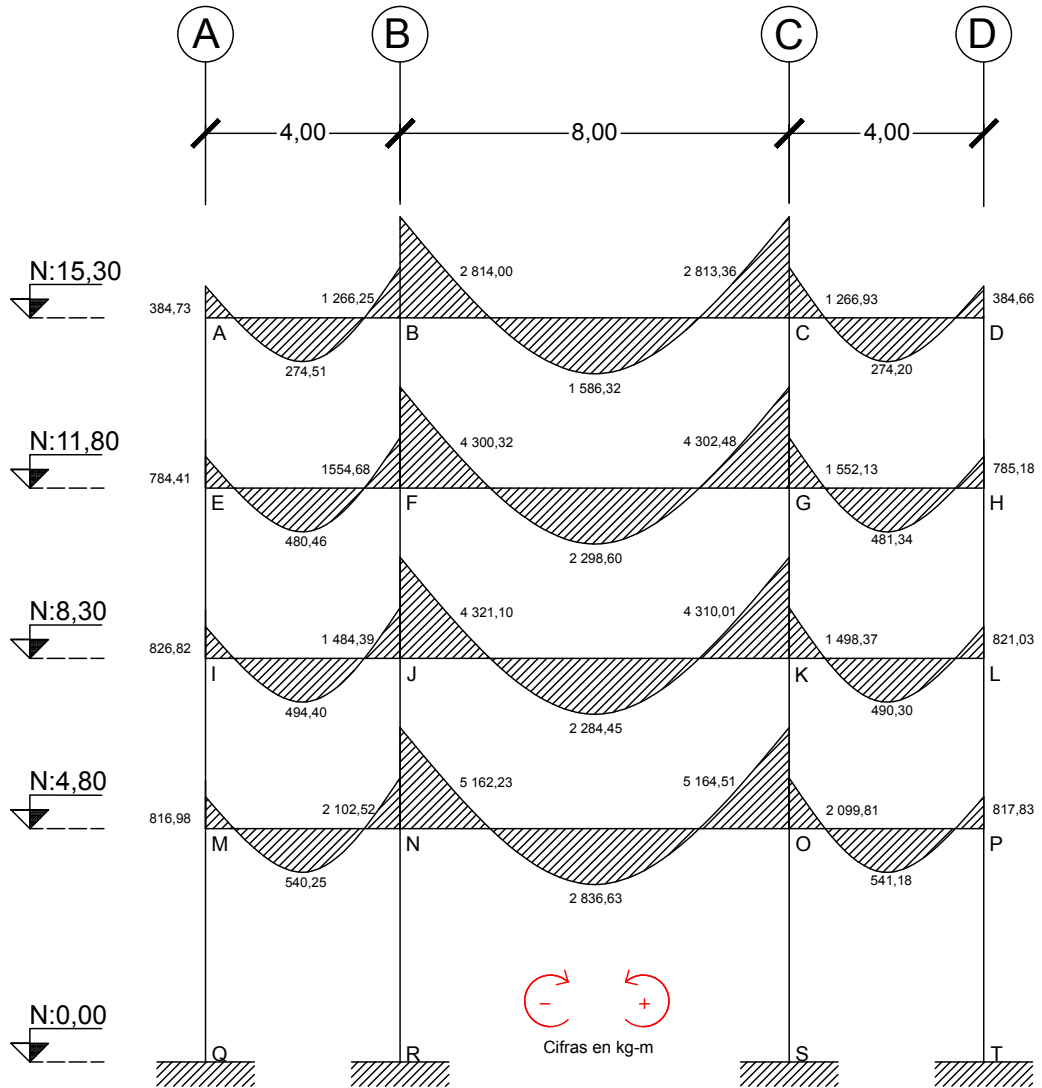


Figura 10. Diagrama de momentos en columnas, carga muerta



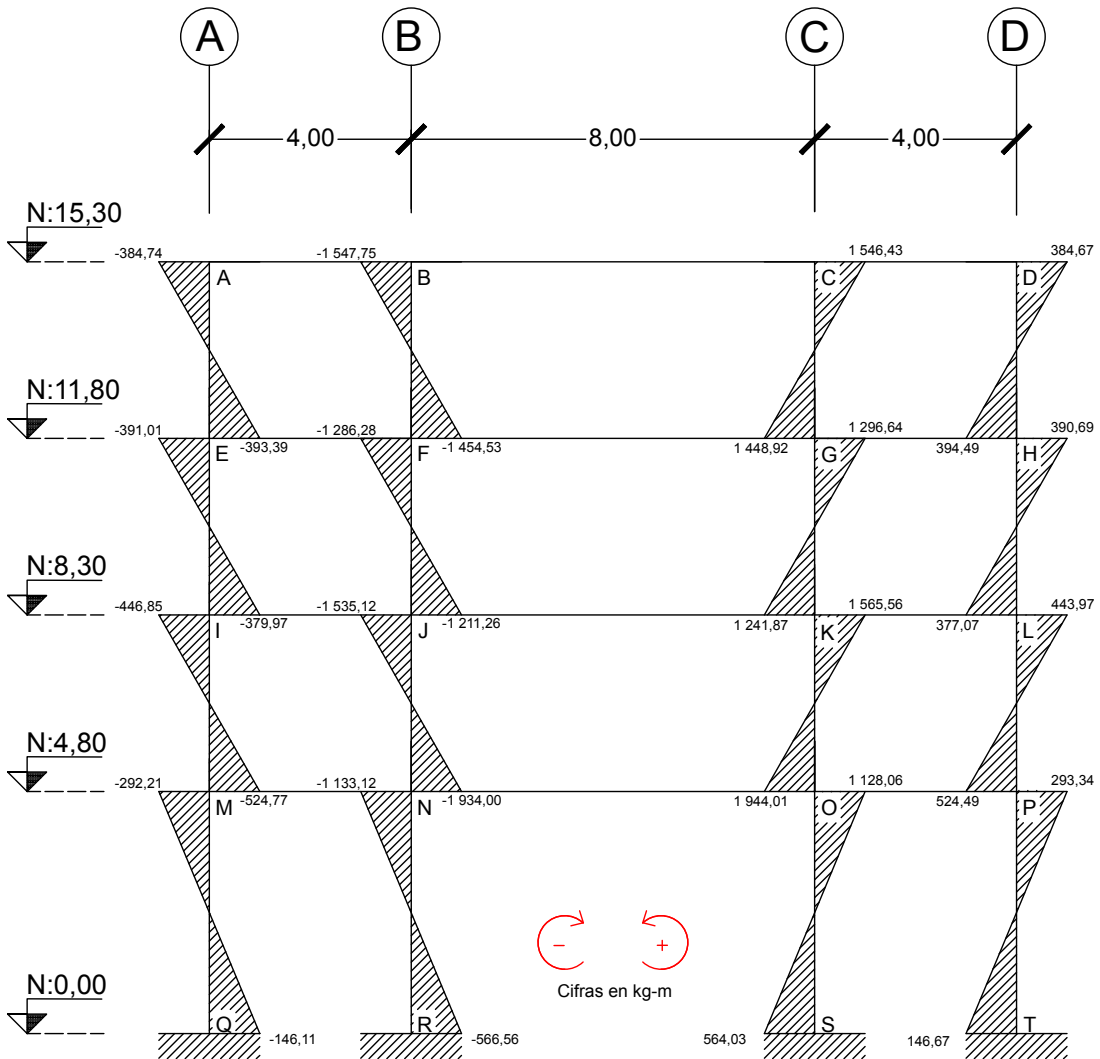
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 11. Diagrama de momentos en vigas, carga viva



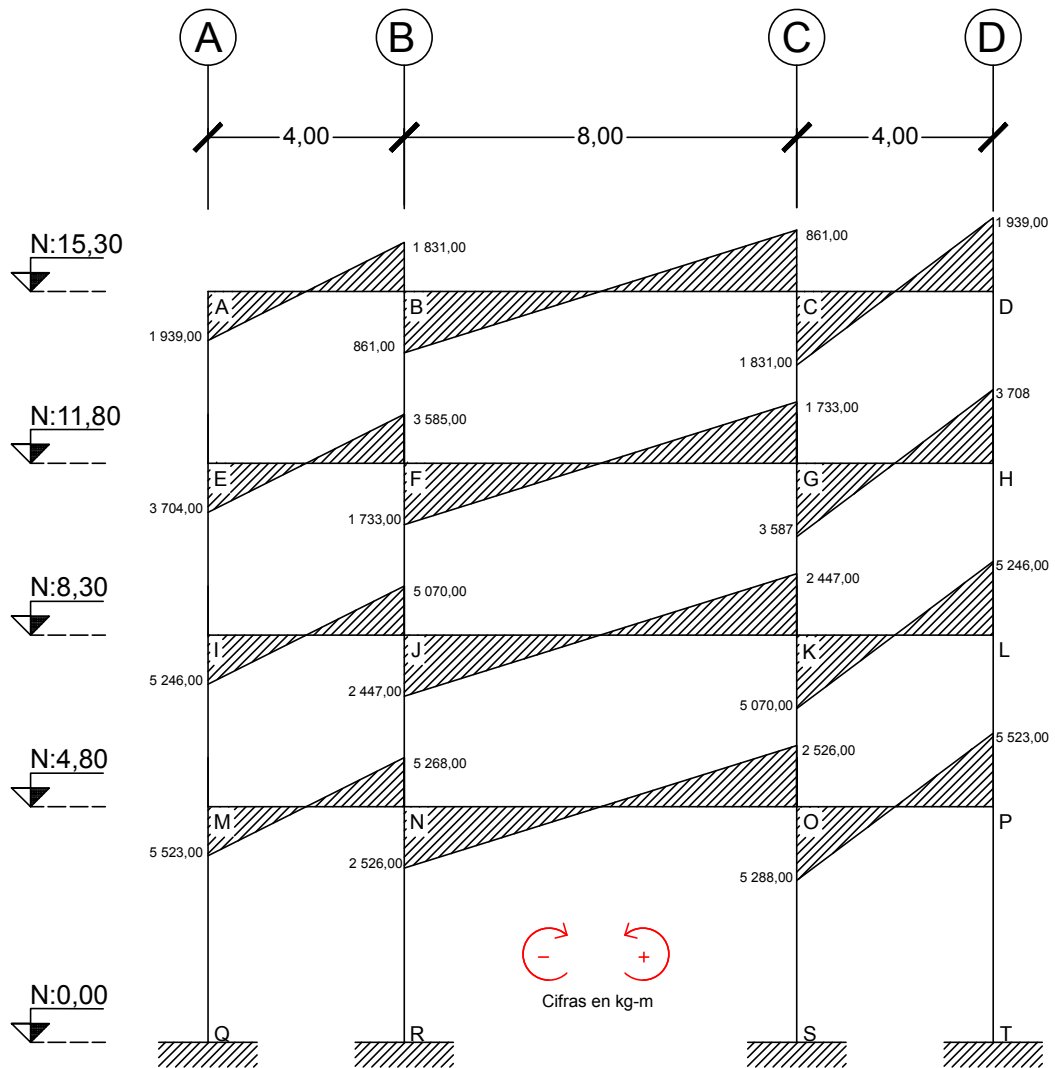
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 12. Diagrama de momentos en columnas, carga viva



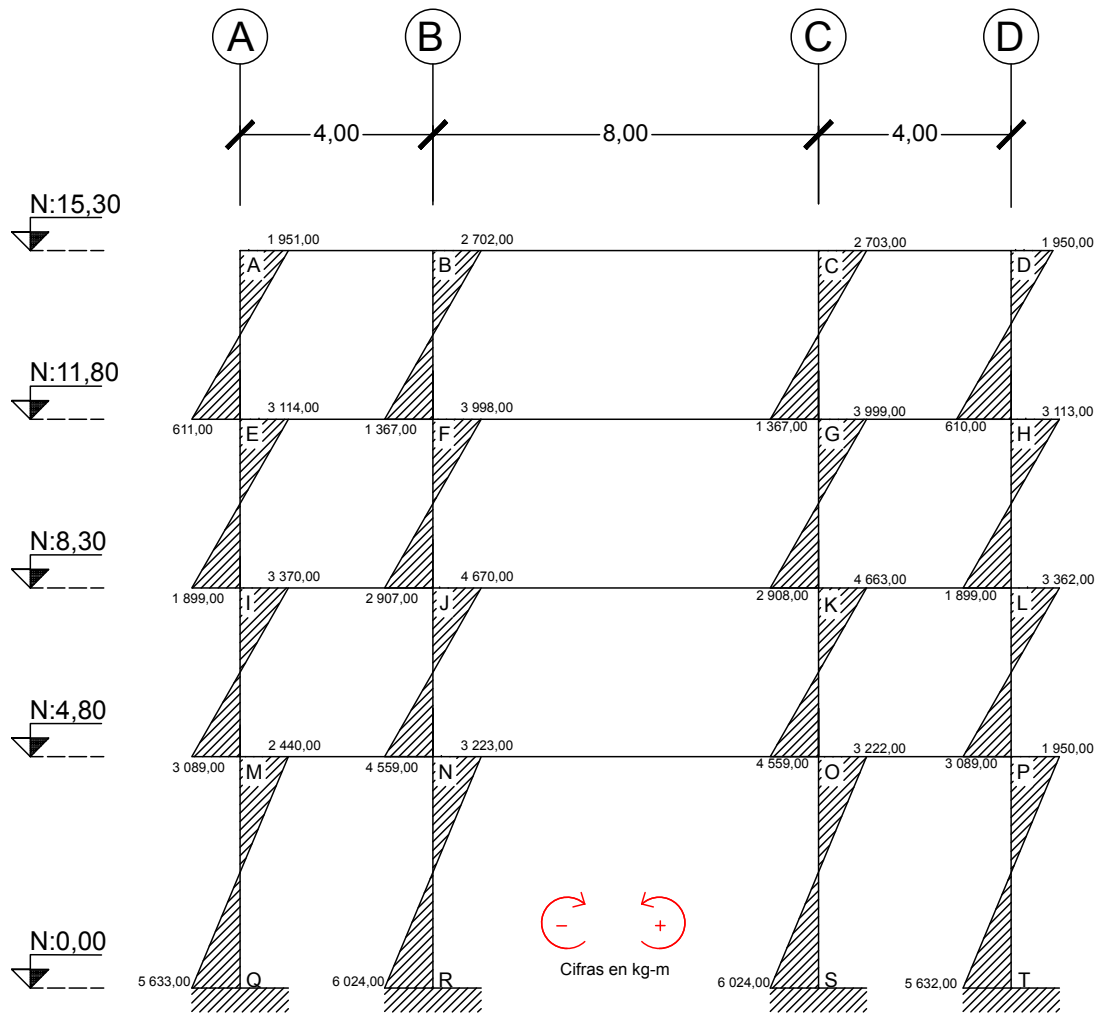
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 13. Diagrama de momentos en vigas, carga sísmica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 14. Diagrama de momentos en columnas, carga sísmica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### 2.1.5.5. Momentos últimos por envolvente de momentos

Con los resultados obtenidos del análisis estructural se procede a calcular la envolvente de momentos para cada elemento, para determinar mediante combinaciones y factores de carga, las condiciones menos favorables a las que se someten dichos elementos durante el periodo de vida de la estructura.

Tabla XXXIV. **Combinaciones de carga según ACI 318-14**

$U = 1,4 \text{ CM}$
$U = 1,2 \text{ CM} + \text{CV} + \text{S}$
$U = 0,9 \text{ CM} + \text{S}$

Fuente: Código ACI 318-14 tabla 5.3.1, p. 65.

El código ACI en ediciones anteriores establece algunas combinaciones de carga críticas que deben de seguir tomándose en cuenta para el diseño estructural, como lo son las siguientes:

- $U = 1,4\text{CM} + 1,7\text{CV}$
- $U = 1,4 \text{ CM} + \text{CV} + \text{S}$
- $U = 1,4 \text{ CM} + \text{CV} - \text{S}$

Tabla XXXV. **Envolvente de momentos en vigas**

VIGA A-B (kg*m)									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	1 439,56	384,73	-1 939,00	2 015,38	173,20	-643,40	2 669,43	461,11	4 339,11
M (+)	994,77	274,51		1 392,68	1 468,23	895,29	1 859,35	1 667,19	1 667,19
Mk (-)	-4 301,91	-1 266,25	-1 831,00	-6 022,67	-8 259,54	-5 702,72	-8 175,30	-9 119,92	-5 457,92
ENVOLVENTE									
Mi (-)	4 339,11		M (+)	1 859,35			Mk (-)	-9 119,92	
VIGA B-C (kg*m)									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	9 923,59	2 814,00	-861,00	13 893,03	13 861,31	8 070,23	18 676,83	15 846,03	17 568,03
M (+)	5 539,89	1 586,32		7 755,85	8 234,19	4 985,90	10 452,59	9 342,17	9 342,17
Mk (-)	-9 920,63	-2 813,34	-861,00	-13 888,88	-15 579,10	-9 789,57	-18 671,56	-17 563,22	-15 841,22
ENVOLVENTE									
Mi (-)	18 676,83		M (+)	10 452,59			Mk (-)	-18 671,56	
VIGA C-D (kg*m)									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	4 305,03	1 266,93	-1 831,00	6 027,04	4 601,97	2 043,53	8 180,82	5 462,97	9 124,97
M (+)	993,37	274,20		1 390,72	1 466,24	894,03	1 856,86	1 664,92	1 664,92
Mk (-)	-1 439,24	-384,67	-1 939,00	-2 014,94	-4 050,76	-3 234,32	-2 668,88	-4 338,61	-460,61
ENVOLVENTE									
Mi (-)	9 124,97		M (+)	1 856,86			Mk (-)	-4 338,61	
VIGA E-F (kg*m)									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	3 376,41	784,41	-3 704,00	4 726,97	1 132,10	-665,23	6 060,47	1 807,38	9 215,38
M (+)	2 083,41	480,46		2 916,77	2 980,55	1 875,07	3 733,56	3 397,23	3 397,23
Mk (-)	-6 907,78	-1 554,68	-3 585,00	-9 670,89	-13 429,02	-9 802,00	-12 313,85	-14 810,57	-7 640,57
ENVOLVENTE									
Mi (-)	9 215,38		M (+)	3 733,56			Mk (-)	-14 810,57	
VIGA F-G (kg*m)									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	18 807,87	4 300,33	-1 733,00	26 331,02	25 136,77	15 194,08	33 641,58	28 898,35	32 364,35
M (+)	10 089,18	2 298,60		14 124,85	14 405,62	9 080,26	18 032,47	16 423,45	16 423,45
Mk (-)	-18 817,77	-4 302,48	-1 733,00	-26 344,88	-28 616,80	-18 668,99	-33 659,09	-32 380,36	-28 914,36

Continuación de la tabla XXXV.

ENVOLVENTE										
Mi (-)	33 641,58		M (+)	18 032,47			Mk (-)	-33 659,09		
VIGA G-H (kg*m)										
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mi (-)	6 896,11	1 552,13	-3 587,00	9 654,55	6 240,46	2 619,50	12 293,18	7 619,68	14 793,68	
M (+)	2 087,46	481,34		2 922,44	2 986,29	1 878,71	3 740,72	3 403,78	3 403,78	
Mk (-)	-3 379,96	-785,18	-3 702,00	-4 731,94	-8 543,13	-6 743,96	-6 066,75	-9 219,12	-1 815,12	
ENVOLVENTE										
Mi (-)	14 793,68		M (+)	3 740,72			Mk (-)	-9 219,12		
VIGA I-J (kg*m)										
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mi (-)	3 571,69	826,82	-5 246,00	5 000,37	-133,15	-2 031,48	6 405,96	581,19	11 073,19	
M (+)	2 152,12	494,40		3 012,97	3 076,94	1 936,91	3 853,45	3 507,37	3 507,37	
Mk (-)	-6 575,07	-1 484,39	-5 070,00	-9 205,10	-14 444,47	-10 987,56	-11 728,56	-15 759,49	-5 619,49	
ENVOLVENTE										
Mi (-)	11 073,19		M (+)	3 853,45			Mk (-)	-15 759,49		
VIGA J-K (kg*m)										
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mi (-)	18 906,47	4 321,10	-2 447,00	26 469,06	24 561,86	14 568,82	33 814,93	28 343,16	33 237,16	
M (+)	10 020,94	2 284,45		14 029,32	14 309,58	9 018,85	17 912,88	16 313,77	16 313,77	
Mk (-)	-18 855,65	-4 310,01	-2 447,00	-26 397,91	-29 383,79	-19 417,09	-33 724,93	-33 154,92	-28 260,92	
ENVOLVENTE										
Mi (-)	33 814,93		M (+)	17 912,88			Mk (-)	-33 724,93		
VIGA K-L (kg*m)										
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mi (-)	6 639,15	1 498,37	-5 070,00	9 294,81	4 395,35	905,24	11 842,04	5 723,18	15 863,18	
M (+)	2 133,34	490,30		2 986,68	3 050,31	1 920,01	3 820,19	3 476,98	3 476,98	
Mk (-)	-3 545,17	-821,03	-5 246,00	-4 963,24	-10 321,23	-8 436,65	-6 358,99	-11 030,27	-538,27	
ENVOLVENTE										
Mi (-)	15 863,18		M (+)	3 820,19			Mk (-)	-11 030,27		
VIGA M-N (kg*m)										
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Mi (-)	3 136,04	816,08	-5 523,00	4 390,46	-943,67	-2 700,56	5 777,79	-316,46	10 729,54	
M (+)	2 057,80	540,25		2 880,92	3 009,61	1 852,02	3 799,35	3 421,17	3 421,17	



Continuación de la tabla XXXV.

Mk (-)	-7 902,17	-2 102,52	-5 288,00	-11 063,04	-16 873,12	-12 399,95	-14 637,32	-18 453,56	-7 877,56
<b>ENVOLVENTE</b>									
Mi (-)	10 729,54		M (+)	3 799,35			Mk (-)	-18 453,56	
<b>VIGA N-O (kg*m)</b>									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	19 570,40	5 162,23	-2 526,00	27 398,56	26 120,71	15 087,36	36 174,35	30 034,79	35 086,79
M (+)	10 731,81	2 836,63		15 024,53	15 714,80	9 658,63	19 846,81	17 861,16	17 861,16
Mk (-)	-19 580,94	-51 64,51	-2 526,00	-27 413,32	-31 187,64	-20 148,85	-36 192,98	-35 103,83	30 051,83
<b>ENVOLVENTE</b>									
Mi (-)	36 174,35		M (+)	19 846,81			Mk (-)	-36 192,98	
<b>VIGA O-P (kg*m)</b>									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Mi (-)	7 889,78	2 099,81	-5 288,00	11 045,69	6 279,55	1 812,80	1 4615,37	7 857,50	18 433,50
M (+)	2 062,05	541,18		2 886,87	3 015,64	1 855,85	3 806,88	3 428,05	3 428,05
Mk (-)	-3 139,91	-817,82	-5 523,00	-4 395,87	-10 108,71	-8 348,92	-5 786,17	-10 736,69	309,31
<b>ENVOLVENTE</b>									
Mi (-)	18 433,50		M (+)	3 806,88			Mk (-)	-10 736,69	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXVI. Envoltente de momentos en columnas**

<b>COLUMNAS (kg*m)</b>									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
M A-E	-1 439,56	-384,74	1 951,01	-2 015,38	-161,20	655,41	-2 669,44	-449,11	-4 351,13
<b>ENVOLVENTE M A-E</b>					<b>-4 351,13</b>				
M E-A	-1 619,96	-393,39	611,00	-2 267,95	-1 726,35	-846,97	-2 936,72	-2 050,35	-3 272,35
<b>ENVOLVENTE M E-A</b>					<b>-3 272,35</b>				
M B-F	-5 621,68	-1 547,75	2 702,00	-7 870,36	-5 591,77	-2 357,51	-10 501,54	-6 716,11	-12 120,11
<b>ENVOLVENTE M B-F</b>					<b>-12 120,11</b>				
M F-B	-5 952,93	-1 454,53	1 367,00	-8 334,10	-7 231,04	-3 990,64	-10 806,80	-8 421,63	-11 155,63
<b>ENVOLVENTE M F-B</b>					<b>-11 155,63</b>				

Continuación de la tabla XXXVI.

M C-G	5 615,60	1 546,43	2 703,00	7 861,84	10 988,14	7 757,04	10 490,76	12 111,26	6 705,26
ENVOLVENTE M C-G					12 111,26				
M G-C	5 927,21	1 448,92	1 367,00	8 298,09	9 928,57	6 701,49	10 761,25	11 114,01	8 380,01
ENVOLVENTE M G-C					11 114,01				
M D-H	1 439,24	384,67	1 950,00	2 014,93	4 061,75	3 245,31	2 668,87	4 349,60	449,60
ENVOLVENTE M D-H					4 349,60				
M H-D	1 624,99	394,49	610,00	2 274,98	2 954,48	2 072,49	2 945,62	3 279,48	2 059,48
ENVOLVENTE M H-D					3 279,48				
M E-I	-1 756,44	-391,01	3 114,00	-2 459,02	615,26	1 533,20	-3 123,74	263,97	-5 964,03
ENVOLVENTE M E-I					-5 964,03				
M I-E	-1 712,51	-3 79,97	1 899,00	-2 397,51	-535,98	357,74	-3 043,47	-878,49	-4 676,49
ENVOLVENTE M I-E					-4 676,49				
M F-J	-5 924,88	-1 286,28	3 998,00	-8 294,83	-4 398,14	-1 334,39	-10 481,52	-5 583,12	-13 579,12
ENVOLVENTE M F-J					-13 579,12				
M J-F	-5 565,58	-1 211,26	2 907,00	-7 791,82	-4 982,96	-2 102,02	-9 850,96	-6 096,08	-11 910,08
ENVOLVENTE M J-F					-11 910,08				
M G-K	5 972,32	1 296,64	3 999,00	8 361,25	12 462,43	9 374,09	10 565,54	13 656,89	5 658,89
ENVOLVENTE M G-K					13 656,89				
M K-G	5 705,82	1 241,87	2 908,00	7 988,15	10 996,85	8 043,24	10 099,32	12 138,01	6 322,01
ENVOLVENTE M K-G					12 138,01				
M H-L	1 754,97	390,69	3 113,00	2 456,96	5 609,66	4 692,47	3 121,13	5 960,65	-265,35
ENVOLVENTE M H-L					5 960,65				
M L-H	1 699,21	377,07	1 899,00	2 378,89	4 315,12	3 428,29	3 019,90	4 654,96	856,96
ENVOLVENTE M L-H					4 654,96				
M I-M	-1 859,18	-446,85	3 370,00	-2 602,86	692,13	1 696,74	-3 362,50	320,29	-6 419,71
ENVOLVENTE M I-M					-6 419,71				
M M-I	-2 049,79	-524,77	3 089,00	-2 869,70	104,49	1 244,19	-3 761,81	-305,47	-6 483,47
ENVOLVENTE M M-I					-6 483,47				
M J-N	-6 351,94	-1 535,12	4 670,00	-8 892,72	-4 487,46	-1 046,75	-11 502,43	-5 757,85	-15 097,85
ENVOLVENTE M J-N					-15 097,85				
M N-J	-7 497,60	-1 934,00	4 559,00	10 496,64	-6 372,13	-2 188,84	-13 784,45	-7 871,65	-16 989,65
ENVOLVENTE M N-J					-16 989,65				
M K-O	6 491,39	1 565,56	4 663,00	9 087,95	14 018,22	10 505,25	11 749,39	15 316,50	5 990,50
ENVOLVENTE M K-O					15 316,50				
M O-K	7 543,47	1 944,01	4 559,00	10 560,86	15 555,18	11 348,12	13 865,68	17 063,87	7 945,87

Continuación de la tabla XXXVI.

ENVOLVENTE M O-K					17 063,87				
M L-P	1 845,97	-656,03	3 362,00	2 584,36	4 921,14	5 023,37	1 469,11	5 290,33	-1 433,67
ENVOLVENTE M L-P					5290.33				
M P-L	2 048,50	443,97	3 089,00	2 867,89	5 991,16	4 932,65	3 622,64	6 400,86	222,86
ENVOLVENTE M P-L					6 400,86				
M M-Q	-1 086,25	-292,21	2 440,00	-1 520,75	844,29	1 462,38	-2 017,51	627,04	-4 252,96
ENVOLVENTE M M-Q					-4 252,96				
M N-R	-4 198,16	-1 133,12	3 223,00	-5 877,42	-2 947,90	-555,34	-7 803,71	-3 787,53	-10 233,53
ENVOLVENTE M N-R					-10 233,53				
M O-S	4 174,98	1 128,06	3 222,00	5 844,97	9 360,04	6 979,48	7 762,68	10 195,03	3 751,03
ENVOLVENTE M O-S					10 195,03				
M P-T	1 091,40	293,34	2 438,00	1 527,96	4 041,02	3 420,26	2 026,63	4 259,30	-616,70
ENVOLVENTE M P-T					4 259,30				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Envolvente de momentos en zapatas**

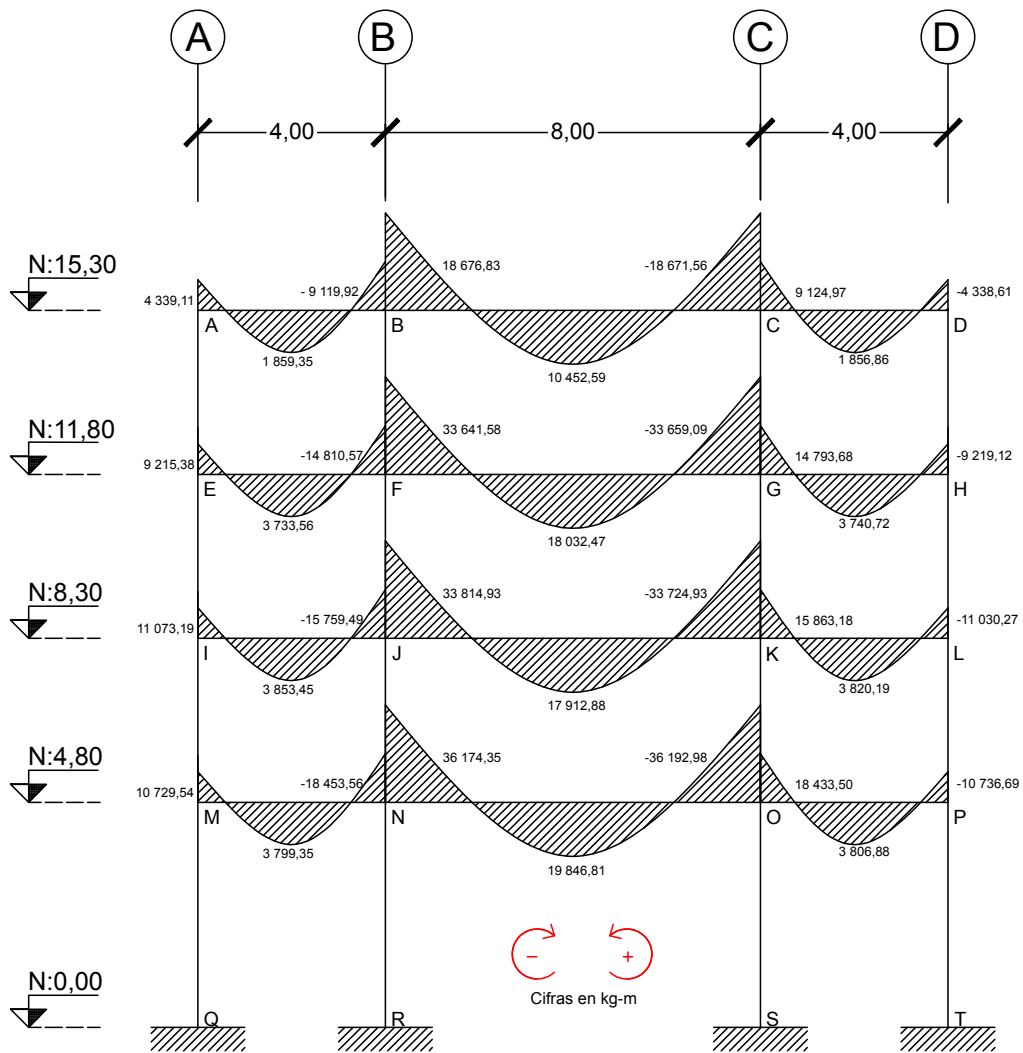
(kg*m)									
MOM.	CM	CV	S	C1	C2	C3	C4	C5	C6
M Q	-543,12	-146,11	5 633,00	-760,37	4 835,15	5 144,19	-1 008,76	4 726,52	-6 539,48
ENVOLVENTE M Q					-6 539,48				
M R	-2 099,08	-566,56	6 024,00	-2 938,71	2 938,54	4 134,83	-3 901,86	2 518,73	-9 529,27
ENVOLVENTE M R					-9 529,27				
M S	2 087,49	564,03	6 024,00	2 922,49	9 093,02	7 902,74	3 881,34	9 510,52	-2 537,48
ENVOLVENTE M S					9 510,52				
M T	545,70	146,67	5 632,00	763,98	6 433,51	6 123,13	1 013,32	6 542,65	-4 721,35
ENVOLVENTE M T					6 542,65				

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.6. Diagramas de momentos

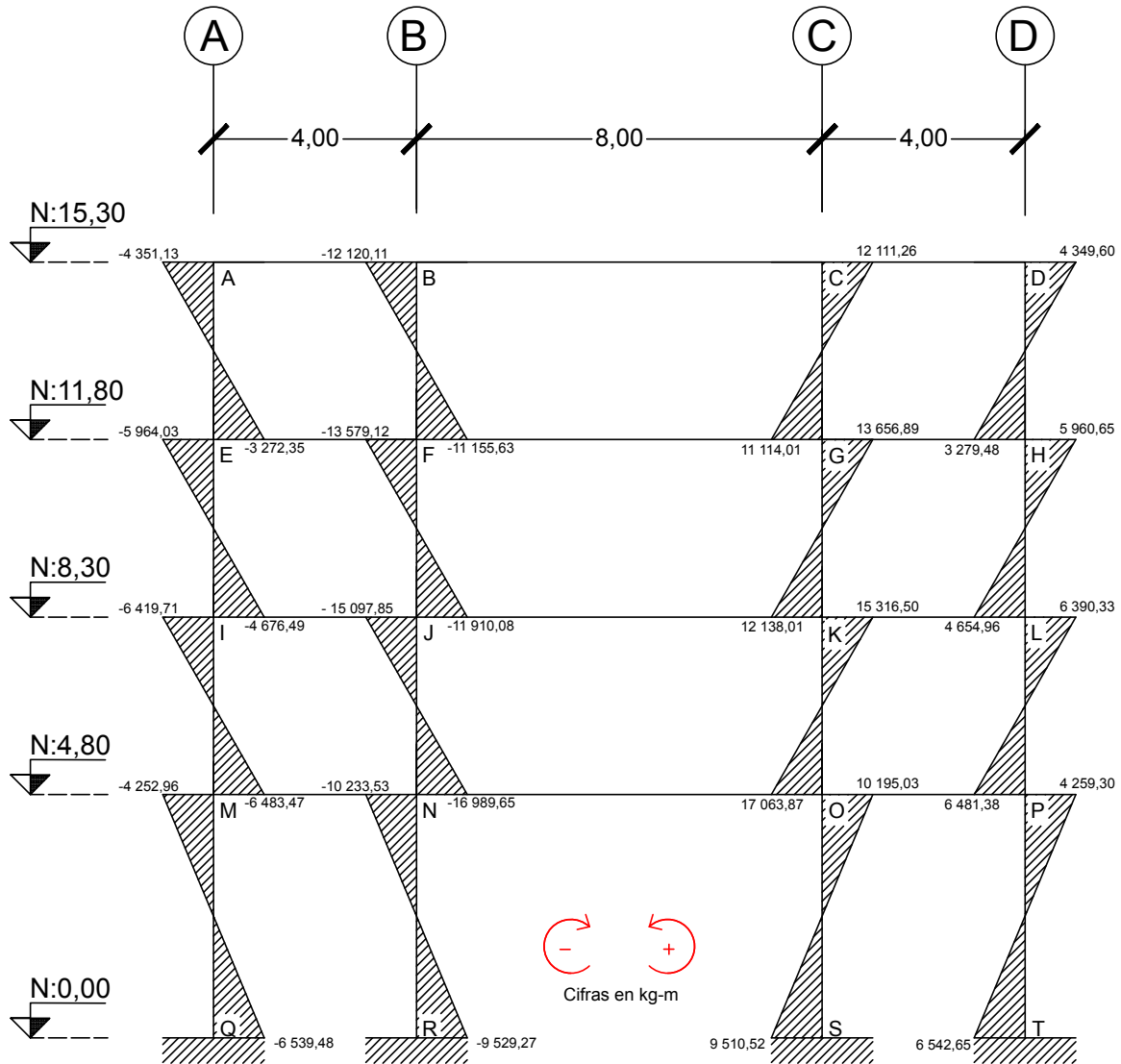
Las envolventes críticas obtenidas utilizando las combinaciones de carga propuestas, se ilustran en las figuras 15 y 16.

Figura 15. **Envolvente de momentos en vigas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 16. **Envolvente de momentos en columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### 2.1.5.7. Diagramas de corte

Las fuerzas cortantes que actúan en los marcos se pueden determinar, según ACI, con la siguiente expresión matemática:

Para vigas:

$$V_e = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_u} \pm \frac{W_u * l_u}{2} \quad (\text{ACI 318 - 14, coment. R18.4.2})$$

Donde:

$V_e$  = fuerza cortante

$M_{nl}$  = momento negativo en el lado izquierdo de la viga

$M_{nr}$  = momento negativo en el lado derecho de la viga

$W_u$  = carga distribuida mayorada sobre la viga

$l_u$  = longitud de la viga

Para columnas:

$$V_e = \frac{M_{nt} + M_{nb}}{l_u} \quad (\text{ACI 318 - 14, coment. R18.4.2})$$

Donde:

$V_e$  = fuerza cortante

$M_{nt}$  = momento negativo en la parte superior de la viga

$M_{nb}$  = momento negativo en la parte inferior de la viga

$l_u$  = longitud de la columna

**Tabla XXXVIII. Fuerza cortante en vigas**

Viga	Mnl (kg-m)	Mnr (kg-m)	Wcm (kg/m <sup>2</sup> )	Wcv (kg/m <sup>2</sup> )	Wu (kg/m <sup>2</sup> )	Ln (m)	V1 (kg)	V2 (kg)
A-B	4 339,11	-9 119,92	1 932,75	550,00	3 640,85	4,00	6 086,50	-8 476,90
B-C	18 676,83	-18 671,56	1 932,75	550,00	3 640,85	8,00	14 564,06	-14 562,74
C-D	9 124,97	-4 338,61	1 932,75	550,00	3 640,85	4,00	8 478,29	-6 085,11
E-F	9 215,38	-14 810,57	3 612,75	825,00	6 460,35	4,00	11 521,90	-14 319,50
F-G	33 641,58	-33 659,09	3 612,75	825,00	6 460,35	8,00	25 839,21	-25 843,59
G-H	14 793,68	-9 219,12	3 612,75	825,00	6 460,35	4,00	14 314,34	-11 527,06
I-J	11 073,19	-15 759,49	3 612,75	825,00	6 460,35	4,00	11 749,13	-14 092,28
J-K	33 814,93	-33 724,93	3 612,75	825,00	6 460,35	8,00	25 852,65	-25 830,15
K-L	15 863,18	-11 030,27	3 612,75	825,00	6 460,35	4,00	14 128,93	-11 712,47
M-N	10 729,54	-18 453,56	3 788,45	1 000,00	7 003,83	4,00	12 076,66	-15 938,67
N-O	36 174,35	-36 192,98	3 788,45	1 000,00	7 003,83	8,00	28 012,99	-28 017,65
O-P	18 433,50	-10 736,69	3 788,45	1 000,00	7 003,83	4,00	15 931,86	-12 083,46

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XXXIX. Fuerza cortante en columnas**

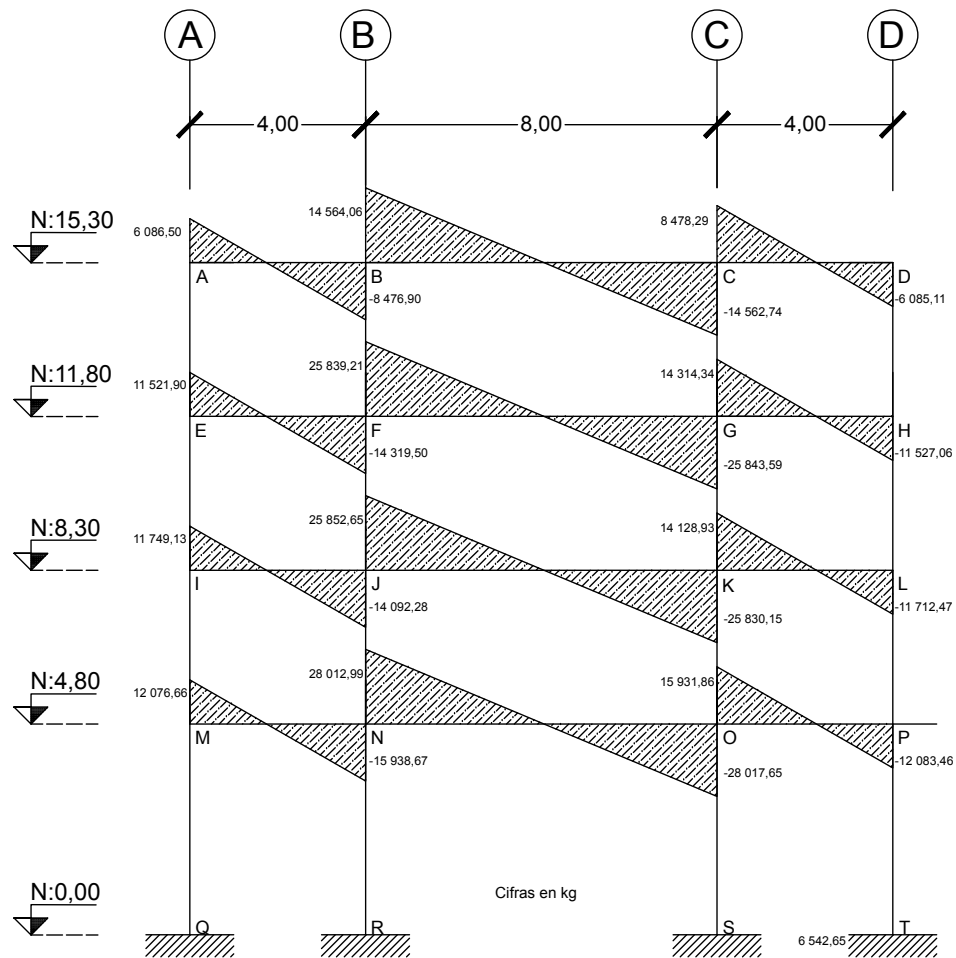
Columna	Mnt (kg-m)	Mnb (kg-m)	Ln (m)	V
A-E	-4 351,13	-3 272,35	3,50	-2 178,14
B-F	-12 120,11	-11 155,63	3,50	-6 650,21
C-G	12 111,26	11 114,01	3,50	6 635,79
D-H	4 349,60	3 279,48	3,50	2 179,74
E-I	-5 964,03	-4 676,49	3,50	-3 040,15
F-J	-13 579,12	-11 910,08	3,50	-7 282,63
G-K	13 656,89	12 138,01	3,50	7 369,97
H-L	5 960,65	4 654,96	3,50	3 033,03
I-M	-6 419,71	-6 483,47	3,50	-3 686,62
J-N	-15 097,85	-16 989,65	3,50	-9 167,86

Continuación de la tabla XXXIX.

K-O	15 316,50	17 063,87	3,50	9 251,53
L-P	6 390,33	6 481,38	3,50	3 677,63
M-Q	-4 252,96	-6 539,48	4,80	-2 248,43
N-R	-10 233,53	-9 529,27	4,80	-4 117,25
O-S	10 195,03	9 510,52	4,80	4 105,32
P-T	4 259,30	6 542,65	4,80	2 250,41

Fuente: elaboración propia.

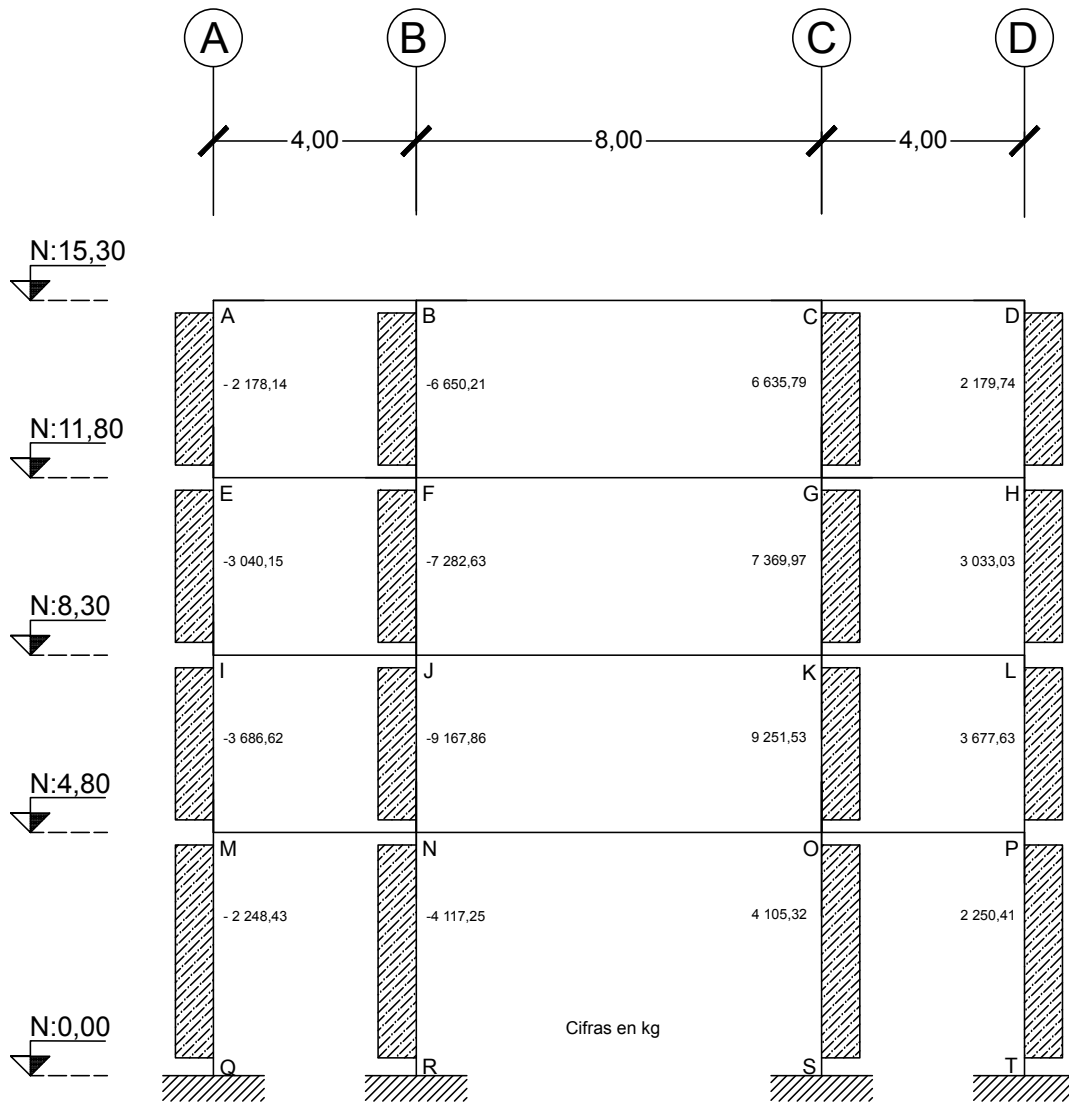
Figura 17. Diagrama de corte en vigas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.



Figura 18. Diagrama de corte en columnas

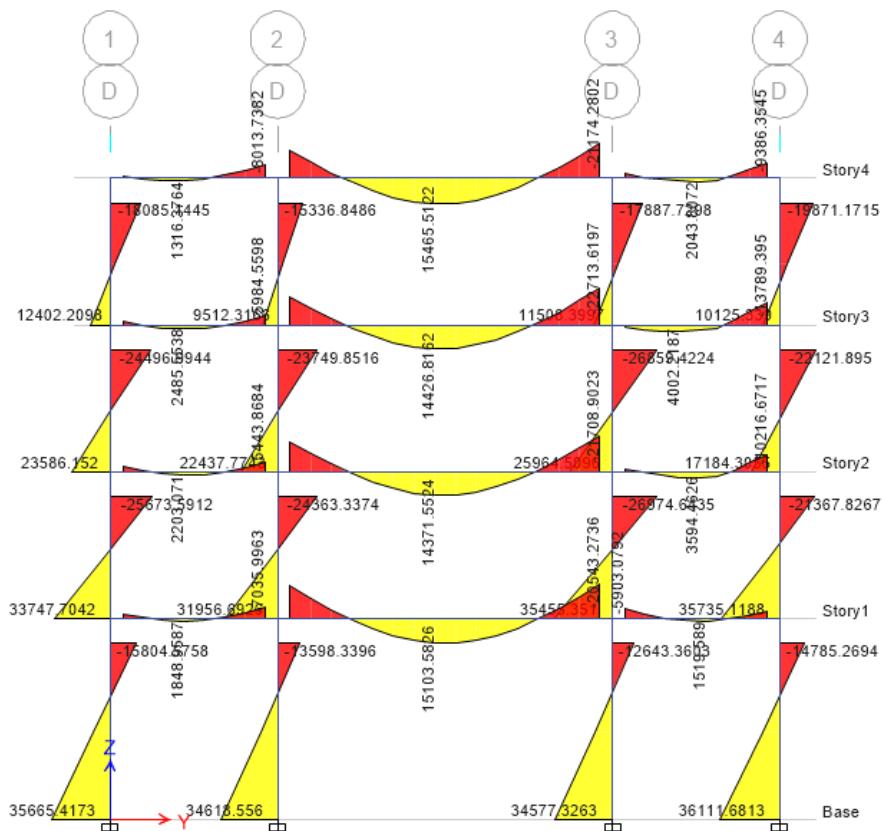


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### 2.1.5.8. Resultados del software de análisis estructural (ETABS)

Con la ayuda de los paquetes de software para análisis estructural se puede modelar el comportamiento de las estructuras de una manera más rápida y precisa, haciendo más eficiente el diseño de los elementos estructurales y teniendo al alcance una herramienta para modelar situaciones reales más precisas.

Figura 19. Diagrama de momentos obtenido con ETABS (cifras en kg\*m)



Fuente: elaboración propia, empleando ETABS 2016.

Para el análisis y el diseño de la estructura del proyecto anexo T-11, se utilizó el software ETABS 2016, a continuación, se presenta la tabla XL, que compara los resultados entre el análisis estructural aplicando el método numérico y los resultados obtenidos con el software, dicha tabla compara los momentos en la viga B – C del eje transversal D de la estructura.

Tabla XL. **Comparación de momentos Kani – ETABS**

Momento	Kani (kg*m)	ETABS (kg*m)	Diferencia
M <sub>B-C (-)</sub>	18 676,83	21 174,28	11,8 %
M <sub>B-C (+)</sub>	14 452,59	15 465,51	6,6 %
M <sub>C-B (-)</sub>	18 671,56	21 174,28	11,7 %

Fuente: elaboración propia.

La variación promedio entre los resultados es de un 10 %, esta diferencia puede ser importante en cuanto a seguridad estructural y economía de armados, por lo cual para el diseño de la estructura se tomarán en cuenta los resultados obtenidos mediante el software, ya que estos valores son más precisos.

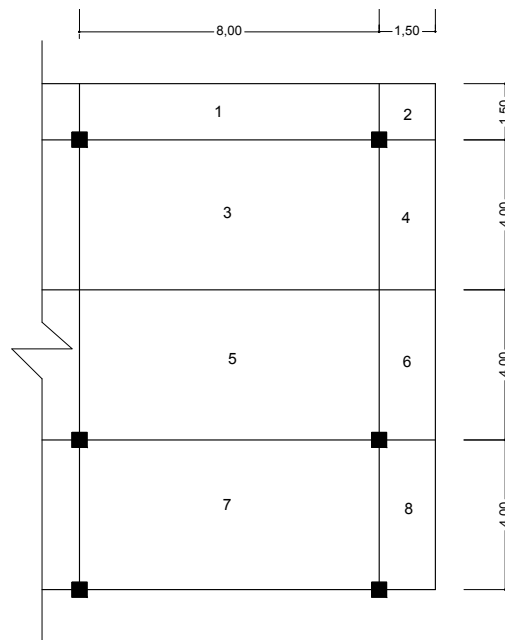
### **2.1.6. Diseño estructural**

Luego de haber determinado la magnitud de las fuerzas y esfuerzos que intervienen en la estructura, se procede a realizar el cálculo estructural, que comprende la determinación de secciones y armados para los elementos del conjunto estructural, siguiendo los parámetros estipulados en las normativas y códigos de referencia.

### 2.1.6.1. Diseño de losas

Para el diseño de las losas se utilizará el método 3 del ACI, el cual determina los momentos actuantes máximos en la losa en función de la relación de el lado corto y el lado largo de esta. Para el ejemplo se utilizará una porción de la planta típica del segundo y tercer nivel, la porción crítica que va del eje E al G, donde se encuentran losas en un sentido en voladizo y losas en dos sentidos apoyadas en su perímetro.

Figura 20. Planta de distribución de losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Datos:

$$f'c = 280,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{con} = 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$$

Recubrimiento = 2,50 cm ( Tabla 20.6.1.3.1, ACI 318-14)

- Espesor de losa:

Con el fin de homogeneizar el peralte de las losas, se comparará los distintos espesores para losas en uno y dos sentidos y se escogerá la de mayor espesor.

Cálculo de peralte de losa en dos sentidos:

$$t_{2s} = \frac{\text{Perímetro}}{180}$$

$$t_{2s} = \frac{2(4) + 2(8)}{180} = 0,13 \text{ m}$$

- Cálculo de peralte de losa en un sentido:

Para determinar el espesor en una losa que trabaja en un sentido, el cálculo del peralte se rige por las relaciones que el código ACI establece en la tabla 9.3.1.1, en este caso las losas en un sentido están en voladizo y su espesor mínimo obedece a la siguiente expresión:

$$t_{1s} = l/10$$

$$t_{1s} = 1,5/10 = 0,15 \text{ m}$$

El espesor de losa a utilizar será de 15 cm con un recubrimiento de concreto sobre el acero de refuerzo de 2,50 cm.

- Integración de cargas:

- Carga muerta (CM):

Esta carga estará conformada por el peso de la losa y la sobrecarga.

$$CM = P \cdot P_{losa} + S \cdot C$$

$$CM = 2\,400 \cdot 0,15 + 125 = 485 \text{ kg/m}^2$$

- Carga viva (CV):

La carga viva o de servicio que se utilizará será de 500 kg/m<sup>2</sup>, obedeciendo a los requisitos que el código AGIES dispone para salones de reuniones y corredores en edificaciones con fines educativos.

- Carga última o de diseño (W):

$$W = 1,4CM + 1,7CV$$

$$W = 1,4 \cdot 485 + 1,7 \cdot 500 = 1\,529 \text{ kg/m}^2$$

- Cálculo de momentos:

- Para losas en un sentido:

Por estar en voladizo, para el cálculo de momentos en las losas en un sentido se utilizará la expresión que se usa para determinar el momento en una viga empotrada en uno de sus extremos y libre en el otro.

$$M = \frac{Wl^2}{2}$$

$$M = \frac{(1\,529)(1,50)^2}{2} = 1\,720,13 \text{ kg} * \text{m}$$

Los segmentos unitarios que conforman las losas en un sentido, (losa 1, 4 6 y 8) están bajo la influencia de un momento de empotramiento con el valor calculado anteriormente en el extremo que tienen continuidad con el resto de las losas y momento de magnitud cero en su extremo libre.

- Para losas en dos sentidos:

Empleando los coeficientes (ver apéndices) de la tabla 3.4 del método 3 del ACI, se procede a determinar los momentos actuantes en la losa.

Notación:

m = relación entre lado largo y lado corto

a = longitud de lado corto

b = longitud de lado largo

C = coeficiente para el cálculo de momentos

W = carga última uniforme

- Losa 2, caso 4:

- ✓ Momento negativo en lado corto/largo con continuidad:

$$M_{a(-)} = C_{a_{CM}} * W * a^2$$

$$M_{a(-)} = 0,05 \left( 1\,529 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) * (1,5 \text{ m})^2 = 172,01 \text{ kg} * \text{m}$$

✓ Momento positivo en lado corto/largo:

$$M_{a(+)} = C_{a_{CM}} * W_{CM} * a^2 + C_{a_{CV}} * W_{CV} * a^2$$

$$M_{a(+)} = 0,027 \left( 679 \frac{kg}{m} \right) * (1,5 m)^2 + 0,032 \left( 850 \frac{kg}{m} \right) * (1,5 m)^2$$

$$M_{a(+)} = 102,45 kg * m$$

✓ Momento negativo en lado corto/largo sin continuidad:

$$M_{a(-)} = M_{a(+)} / 3$$

$$M_{a(-)} = \frac{102,45}{3} = 34,15 kg * m$$

▪ Losa 3, caso 2:

✓ Momento negativo en lado corto con continuidad:

$$M_{a(-)} = C_{a_{CM}} * W * a^2$$

$$M_{a(-)} = 0,086 \left( 1\,529 \frac{kg}{m} \right) * (4 m)^2 = 2\,103,90 kg * m$$

✓ Momento positivo en lado corto:

$$M_{a(+)} = C_{a_{CM}} * W_{CM} * a^2 + C_{a_{CV}} * W_{CV} * a^2$$

$$M_{a(+)} = 0,037 \left( 679 \frac{kg}{m} \right) * (4 m)^2 + 0,066 \left( 850 \frac{kg}{m} \right) * (4 m)^2$$

$$M_{a(+)} = 1\,299,57 kg * m$$



✓ Momento negativo en lado largo con continuidad:

$$M_{b(-)} = C_{b_{CM}} * W * b^2$$

$$M_{b(-)} = 0,006 \left( 1\,529 \frac{kg}{m^2} \right) * (8\,m)^2 = 587,14\,kg * m$$

✓ Momento positivo en lado largo:

$$M_{b(-)} = C_{b_{CM}} * W_{CM} * b^2 + C_{b_{CV}} * W_{CV} * b^2$$

$$M_{a(-)} = 0,002 \left( 679 \frac{kg}{m^2} \right) * (8\,m)^2 + 0,004 \left( 850 \frac{kg}{m^2} \right) * (8\,m)^2$$

$$M_{a(-)} = 304,51\,kg * m$$

▪ Losas 5 y 7, caso 8:

✓ Momento negativo en lado corto con continuidad:

$$M_{a(-)} = C_{a_{CM}} * W * a^2$$

$$M_{a(-)} = 0,089 \left( 1\,529 \frac{kg}{m} \right) * (4\,m)^2 = 2\,177,30\,kg * m$$

✓ Momento positivo en lado corto:

$$M_{a(+)} = C_{a_{CM}} * W_{CM} * a^2 + C_{a_{CV}} * W_{CV} * a^2$$

$$M_{a(+)} = 0,037 \left( 679 \frac{kg}{m} \right) * (4\,m)^2 + 0,066 \left( 850 \frac{kg}{m} \right) * (4\,m)^2$$

$$M_{a(+)} = 1\,299,57\,kg * m$$

✓ Momento negativo en lado corto sin continuidad:

$$M_{a(-)} = M_{a(+)}/3$$

$$M_{a(-)} = \frac{1\,299,57}{3} = 547,33 \text{ kg} * m$$

✓ Momento negativo en lado largo con continuidad:

$$M_{b(-)} = C_{b_{CM}} * W * b^2$$

$$M_{b(-)} = 0,01 \left( 1\,529 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (8 \text{ m})^2 = 978,56 \text{ kg} * m$$

✓ Momento positivo en lado largo:

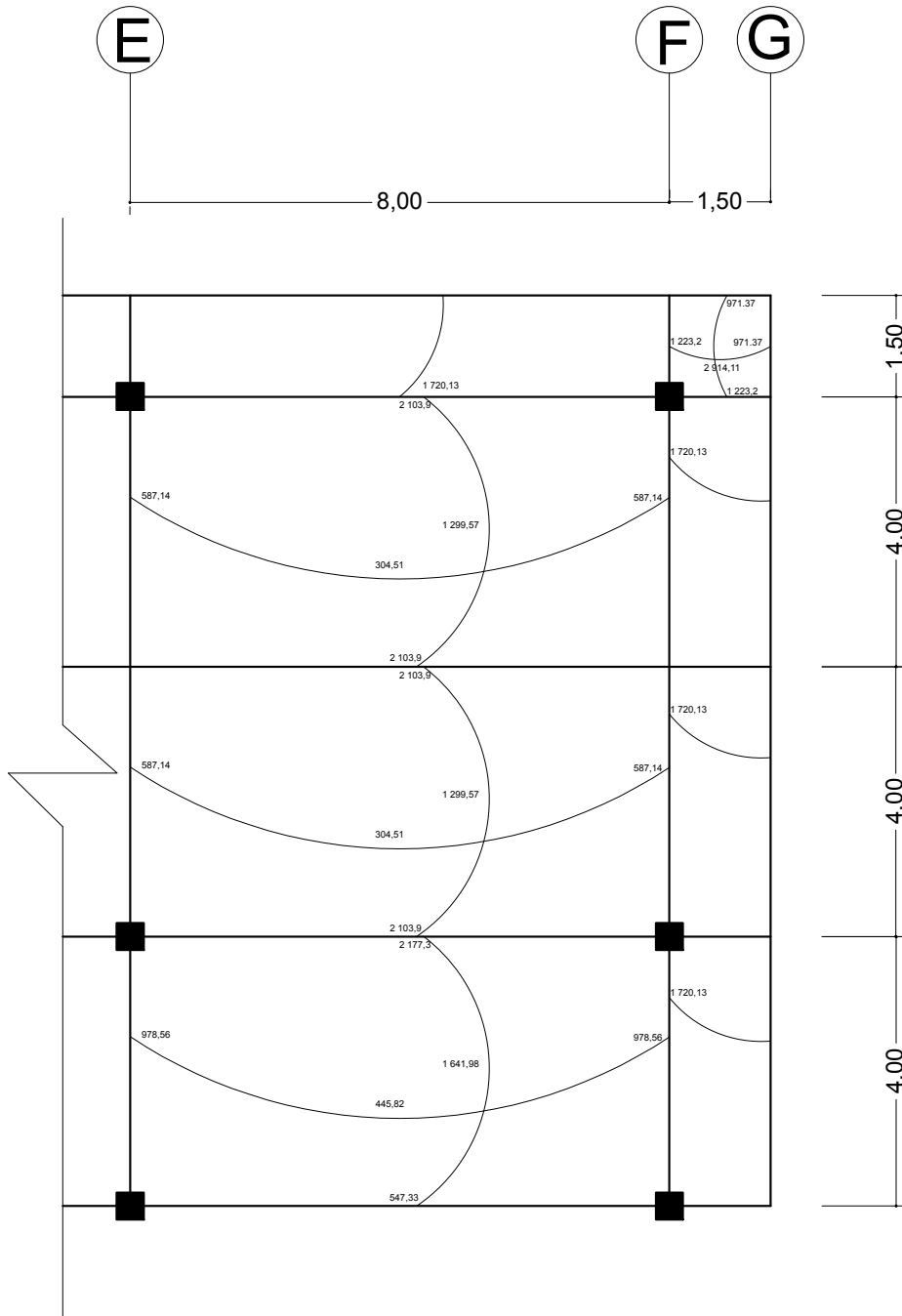
$$M_{b(+)} = C_{b_{CM}} * W_{CM} * b^2 + C_{b_{CV}} * W_{CV} * b^2$$

$$M_{a(+)} = 0,004 \left( 679 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (8 \text{ m})^2 + 0,005 \left( 850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (8 \text{ m})^2$$

$$M_{a(+)} = 445,82 \text{ kg} * m$$

Los momentos calculados para cada losa se ilustran en la figura 21.

Figura 21. Momentos actuantes en losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

- Balance de momentos:

El balance de momentos en losas se realiza para brindar uniformidad en el armado de estas, ya que las losas suelen tener momentos diferentes en en sus extremos continuos.

$$\text{Si } 0,80 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$$

$$M_b = (M_1 + M_2) / 2$$

Si  $0,80 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$ , realizar balance por rigideces siguiendo los siguientes parámetros:

$$k_1 = 1/L_1$$

$$k_2 = 1/L_2$$

$$D_1 = k_1 / (k_1 + k_2)$$

$$D_2 = k_2 / (k_1 + k_2)$$

$$M_b = M_1 + D_1(M_2 - M_1)$$

$$M_b = M_2 - D_2(M_2 - M_1)$$

- Balance entre las losas 3 y 5:

$$0,80 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$$

$$0,80(2\ 177,3 \text{ kg}\cdot\text{m}) \leq 2\ 103,9 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$1\ 741,84 \text{ kg}\cdot\text{m} \leq 2\ 103,9 \text{ kg}\cdot\text{m}; \text{ SÍ CUMPLE}$$

$$M_b = (2\ 177,3 + 2\ 103,9) / 2 = 2\ 140,6 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

- Balance entre las losas 3 y 4:

$$0,80 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$$

$$0,80(1\,720,13 \text{ kg}\cdot\text{m}) \leq 587,14 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$1\,376,10 \text{ kg}\cdot\text{m} \leq 587,14 \text{ kg}\cdot\text{m}; \text{ NO CUMPLE}$$

- Balance de momentos por rigideces:

$$k_1 = 1/8 = 0,125$$

$$k_2 = 1/1,5 = 0,667$$

$$D_1 = 0,125 / (0,125 + 0,667) = 0,158$$

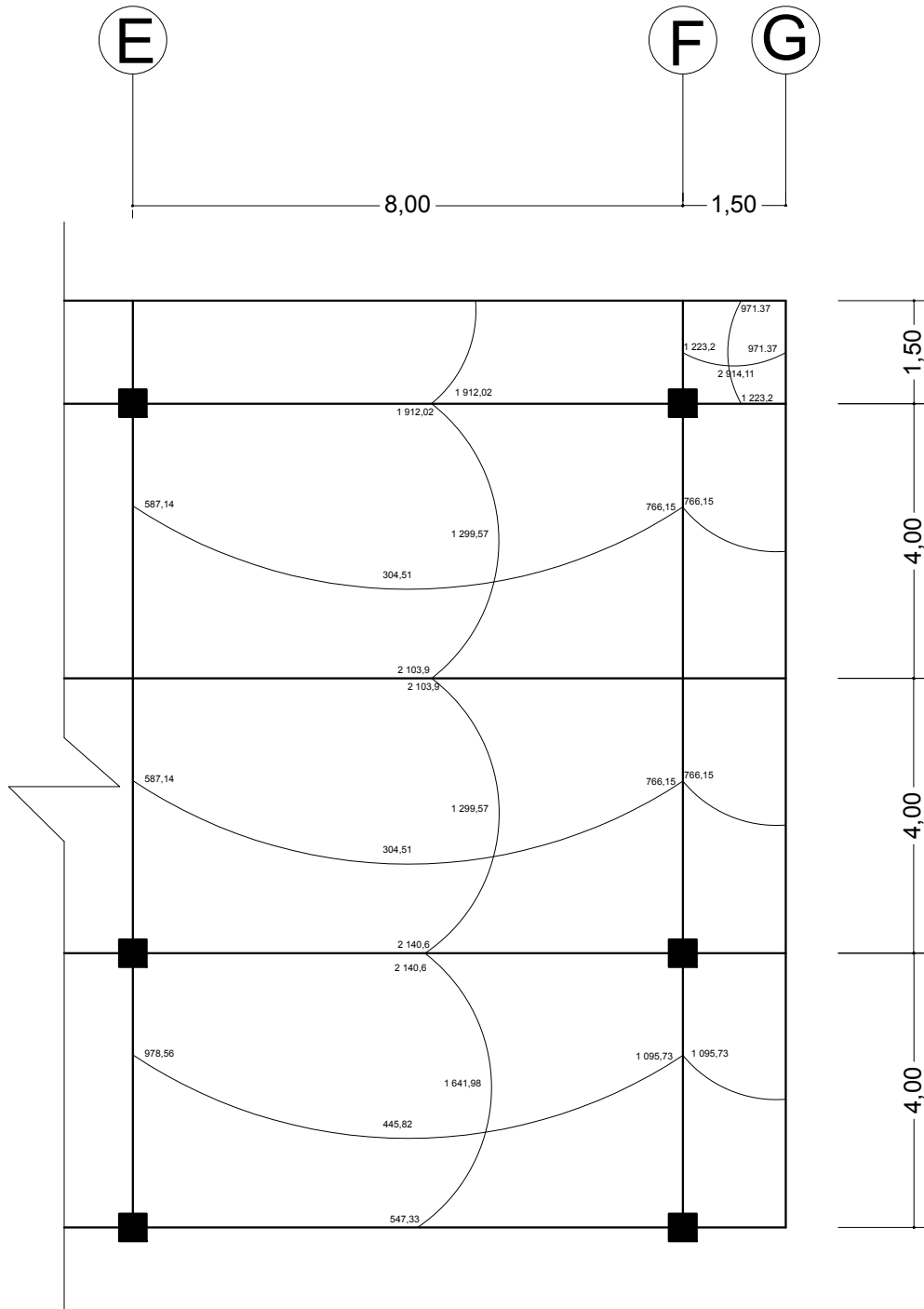
$$D_2 = 0,667 / (0,125 + 0,667) = 0,842$$

$$M_b = 587,14 + 0,158(1\,720,13 - 587,14) = 1\,095,73$$

$$M_b = 587,14 - 0,842(1\,720,13 - 587,14) = 1\,095,73$$

Para el análisis del balance de momentos entre las demás losas se siguen los mismo procedimientos que en el cálculo anterior y los resultados se ilustran en la figura 22.

Figura 22. Momentos balanceados en losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Para el diseño solo se considerarán los momentos de mayor magnitud en cada sentido.

- Área de acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = 0,4 * \frac{14}{f_y} * b * d$$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm}$$

$d = t - \text{rec} - d_b/2$ , aproximadamente de 11,85 cm usando refuerzo #4.

$$A_{s_{min}} = 0,4 * \frac{14}{4210} * 100 * 11,85 = 1,58 \text{ cm}^2$$

La separación máxima entre la varillas de refuerzo deberá obedecer la siguiente expresión:

$$S_{max} = 3t$$
$$S_{max} = 3(15 \text{ cm}) = 45 \text{ cm}$$

- Áreas de acero requeridas:

Para la losa 3, refuerzo paralelo al lado corto:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 210} \left[ (100 * 11,85) - \sqrt{(100 * 11,85)^2 - \frac{2 103,9 * 100}{0,003825 * 280}} \right] = 4,86 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento:

Usando varillas #4 (1,27cm<sup>2</sup>)

4,86 cm<sup>2</sup> → 100 cm

1,27 cm<sup>2</sup> → S

S = 26,13 cm = 25 cm

Armado paralelo al lado corto: #4 @ 25 cm

- Para losa 3, refuerzo paralelo al lado largo:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 210} \left[ (100 * 11,85) - \sqrt{(100 * 11,85)^2 - \frac{766,15 * 100}{0,003825 * 280}} \right] = 1,73 \text{ cm}^2$$

- Espaciamiento:

Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

1,73 cm<sup>2</sup> → 100 cm

1,27 cm<sup>2</sup> → S

S = 73,41 cm; S excede a S<sub>max</sub>; utilizar S<sub>max</sub> = 45 cm

Armado paralelo al lado largo: #4 @ 45 cm



- Cálculo de acero por temperatura:

Para prevenir la aparición de fisuras por contracción se implementará una cama superior de acero que no sea menor que el valor obtenido con la siguiente expresión:

$$A_{s_t} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_t} = 0,002 * 100 * 10 = 2 \text{ cm}^2$$

$$2 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 35 \text{ cm} = 30 \text{ cm}$$

#3 @ 30 cm en ambos sentidos

- Chequeo por cortante:

- Corte actuante:

$$V_{act} = M * L/2$$

$$V_{act} = 2\,140,6 * 4/2 = 4\,281,2 \text{ kg}$$

- Corte resistente del concreto:

$$V_{cr} = 45 * \sqrt{f'_c} * t$$

$$V_{cr} = 45 * \sqrt{280} * 15 = 11\,294,91 \text{ kg}$$

$$V_{cr} > V_{act} : \text{no se requiere refuerzo por corte.}$$

### 2.1.6.2. Diseño de vigas

Una viga es un elemento estructural sometido a flexión y se encarga de transferir las cargas que le transfieren los diafragmas hacia las columnas. El diseño estructural de las vigas se realizó siguiendo los lineamientos que dicta el capítulo 18 del ACI 318-14.

Datos:

$$f_c = 280,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{con} = 2400,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Luz} = 8,00 \text{ m}$$

$$\text{Recubrimiento} = 5,00 \text{ cm (Tabla 20.6.1.3.1, ACI 318-14)}$$

$$\text{Dimensiones} = 60 \times 30 \text{ cm (ver sección 2.1.5.1)}$$

Se analizará la viga más crítica de la estructura ubicada en el eje longitudinal 2 y entre los ejes transversales E-I del primer nivel, la cuál está sometida a los siguientes momentos flexionantes:

$$M_{E-I(-)} = 31\,324,74 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{I-E(-)} = 16\,104,15 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_{E-I(+)} = 18\,239,53 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

- Áreas de acero máximo y mínimo

Se determinan las áreas de acero mínimo de acuerdo a lo estipulado en la sección 9.6.1.2 del ACI 318-14. La cuantía de acero mínimo tiene que ser la

máxima entre las siguientes expresiones, sin superar la cuantía de acero máxima de 0,025 según lo estipulado en la sección 18.6.3.1 del ACI 318-14.

$A_{s_{min}}$

$$\frac{0,80\sqrt{f'c}}{fy} \text{ o } \frac{14}{fy}$$

$$\frac{0,80\sqrt{280}}{4\,210} \text{ o } \frac{14}{4\,210}$$

$$0,0032 \text{ o } 0,0033$$

$$\rho_{min} = 0,0033 (< 0,025)$$

$$A_{s_{min}} = \rho_{min} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = 0,0033 (30)(55)$$

$$A_{s_{min}} = 5,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{max}} = \rho_{max} * b * d$$

$$A_{s_{max}} = 0,025(30)(5)$$

$$A_{s_{max}} = 41,25 \text{ cm}^2$$

- Áreas de acero requerido

Momento negativo E-I

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4\,210} \left[ (55 * 30) - \sqrt{(30 * 55)^2 - \frac{31\,324,74 * 30}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 16,48 \text{ cm}^2 \text{ ( 3 barras \#8, G60 )}$$

Momento negativo I-E

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 210} \left[ (55 * 30) - \sqrt{(30 * 55)^2 - \frac{16 104,15 * 30}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 8,08 \text{ cm}^2 \text{ ( 2 barras \#8, G60 )}$$

Momento positivo E-I

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 210} \left[ (55 * 30) - \sqrt{(30 * 55)^2 - \frac{18 239,53 * 30}{0,003825 * 280}} \right]$$

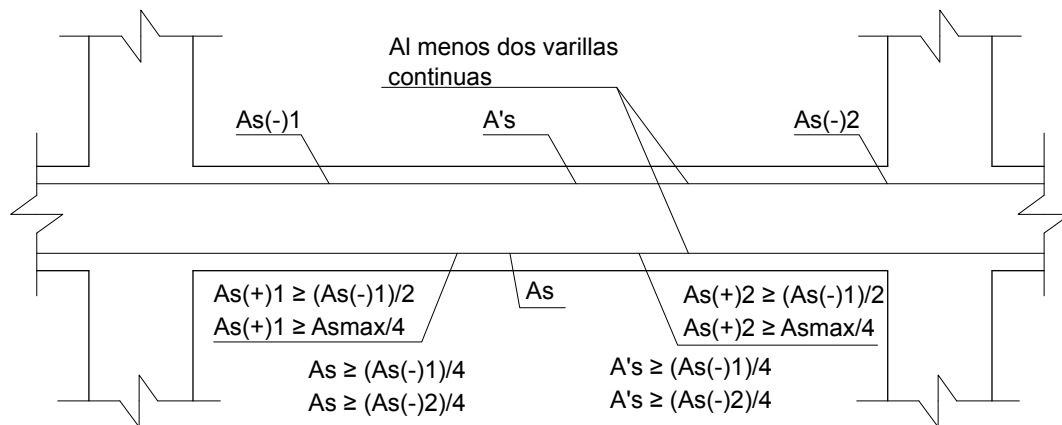
$$A_s = 9,21 \text{ cm}^2 \text{ ( 8 barras \#8, G60 )}$$

Requerimientos ACI 318-14 para armado longitudinal en vigas no preesforzadas:

- Las vigas deben tener al menos dos barras continuas tanto en la cara superior como inferior. (ACI 318-14, secc. 18.6.3.1).

- La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que la mitad de la resistencia a momento negativo proporcionado en esa misma cara. (ACI 318-14, secc. 18.6.3.2).
- La resistencia a momento negativo o positivo, en cualquier sección a lo largo de la longitud del miembro, debe ser al menos igual a un cuarto de la resistencia máxima a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos. (ACI 318-14, secc. 18.6.3.2).

Figura 23. **Armado longitudinal en vigas según capítulo 18, ACI 318-14**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

- Solo se permiten empalmes por traslapo de refuerzo longitudinal corrugado cuando se proporcionan estribos cerrados de confinamiento o espirales en la longitud de empalme por traslapo. El espaciamiento de refuerzo transversal que confina las barras traslapadas no deben exceder al menor entre  $d/4$  y 10 cm. (ACI 318-14, secc. 18.6.3.3).

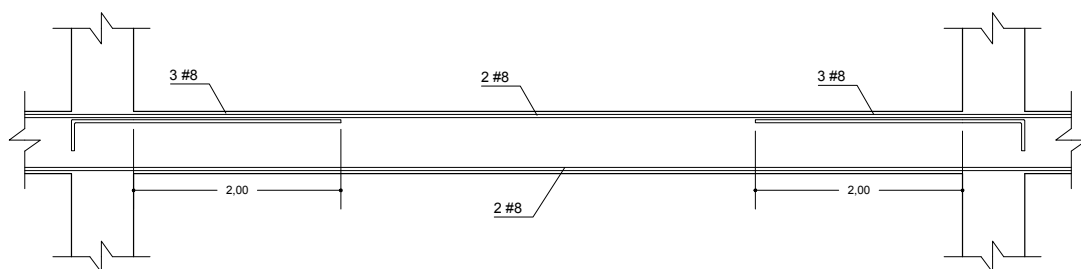
- No deben usarse empalmes por traslapeo en las siguientes ubicaciones: (ACI 318-14, secc. 18.6.3.3).
  - Dentro de los nudos.
  - En una distancia de dos veces la altura de la viga medida desde la cara del nudo.
  - Dentro una distancia del doble de la altura de la viga medida desde secciones donde pueda ocurrir fluencia por flexión como resultado de los desplazamientos laterales que excedan el rango elástico del comportamiento.

Armado longitudinal:

Cama superior: 2 #8 continuas + 1 bastón #8 en cada extremo

Cama inferior: 2 #8 continuas

Figura 24. **Armado del refuerzo longitudinal de la viga**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Refuerzo transversal

Datos:

$$V_u = 24\,552,76 \text{ kg}$$

$$A_v = 1,58 \text{ cm}^2 \text{ (#3)}$$

$$F_{yt} = 2\,810 \text{ kg/cm}^2 \text{ (G40)}$$

Según la sección 22.5.5.1 la resistencia al corte de la sección se determina con la siguiente expresiónn donde  $\lambda$  tiene un valor de 1 para concretos de peso convencional.

$$V_c = 0,53\lambda * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_c = 0,53\lambda * \sqrt{280} * 30 * 55 = 12\,672,71 \text{ kg}$$

El ACI 318-14 en sus sección 22.5.1.2 dispone la siguiente revisión que limita las dimensiones del elemento para reducir la posibilidad de fisuración por efectos de compresión diagonal

$$V_u \leq \phi(V_c + 2,2\sqrt{f'_c} * b * d)$$

$$V_u \leq 0,75(12\,672,71 + 2,2\sqrt{280} * 30 * 55)$$

$$24\,552,76 \text{ kg} \leq 55\,060,67 \text{ kg}$$

Por si misma, la sección de concreto es incapaz de resistir los efectos de la fuerza cortante, por lo que se procede a agregar a la sección un refuerzo de acero transversal.

$$V_s = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$V_s = \frac{24\,552,76 - (0,75 * 12\,672,71)}{0,75} = 20\,064,00 \text{ kg}$$

Según la sección 22.5.10.6.2 del ACI 318-14, la resistencia al cortante aportada por el refuerzo transversal ( $V_s$ ) no debe superar el valor determinado con la siguiente expresión:

$$V_s \leq 0,80\sqrt{f'c} * b * d$$

$$V_s \leq 0,80\sqrt{280} * 30 * 55$$

$$20\,064,00 \text{ kg} \leq 22\,087,82 \text{ kg}$$

Para satisfacer la resistencia a corte requerida, los estribos cerrados (#3 G40) que conforman el refuerzo transversal, deben estar a una separación de:

$$S_{req} = \frac{A_v * f_{yt}}{V_s}$$

$$S_{req} = \frac{1,58 * 2\,810}{20\,064}$$

$$S_{req} = 0,22 \text{ m}$$

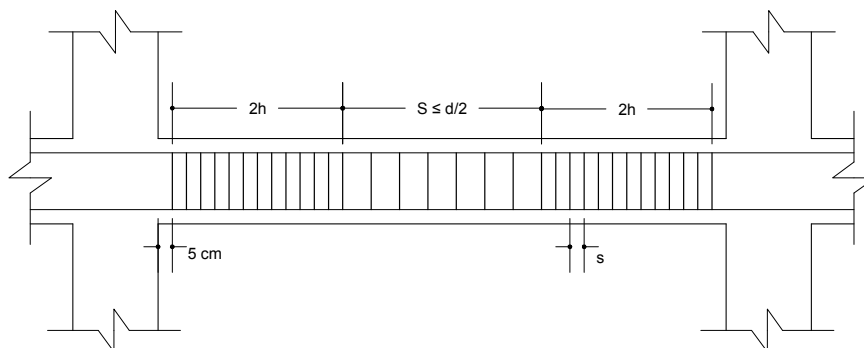
Para hacer más práctico el armado, se propone una separación entre estribos igual a 20 cm.

Requerimientos para disposición de refuerzo transversal en vigas según capítulo 18 del ACI 318-14



- De acuerdo a la sección 18.6.4.1 del ACI 318-14, deben colocarse estribos cerrados de confinamiento en las siguientes regiones de la viga:
  - En una longitud igual a dos veces la altura de la viga, medida desde la cara de miembros de apoyo hacia el centro de la luz, en ambos extremos de la viga.
  - En longitudes iguales a dos veces la altura de la viga a ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión debido a los desplazamientos laterales más allá del rango elástico de comportamiento.
  
- El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 5 cm de la cara de la columna de apoyo (ACI 318-14, secc. 18.6.4.4). El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder el menor de los siguientes parámetros:
  - $d/4$ .
  - Seis veces el diámetro de las barras principales a flexión más pequeñas.
  - 15 cm.

Figura 25. **Armado transversal en vigas según capítulo 18, ACI 318-14**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

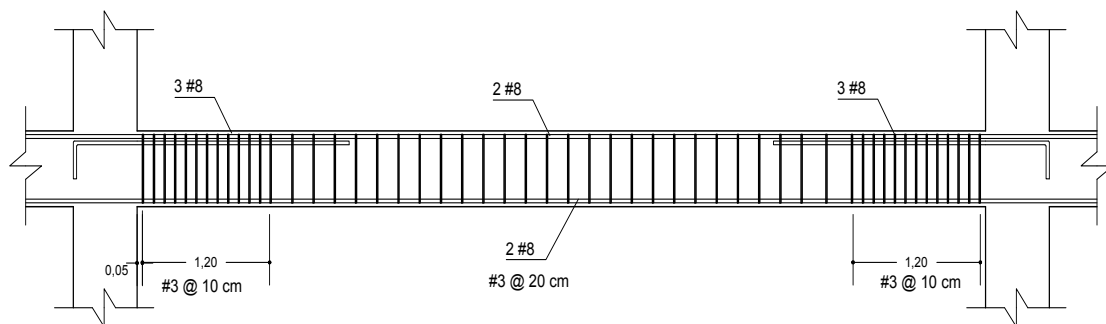
Tabla XLI. Separación de estribos

S confinamiento				S resto de la luz	
$S_{req}$	$d/4$	$6\phi_b$	15 cm	$S_{req}$	$d/2$
20 cm	13,75 cm	15,24 cm			20 cm

Fuente: elaboración propia.

Para determinar la separación de los estribos en la zona de confinamiento se escoge el menor entre el espaciamiento requerido por corte y los requerimientos que dispone el código ACI, siendo este de 13,75 cm, para simplificar el proceso de armado se propone una separación de 10 cm entre estribos cerrados de confinamiento. En el resto de la viga se colocarán estribos cerrados a una separación de 20 cm para cumplir con las exigencias del esfuerzo cortante que actúa en el elemento.

Figura 26. Armado de refuerzo transversal en viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

### 2.1.6.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales proyectados en dirección vertical o inclinada que son sometidos a esfuerzos axiales y de flexión, su función es transmitir las cargas aportadas por las vigas hacia los cimientos.

Datos:

Altura = 4,80 m

$f'c$  = 280,00 kg/cm<sup>2</sup>

$f_y$  = 4 210,00 kg/cm<sup>2</sup>

$\gamma_{con}$  = 2 400,00 kg/m<sup>3</sup>

Recubrimiento = 4,00 cm ( Tabla 20.6.1.3.1, ACI 318-14)

Dimensiones = 60 X 60 cm (ver sección 2.1.5.1)

Se analizará la columna más crítica de la estructura ubicada en el eje longitudinal 2 y el eje transversales D del primer nivel, la cuál está sometida a las siguientes cargas y momentos:

$P_u$  = 375 ton

$M_y$  = 17 063,87 kg\*m

$M_x$  = 11 544,65 kg\*m

Con el fin de diseñar el elemento sometido a las situaciones más críticas, se procede a realizar un análisis de esbeltez, ya que debido a este efecto aumentan las deformaciones por flexión y los momentos secundarios producidos por estas, los cuales pueden llegar a reducir significativamente la resistencia del elemento y comprometer la seguridad de la estructura.

- Integración de carga para el primer nivel del edificio:

Datos:

$$A_t = 48 \text{ m}^2$$

$$L_t = 12 \text{ m}$$

# de Columnas 14

- Análisis debido a carga muerta:

$$W_{losa} = \text{espesor} * A_t * \gamma_{con}$$

$$W_{losa} = (0,15 \text{ m})(48 \text{ m}^2)(2400 \text{ kg/m}^3) = 17280 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = \text{base} * (\text{altura} - \text{esp. losa}) * \gamma_{con}$$

$$W_{viga} = (0,3 \text{ m})(0,6 - 0,15 \text{ m})(2400 \text{ kg/m}^3) = 3888 \text{ kg}$$

$$P.P._{col} = \text{altura} * \text{área transversal} * \gamma_{con}$$

$$P.P._{col} = (3 \text{ m})(0,6 * 0,6 \text{ m}^2)(2400 \text{ kg/m}^3) = 2592 \text{ kg}$$

$$S.C = A_t * W_{S.C}$$

$$S.C = (48 \text{ m}^2)(225 \text{ kg/m}^2) = 10800 \text{ kg}$$

- Análisis debido a viva:

$$C.V = A_t * W_{biblio}$$

$$C.V = (48 \text{ m}^2)(700 \text{ kg/m}^2) = 33600 \text{ kg}$$

El proceso de integración de cargas es el mismo para todas las columnas y se resume en las tablas XLII y XLIII:

Tabla XLII. **Integración de carga para columnas centrales, primer nivel**

At (m <sup>2</sup> ):	48	Lt(m):	12	Columnas:	14
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	17 280,00	W <sub>biblio</sub>	700,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	3 888,00				
P.P. Col	2 592,00				
Sobrecarga	10 800,00				
C.M	34 560,00	C.V	33 600,00		
PU (Ton)		1 477,06			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Integración de carga para columnas de esquina, primer nivel**

At (m <sup>2</sup> ):	8	Lt (m):	6	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	2 880,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	1 944,00				
P.P. Col	2 592,00				
Sobrecarga	1 800,00				
C.M	9216,00	C.V	4 000,00		
PU (Ton)		78,81			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Integración de carga para columnas de borde en sentido longitudinal, primer nivel**

At (m <sup>2</sup> ):	16	Lt (m):	10	Columnas:	14
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	5 760,00	W <sub>biblio</sub>	700,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	3 240,00				
P.P. Col	2 592,00				
Sobrecarga	3 600,00				
C.M	15 192,00	C.V	11 200,00		
PU (Ton)		564,32			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Integración de carga para columnas de borde en sentido transversal, primer nivel**

At (m <sup>2</sup> ):	24	Lt (m):	10	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	8 640,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	3 240,00				
P.P. Col	2 592,00				
Sobrecarga	5 400,00				
C.M	19 872,00	C.V	12 000,00		
PU (Ton)		192,88			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Integración de carga para columnas centrales, segundo nivel**

At (m <sup>2</sup> ):	48	Lt(m):	12	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	17 280,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	3 888,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	10 800,00				
C.M	34 992,00	C.V	24 000,00		
PU (Ton)		359,16			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Integración de carga para columnas de esquina, segundo nivel**

At (m <sup>2</sup> ):	16	Lt (m):	8	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	5 760,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	2 592,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	3 600,00				
C.M	14 976,00	C.V	8 000,00		
PU (Ton)		138,27			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Integración de carga para columnas de borde en sentido longitudinal, segundo nivel**

At (m2):	32	Lt (m):	12	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	11 520,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m2	
Viga	3 888,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	7 200,00				
C.M	2 5632,00	C.V	16 000,00		
PU (Ton)		252,34			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIX. **Integración de carga para columnas de borde en sentido transversal, segundo nivel**

At (m2):	32	Lt (m):	10	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)		CARGA VIVA (kg)			
Losa	11 520,00	W <sub>biblio</sub>	500,00	kg/m2	
Viga	3 240,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	7 200,00				
C.M	24 984,00	C.V	16 000,00		
PU (Ton)		248,71			

Fuente: elaboración propia.



Tabla L. **Integración de carga para columnas centrales, tercer y cuarto nivel**

At (m2):	48	Lt (m):	12	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)			CARGA VIVA (kg)		
Losa	17 280,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m2	
Viga	3 888,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	10 800,00				
C.M	34 992,00	C.V	24 000,00		
PU (Ton)			359,16		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LI. **Integración de carga para columnas de esquina, tercer y cuarto nivel**

At (m2):	25	Lt (m):	12	Columnas:	4
CARGA MUERTA (kg)			CARGA VIVA (kg)		
Losa	9 000,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m2	
Viga	3 888,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	5 625,00				
C.M	21 537,00	C.V	12 500,00		
PU (Ton)			205,61		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LII. **Integración de carga para columnas de borde en sentido longitudinal, tercer y cuarto nivel**

At (m2):	45	Lt (m):	12	Columnas:	6
CARGA MUERTA (kg)			CARGA VIVA (kg)		
Losa	16 200,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	3 888,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	10 125,00				
C.M	33 237,00	C.V	22 500,00		
PU (Ton)			508,69		

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIII. **Integración de carga para columnas de borde en sentido transversal, tercer y cuarto nivel**

At (m2):	39	Lt (m):	10	Columnas:	2
CARGA MUERTA (kg)			CARGA VIVA (kg)		
Losa	14 040,00	W <sub>pasillo</sub>	500,00	kg/m <sup>2</sup>	
Viga	3 240,00				
P.P. Col	3 024,00				
Sobrecarga	8 775,00				
C.M	29 079,00	C.V	19 500,00		
PU (Ton)			147,72		

Fuente: elaboración propia.

Sumatoria de Pu:

$$\sum Pu = 2\,313,07 + 998,47 + 1\,221,17 + 1\,221,17 = 5\,753,89 \text{ Ton}$$

- Coeficientes de empotramiento:

$$\psi = \frac{\sum EI/L_{cols}}{\sum EI/L_{vigas}}$$

- Cálculo de inercias:

$$I_{vigas} = \frac{(0,3)(0,6^3)}{12} = 0,0054 \text{ cm}^4$$

$$I_{cols} = \frac{(0,6)(0,6^3)}{12} = 0,0108 \text{ cm}^4$$

Coeficientes de grado de empotramiento para las columnas A, B, E y F del eje 1 y G, H e I de los ejes 3 y 4, primer nivel:

$$\psi_b = 0,00$$

$$\psi_a = \frac{0,0108/4,8}{0,0054/4} = 1,61$$

$$\psi_p = 0,5(\psi_a + \psi_b) = 0,5 * 1,61 \approx 0,83 \quad (\psi_p < 2)$$

- Coeficiente k:

$$k = \frac{20 - \psi_p}{20} * \sqrt{1 + \psi_p}$$

$$k = \frac{20 - 0,83}{20} * \sqrt{1 + 0,83} = 1,30$$

- Relación de esbeltez:

$$R.e = \frac{kl}{r}; \quad \text{si } R.e > 22: \text{ columna esbelta}$$

$$R. e = \frac{1,3 * 4,8}{0,4 * 0,6} = 26 \quad (\text{columna esbelta})$$

Debido a que la columna es esbelta, se tiene que calcular el coeficiente de magnificación de momento. El procedimiento para determinar si una columna es esbelta es análogo al anterior para las demás columnas, se resumen los resultados en la siguiente tabla.

Tabla LIV. **Coefficientes de empotramiento y relaciones de esbeltez, columnas del primer nivel**

Columnas	$\psi_b$	$\psi_a$	$\psi_p$	k	R.e
A-2, B-2, C-2, D-2, E-2, F-2, A-3, B-3, C-3, D-3, E-3 y F-2	0	2,63	1,32	1,42	28
C-1, D-1, A-4, B-4, C-4, D-4, E-4 y F-4	0	3,95	1,98	1,56	31
G-3, H-3, I-3, G-4, H-4 e I-4	0	1,11	0,55	1,21	24

Fuente: elaboración propia.

- Carga crítica de Euler:

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k * l)^2}$$

Donde:

$$E_c = 15\,000 * \sqrt{f'c}$$

$$I_c = \frac{b * h^3}{12}$$

$$EI = E_c * I_c / 2,5$$

$$P_{c1} = \frac{10}{1\,000} * \frac{\pi^2 (1,08 * 10^{11})}{(1,3 * 480)^2} = 27\,375 \text{ Ton}$$

$$P_{c_2} = \frac{8}{1\,000} * \frac{\pi^2(1,08 \times 10^{11})}{(1,56 * 480)^2} = 15\,208 \text{ Ton}$$

$$P_{c_3} = \frac{12}{1\,000} * \frac{\pi^2(1,08 \times 10^{11})}{(1,42 * 480)^2} = 27\,532 \text{ Ton}$$

$$P_{c_4} = \frac{6}{1\,000} * \frac{\pi^2(1,08 \times 10^{11})}{(1,21 * 480)^2} = 18\,959 \text{ Ton}$$

$$\sum P_c = 89\,074 \text{ Ton}$$

- Factor de magnificación:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{\sum P_c * 0,75}}$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{5\,753,89}{89\,074 * 0,75}} = 1,10$$

- Magnificación de momentos:

$$M_{y^*} = \delta M_y = 1,10 * 17\,063,87 \text{ kg*m} = 18\,770,26 \text{ kg*m}$$

$$M_{x^*} = \delta M_x = 1,10 * 11\,544,65 \text{ kg*m} = 12\,699,12 \text{ kg*m}$$

- Diseño de columna a flexión biaxial por el método de Bresler

Fuerzas actuantes:

$$P_u = 375 \text{ ton}$$

$$M_x = 12,70 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

$$M_y = 18,77 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Propiedades de la sección:

$$f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\text{rec.} = 4 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ propuesta} = 8 \text{ \#}10$$

$$A_{s_{\min}} (1 \% A_g)$$

$$(0,01)(60 \times 60) = 36 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\max}} (6 \% A_g)$$

$$(0,06)(60 \times 60) = 216 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{prop}}} (1,76 \% A_g)$$

$$(8)(7,94) = 63,52 \text{ cm}^2$$

Con el objetivo de diseñar una sección óptima y funcional, se propone una sección de concreto masiva y un área de acero entre el 1,5 % y 3 % del área gruesa de concreto, debido a la economía y para evitar una saturación de barras en la sección que dificulte la vertida del concreto en sitio.

Resistencia nominal de concreto a la compresión:

$$f^*c = 0,8 * f'c = 0,8 * 280 = 224 \text{ kg/cm}^2$$

Magnitud del bloque equivalente de esfuerzos a compresión:

$$f''c = 0,85 * f^*c = 0,85 * 224 = 190,4 \text{ kg/cm}^2$$

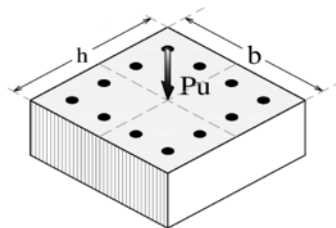
Cuantía de  $A_s$ :

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} = \frac{63,52}{3\ 600} = 0,01764$$

$$q = \rho \frac{f_y}{f''c} = 0,01764 \frac{4\ 200}{190,4} = 0,3892$$

Carga axial resistente de diseño:

Figura 27. **Esquema de carga axial**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2017.

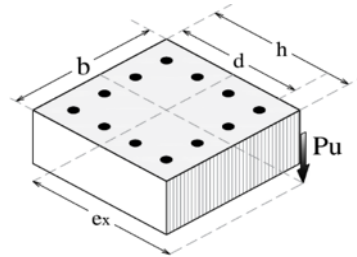
$$P_{RO} = FR * (f''c (A_g - A_s) + f_y A_s)$$

$$P_{RO} = 0,7 * (190,4(3\ 600 - 63,52) + 4\ 200 * 63,52)$$

$$P_{RO} = 658\ 090,85 \text{ kg}$$

Carga axial resistente de diseño con excentricidad  $e_x$  :

Figura 28. **Esquema de carga axial con excentricidad  $e_x$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2017.

$$r = rec. + \phi_{est} + \phi_b/2 = 4 + 0,79 + 0,5 * 3,18 = 6,38 \text{ cm}$$

$$d = h - r = 60 - 6,38 = 53,62 \text{ cm}$$

$$d/h = 53,62/60 = 0,894$$

$$e_x = Mx/P_u = 12,7/375 * 100 = 3,39 \text{ cm}$$

$$e_x/h = 3,39/60 = 0,056$$

Interpolando los valores de  $e_x/h$  y  $q$  en las gráficas  $x$  de los anexos, se obtiene un valor de  $k_x$  igual a 0,85.

$$P_{Rx} = k_x * FR * A_g * f'c$$

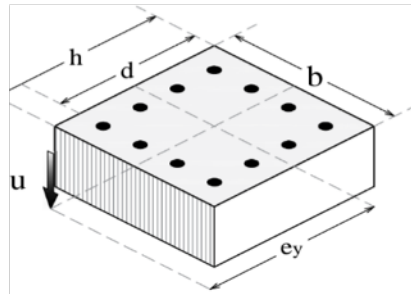
$$P_{Rx} = 0,85 * 0,7 * 60 * 60 * 280$$

$$P_{Rx} = 599\,760 \text{ kg}$$



Carga axial resistente de diseño con excentricidad  $e_y$  :

Figura 29. **Esquema de carga axial con excentricidad  $e_y$**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad2017.

$$r = rec. + \phi_{est} + \phi_b/2 = 4 + 0,79 + 0,5 * 3,18 = 6,38 \text{ cm}$$

$$d = h - r = 60 - 6,38 = 53,62 \text{ cm}$$

$$d/h = 53,62/60 = 0,894$$

$$e_y = My/P_u = 18,77/375 * 100 = 5 \text{ cm}$$

$$e_y/h = 5/60 = 0,08$$

Interpolando los valores de  $e_y/h$  y  $q$  en las gráfica x de los anexos, se obtiene un valor de  $k_y$  igual a 0,80.

$$P_{Ry} = k_y * FR * A_g * f'c$$

$$P_{Ry} = 0,8 * 0,7 * 60 * 60 * 280$$

$$P_{Ry} = 564\ 480 \text{ kg}$$

Carga resistente por ecuación de Bresler:

$$P_R = \frac{1}{\frac{1}{P_{RX}} + \frac{1}{P_{RY}} - \frac{1}{P_{RO}}}$$

$$P_R = \frac{1}{\frac{1}{599\,760} + \frac{1}{564\,480} - \frac{1}{658\,090}}$$

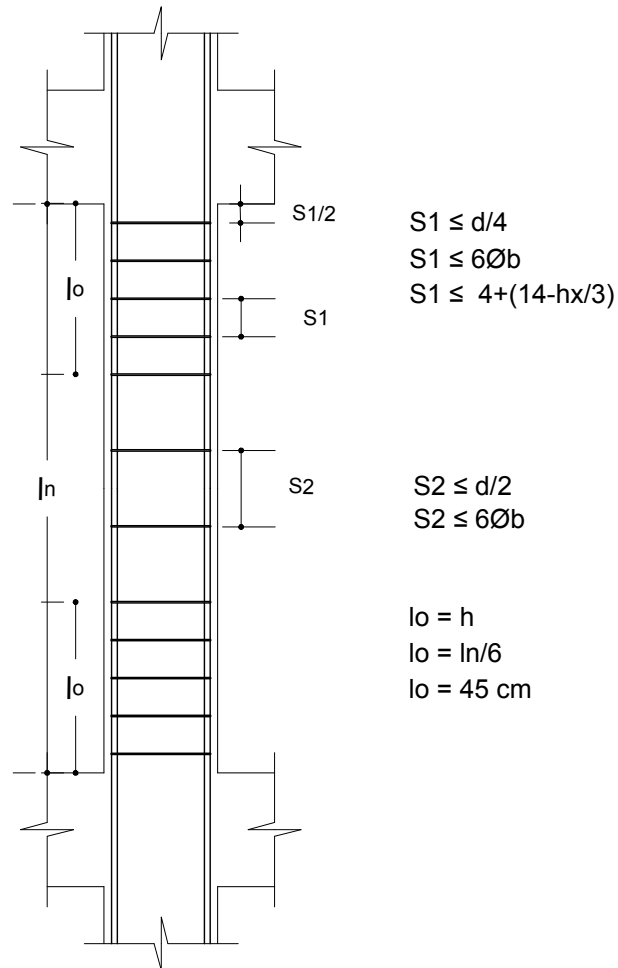
$$P_R = 564\,480 \text{ kg}$$

$P_R > P_u$  (564 > 375 Ton): la sección sí cumple

- Refuerzo transversal según el capítulo 18 del ACI 318-14:

Según la sección 18.7.5.1 debe colocarse refuerzo transversal en una longitud  $l_o$  medida desde cada cara del nudo, dicha longitud debe estar entre los parámetros indicados en la figura 29.

Figura 30. Disposición de refuerzo transversal según ACI 318-14



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2017.

Longitud de disposición para refuerzo transversal de confinamiento  $l_o$ :

El mayor de:

$$l_o = 60 \text{ cm}$$

$$l_o = 4,80/6 = 80 \text{ cm}$$

$$l_o = 45 \text{ cm}$$

$$l_o = 80 \text{ cm}$$

Separación de estribos de confinamiento  $S_1$ :

El menor de:

$$S_1 = 60/4 = 15 \text{ cm}$$

$$S_1 = 6 \cdot 3,18 = 19,08 \text{ cm}$$

$$S_1 = 10 + (35 - 20,44/3) = 14,85 \text{ cm}$$

$$S_1 = 15 \text{ cm}$$

Separación de estribos al centro de la columna  $S_2$ :

El menor de:

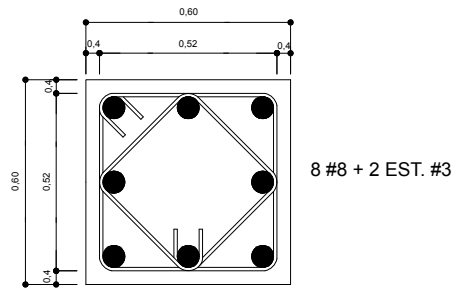
$$S_2 = 60/2 = 30 \text{ cm}$$

$$S_2 = 6 \cdot 3,18 = 19,08 \text{ cm}$$

$$S_2 = 20 \text{ cm}$$

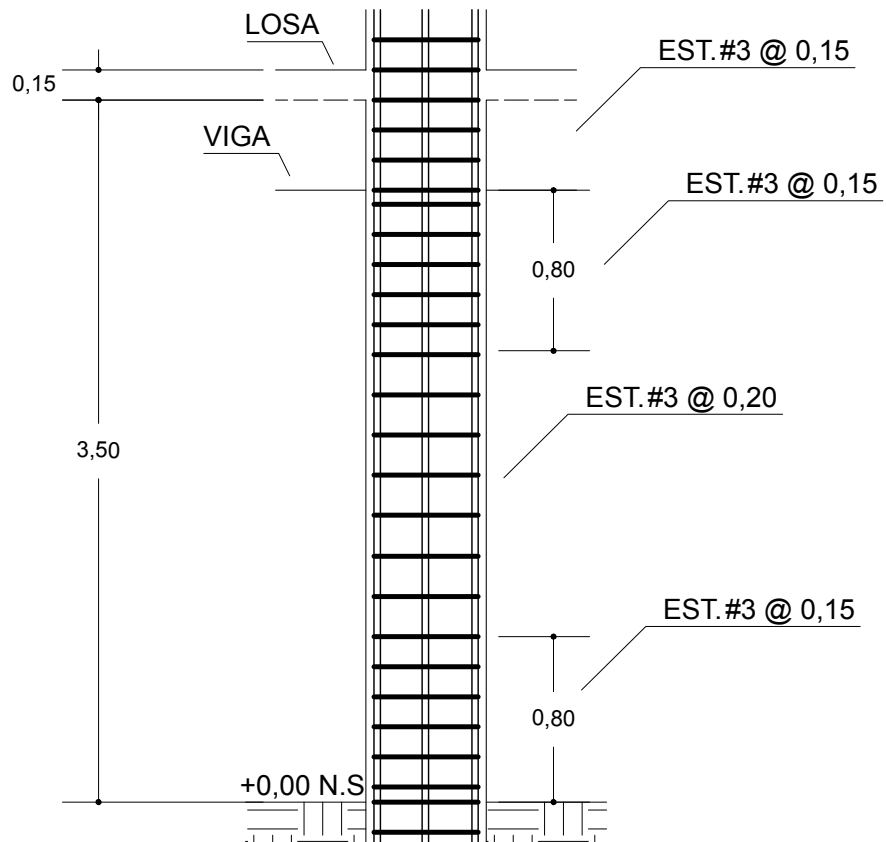
El refuerzo transversal estará dispuesto de tal manera que se colocaran estribos cerrados de confinamiento núm.3 a cada 15 cm en una longitud de 80 cm medida desde cada nudo. En el centro se colocaran estribos cerrados núm.3 a cada 20 cm.

Figura 31. **Sección transversal de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Figura 32. **Sección longitudinal de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

#### 2.1.6.4. Diseño de nudo sísmico

Los nudos o uniones viga y columna, pueden tornarse regiones de comportamiento crítico en marcos de concreto armado especiales resistentes a momento. Como consecuencia de los momentos de signo opuesto que se desarrollan en los extremos de columnas por encima y por debajo de la unión, y en forma similar a la reversión de los momentos de las vigas a través del nudo, éste se ve sometido a fuerzas de corte horizontal y vertical cuyas magnitudes son varias veces mayores que las que corresponden a las columnas y vigas adyacentes y de no considerarse su diseño adecuado pueden fallar por corte.

- Requerimientos del ACI 318 para el diseño de nudos sísmicos:
  - Las fuerzas en el refuerzo longitudinal de la viga en la cara del nudo deben determinarse suponiendo que la resistencia en el refuerzo de tracción por flexión por flexión es  $1,25f_y$ .
  - El refuerzo longitudinal de una viga que termine en una columna, debe prolongarse hasta la cara del núcleo confinado de la columna más distante y anclarse, según su longitud de desarrollo dependiendo si es barra sometida a flexión o compresión.
  - Donde el refuerzo longitudinal de una viga atraviese el nudo, la diemensión de la columna paralela al refuerzo de la viga no debe ser menor que 20 veces el diámetro de la barra longitudinal de viga de mayor diámetro.
    - $h \geq 20d_b$
    - $h \geq 20(2,54)$
    - $60 \text{ cm} \geq 50,8 \text{ cm}$  ; sí cumple

- La altura (h) del nudo no debe ser menor que la mitad de la altura de cualquier viga que llegue al nudo, que genere cortante en el nudo y que sea parte del sistema resistente de fuerzas sísmicas.
- El refuerzo transversal en el nudo debe cumplir con los mismos requerimientos que la zona de confinamiento de las columnas.
- Cuando existan vigas que lleguen a los cuatro lados del nudo y el ancho de cada viga mida al menos tres cuartas partes de la columna, se permite reducir la cuantía de refuerzo transversal a la mitad y el espaciamiento puede incrementarse a 15 cm dentro de la altura h de la viga de menor peralte.
- Se considera que la cara del nudo está confinada por una viga cuando el ancho de la viga es al menos tres cuartos del ancho efectivo del nudo.
- El área efectiva de la sección transversal dentro del nudo ( $A_j$ ), se calcula como el producto de la profundidad del nudo por su ancho efectivo.
- La profundidad del nudo es la altura total de la sección de la columna.
  - Profundidad del nudo = 60 cm
- El ancho efectivo del nudo debe ser el ancho total de la columna, excepto cuando la viga llega a una columna más ancha, el ancho efectivo del nudo no debe de exceder el menor de:
  - El ancho de la viga más la altura del nudo:  
Ancho efectivo =  $30 + 60 = 90$  cm
  - El ancho de la viga más dos veces la distancia perpendicular más pequeña del eje longitudinal de la viga al lado de la columna:  
Ancho efectivo =  $30 + 2 \cdot 15 = 60$  cm

- Diseño del nudo:

Área efectiva del nudo:

$$A_j = \text{profundidad} \cdot \text{Ancho efectivo}$$

$$A_j = 60 \cdot 60 = 3\,600 \text{ cm}^2$$

Cortantes actuante en el nudo:

$$V_{1j} = 1,25(A_{s1} + A_{s2})f_y - V_{Csup}$$

$$V_{2j} = 1,25(A_{s1} + A_{s2})f_y - V_{Cinf}$$

Donde:

$V_{1j}$  = cortante en cara inferior del nudo.

$V_{2j}$  = cortante en cara superior del nudo.

$A_{s1}$  = refuerzo superior de acero en viga.

$A_{s2}$  = refuerzo inferior de acero en viga.

$V_{Csup}$  = cortante en la columna superior.

$V_{Cinf}$  = cortante en la columna inferior.

Analizando el nudo J del eje transversal D, se tiene que los cortantes superior e inferior son de 7 382,63 y 9 167,86 kg, respectivamente. Teniendo en cuenta una viga con 3 barras núm.8 en la parte superior y 2 núm.8 en la inferior.

$$V_{1j} = 1,25(5 \cdot 5,07)(4\,200) - 7\,382,63 = 125,70 \text{ ton}$$

$$V_{2j} = 1,25(5 \cdot 5,07)(4\,200) - 9\,167,86 = 123,92 \text{ ton}$$



- Cortante resistente del concreto en el nudo:

La fuerza cortante que resista el núcleo de concreto deberá de ser mayor a los cortantes desarrollados en la cara superior en inferior del nudo y depende del número de vigas que están confinando al nudo.

Tabla LV. **Resistencia nominal del nudo a cortante  $V_n$**

Configuración del nudo	$V_n$ (kg)
Para nudos confinados por vigas en sus cuatro caras	$5,3\lambda\sqrt{f'_c} * A_j$
Para nudos confinados por vigas en tres de sus caras o 2 caras opuestas	$4\lambda\sqrt{f'_c} * A_j$
Otros	$3,2\lambda\sqrt{f'_c} * A_j$

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el nudo analizado le corresponde a una columna central y es confinado en sus cuatro caras, la fuerza resistente del concreto es:

$$V_n = 5,3\lambda\sqrt{280} * 3\ 600 = 319,27 \text{ Ton}$$

Ya que la resistencia nominal al corte en el concreto es mayor que los cortantes actuantes en el nudo y es un nudo confinado en sus cuatro caras, se dispone un refuerzo transversal de estribos cerrados de confinamiento a cada 15 cm.

#### 2.1.6.5. **Diseño de cimentación**

La cimentación es el elemento estructural encargado de transmitir las cargas que actúan en la estructura hacia el suelo, un dimensionamiento y

armado adecuado en estos elementos puede salvar la estructura de asentamientos y problemas sísmicos debido a la interacción suelo y estructura. Debido a las condiciones del terreno se emplearán zapatas combinadas.

Datos:

$$f'c = 280,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 4\,210,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_{\text{con}} = 2\,400,00 \text{ kg/m}^3$$

Recubrimiento = 7,00 cm (Tabla 20.6.1.3.1, ACI 318-14)

- Fuerzas actuantes:

$$P_{u1} = 274,30 \text{ ton}$$

$$P_{u2} = 327,22 \text{ ton}$$

$$V_s = 18,00 \text{ ton/m}^2$$

$$F_{cu} = 1,48$$

- Cargas de trabajo:

$$P_{s1} = \frac{274,3}{1,48} = 185,34 \text{ ton}$$

$$P_{s2} = \frac{327,22}{1,48} = 221,09 \text{ ton}$$

- Presión última:

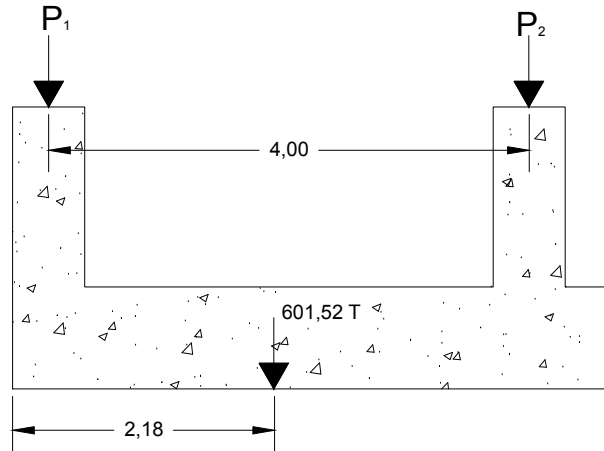
$$q_u = V_s * F_{CU} = 18 * 1,48 = 26,64 \text{ ton/m}^2$$

- Carga total última:

$$P_{TU} = P_{u1} + P_{u2} = 274,3 + 327,22 = 601,52 \text{ Ton}$$

Se trabajará directamente con cargas últimas para encontrar las dimensiones de la zapata.

Figura 33. **Esquema de cargas en zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para tener presiones constantes la carga total última ( $P_{TU}$ ) se deberá ubicar en el punto de equilibrio X:

$$651,52(X) = 327,22(4)$$

$$X = \frac{327,22(4)}{601,52} = 2,18 \text{ m}$$

Entonces la longitud de la zapata es:

$$L = 2 \left( 2,18 + \frac{0,60}{2} \right) = 5,00 \text{ m}$$

- Determinando la base:

$$B = \frac{P_{TU}}{L * q_u}$$

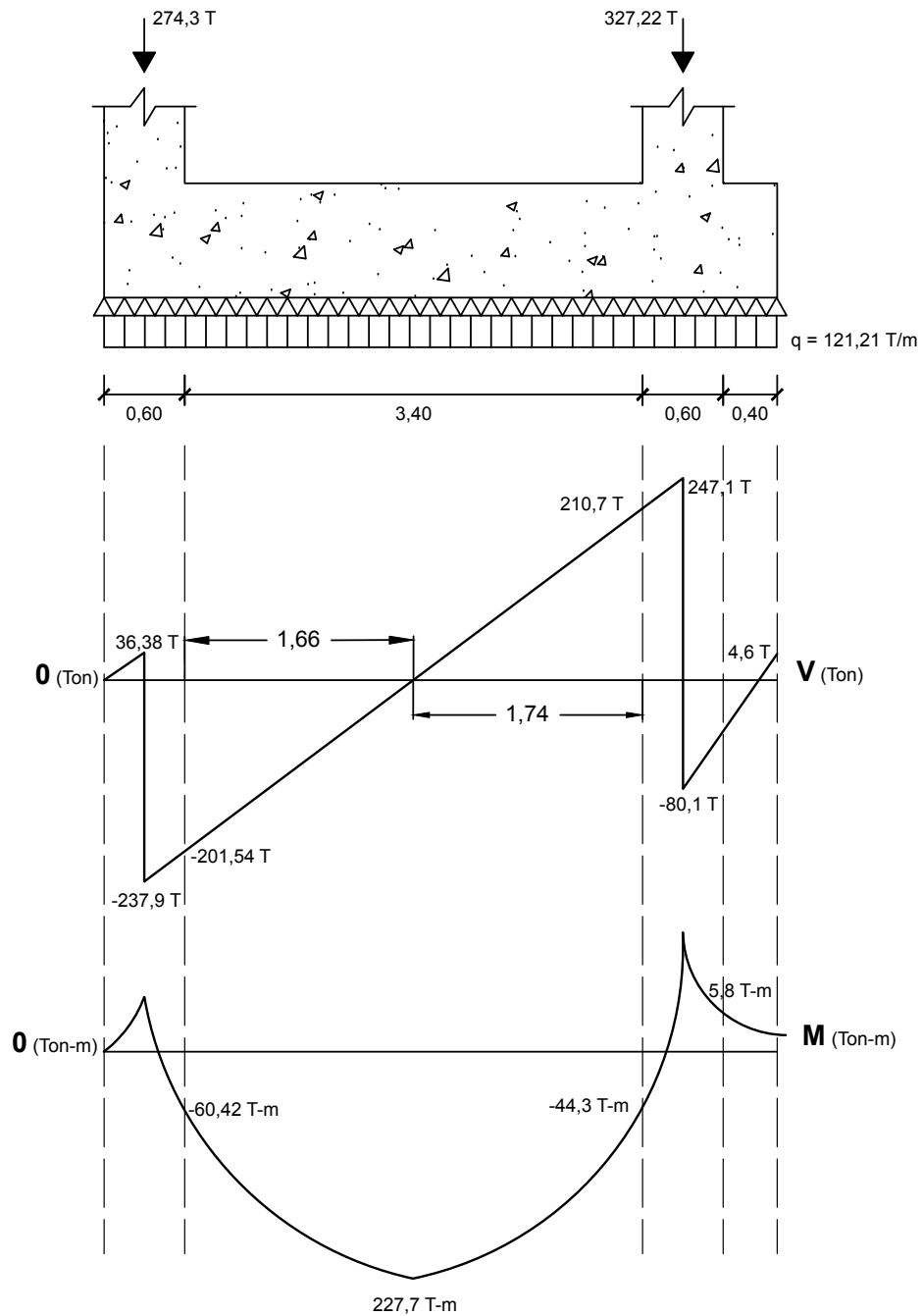
$$B = \frac{601,52}{5,00 * 26,64} = 4,55 \text{ m}$$

Las dimensiones propuestas para la zapata son de 5 m de largo por 4,55 m de ancho. Para el análisis longitudinal de la zapata la presión de diseño es:

$$q_d = q_u * B$$

$$q_d = 26,64 * 4,55 = 121,21 \text{ ton/m}$$

Figura 34. Diagramas de cortante y momento en la zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

- Chequeo por cortante simple:

$$V_{\max} = 247,12 \text{ ton}$$

- Peralte efectivo que resiste el cortante máximo:

$$d = \frac{V_{\max}}{q_u * 10 + \phi * 0,53\sqrt{f'_c} * B}$$

$$d = \frac{(247,12 * 1000)}{26,64 * 10 + 0,85 * 0,53\sqrt{f'_c} * 455} = 66,86 \text{ cm}$$

- Determinando el peralte de la zapata:

$$t = d + rec. + \phi/2$$

$$t = 66,86 + 7,5 + 1,90/2 = 75 \text{ cm}$$

- Chequeo por cortante punzonante en columna 1:

- Determinación de perímetro punzonante:

$$B_o = \left(60 + \frac{67}{2}\right) * 2 + 60 + 67 = 314 \text{ cm}$$

$$A_p = \left(60 + \frac{67}{2}\right) * (60 + 67) = 11\,874,50 \text{ cm}^2$$

- Cortante actuante en columna 1:

$$V_1 = P_{col-1} - P_{suelo} = 274,3 - 1,19 * \frac{121,21}{4,55} = 242,6 \text{ ton}$$

- Cortante resistente:

$$\phi V_{cr} = 2 * \phi * 0,53 \sqrt{f'c} = 2 * 0,85 * 0,53 \sqrt{280} = 15,08 \text{ Kg/cm}^2$$

Chequeo:

$$V_{act-1} = \frac{V_1}{B_o * d} = \frac{242,6 * 1000}{314 * 67} = 11,53 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_{act-1} < \phi V_{cr} \quad 11,53 \text{ Kg/cm}^2 < 15,08 \text{ Kg/cm}^2 \quad OK$$

- Chequeo por cortante punzonante en columna 2:

- Determinación de perímetro punzonante:

$$B_o = (60 + 67) * 4 = 508 \text{ cm}$$

$$A_p = (60 + 67) * (60 + 67) = 16 \ 129,00 \text{ cm}^2$$

- Cortante actuante en columna 2:

$$V_2 = P_{col-2} - P_{suelo} = 327,22 - 1,62 * \frac{121.21}{4,55} = 284,06 \text{ ton}$$

- Cortante resistente:

$$\phi V_{cr} = 2 * \phi * 0,53 \sqrt{f'c} = 2 * 0,85 * 0,53 \sqrt{280} = 15,08 \text{ Kg/cm}^2$$

Chequeo:

$$V_{act-2} = \frac{V_2}{B_o * d} = \frac{284,06 * 1000}{508 * 67} = 8,35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$V_{act-2} < \phi V_{cr} \quad 8,35 \text{ Kg/cm}^2 < 15,08 \text{ Kg/cm}^2 \quad OK$$

- Diseño de acero en sentido longitudinal:

$A_{s(+)}$  entre columnas:

$$M_{Max} = 227,7 \text{ ton-m}$$

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 200} \left[ 100 * 67 - \sqrt{(100 * 67)^2 - \frac{(227,7 * 1 000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 88,32 \text{ cm}^2 \text{ (No.8 @ 5 cm)}$$

$A_{s(-)}$  en zona de columnas:

$$M_{Max} = 15,8 \text{ ton-m}$$

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 200} \left[ 100 * 67 - \sqrt{(100 * 67)^2 - \frac{(15,8 * 1 000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 5,28 \text{ cm}^2$$

Cálculo de  $A_{smin}$ :

$$A_{smin} = \frac{14,1}{fy} * b * d$$

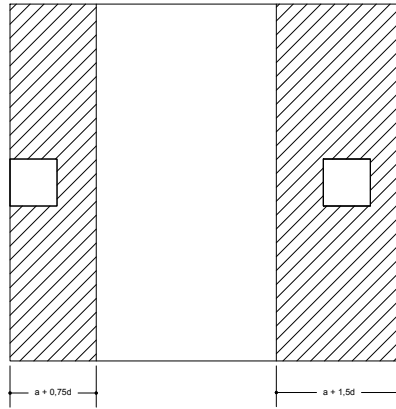
$$A_{smin} = \frac{14,1}{4 200} * 100 * 67 = 22,49 \text{ cm}^2 \text{ (} A_{smin} > A_{sreq} \text{)}$$

(núm. 6 @ 10 cm)



- Diseño de acero en sentido transversal:

Figura 35. **Franjas de armado transversal en la zapata**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

$$a + 0,75d = 60 + 0,75(67) = 110 \text{ cm}$$

$$a + 1,5d = 60 + 1,5(67) = 160 \text{ cm}$$

- Presión de diseño en franja crítica (160 cm):

$$q_2 = 327,22 * 1\ 000 / 4,55 * 160 * 100$$

$$q_2 = 4,49 \text{ kg/cm}^2 = 44,9 \text{ ton/m}^2$$

- Momento tipo voladizo en franja crítica:

$$M_{Max} = q_2 * \frac{l^2}{2} = 44,9 * \frac{(1,98)^2}{2}$$

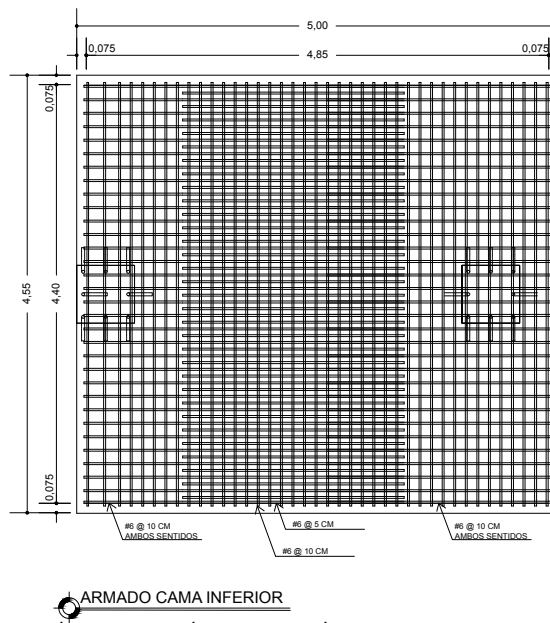
$$M_{Max} = 88,01 \text{ ton} - m$$

- Cálculo de acero por temperatura:

$$A_{s_t} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_t} = 0,002 * 100 * 67 = 13,4 \text{ cm}^2 \text{ (núm.6 @ 20 cm)}$$

Figura 36. **Detalle de armado de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### 2.1.6.6. Diseño de muro de sótano

Datos:

$\gamma_s$	= 1,46 t/m <sup>3</sup>
$\emptyset$	=19,37°
$\mu$	=0,23
$q_{adm}$	= 73,33 t/m <sup>2</sup>
$f_c$	= 280 kg/cm <sup>2</sup>
$f_y$	= 4 210 kg/cm <sup>2</sup>
$F_{CU}$	= 1,4
SC	= 0,5 t/ m <sup>2</sup>
$H_{sotano}$	= 3,5 m
Df	= 0,6 m
Zona sísmica	= 4 ( $S_{cd} = 1,32$ )

Coefficiente de empuje activo:

$$K_a = (1 - \text{sen } \emptyset / 1 + \text{sen } \emptyset)$$

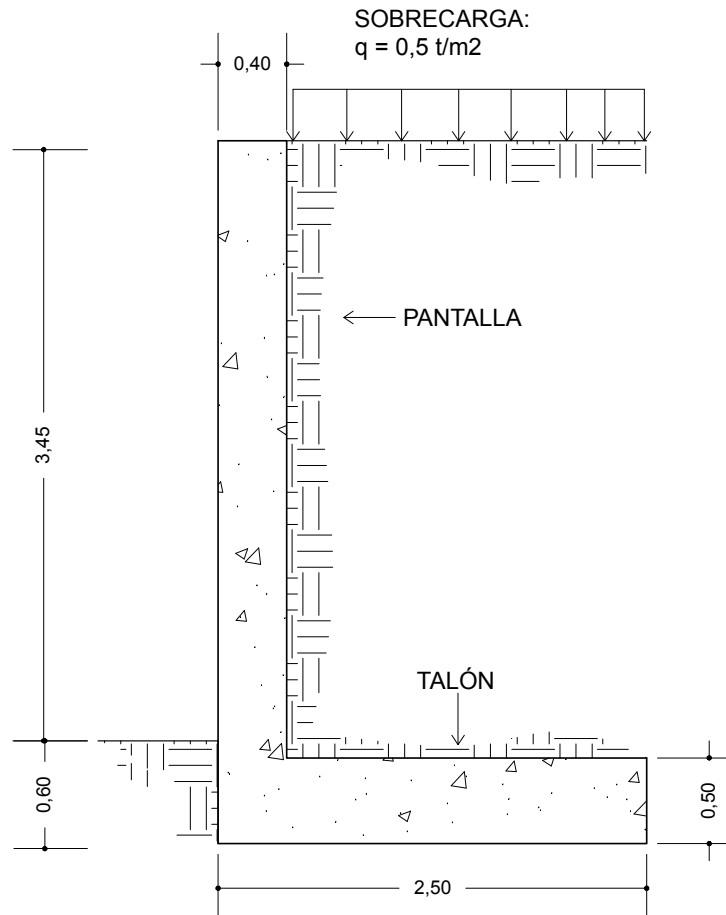
$$K_a = (1 - \text{sen } (19,37^\circ) / 1 + \text{sen } (19,37^\circ)) = 0,50$$

Coefficiente de empuje pasivo:

$$K_p = (1 + \text{sen } \emptyset / 1 - \text{sen } \emptyset)$$

$$K_p = (1 + \text{sen } (19,37^\circ) / 1 - \text{sen } (19,37^\circ)) = 2,00$$

Figura 37. Muro de contención dimensionado



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Cálculo de presiones ejercidas por el terreno:

$$P_{pa} = \gamma_s \cdot K_p \cdot h = (1,46 \cdot 2 \cdot 0,6) = 1,75 \text{ t/m}^2$$

$$P_{ac} = \gamma_s \cdot K_a \cdot h = (1,46 \cdot 0,5 \cdot 4,1) = 3 \text{ t/m}^2$$

$$P_{aq} = SC \cdot K_a = (0,5 \cdot 0,5) = 0,25 \text{ t/m}^2$$

Cálculo de cargas:

$$P_{pa} = (0,5 * 1,75 * 0,6) = 0,53 \text{ t/m}$$

$$P_{ac} = (0,5 * 1,75 * 4,1) = 6,15 \text{ t/m}$$

$$P_{aq} = (0,25 * 4,1) = 1,03 \text{ t/m}$$

Cálculo de la fuerza sísmica:

Según AGIES en la sección de 4.3.4.3 en NSE 2, la aceleración máxima en el suelo se puede determinar con la siguiente expresión:

$$AMSd = 0,4 * S_{cd}$$

$$AMSd = 0,4 * 1,32 = 0,53 \text{ g}$$

Coefficiente sísmico horizontal:

$$C_{sh} = AMSd * 0,5 = (0,53 * 0,5) = 0,264 \text{ g}$$

Coefficiente sísmico vertical:

$$C_{sv} = C_{sh} * 0,7 = (0,7 * 0,264) = 0,185 \text{ g}$$

Fuerza inducida por el sismo:

$$F_s = 0,5 * \gamma_s * H^2 * 0,1(1 - C_{sv}) = (0,1 * 0,5 * 1,46 * 4,1^2(1 - 0,185))$$

$$F_s = 1 \text{ t/m}$$

Cálculo de momentos:

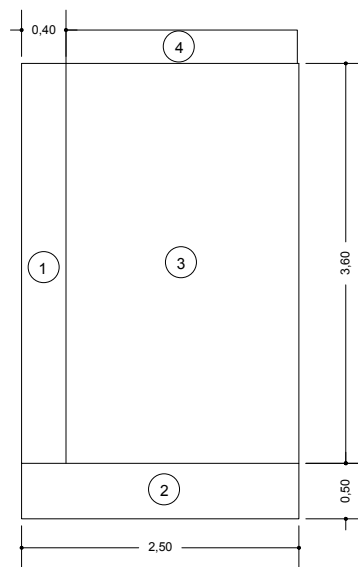
$$MP_{pa} = 0,53 * h/3 = 0,53 * 0,6/3 = 0,105 \text{ T-m}$$

$$MP_{ac} = 6,15 * H/3 = 3,59 * 4,1/3 = 8,4 \text{ T-m}$$

$$MP_{aq} = 1,03 * H/2 = 1,03 * 4,1/2 = 2,10 \text{ T-m}$$

$$MF_s = 1 * H/2 = 1 * 4,1/2 = 2,05 \text{ T-m}$$

Figura 38. **Distribución geométrica de muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Tabla LVI. **Distribución geométrica de muro**

Fig.	Área (m <sup>2</sup> )	$\gamma$ ( t/m <sup>3</sup> )	W (t)	Brazo (m)	M (t-m)
1	1,44	2,4	3,47	0,2	0,69
2	1,25	2,4	3	1,25	3,75
3	7,56	1,46	11,04	1,45	16,01
4	1,05	0,5	0,53	1,45	0,76
$\sum W$			18,04	$\sum M$	
				21,21	

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por volteo:

$$F_{sv} > 1,5$$

$$F_{sv} = \frac{\sum M_R}{\sum M_{ACT}} = \frac{MP_{pa} + \sum M}{MP_{ac} + MP_{aq} + MF_s} = \frac{0,105 + 21,21}{8,4 + 2,1 + 2,05}$$

$F_{sv} = 1,70 > 1,5$ ; el dimensionado del muro chequea por volteo.

- Chequeo por deslizamiento:

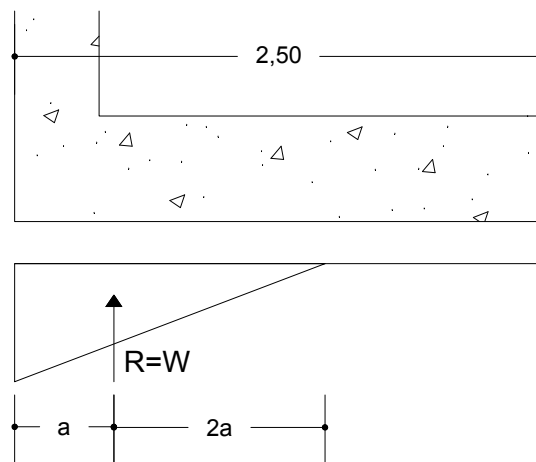
$$F_{sd} > 1,5$$

$$F_{sd} = \frac{\sum P_R}{\sum P_{ACT}} = \frac{P_{pa} + \mu \sum W}{P_{ac} + P_{aq} + F_s} = \frac{0,53 + 0,23(18,04)}{6,15 + 1 + 1,03}$$

$F_{sd} = 0,57 < 1,5$ ; el dimensionado del muro no chequea por deslizamiento.

- Chequeo por presiones en el terreno:

Figura 39. **Distribución de presiones en el terreno**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

$$3 \cdot a \leq L$$

$$a = \frac{\sum M_o}{\sum W} = \frac{MP_{pa} + M_w - MP_{ac} - MP_{aq} - MF_s}{W} = \frac{0,105 + 21,21 - 8,4 - 2,1 - 2,05}{18,04}$$

$$3(0,49) \leq 2,50 = 1,48 \leq 2,50; \text{ chequea.}$$

$$q_{ad} > q_{max}$$

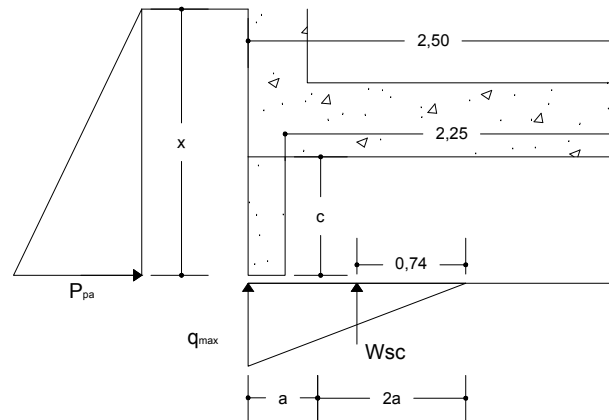
$$q_{max} = \frac{W}{\frac{3}{2} \cdot a \cdot b} = \frac{18,04}{\frac{3}{2} \cdot 0,49 \cdot 2,50} = 9,82 \text{ t/m}^2$$

18 t/m<sup>2</sup> > 9,82 t/m<sup>2</sup>, la presión máxima no supera la admisible, chequea.

Diseño de diente

Debido a que el factor de deslizamiento (0,57) está muy por debajo del factor de seguridad (1,5), se propone incorporar un diente armado en la base del muro para contrarrestar el deslizamiento y evitar la falla.

Figura 40. **Distribución de presiones y cargas sobre el diente**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.



Debido a que el muro no tiene punta, la presión que actúa en la cara del diente ( $q_d$ ) es la presión máxima ( $9,82 \text{ t/m}^2$ ).

Cálculo de cargas totales:

$$F_{ss} = (q_{\max} + q_d)(Pie)/2 = (2 \cdot 9,82)(0)/2 = 0 \text{ t/m}$$

$$F_{sc} = (q_d \cdot 3a - Pie)/2 = (9,82 \cdot 3 \cdot 0,49)/2 = 7,22 \text{ t/m}$$

$$W_T = F_{ss} + F_{sc} = 0 + 7,22 = 7,22 \text{ t/m}$$

Para el cumplir con el factor de seguridad de estabilidad contra el deslizamiento se tiene que respetar la siguiente relación:

$$F_{sd} = \frac{\sum F_R}{\sum F_{ACT}} = 1,5$$

$$\sum F_R = 1,5 * \sum F_{ACT}$$

$$K_p * \gamma_s * \frac{x^2}{2} + W_{ss} * \tan\phi + \mu W_{sc} = 1,5(P_{ac} - P_{aq})$$

$$2 * 1,46 * \frac{x^2}{2} + 0 * \tan(19,37) + (0,23) * 7,22 = 1,5(6,15)$$

$$1,46x^2 + 1,66 = 9,23$$

$$x = 2,28 \text{ m}$$

Profundidad del diente:

$$C = x - (\text{desplante} + \text{espesor de zapata})$$

$$C = 2,28 - 1,10 = 1,18 \text{ m}$$

El diente a disponer para contrarrestar el deslizamiento en el muro tendrá una profundidad de 1,20 m y un ancho de 0,25 m.

Presión pasiva en el diente a  $x = 2,28$  m:

$$P_{pd} = K_p * \gamma_s * x = 2 * 1,46 * 2,28 = 6,65 \text{ t/m}^2$$

Presiones y cargas sobre el diente:

$$P'_{pad} = (P_{pd} - P_{pa}) * c = (6,65 - 1,75) * 1,2 = 5,88 \text{ t/m}^2$$

$$P''_{pad} = (P_{pa}) * c = (1,75) * 1,2 = 2,1 \text{ t/m}^2$$

Chequeo por corte en el diente:

$$V_{act} = F_{cu} (P'_{pad} + P''_{pad})$$

$$V_{act} = 1,4 * (5,88 + 2,1) = 11,17 \text{ ton}$$

$$V_{cr} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d =$$

$$V_{cr} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 100 * 17,5 = 13,19 \text{ ton}$$

El diente cumple a las solicitaciones de fuerza cortante, ya que la resistencia brindada por el concreto (13,19 ton) es mayor que el cortante desarrollado en el diente (11,17 ton).

Momento flector en el diente:

$$M_u = ((2/3 * c * P'_{pad} + (1,2) P''_{pad} * c) * F_{cu}$$

$$M_u = ((2/3) * 1,2 * 5,88 + (1/2) * 2,1 * 1,2) * 1,4 = 8,34 \text{ ton*m}$$

$A_s$  requerida:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 200} \left[ 100 * 16,87 - \sqrt{(100 * 16,87)^2 - \frac{(8,34 * 1 000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 14,01 \text{ cm}^2$$

Cálculo de  $A_{s_{min}}$ :

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{4 200} * 100 * 16,87 = 5,65 \text{ cm}^2$$

Disposición de acero a flexión en el diente:

Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

$$14,01 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad S$$

$$S = 9,04 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

En el sentido longitudinal del diente, colocar área de acero requerida por temperatura.

$$A_{s_t} = 0,002 * t * c$$

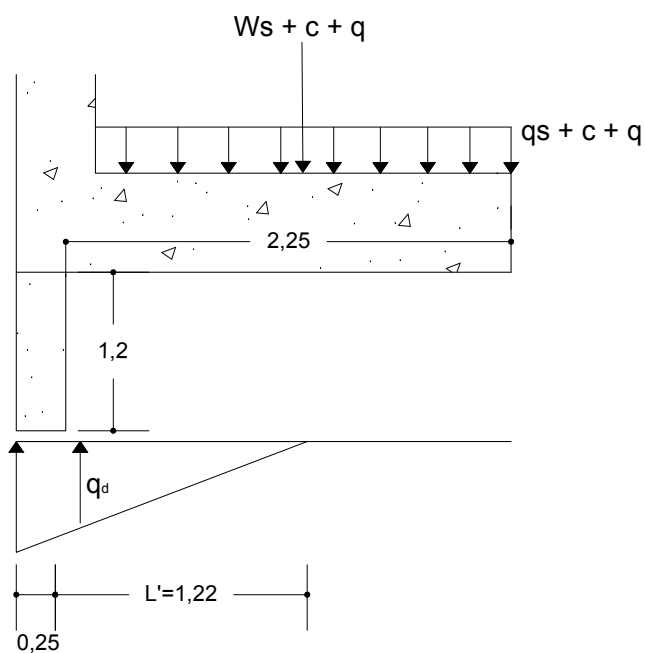
$$A_{s_t} = 0,002 * 100 * 25 = 5 \text{ cm}^2$$

Disposición de acero por temperatura:

Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)  
5 cm<sup>2</sup> → 100 cm  
1,27 cm<sup>2</sup> → S  
S = 25,4 cm = 25 cm

Diseño del Talón:

Figura 41. Distribución de presiones y cargas en el talón



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Presión en el talón:

$$q_d / L' = q_{\max} / 3a$$

$$q_d = q_{\max} * L' / 3a = 9,82 * 1,22 / 1,47 = 8,15 \text{ cm}^2$$

Cálculo de presiones y cargas que actúan en el talón:

$$q_s + c + q = \gamma_s * h + \gamma_c * t + q$$

$$q_s + c + q = (1,46*3,6)+(2,4*0,5)+0,5 = 6,96 \text{ t/m}^2$$

$$W_s = 0,5*q_d*L' = 0,5(8,15*1,22) = 4,97 \text{ t/m}$$

$$W_s + c + q = (q_s + c + q)*L$$

$$W_s + c + q = (8,15)*2,1 = 17,12 \text{ t/m}$$

Chequeo por corte en el talón:

$$V_{act} = F_{cu} (W_s + c + q - W_s)$$

$$V_{act} = 1,4*(17,12 - 4,97) = 12,15 \text{ ton}$$

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

$$V_{cr} = 0,85*0,53\sqrt{280}*100*41,87 = 31,56 \text{ ton}$$

El talón cumple a las solicitaciones de fuerza cortante, ya que la resistencia brindada por el concreto (31,56 ton) es mayor que el cortante desarrollado en el diente (12,15 ton).

Momento flector en el talón:

$$M_u = ((L/2)(W_s + c + q) - (L'/3)W_s) * F_{cu}$$

$$M_u = ((2,1/2)*15,05 - (1,22/3)*3,83) * 1,4 = 20,21 \text{ Ton*m}$$

$A_s$  requerida:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 200} \left[ 100 * 41,87 - \sqrt{(100 * 41,87)^2 - \frac{(20,21 * 1 000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 13,1 \text{ cm}^2$$

Cálculo de  $A_{s_{min}}$ :

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{4 200} * 100 * 41,87 = 14,06 \text{ cm}^2$$

Disposición de acero a flexión en el talón:

Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

$$14,06 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \quad \rightarrow \quad S$$

$$S = 9,03 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$$

En el sentido longitudinal del talón, se colocará área de acero requerida por temperatura. El acero por temperatura también se dispondrá en la parte superior de la zapata para prevenir fisuración debido al volumen masivo de fundición.

$$A_{s_t} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_t} = 0,002 * 100 * 50 = 10 \text{ cm}^2$$

Disposición de acero por temperatura:

Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

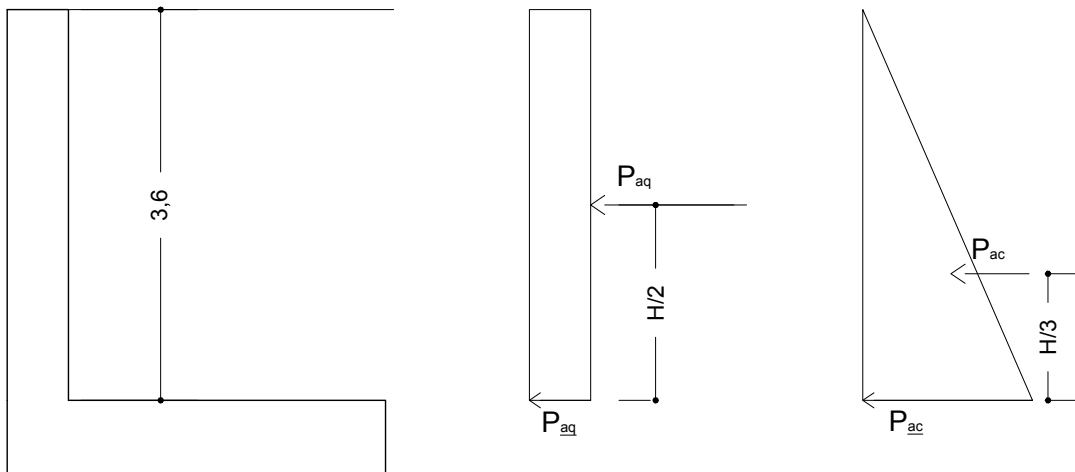
10 cm<sup>2</sup> → 100 cm

1,27 cm<sup>2</sup> → S

S = 12,7 cm = 10 cm

Diseño del pantalla:

Figura 42. **Distribución de presiones y cargas en la pantalla**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Cálculo de presiones y cargas que actúan en la pantalla:

Presiones

$$P_{\underline{aq}} = 0,25 \text{ t/m}^2$$

$$P_{\underline{ac}} = 2,63 \text{ t/m}^2$$

Cargas

$$P'_{aq} = 0,9 \text{ t/M}$$

$$P'_{ac} = 3,15 \text{ t/M}$$

Chequeo por corte en la pantalla:

$$V_{act} = F_{cu} (P'_{aq} + P'_{ac})$$

$$V_{act} = 1,4 * (3,15 + 0,9) = 5,67 \text{ ton}$$

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

$$V_{cr} = 0,85 * 0,53 * \sqrt{280} * 100 * 32,5 = 24,50 \text{ ton}$$

La pantalla cumple a las solicitaciones de fuerza cortante, ya que la resistencia brindada por el concreto (24,5 ton) es mayor que el cortante desarrollado en el diente (5,67 ton).

Momento flector la pantalla:

$$M_u = F_{cu} (P'_{aq} * H/2 + P'_{ac} * H/3)$$

$$M_u = (0,9 * 3,6/2 + 3,15 * 3,6/3) * 1,4 = 7,56 \text{ ton*m}$$

$A_s$  requerida:

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



$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 200} \left[ 100 * 31,87 - \sqrt{(100 * 31,87)^2 - \frac{(7,56 * 1 000) * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 6,37 \text{ cm}^2$$

Cálculo de  $A_{s_{min}}$ :

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{4 200} * 100 * 31,87 = 10,62 \text{ cm}^2$$

Disposición de acero a flexión en la pantalla:

Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

10,62 cm<sup>2</sup> → 100 cm

1,27 cm<sup>2</sup> → S

S = 11,95 cm = 10 cm

En sentido longitudinal y en ambos sentidos de la cara de la pantalla que no tiene contacto directo con el terreno, se colocará área de acero requerida por temperatura para reducir la fisuración excesiva.

$$A_{s_t} = 0,002 * b * t$$

$$A_{s_t} = 0,002 * 100 * 40 = 8 \text{ cm}^2$$

Disposición de acero por temperatura:

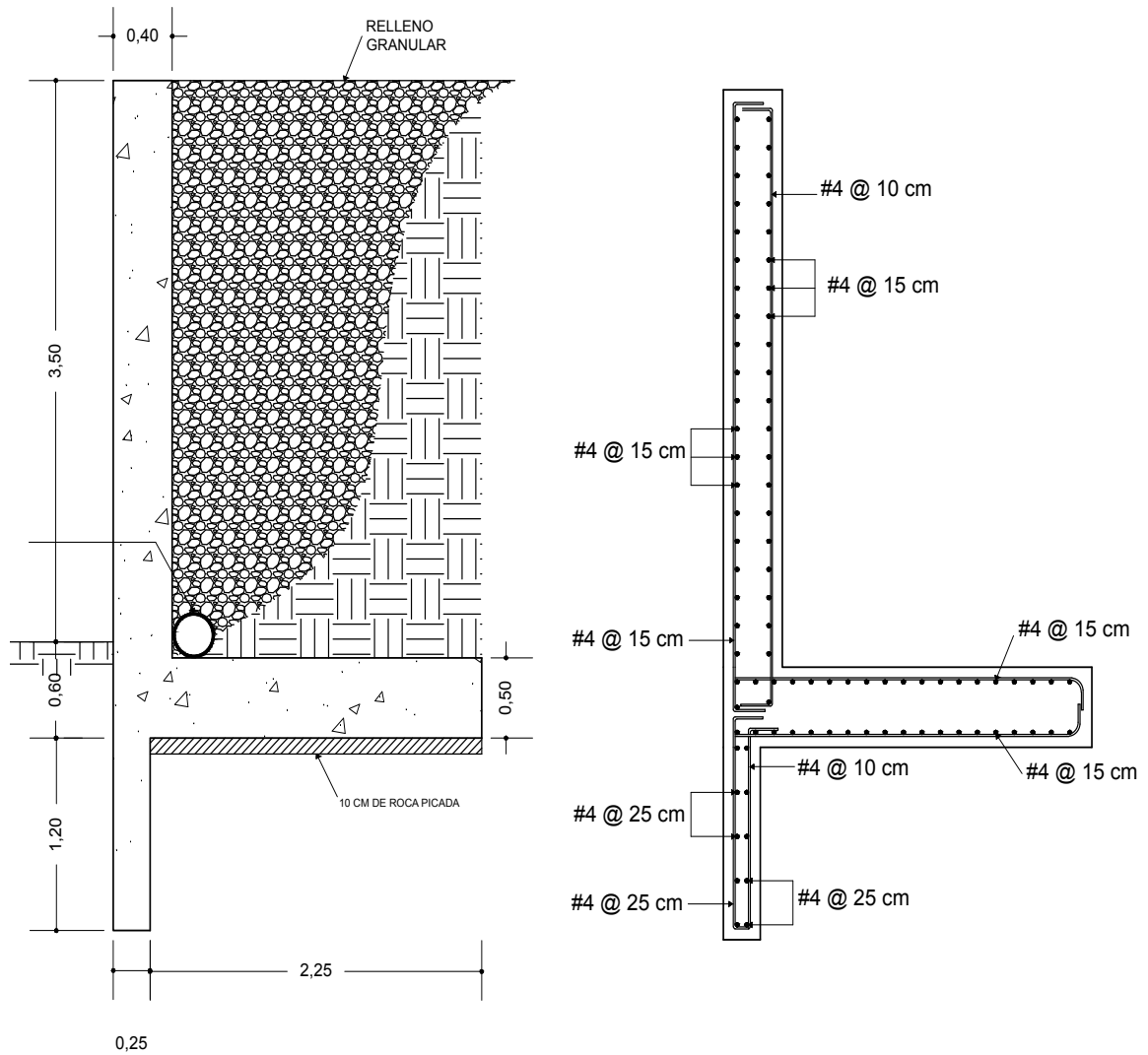
Usando varillas #4 (1,27 cm<sup>2</sup>)

8 cm<sup>2</sup> → 100 cm

$$1,27 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

$$S = 15,88 \text{ cm} = 15 \text{ cm}$$

Figura 43. Diseño y armado de muro para sótano



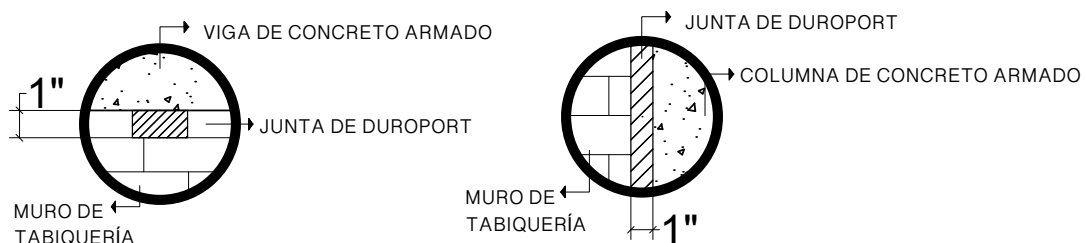
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### 2.1.6.7. Diseño de muros de tabiquería

Los muros de tabiquería son elementos que no cumplen una función estructural en la edificación y se encargan, en la mayoría de los casos, de separar ambientes. Los muros tabique se deben incorporar a la estructura de manera que estos estén aislados y eviten el rozamiento con los elementos estructurales, esto debido a que el hecho de tenerlos en contacto puede producir efectos contraproducentes al momento de un siniestro que afecten la integridad estructural, de no seguir este linemiento podrían darse problemas como columnas cortas, pisos blandos, fracturas en la tabiquería y concentración de esfuerzos en las esquinas del marco, entre otros.

Una manera de aislar los tabiques del resto de la estructura es colocando una junta de duroport de 2,5 cm entre los elementos estructurales y los muros de tabique.

Figura 44. Juntas en muros de tabiquería



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

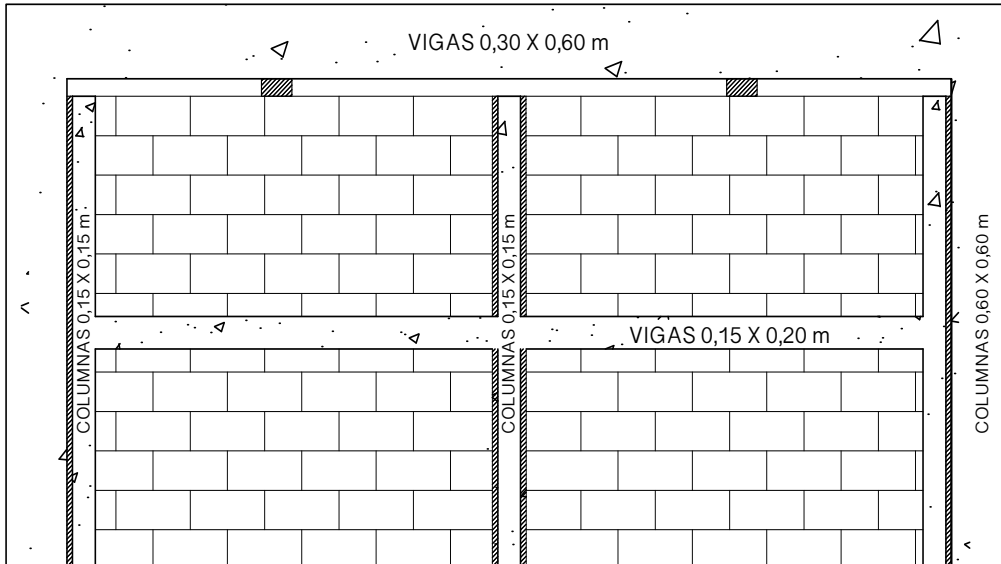
AGIES en la Norma NSE 7.4 estipula los siguientes requisitos para una correcta implementación de los muros de tabiquería:

- Los muros aislados sin apoyo transversal tendrán que implementar refuerzos en sentido vertical y horizontal, capacitados para resistir los esfuerzos de corte y momento que se generan en la edificación al momento de un evento sísmico.
- El espesor mínimo de los muros de tabique no deberá de ser menor que 10 cm.
- La separación máxima entre refuerzos verticales y horizontales no deberá de superar los 2 m.

Para los muros de tabiquería utilizados en este proyecto se incorporará refuerzo en sentido transversal y vertical de la siguiente manera:

- Refuerzo vertical (mochetas): columnas de 0,15 X 0,15 m separadas cada 2 m, con 4 barras corrugadas núm. 3 G40 y estribos cerrados núm.2 a cada 0,15 m.
- Refuerzo horizontal (soleras): sección de 0,15 X 0,20 m separadas cada 2 m, con 4 barras corrugadas núm.3 G40 y estribos cerrados núm.2 a cada 0,15 m.

Figura 45. Disposición de mochetas y soleras en muros de tabiquería

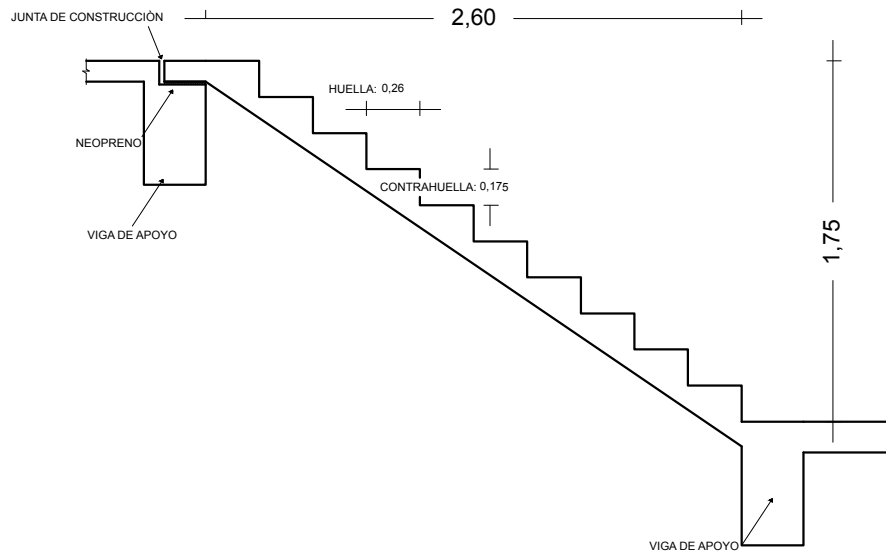


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

#### 2.1.6.8. Diseño de módulo de gradas

El módulo secundario del proyecto consiste en un sistema de gradas simplemente apoyadas en marcos rígidos de concreto que implementará el acceso hacia los diferentes niveles de la estructura y que también sirve de enlace entre el edificio T – 11 y el módulo principal, el anexo T – 11. El sistema de gradas constará de dos tramos por nivel, que van desde la planta del primer nivel hasta el tercer piso. Cada tramo deberá sortear una altura de 1,75 m y un tramo de 2,60 m de largo.

Figura 46. Geometría del tramo de escaleras



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

La huella y contrahuella del sistema tendrán unas dimensiones de 26 y 17,5 cm respectivamente, esto para brindar uniformidad de los escalones a lo largo del tramo. Los valores de la huella y contrahuella cumplen con los parámetros de comodidad que la siguiente regla empírica garantiza en los sistemas de escaleras.

$$2C + H = 60 \text{ a } 64 \text{ cm}$$

Donde:

H = Alto de la huella en centímetros.

C = Ancho de la contrahuella en centímetros.

$$2(17,5) + 26 = 61 \text{ cm}$$

Existen dos maneras diferentes de realizar el análisis estructural para el sistema de escaleras, la primera es el análisis de la carga aplicada de manera perpendicular sobre la proyección horizontal y la segunda consiste en realizar el análisis teniendo en cuenta que la componente de las cargas se aplica perpendicularmente sobre la longitud inclinada del sistema, cualquiera de los dos métodos de análisis termina en el mismo resultado. Para este sistema se procedió a analizar el sistema utilizando el método de la proyección horizontal, respetando los criterios que AGIES exige para carga viva sobre sistemas de escaleras en edificios educativos, la cual es de 500 kg/m.

Análisis de cargas:

$$W_{VIVA} = 500 \text{ kg/m}$$

$$W_{MUERTA} = \gamma_c \cdot (V_{LOSA} + V_{ESCALONES})/L$$

$$W_{MUERTA} = 2400 \text{ kg/m}^3 \cdot (0,12 \cdot 1 \cdot 3,13 + 0,26 \cdot 0,175 \cdot 0,5 \cdot 10) / 3,13$$

$$W_{MUERTA} = 462,44 \text{ kg/m}$$

Además del peso propio, se adicionará a la carga muerta una sobrecarga de 175 kg/m, para tener en cuenta acabados y barandas de seguridad.

Cálculo de carga última:

$$W_U = 1,4 \cdot (CM + SC) + 1,7 \cdot CV$$

$$W_U = 1,4 \cdot (462,44 + 175) + 1,7 \cdot 500 = 1742,42 \text{ kg/m}$$

Cálculo de momentos y esfuerzo cortante:

$$M_{max} = W_U \cdot L_H^2 / 8$$

Donde:

$M_{\max}$  = momento positivo.

$W_U$  = carga última o de diseño.

$L_H$  = proyección horizontal de la longitud de las gradas.

$$M_{\max} = (1\,742,42) * (2,6)^2 / 8 = 1\,472,34 \text{ kg-m}$$

El momento en los extremos del tramo será el 25 % del momento positivo ( $M_{\max}$ ), aproximadamente 368,07 kg-m.

$$V_u = W_U * \text{Cos}^2\varnothing * L_H / 2$$

Donde:

$V_U$  = cortante actuante en el tramo.

$W_U$  = carga última o de diseño.

$\varnothing$  = ángulo entre la proyección horizontal y la altura de las gradas.

$L_H$  = proyección horizontal de la longitud de las gradas.

$$V_u = (1\,742,42) * \text{Cos}^2(32^\circ) * 2,6 / 2 = 1\,754,37 \text{ kg}$$

El cortante actuante es el esfuerzo cortante que el tramo de escalones le transmite a los miembros de anclaje, es decir las vigas o losas en las que se apoyará en sus extremos.

Cálculo de distribución de aceros:



Cálculo de  $A_{s_{min}}$ :

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{fy} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{4\ 200} * 100 * 9,5 = 3,20\ cm^2$$

Cálculo de separación máxima:

$$S_{max} = 3t$$

$$S_{max} = 3 * 12 = 36\ cm$$

$A_s$  requerida para momento positivo:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4\ 200} \left[ 100 * 9,5 - \sqrt{(100 * 9,5)^2 - \frac{1\ 472,34 * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$$A_s = 4,27\ cm^2$$

Disposición de acero positivo a flexión:

Usando varillas #3 (1,27 cm<sup>2</sup>)

$$4,27\ cm^2 \quad \rightarrow \quad 100\ cm$$

$$0,71\ cm^2 \quad \rightarrow \quad S$$

$$S = 16,63\ cm = 15\ cm$$

$A_s$  requerida para momento positivo:

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

$$A_s = \frac{0,85 * 280}{4 200} \left[ 100 * 9,5 - \sqrt{(100 * 9,5)^2 - \frac{368,07 * 100}{0,003825 * 280}} \right]$$

$A_s = 1,03 \text{ cm}^2$ , utilizar  $A_s$  mínimo  $3,20 \text{ cm}^2$

Disposición de acero negativo a flexión:

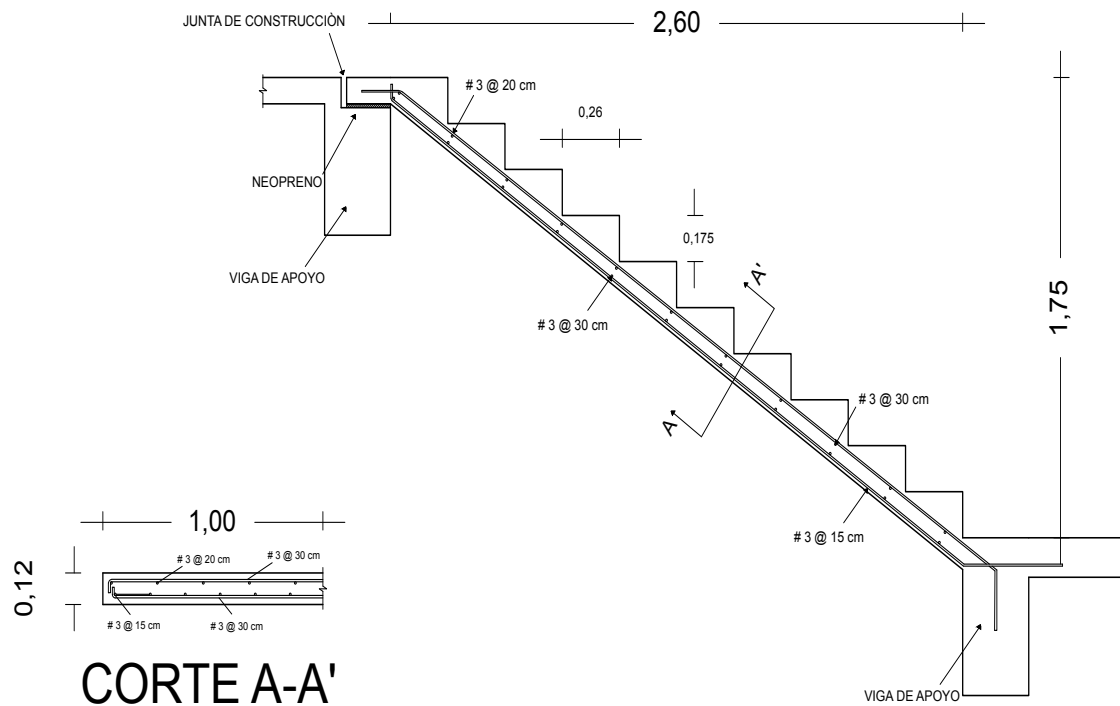
Usando varillas #3 ( $1,27 \text{ cm}^2$ )

$3,20 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$

$0,71 \text{ cm}^2 \rightarrow S$

$S = 22,19 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$

Figura 47. Disposición de acero en gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Para comprender el armado del tramo hay que realizar ciertas observaciones, una de las más importantes es que en el extremo superior de las escaleras se puede observar una junta de construcción, así como un apoyo compresible de neopreno. La junta de construcción permite el movimiento horizontal y evitará que en el momento en que se aplique la carga sísmica al sistema, éste inicie una etapa crítica en su esfuerzo de compresión y falle. El apoyo de neopreno, además, de aislar el sistema de gradas, sirve para brindar un factor de amortiguamiento y evitar el daño que pueda ocurrir por el rozamiento constante entre los elementos de concreto.

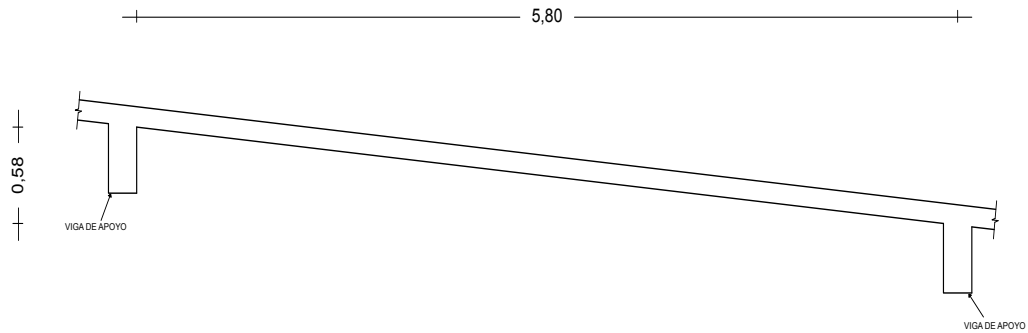
Cabe aclarar que el modelo empleado para el diseño fue un sistema simplemente apoyado, aunque de la impresión de estar empotrado en la parte inferior, el tramo se mantiene simplemente apoyado en ambos extremos ya que dicho empotramiento no es un empotramiento perfecto.

#### **2.1.6.9. Diseño de torre de rampas**

El tercer módulo del proyecto anexo T – 11 consiste en un sistema de rampas apoyadas en marcos rígidos de concreto y cumple con la función de brindarle acceso a la población estudiantil con discapacidad tanto a la edificación anexada (T – 11) como al mismo anexo. Además, de cumplir con las políticas para la población estudiantil con discapacidad en el campus, este módulo también puede desempeñar la función de salida de emergencia al momento de un siniestro.

Las rampas constarán de tres tramos que sortean una altura de 0,58 m y un largo de 5,8 m, esto para cumplir con una pendiente máxima de 10 % para la comodidad de los usuarios en sillas de ruedas u otras complicaciones. El ancho de las rampas se limitó a 2,50 m, lo suficiente como para que dos sillas de ruedas convencionales puedan circular por el mismo tramo al mismo tiempo sin inconvenientes.

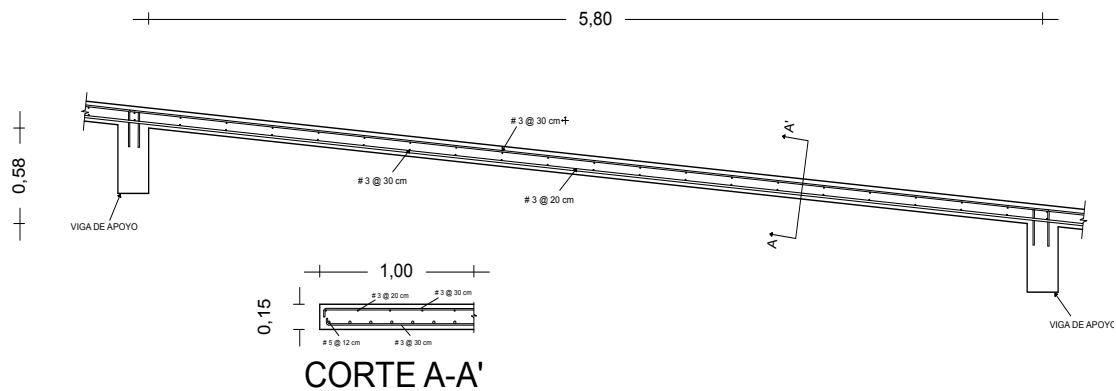
Figura 48. **Geometría del tramo típico en módulo de rampas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

Para el análisis y diseño del tramo típico de rampas se realizó el mismo procedimiento que se utilizó en el análisis y diseño del tramo típico de escaleras, con el cual se llegó a la siguiente propuesta de armado longitudinal y transversal.

Figura 49. **Disposición de acero en rampas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.

### 2.1.6.10. Diseño de instalaciones hidráulicas

Las instalaciones hidráulicas en el módulo principal se diseñaron considerando mantener la presión de agua dentro en el circuito. Para las instalaciones hidráulicas se utilizará tubería PVC debido a su calidad, manejo, resistencia y economía en comparación a otros materiales.

Para el cálculo de las instalaciones hidráulicas se utilizará una variación del método de Hunter, usado frecuentemente en el diseño de instalaciones hidráulicas para edificios, dicho método consiste en asignar un número de unidades de gasto a cada aparato del sistema hidráulico para determinar la demanda total de agua en el edificio. El número de unidades depende del aparato a utilizar y han sido establecidos experimentalmente. La variación que se implementará en el método consiste en utilizar un porcentaje del resultado del gasto probable, debido a que, en países en vías de desarrollo como los latinoamericanos, solamente consumimos una parte (60 %).

Se inicia haciendo un recuento de los aparatos que se encuentran dentro del sistema, para el anexo T – 11, se tienen un total de 24 lavamanos, 21 inodoros y 9 mingitorios. Luego se procede a determinar la cantidad de unidades de gasto que corresponde a cada aparato, dichas unidades se encuentran en la tabla LVII.

Tabla LVII. **Unidades de gasto Hunter por aparato**

APARATO	TIPO	UNIDADES DE GASTO
Tina		4
Lavadero de ropa		8
Ducha		4

Continuación de la tabla LVII.

Inodoro	Con tanque	5
Inodoro	Con válvula semiautomática	8
Lavadero	Cocina en hotel o restaurante	4
Lavadero	Cocina para repostería	3
Bebadero	Simple o múltiple	1
Lavatorio	Corriente o múltiple	2
Botadero		3
Mingitorio	Con tanque	3
Mingitorio	Con válvula semiautomática	5

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 90.

Teniendo en cuenta que el sistema funcionará abastecido por tanque, se tiene que la sumatoria total del gasto en el sistema es:

24 Lavamanos	x	2 U.H.	=	48 U.H.
21 Inodoros	x	5 U.H.	=	105 U.H.
9 Mingitorios	x	3 U.H.	=	<u>27 U.H.</u>
Total:				180 U.H.

Tabla LVIII. **Gastos probables por método de Hunter (lt/s)**

GASTO PROBABLE (lt/s)		
Total de U.H.	Tanque	Válvula
150	2,06	2,95
160	2,14	3,04
170	2,22	3,12
180	2,29	3,20

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 94.

Según la guía para instalaciones sanitarias en edificios, para un sistema con un total de 180 U.H. se tendrá un gasto probable de 2,29 lt/s.

Aplicando el factor de corrección (60 %) al gasto total, se tiene que el gasto total corregido es de 1,37 lt/s. Para la determinación del diámetro a utilizar en la tubería, se tendrá en cuenta que el agua que transportará no conducirá material sedimentable o erosivo, por lo cual la velocidad máxima permitida en el sistema es de 5 m/s.

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$A = \frac{1,37 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ m/s}}$$

$$A = 2,74 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \approx 0,42 \text{ pulg}^2$$

Se utilizará tubería PVC con diámetro de 3/4" (0,44 pulg<sup>2</sup>).

Se recomienda que antes de poner en funcionamiento el sistema, la tubería sea desinfectada, llenándola de una solución basada en hipoclorito de calcio por 12 horas, y luego haciendo circular el agua hasta que la solución sea expulsada.

#### **2.1.6.11. Diseño de instalaciones sanitarias**

Para el diseño de las instalaciones sanitarias en edificios, la demanda del alcantarillado de aguas servidas se determina asignando un determinado número de unidades de descarga a cada aparato, estas unidades varían en función del tipo de artefacto y la clasificación del sistema sanitario.

Al igual que en las instalaciones hidráulicas, el material de la tubería a utilizar será PVC por sus ventajas, mencionadas con anterioridad, frente a otros materiales.



Las instalaciones sanitarias se clasifican en:

- 1ra clase: de uso privado, utilizado normalmente en viviendas.
- 2da clase: de uso semipúblico, utilizado en oficinas, fabricas y edificios donde el servicio solo sea requerido por sus ocupantes.
- 3ra clase: de uso público, donde el número de personas a utilizar el servicio no esté limitado.

Tabla LIX. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones de PVC**

Artefacto sanitario	Unidades de descarga (U)		
	Clase		
	1ra	2da	3ra
Lavado	1	2	2
Inodoro	4	5	6
Mingitorio	2	2	2

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, *Luis Carlos. Guía para instalaciones sanitarias en edificios.* p. 98.

Normalmente los edificios en la Universidad de San Carlos se encuentran abiertos a la población estudiantil, se considera de 3ra clase o uso público.

24 Lavamanos	x	2 U	=	48 U
21 Inodoros	x	6 U	=	126 U
9 Mingitorios	x	2 U	=	<u>18 U</u>
Total:				192 U

Para determinar el diámetro de la tubería y la pendiente a utilizar, se comparará la demanda en unidades de descarga requerida (192 U) siguiendo los parámetros de la tabla LX.

Tabla LX. **Diámetro y pendiente recomendada en función de la cantidad de unidades de descarga**

Diámetro de derivación en colector		Cantidad máxima de unidades de descarga permisibles		
		Pendiente		
mm	pulg	1 %	2 %	3 %
75	3	24	27	36
100	4	84	96	114
125	5	180	234	280

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para instalaciones sanitarias en edificios*. p. 102.

Para cumplir con los requerimientos del sistema sanitario, la tubería a instalar deberá ser de 5 pulgadas de diámetro y tendrá que estar ubicada en sitio con una pendiente no menor de 1 %. Se dispondrán reposaderas de limpieza con caja de sifón, las cuales deben mantener el sello de agua para evitar los malos olores.

#### **2.1.6.12. Diseño de instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas son esenciales para llevar a cabo las diferentes actividades de estudio, trabajo y administración que se desarrollen dentro del edificio, ya sea por apoyo visual o abastecimiento de energía eléctrica. Las instalaciones eléctricas se dividen en iluminación y fuerza.

- Iluminación: debido al uso del edificio, en el cual se encuentran designadas áreas de lectura y estudio, la iluminación deberá estar condicionada por un

determinado nivel de iluminación en todas las áreas del espacio, el cual se analiza en función de la intensidad, brillo y distribución de la luz, para lo cuál se siguieron los lineamientos típicos recomendados de iluminancia permanente en áreas de trabajo.

Tabla LXI. **Requerimiento de luxes en función del uso del área en edificios**

Uso del área	Valor típico recomendado de iluminancia mantenida (lux)
Aulas y salas de estudio	400
Pasillos	100
Laboratorios	300
Salas de lectura	400
Bibliotecas	300 – 500
Oficinas administrativas	300

Fuente: Criterios normativos para el diseño arquitectónico de centros educativos oficiales, versión corregida 2008. p. 78.

Las lámparas que se dispondrán en el edificio serán de neón de 40 watts cada candela, cada circuito estará integrado por un máximo de 10 lámparas. El cable que se usará en los circuitos de iluminación será de calibre Núm. 12, y se instalarán breakers de 1x15 amperios.

Fuerza: cada tomacorriente se asumió con un consumo promedio de 180 watts, por ser un valor utilizado frecuentemente en áreas administrativas y educativas. Al igual que en los circuitos de iluminación, se tiene como margen de seguridad un máximo de 10 tomacorrientes. Todos los tomacorrientes deberán instalarse 30 centímetros sobre el nivel de piso.

### **2.1.7. Juntas**

Las juntas son detalles constructivos necesarios para estructuras monolíticas, que se ubican a intervalos regulares a lo largo de la estructura. Las juntas pueden ser necesarias por los cambios de temperatura o contracción del fraguado del concreto o también por necesidad de separar dos estructuras que puedan generar problema al momento de desarrollarse un sismo.

Ubicación de juntas y aspectos a considerar (FHA):

- En estructuras monolíticas de concreto, deben dejarse juntas adecuadas por lo menos cada 30 metros en cada sentido.
- En todos los casos, las superficies entre juntas no deben tener contacto entre sí, debiendo quedar libres de rebabas de mortero, concreto u otros materiales en toda su longitud y altura.
- Todas las juntas deben quedar protegidas adecuadamente con tapajuntas que impidan el peso del agua y sean a prueba de roedores.

Las juntas son detalles constructivos que se deben tomar en cuenta para no tener problemas de tipo arquitectónico ni estructural, que puedan disminuir la calidad de la construcción, así como tener problemas de tipo estructural y costos constructivos altos.

## 2.1.8. Presupuesto

El cálculo del presupuesto del proyecto está fundamentado en la sumatoria de los precios unitarios por renglón, en los cuales va incluida la mano de obra, los materiales y los gastos administrativos de la entidad constructora que ejecute la obra en su momento. En la siguiente se resume el costo total del proyecto en divisa local (quetzal) y extranjera (dólar).

Tabla LXII. Presupuesto del proyecto

Renglón	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	Total
1	Preliminares				
1.1	Excavación mecánica, limpieza y nivelación del terreno	5342,19	m3	Q42,60	Q227 577,29
1.2	Trazo y estaqueado	1622,86	m2	Q22,15	Q35 946,35
1.3	Bodega	1	Global	Q6 000,00	Q6 000,00
	Total renglón				Q269 523,64
2	Cimentación				
2.1	Excavación a mano y zanjeado	223,21	m3	Q101,05	Q22 555,37
2.2	Zapata Z-1	12	U	Q27,504,41	Q330 052,92
2.3	Zapata Z-2	4	U	Q29 238,62	Q350 863,44
2.5	Zapata Z-4	2	U	Q7 544,43	Q15 088,86
2.6	Zapata Z-5	2	U	Q4 024,56	Q8 049,12
2.7	Zapata Z-6	8	U	Q2 987,54	Q23 900,32
2.8	Viga de amarre	173,4	ml	Q295,98	Q51 322,93
	Total renglón				Q504 832,96
3	Sótano				
3.1	Muro de contención	168	ml	Q6 596,25	Q1 108 170,00
3.2	Sub base granular de 10 cm	89,6	m3	Q173,44	Q15 540,22
3.3	Pavimento rígido, f'c 4000 PS, 15 cm de espesor	896	m2	Q234,13	Q209 780,48
	Total renglón				Q1 333 490,70
4	Vigas				
4.1	Vigas en modulo principal	1 156	ml	Q412,23	Q476 537,88
4.2	Vigas en modulo de gradas	177,6	ml	Q405,12	Q71 949,31

Continuación de la tabla LXII.

4.3	Vigas en modulo de rampas	121	ml	Q392,05	Q47 438,05
4.4	Solera intermedia y/o dintel	423,65	ml	Q190,84	Q80 849,37
Total renglón					Q676 774,61
5	Columnas				
5.1	Columnas C-1 60x60 cm	344,4	ml	Q872,23	Q300 396,01
5.2	Columnas C-2 40x40 cm	204,75	ml	Q521,67	Q106 811,93
5.3	Columnas B-1	109	U	Q501,60	Q54 674,40
5.4	Columnas B-2	9	U	Q440,56	Q3 965,04
5.5	Columnas B-3	42	U	Q373,12	Q15 671,04
5.6	Columnas B-4	15	U	Q125,68	Q1 885,20
Total renglón					Q483 403,62
6	Losas				
6.1	Losas en entresijos, t = 15 cm	1920	m2	Q645,33	Q1 239 033,60
6.2	Losas en techos, t = 15 cm	512	m3	Q488,54	Q250 132,48
6.3	Losas en voladizos, t = 15 cm	211,5	m4	Q512,46	Q108 385,29
Total renglón					Q1 597 551,37
7	Tabiquería y acabados				
7.1	Tabiquería de block	807,46	m2	Q148,15	Q119 625,20
7.2	Tabiquería de reglas de madera 1,25"x4,5"x12'	306,01	Pie tablar	Q15,65	Q4 789,06
7.3	Tabiquería de vidrio y aluminio	251,25	m2	Q455,87	Q114 537,34
7.4	Tabiquería de tabla-yeso	43,25	m2	Q274,66	Q11 879,05
7.5	Repellos en muro y cielo	3007,64	m2	Q55,43	Q166 713,49
7.6	Cernido en muros	1367,92	m2	Q21,34	Q29 191,41
7.7	Pintura en muros, dos manos	1367,92	m2	Q43,66	Q59 723,39
Total renglón					Q506 458,92
8	Pisos y azulejos				
8.1	Piso de granito, 30x30 cm	1747,5	m2	Q333,45	Q582 703,88
8,2	Azulejo a 1,20 sobre el nivel de piso terminado	58,95	m2	Q168,09	Q9 908,91
Total renglón					Q592 612,78
9	Drenaje y agua potable				
9.1	Instalación agua potable	1	global	Q9 755,67	Q9 755,67
9.2	Instalación de drenaje	1	global	Q56 582,12	Q56 582,12
Total renglón					Q66 337,79

Continuación de la tabla LXII.

8	Pisos y azulejos				
8.1	Piso de granito, 30x30 cm	1747,5	m2	Q333,45	Q582 703,88
8,2	Azulejo a 1,20 sobre el nivel de piso terminado	58,95	m2	Q168,09	Q9 908,91
	Total renglón				Q592 612,78
9	Drenaje y agua potable				
9.1	Instalación agua potable	1	global	Q9 755,67	Q9 755,67
9.2	Instalación de drenaje	1	global	Q56 582,12	Q56 582,12
	Total renglón				Q66 337,79
10	Modulo de gradas				
10.1	Módulo de gradas	1	global	Q689 241,96	Q689 241,96
	Total renglón				Q689 241,96
11	Modulo de rampas				
11.1	Módulo de rampas	1	global	Q966 541,12	Q966 541,12
	Total renglón				Q966 541,12
12	Artefactos sanitarios				
12.1	Instalación de Lavamanos	24	U	Q465,50	Q11 172,00
12.3	Instalación de Inodoros	21	U	Q960,63	Q20 173,23
12.4	Instalación de Mingitorios	9	U	Q510,31	Q4 592,79
	Total renglón				Q35 938,02
13	Instalaciones eléctricas				
13.1	Instalación de acometida	1	global	Q9 512,55	Q9 512,55
13.2	Instalación de fuerza	1	global	Q31 743,12	Q31 743,12
13.3	Instalación de iluminación	1	global	Q98 265,34	Q98 265,34
	Total renglón				Q139 521,01
14	Puertas y ventanas				
14.1	Puerta P-1	3	U	Q950,00	Q2 850,00
14.2	Puerta P-2	12	U	Q750,00	Q9 000,00
14.3	Puerta P-3	15	U	Q475,00	Q7 125,00
14.4	Puerta P-4	8	U	Q1 250,00	Q10 000,00
14.5	Ventana V-1	3	U	Q1 575,00	Q4 725,00
14.6	Ventana V-2	1	U	Q1 080,00	Q1 080,00
14.7	Ventana V-3	3	U	Q3 037,50	Q9 112,50
14.8	Ventana V-4	8	U	Q14 962,50	Q119 700,00
	Total renglón				Q163 592,50

Continuación de la tabla LXII.

15	Limpieza				
15.1	Limpieza y entrega	1	global	Q8 000,00	Q8 000,00
	Total renglón				Q8 000,00

Total costos directos	Q8 578 359,78
Total costos indirectos	Q1 707 312,15
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN Q</b>	<b>Q10 285 671,23</b>
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO EN \$</b>	<b>\$1 364 147,78</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo total del proyecto es de diez millones doscientos ochentaicinco mil seicientos setentauno con veintitres centavos.

### 2.1.9. Cronograma

En el cronograma se planifican los tiempos de trabajo que se necesitaran para completar cada renglón, se proyecta que el período de ejecución se lleve a cabo en un año, siguiendo los tiempos que se estipulan en la siguiente tabla.



Tabla LXIII. Cronograma del proyecto

	Renglón	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
1	Preliminares	■	■										
2	Cimentación		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Sótano		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Vigas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Columnas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Losas		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Tabiquería y acabados		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Pisos y Azulejos		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Drenaje y agua potable	■	■										
10	Artefactos Sanitarios										■	■	■
11	Módulo de gradas			■	■	■	■	■	■	■			
12	Módulo de rampas			■	■	■	■	■	■	■			
13	Inst. eléctricas		■	■								■	■
14	Puertas y ventanas											■	■
15	Limpieza												■

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.10. Evaluación de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental (EIA) es un instrumento que verifica la alteración, modificación o cambio en el ambiente originado o producido por los efectos de la actividad humana. Previo a iniciar un proyecto de construcción es importante realizar una evaluación del impacto ambiental que la obra pueda generar, de esta forma se puede establecer medidas preventivas para preservar y proteger los recursos naturales. El objetivo es identificar y mitigar de la mejor forma posible los impactos que el proyecto producirá en su entorno.

Para evaluar el impacto ambiental que generará el proyecto al momento de su construcción, se llenara la siguiente matriz teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- 0 Sin impacto ambiental considerable
- 1 Leve impacto ambiental
- 2 Nivel medio de impacto ambiental
- 3 Impacto ambiental significativo

Tabla LXIV. **Matriz de evaluación de impacto ambiental**

Aspectos a evaluar		Evaluación
Población	¿Se alterará la distribución de la población?	0
Salud	¿Existe riesgo potencial para la salud humana?	0
	¿Estará expuesta la salud de la población?	0
Economía	¿Se tendrán efectos adverso en la economía local, salarios o empleos?	0
Flora	¿Se producirán cambios en la diversidad vegetal?	1
	¿Se reducirá de forma significativa el número de especies vegetales en la zona?	1
	¿Existirán obstáculos para el normal desarrollo de las especies vegetales presentes?	1
Fauna	¿Habrán daños sobre el hábitat de especies animales?	1
	¿Existirá barrera para la migración de especies animales?	0

Continuación de la tabla LXIV.

Suelo y topografía	¿Se tendrá amplia destrucción o desplazamiento del suelo?	1
	¿Habrà impacto significativo sobre terrenos agrarios?	0
	¿Habrán cambios en la forma del terreno, orillas o cauces de fuentes de agua?	0
Agua	¿Se tendrán vertidos en aguas superficiales o alteraciones en la calidad del agua?	0
	¿Habrán cambios significativos en los mantos freáticos?	0
	¿Habrà contaminación en reservas públicas de agua?	0
	¿Se tendrán alteraciones en el curso, flujo o caudal de aguas subterráneas?	0
	¿Habrà contaminación de aguas subterráneas?	0
Atmósfera y ambiente	¿Habrà emisión de contaminantes que afecten de forma significativa la calidad del aire?	0
	¿Habrà emisión de olores desagradables?	0
Fuentes de energía	¿Se utilizarán cantidades considerables de combustibles fósiles?	1
	¿Aumentará considerablemente la demanda de las fuentes de energía?	1
Exposición a ruido	¿Habrà aumento de niveles sonoros previos?	2
	¿Estará la población expuesta a ruidos molestos?	2

Continuación de la tabla LXIV.

Residuos sólidos	¿Se tendrán volúmenes considerables de residuos sólidos?	2
Residuos peligrosos	¿Tendrá el proyecto generación, transporte, almacenaje o eliminación de algún residuo peligroso?	0

Fuente: elaboración propia.

Medidas de mitigación de impacto ambiental:

- Agua:
  - Utilizar las adecuadas proporciones dadas en diseño de concreto para la disminución del impacto en el agua.
  - Racionalizar el agua en todas las actividades que se le requiera, reutilizándola si se pudiera.
  - Supervisar los movimientos de tierra al momento de la excavación para evitar la posible contaminación de agua subterránea.
  
- Suelo:
  - Realizar un estudio de suelo para conocer las propiedades del mismo.
  - Realizar compactación del suelo adecuada para evitar asentamientos diferenciales en las estructuras aledañas.
  - Evitar dejar material químico en contacto directo con el suelo.
  
- Atmósfera y ambiente:
  - Evitar el levantamiento excesivo de polvo en el movimiento de tierra.

- Para evitar el daño al aire del entorno a causa de gases, humo y monóxido de carbono, se utilizará maquinaria en buen estado para minimizar la contaminación.
  
- Exposición al ruido:
  - Utilizar maquinaria en horas adecuadas para evitar molestias a las personas que transitan cerca del sector.
  - Cerrar un perímetro pertinente para que en el momento de la construcción este aislado y no cause molestias con la población.
  
- Residuos sólidos:
  - Trasladar el material de desperdicio en el menor tiempo posible al botadero seleccionado.
  - Para evitar el desperdicio o derrame de concreto en el área del proyecto, se deben preparar solamente las cantidades requeridas para las labores a realizar.

## CONCLUSIONES

1. El diseño del edificio anexo T-11 cubre la demanda de infraestructura necesarias para la atención a la población estudiantil de la Facultad de Farmacia y Ciencias Químicas, permitiendo llevar a cabo sus actividades académicas y administrativas en espacios más adecuados.
2. El diseño estructural del proyecto garantiza la integridad estructural de la edificación, ya que para el cálculo de esta se han seguido de manera cautelosa las normas y parámetros de diseño nacionales e internacionales vigentes actualmente en el país.
3. Las dimensiones de los espacios, ventilación, iluminación natural y artificial, cumplen con los parámetros y normas de diseño para establecimientos educativos, permitiendo realizar las actividades dentro de la edificación de manera confortable.
4. La evaluación de impacto ambiental indica que al iniciar la ejecución del proyecto este traerá consecuencias únicamente durante la fase de construcción, presentará algunas leves alteraciones por el ruido a las cuales será expuesta la población estudiantil en horas de trabajo, dichas alteraciones serán momentáneas y poco significativas.



## RECOMENDACIONES

1. Para garantizar la integridad estructural de la edificación al momento de iniciar la ejecución del proyecto se deberá contar con supervisión técnica calificada, con el fin de evitar errores que expongan la seguridad de los usuarios del edificio.
2. Realizar la construcción de la edificación, siguiendo cada una de las especificaciones que se encuentran en los planos constructivos adjuntos a este informe, con el objetivo de garantizar la calidad y la durabilidad de la estructura y sus acabados.
3. Al momento de convocar a un concurso de licitación, la división deberá actualizar el presupuesto entregado debido al alza en los precios de los materiales de construcción.
4. Extraer y evaluar en un laboratorio geotécnico calificado una muestra representativa del terreno para dilucidar la incertidumbre de la capacidad soporte del suelo utilizada en el diseño.





## BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute (ACI). *Requisito de reglamento para el concreto estructural (ACI 318US-14) y comentario*. Comité ACI 318. California, USA: ACI, 2014. 480 p.
2. Asociación Guatemalteca De Ingeniería Estructural y Sismica (AGIES). *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala: NSE-2, NSE-2.1, NSE-3 Y NSE-5*. Guatemala: AGIES, 2013. 32 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mécanica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Limusa, 1999. 565 p.
4. HERNÁNDEZ PÉREZ, Dalia Ivette. *Consideraciones para el análisis, diseño y evaluación de muros de sótano de concreto reforzado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2009. 79 p.
5. MC CORMAC, Jack y BROWN, Russell. *Diseño de concreto reforzado*. 8a ed. México: Alfaomega, 2008. 236 p.
6. MORALES CALDERÓN, Estuardo René. *Criterio de análisis, diseño, ejecución y ejemplos de aplicación sobre sistemas de escaleras de concreto armado*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010. 75 p.

7. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 11a ed. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill, 2001. 714 p.
8. TORRES BELANDRIA, Rafael Ángel. *Análisis y diseño de muros de contención de concreto armado*. 2a ed. Venezuela: Facultad de Ingeniería, Facultad de los Andes, 2008. 48 p.
9. YAXCAL BERNAL, Josué Jonatán. *Diseño del edificio municipal del municipio de San Lucas Tolimán, departamento de Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 110 p.

## **APÉNDICES**

Apéndice 1. **Hoja de cálculo de análisis estructural para carga viva**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.





Apéndice 2. **Hoja de cálculo de análisis estructural para carga  
muerta**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.







Apéndice 3. **Hoja de cálculo de análisis estructural para carga  
sismica**

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 2016.

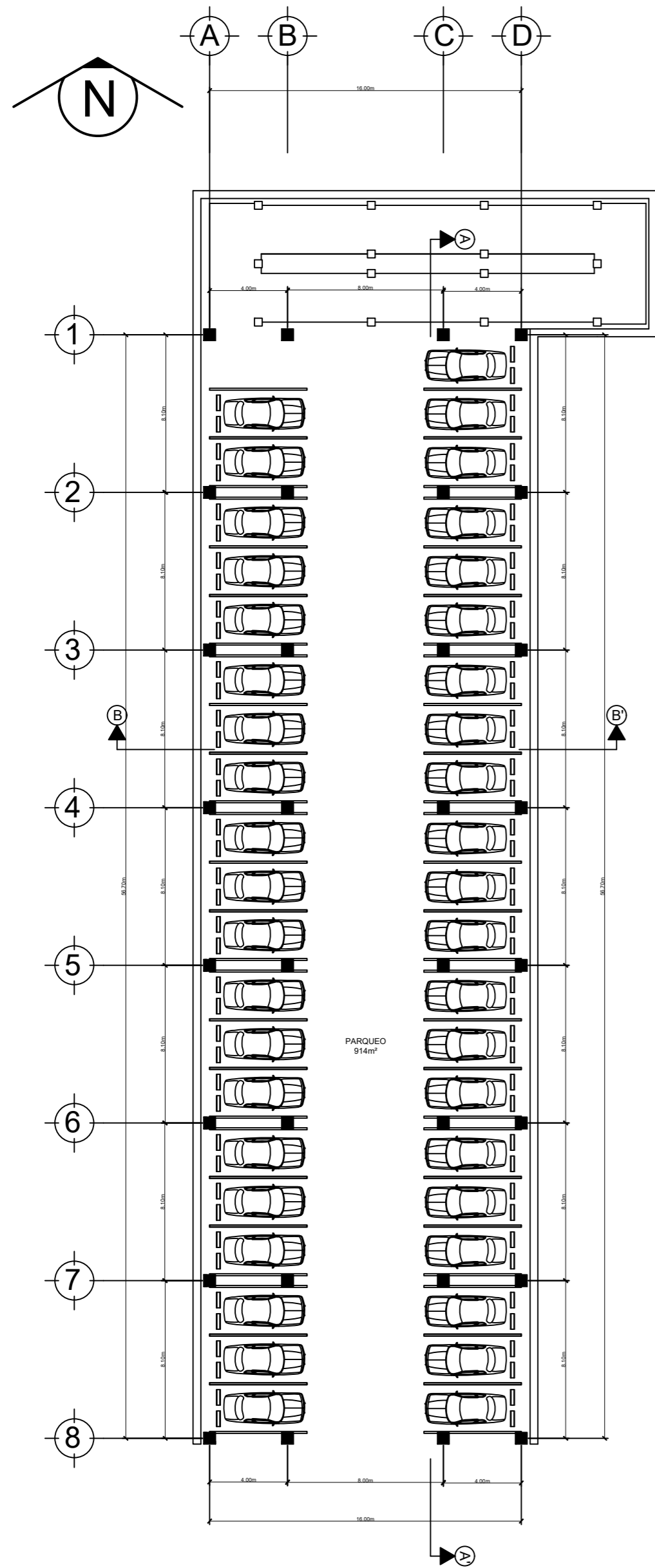


	0				0				0				0				0				0							
44.2	0	-0.152	0	0.00	-0.132	0	-0.066	0.00	-0.066	0	-0.132	0	0.00	-0.152	0	0.00	0.00	-0.152	0	0.00	0.00	-0.152	0	0.00	0.00			
<b>A</b>	<b>COL A-E</b>				<b>B</b>				<b>C</b>				<b>D</b>															
	-0.348	0	0.00	0.00	-0.302	0	-0.066	0.00	-0.302	0	-0.132	0	0.00	-0.348	0	0.00	0.00	-0.348	0	0.00	0.00	-0.348	0	0.00	0.00			
	A-E	16.58	0.00	-1.24	B-F	16.58	0.00	-0.57	C-G	16.58	0.00	-1.43	D-H	16.58	0.00	-1.43	E-I	16.58	0.00	-1.43	F-J	16.58	0.00	-1.43	G-K	16.58	0.00	-1.43
	0	31.16	-1.27	-2.32	0	31.16	-0.62	-1.11	0	31.16	-1.15	-2.69	0	31.16	-1.15	-2.69	0	31.16	-1.15	-2.69	0	31.16	-1.15	-2.69	0	31.16	-1.15	-2.69
	0	42.50	-2.53	-3.10	0	42.50	-1.16	-1.51	0	42.50	-2.21	-3.62	0	42.50	-2.21	-3.62	0	42.50	-2.21	-3.62	0	42.50	-2.21	-3.62	0	42.50	-2.21	-3.62
	-2.90	51.43	-3.51	-3.71	-2.83	51.43	-1.55	-1.82	-2.63	51.43	-3.01	-4.36	-2.63	51.43	-3.01	-4.36	-2.63	51.43	-3.01	-4.36	-2.63	51.43	-3.01	-4.36	-2.63	51.43	-3.01	-4.36
	-5.79	58.51	-4.27	-4.21	-5.31	58.51	-1.86	-2.08	-5.06	58.51	-3.64	-4.96	-5.06	58.51	-3.64	-4.96	-5.06	58.51	-3.64	-4.96	-5.06	58.51	-3.64	-4.96	-5.06	58.51	-3.64	-4.96
	-8.03	64.05	-4.89	-4.60	-7.10	64.05	-2.10	-2.28	-6.89	64.05	-4.15	-5.43	-6.89	64.05	-4.15	-5.43	-6.89	64.05	-4.15	-5.43	-6.89	64.05	-4.15	-5.43	-6.89	64.05	-4.15	-5.43
	-9.78	68.31	-5.38	-4.91	-8.50	68.31	-2.30	-2.44	-8.34	68.31	-4.56	-5.80	-8.34	68.31	-4.56	-5.80	-8.34	68.31	-4.56	-5.80	-8.34	68.31	-4.56	-5.80	-8.34	68.31	-4.56	-5.80
	-11.18	71.53	-5.76	-5.14	-9.82	71.53	-2.45	-2.56	-9.50	71.53	-4.97	-6.09	-9.50	71.53	-4.97	-6.09	-9.50	71.53	-4.97	-6.09	-9.50	71.53	-4.97	-6.09	-9.50	71.53	-4.97	-6.09
	-12.31	73.91	-6.05	-5.32	-10.53	73.91	-2.57	-2.65	-10.43	73.91	-5.12	-6.30	-10.43	73.91	-5.12	-6.30	-10.43	73.91	-5.12	-6.30	-10.43	73.91	-5.12	-6.30	-10.43	73.91	-5.12	-6.30
	-13.19	75.66	-6.28	-5.45	-11.23	75.66	-2.66	-2.72	-11.15	75.66	-5.30	-6.46	-11.15	75.66	-5.30	-6.46	-11.15	75.66	-5.30	-6.46	-11.15	75.66	-5.30	-6.46	-11.15	75.66	-5.30	-6.46
	-13.86	76.93	-6.44	-5.54	-11.76	76.93	-2.72	-2.76	-11.70	76.93	-5.43	-6.58	-11.70	76.93	-5.43	-6.58	-11.70	76.93	-5.43	-6.58	-11.70	76.93	-5.43	-6.58	-11.70	76.93	-5.43	-6.58
	-14.37	77.84	-6.56	-5.61	-12.16	77.84	-2.77	-2.80	-12.12	77.84	-5.53	-6.66	-12.12	77.84	-5.53	-6.66	-12.12	77.84	-5.53	-6.66	-12.12	77.84	-5.53	-6.66	-12.12	77.84	-5.53	-6.66
	-14.75	78.49	-6.65	-5.65	-12.46	78.49	-2.80	-2.82	-12.42	78.49	-5.60	-6.72	-12.42	78.49	-5.60	-6.72	-12.42	78.49	-5.60	-6.72	-12.42	78.49	-5.60	-6.72	-12.42	78.49	-5.60	-6.72
	-15.02	78.95	-6.71	-5.69	-12.67	78.95	-2.83	-2.84	-12.65	78.95	-5.65	-6.76	-12.65	78.95	-5.65	-6.76	-12.65	78.95	-5.65	-6.76	-12.65	78.95	-5.65	-6.76	-12.65	78.95	-5.65	-6.76
	-15.22	79.28	-6.76	-5.71	-12.83	79.28	-2.84	-2.86	-12.81	79.28	-5.68	-6.79	-12.81	79.28	-5.68	-6.79	-12.81	79.28	-5.68	-6.79	-12.81	79.28	-5.68	-6.79	-12.81	79.28	-5.68	-6.79
	-15.36	79.51	-6.79	-5.73	-12.94	79.51	-2.86	-2.86	-12.92	79.51	-5.71	-6.81	-12.92	79.51	-5.71	-6.81	-12.92	79.51	-5.71	-6.81	-12.92	79.51	-5.71	-6.81	-12.92	79.51	-5.71	-6.81
	-15.47	79.67	-6.81	-5.74	-13.02	79.67	-2.87	-2.87	-13.01	79.67	-5.73	-6.83	-13.01	79.67	-5.73	-6.83	-13.01	79.67	-5.73	-6.83	-13.01	79.67	-5.73	-6.83	-13.01	79.67	-5.73	-6.83
	-15.54	79.79	-6.83	-5.74	-13.07	79.79	-2.87	-2.87	-13.06	79.79	-5.74	-6.83	-13.06	79.79	-5.74	-6.83	-13.06	79.79	-5.74	-6.83	-13.06	79.79	-5.74	-6.83	-13.06	79.79	-5.74	-6.83
	-15.59				-13.11				-13.11				-13.11				-13.11				-13.11				-13.11			
	-15.63	MC			-13.14	MC			-13.13	MC			-13.13	MC			-13.13	MC			-13.13	MC			-13.13	MC		
	-15.63	19.51			-13.14	27.02			27.03	-13.13			-13.13	MC			-13.13	MC			-13.13	MC			-13.13	MC		
	<b>E-A</b>	0.00			<b>F-B</b>	0.00			<b>G-C</b>	0.00			<b>H-D</b>	0.00														
	0.00	29.80	0.00	-2.89	0.00	29.80	0.00	-1.41	0.00	29.80	0.00	-3.16	0.00	29.80	0.00	-3.16												
	-0.99	54.73	-3.07	-4.88	-0.99	54.73	-1.45	-2.42	-0.99	54.73	-2.81	-5.41	-0.99	54.73	-2.81	-5.41												
	-12.20	74.97	-5.36	-6.52	-12.20	74.97	-2.44	-3.25	-12.20	74.97	-4.84	-7.22	-12.20	74.97	-4.84	-7.22												
	-16.33	90.51	-7.17	-7.84	-16.33	90.51	-3.26	-3.91	-16.33	90.51	-6.50	-9.66	-16.33	90.51	-6.50	-9.66												
	-19.81	102.02	-8.61	-8.85	-19.81	102.02	-3.92	-4.41	-19.81	102.02	-7.81	-9.77	-19.81	102.02	-7.81	-9.77												
	-22.16	110.37	-9.73	-9.61	-22.16	110.37	-4.42	-4.80	-22.16	110.37	-8.83	-10.61	-22.16	110.37	-8.83	-10.61												
	-24.08	116.34	-10.57	-10.17	-24.08	116.34	-4.80	-5.08	-24.08	116.34	-9.59	-11.23	-24.08	116.34	-9.59	-11.23												
	-25.51	120.58	-11.20	-10.58	-25.51	120.58	-5.09	-5.28	-25.51	120.58	-10.16	-11.68	-25.51	120.58	-10.16	-11.68												
	-26.55	123.58	-11.66	-10.87	-26.55	123.58	-5.29	-5.43	-26.55	123.58	-10.57	-12.00	-26.55	123.58	-10.57	-12.00												
	-27.30	125.69	-11.99	-11.09	-27.30	125.69	-5.44	-5.54	-27.30	125.69	-10.87	-12.23	-27.30	125.69	-10.87	-12.23												
	-27.84	127.18	-12.22	-11.24	-27.84	127.18	-5.54	-5.62	-27.84	127.18	-11.08	-12.40	-27.84	127.18	-11.08	-12.40												
	-28.22	128.22	-12.39	-11.34	-28.22	128.22	-5.62	-5.67	-28.22	128.22	-11.23	-12.51	-28.22	128.22	-11.23	-12.51												
	-28.48	128.95	-12.51	-11.42	-28.48	128.95	-5.67	-5.71	-28.48	128.95	-11.34	-12.60	-28.48	128.95	-11.34	-12.60												
	-28.68	129.46	-12.59	-11.47	-28.68	129.46	-5.74	-5.74	-28.68	129.46	-11.42	-12.65	-28.68	129.46	-11.42	-12.65												
	-28.93	129.82	-12.65	-11.51	-28.93	129.82	-5.74	-5.75	-28.93	129.82	-11.47	-12.70	-28.93	129.82	-11.47	-12.70												
	-28.98	130.07	-12.69	-11.54	-28.98	130.07	-5.75	-5.77	-28.98	130.07	-11.51	-12.72	-28.98	130.07	-11.51	-12.72												
	-29.03	130.24	-12.72	-11.55	-29.03	130.24	-5.77	-5.78	-29.03	130.24	-11.54	-12.74	-29.03	130.24	-11.54	-12.74												
	-29.03	130.36	-12.74	-11.55	-29.03	130.36	-5.78	-5.78	-29.03	130.36	-11.55	-12.76	-29.03	130.36	-11.55	-12.76												
	-29.03	MC			-29.03	MC			-29.03	MC			-29.03	MC														
	-29.03	-73.68			-29.03	-66.12			-29.03	-66.11			-29.03	-73.69														
	<b>E-I</b>	0.00			<b>F-J</b>	0.00			<b>G-K</b>	0.00			<b>H-L</b>	0.00														
	0.00	29.80	0.00	-2.89	0.00	29.80	0.00	-1.41	0.00	29.80	0.00	-3.16	0.00	29.80	0.00	-3.16												
	-0.99	54.73	-3.07	-4.88	-0.99	54.73	-1.45	-2.42	-0.99	54.73	-2.81	-5.41	-0.99	54.73	-2.81	-5.41												
	-12.20	74.97	-5.36	-6.52	-12.20	74.97	-2.44	-3.25	-12.20	74.97	-4.84	-7.22	-12.20	74.97	-4.84	-7.22												
	-16.33	90.51	-7.17	-7.84	-16.33	90.51	-3.26	-3.91	-16.33	90.51	-6.50	-9.66	-16.33	90.51	-6.50	-9.66												
	-19.81	102.02	-8.61	-8.85	-19.81	102.02	-3.92	-4.41	-19.81	102.02	-7.81	-9.77	-19.81	102.02	-7.81	-9.77												
	-22.16	110.37	-9.73	-9.61	-22.16	110.37	-4.42	-4.80	-22.16	110.37	-8.83	-10.61	-22.16	110.37	-8.83	-10.61												
	-24.08	116.34	-10.57	-10.17	-24.08	116.34	-4.80	-5.08	-24.08	116.34	-9.59	-11.23	-24.08	116.34	-9.59	-11.23												
	-25.51	120.58	-11.20	-10.58	-25.51	120.58	-5.09	-5.28	-25.51	120.58	-10.16	-11.68	-25.51	120.58	-10.16	-11.68												
	-26.55	123.58	-11.66	-10.87	-26.55	123.58	-5.29	-5.43	-26.55	123.58	-10.57	-12.00	-26.55	123.58	-10.57	-12.00												
	-27.30	125.69	-11.99	-11.09	-27.30	125.69	-5.44	-5.54	-27.30	125.69	-10.87	-12.23	-27.30	125.69	-10.87	-12.23												
	-27.84	127.18	-12.22	-11.24	-27.84	127.18	-5.54	-5.62	-27.84	127.18	-11.08	-12.40	-27.84	127.18	-11.08	-12.40												
	-28.22	128.22	-12.39	-11.34	-28.22	128.22	-5.62	-5.67	-28.22	128.22	-11.23	-12.51	-28.22	128.22	-11.23	-12.51												
	-28.48	128.95	-12.51	-11.42	-28.48	128.95	-5.67	-5.71	-28.48	128.95	-11.34	-12.60	-28.48	128.95	-11.34	-12.60												
	-28.68	129.46	-12.59	-11.47	-28.68	129.46	-5																					

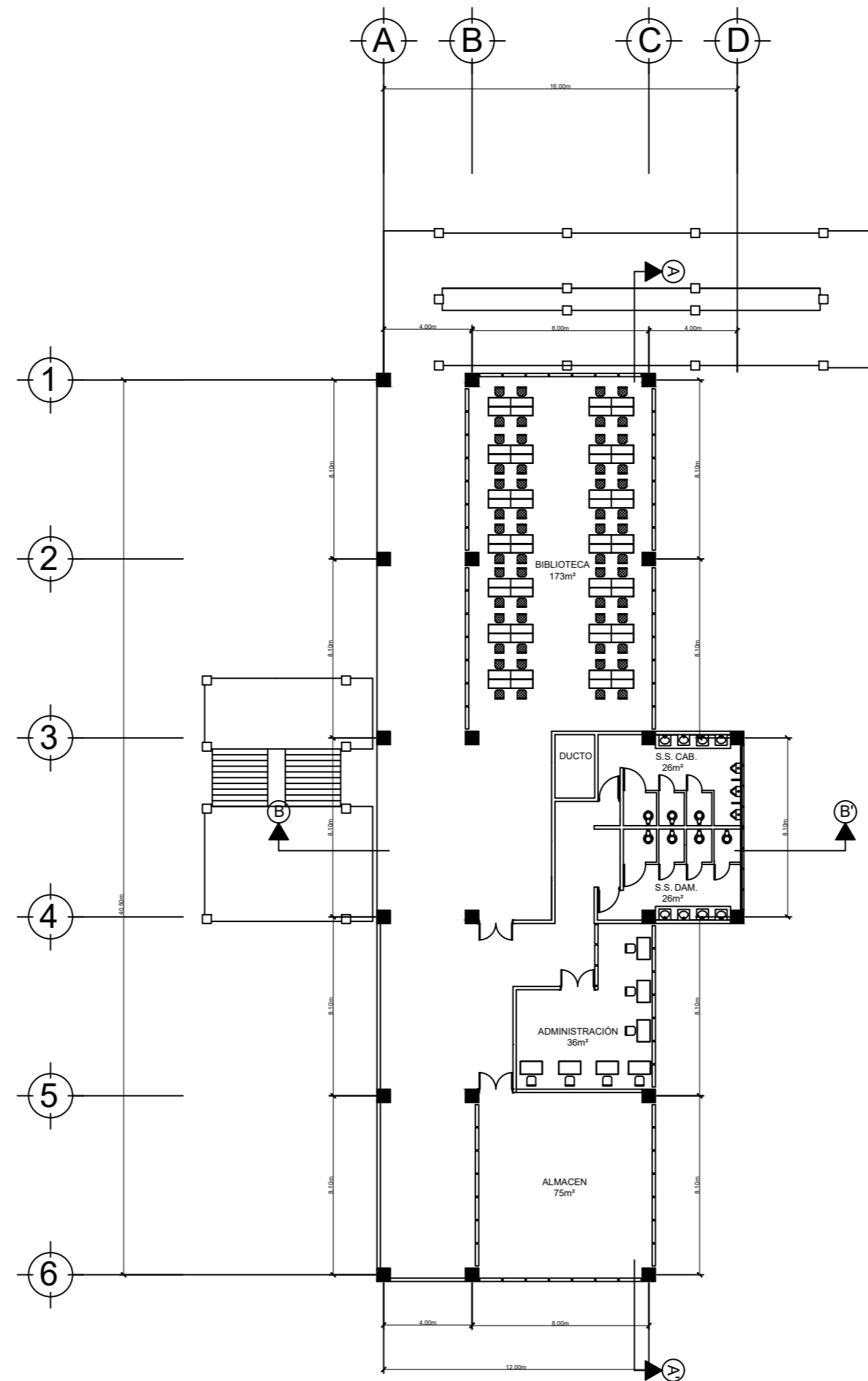
Apéndice 4. **Planos constructivos del proyecto Anexo T-11**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2017.





**PLANTA AMUEBLADA SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250

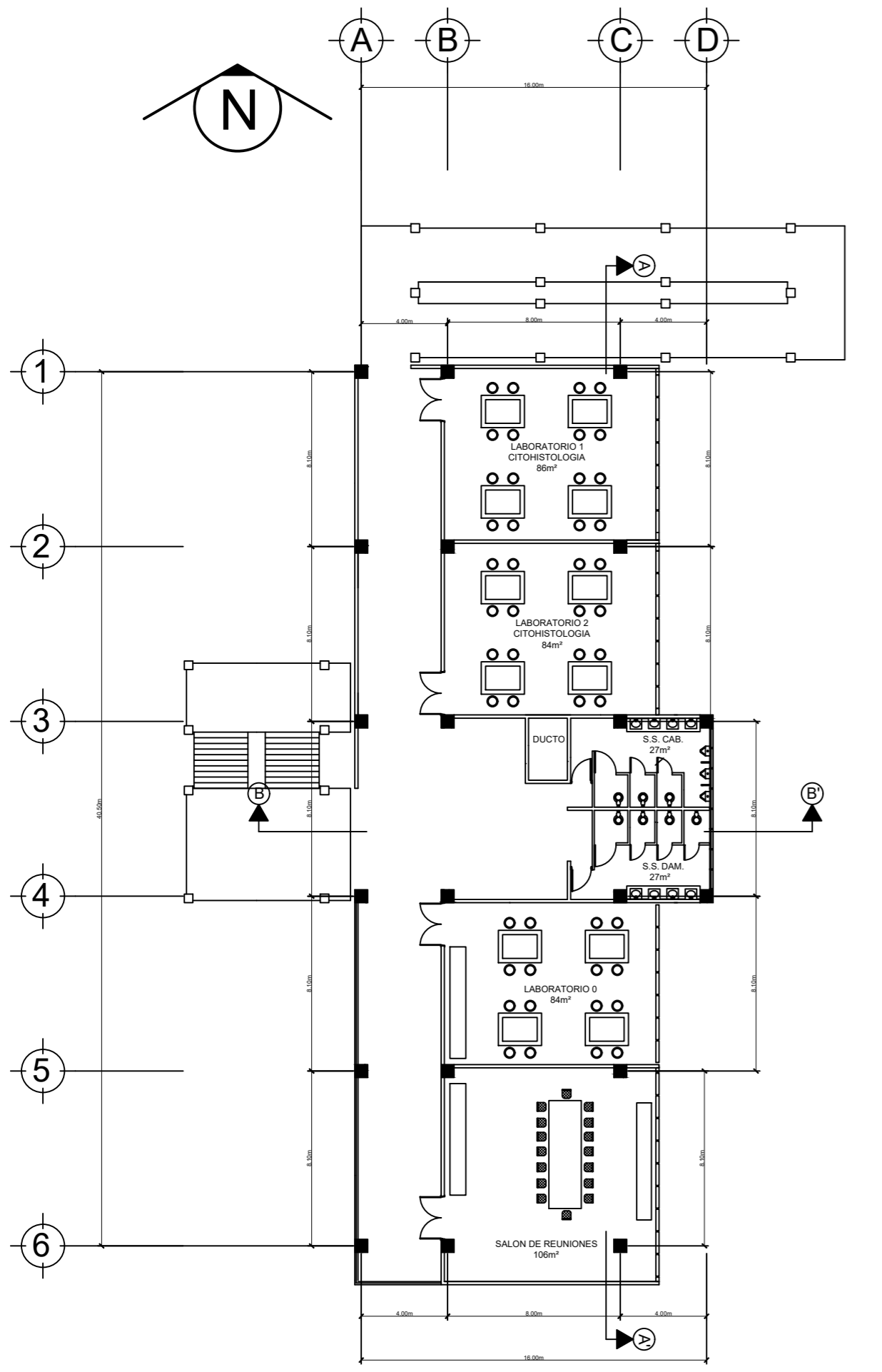


**PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

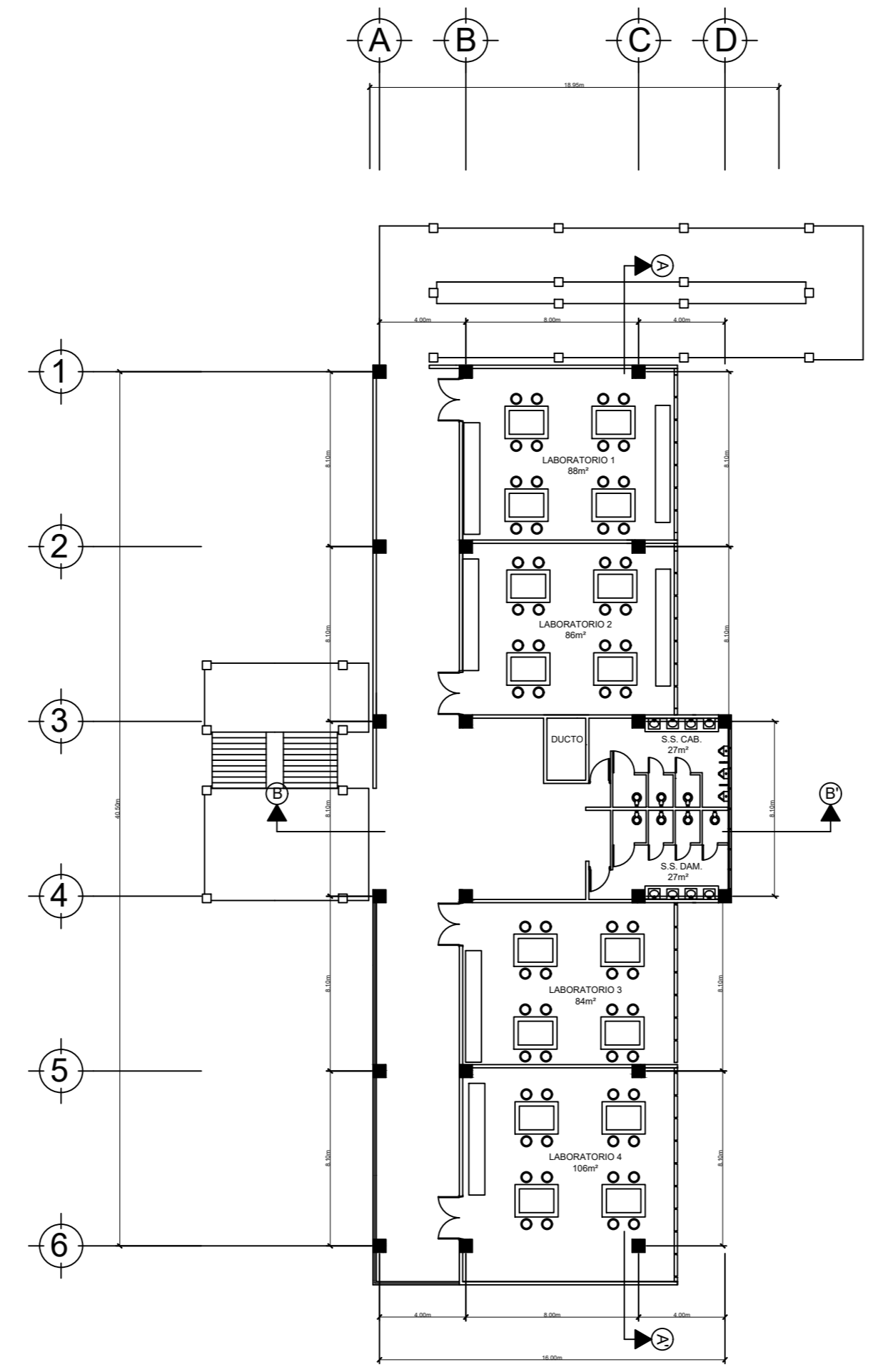
**SIMBOLOGÍA**

CORTE SECCIONES

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
		<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> PLANO AMUEBLADO		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 01/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	

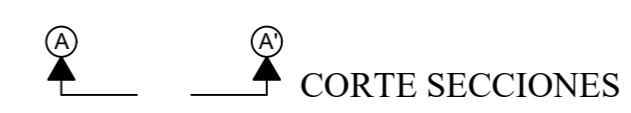



**PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA 1:200



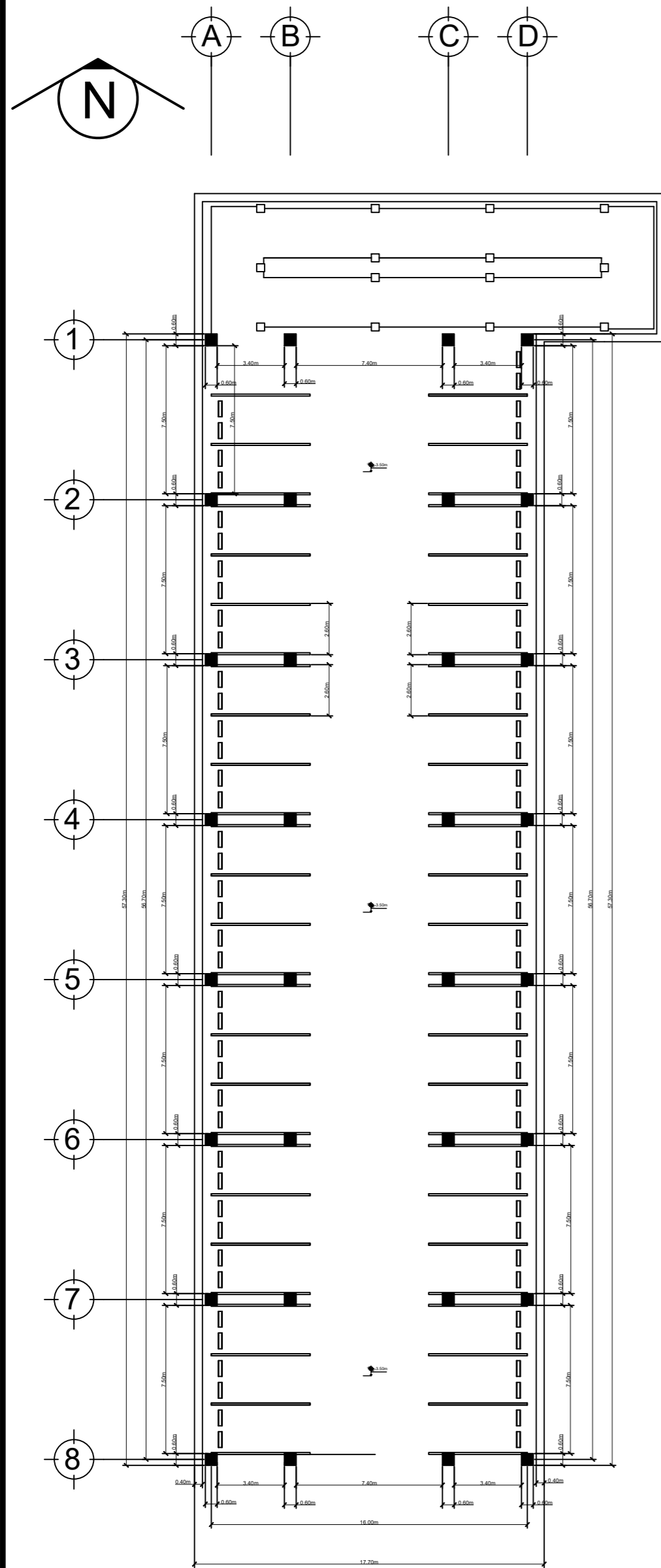
**PLANTA AMUEBLADA TERCER NIVEL**  
ESCALA 1:200

**SIMBOLOGÍA**

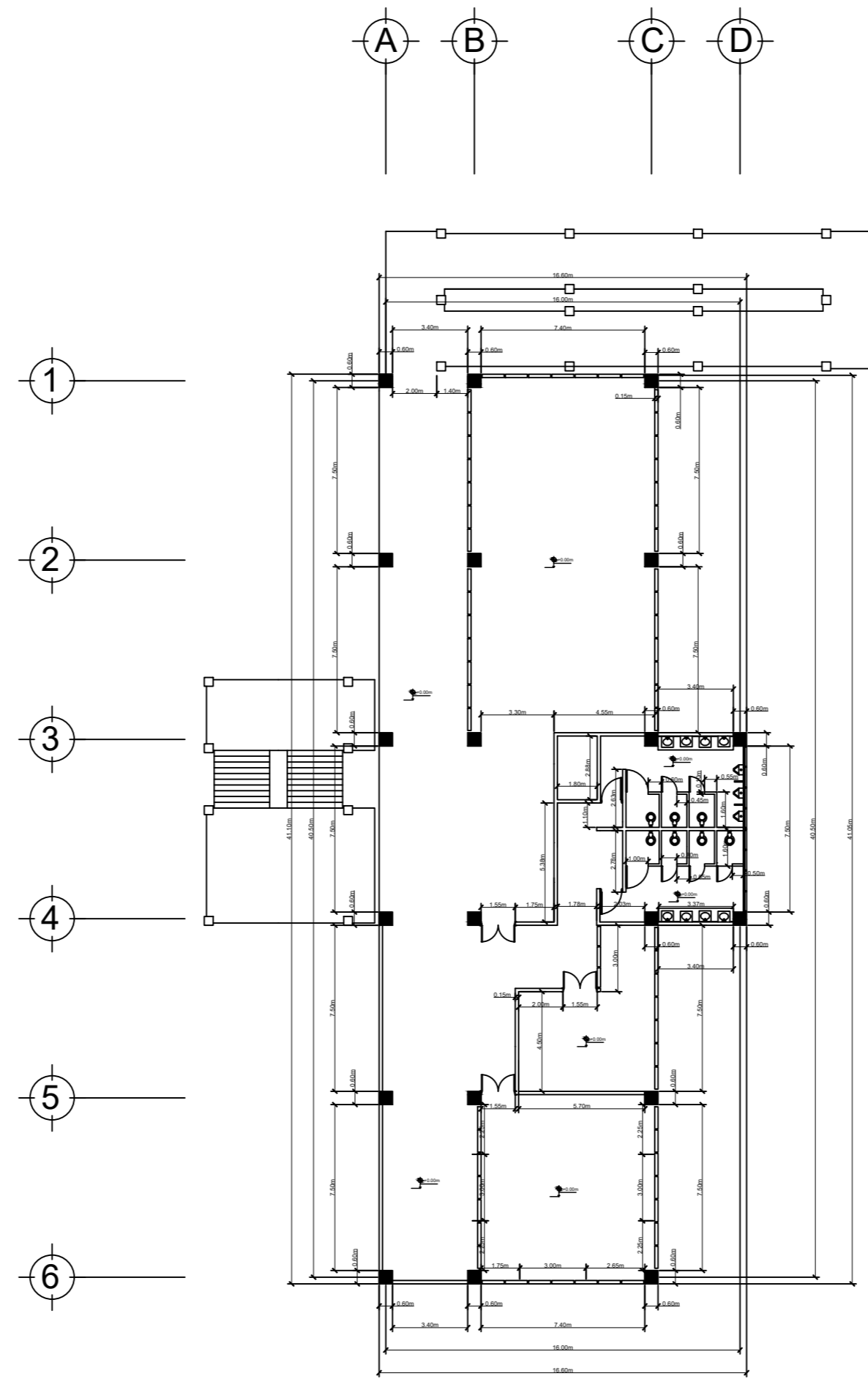


		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO AMUEBLADO		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 02/45	_____ INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



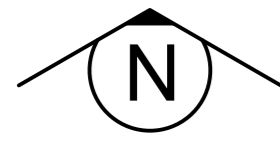


**PLANTA ACOTADA SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250

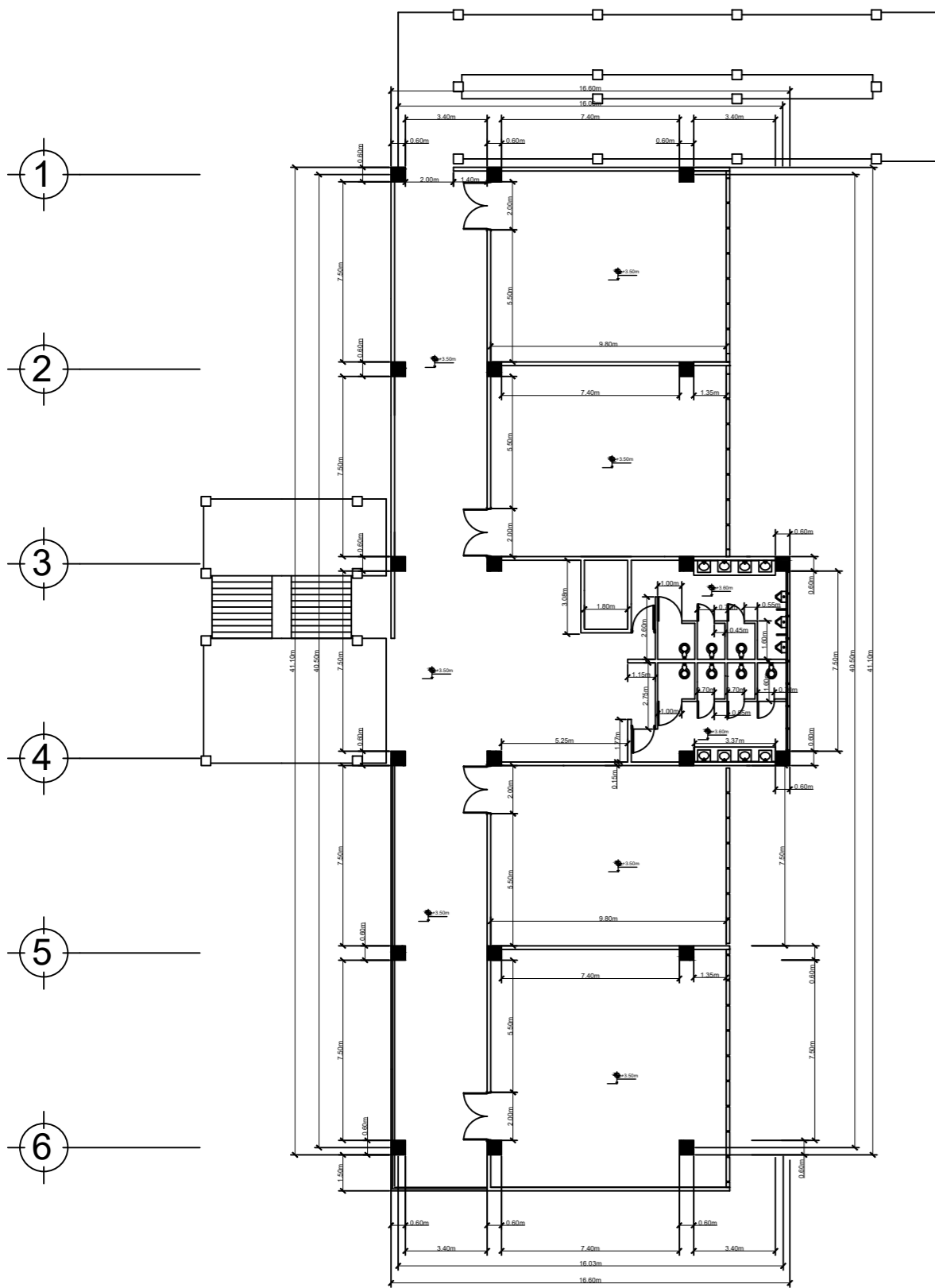


**PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO ACOTADO		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 03/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	

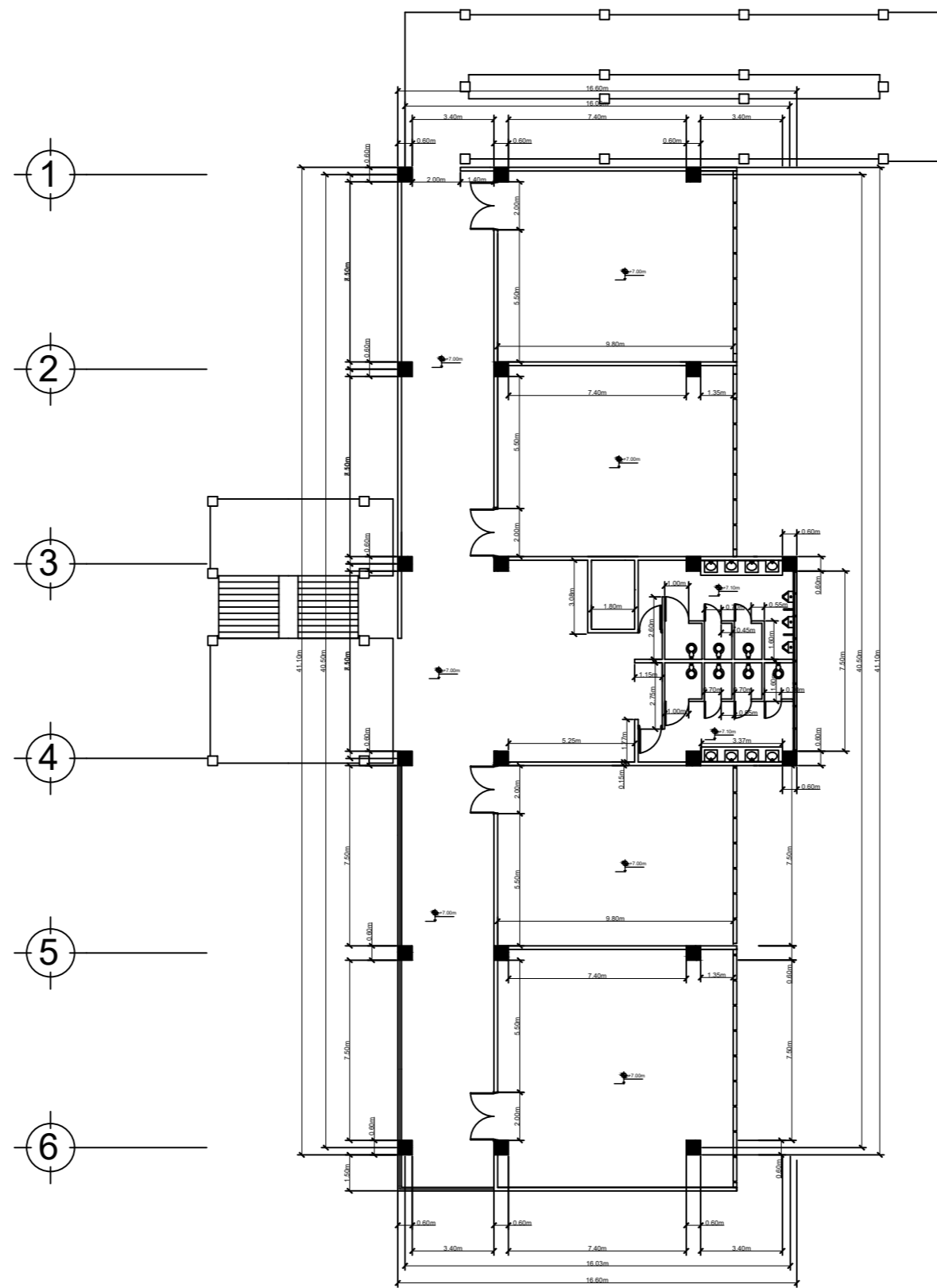


A B C D



PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:200

A B C D



PLANTA ACOTADA TERCER NIVEL  
ESCALA 1:200



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:  
ANEXO T-11

UBICACIÓN:  
CIUDAD UNIVERSITARIA

CONTENIDO:  
PLANO ACOTADO

EPESISTA:  
RODY F. CARDONA

ESCALA:  
INDICADA

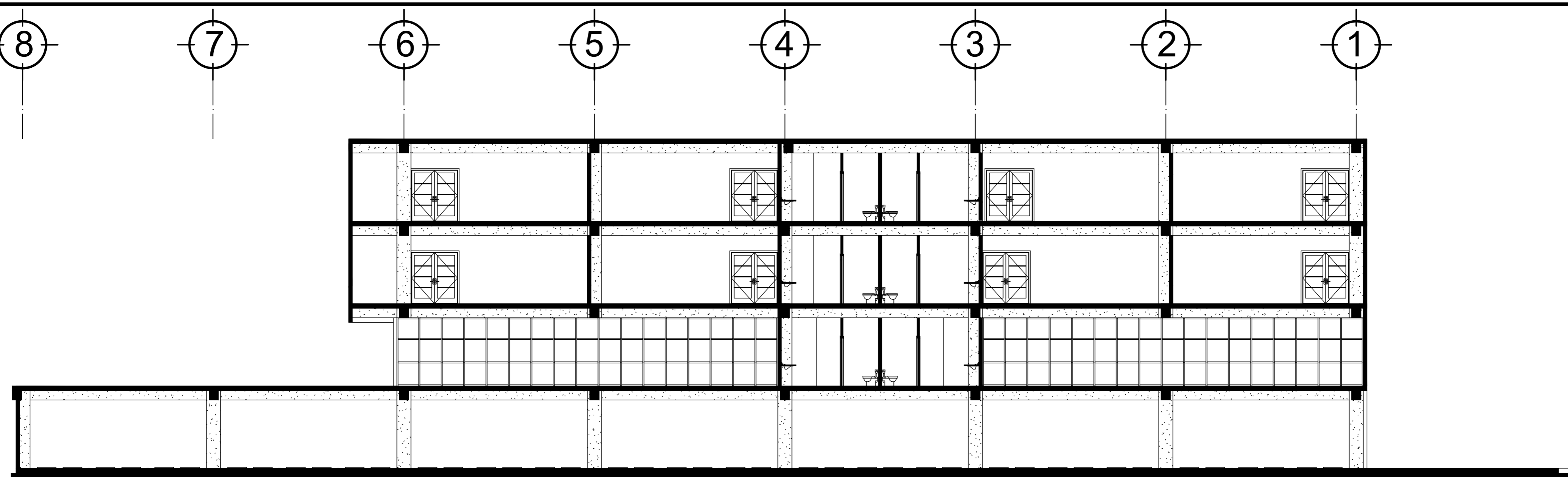
CARNÉ:  
201404150

Vo.Bo.

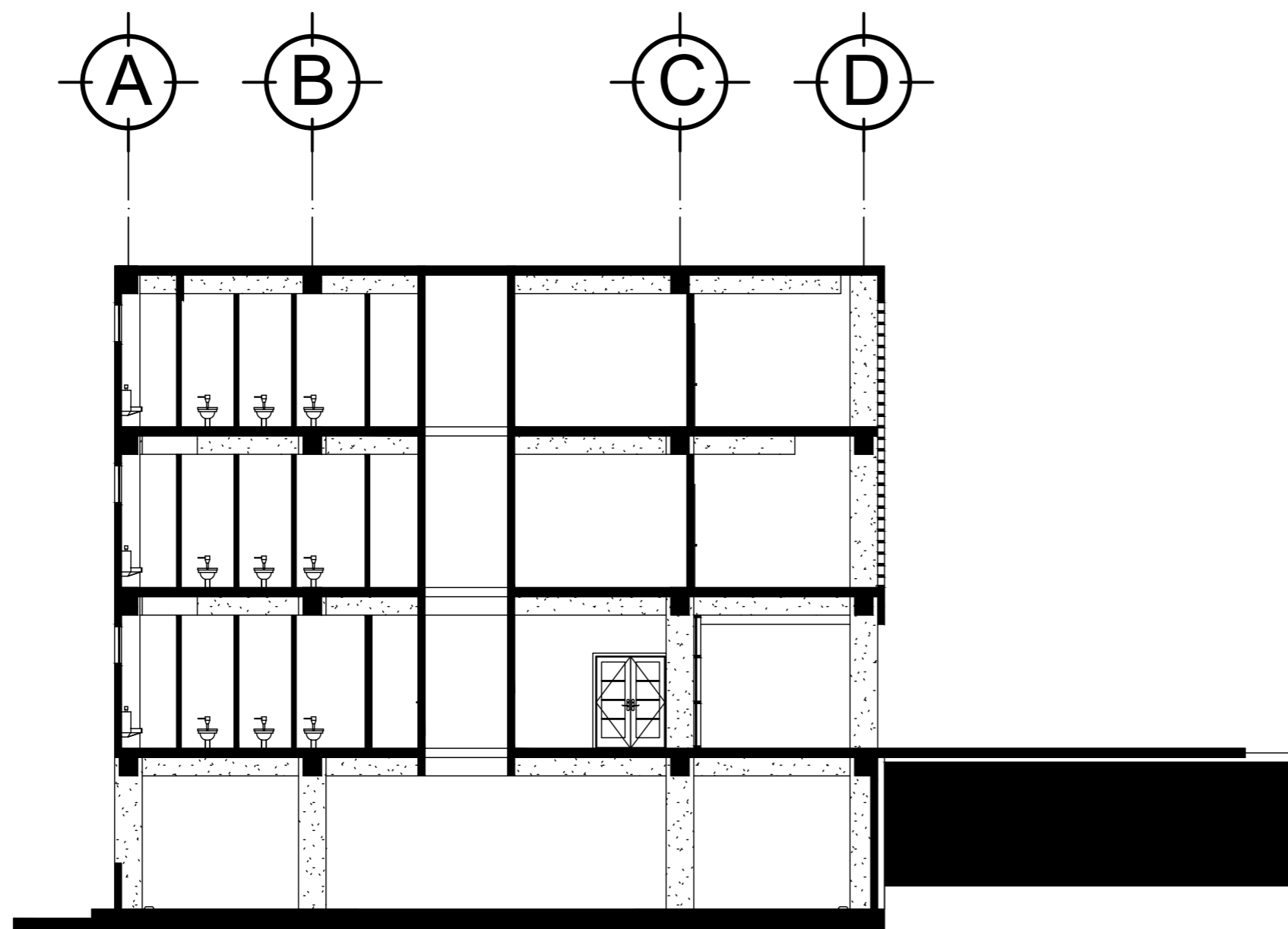
FECHA:  
AGOSTO/2018

HOJA No.:  
04/42

INGA. CHRISTA CLASSON  
ASESOR - SUPERVISOR EPS



**MÓDULO PRINCIPAL A-A'**  
 ESCALA 1:125



**MÓDULO PRINCIPAL B-B'**  
 ESCALA 1:125

**ESPECIFICACIONES**

**CARGA MUERTA:**

PESO CONCRETO:	2400 kg/m <sup>3</sup>
PESO TABIQUE:	100 kg/m <sup>3</sup>
PESO ACABADOS:	90 kg/m <sup>3</sup>
PESO VIDRIO:	25 kg/m <sup>3</sup>
PESO MUROS:	210 kg/m <sup>3</sup>

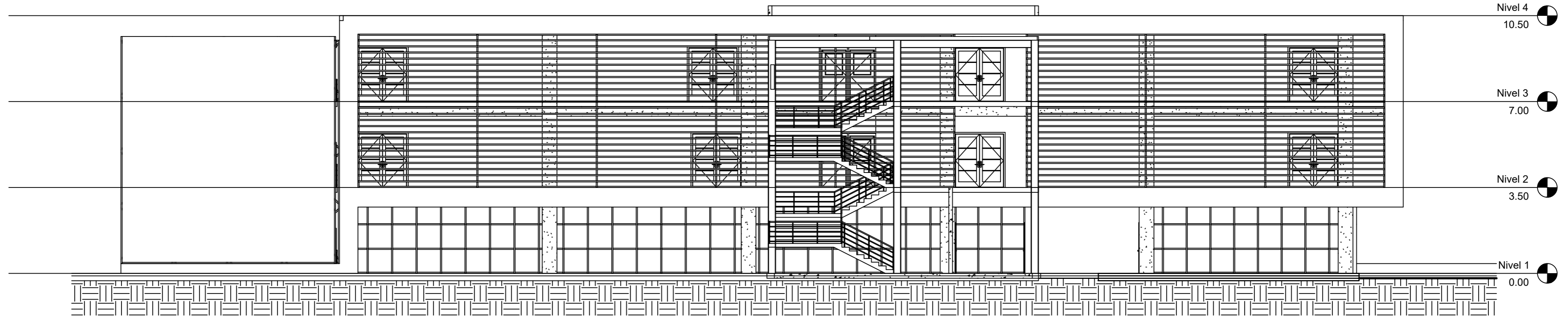
**CARGA VIVA:**

EN TECHO:	200 kg/m <sup>2</sup>
EN OFICINA:	250 kg/m <sup>2</sup>
EN ESCALERAS:	500 kg/m <sup>2</sup>
EN SALON DE REUNIÓN:	500 kg/m <sup>2</sup>
EN BIBLIOTECA:	600 kg/m <sup>2</sup>
EN CORREDORES:	500 kg/m <sup>2</sup>

**RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP. 7.7.1)**

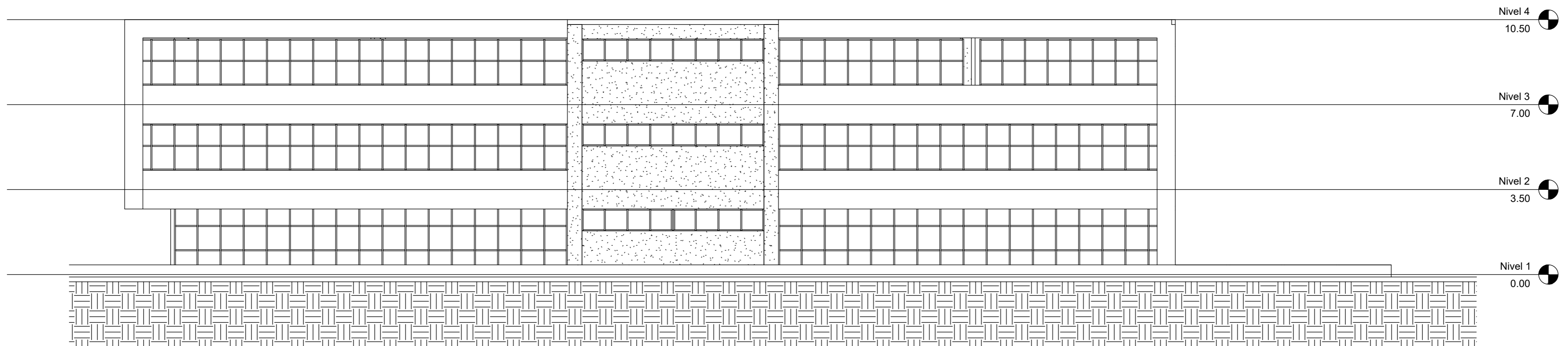
COLUMNAS:	0.04 m
VIGAS:	0.04 m
LOSA:	0.025 m
CIMENTACIÓN:	0.075 m

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> ELEVACIONES	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE 2018	<b>HOJA No.:</b> 05/45
Vo.Bo. <hr/> INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**MÓDULO PRINCIPAL**

ESCALA 1:125



**MÓDULO PRINCIPAL**

ESCALA 1:125

ESPECIFICACIONES

CARGA MUERTA:

PESO CONCRETO:	2400 kg/m <sup>3</sup>
PESO TABIQUE:	100 kg/m <sup>3</sup>
PESO ACABADOS:	90 kg/m <sup>3</sup>
PESO VIDRIO:	25 kg/m <sup>3</sup>
PESO MUROS:	210 kg/m <sup>3</sup>

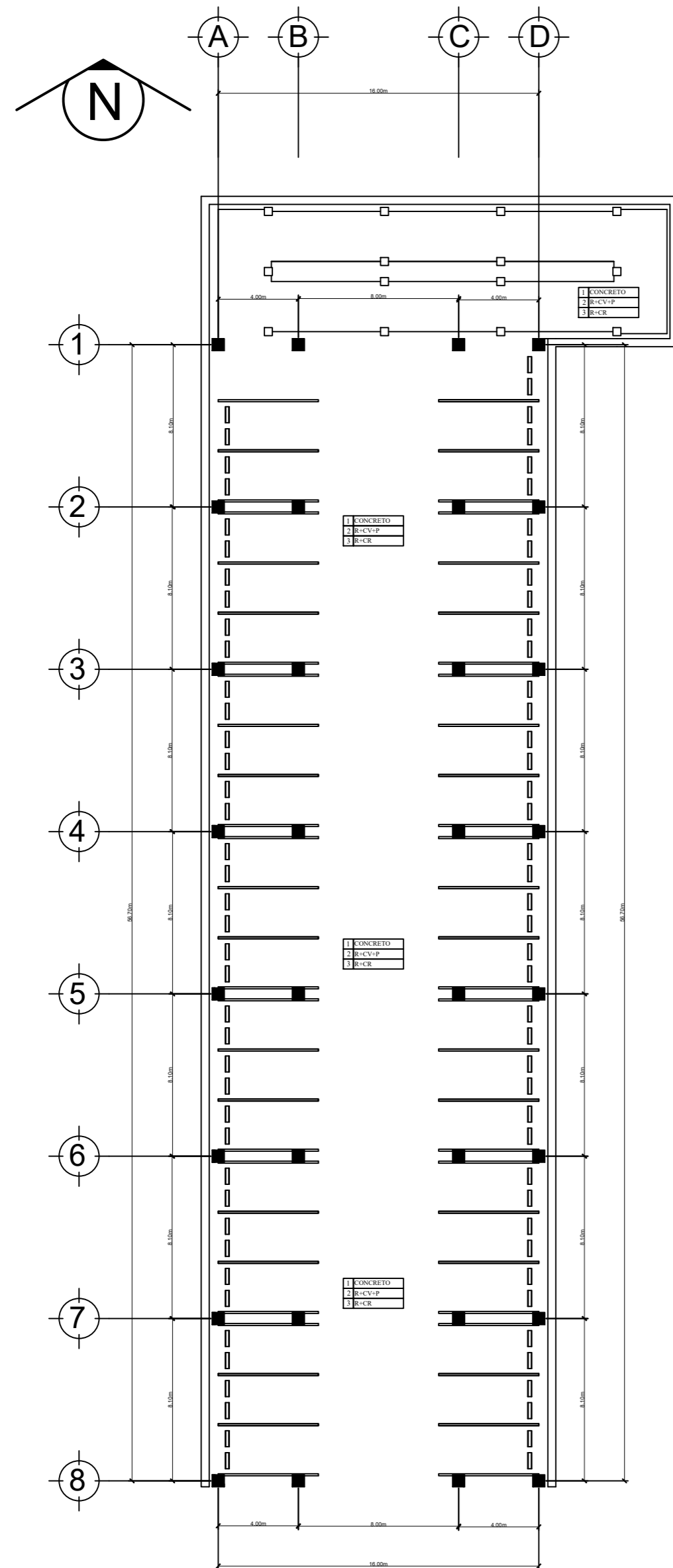
CARGA VIVA:

EN TECHO:	200 kg/m <sup>2</sup>
EN OFICINA:	250 kg/m <sup>2</sup>
EN ESCALERAS:	500 kg/m <sup>2</sup>
EN SALON DE REUNIÓN:	500 kg/m <sup>2</sup>
EN BIBLIOTECA:	600 kg/m <sup>2</sup>
EN CORREDORES:	500 kg/m <sup>2</sup>

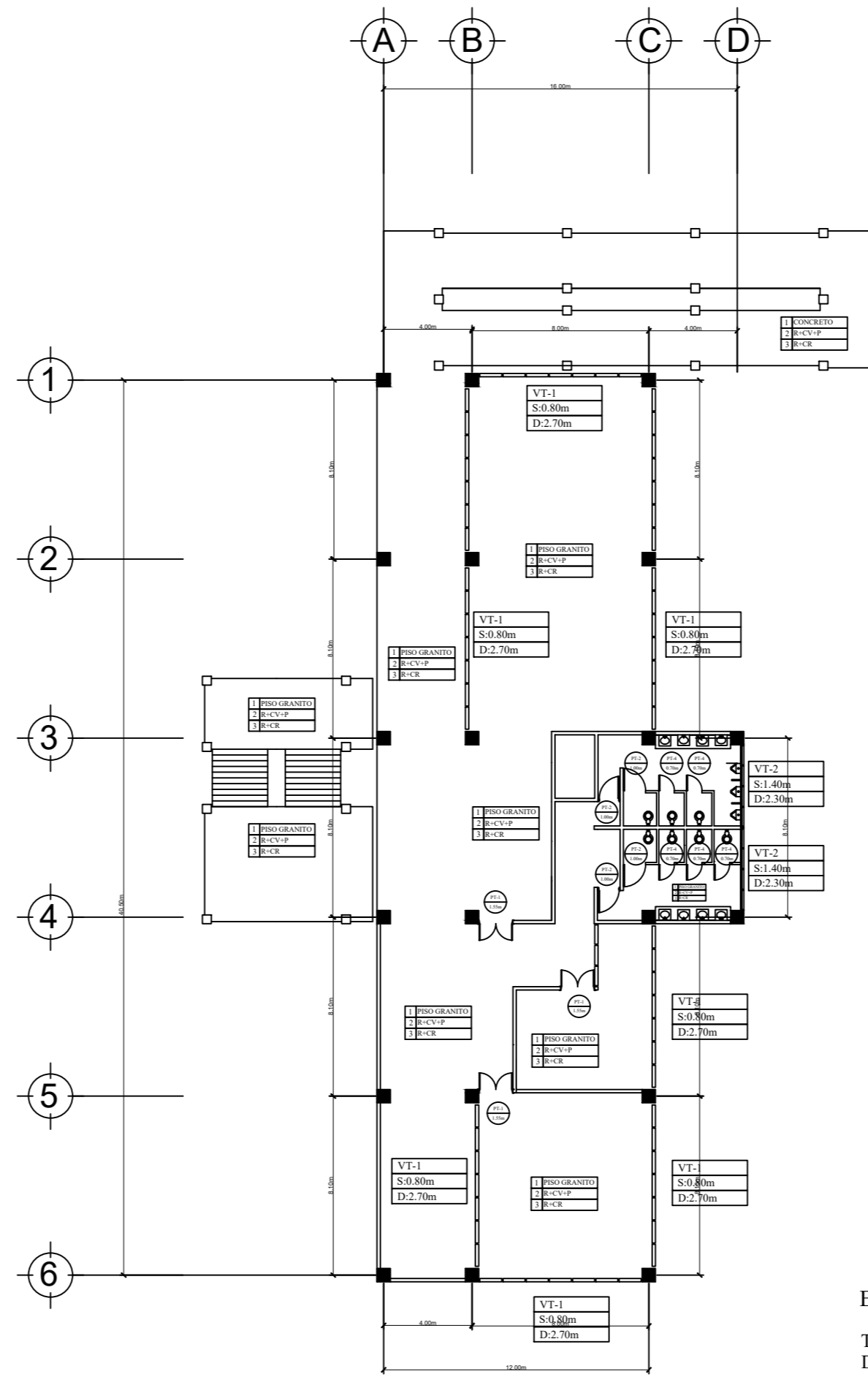
RECUBRIMIENTOS: ACI 318-05 CAP. 7.7.1

COLUMNAS:	0.04 m
VIGAS:	0.04 m
LOSA:	0.025 m
CIMENTACIÓN:	0.075 m

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> ELEVACIONES	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 06/45
Vo.Bo. <hr/> INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**PLANTA DE ACABADOS SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250



**PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

PLANILLA DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO	SILLAR	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL
VT-1	1.00 m	0.80 m	2.30 m	126	METAL + VIDRIO
VT-2	0.90 m	1.40 m	2.40 m	24	METAL + VIDRIO

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL
PT-1	1.55 m	2.10 m	3	MADERA + VIDRIO
PT-2	1.10 m	2.10 m	12	MADERA
PT-3	2.00 m	2.10 m	8	MADERA + VIDRIO
PT-4	0.70 m	2.10 m	15	MADERA

**NOMENCLATURA**

- 1 INDICA ACABADO EN PISO
- 2 INDICA ACABADO EN PARED
- 3 INDICA ACABADO EN CIELO

- VT-1 INDICA VENTANA TIPO
- S:0.00m INDICA ALTURA DE SILLAR
- D:0.00m INDICA ALTURA DE DINTEL

- PT-1 INDICA PUERTA TIPO
- 0.00m INDICA ANCHO DE PUERTA

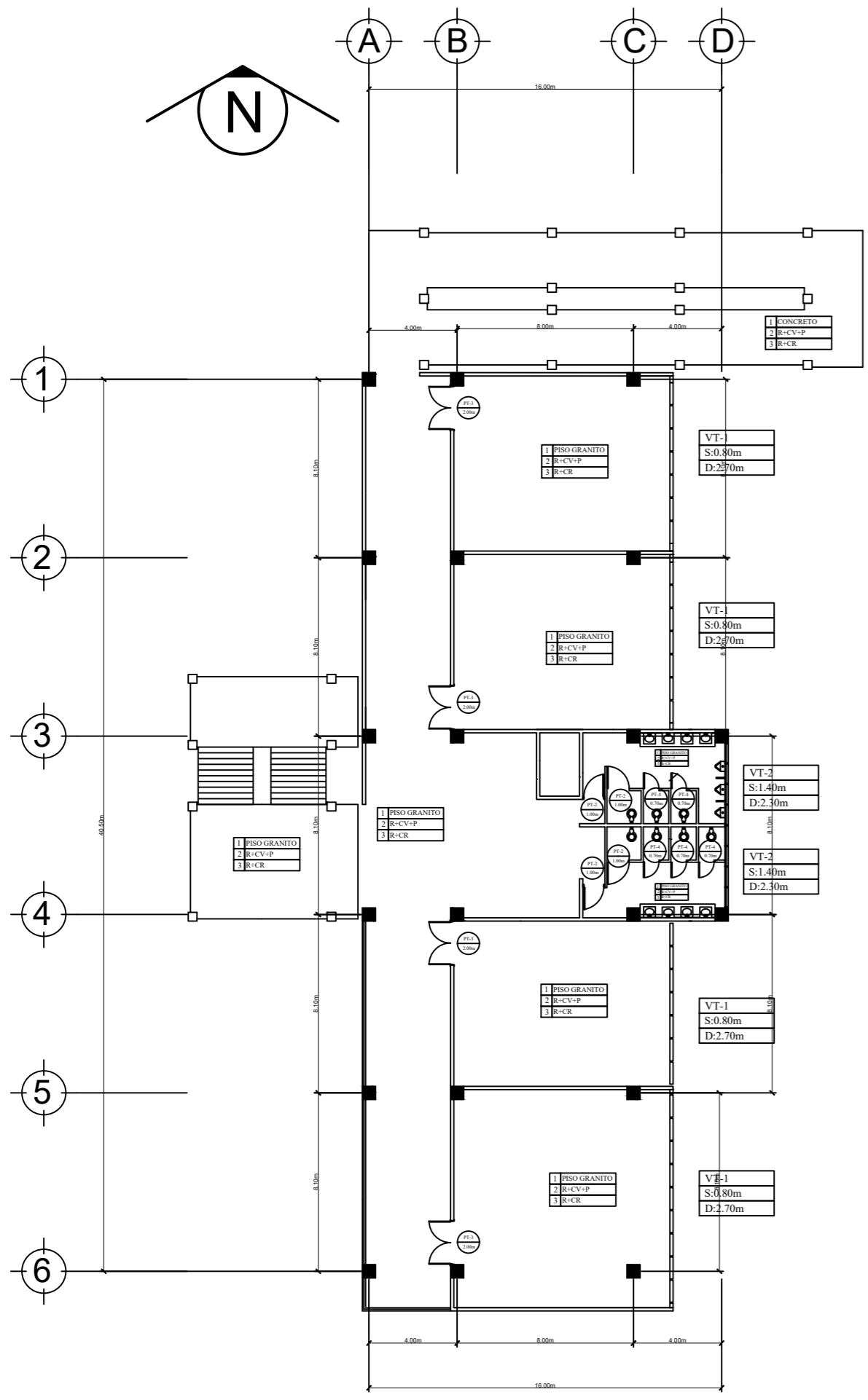
- R+CV+P REPELLO MAS CERNIDO VERTICAL MAS PINTURA
- R+CR REPELLO MAS CERNIDO REMOLINEADO

**ESPECIFICACIONES**

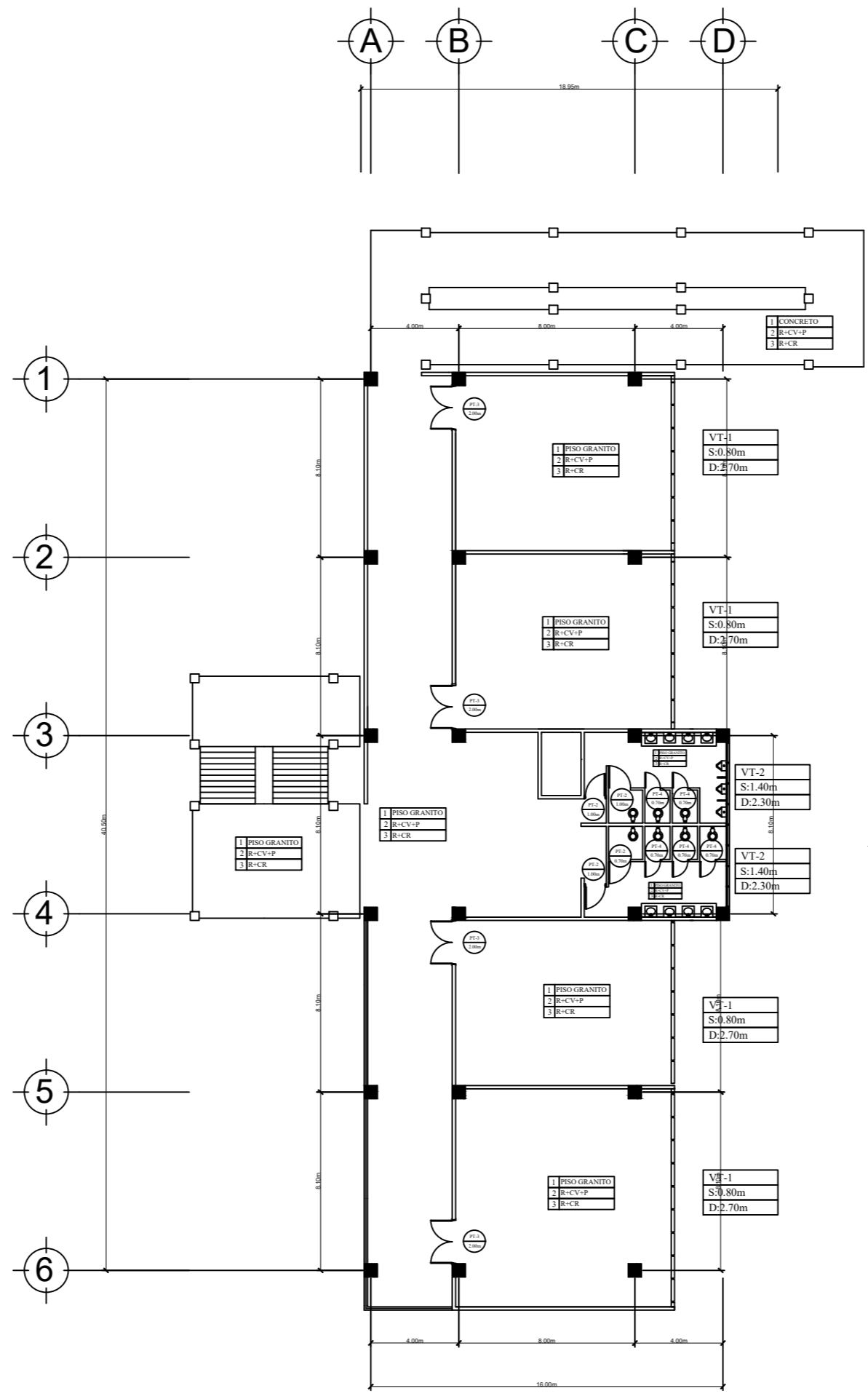
TODOS LOS MUROS SON DE BLOCK DE POMEZ DE 0.14x0.19x0.39 DE 50 kg/cm<sup>2</sup> CON ACABADO INTERIOR DE REPELLO + CERNIDO + PINTURA STANDARD EN MUROS (SE APLICA 2 VECES)  
 PINTURA VINIL ACRÍLICA COLOR BLANCO SEVILLA COD. J3-01 MARCA COMEX. APLICAR EN EXTERIOR E INTERIOR.  
 PINTURA ACRÍLICA COLOR ROJO CARDENAL COD.710 MARCA COMEX. APLICACIÓN INDICADO.  
 PISO DE GRANITO TRADICIONAL COLOR BLANCO DE ALTA RESISTENCIA DE 0.30x0.30 m, ESTUCADO CEMENTO BLANCO, PULIDO Y LUSTRADO.  
 LOS AZULEJOS DE 0.15x0.15 m, LLEGAN A UNA ALTURA DE 1.20 snp. RESTO CERNIDO VERTICAL  
 TODOS LOS TIPOS DE VENTANAS SON DE ALUMINIO MILL FINISH  
 TODOS LOS TIPOS DE VENTANAS TIENE VIDRIO NEVADO DE 5mm.

PROPORCIONES:  
 CERNIDO 1:2 (1 DE CAL HIDRATADA x 2 DE ARENA BLANCA)  
 REPELLO 1:3 (1 DE CAL x 3 DE ARENA AMARILLA + 10% CEMENTO)

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE ACABADOS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 07/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA 1:200



**PLANTA DE ACABADOS TERCER NIVEL**  
ESCALA 1:200

PLANILLA DE VENTANAS					
TIPO	ANCHO	SILLAR	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL
VT-1	1.00 m	0.80 m	2.30 m	126	METAL + VIDRIO
VT-2	0.90 m	1.40 m	2.40 m	24	METAL + VIDRIO

PLANILLA DE PUERTAS				
TIPO	ANCHO	DINTEL	UNIDADES	MATERIAL
PT-1	1.55 m	2.10 m	3	MADERA + VIDRIO
PT-2	1.10 m	2.10 m	12	MADERA
PT-3	2.00 m	2.10 m	8	MADERA + VIDRIO
PT-4	0.70 m	2.10 m	15	MADERA

**NOMENCLATURA**

- 1 INDICA ACABADO EN PISO
- 2 INDICA ACABADO EN PARED
- 3 INDICA ACABADO EN CIELO

- VT-1 INDICA VENTANA TIPO
- S:0.00m INDICA ALTURA DE SILLAR
- D:0.00m INDICA ALTURA DE DINTEL


- PT-1 INDICA PUERTA TIPO
- 0.00m INDICA ANCHO DE PUERTA

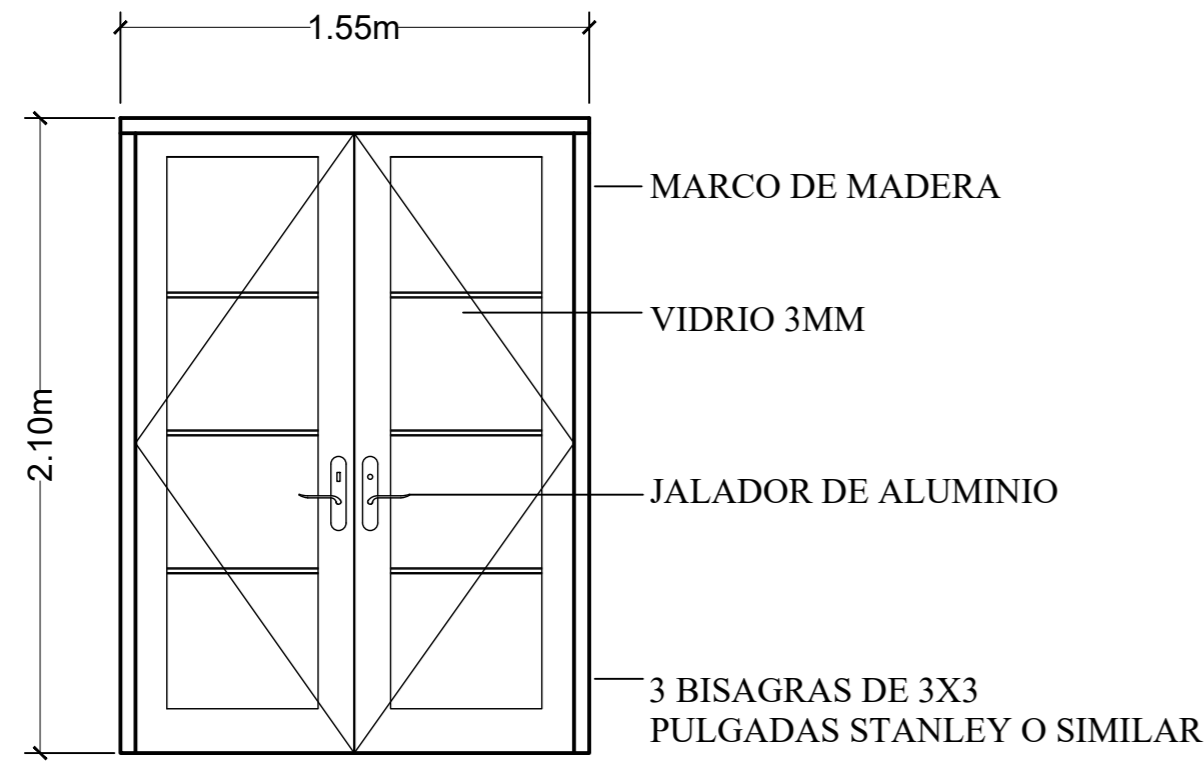
- R+CV+P REPELLO MAS CERNIDO VERTICAL MAS PINTURA
- R+CR REPELLO MAS CERNIDO REMOLINEADO

**ESPECIFICACIONES**

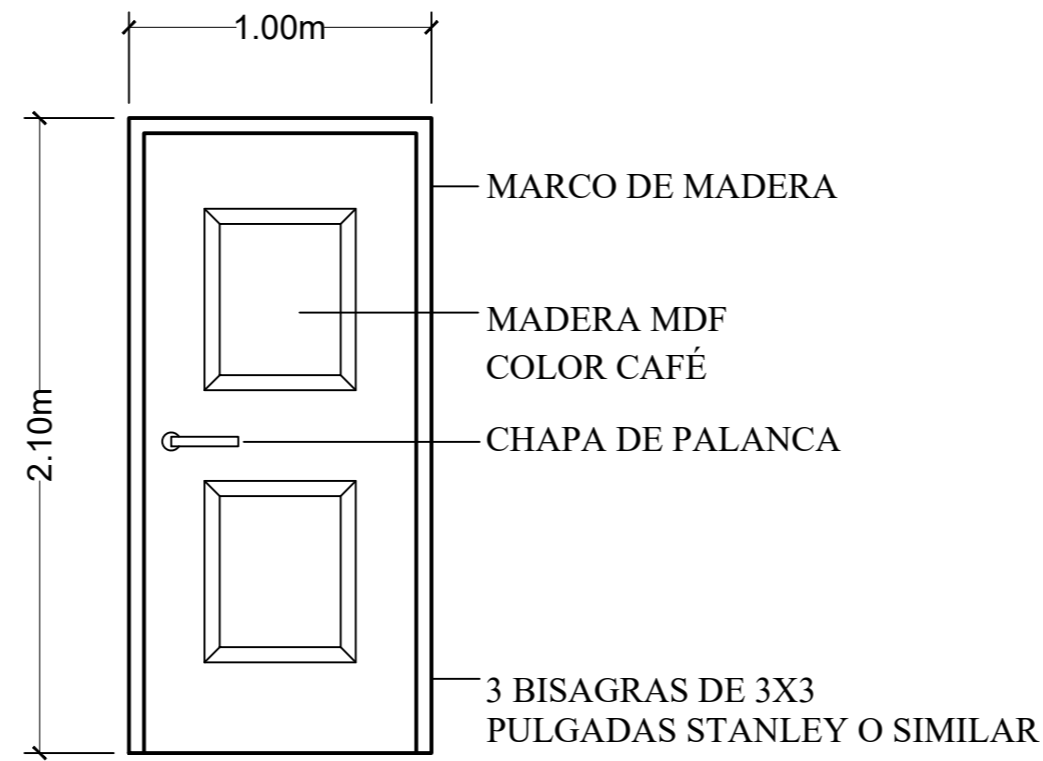
TODOS LOS MUROS SON DE BLOCK DE POMEZ DE 0.14x0.19x0.39 DE 50 kg/cm<sup>2</sup> CON ACABADO INTERIOR DE REPELLO + CERNIDO + PINTURA STANDARD EN MUROS (SE APLICA 2 VECES)  
 PINTURA VINIL ACRÍLICA COLOR BLANCO SEVILLA COD. J3-01 MARCA COMEX. APLICAR EN EXTERIOR E INTERIOR.  
 PINTURA ACRÍLICA COLOR ROJO CARDENAL COD.710 MARCA COMEX. APLICACIÓN INDICADO.  
 PISO DE GRANITO TRADICIONAL COLOR BLANCO DE ALTA RESISTENCIA DE 0.30x0.30 m, ESTUCADO CEMENTO BLANCO, PULIDO Y LUSTRADO.  
 LOS AZULEJOS DE 0.15x0.15 m, LLEGAN A UNA ALTURA DE 1.20 snp. RESTO CERNIDO VERTICAL  
 TODOS LOS TIPOS DE VENTANAS SON DE ALUMINIO MILL FINISH  
 TODOS LOS TIPOS DE VENTANAS TIENE VIDRIO NEVADO DE 5mm.

PROPORCIONES:  
 CERNIDO 1:2 (1 DE CAL HIDRATADA x 2 DE ARENA BLANCA)  
 REPELLO 1:3 (1 DE CAL x 3 DE ARENA AMARILLA + 10% CEMENTO)

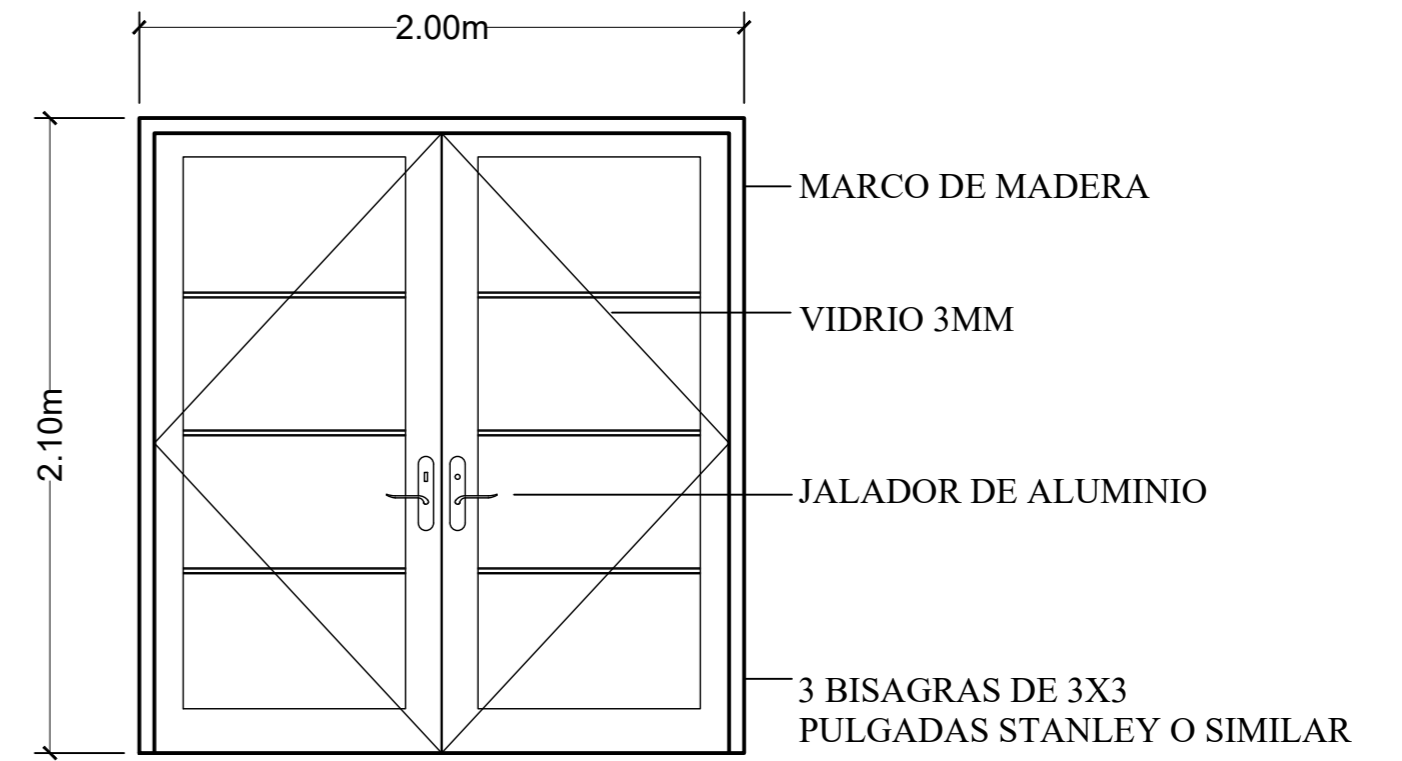
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE ACABADOS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 08/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



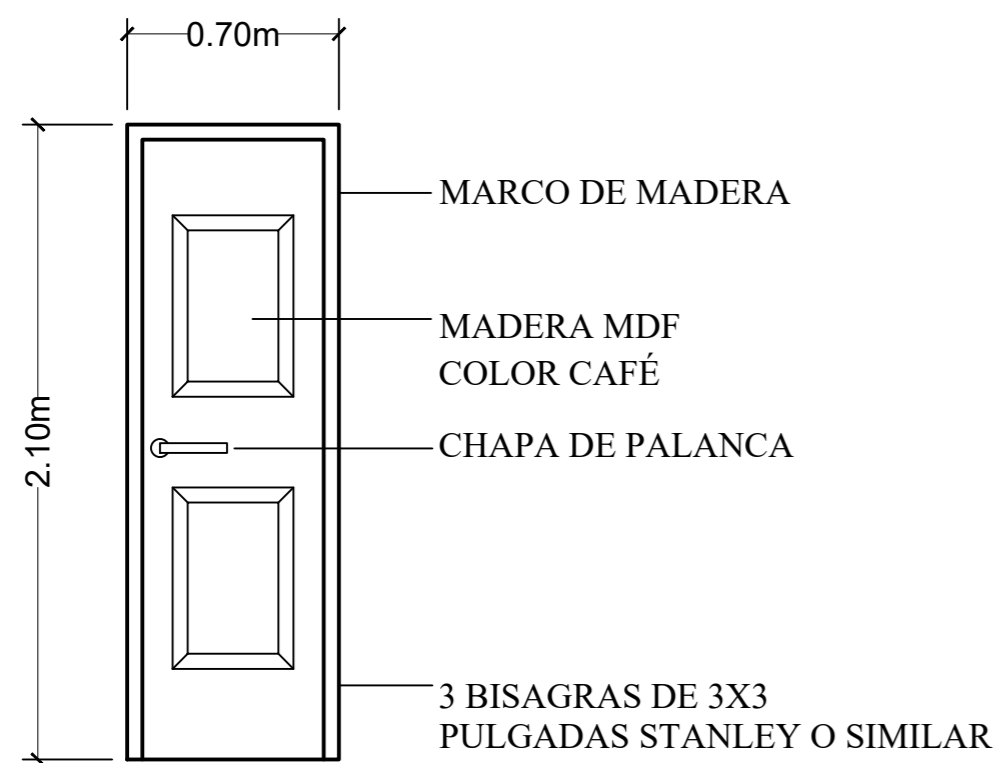
**PUERTA PT-1**  
ESCALA 1:25



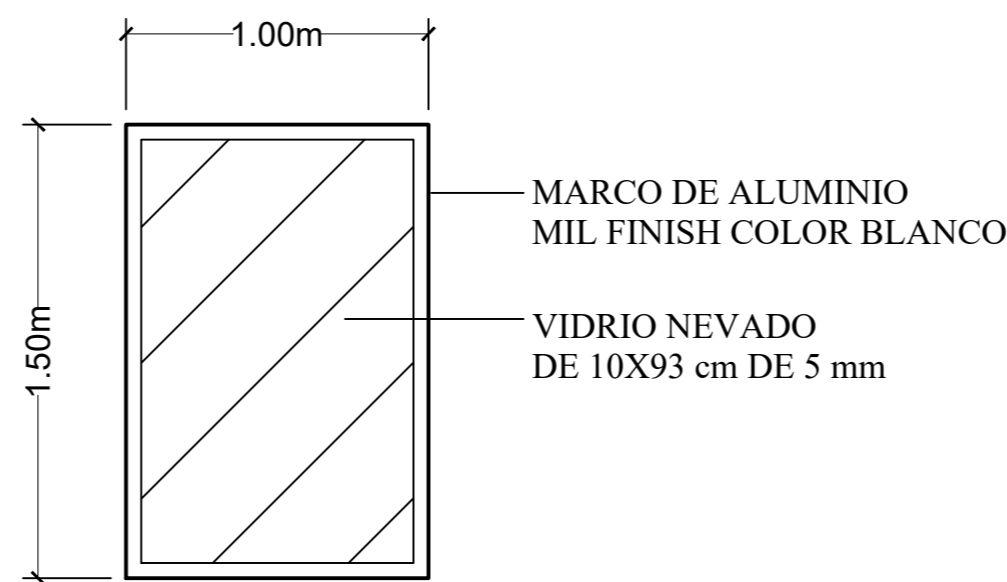
**PUERTA PT-2**  
ESCALA 1:25



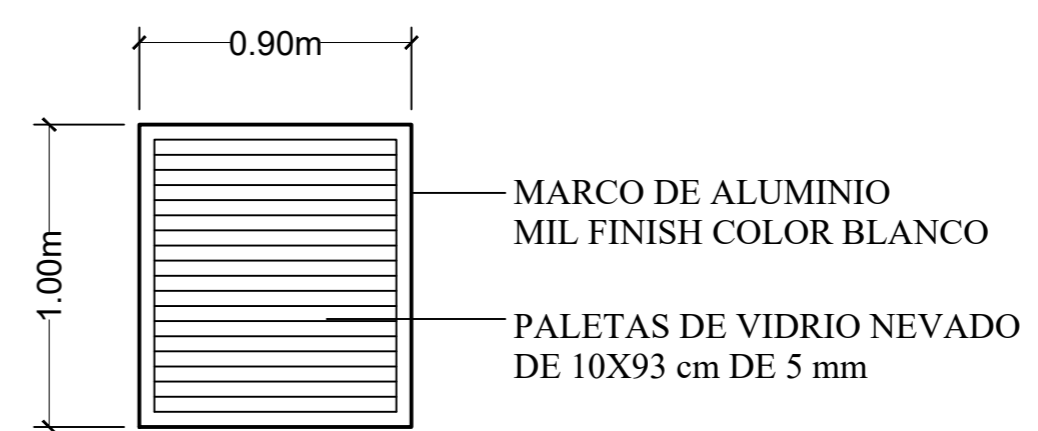
**PUERTA PT-3**  
ESCALA 1:25



**PUERTA PT-4**  
ESCALA 1:25



**VENTANA VT-1**  
ESCALA 1:25



**VENTANA VT-2**  
ESCALA 1:25

**ESPECIFICACIONES**

VER PLANO DE VENTANAS Y PUERTAS EN PLANO DE ACABADOS

**VENTANA:**

EL ALUMINIO A UTILIZAR SERA MIL FINISH ESTÁNDAR CON VIDRIO DE 5MM. COLOCANDO LOS EMPALMES Y SELLOS NECESARIOS PARA FIJAR CORRECTAMENTE LOS VIDRIOS Y EVITAR LA FILTRACIÓN DE AGUA. PARA SELLAR LA UNIÓN EN LOS VANOS DE VENTANERIAS DEBERÁ DE APLICARSE EN LA PARTE EXTERIOR UN SELLO DE SILICONE.

**PUERTA:**

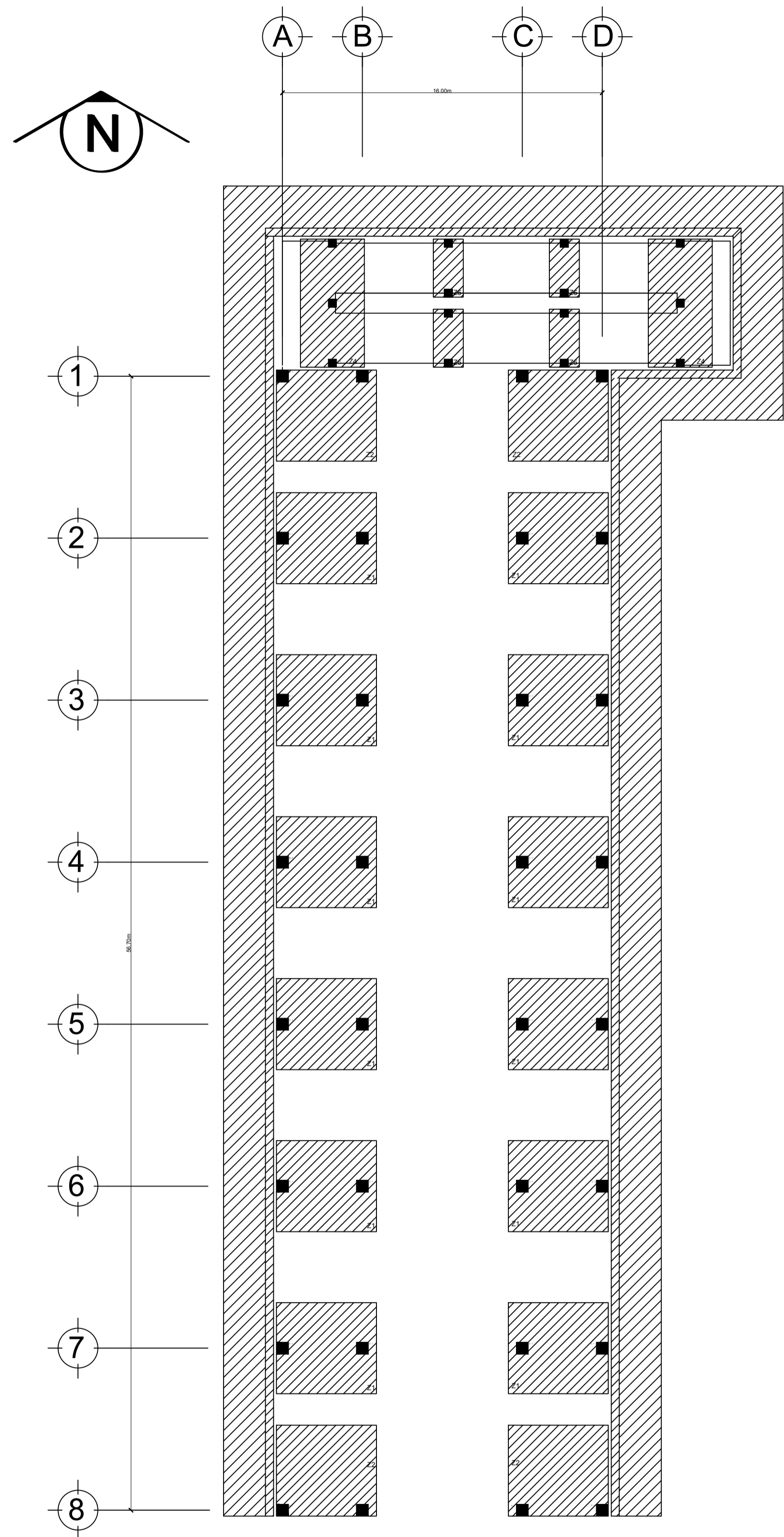
LA MADERA A UTILIZAR DEBERÁ DE SER DE PRIMERA CALIDAD, UNIFORME Y TRATADA ADECUADAMENTE NO SE ACEPTARÁN PUERTAS ALABEADAS O PANDEADAS MAS DE UN OCTAVO DE PULGAD.

LAS PUERTAS SE COLOCARÁN PERFECTAMENTE A PLOMO Y A ESCUADRA NO ACEPTÁNDOSE NINGUNA QUE NO LLENE ESTE REQUISITO.

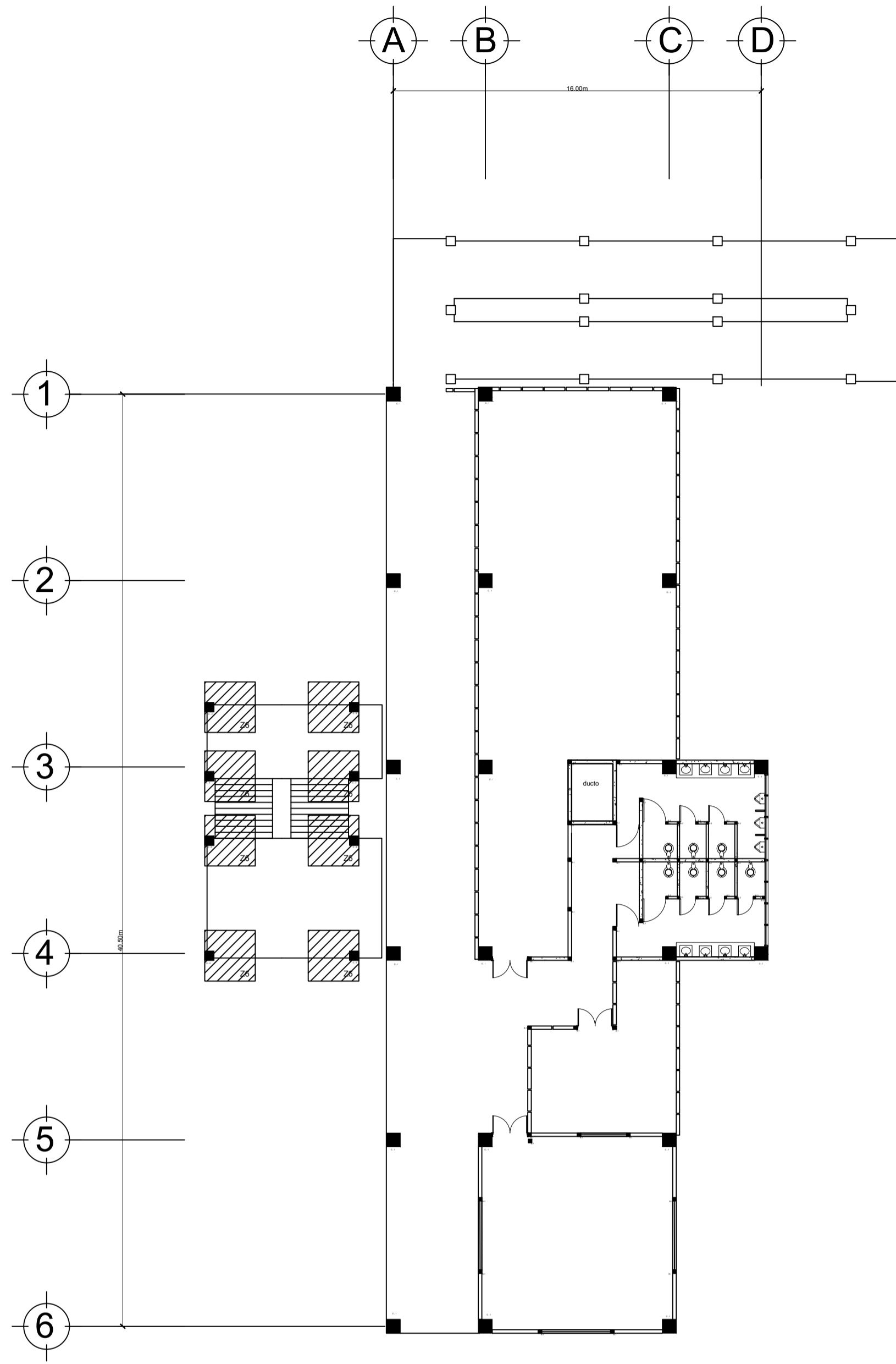
LAS HOJAS DE LAS PUERTAS Y LOS RESPECTIVOS SOBRE LUCES SERÁN ACABADOS PERFECTAMENTE.

LAS CERRADURAS Y HERRAJES DEBERÁN SER ACEPTADOS POR EL SUPERVISOR.

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE PUERTAS Y VENTANAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 09/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



PLANTA DE CIMENTACIÓN SÓTANO 1  
ESCALA 1:250

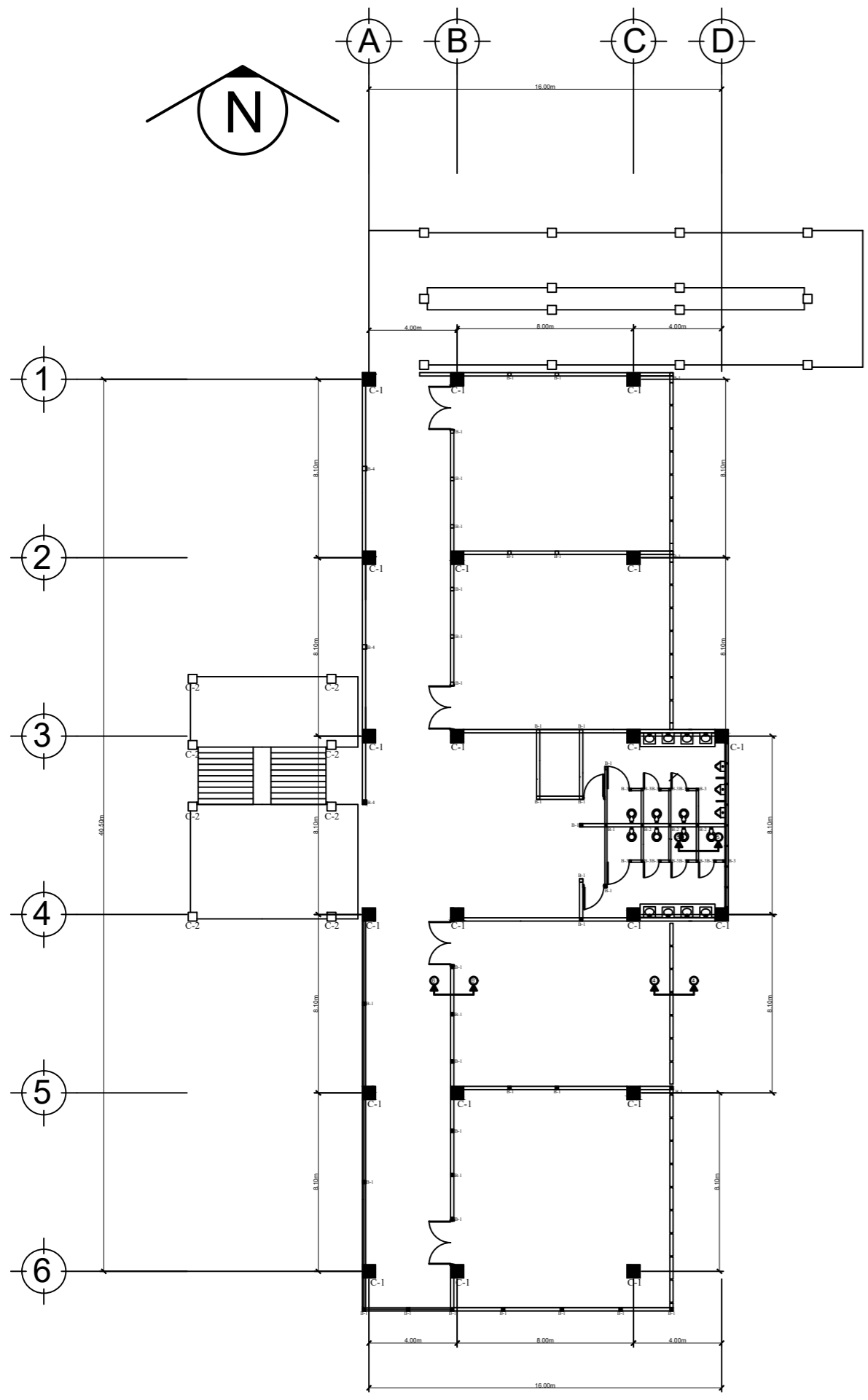


PLANTA DE CIMENTACIÓN PIRMER NIVEL  
ESCALA 1:250

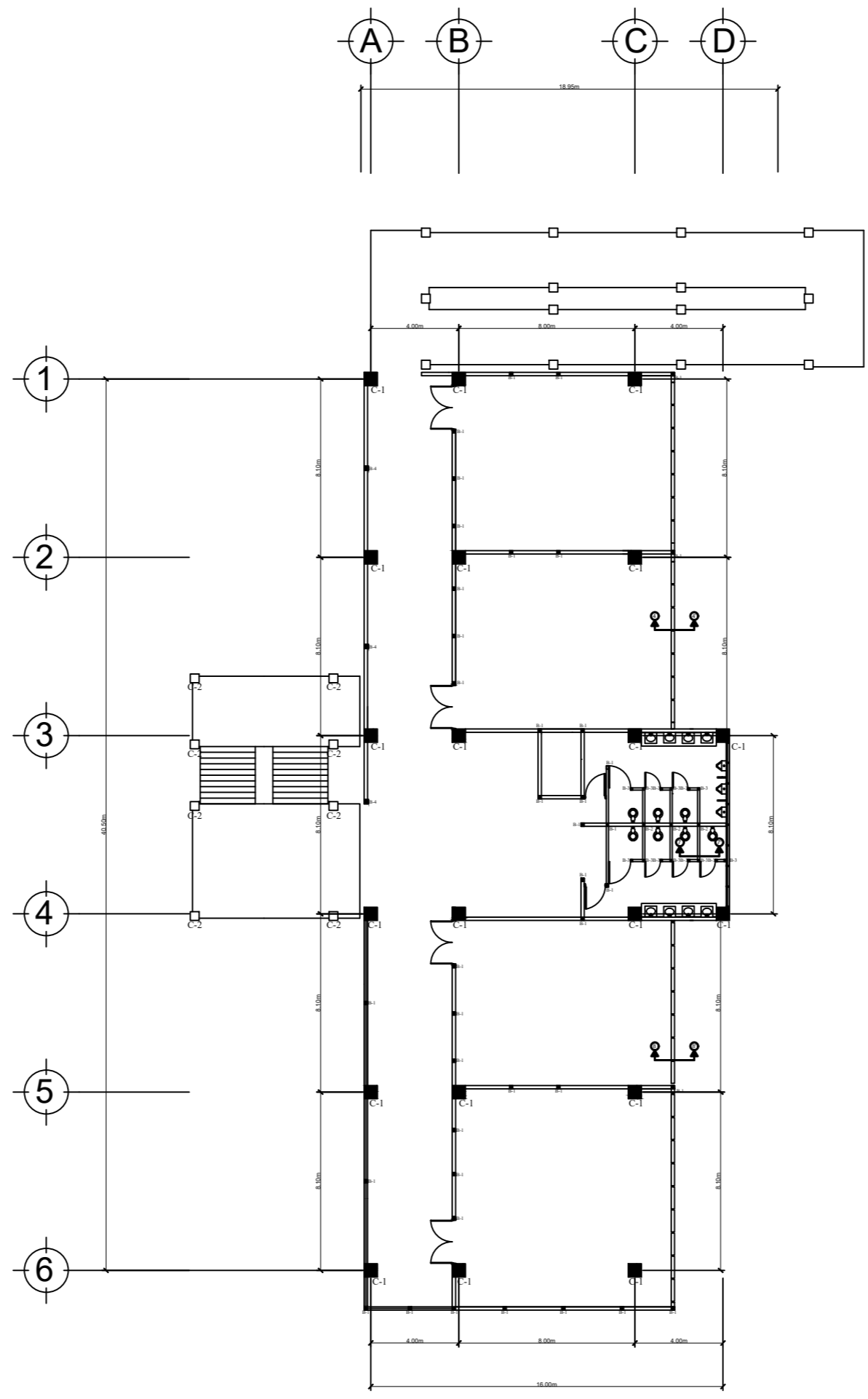
ESPECIFICACIONES  
 RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
 COLUMNA: 0.04 m  
 VIGA: 0.04 m  
 LOSA: 0.025 m  
 CIMENTACIÓN: 0.075  
 (ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 $f'_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$   
 CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
 HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
 HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE CIMENTACIÓN	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 10/45
Vo.Bo. _____ INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	





**PLANTA DE CIMENTACIÓN SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA 1:200



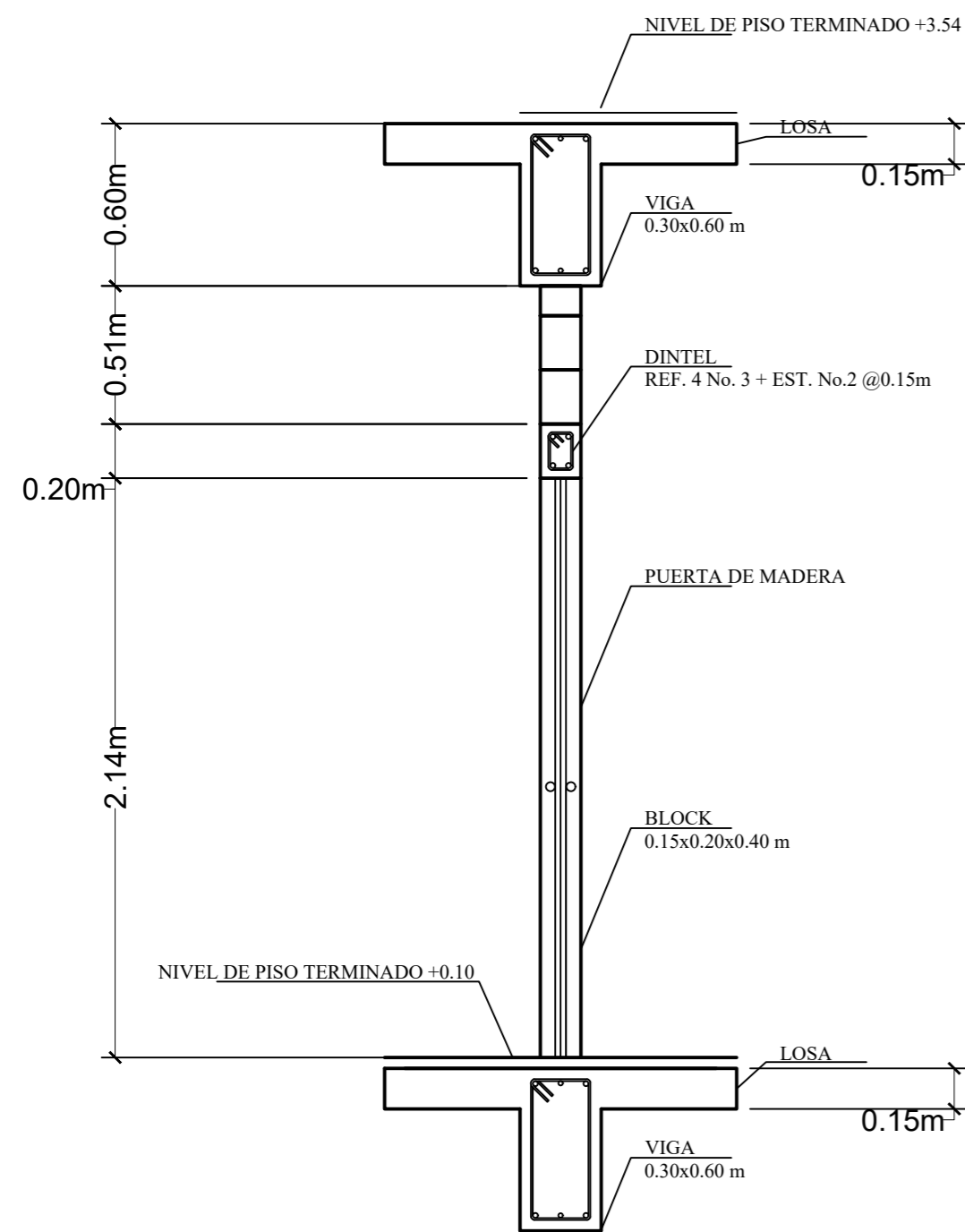
**PLANTA DE CIMENTACIÓN TERCER NIVEL**  
ESCALA 1:200

**SIMBOLOGIA**

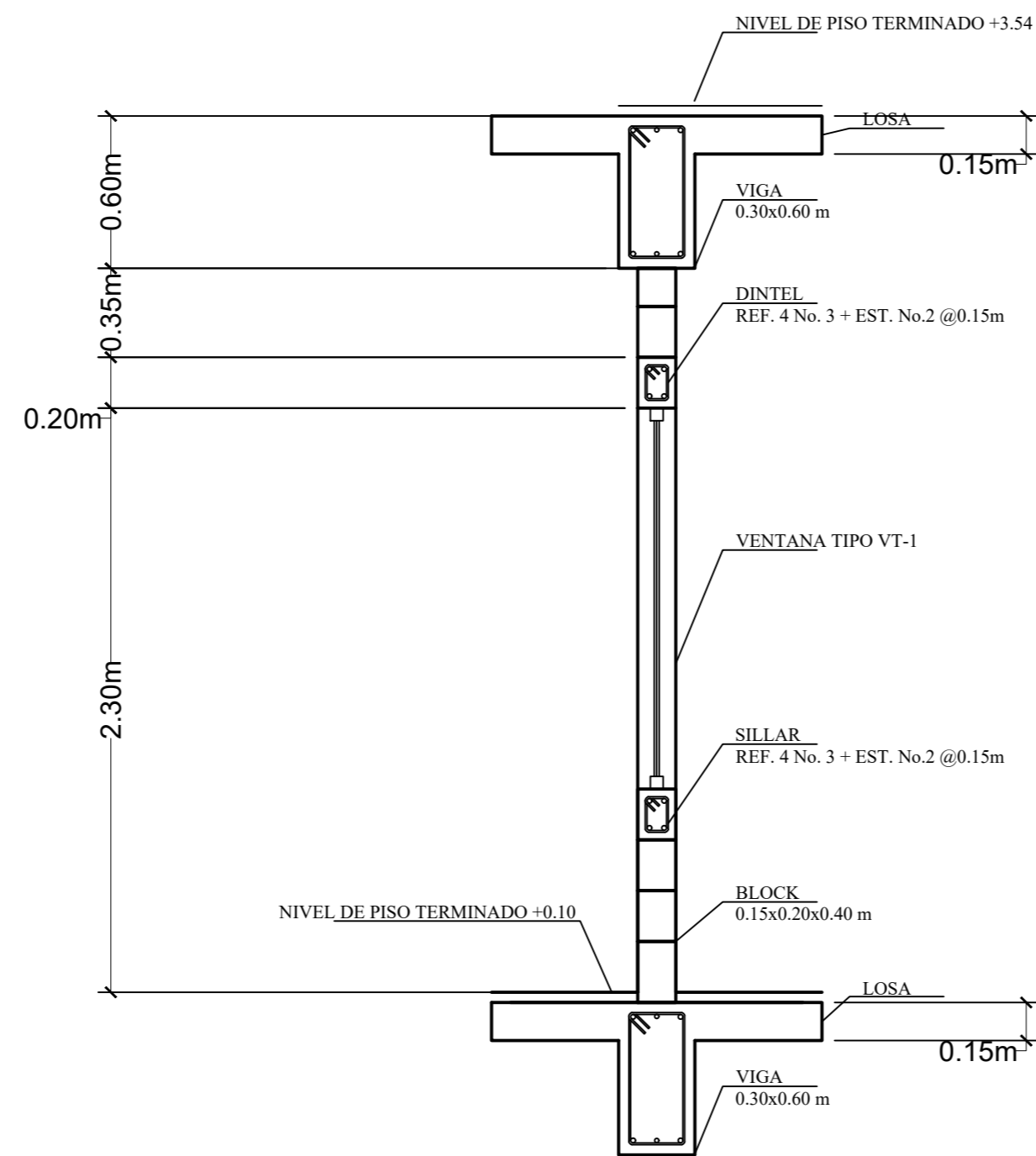
- CORTE DE MURO
- C-1 TIPO DE COLUMNA
- Z-1 TIPO DE ZAPATA

**ESPECIFICACIONES**  
 RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
 COLUMNA: 0.04 m  
 VIGA: 0.04 m  
 LOSA: 0.025 m  
 CIMENTACIÓN: 0.075  
 (ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$   
 CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
 HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
 HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

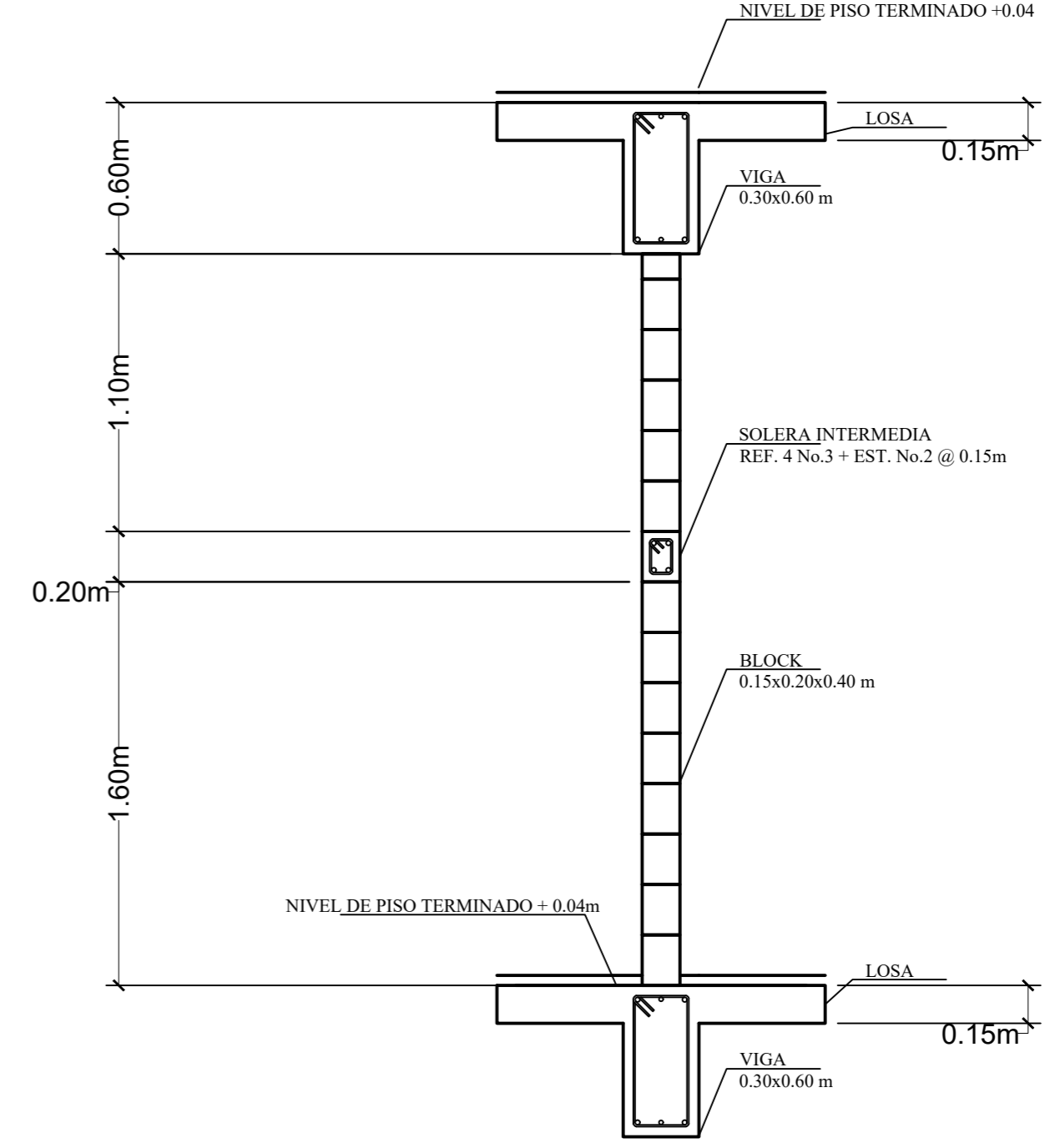
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE CIMENTACIÓN		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 11/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**CORTE DE MURO 1-1'**  
ESCALA 1:25



**CORTE DE MURO 2-2'**  
ESCALA 1:25



**CORTE DE MURO 3-3'**  
ESCALA 1:25

**ESPECIFICACIONES**

BLOCK PÓMEZ DE 0.14 x 0.20 x 0.40 m DE ARENA Y CEMENTO, CON UNA RESISTENCIA MÍNIMA DE 50 kg/cm<sup>2</sup>.

MORTERO: EL MORTERO PARA LA UNIÓN DE BLOCKS Y JUNTAS ENTRE MUROS Y COLUMNAS, SERÁ SABIETA, DE PROPORCIÓN DE 1:1 ( 1 DE CEMENTO Y 1 DE ARENA).

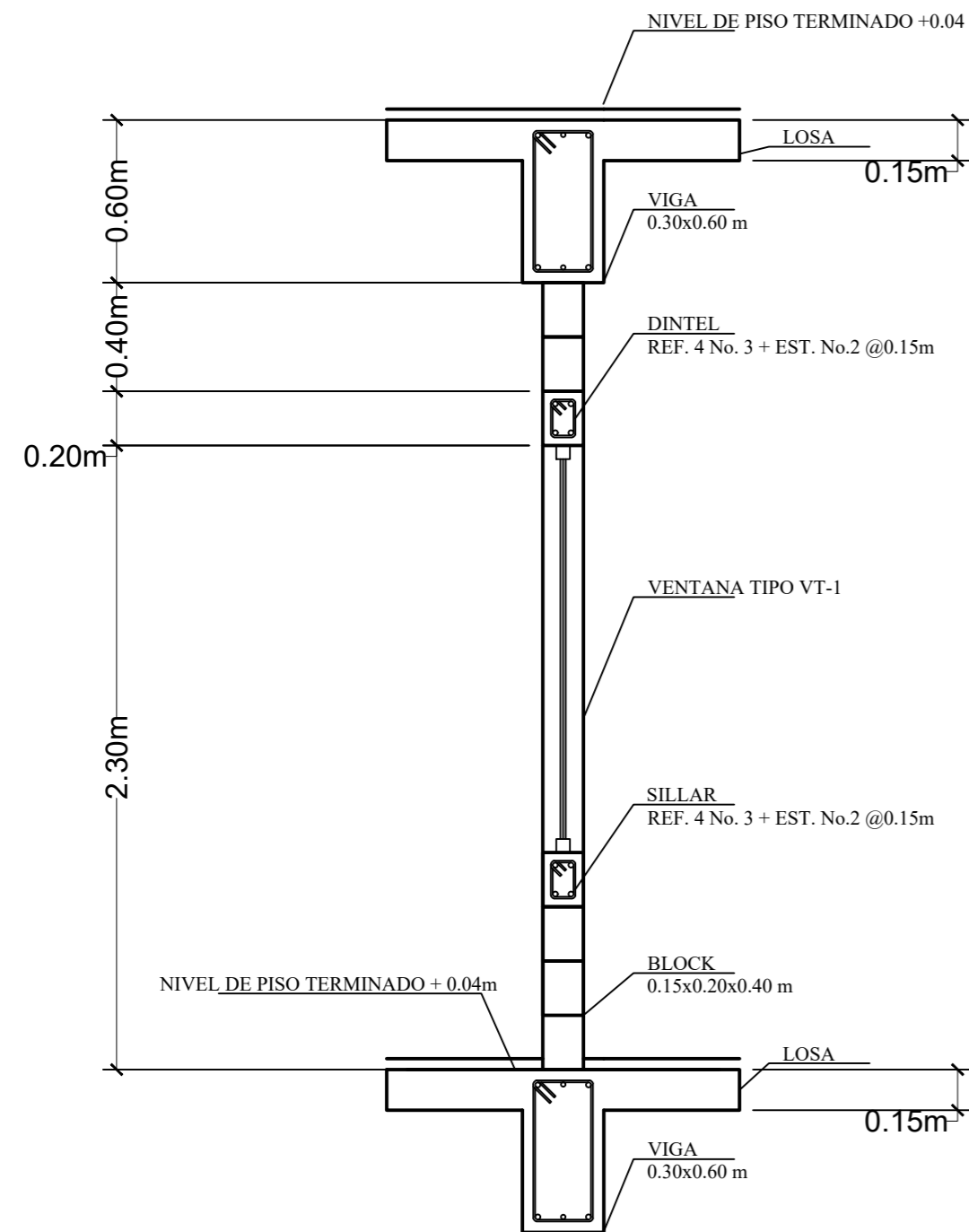
FORMALETA: SERÁN DE MADERA, LA SUPERFICIE RÍGIDAS PARA EVITAR DEFORMACIONES AL SER SOMETIDAS AL PESO DEL CONCRETO Y CARGAS DE TRABAJO DURANTE LA FUNDICIÓN. SERÁN ADECUADAMENTE COLOCADAS PARA GARANTIZAR QUE MANTENGAN SU FORMA Y POSICIÓN DURANTE EL USO.

RECUBRIMIENTOS ACI 318-05 CAP 7.7.1

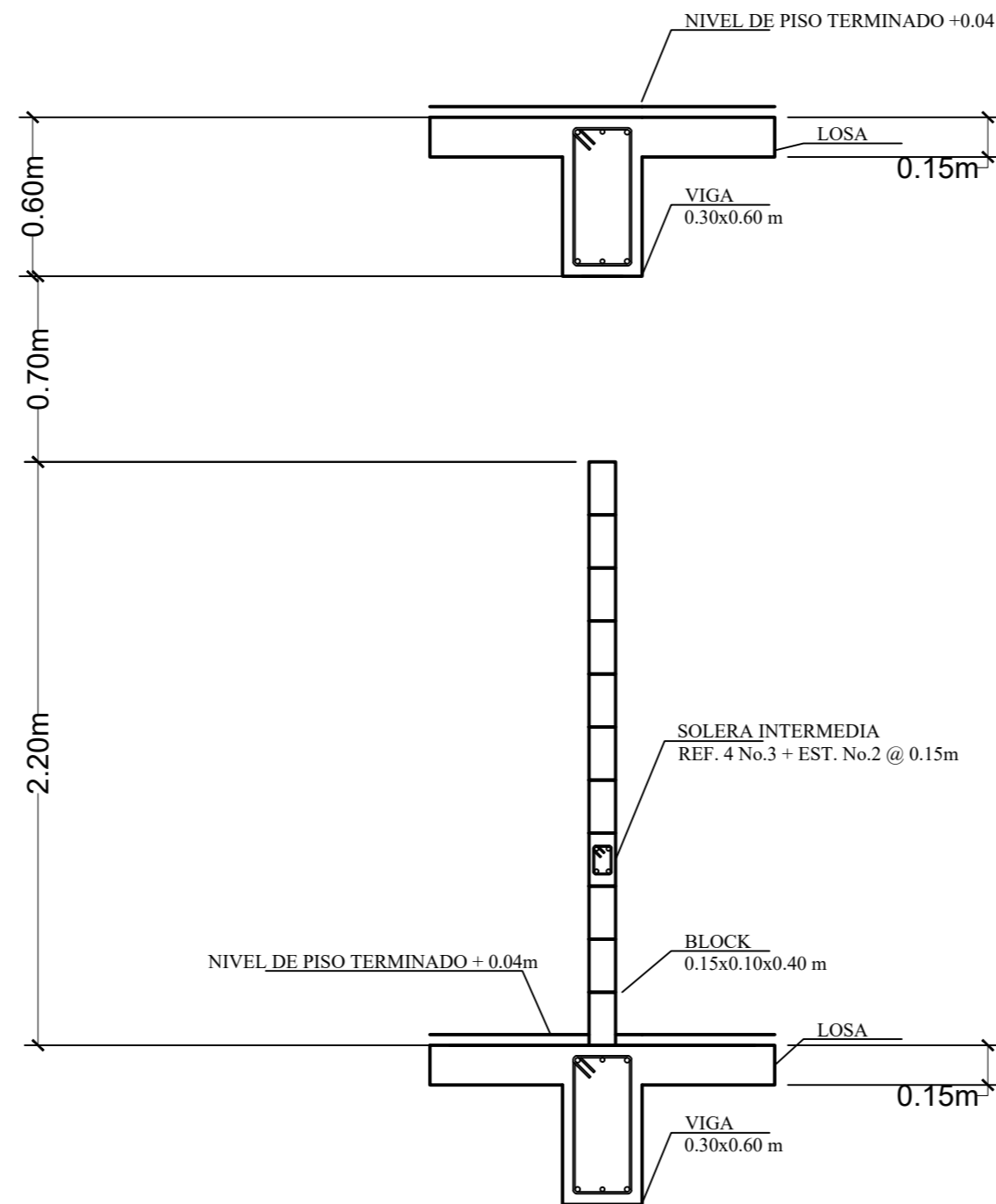
COLUMNAS 0.04m  
VIGAS 0.04m

PESO MUROS : 210 kg/m<sup>2</sup>

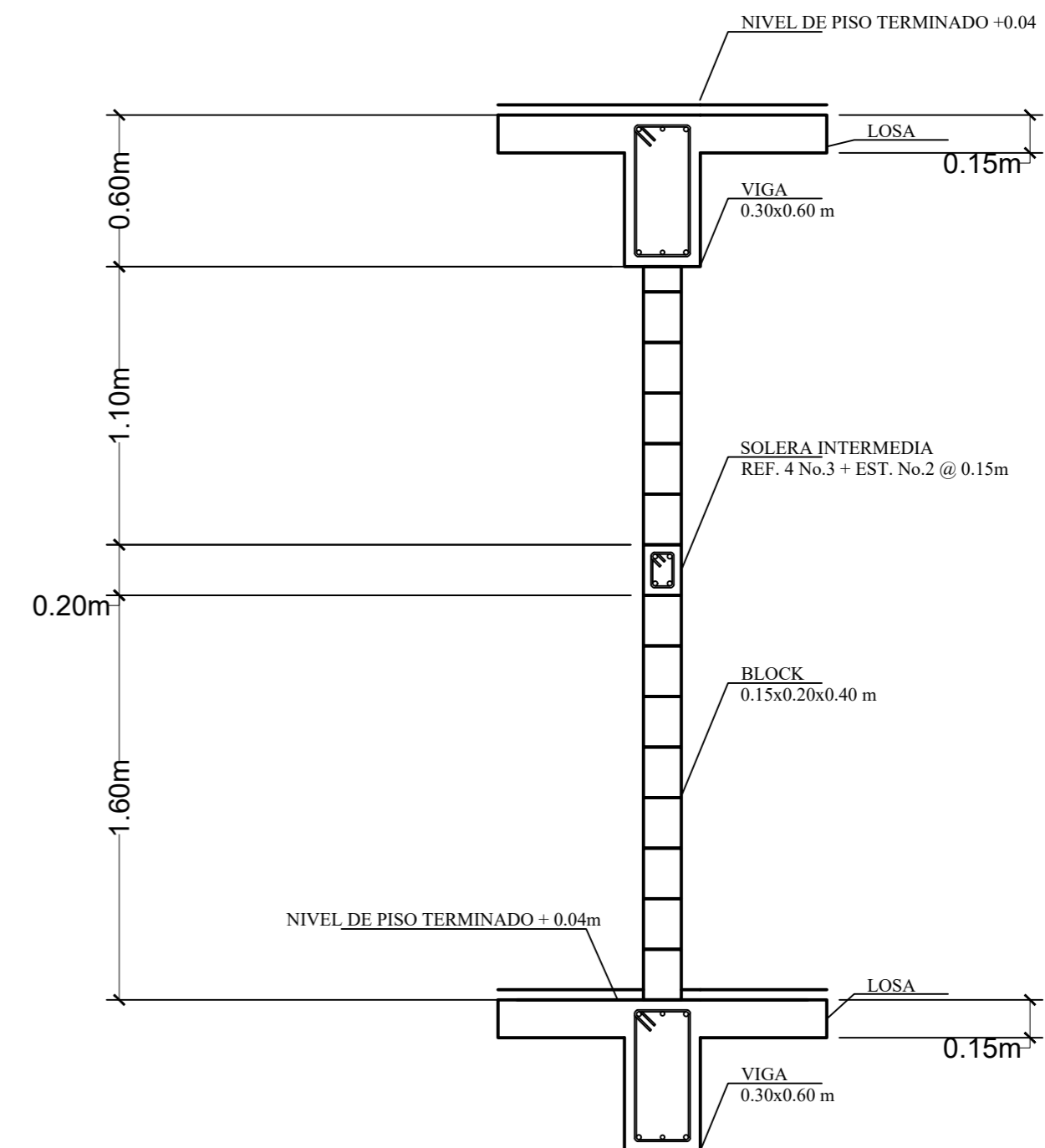
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE MUROS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 12/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**CORTE DE MURO 4-4'**  
ESCALA 1:25



**CORTE DE MURO 5-5'**  
ESCALA 1:25



**CORTE DE MURO 6-6'**  
ESCALA 1:25

**ESPECIFICACIONES**

BLOCK PÓMEZ DE 0.14 x 0.20 x 0.40 m DE ARENA Y CEMENTO, CON UNA RESISTENCIA MÍNIMA DE 50 kg/cm<sup>2</sup>.

MORTERO: EL MORTERO PARA LA UNIÓN DE BLOCKS Y JUNTAS ENTRE MUROS Y COLUMNAS, SERÁ SABIETA, DE PROPORCIÓN DE 1:1 ( 1 DE CEMENTO Y 1 DE ARENA).

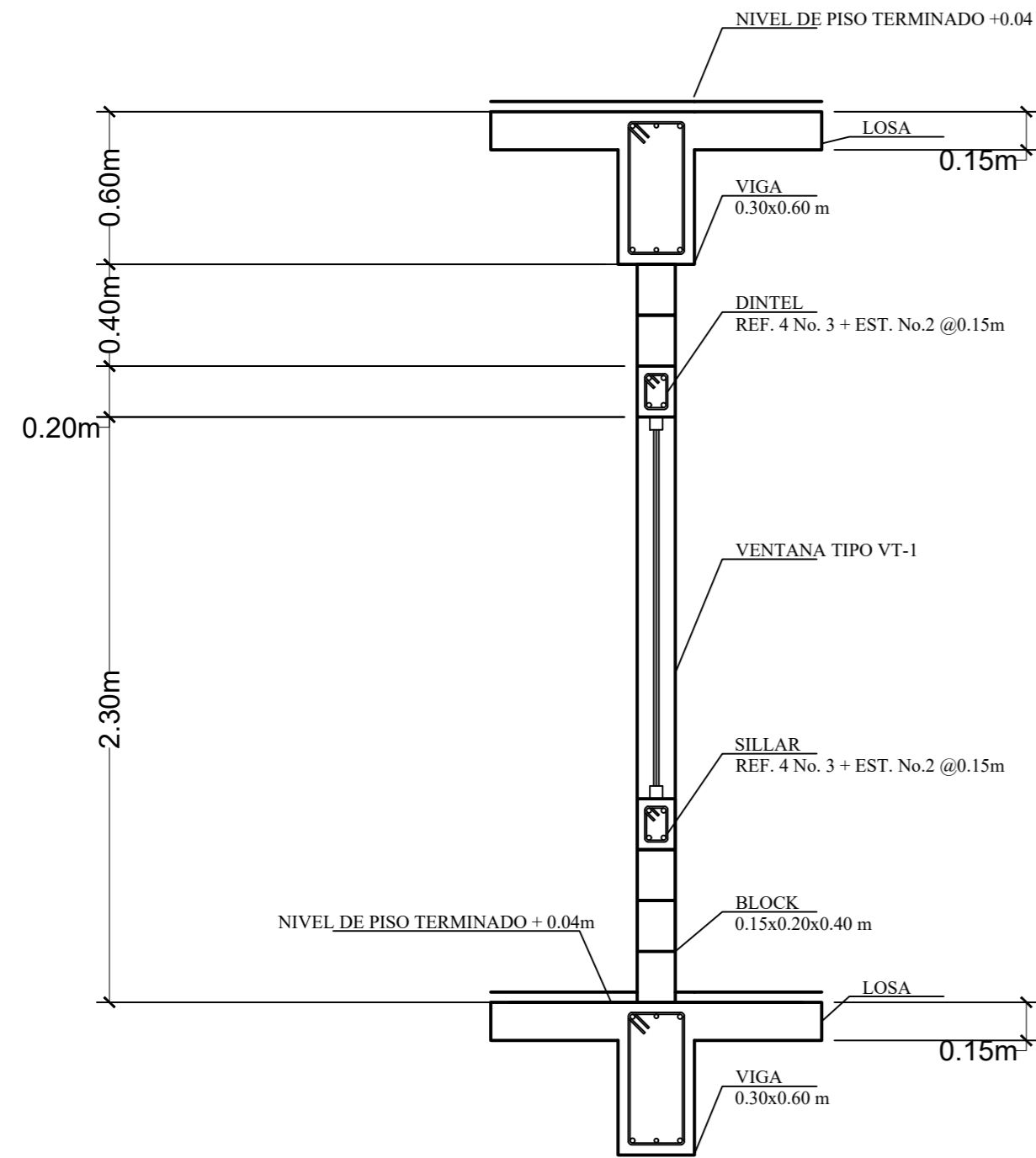
FORMALETA: SERÁN DE MADERA, LA SUPERFICIE RÍGIDAS PARA EVITAR DEFORMACIONES AL SER SOMETIDAS AL PESO DEL CONCRETO Y CARGAS DE TRABAJO DURANTE LA FUNDICIÓN. SERÁN ADECUADAMENTE COLOCADAS PARA GARANTIZAR QUE MANTENGAN SU FORMA Y POSICIÓN DURANTE EL USO.

RECUBRIMIENTOS ACI 318-05 CAP 7.7.1

COLUMNAS 0.04m  
VIGAS 0.04m

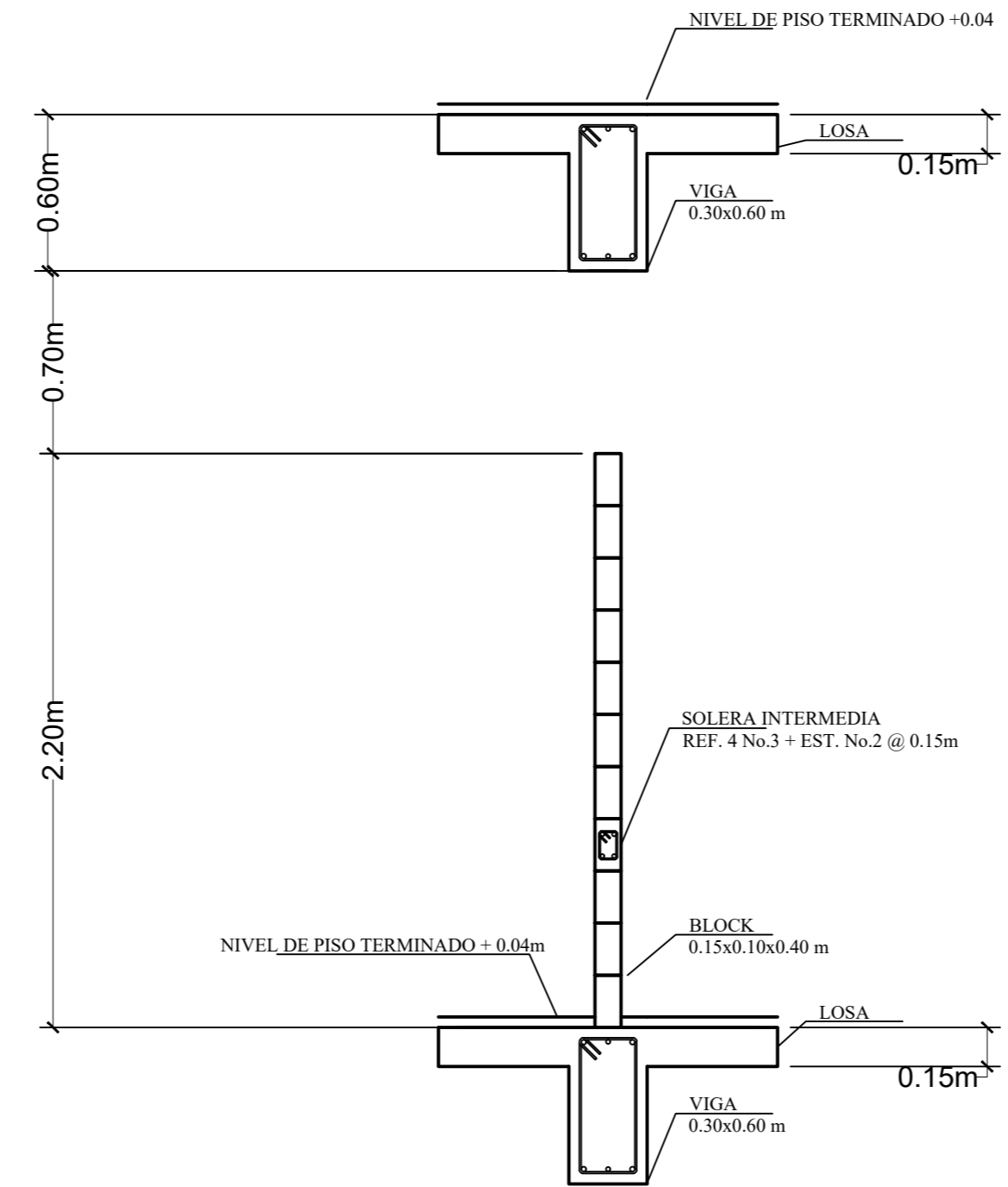
PESO MUROS : 210 kg/m<sup>2</sup>

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE MUROS	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150 Vo.Bo.
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 13/45 INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS



**CORTE DE MURO 7-7'**

ESCALA 1:25



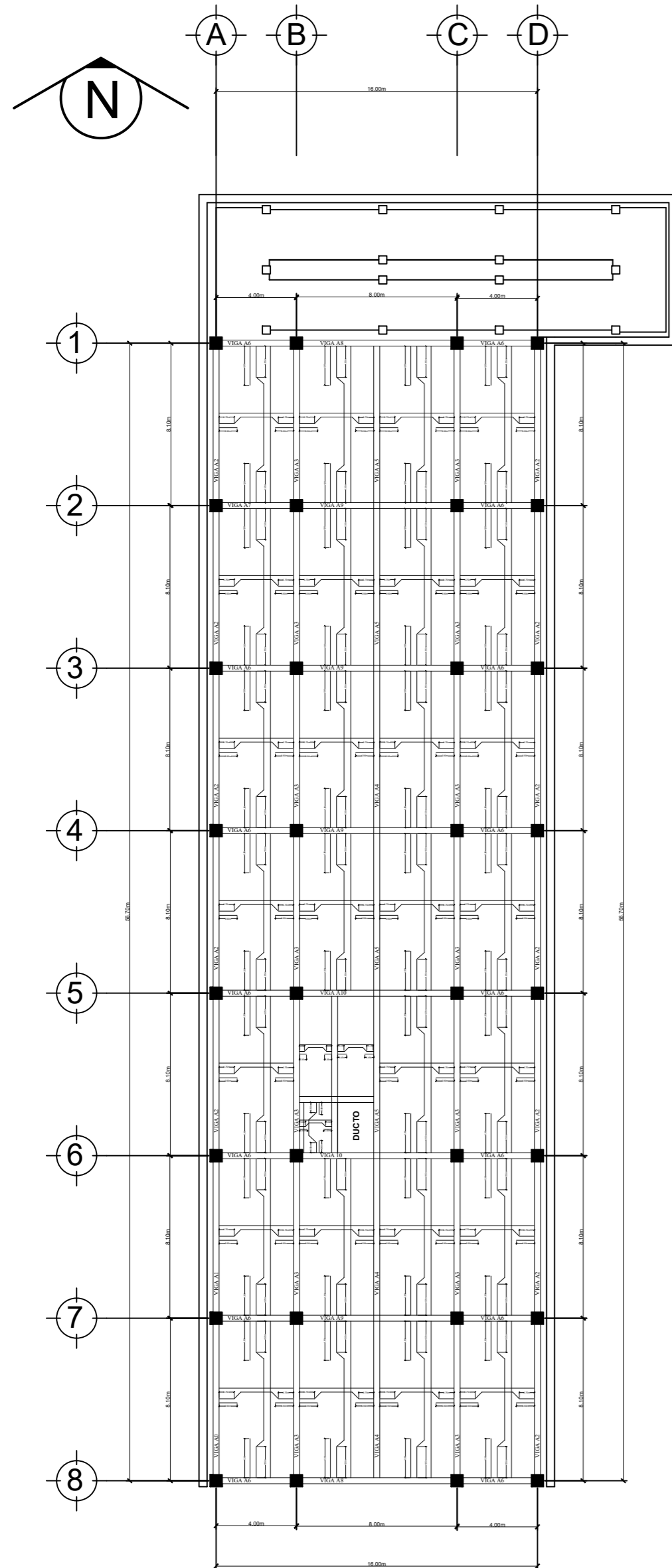
**CORTE DE MURO 8-8'**

ESCALA 1:25

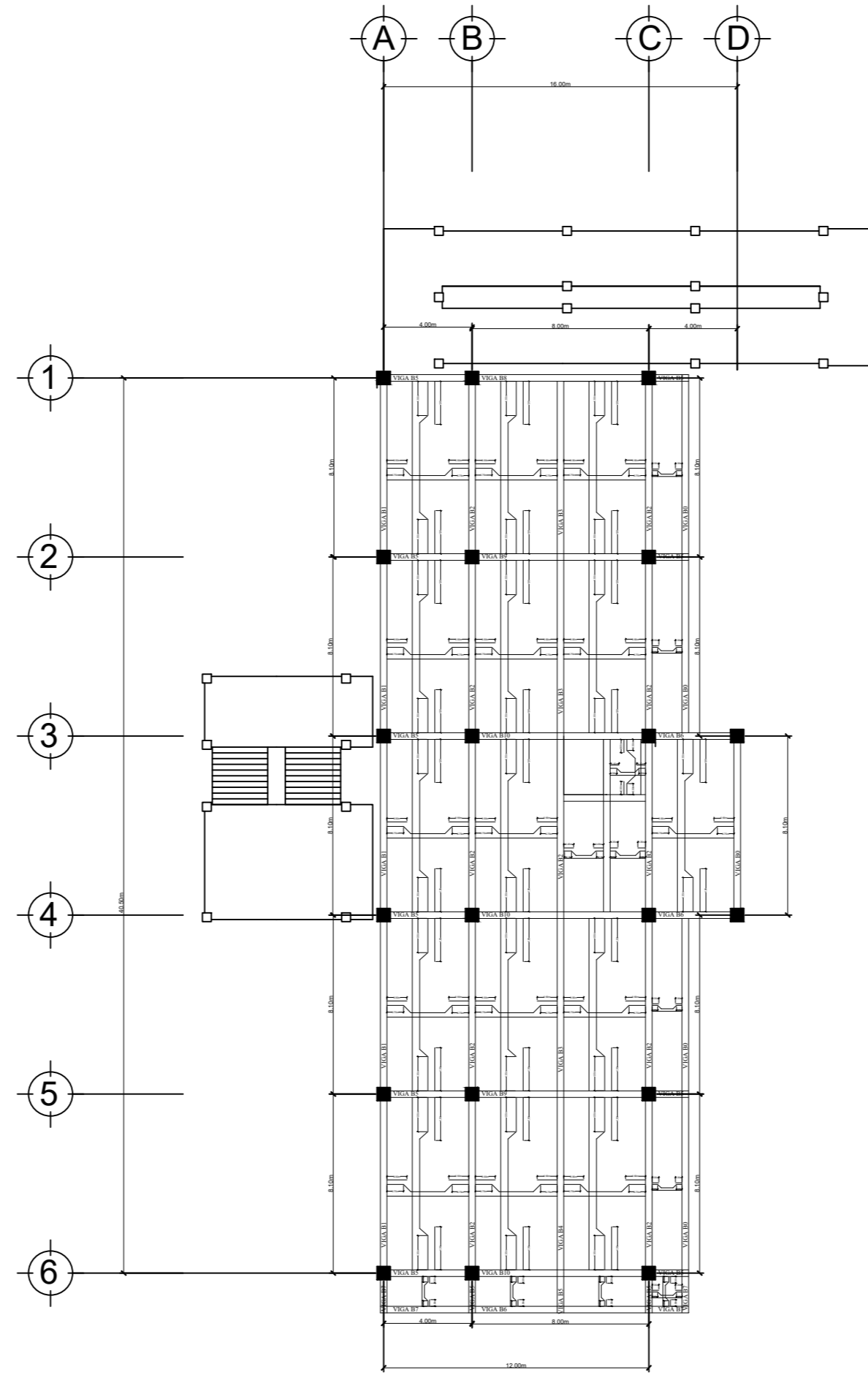
**ESPECIFICACIONES**

- BLOCK PÓMEZ DE 0.14 x 0.20 x 0.40 m DE ARENA Y CEMENTO, CON UNA RESISTENCIA MÍNIMA DE 50 kg/cm<sup>2</sup>.
- MORTERO: EL MORTERO PARA LA UNIÓN DE BLOCKS Y JUNTAS ENTRE MUROS Y COLUMNAS, SERÁ SABIETA, DE PROPORCIÓN DE 1:1 ( 1 DE CEMENTO Y 1 DE ARENA).
- FORMALETA: SERÁN DE MADERA, LA SUPERFICIE RÍGIDAS PARA EVITAR DEFORMACIONES AL SER SOMETIDAS AL PESO DEL CONCRETO Y CARGAS DE TRABAJO DURANTE LA FUNDICIÓN. SERÁN ADECUADAMENTE COLOCADAS PARA GARANTIZAR QUE MANTENGAN SU FORMA Y POSICIÓN DURANTE EL USO.
- RECUBRIMIENTOS ACI 318-05 CAP 7.7.1
- COLUMNAS 0.04m
- VIGAS 0.04m
- PESO MUROS : 210 kg/m<sup>2</sup>

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE MUROS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 14/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS



**PLANTA DE LOSA SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250



**PLANTA DE LOSA PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

### SIMBOLOGÍA

	BASTÓN, L/4
	TENSIÓN, L/5 + DOBLEZ A 45°
	RIEL, L

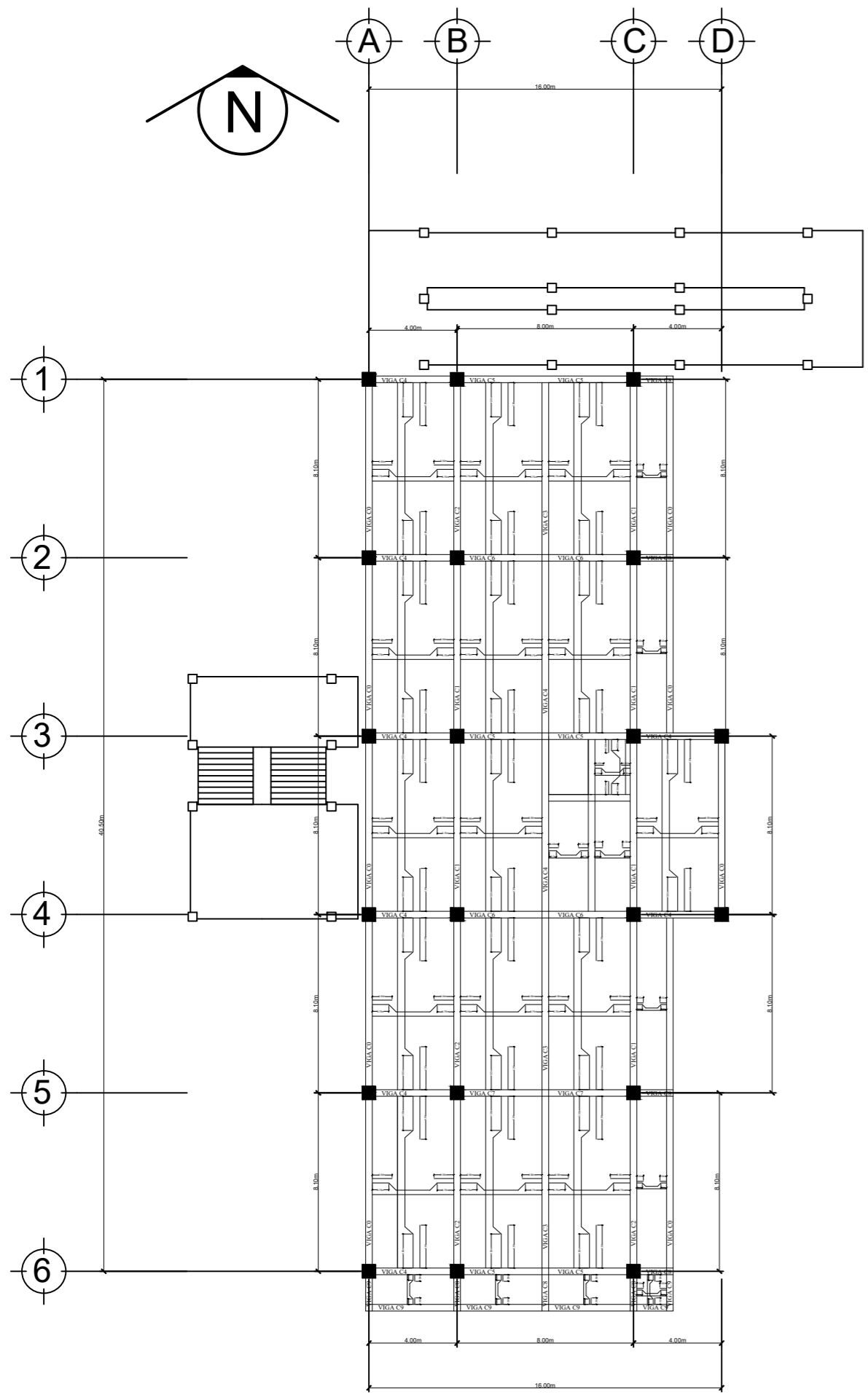
<b>DISEÑO DE LOSAS SÓTANO</b> MÉTODO 3 DE ACI ESPESOR DE LOSAS: 15 cm LOSAS EN EJES 1-2 Y 3-4 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 20 cm BASTÓN : #4 @ 20 cm RIEL : #4 @ 20 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 25 cm BASTÓN : #3 @ 25 cm RIEL : #3 @ 25 cm LOSAS EN EJES 2-2' Y 2'-3 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 25 cm BASTÓN : #4 @ 25 cm RIEL : #4 @ 25 cm LOSAS ADYACENTES A DUCTO ARMADO LOSAS EN UN SENTIDO TENSIÓN : #4 @ 15 cm BASTÓN : #4 @ 15 cm RIEL : #4 @ 15 cm ARMADO LOSAS EN DOS SENTIDOS TENSIÓN : #3 @ 15 cm BASTÓN : #3 @ 15 cm RIEL : #3 @ 20 cm		<b>DISEÑO DE LOSAS PRIMER NIVEL</b> MÉTODO 3 DE ACI ESPESOR DE LOSAS: 15 cm LOSAS EN EJES 1-2 Y 3-4 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 20 cm BASTÓN : #4 @ 20 cm RIEL : #4 @ 20 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 25 cm BASTÓN : #3 @ 25 cm RIEL : #3 @ 25 cm LOSAS EN EJES 2-2' Y 2'-3 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 25 cm BASTÓN : #4 @ 25 cm RIEL : #4 @ 25 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 20 cm BASTÓN : #3 @ 20 cm RIEL : #3 @ 20 cm LOSAS ADYACENTES A DUCTO ARMADO LOSAS EN UN SENTIDO TENSIÓN : #4 @ 15 cm BASTÓN : #4 @ 15 cm RIEL : #4 @ 15 cm ARMADO LOSAS EN DOS SENTIDOS TENSIÓN : #3 @ 15 cm BASTÓN : #3 @ 15 cm RIEL : #3 @ 15 cm LOSAS EN VOLADIZO ARMADO LOSAS EN UN SENTIDO TENSIÓN : #4 @ 15 cm BASTÓN : #4 @ 15 cm RIEL : #4 @ 15 cm ARMADO LOSAS EN DOS SENTIDOS TENSIÓN : #3 @ 10 cm BASTÓN : #3 @ 10 cm RIEL : #3 @ 10 cm	
--	--	--	--

**ESPECIFICACIONES**

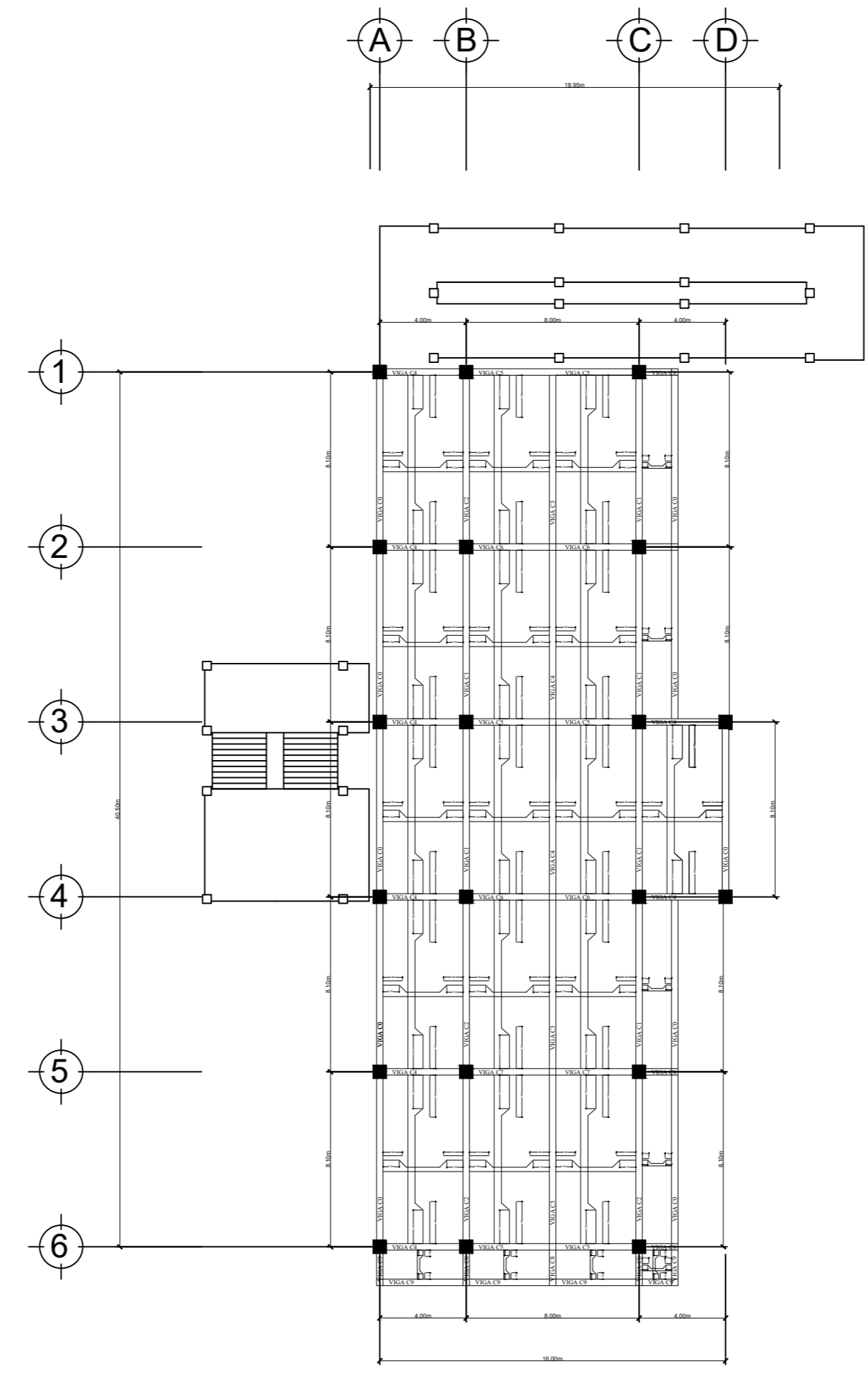
RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1) (ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 COLUMNA: 0.04 m  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 VIGA: 0.04 m  $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$   
 LOSA: 0.025 m

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
 HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
 HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE LOSA		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 15/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**PLANTA DE LOSA SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA 1:200



**PLANTA DE LOSA TERCER NIVEL**  
ESCALA 1:200

### SIMBOLOGÍA

	BASTÓN, L/4
	TENSIÓN, L/5 + DOBLEZ A 45°
	RIEL, L

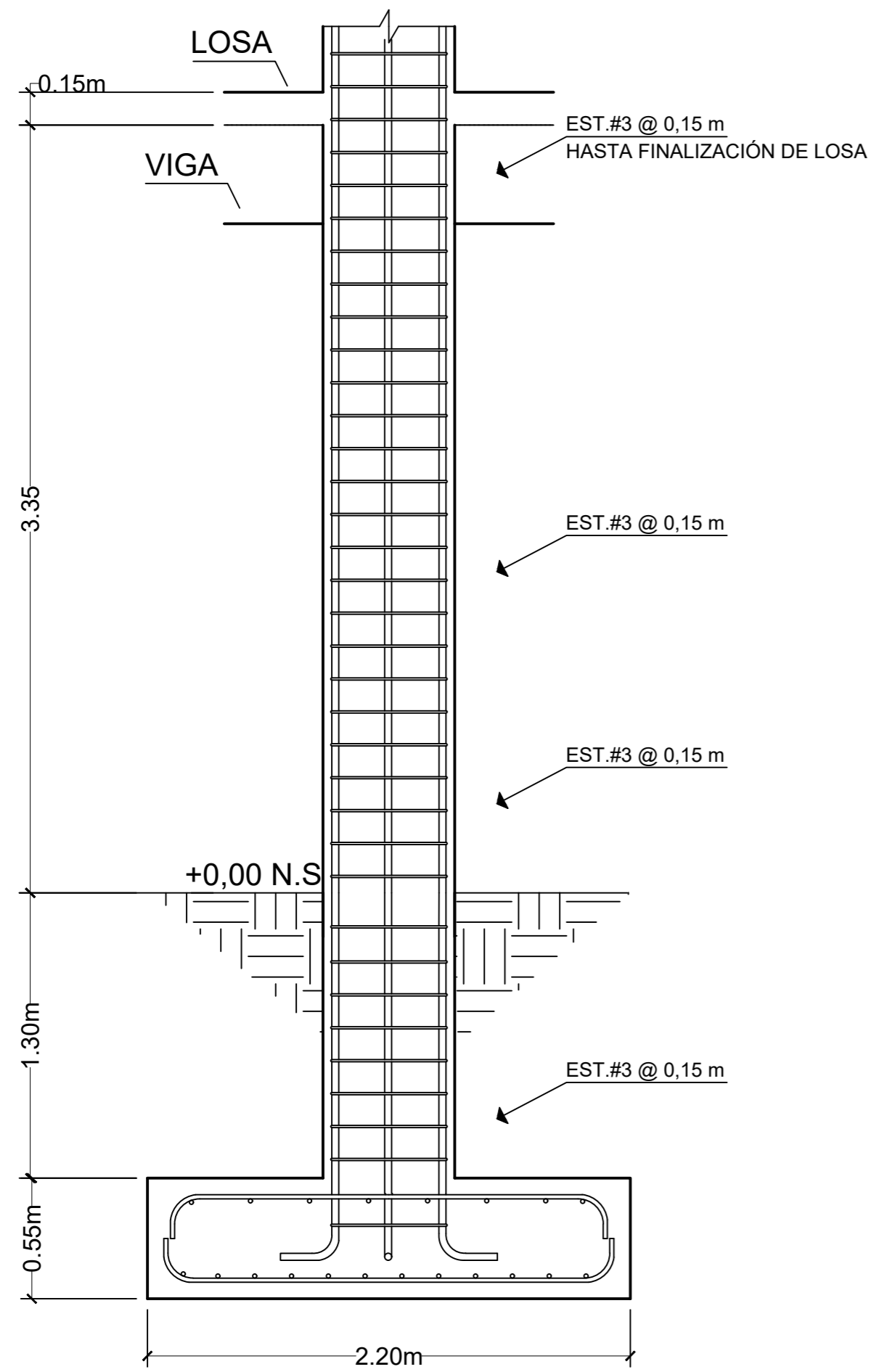
<b>DISEÑO DE LOSAS SEGUNDO NIVEL</b> MÉTODO 3 DE ACI ESPESOR DE LOSAS: 15 cm LOSAS EN EJES 1-2 Y 3-4 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 20 cm BASTÓN : #4 @ 20 cm RIEL : #4 @ 20 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 25 cm BASTÓN : #3 @ 25 cm RIEL : #3 @ 25 cm LOSAS EN EJES 2-2' Y 2'-3 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 25 cm BASTÓN : #4 @ 25 cm RIEL : #4 @ 25 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 20 cm BASTÓN : #3 @ 20 cm RIEL : #3 @ 20 cm LOSAS ADYACENTES A DUCTO ARMADO LOSAS EN UN SENTIDO TENSIÓN : #4 @ 15 cm BASTÓN : #4 @ 15 cm RIEL : #4 @ 15 cm ARMADO LOSAS EN DOS SENTIDOS TENSIÓN : #3 @ 15 cm BASTÓN : #3 @ 15 cm RIEL : #3 @ 15 cm LOSAS EN VOLADIZO ARMADO LOSAS EN UN SENTIDO TENSIÓN : #4 @ 15 cm BASTÓN : #4 @ 15 cm RIEL : #4 @ 15 cm ARMADO LOSAS EN DOS SENTIDOS TENSIÓN : #3 @ 10 cm BASTÓN : #3 @ 10 cm RIEL : #3 @ 10 cm		<b>DISEÑO DE LOSAS TERCER NIVEL</b> MÉTODO 3 DE ACI ESPESOR DE LOSAS: 15 cm LOSAS EN EJES 1-2 Y 3-4 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 30 cm BASTÓN : #4 @ 30 cm RIEL : #4 @ 30 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 30 cm BASTÓN : #3 @ 30 cm RIEL : #3 @ 25 cm LOSAS EN EJES 2-2' Y 2'-3 ARMADO LADO CORTO TENSIÓN : #4 @ 30 cm BASTÓN : #4 @ 30 cm RIEL : #4 @ 30 cm ARMADO LADO LARGO TENSIÓN : #3 @ 30 cm BASTÓN : #3 @ 30 cm RIEL : #3 @ 30 cm LOSAS EN VOLADIZO ARMADO LOSAS EN UN SENTIDO TENSIÓN : #3 @ 15 cm BASTÓN : #3 @ 15 cm RIEL : #3 @ 15 cm ARMADO LOSAS EN DOS SENTIDOS TENSIÓN : #3 @ 15 cm BASTÓN : #3 @ 15 cm RIEL : #3 @ 15 cm	
---	--	--	--

**ESPECIFICACIONES**

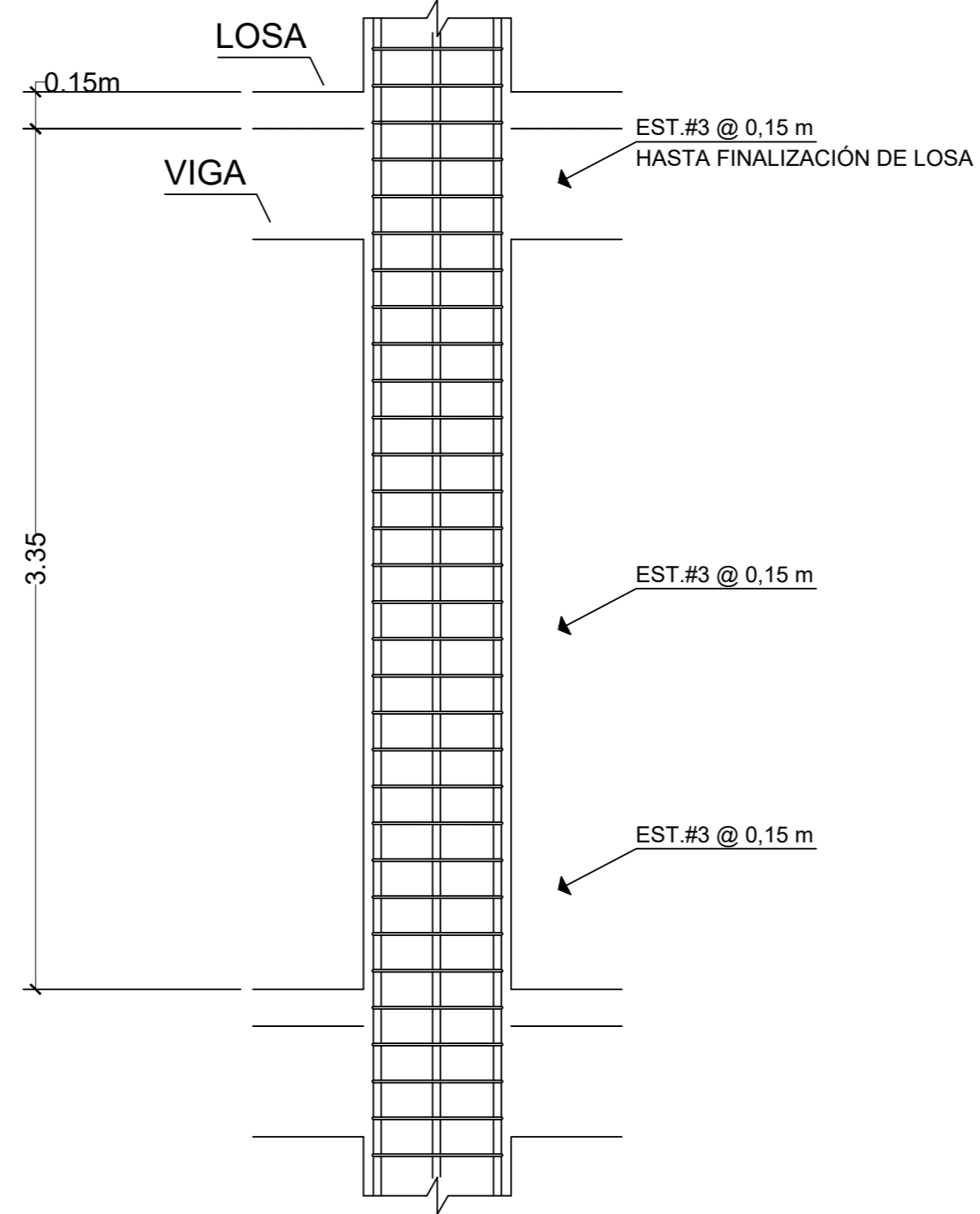
RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1) (ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 COLUMNA: 0.04 m f<sub>c</sub>=280 kg/cm<sup>2</sup> A LOS 28 DÍAS.  
 VIGA: 0.04 m f<sub>y</sub>=2810 kg/cm<sup>2</sup>  
 LOSA: 0.025 m

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
 HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
 HIERRO Ø ¼" VARILLA LISA

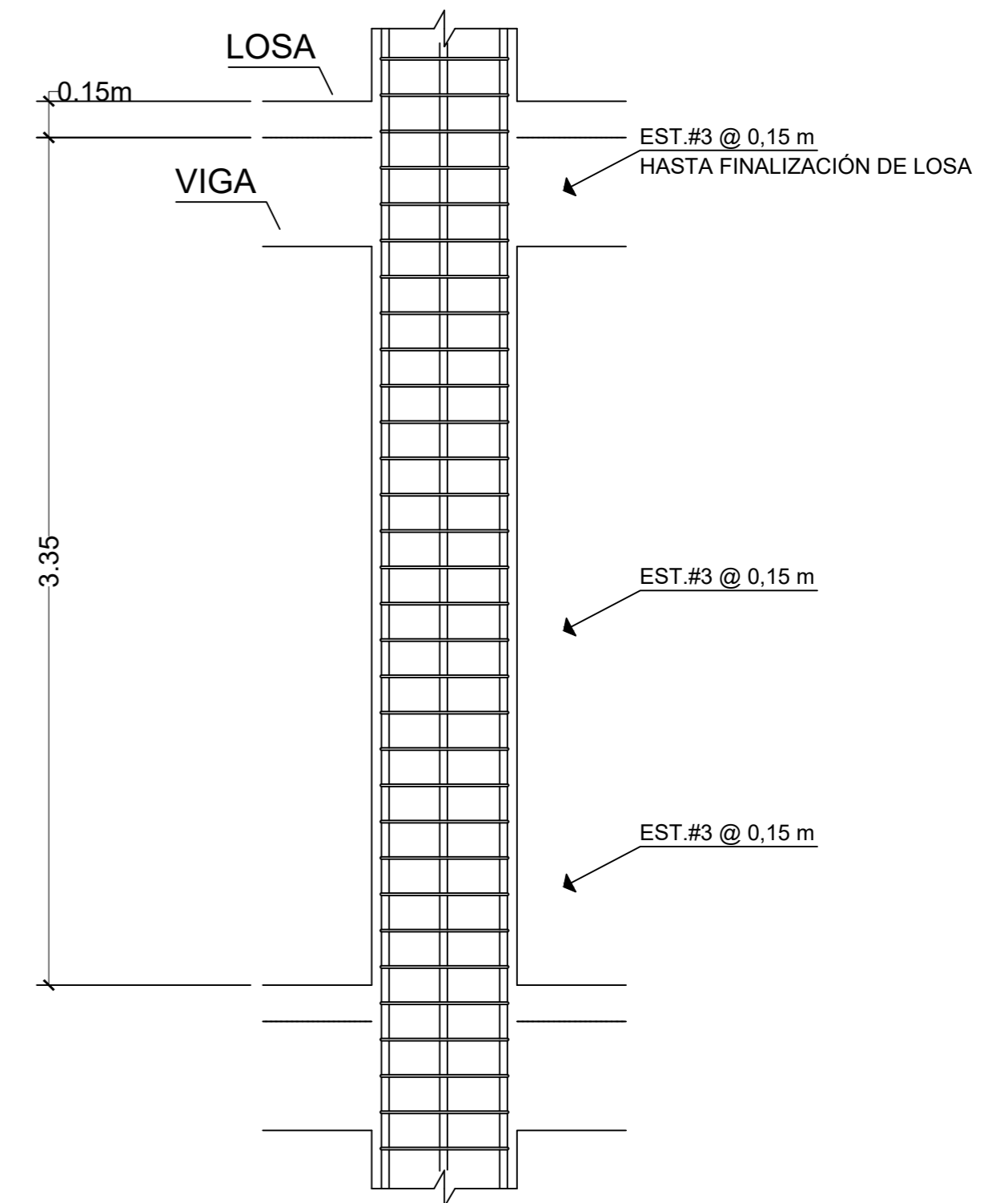
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE LOSA		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 16/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**CORTE COLUMNA NIVEL 0**  
ESCALA 1:25




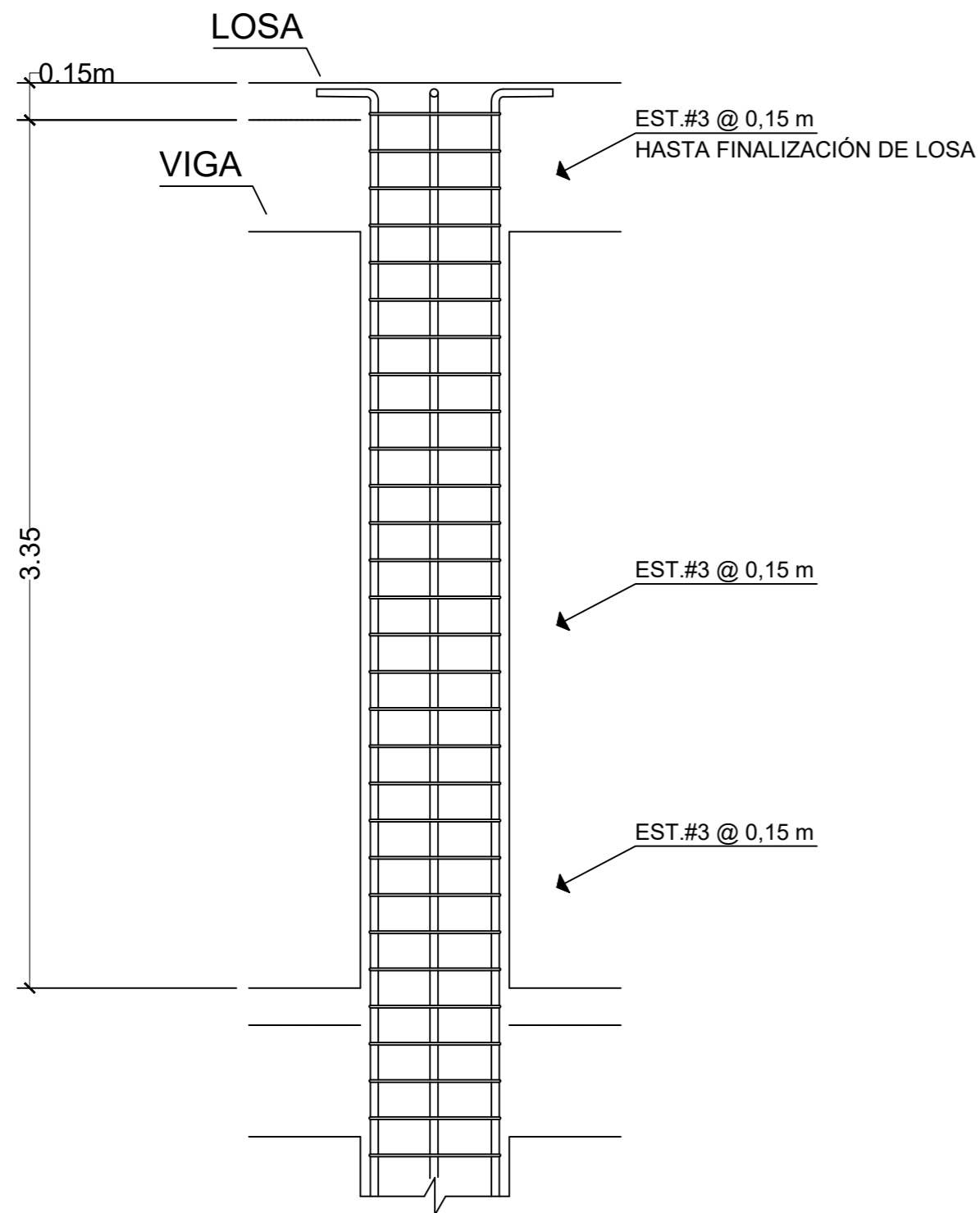
**CORTE COLUMNA NIVEL 1**  
ESCALA 1:25



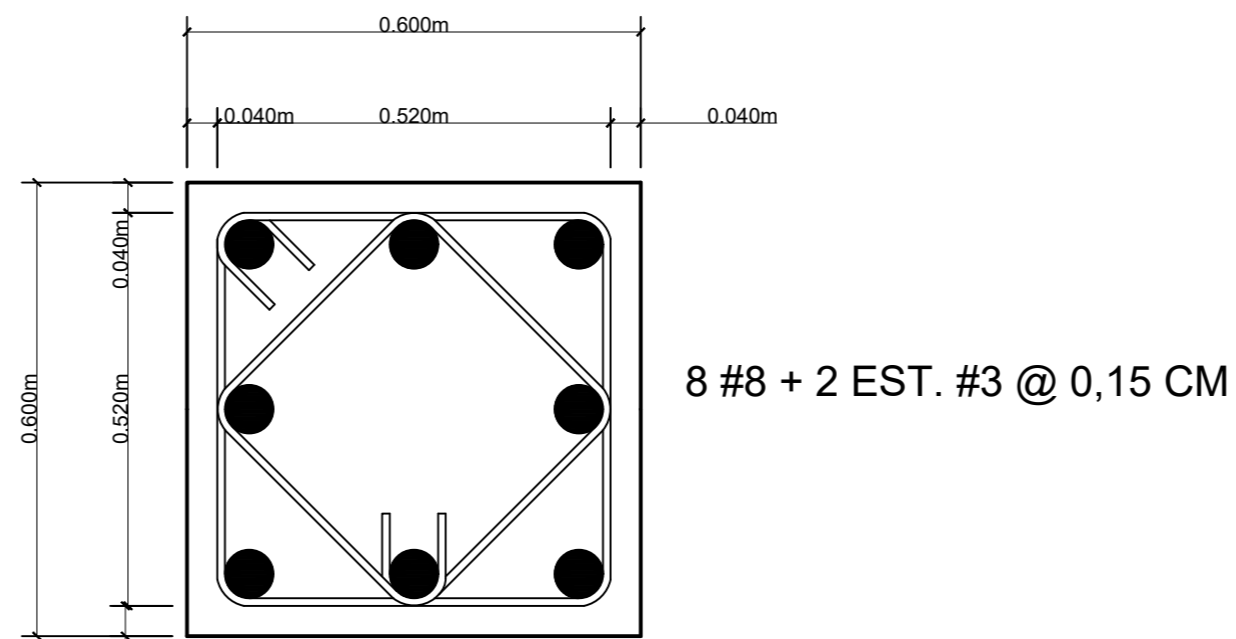
**CORTE COLUMNA NIVEL 2**  
ESCALA 1:25

ESPECIFICACIONES  
 RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
 COLUMNA: 0.04 m  
 (ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$   
 CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
 HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
 HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

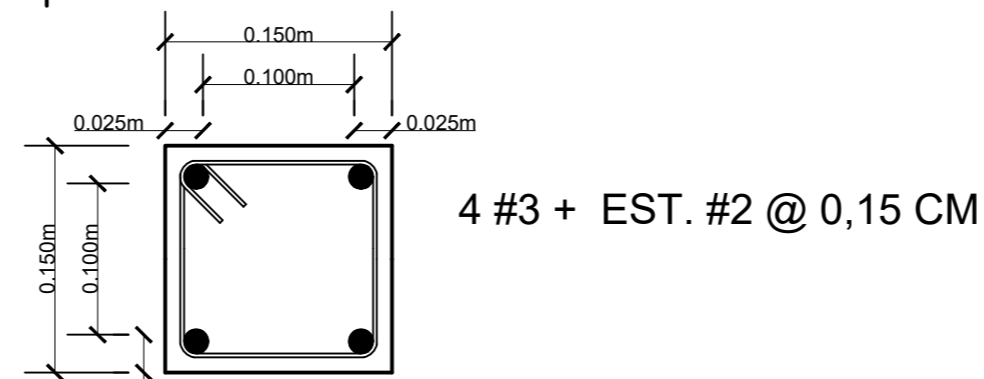
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE COLUMNAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 17/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



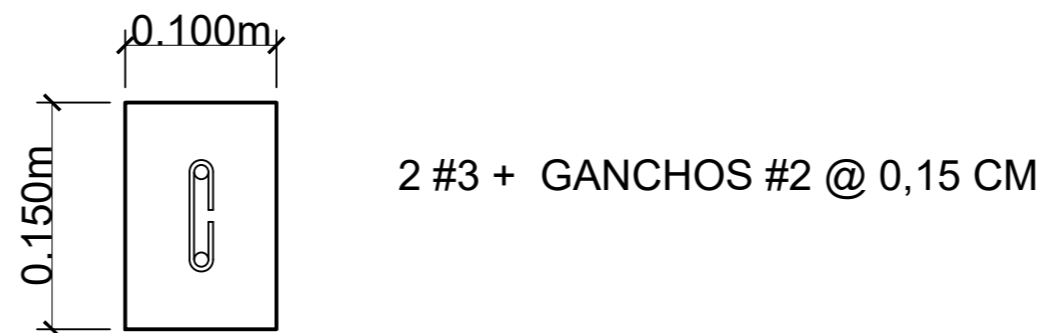
CORTE COLUMNA NIVEL 3  
ESCALA 1:125



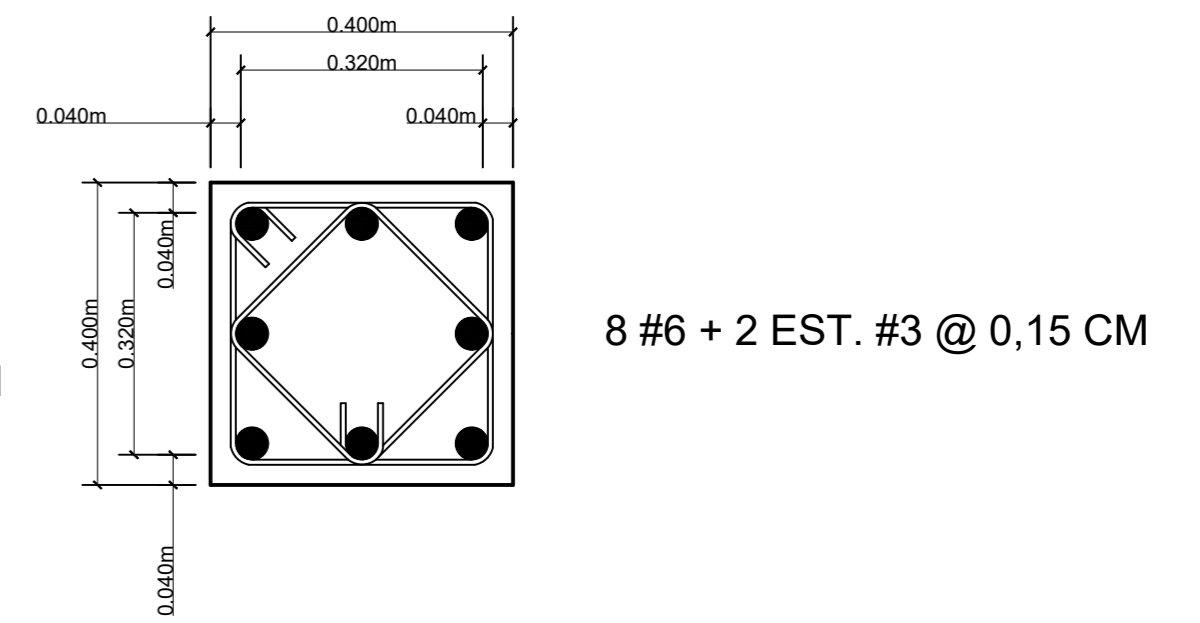
COLUMNA C-1  
ESCALA 1:10



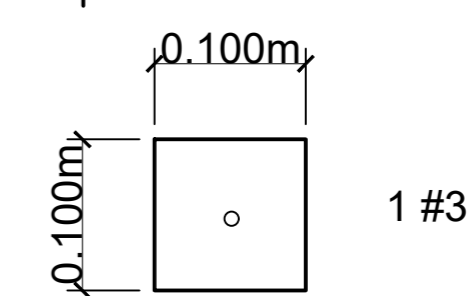
COLUMNA B-1  
ESCALA 1:5



COLUMNA B-3  
ESCALA 1:5



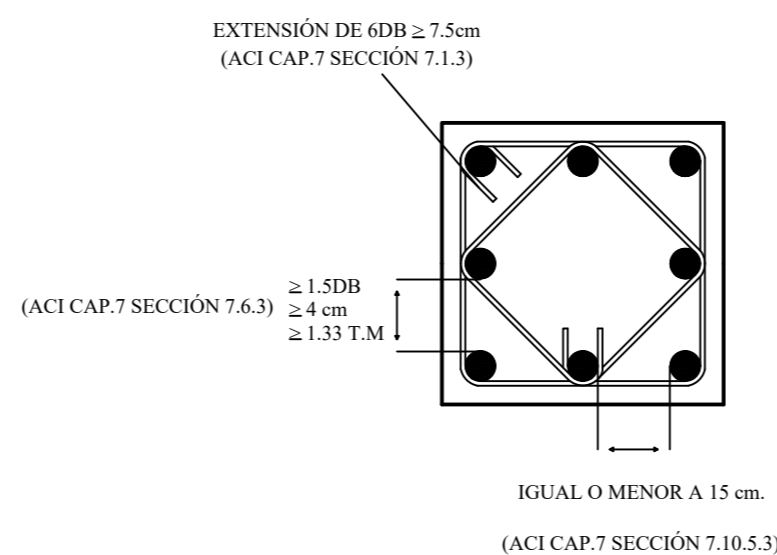
COLUMNA C-2  
ESCALA 1:10



COLUMNA B-2  
ESCALA 1:5



COLUMNA B-4  
ESCALA 1:5



ESPECIFICACIONES

RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1)

COLUMNA: 0.04 m

(ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.

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

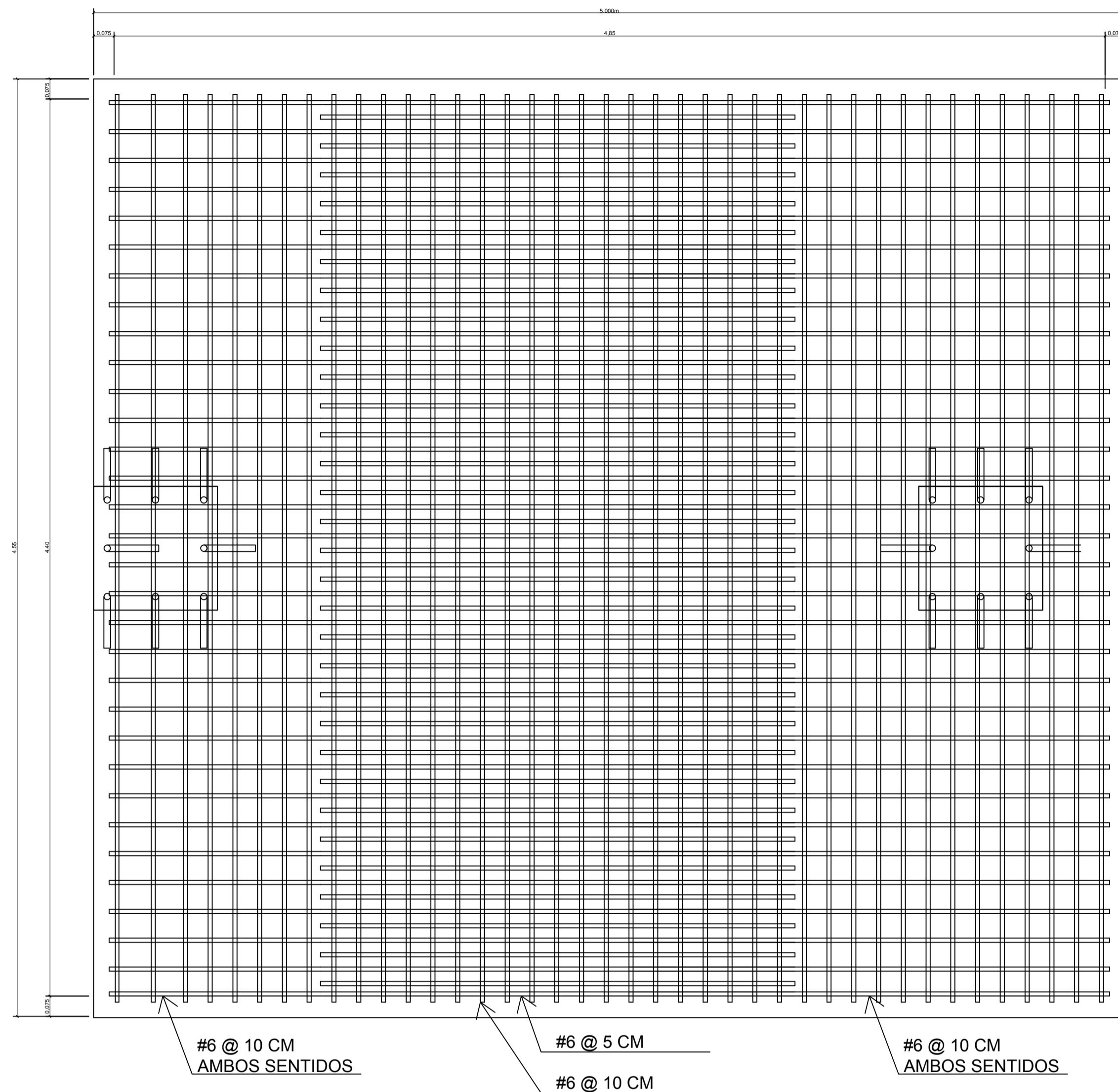
CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2

HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40

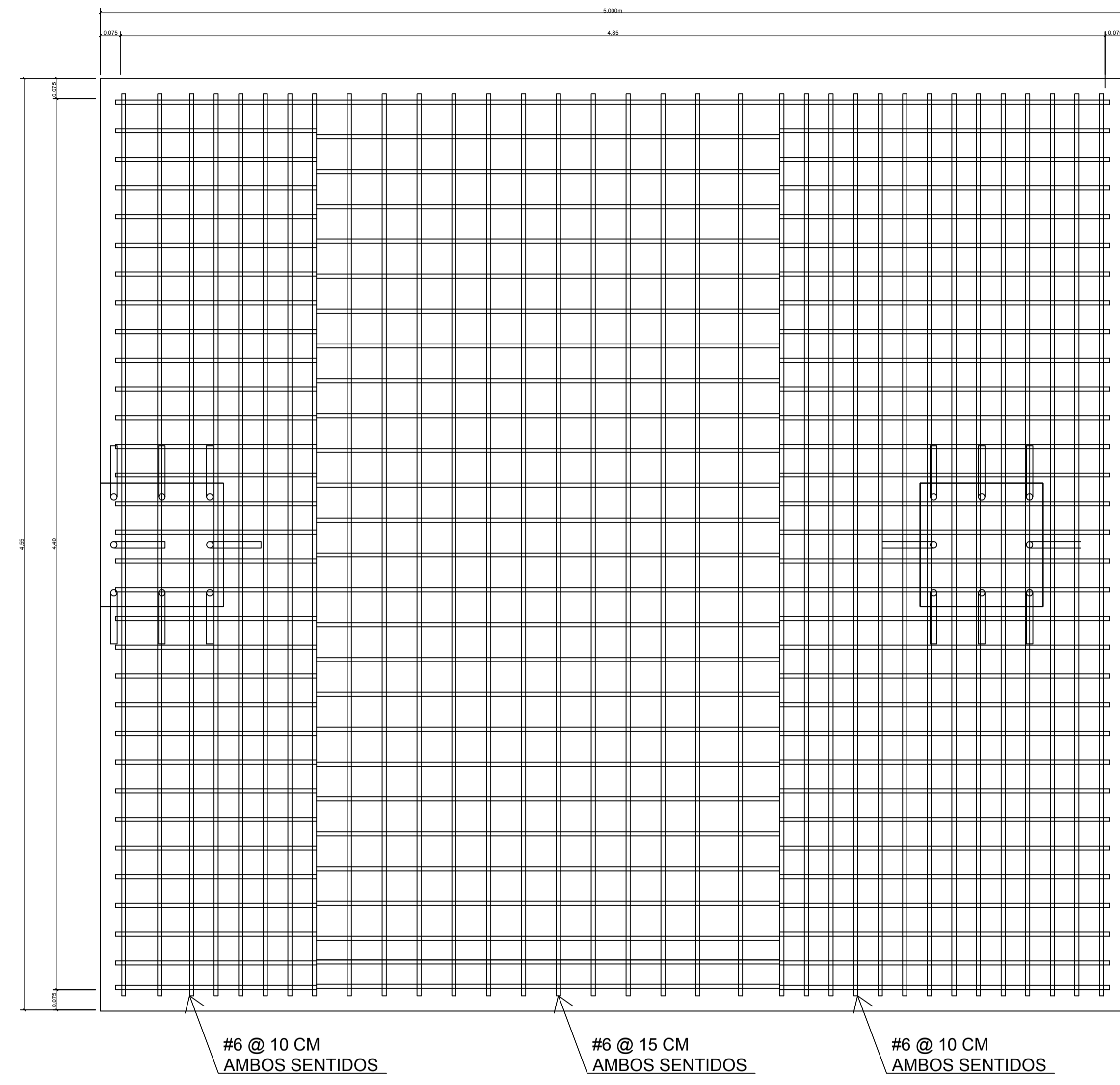
HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE COLUMNAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 18/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	





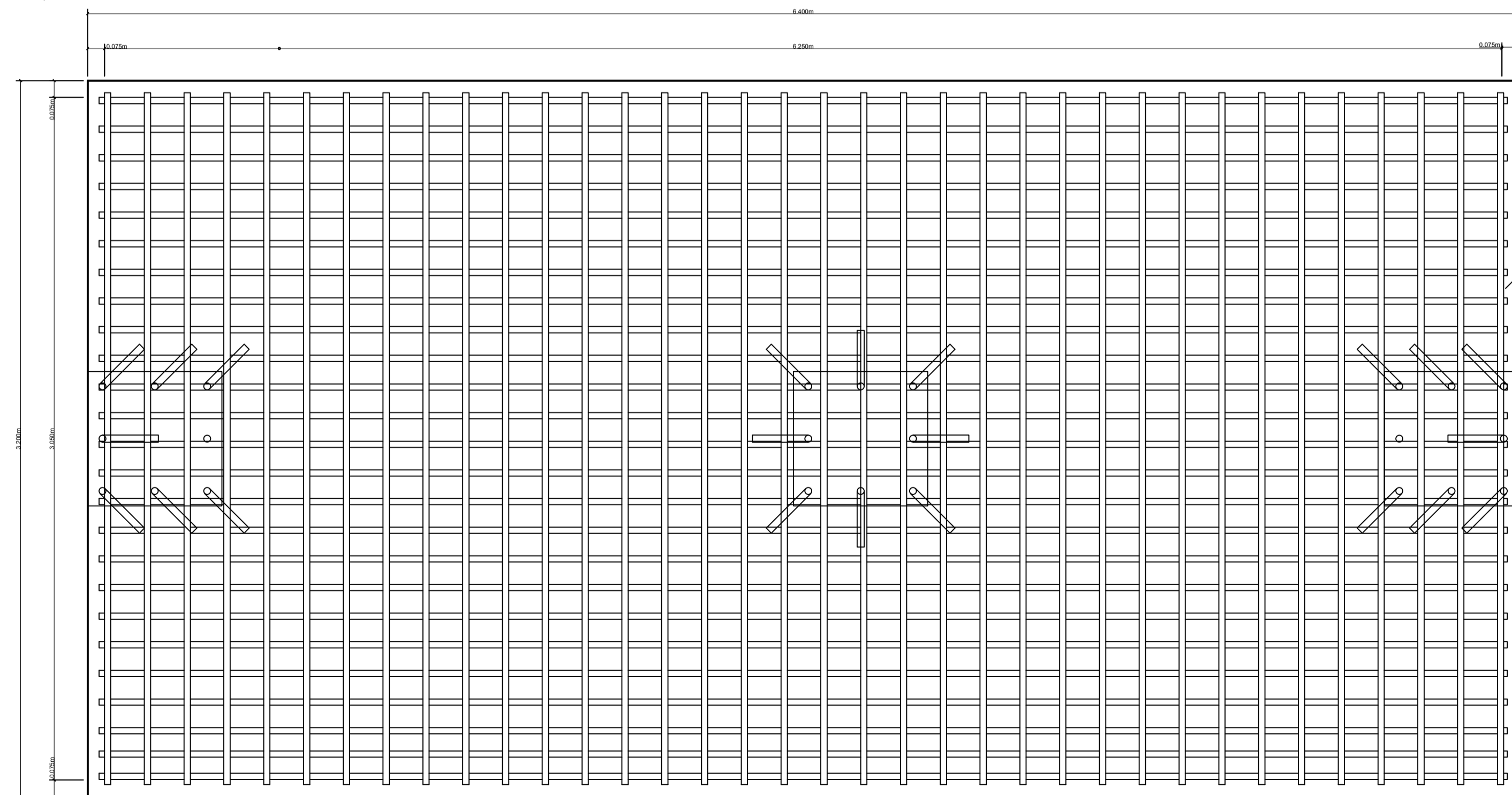
PERALTE: 75 cm



PERALTE: 75 cm

**ARMADO INFERIOR ZAPATA Z-1**  
ESCALA 1:25

**ARMADO SUPERIOR ZAPATA Z-1**  
ESCALA 1:25




CAMA SUPERIOR:  
#6 @ 20 CM EN AMBOS SENTIDOS  
PERALTE: 70 cm

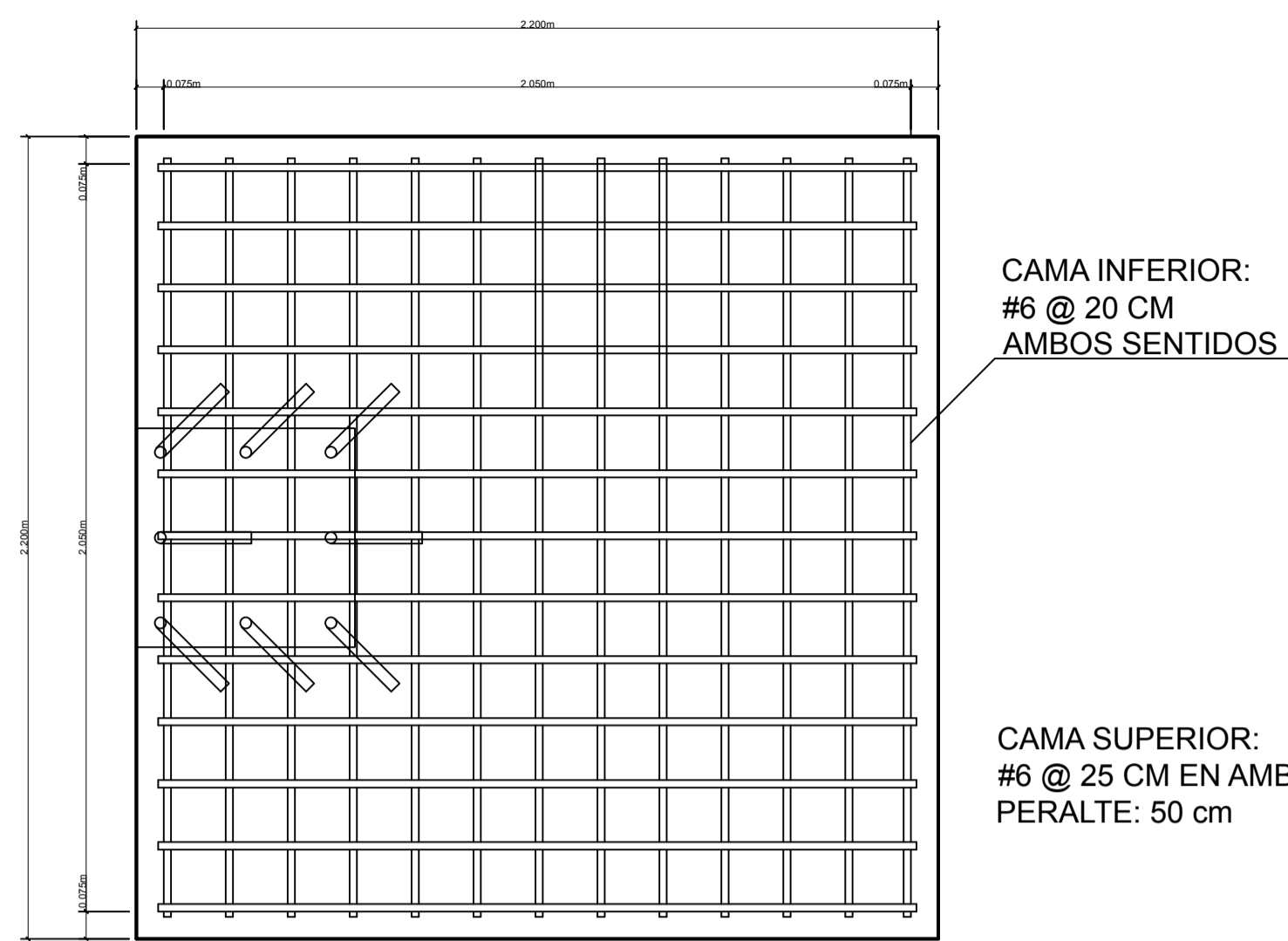
CAMA INFERIOR:  
#6 @ 15 CM, SENTIDO CORTO  
#6 @ 10 CM, SENTIDO LARGO

ESPECIFICACIONES  
RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
COLUMNA: 0.04 m  
(ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

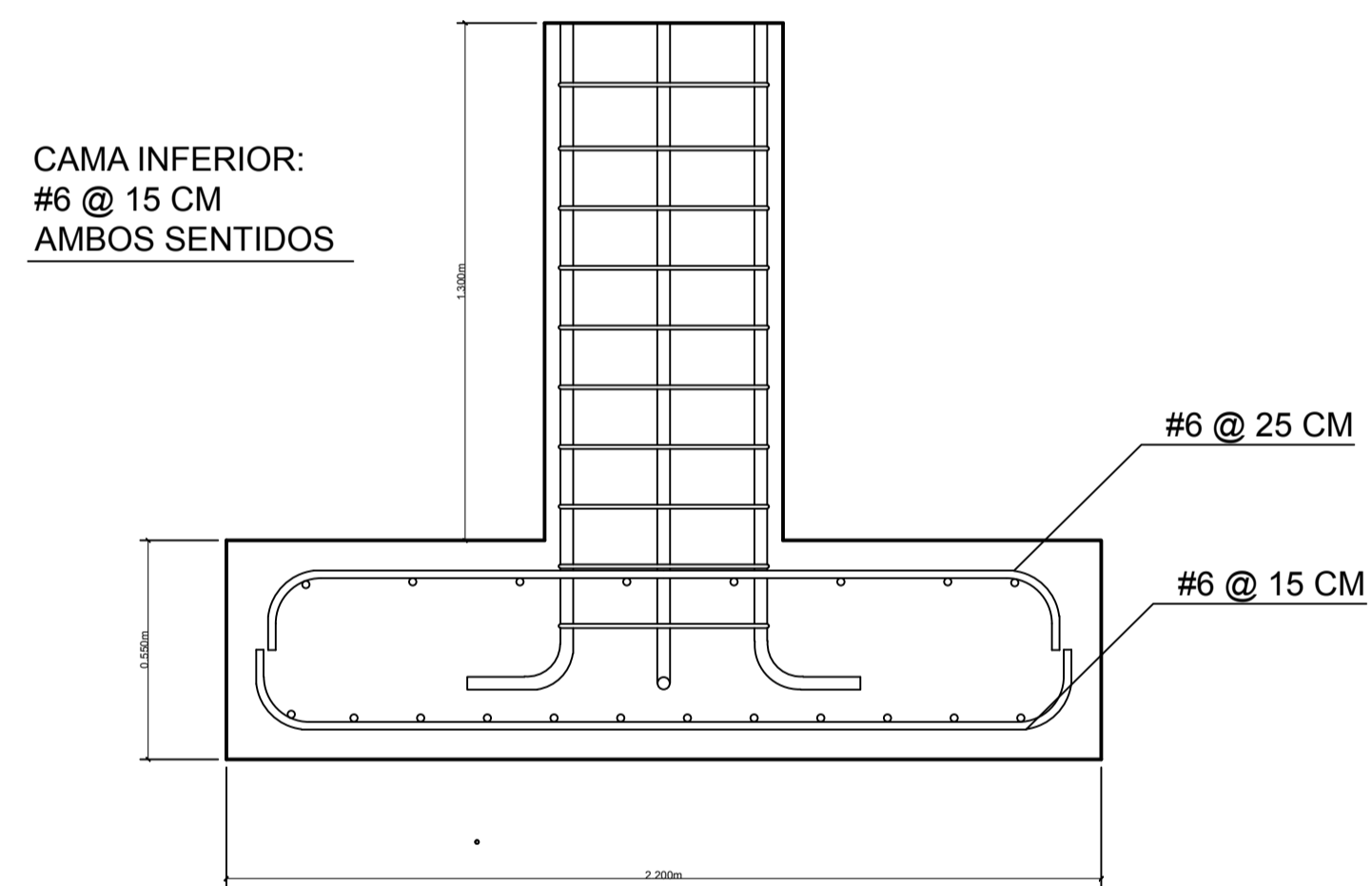
CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE ZAPATAS	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 19/45
Vo.Bo. _____ INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	

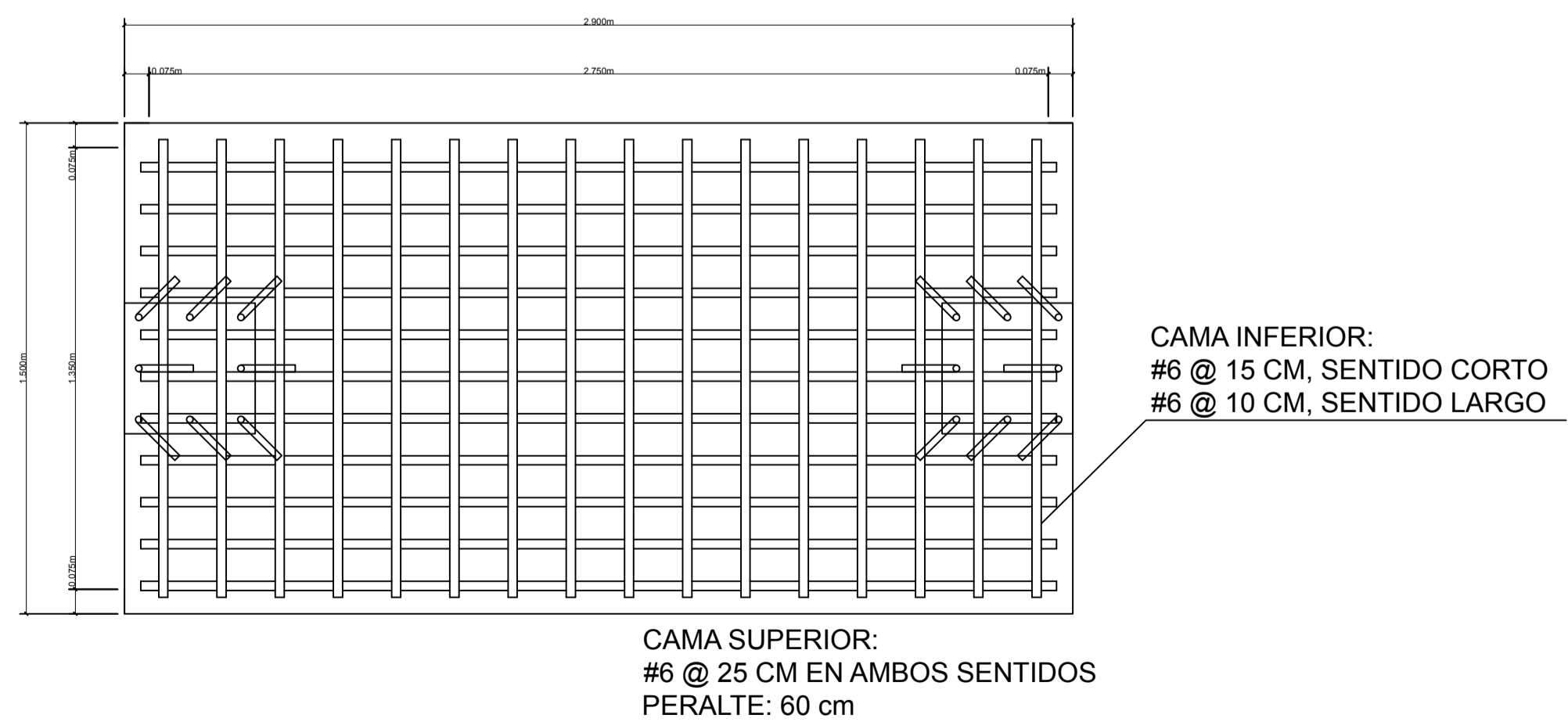
**PLANTA ZAPATA Z-4**  
ESCALA 1:25



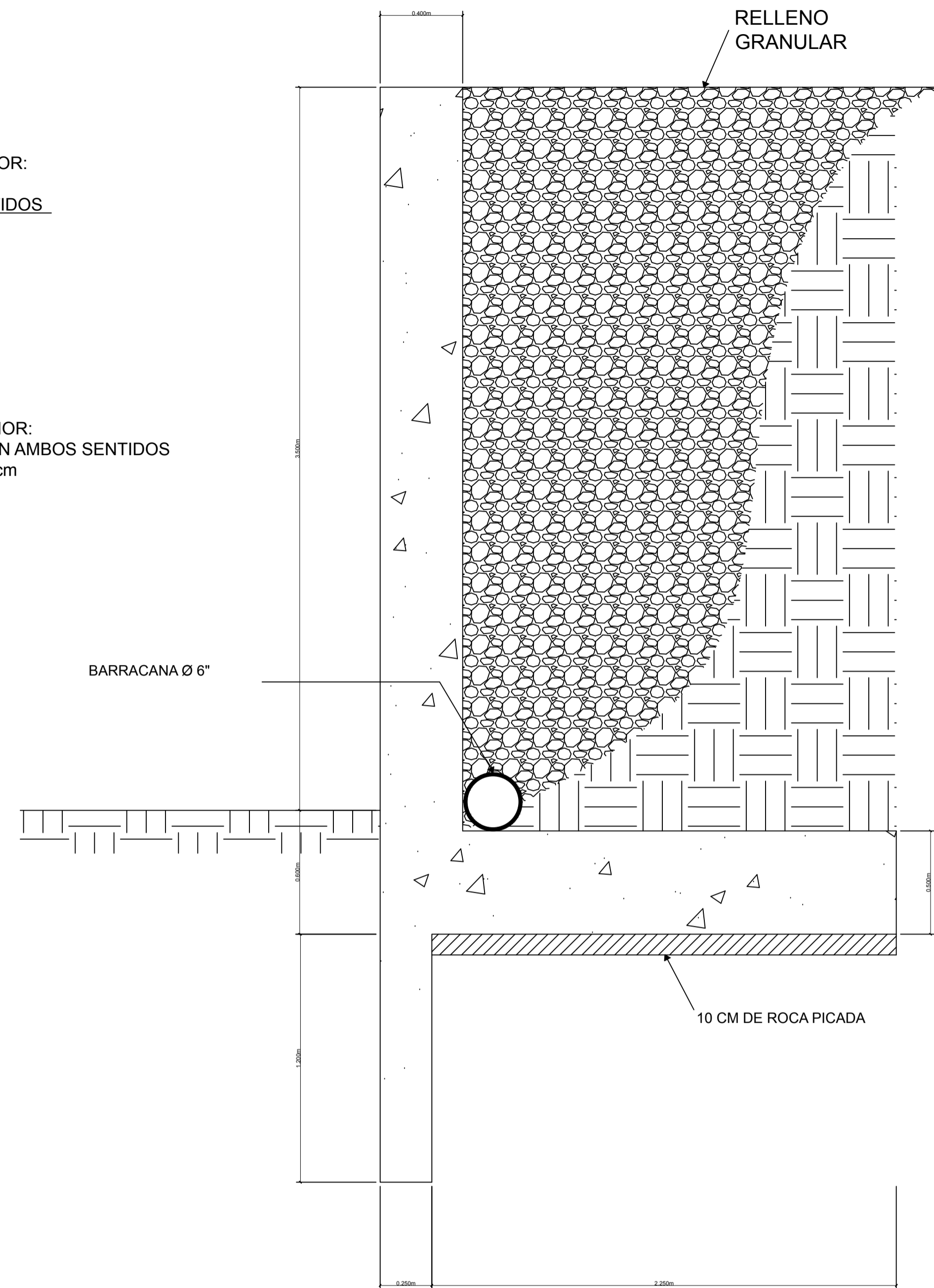
**PLANTA ZAPATA Z-5**  
ESCALA 1:25



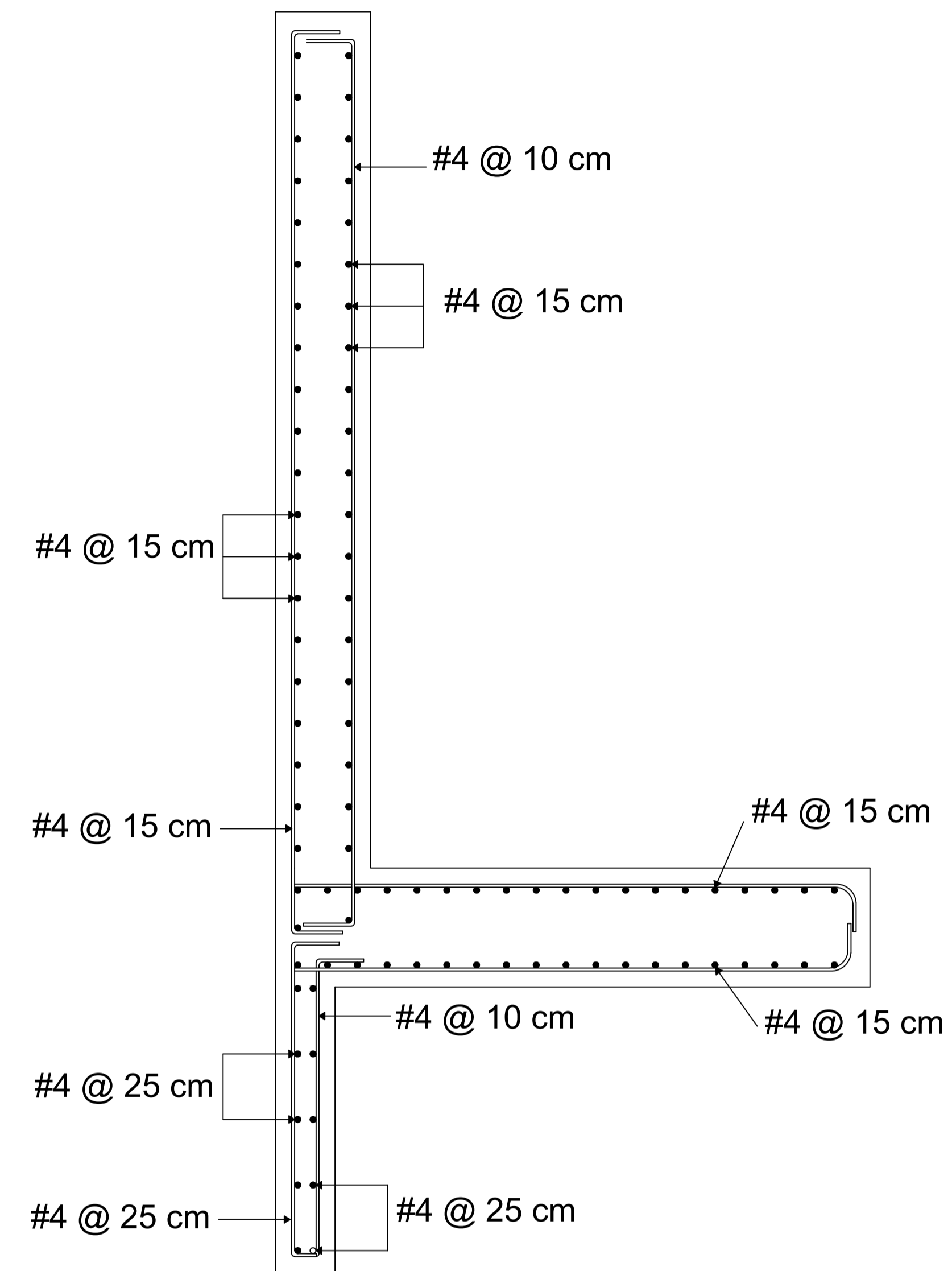
**CORTE ZAPATA Z-5**  
ESCALA 1:25



**PLANTA ZAPATA Z-4**  
ESCALA 1:25




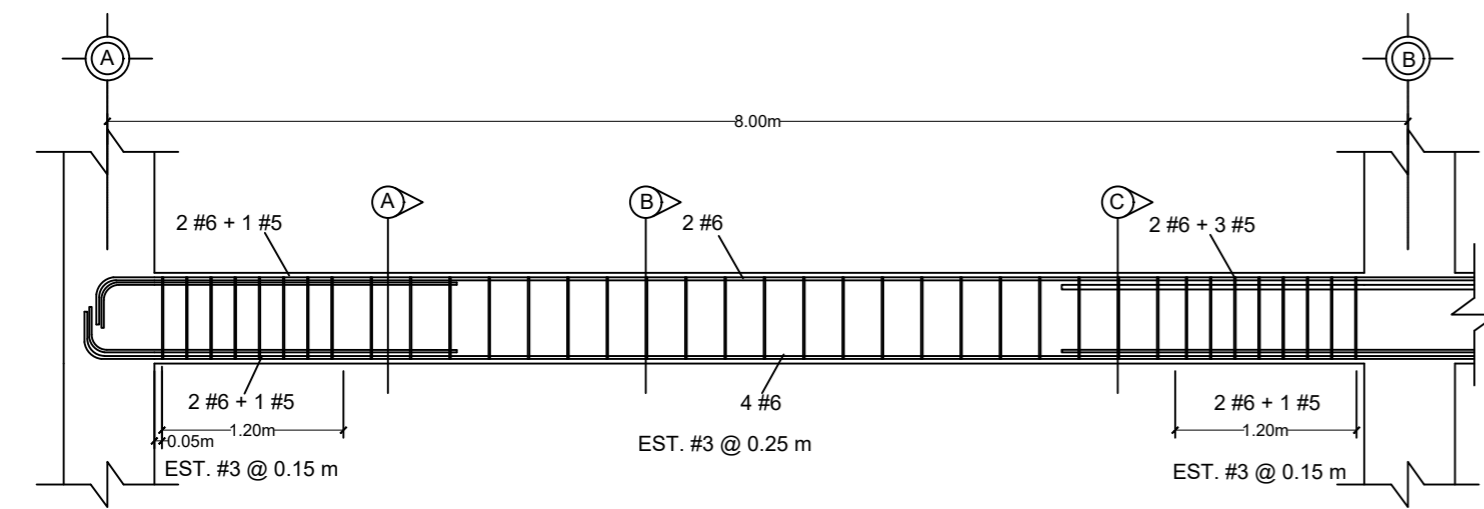
**ELEVACIÓN DE MURO**  
ESCALA 1:25



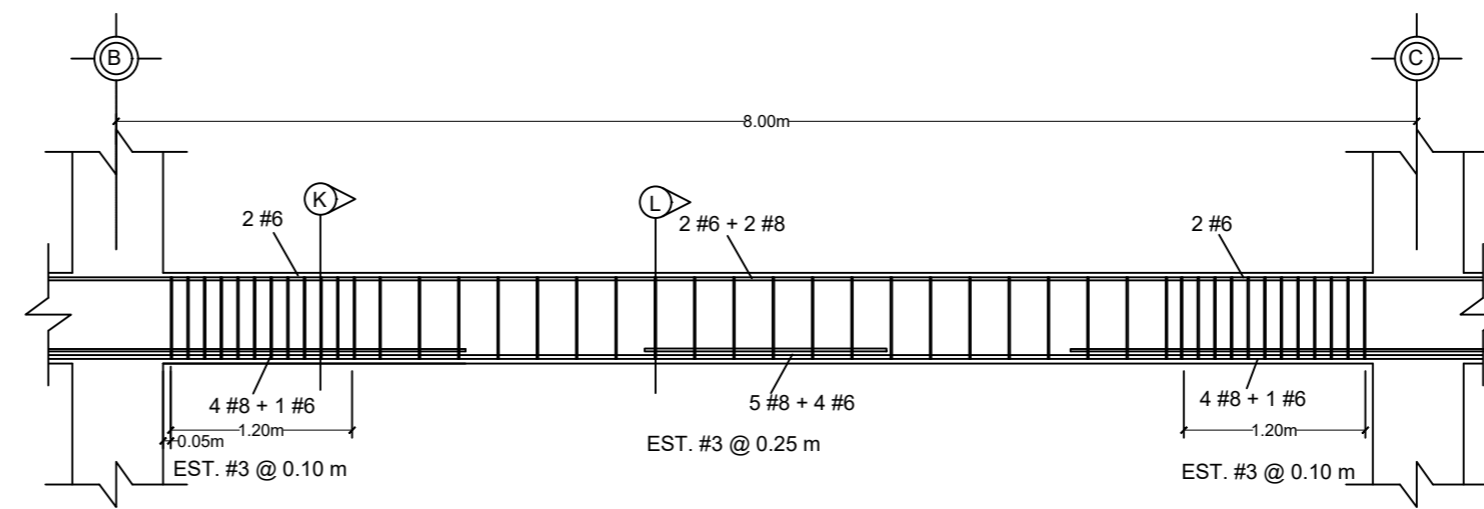
**ARMADO DE MURO**  
ESCALA 1:25

**ESPECIFICACIONES**  
 RECUBRIMIENTOS: (ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
 COLUMNA: 0.04 m  
 (ACI 318-05 CAP.21.2.4.1 Y 21.2.5)  
 $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$   
 CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
 HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
 HIERRO  $\frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

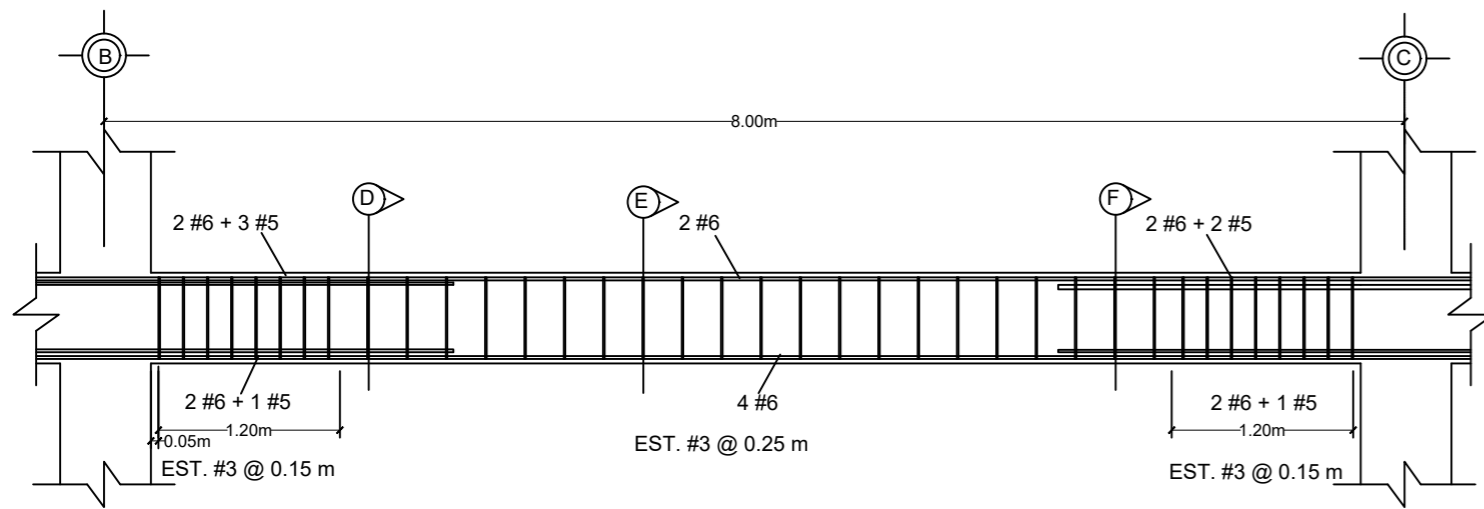
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE ZAPATAS	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 20/45
Vo.Bo. _____ INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



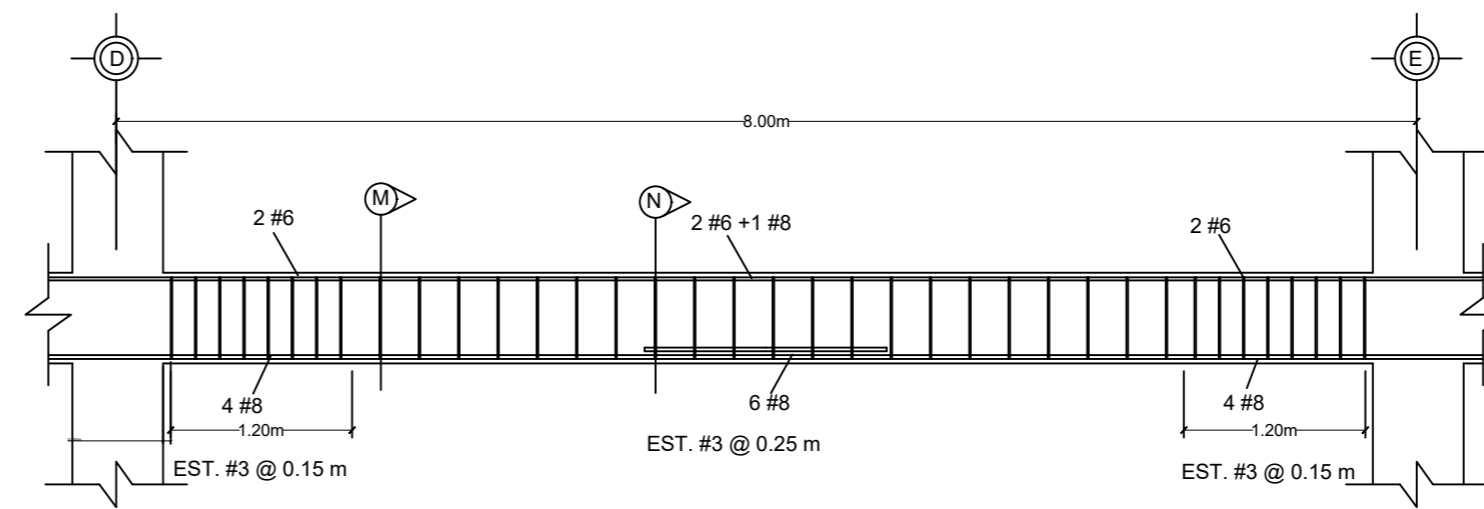
VIGA A-0 ESCALA 1:50



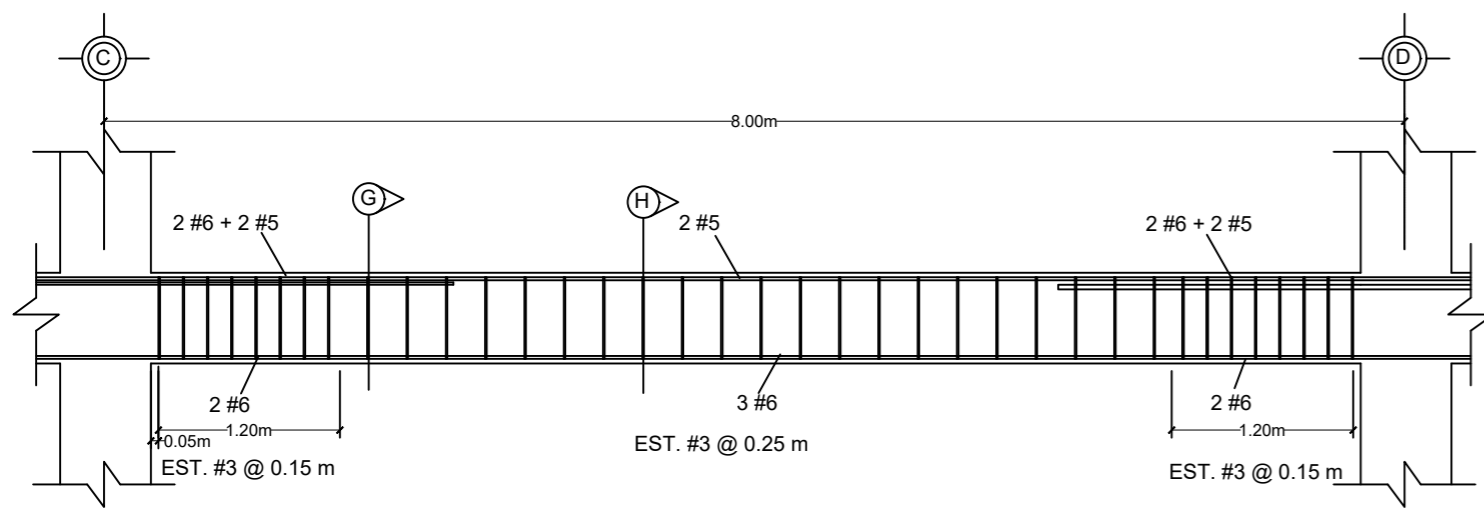
VIGA A-4 ESCALA 1:50



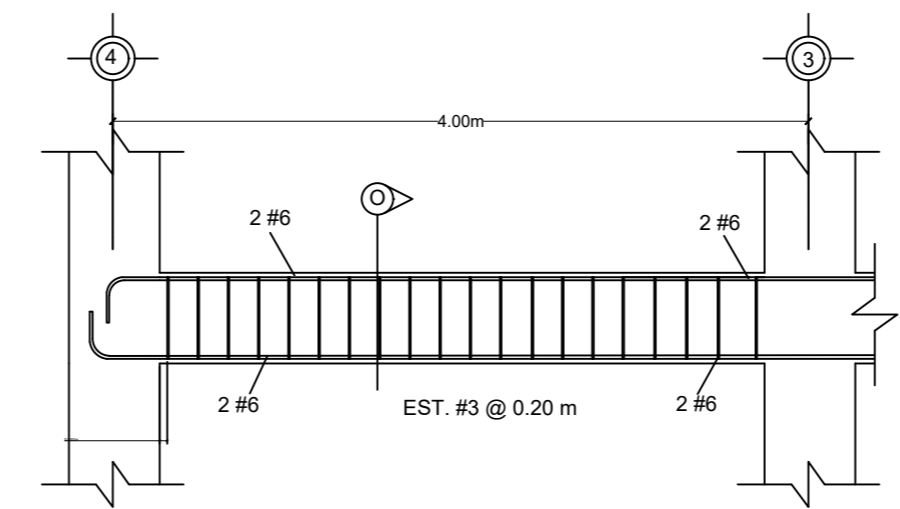
VIGA A-1 ESCALA 1:50



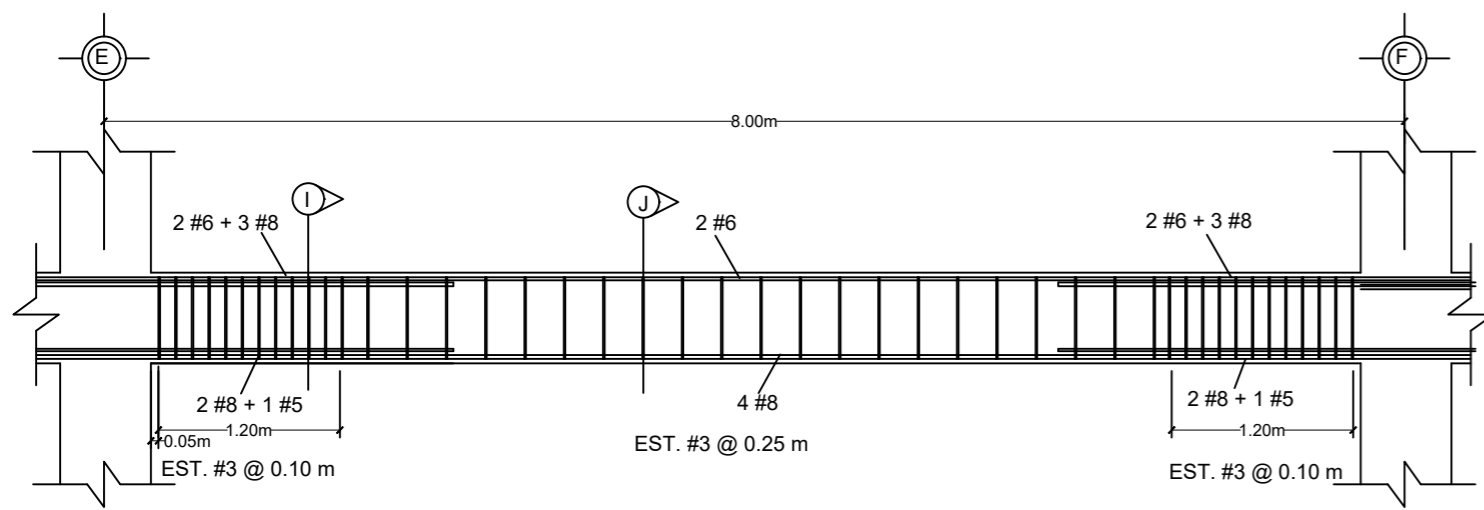
VIGA A-5 ESCALA 1:50



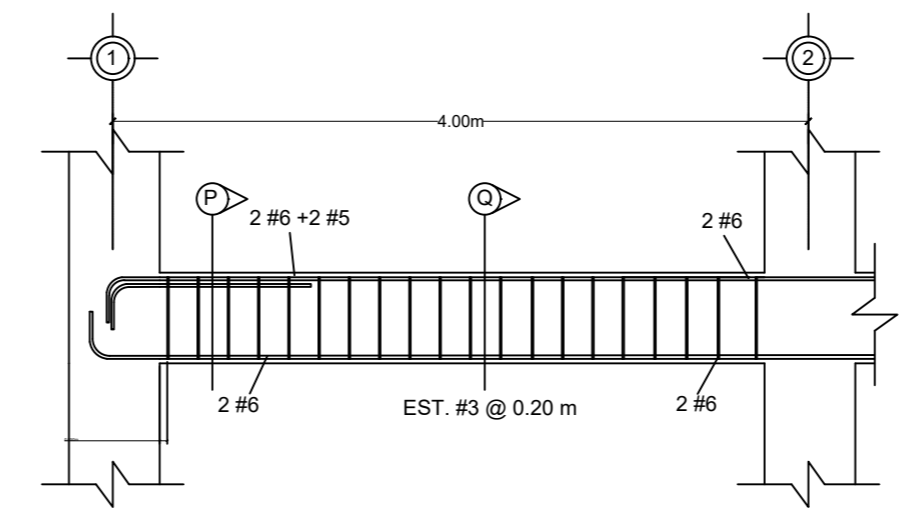
VIGA A-2 ESCALA 1:50



VIGA A-5 ESCALA 1:50



VIGA A-3 ESCALA 1:50



VIGA A-7 ESCALA 1:50


ESPECIFICACIONES

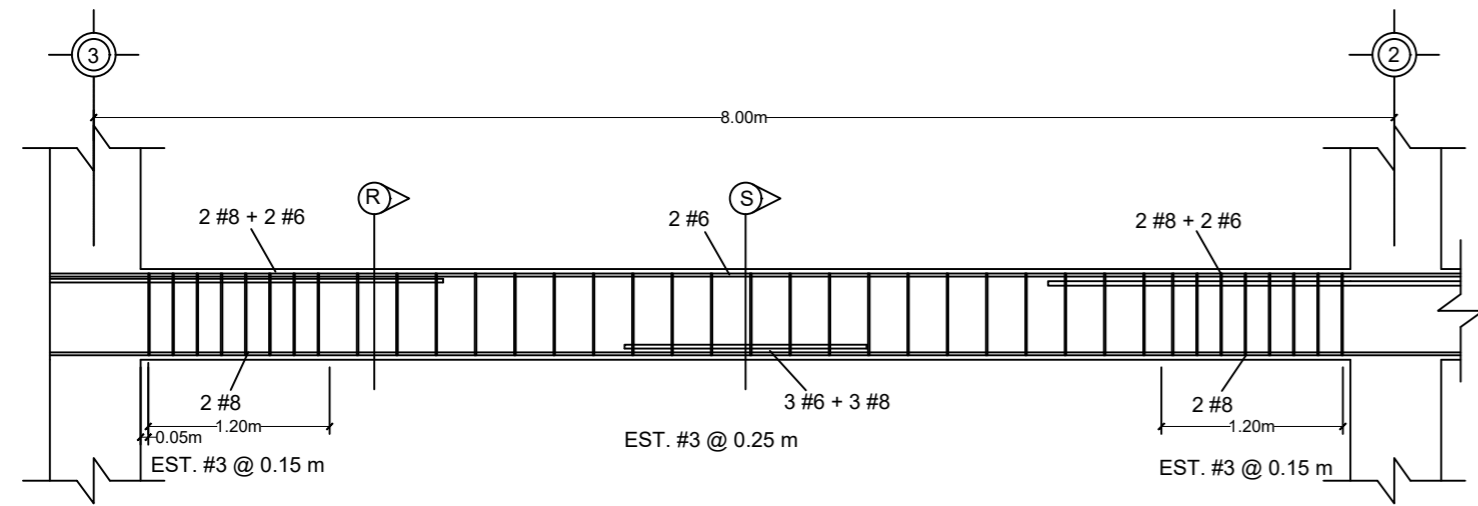
ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL  
MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30  
m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA  
MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

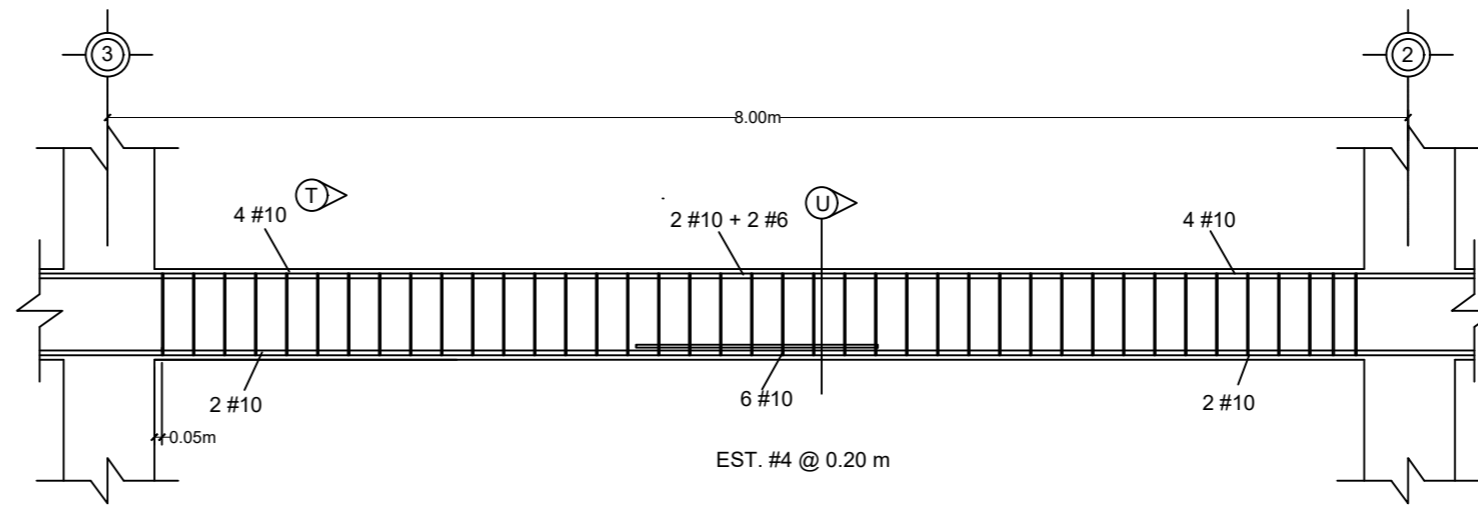
$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\phi \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

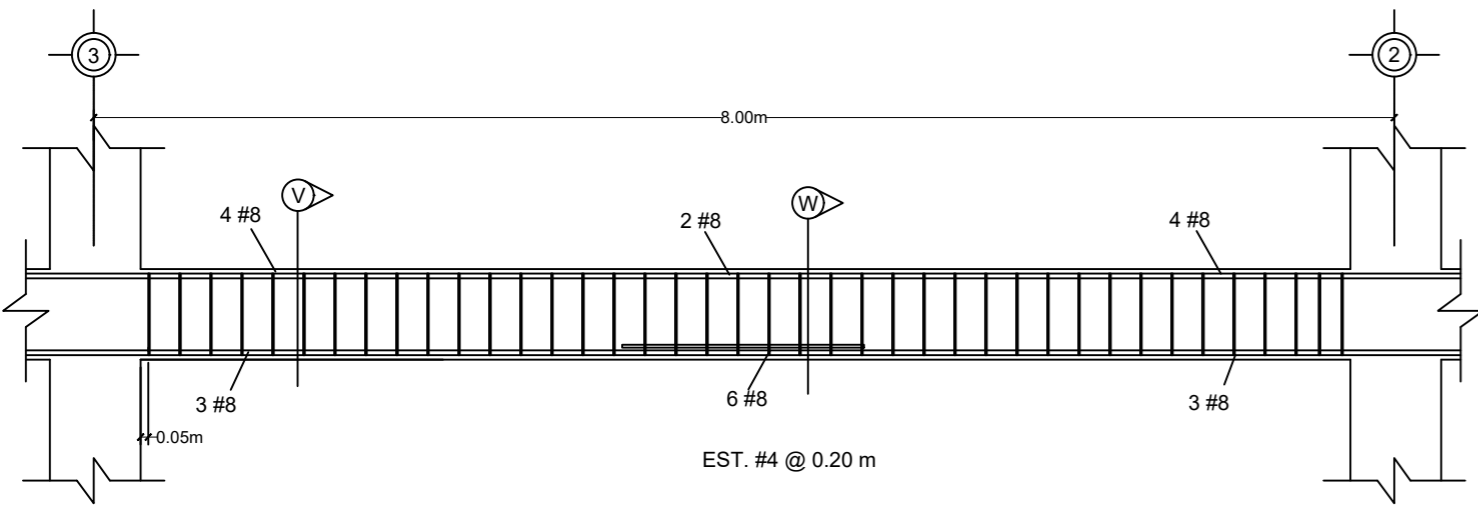
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO			
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 21/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



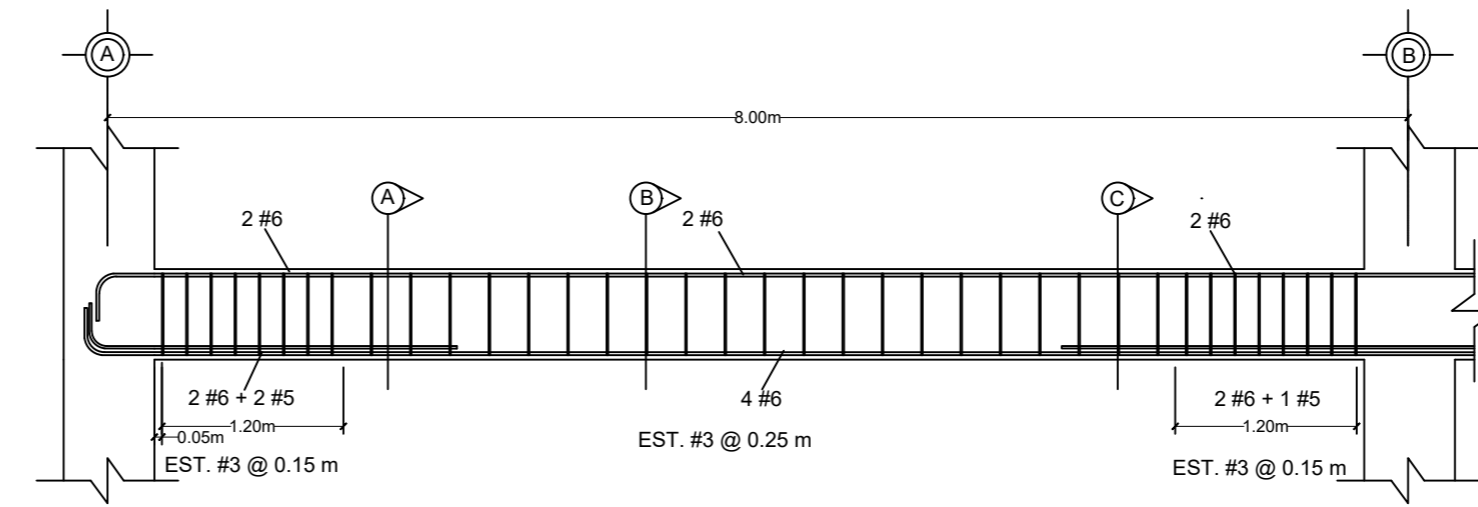
VIGA A-8 ESCALA 1:50



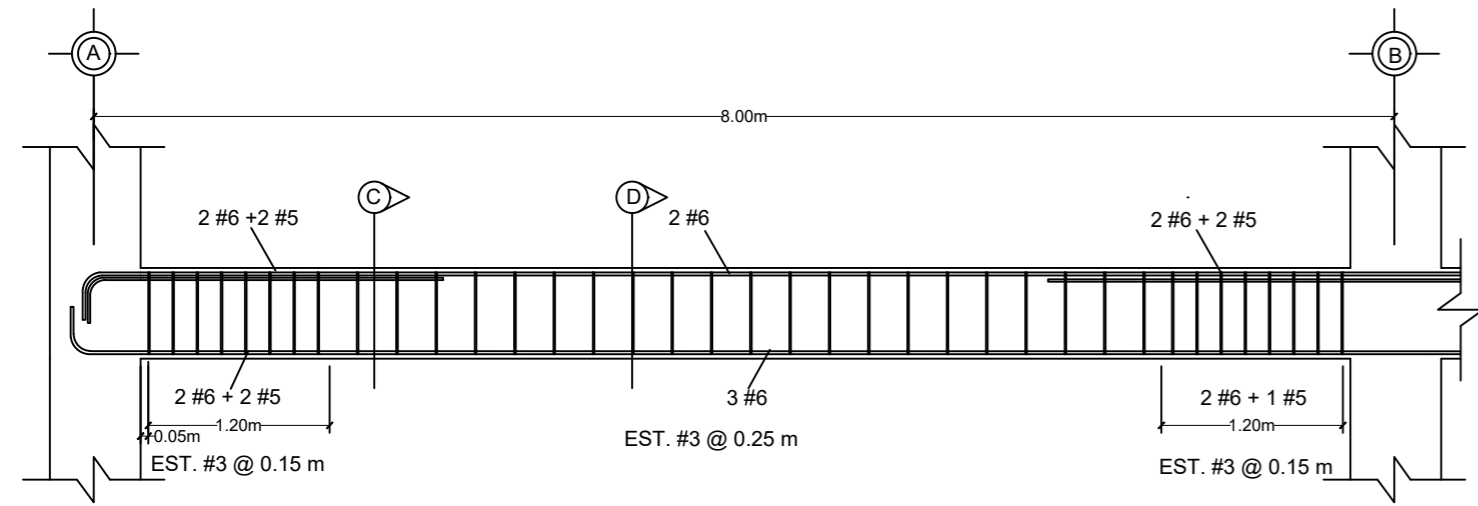
VIGA A-9 ESCALA 1:50



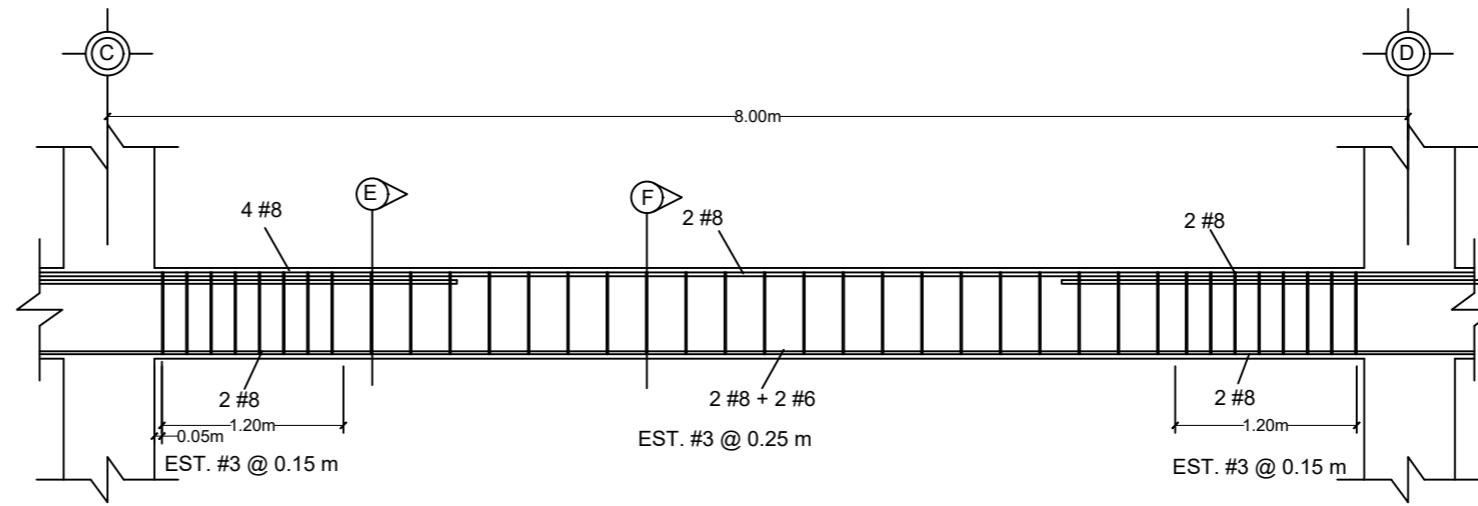
VIGA A-10 ESCALA 1:50



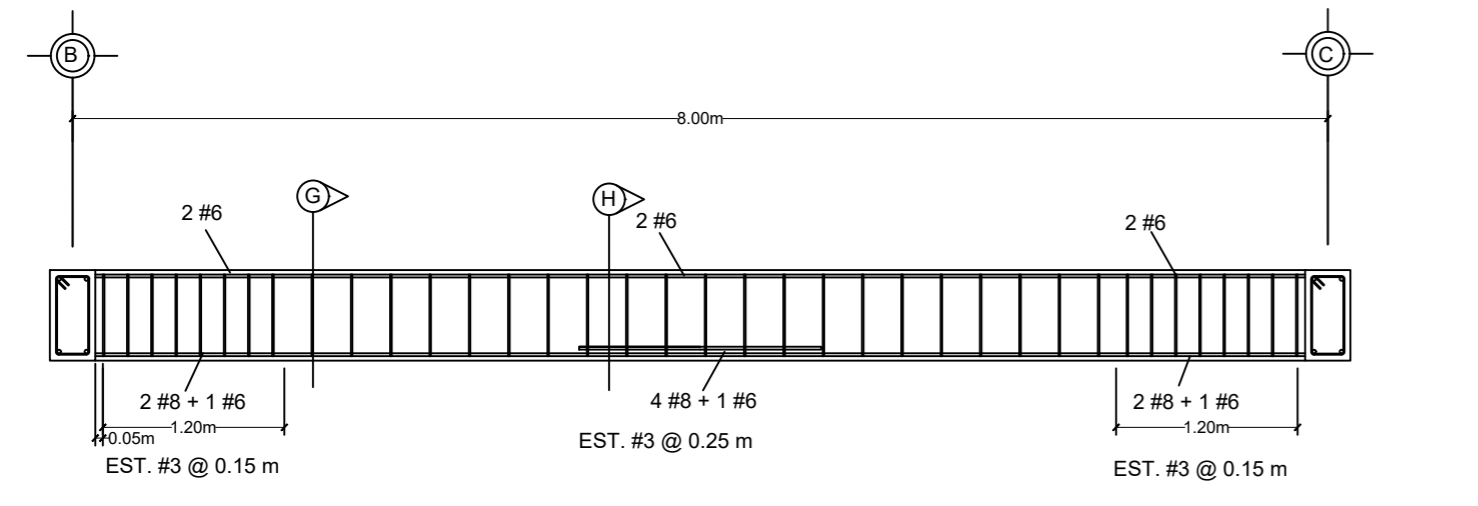
VIGA B-0 ESCALA 1:50



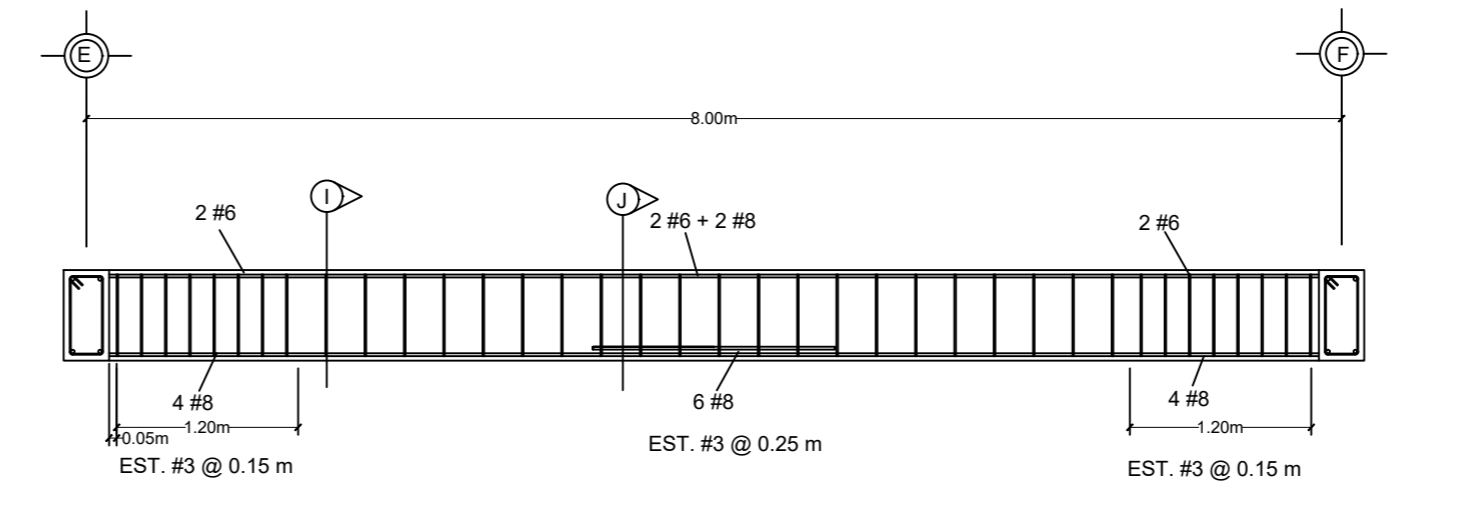
VIGA B-1 ESCALA 1:50



VIGA B-2 ESCALA 1:50



VIGA B-3 ESCALA 1:50



VIGA B-4 ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES

ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL  
MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30  
m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA  
MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

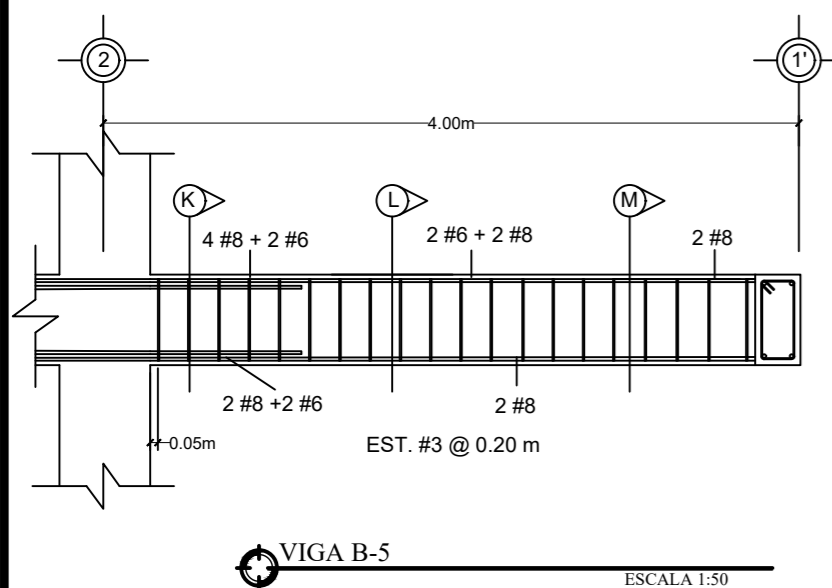
$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

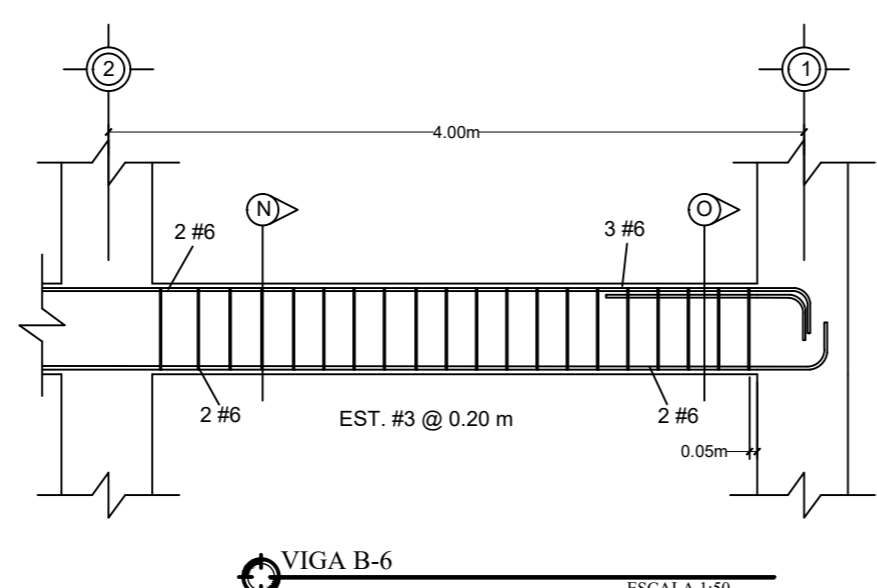


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

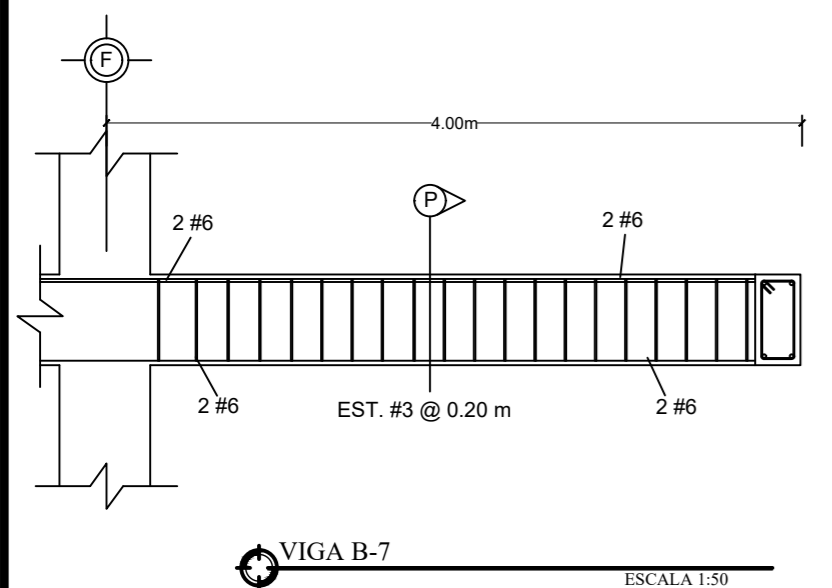
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 22/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS



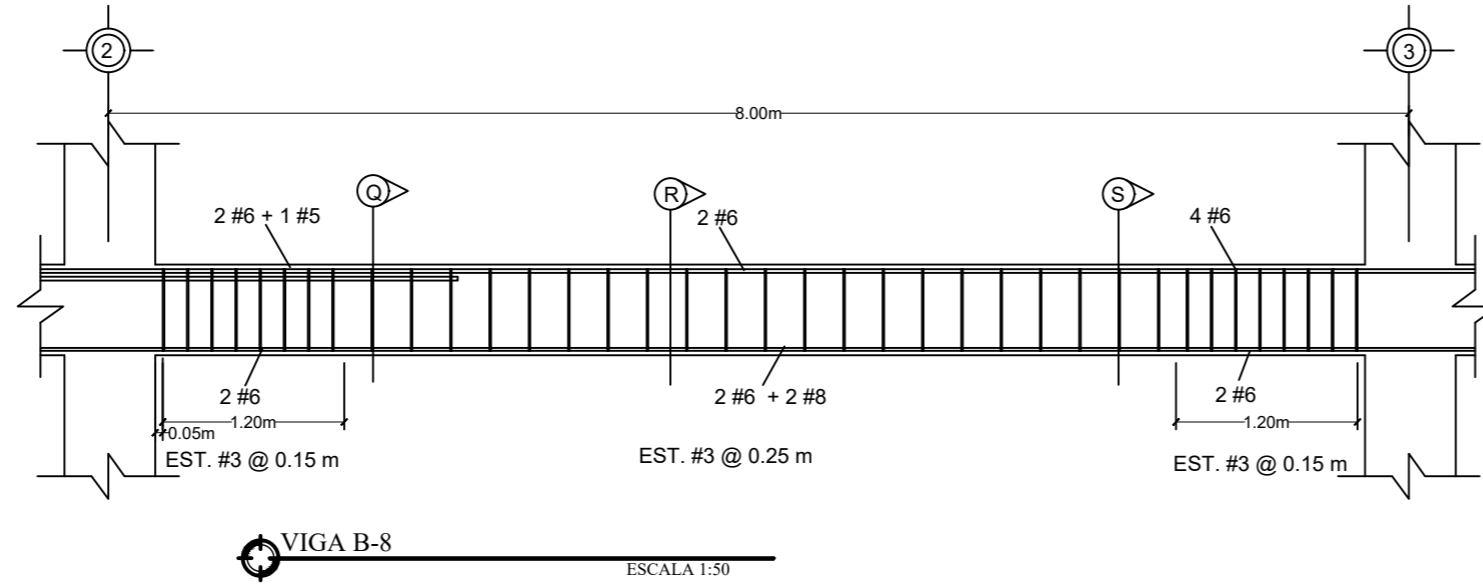
VIGA B-5 ESCALA 1:50



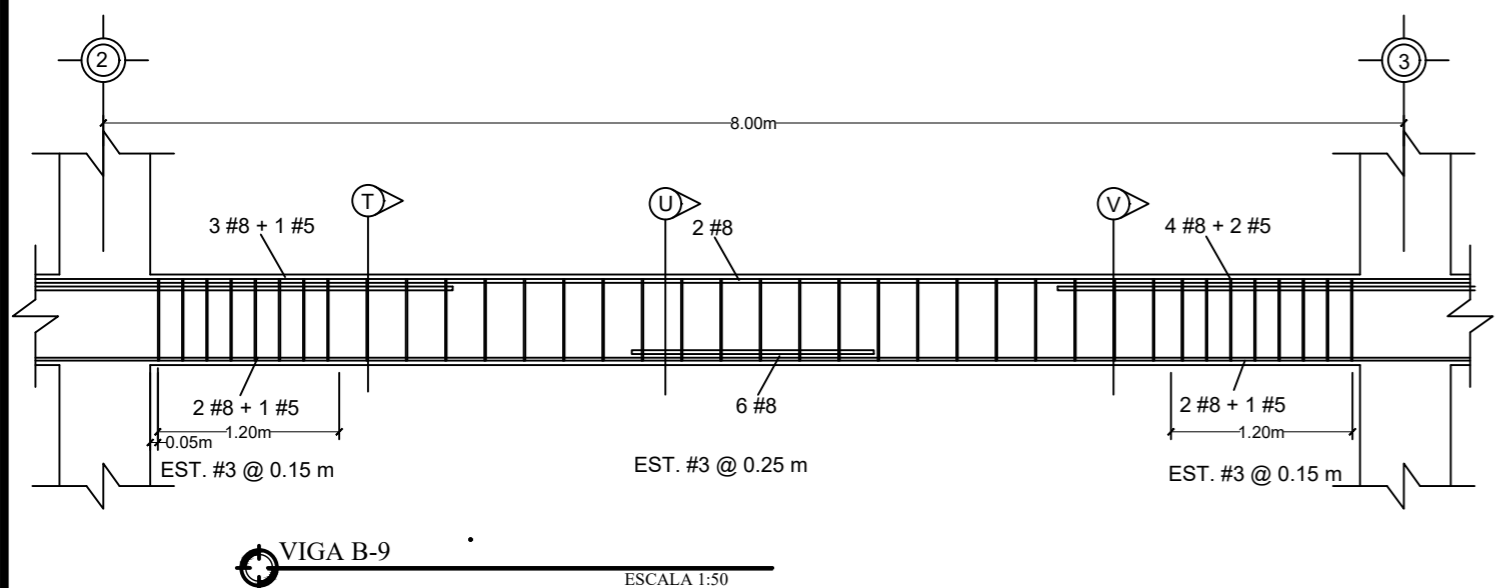
VIGA B-6 ESCALA 1:50



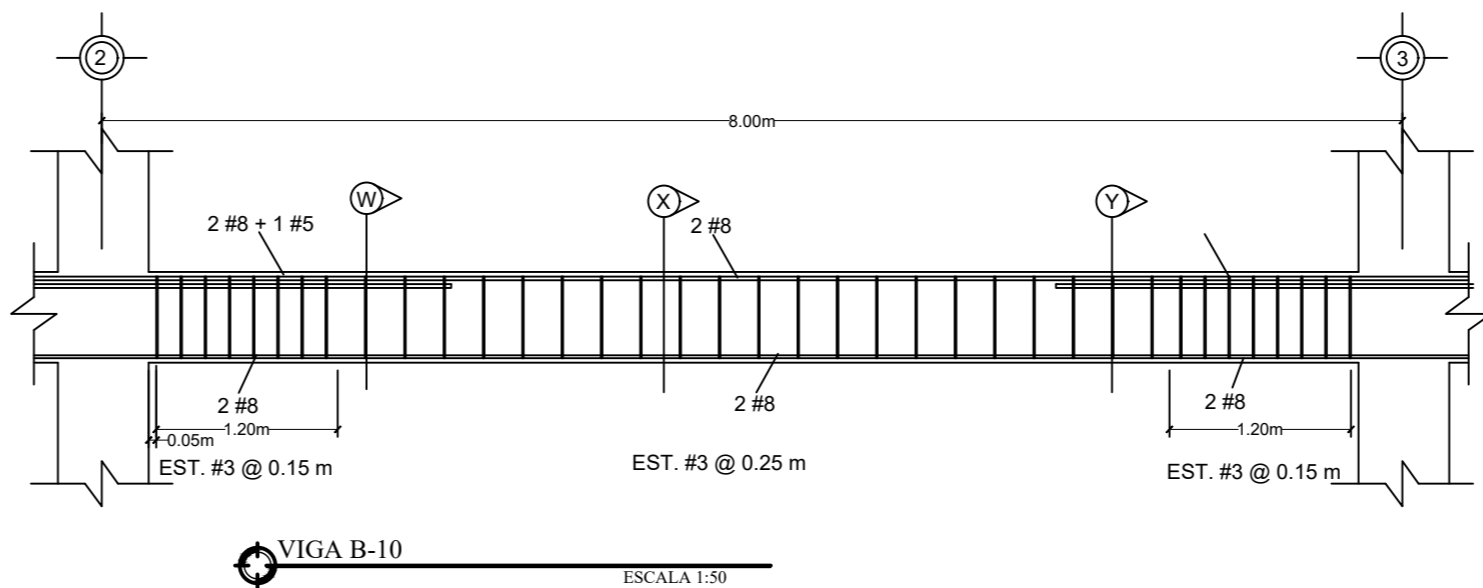
VIGA B-7 ESCALA 1:50



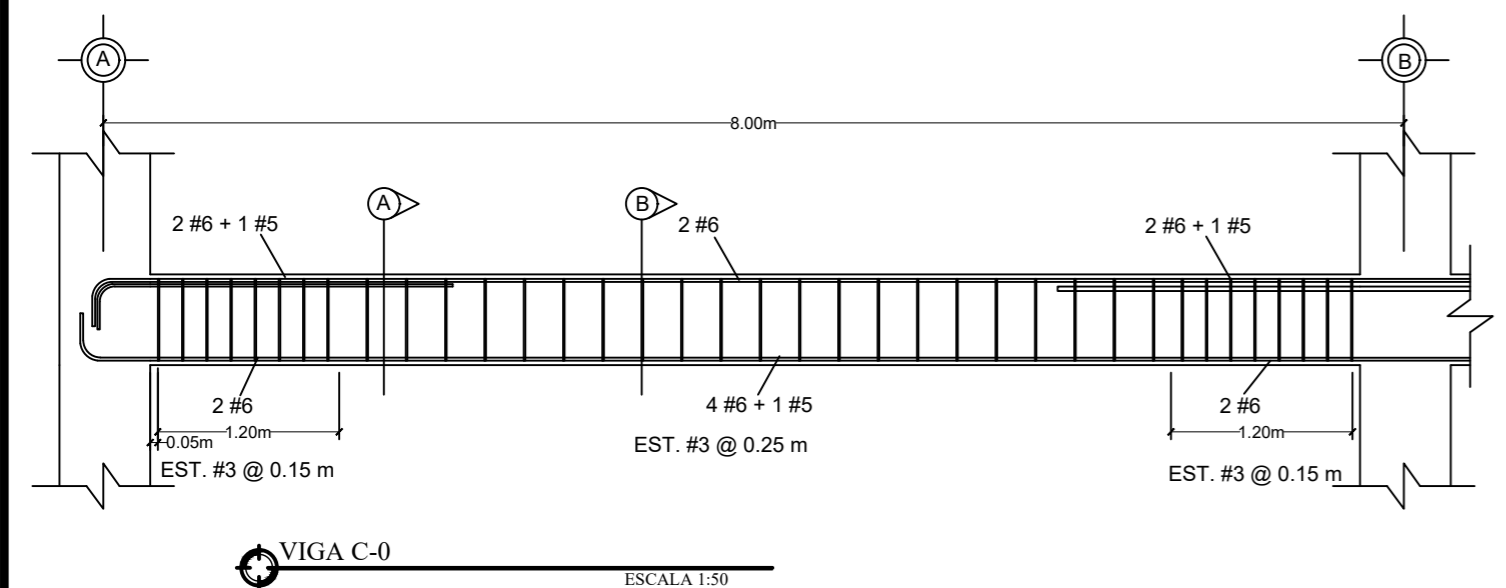
VIGA B-8 ESCALA 1:50



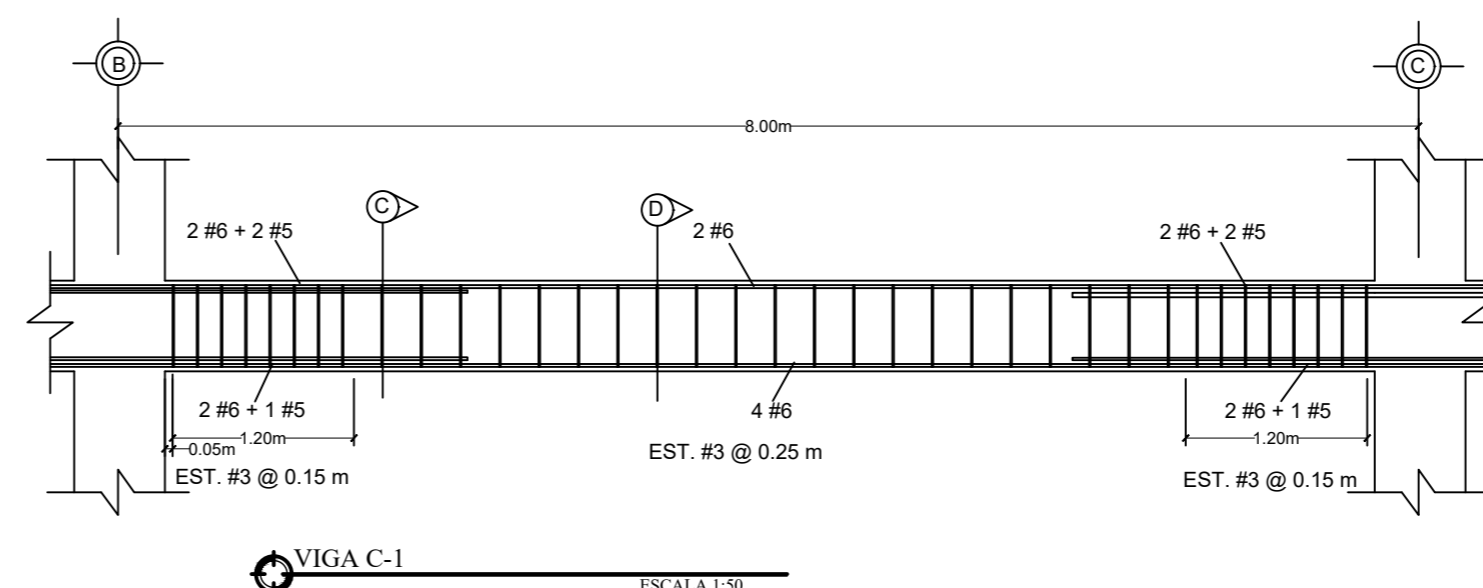
VIGA B-9 ESCALA 1:50



VIGA B-10 ESCALA 1:50



VIGA C-0 ESCALA 1:50



VIGA C-1 ESCALA 1:50

**ESPECIFICACIONES**

ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL  
MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30  
m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA  
MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\varnothing \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

**PROYECTO:**  
ANEXO T-11

**UBICACIÓN:**  
CIUDAD UNIVERSITARIA

**CONTENIDO:**  
DETALLE DE VIGAS

**EPESISTA:**  
RODY F. CARDONA

**ESCALA:**  
INDICADA

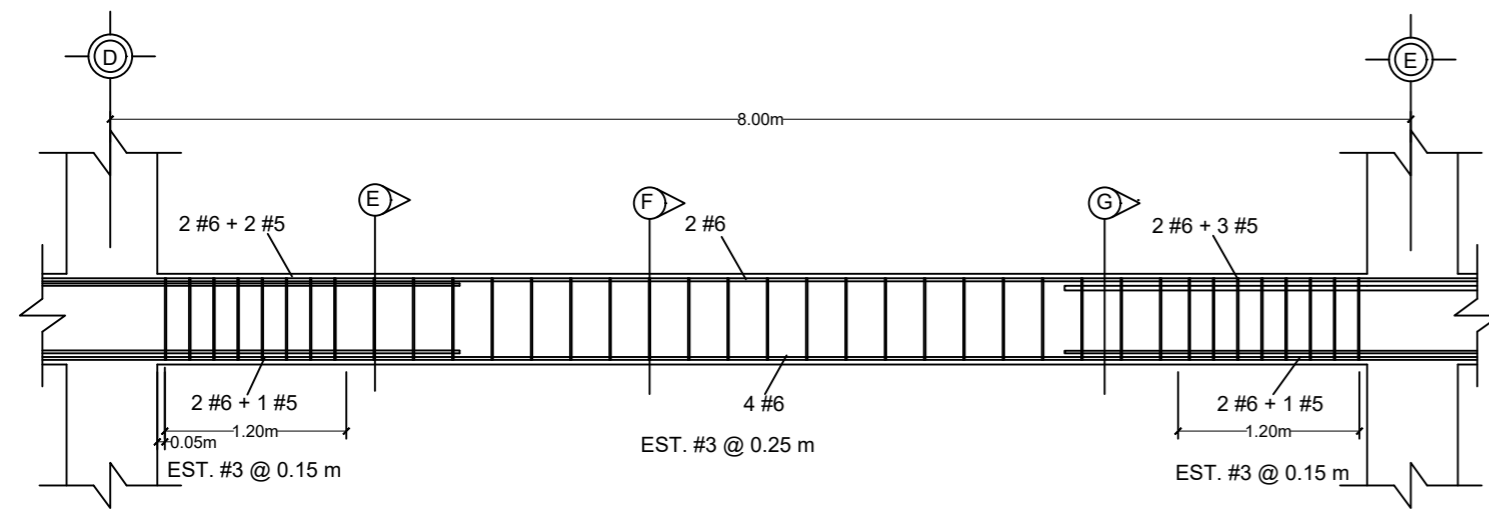
**CARNÉ:**  
201404150

Vo.Bo.

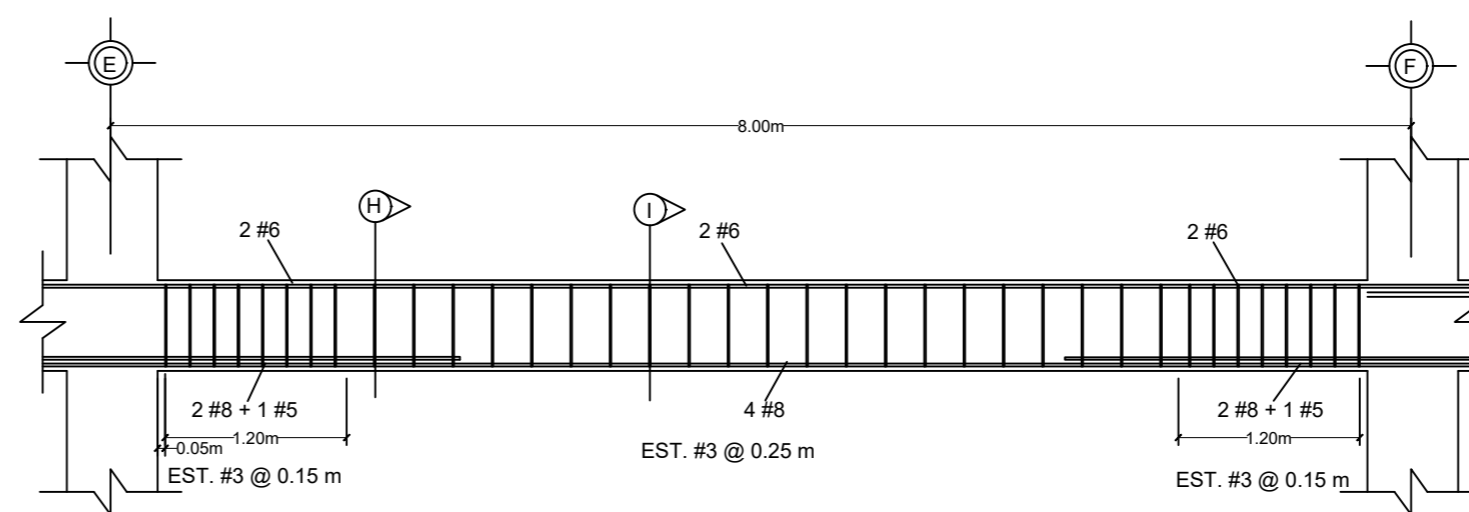
**FECHA:**  
OCTUBRE/2018

**HOJA No.:**  
23/45

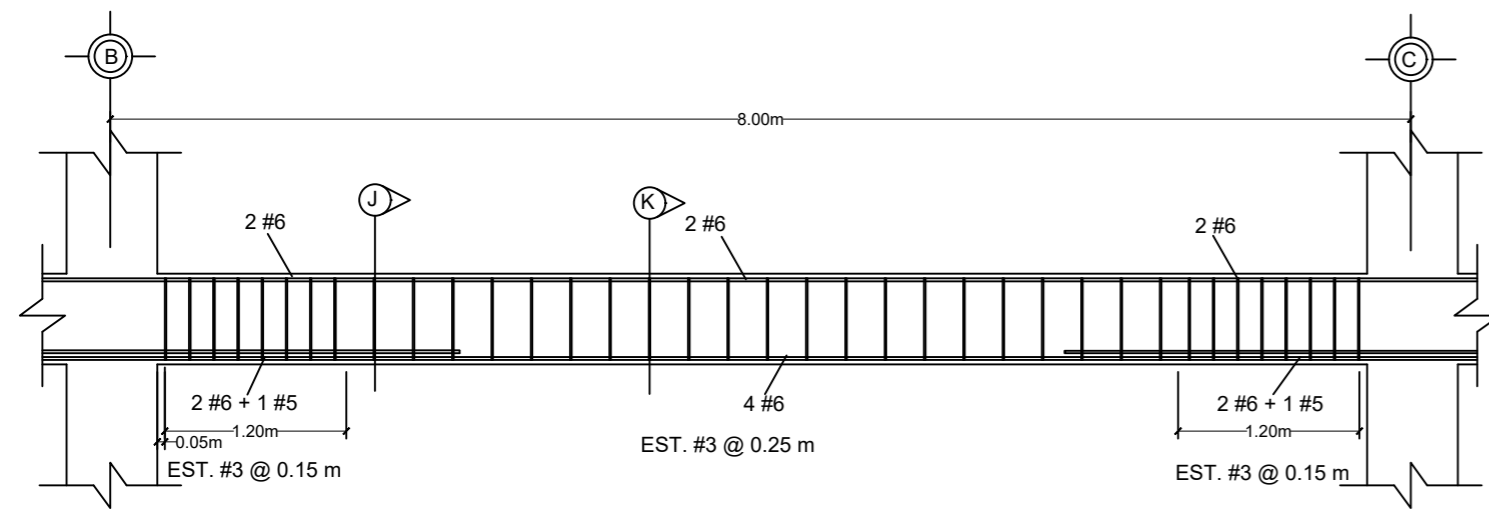
INGA. CHRISTA CLASSON  
ASESOR - SUPERVISOR EPS



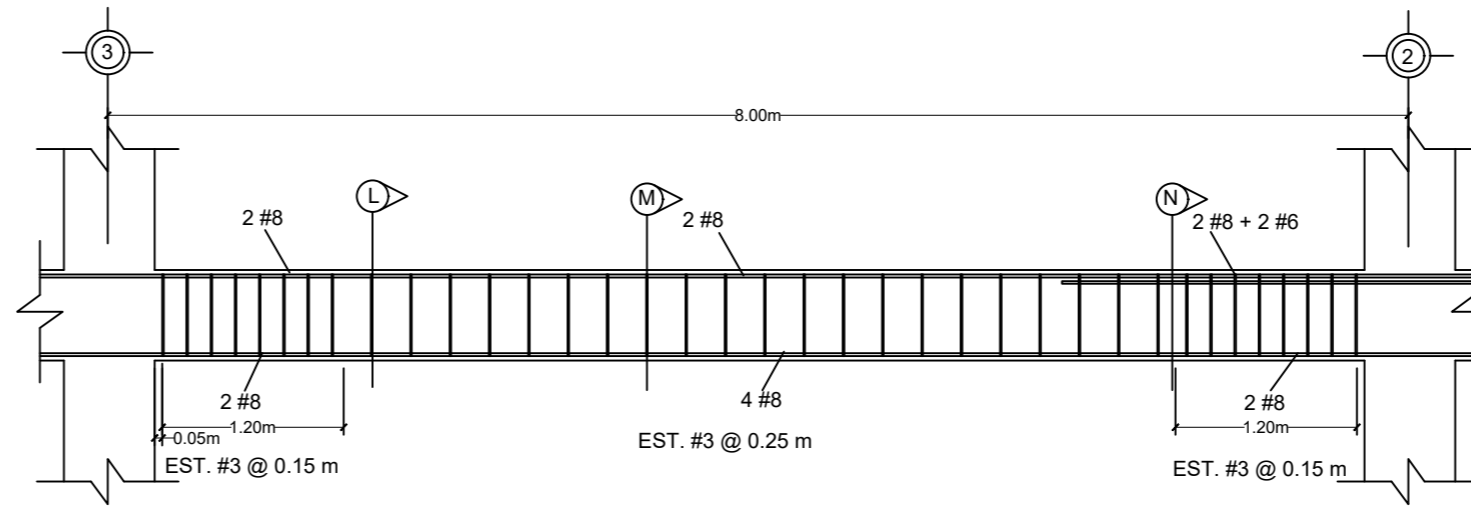
VIGA C-2 ESCALA 1:50



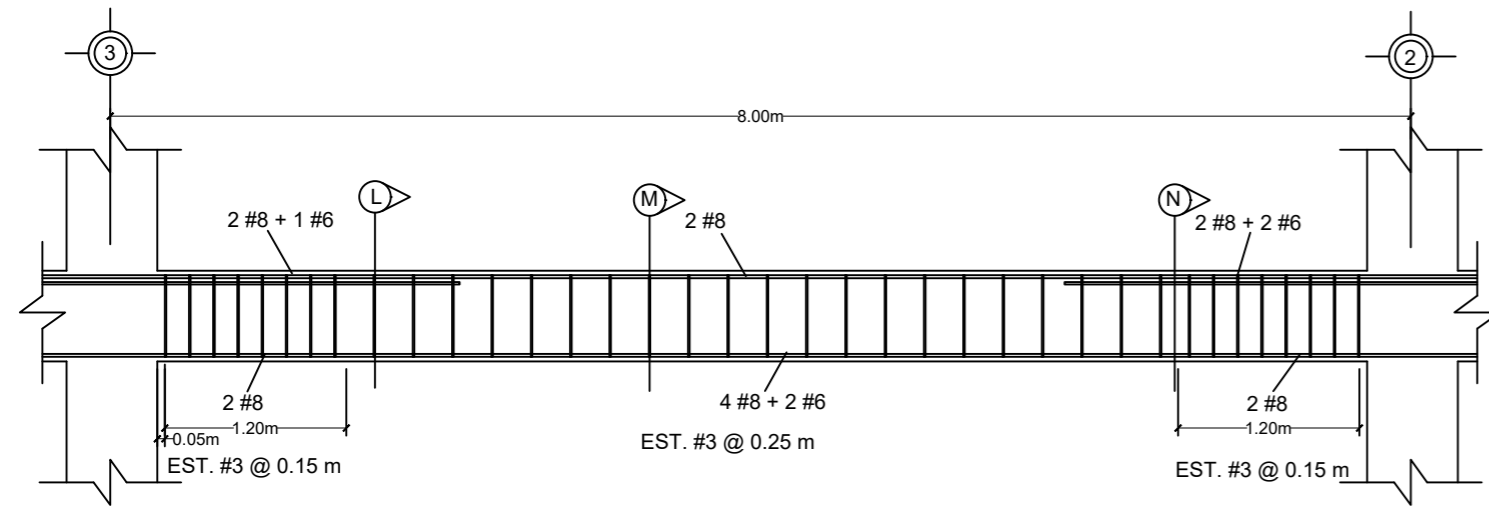
VIGA C-3 ESCALA 1:50



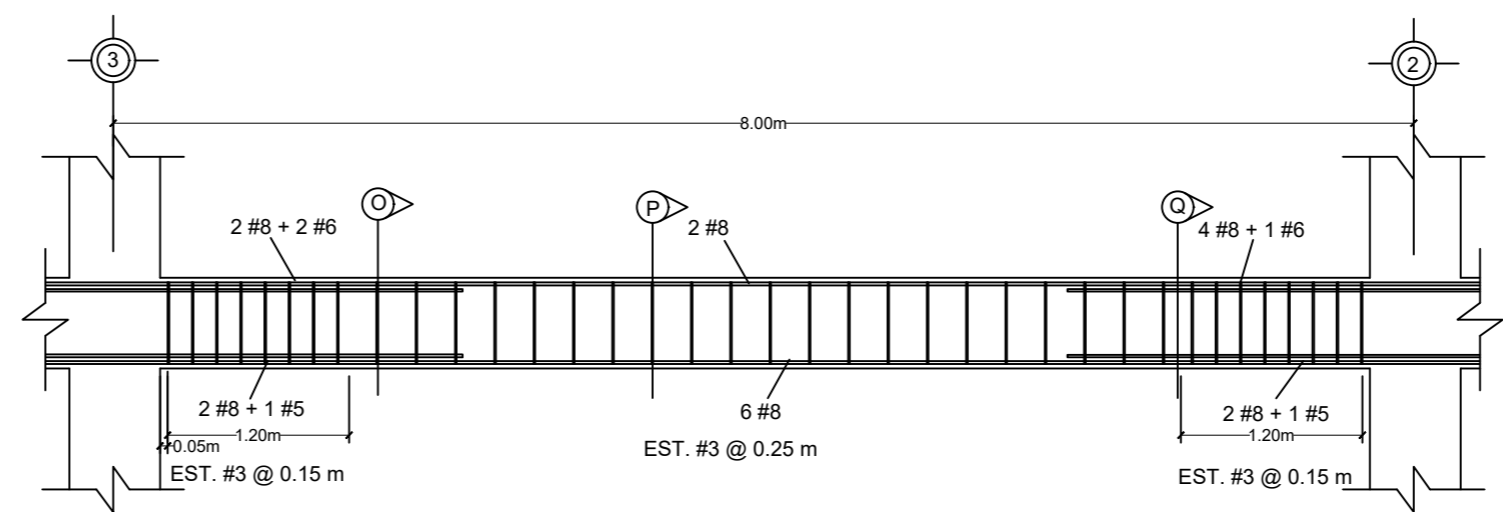
VIGA C-4 ESCALA 1:50



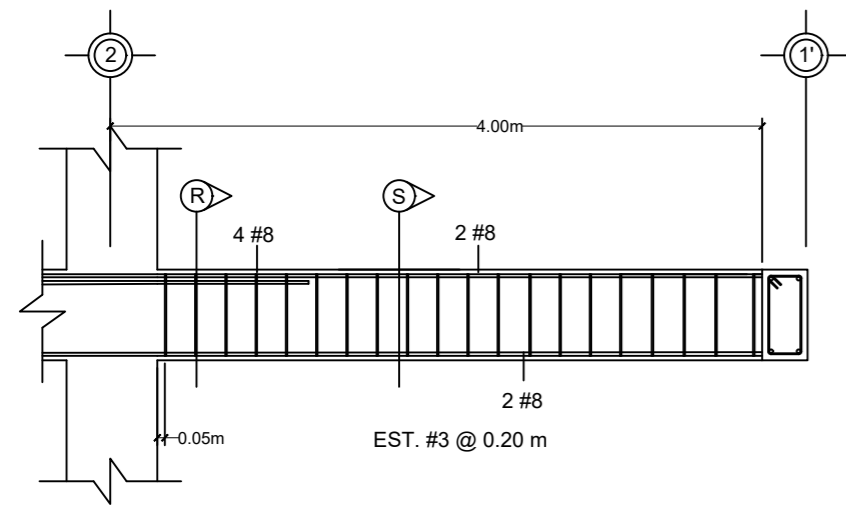
VIGA C-5 ESCALA 1:50



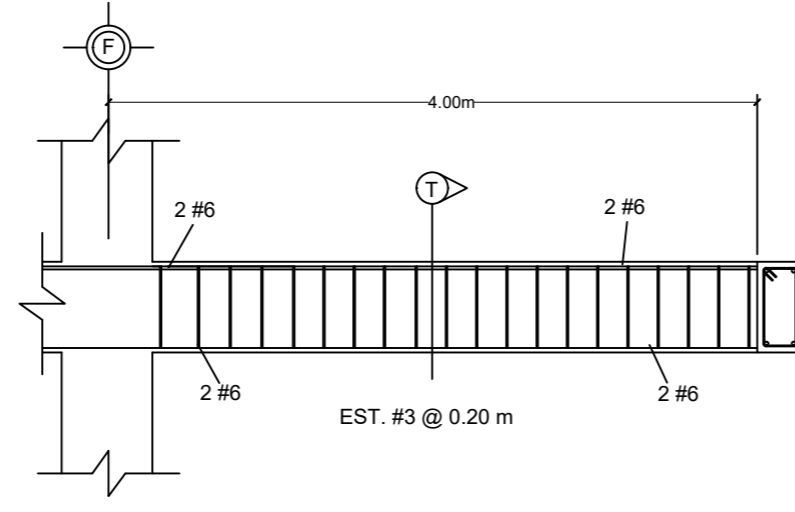
VIGA C-6 ESCALA 1:50



VIGA C-7 ESCALA 1:50



VIGA C-8 ESCALA 1:50



VIGA C-9 ESCALA 1:50

ESPECIFICACIONES

ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL  
MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30  
m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA  
MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\phi \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS : (ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:  
ANEXO T-11

UBICACIÓN:  
CIUDAD UNIVERSITARIA

CONTENIDO:  
DETALLE DE VIGAS

EPESISTA:  
RODY F. CARDONA

ESCALA:  
INDICADA

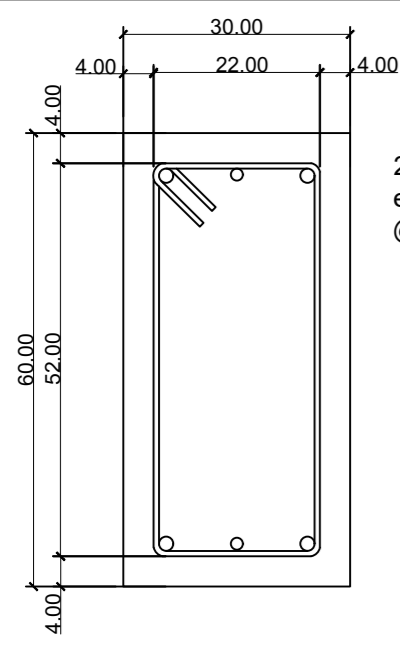
CARNÉ:  
201404150

Vo.Bo.

FECHA:  
OCTUBRE/2018

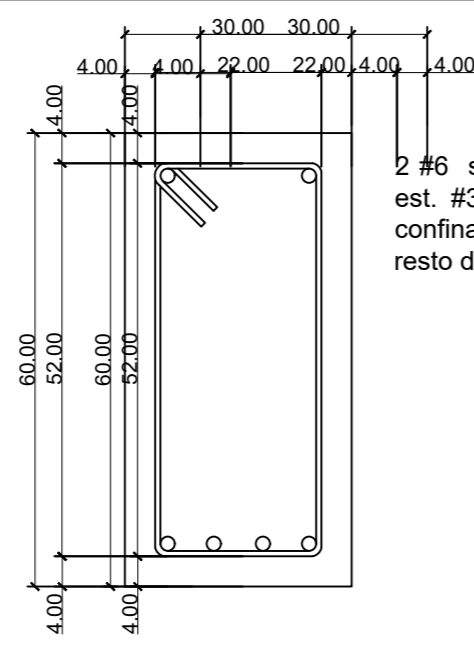
HOJA No.:  
24/45

INGA. CHRISTA CLASSON  
ASESOR - SUPERVISOR EPS



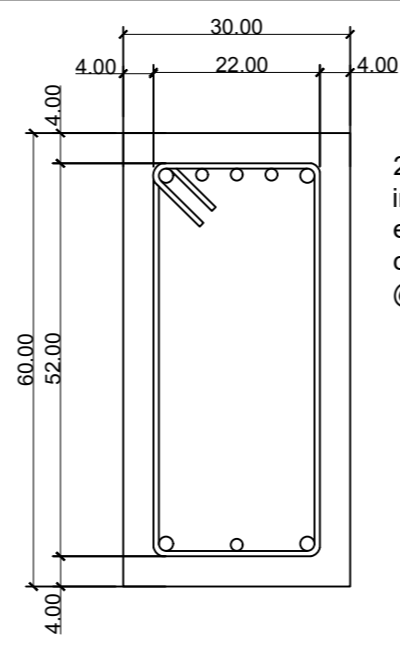
2 #6 + 1 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN A  
ESCALA 1:10



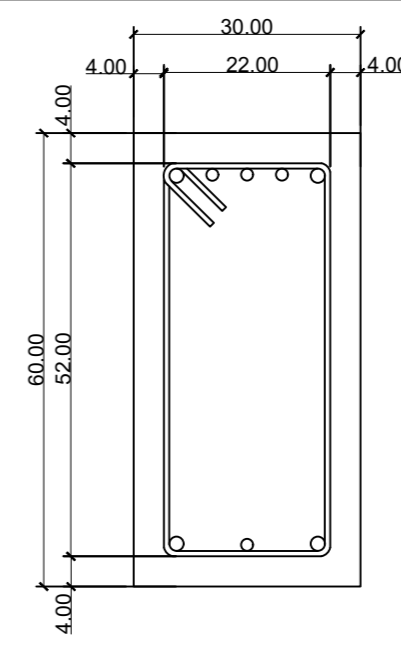
2 #6 superior y 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN B  
ESCALA 1:10



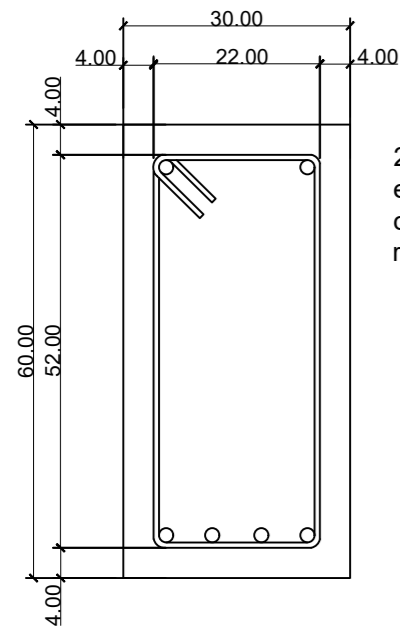
2 #6 + 3 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN C  
ESCALA 1:10



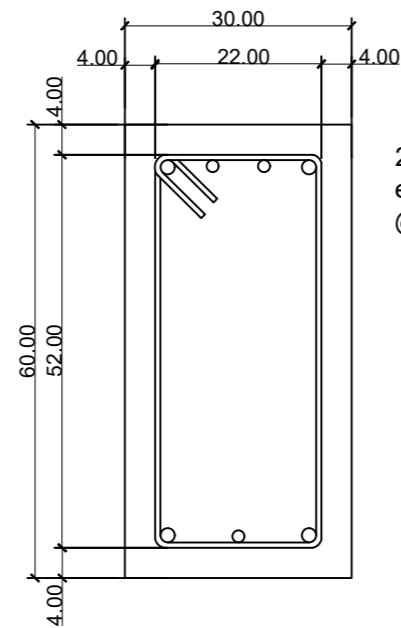
2 #6 + 3 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN D  
ESCALA 1:10



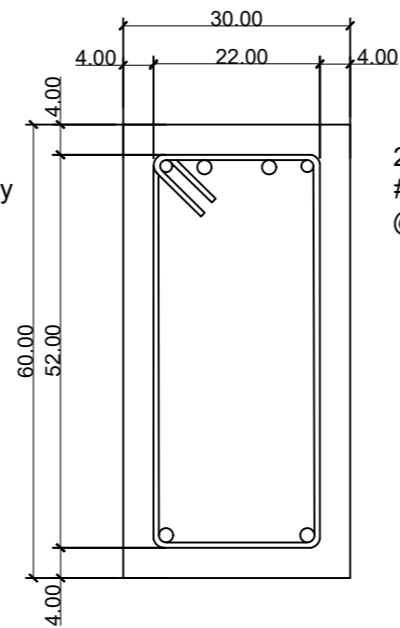
2 #6 superior y 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN E  
ESCALA 1:10



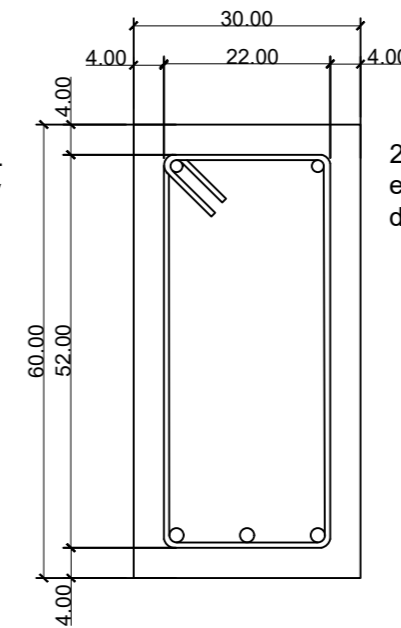
2 #6 + 2 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN F  
ESCALA 1:10



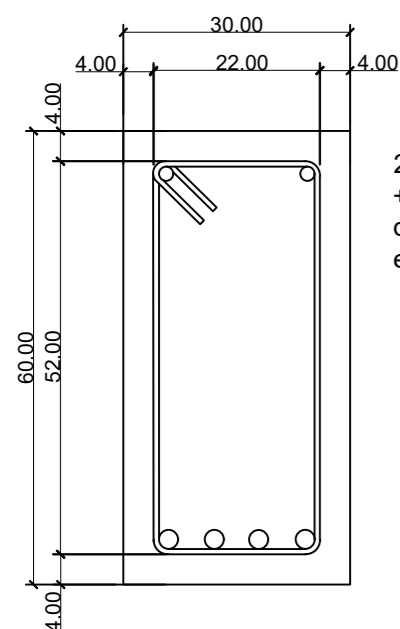
2 #6 + 2 #5 superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN G  
ESCALA 1:10



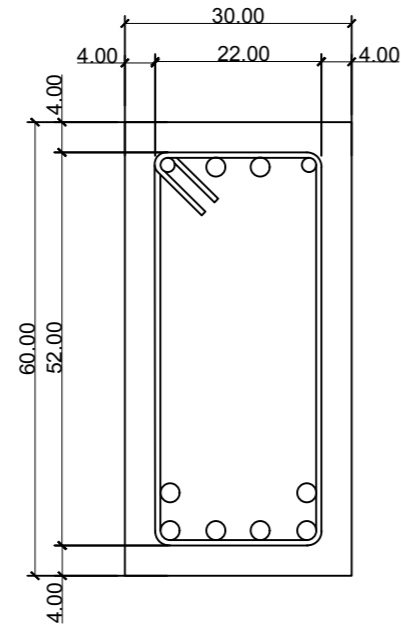
2 #5 superior y 3 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN H  
ESCALA 1:10



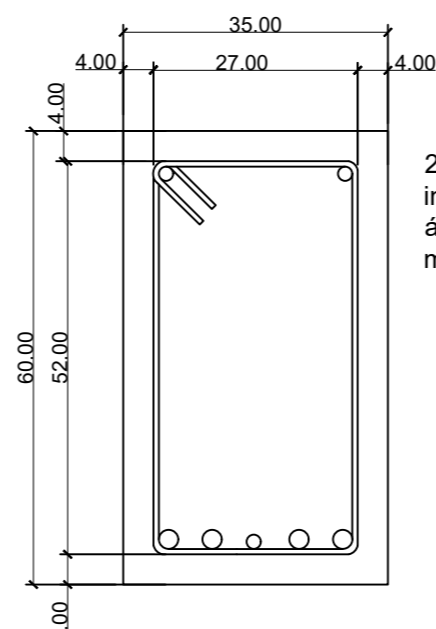
2 #8 superior y 4 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN I  
ESCALA 1:10



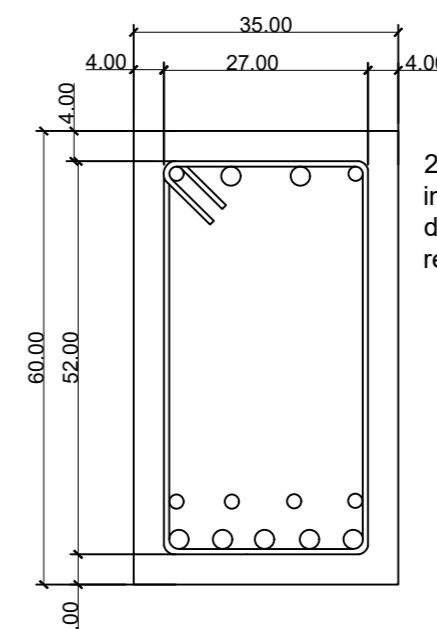
2 #6 + 2 #8 superior y 6 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN J  
ESCALA 1:10



2 #6 superior y 4 #8 + 1 #6 inferior + est. #3 @ 0,10 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

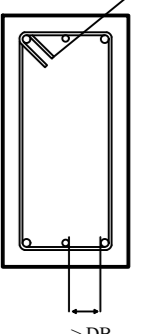
SECCIÓN K  
ESCALA 1:10



2 #6 + 2 #8 superior y 5 #8 + 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,10 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN L  
ESCALA 1:10

EXTENSIÓN DE 6DB > 7.5cm  
(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.1.3)



(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.6.1)  
≥ DB  
≥ 2.5 cm  
≥ 1.33 T.M

NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

ESPECIFICACIONES

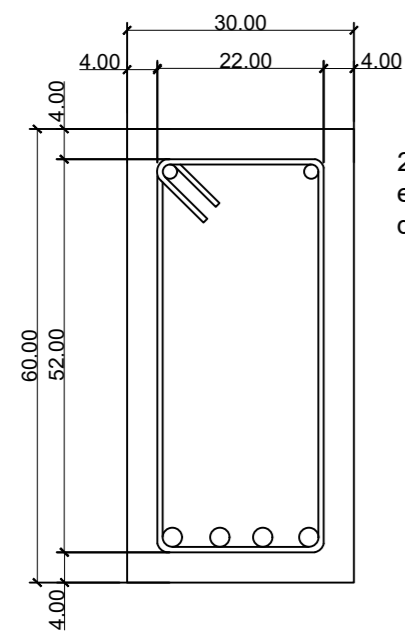
ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30 m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

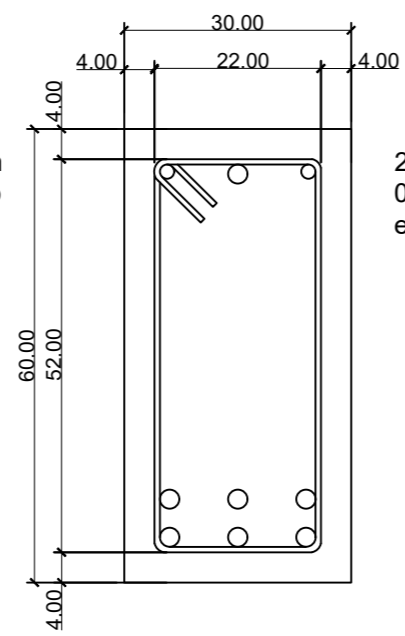
CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\phi \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS A		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 25/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



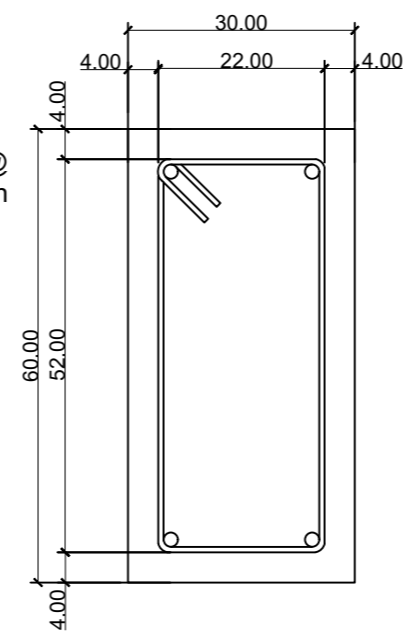
2 #6 superior y 4 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN M  
ESCALA 1:10



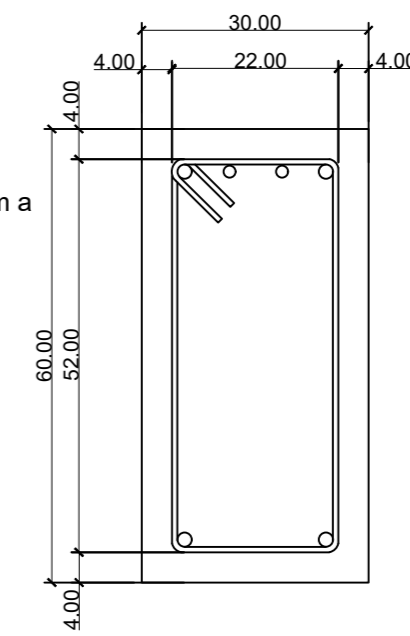
2 #6 + 1 #8 superior y 6 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN N  
ESCALA 1:10



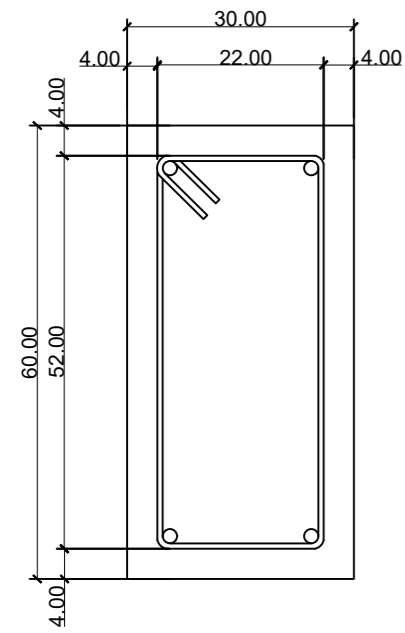
2 #6 superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,20 m a lo largo de toda la viga.

SECCIÓN O  
ESCALA 1:10



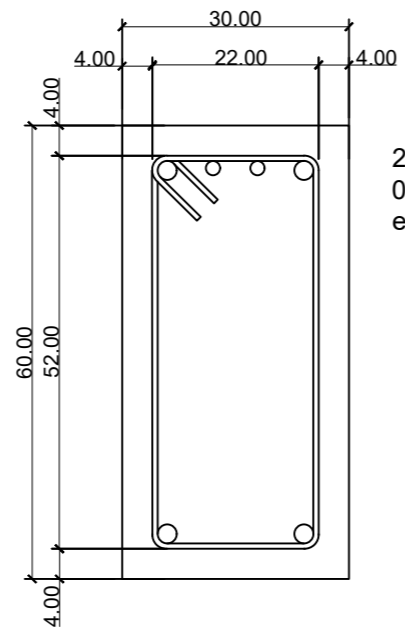
2 #6 + 2 #5 superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,20 m a lo largo de toda la viga.

SECCIÓN P  
ESCALA 1:10



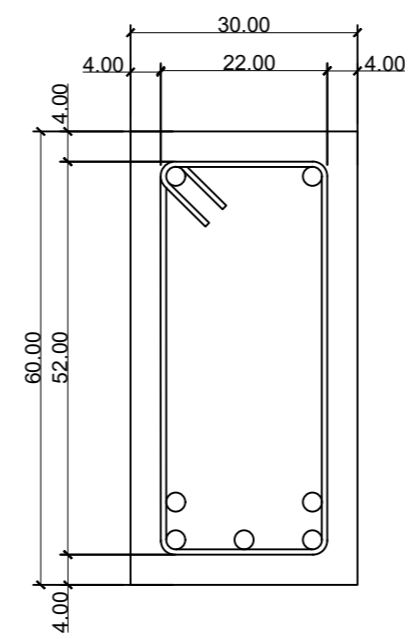
2 #6 superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,20 m a lo largo de toda la viga.

SECCIÓN Q  
ESCALA 1:10



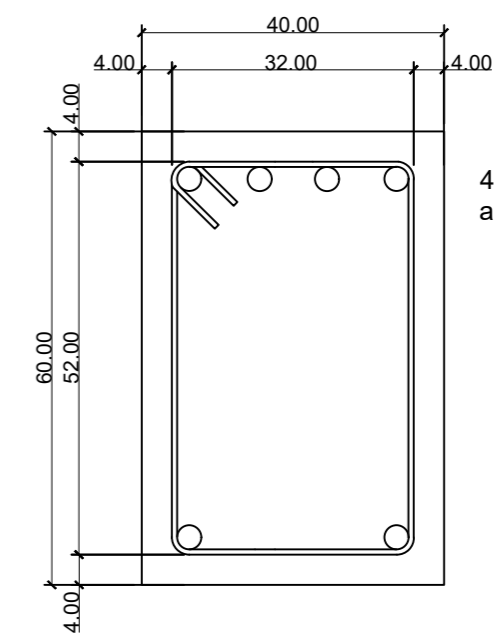
2 #6 + 2 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN R  
ESCALA 1:10



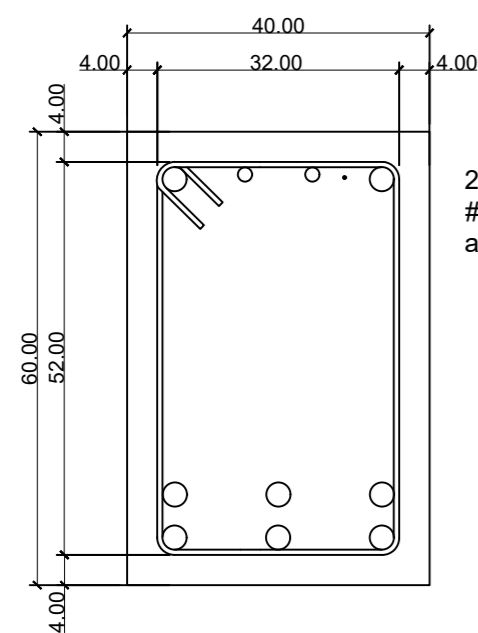
2 #6 superior y 5 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN S  
ESCALA 1:10



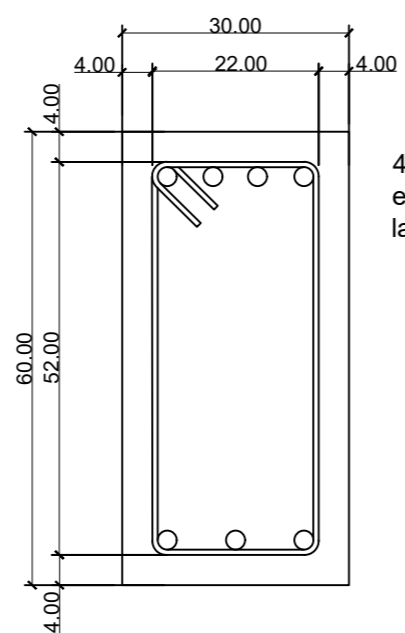
4 #10 superior y 2 #10 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de toda la viga.

SECCIÓN T  
ESCALA 1:10



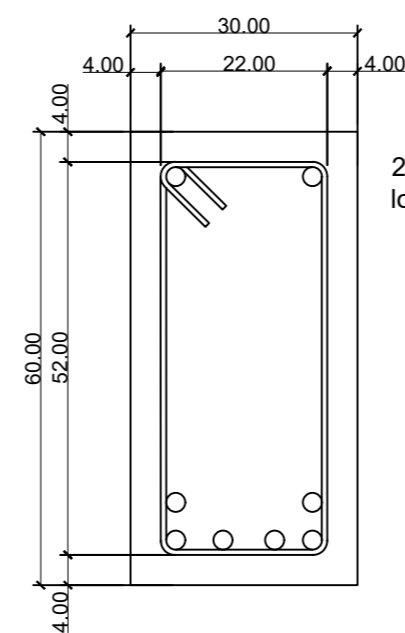
2 #10 + 2 #6 superior y 6 #10 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN U  
ESCALA 1:10



4 #8 superior y 3 #8 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

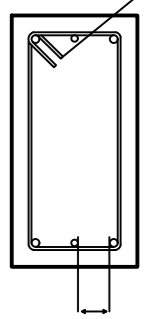
SECCIÓN V  
ESCALA 1:10



2 #8 superior y 6 #8 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN W  
ESCALA 1:10

EXTENSIÓN DE 6DB > 7.5cm  
(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.1.3)



≥ DB  
≥ 2.5 cm  
≥ 1.33 T.M  
(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.6.1)

NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

ESPECIFICACIONES

ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

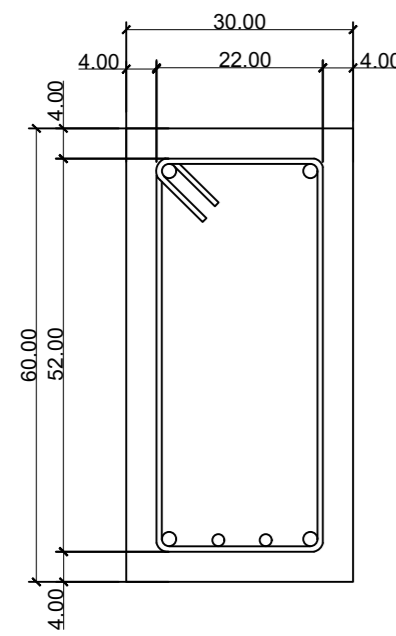
ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30 m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

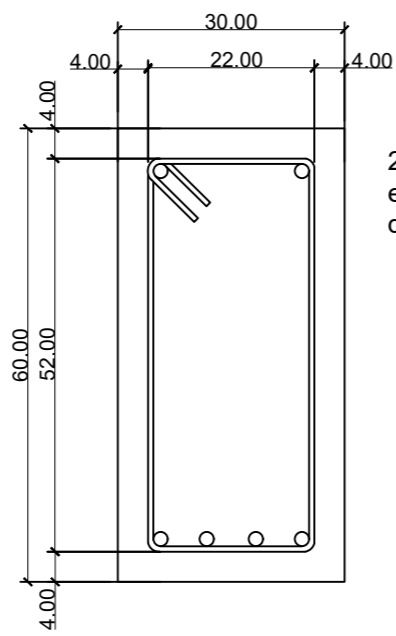
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS A		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 26/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	





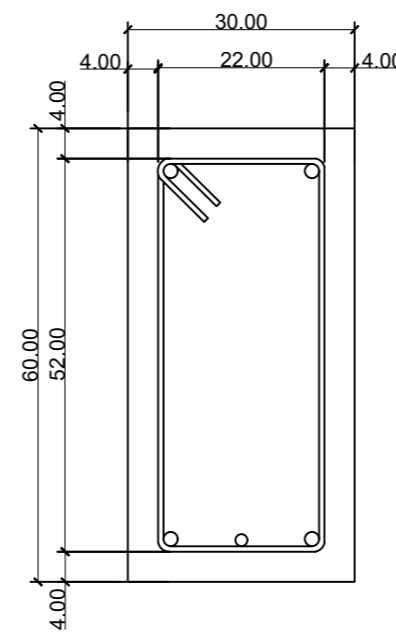
2 #6 superior y 2 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN A  
ESCALA 1:10



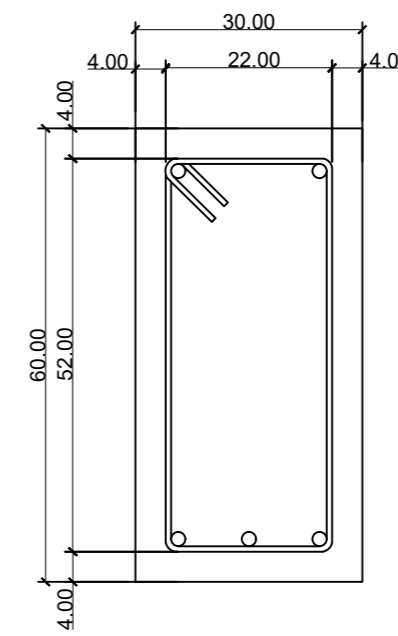
2 #6 superior y 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN B  
ESCALA 1:10



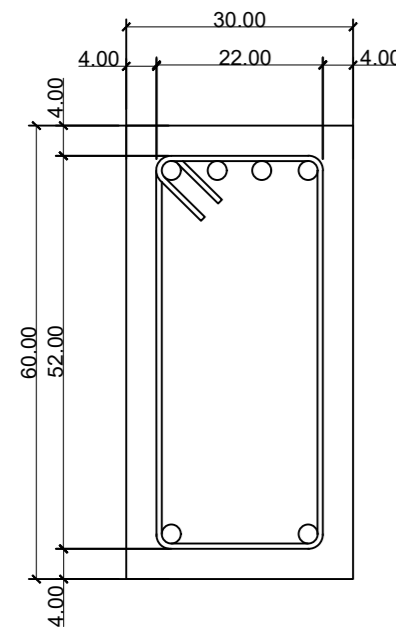
2 #6 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN C  
ESCALA 1:10



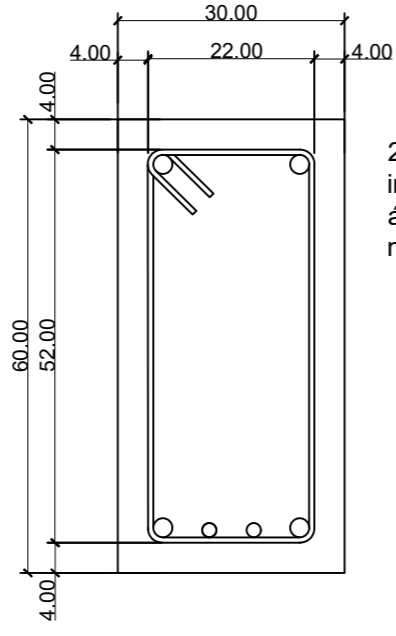
2 #6 superior y 3 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN D  
ESCALA 1:10



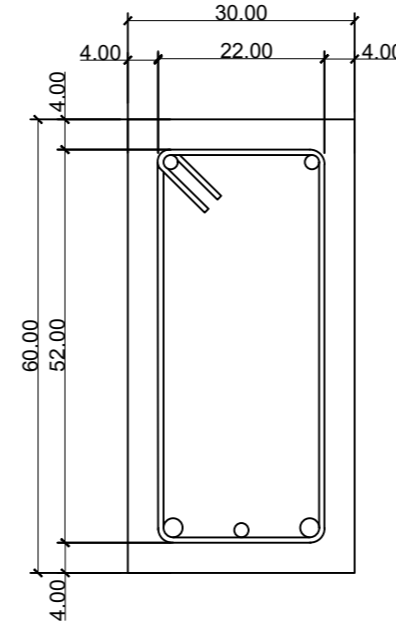
4 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN E  
ESCALA 1:10



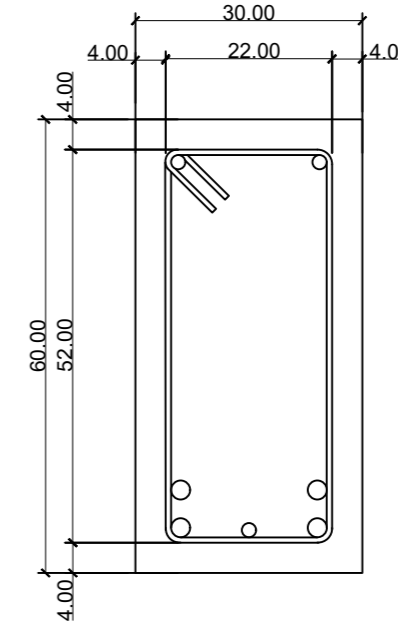
2 #8 superior y 2 #8 + 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN F  
ESCALA 1:10



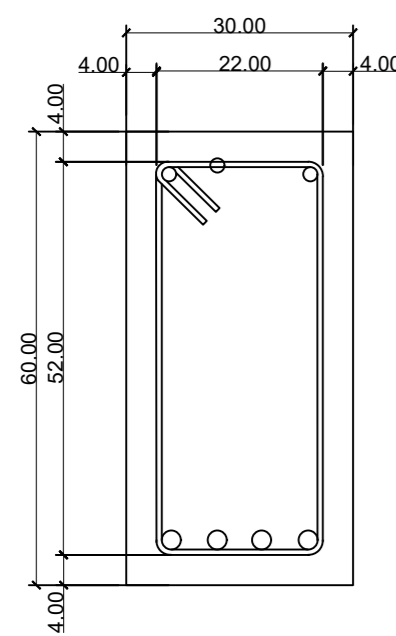
2 #6 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN G  
ESCALA 1:10



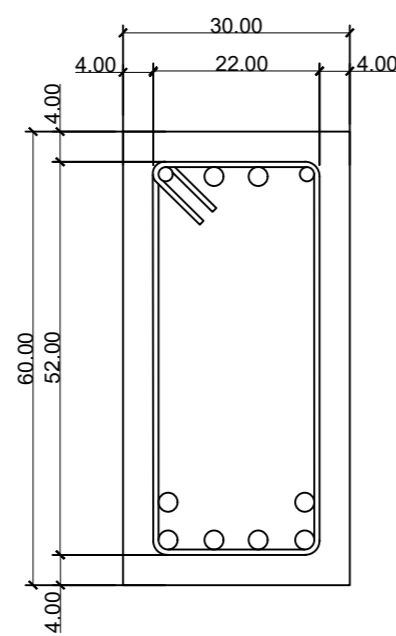
2 #6 superior y 4 #8 + 1 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN H  
ESCALA 1:10



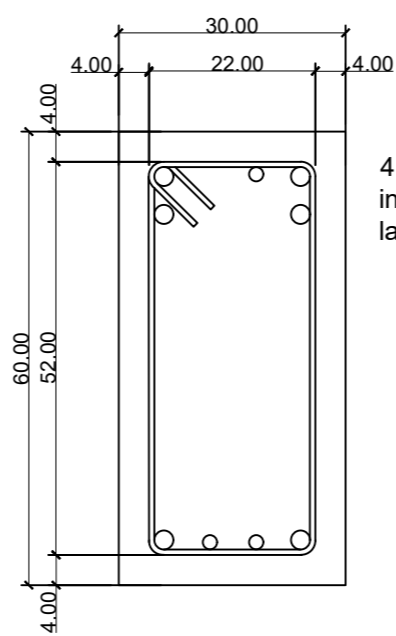
2 #6 superior y 4 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN I  
ESCALA 1:10



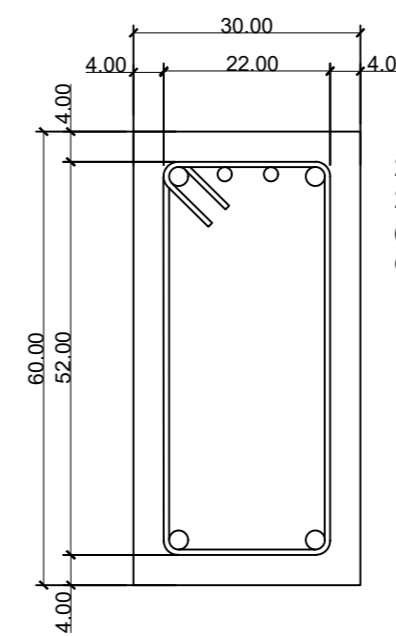
2 #6 + 2 #8 superior y 6 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN J  
ESCALA 1:10



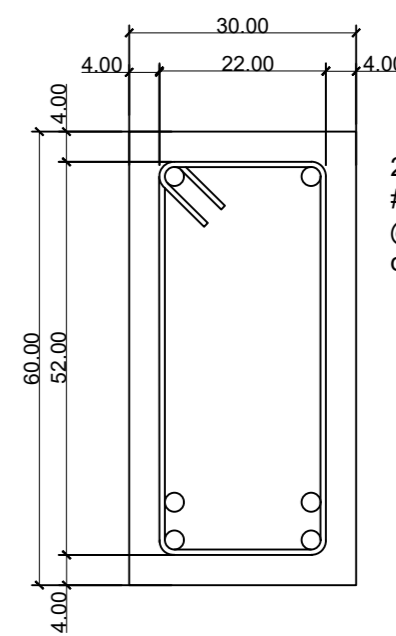
4 #8 + 2 #6 superior y 2 #8 + 2 #6 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN K  
ESCALA 1:10



2 #8 + 2 #6 superior y 2 #8 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN L  
ESCALA 1:10

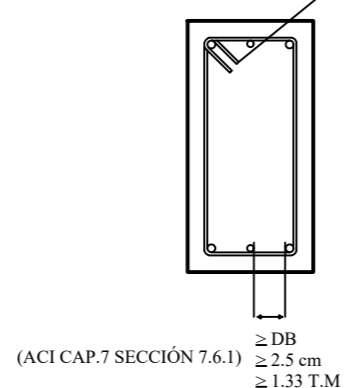


2 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN M  
ESCALA 1:10

NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

EXTENSIÓN DE 6DB > 7.5cm (ACI CAP.7 SECCIÓN 7.1.3)



**ESPECIFICACIONES**

ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

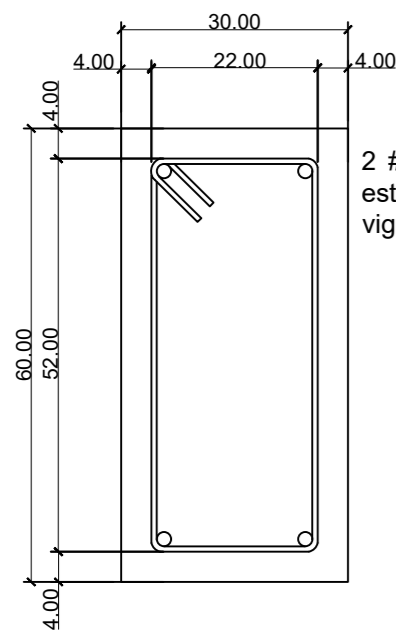
ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30 m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\phi \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA

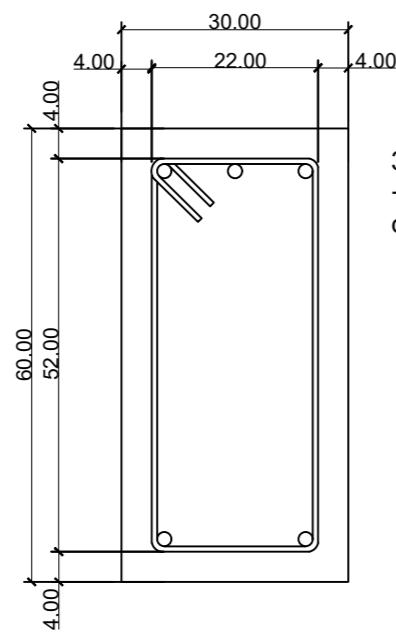
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS B	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150 Vo.Bo.
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 27/45 INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS



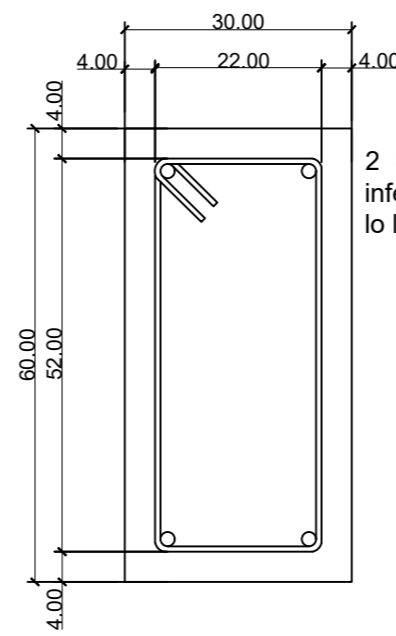
2 #6 + superior y 2 #6 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN N  
ESCALA 1:10



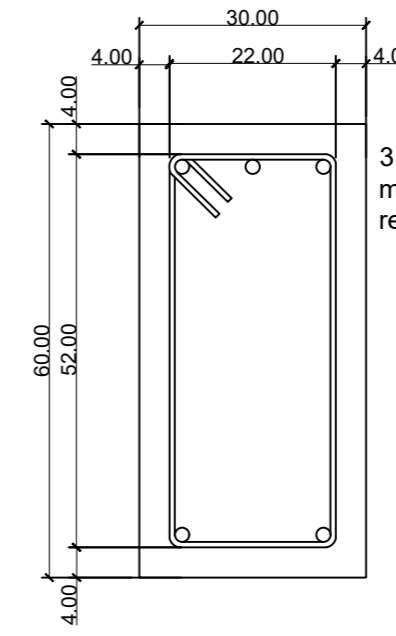
3 #6 superior y 2 #6 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN O  
ESCALA 1:10



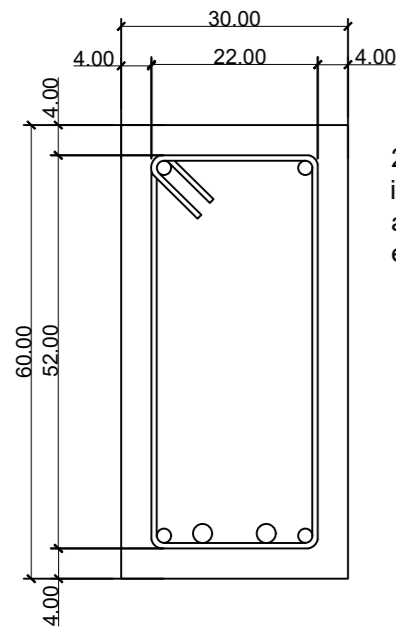
2 #6 + superior y 2 #6 inferior+ est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN P  
ESCALA 1:10



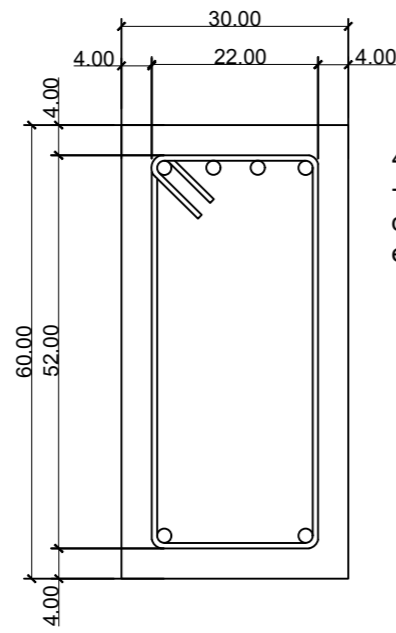
3 #6 + superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN Q  
ESCALA 1:10



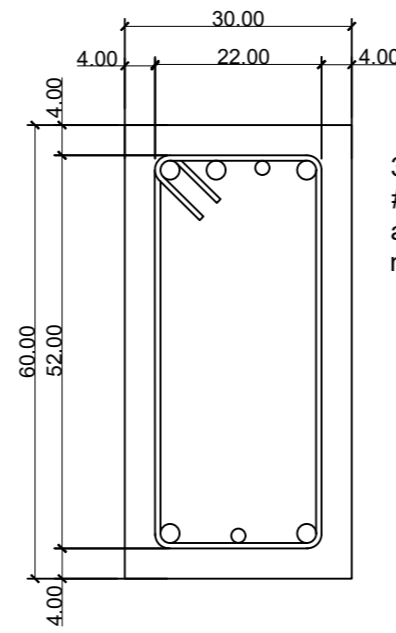
2 #6 superior y 2 #6 +2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN R  
ESCALA 1:10



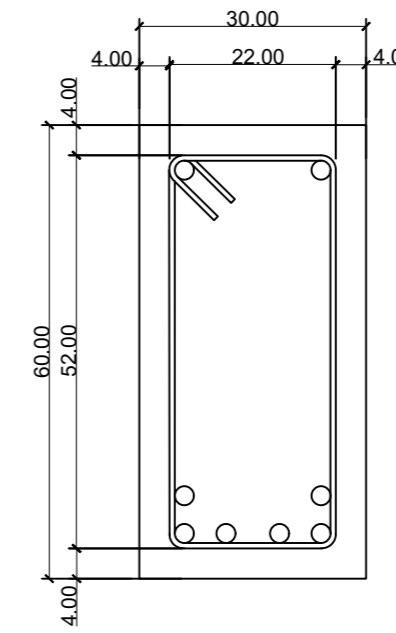
4 #6 superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN S  
ESCALA 1:10



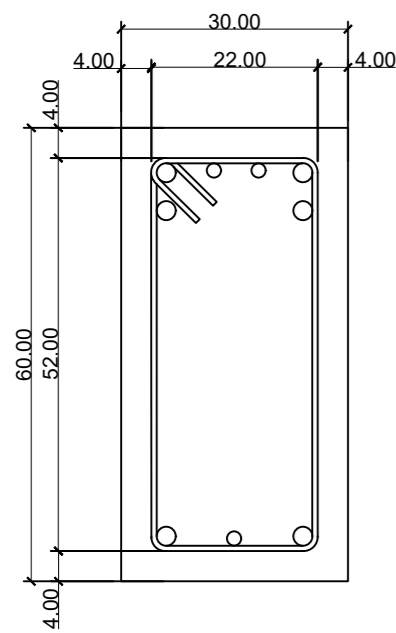
3 #8 + 1 #5 superior y 2 #8 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN T  
ESCALA 1:10



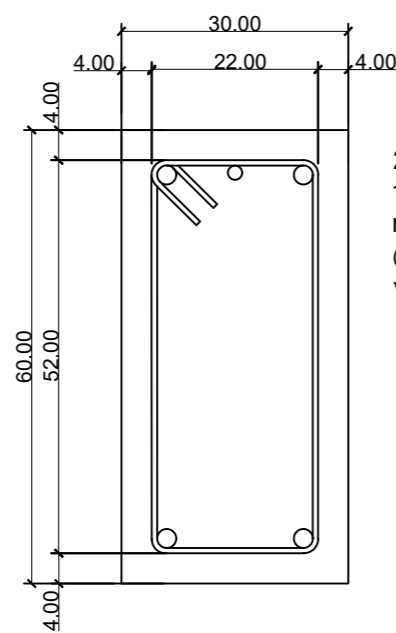
2 #8 superior y 6 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN U  
ESCALA 1:10



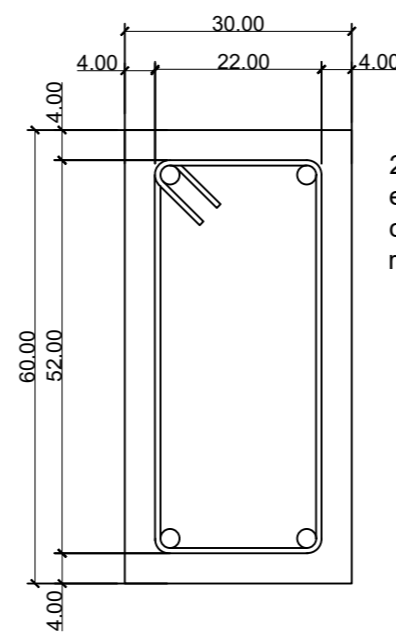
4 #8 + 2 #6 superior y 2 #8 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN V  
ESCALA 1:10



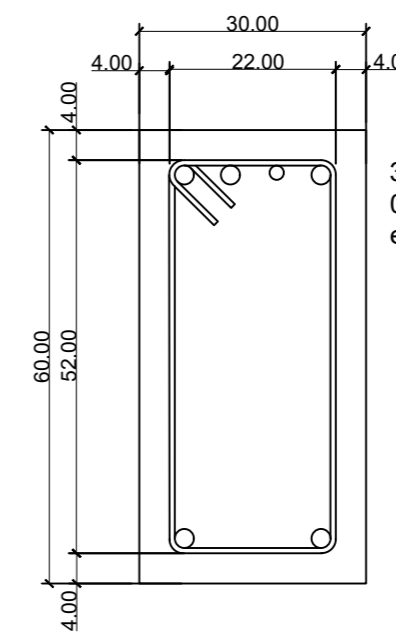
2 #8 + 1 #5 superior y 2 #8 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN W  
ESCALA 1:10



2 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

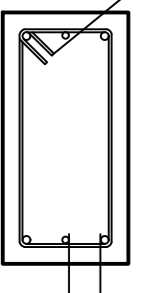
SECCIÓN X  
ESCALA 1:10



3 #8 + 1 #5 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN Y  
ESCALA 1:10

EXTENSIÓN DE 6DB > 7.5cm  
(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.1.3)



≥ DB  
≥ 2.5 cm  
≥ 1.33 T.M  
(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.6.1)

NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

ESPECIFICACIONES

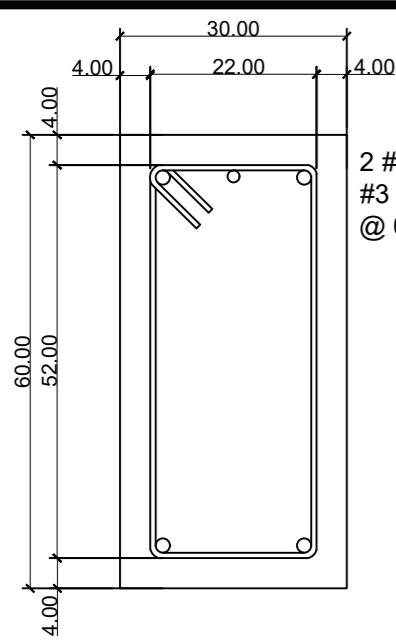
ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30 m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

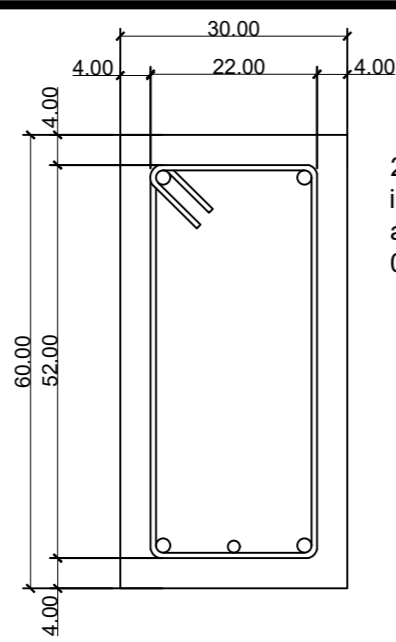
CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\emptyset \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS B		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 28/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



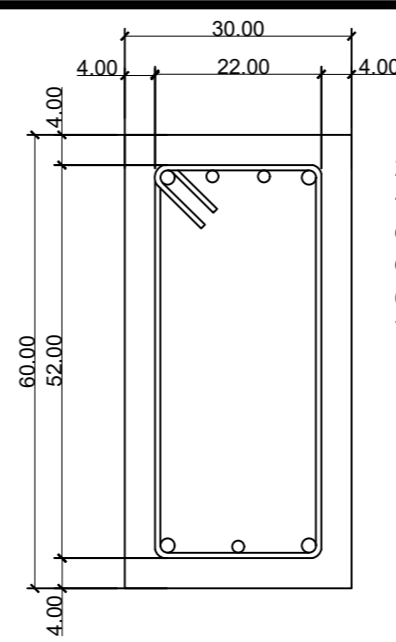
2 #6 + 1 #5 superior y 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN A  
ESCALA 1:10



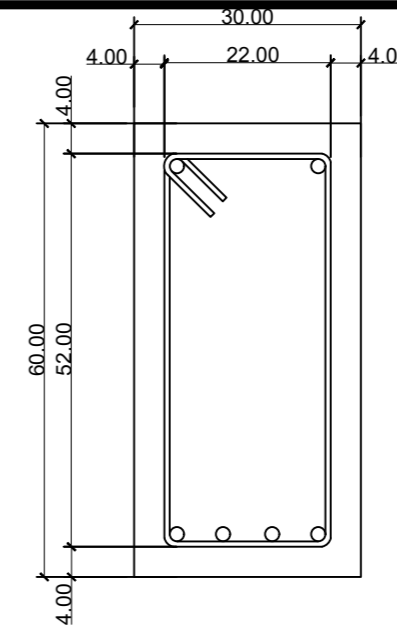
2 #6 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN B  
ESCALA 1:10



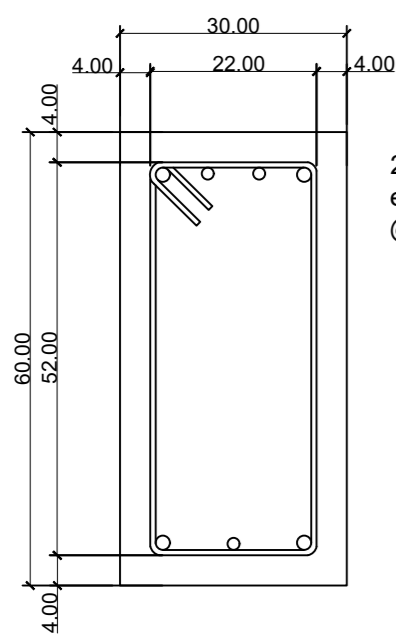
2 #6 + 2 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN C  
ESCALA 1:10



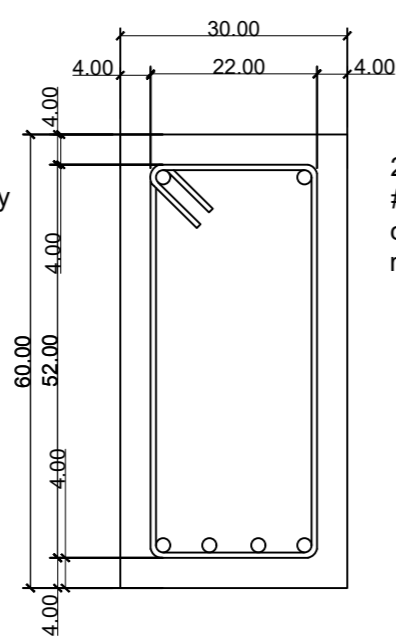
2 #6 superior y 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN D  
ESCALA 1:10



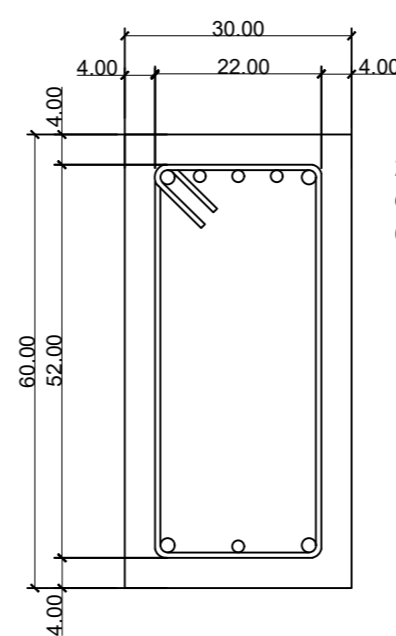
2 #6 + 2 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN E  
ESCALA 1:10



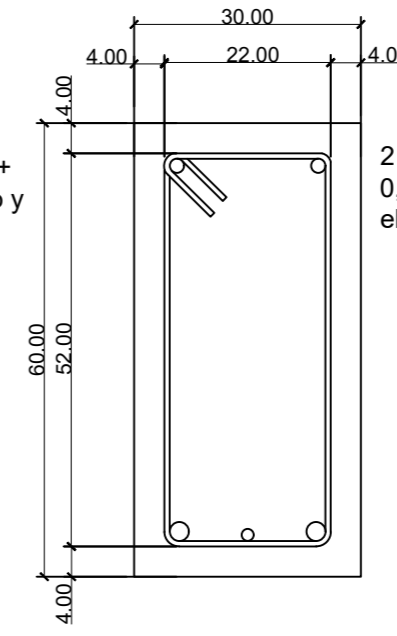
2 #6 superior y 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN F  
ESCALA 1:10



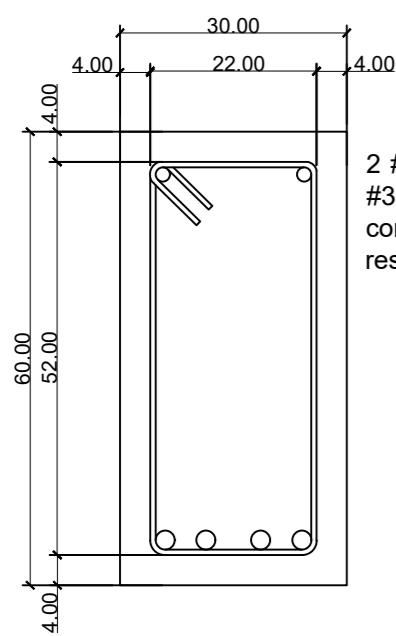
2 #6 + 3 #5 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN G  
ESCALA 1:10



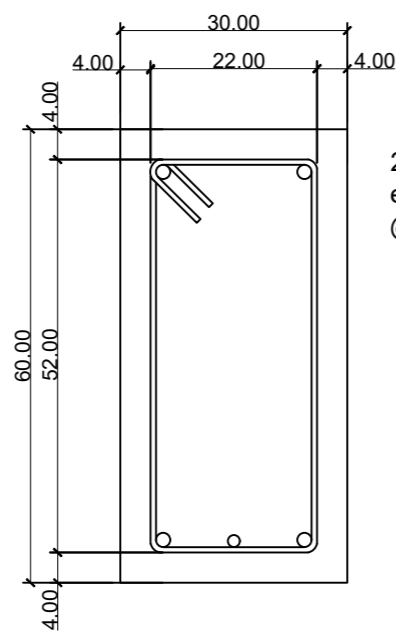
2 #6 superior y 2 #8 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN H  
ESCALA 1:10



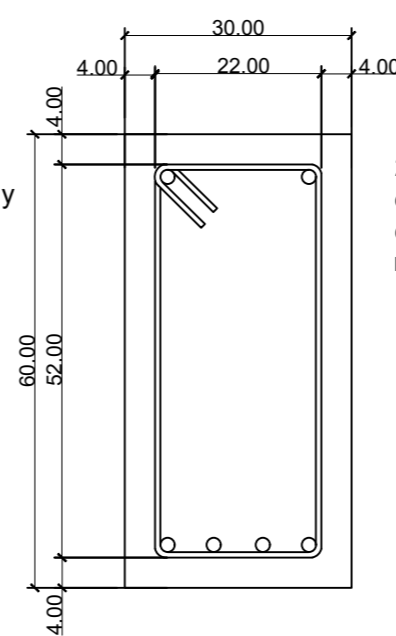
2 #6 superior y 4 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN I  
ESCALA 1:10



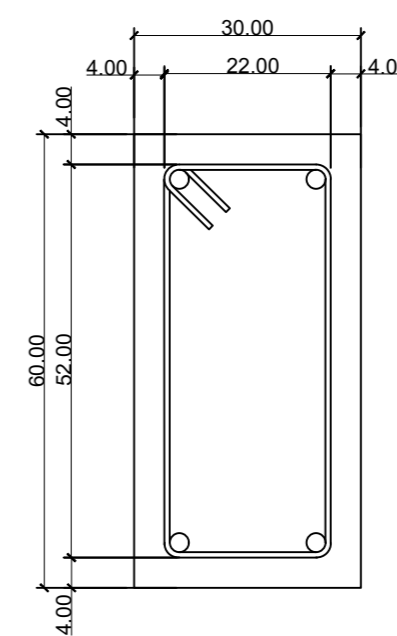
2 #6 superior y 2 #6 + 1 #5 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN J  
ESCALA 1:10



2 #6 superior y 4 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

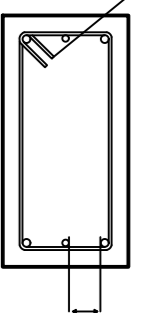
SECCIÓN K  
ESCALA 1:10



2 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN L  
ESCALA 1:10

EXTENSIÓN DE 6DB > 7.5cm  
(ACI CAP.7 SECCIÓN 7.1.3)



≥ DB  
≥ 2.5 cm  
≥ 1.33 T.M.

NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

ESPECIFICACIONES

ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL MÍNIMA DEL TRASLAPE PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30 m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

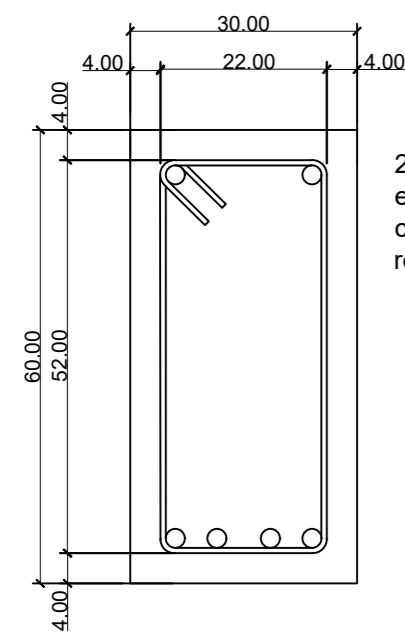
$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\phi \frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m



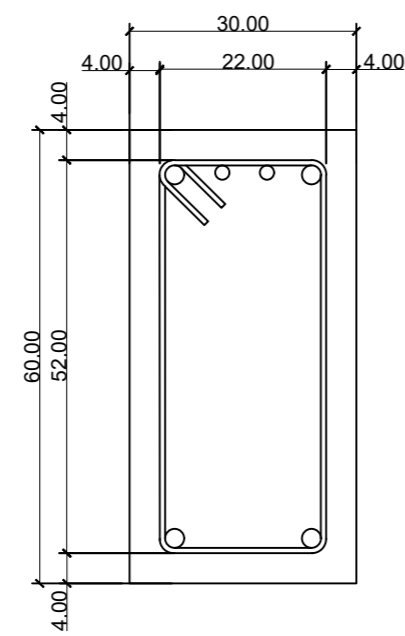
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS C		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 29/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS



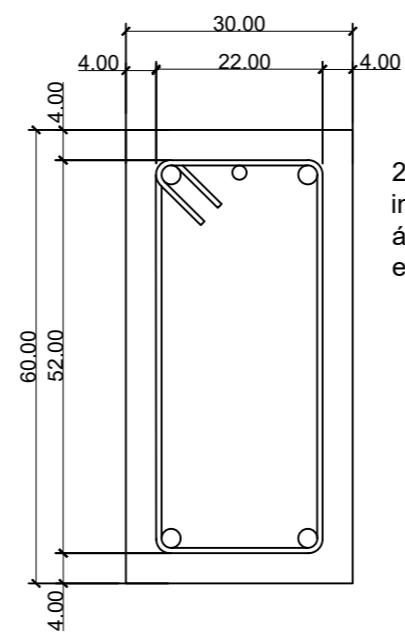
2 #8 superior y 4 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN M  
ESCALA 1:10



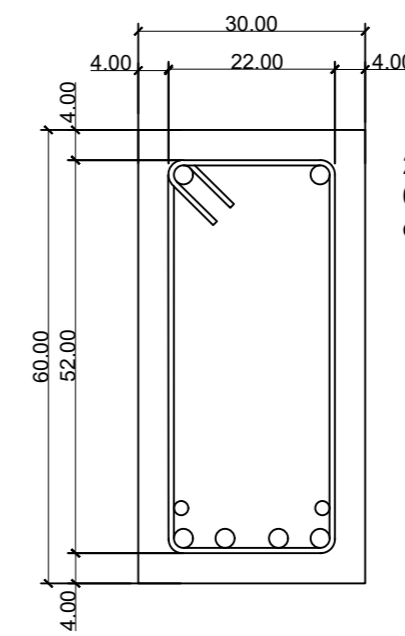
2 #8 + 2 #6 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN N  
ESCALA 1:10



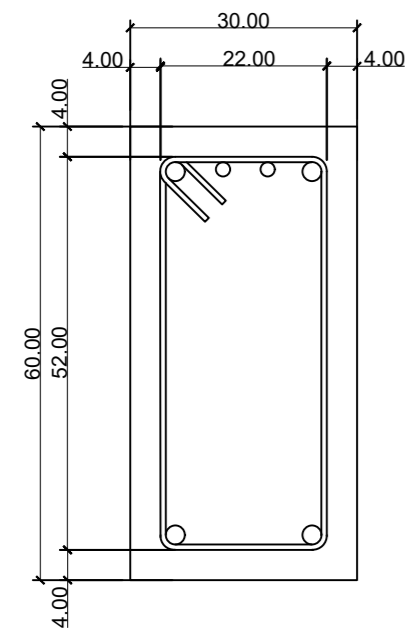
2 #8 + 1 #6 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN L  
ESCALA 1:10



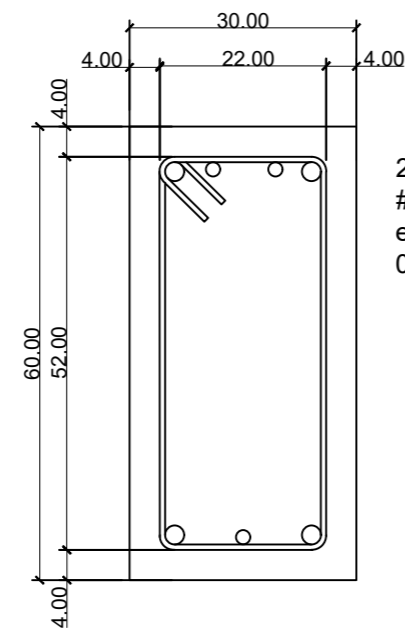
2 #8 superior y 4 #8 + 2 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN M  
ESCALA 1:10



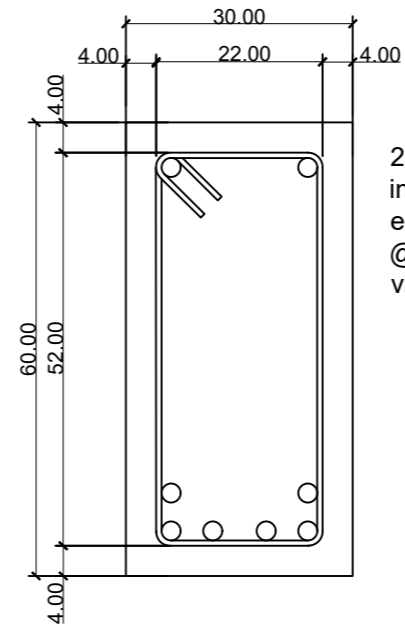
2 #8 + 2 #6 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN N  
ESCALA 1:10



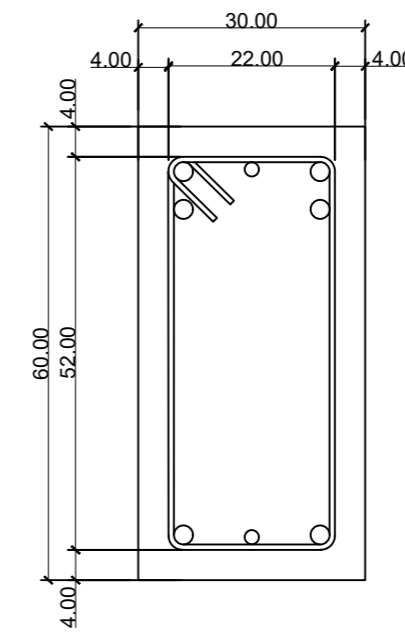
2 #8 + 2 #6 superior y 2 #8 + 1 #6 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN O  
ESCALA 1:10



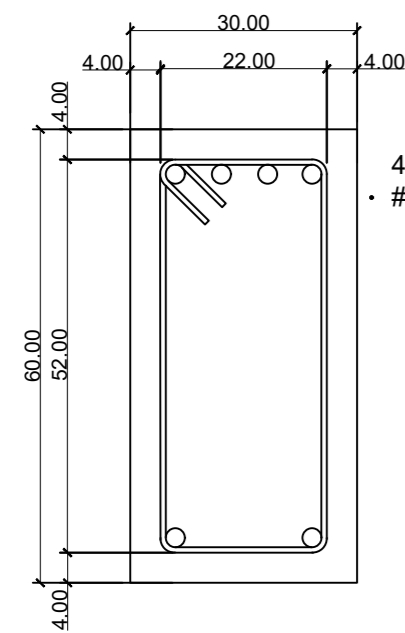
2 #8 superior y 6 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN P  
ESCALA 1:10



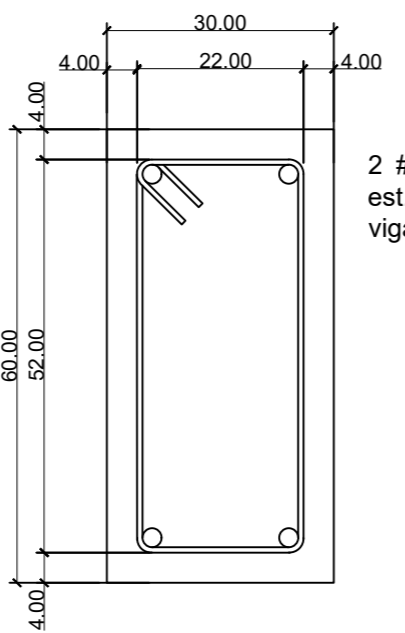
4 #8 + 1 #6 superior y 2 #8 inferior + est. #3 @ 0,15 m en área de confinamiento y @ 0,25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN O  
ESCALA 1:10



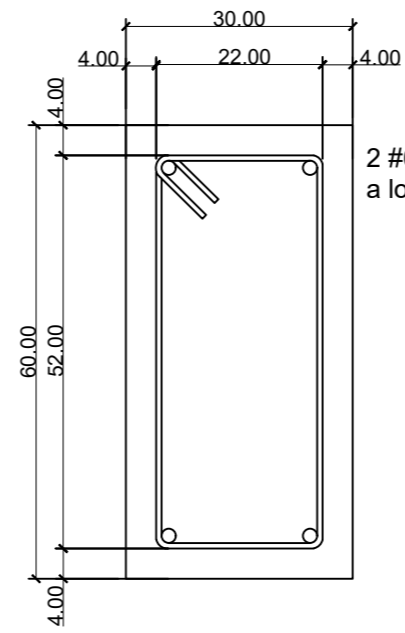
4 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN R  
ESCALA 1:10



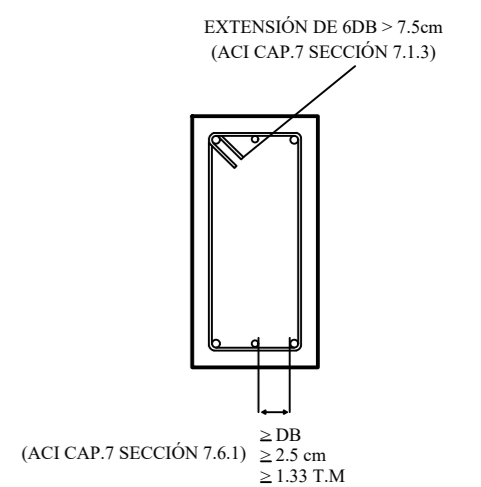
2 #8 superior y 2 #8 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN S  
ESCALA 1:10



2 #6 + superior y 2 #6 inferior + est. #4 @ 0,20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN T  
ESCALA 1:10



NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

ESPECIFICACIONES

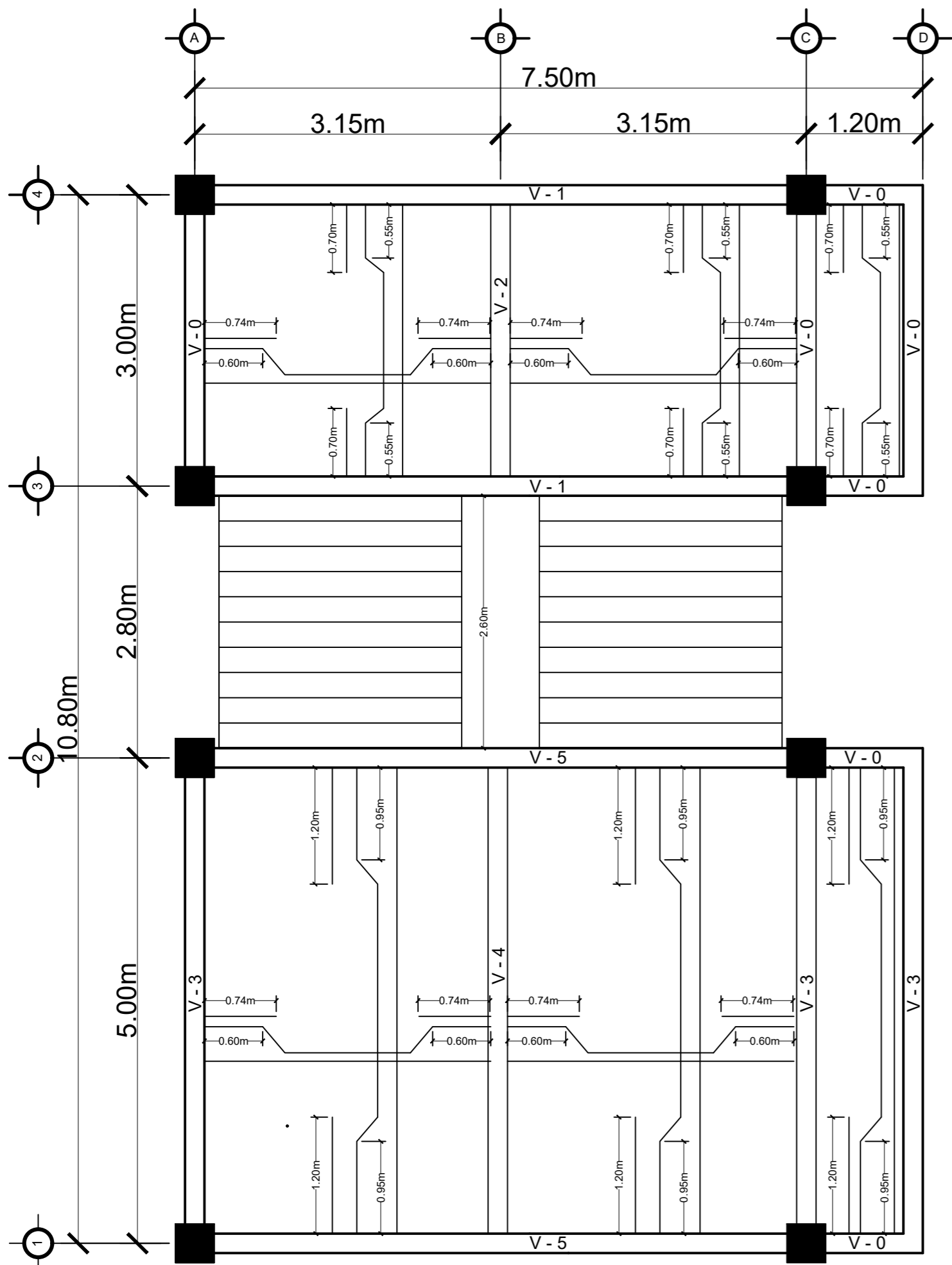
ACI 318-05  
CAPÍTULOS 10, SECCIÓN: 10.4 Y 10.5

ACERO LONGITUDINAL Y TRANSVERSAL (VER DETALLE DE VIGAS)  
EMPALMES ACI 318-05 CAPÍTULO 12, SECCIÓN 12.15.1 LA LONGITUDINAL MÍNIMA DEL TRASLAPES PARA EMPALMES NO DEBE SER MENOR QUE 0.30 m.  
SE HARÁN TRASLAPES DE VARILLAS DE 30 VECES EL DIÁMETRO DE LA MISMA, NO SE REALIZARÁN TRASLAPES EN ZONAS DE CONFINAMIENTO.

$f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  A LOS 28 DÍAS.  
 $f_y=2810 \text{ kg/cm}^2$

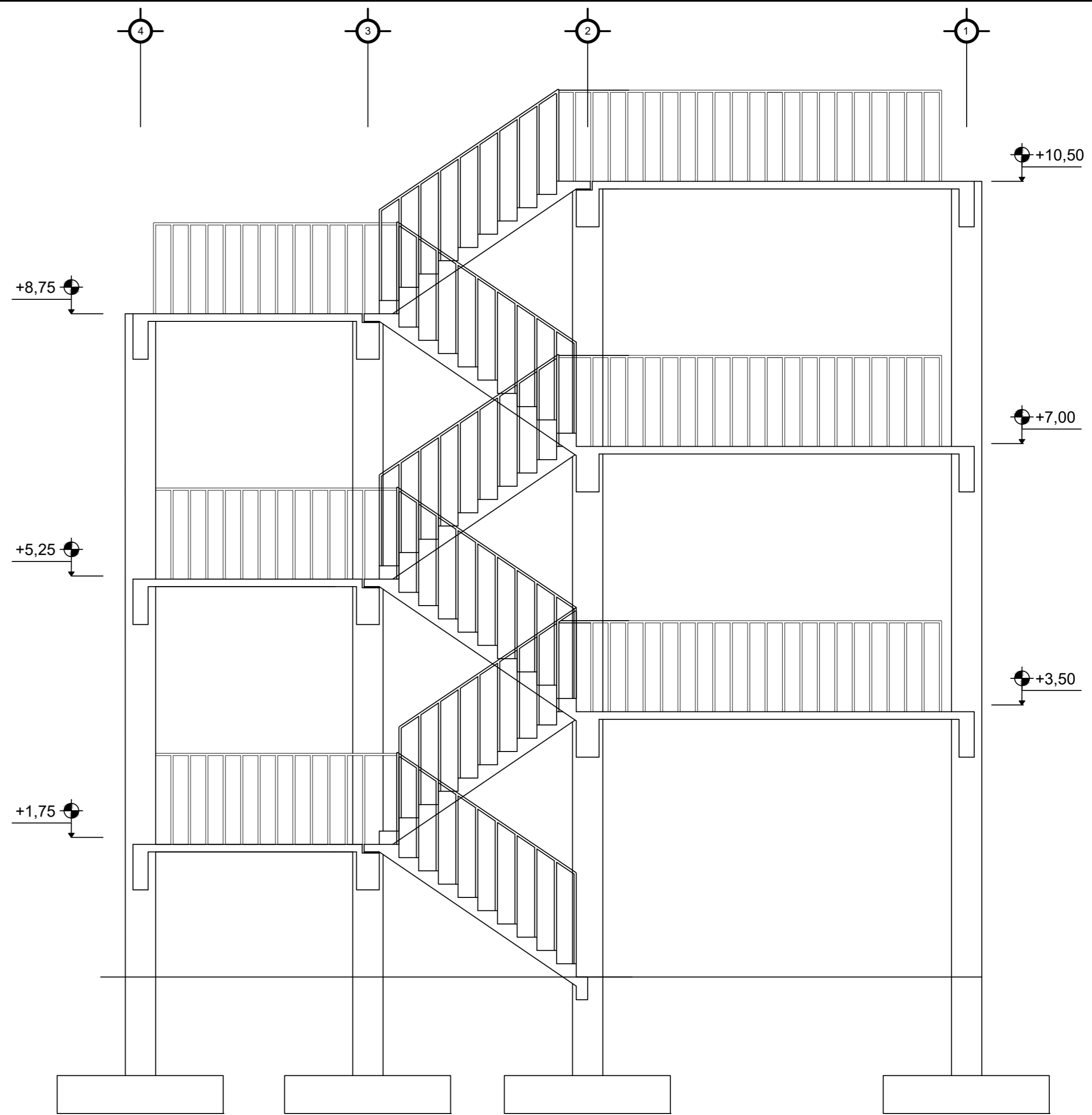
CONCRETO: PROPORCIÓN DE MEZCLA 1:2:2  
HIERRO LEGÍTIMO GRADO 40  
HIERRO  $\frac{1}{4}$ " VARILLA LISA  
RECUBRIMIENTOS :(ACI 318-05 CAP.7.7.1)  
VIGAS: 0.04 m

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS C		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 30/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



PLANTA DE LOSA  
ESCALA 1:50

SIMBOLOGÍA	
	BASTÓN, L/4
	TENSIÓN, L/5 + DOBLEZ A 45°
	RIEL, L



PERFIL DE GRADAS  
ESCALA 1:50

### ESPECIFICACIONES

DISEÑO DE LOSAS  
MÉTODO 3 DE ACI

ESPESOR DE LOSAS: 10 cm

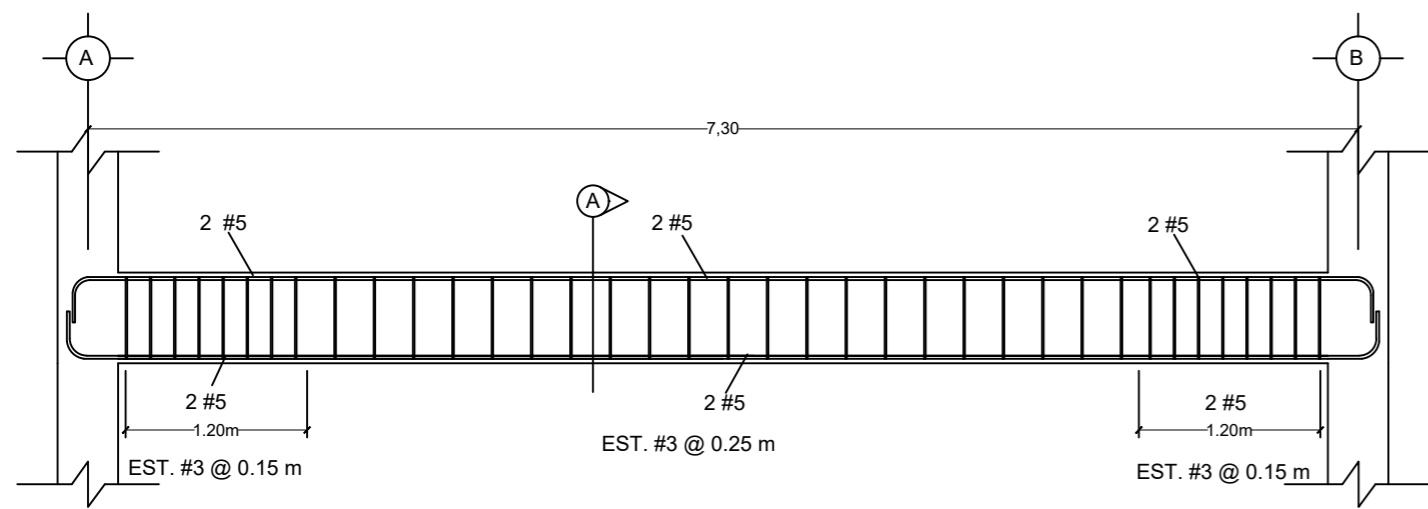
LOSAS DE DESCANSO  
EJE A - B  
TENSIÓN : #3 @ 20 cm  
BASTÓN : #3 @ 20 cm  
RIEL : #3 @ 20 cm

LOSAS DE DESCANSO  
EJE 3 - 4  
TENSIÓN : #3 @ 30 cm  
BASTÓN : #3 @ 30 cm  
RIEL : #3 @ 30 cm

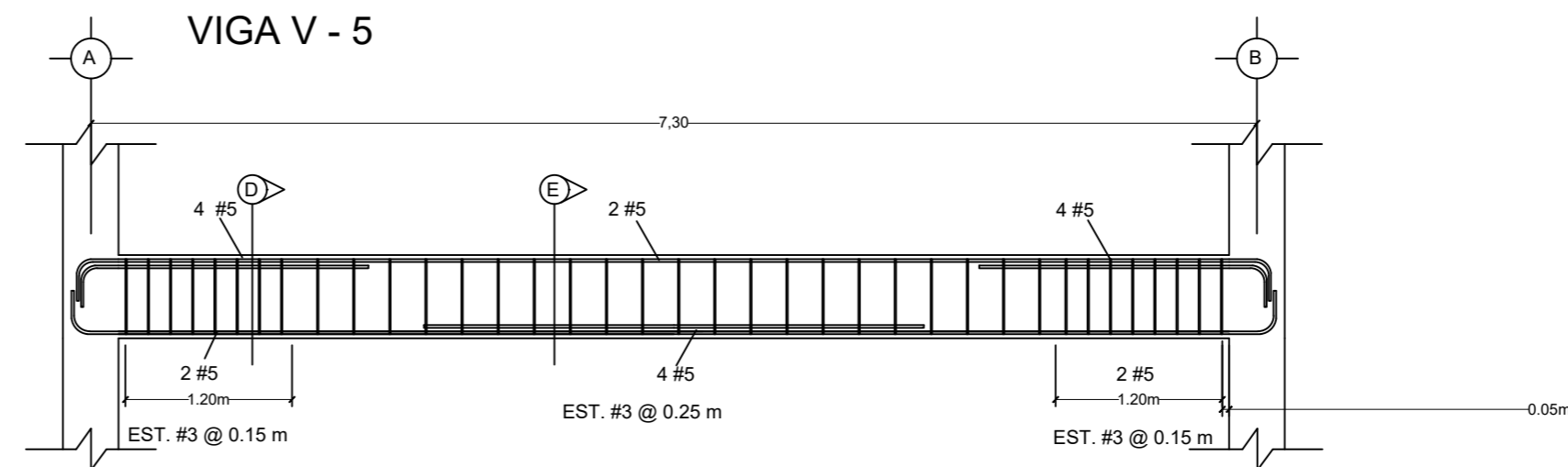
LOSAS DE PUENTE  
EJE A - B  
TENSIÓN : #3 @ 15 cm  
BASTÓN : #3 @ 15 cm  
RIEL : #3 @ 15 cm

LOSAS DE PUENTE  
EJE 1 - 2  
TENSIÓN : #3 @ 25 cm  
BASTÓN : #3 @ 25 cm  
RIEL : #3 @ 25 cm

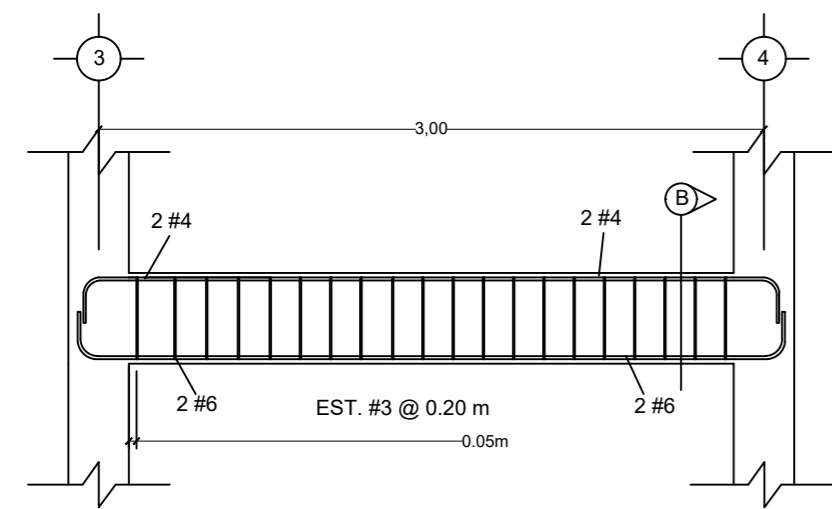
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE GRADAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 31/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



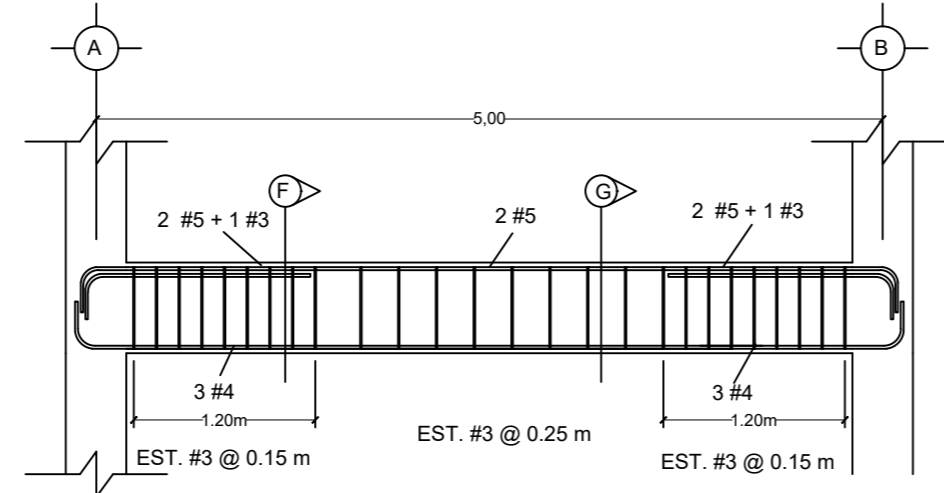
VIGA V-1 ESCALA 1:50



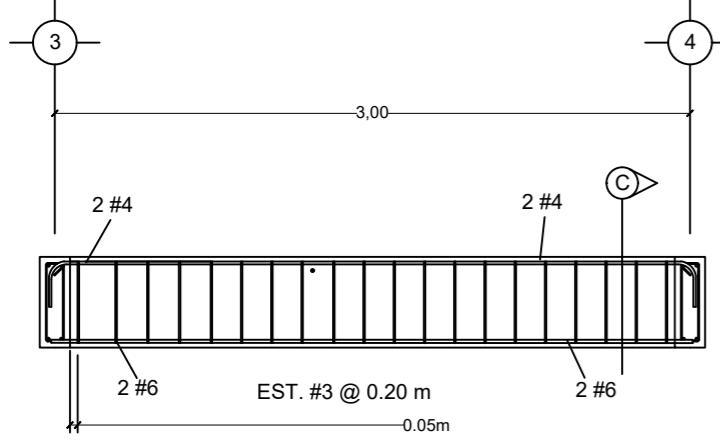
VIGA V-5 ESCALA 1:50



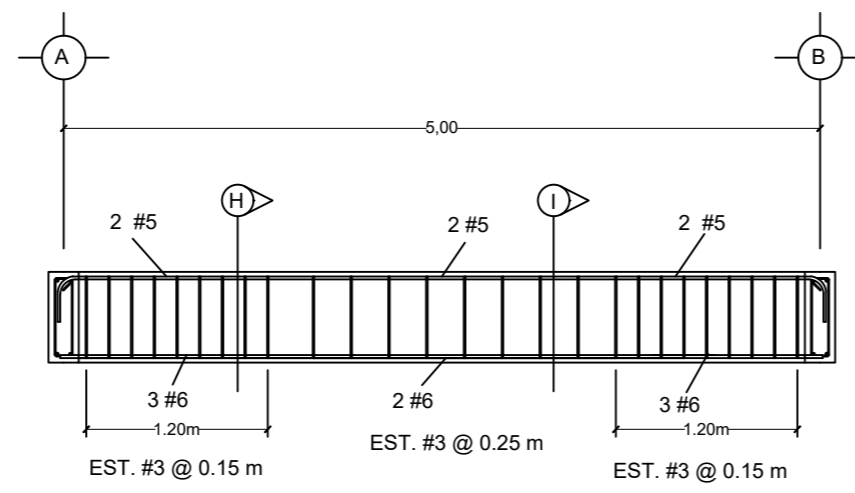
VIGA V-0 ESCALA 1:50



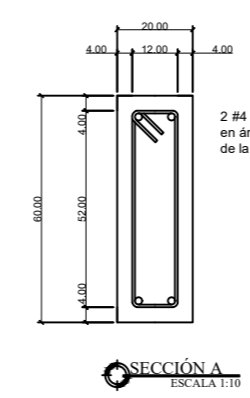
VIGA V-3 ESCALA 1:50



VIGA V-2 ESCALA 1:50

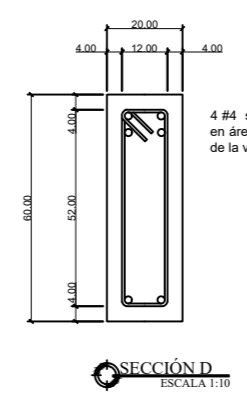


VIGA V-4 ESCALA 1:50



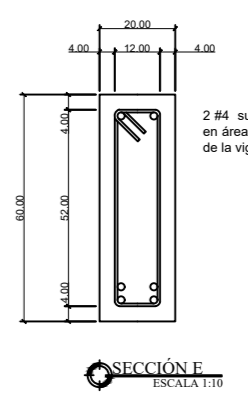
2 #4 superior y 2 #4 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN A ESCALA 1:10



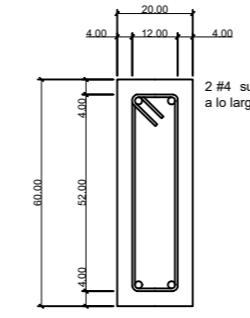
4 #4 superior y 2 #4 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN D ESCALA 1:10



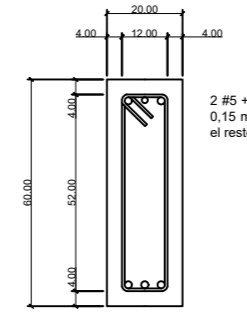
2 #4 superior y 4 #4 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN E ESCALA 1:10



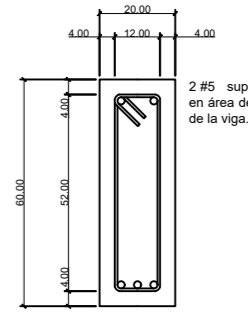
2 #4 superior y 2 #4 inferior + est. #3 @ 0.20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN B ESCALA 1:10



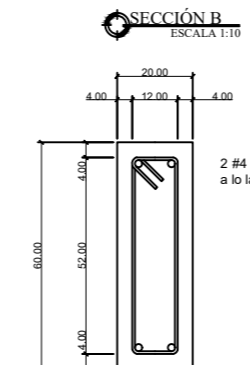
2 #5 + 1 #3 superior y 3 #4 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN F ESCALA 1:10



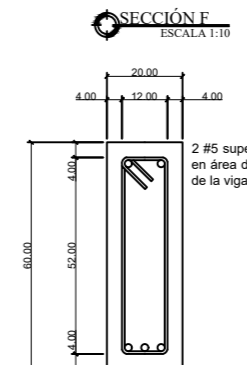
2 #5 superior y 3 #4 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN G ESCALA 1:10



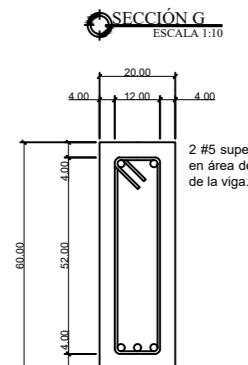
2 #4 superior y 2 #4 inferior + est. #3 @ 0.20 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN C ESCALA 1:10



2 #5 superior y 3 #6 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.

SECCIÓN H ESCALA 1:10

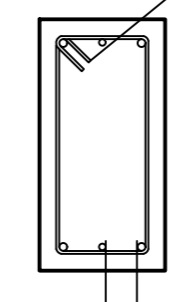


2 #5 superior y 3 #6 inferior + est. #3 @ 0.15 m en área de confinamiento y @ 0.25 m en el resto de la viga.


SECCIÓN I ESCALA 1:10

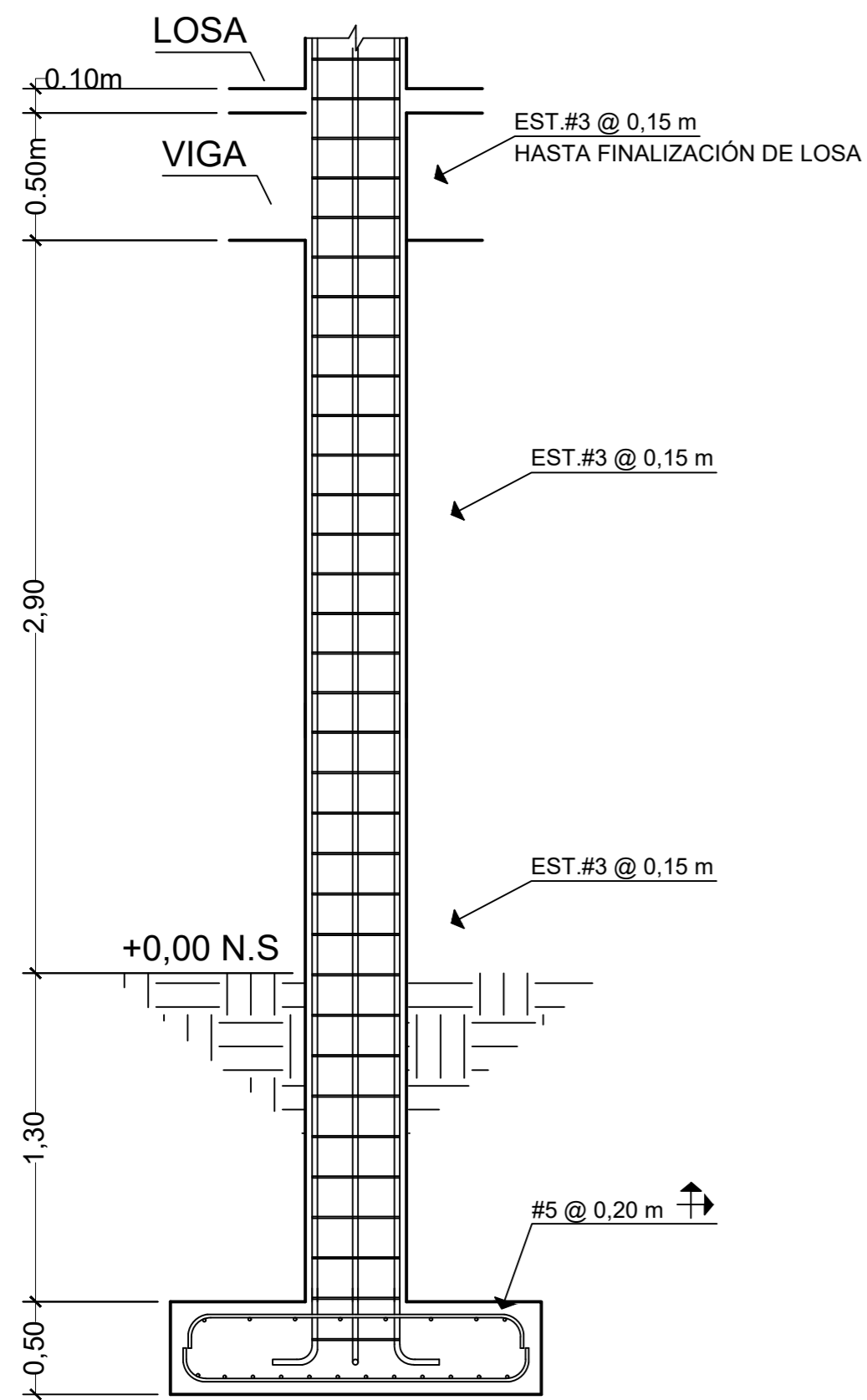
NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS

EXTENSIÓN DE 6DB > 7.5cm (ACI CAP.7 SECCIÓN 7.1.3)

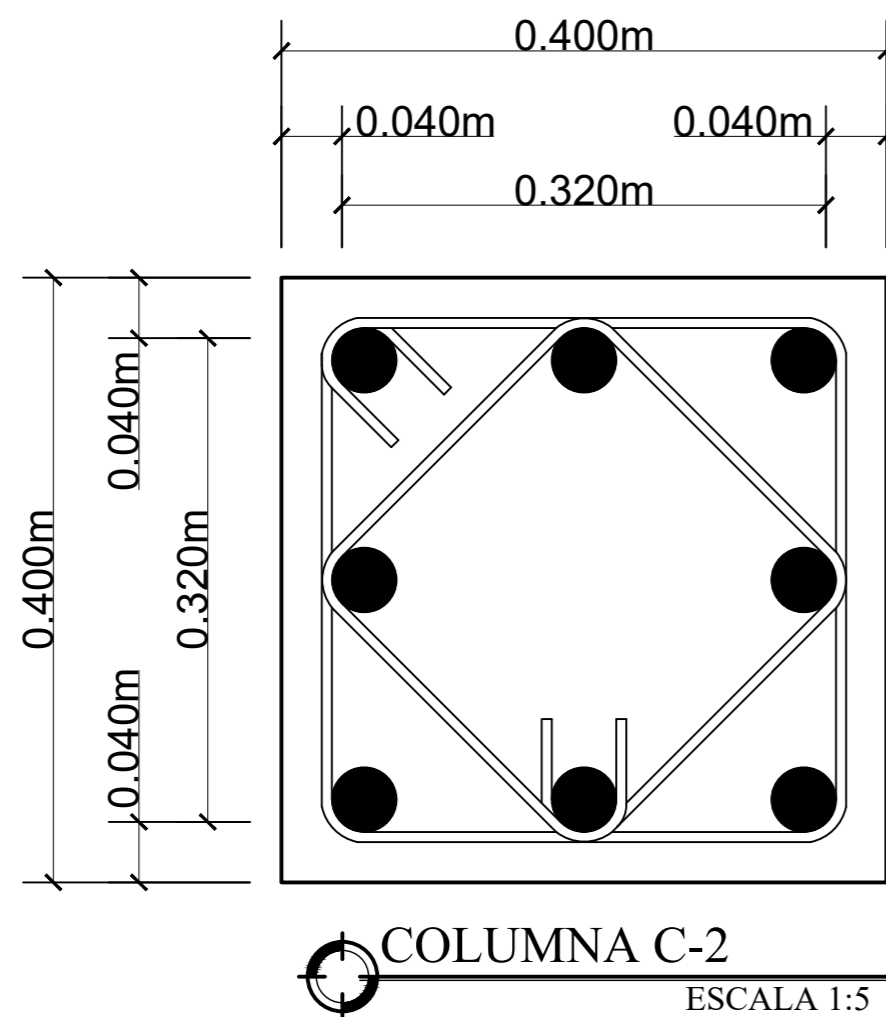


≥ DB  
≥ 2.5 cm  
≥ 1.33 T.M.

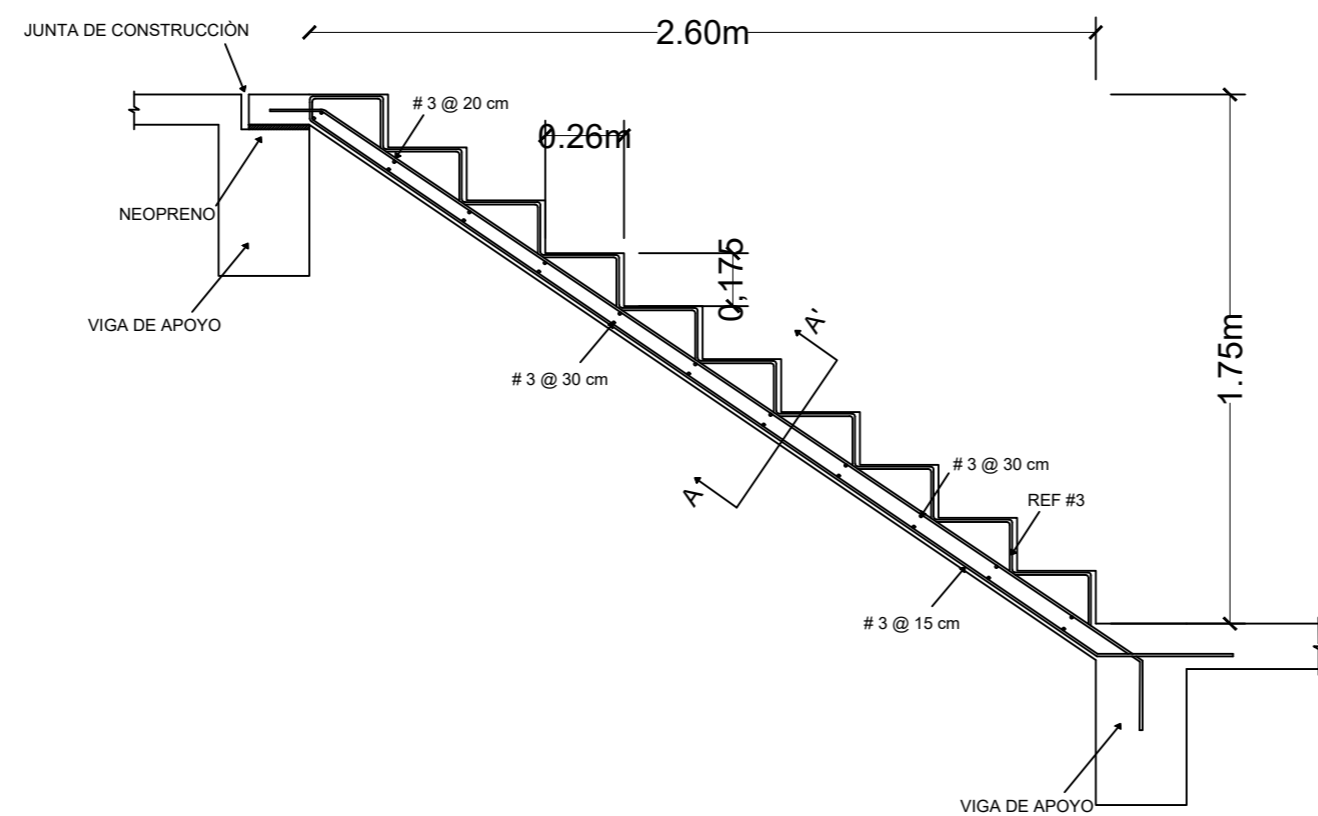
 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE VIGAS DE GRADAS	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 32/45
Vo.Bo.  INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



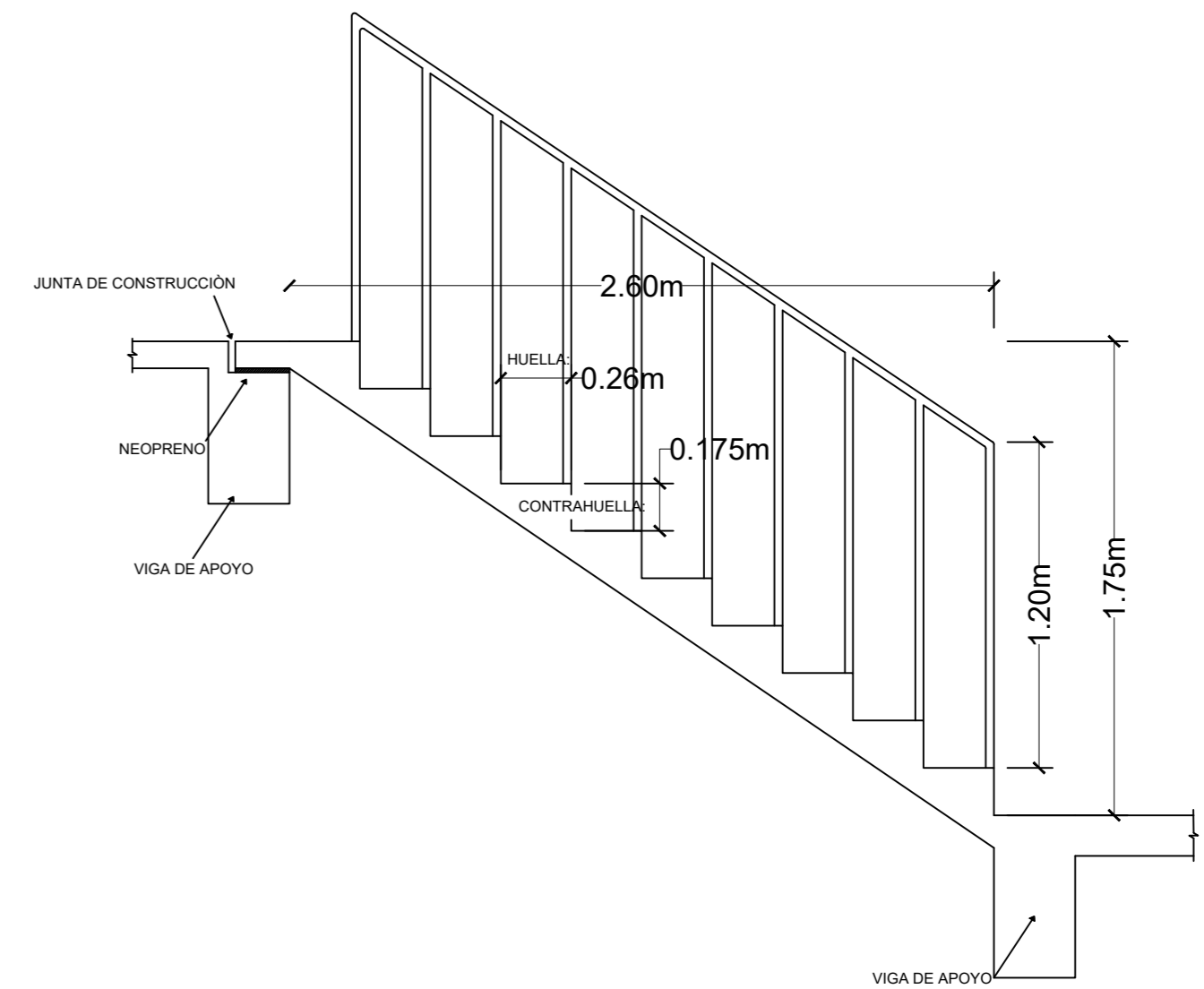
**CORTE COLUMNA C-2**  
ESCALA 1:25



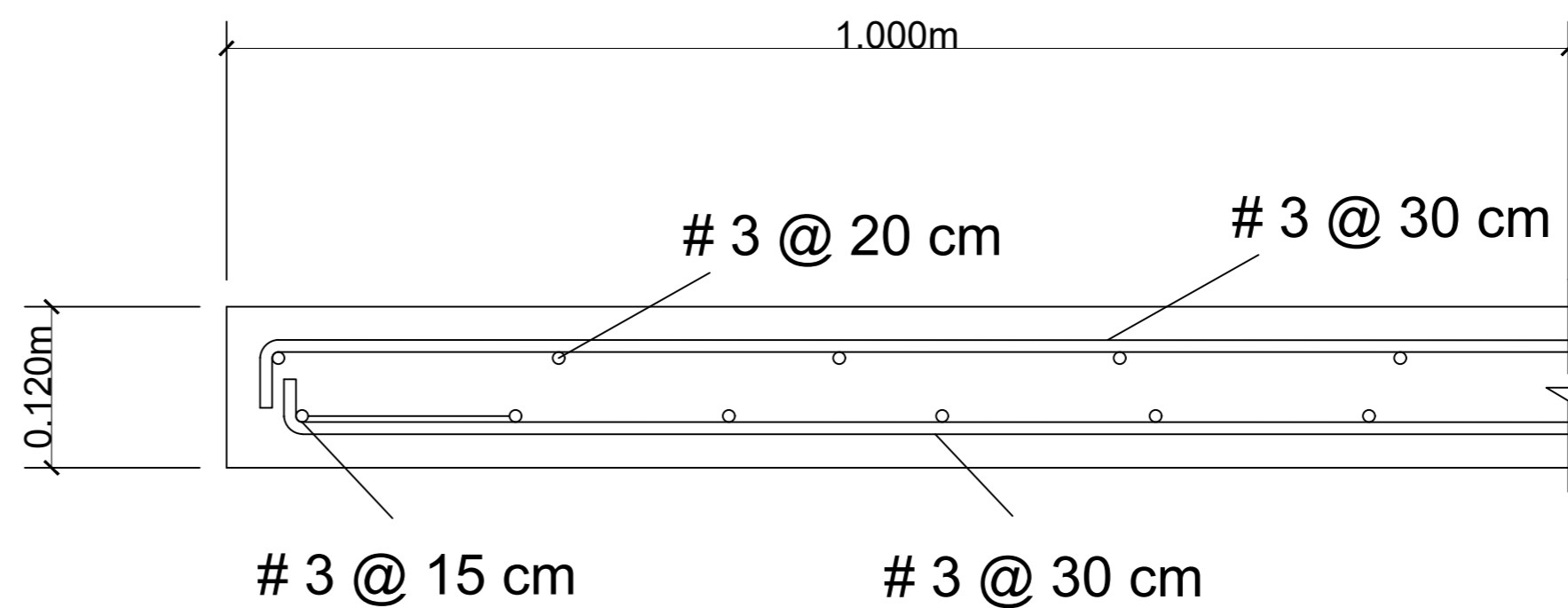
**COLUMNA C-2**  
ESCALA 1:5



**ARMADO TRAMO DE GRADAS**  
ESCALA 1:25



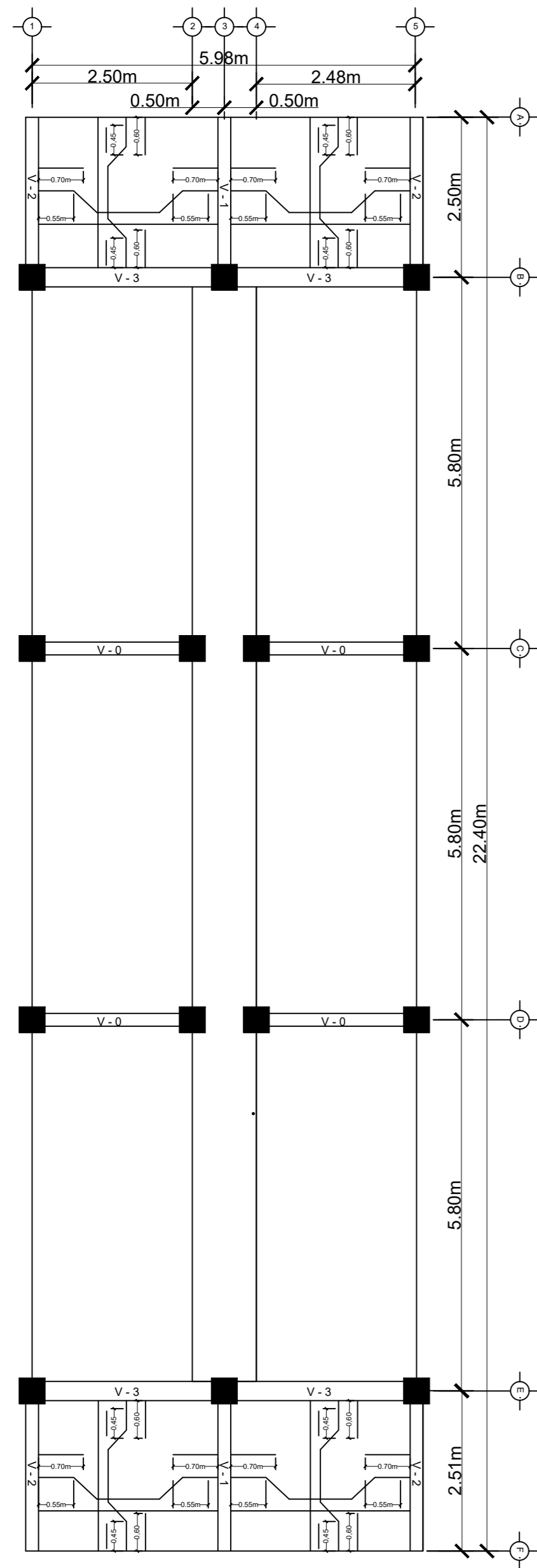
**GEOMETRÍA TRAMO DE GRADAS**  
ESCALA 1:25



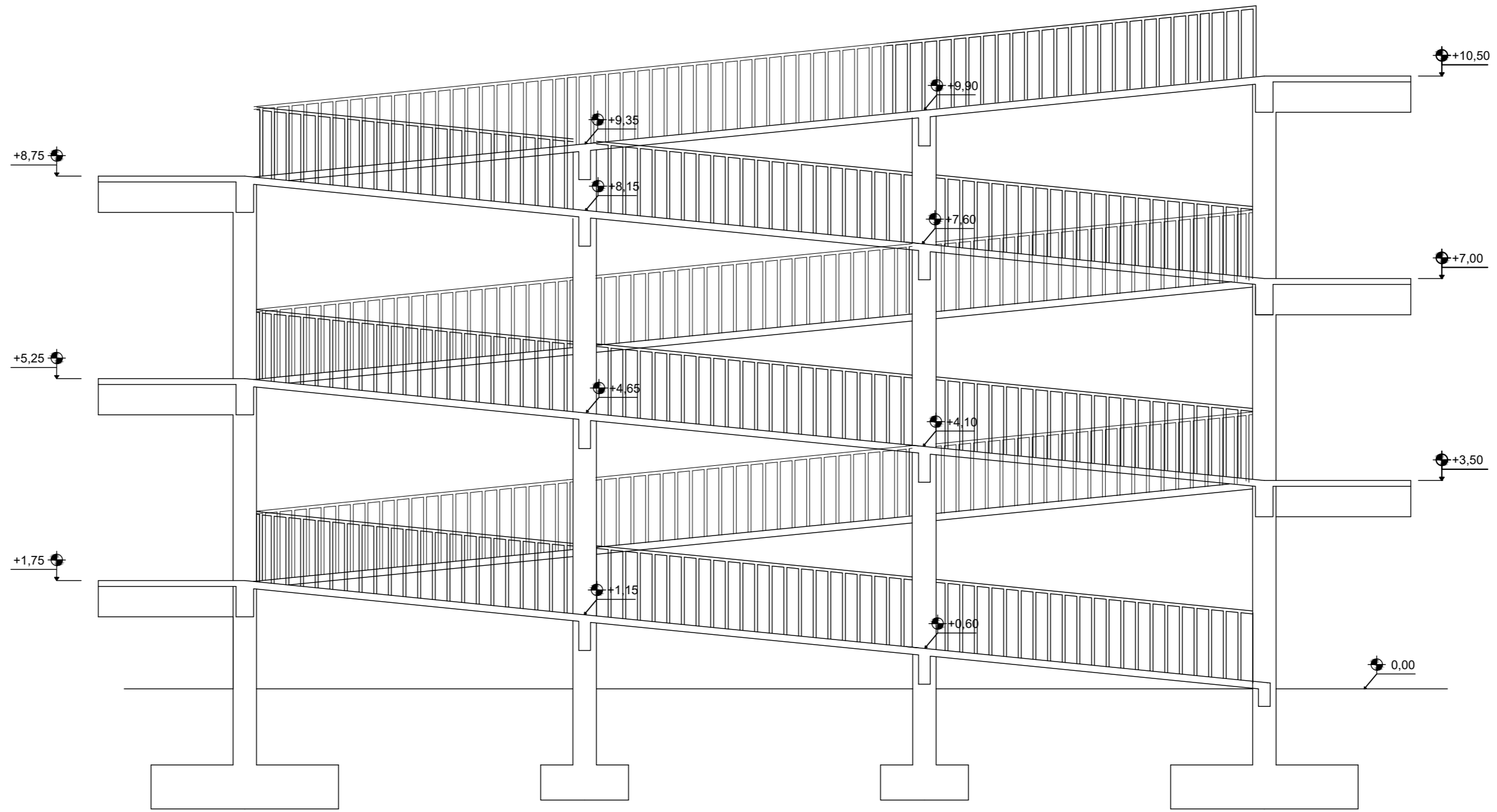
**SECCIÓN A-A'**  
ESCALA 1:5

**8 #6 + 2 EST. #3**

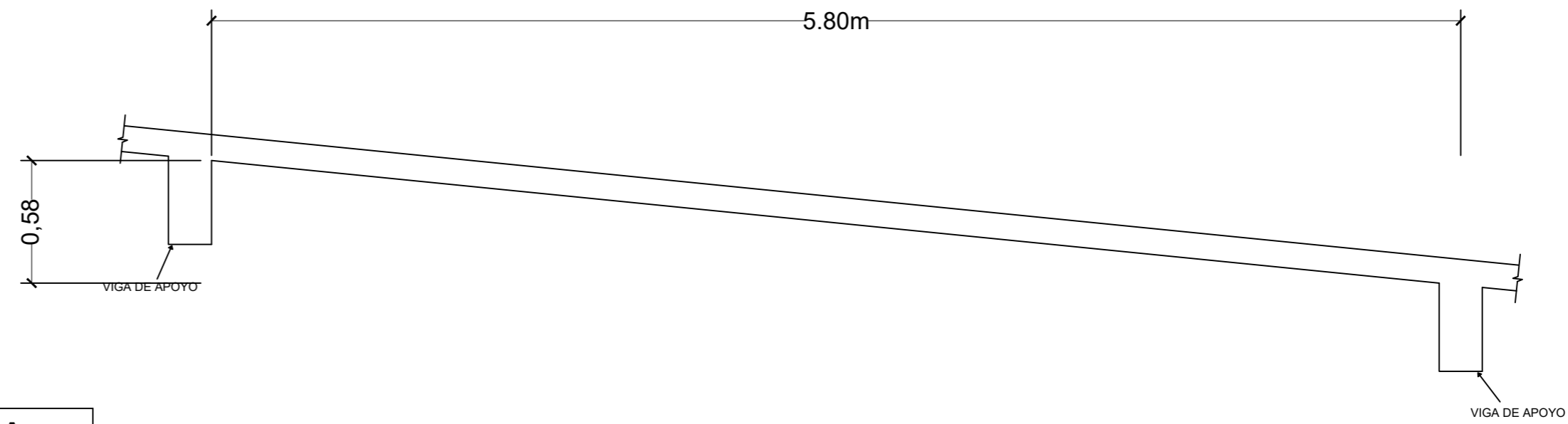
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE GRADAS		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 33/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



PLANTA DE LOSA  
ESCALA 1:75



PERFIL DE RAMPA  
ESCALA 1:50



GEOMETRÍA TRAMO DE GRADAS  
ESCALA 1:25

SIMBOLOGÍA	
	BASTÓN, L/4
	TENSIÓN, L/5 + DOBLEZ A 45°
	RIEL, L

## ESPECIFICACIONES

DISEÑO DE LOSAS  
MÉTODO 3 DE ACI

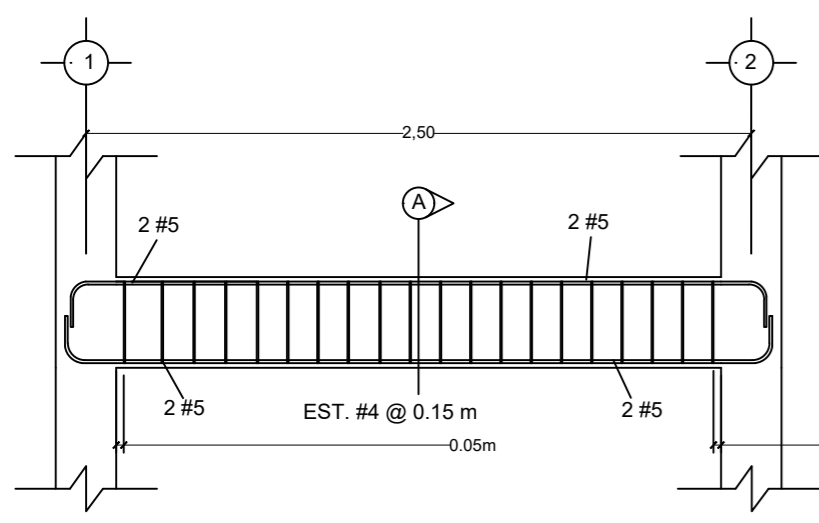
ESPESOR DE LOSAS: 10 cm

LOSAS DE DESCANSO  
EJE A - B  
TENSIÓN : #3 @ 20 cm  
BASTÓN : #3 @ 20 cm  
RIEL : #3 @ 20 cm

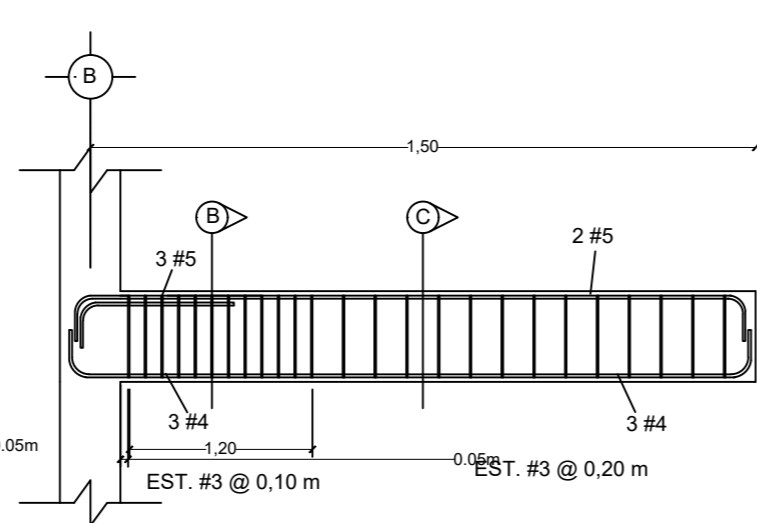
LOSAS DE DESCANSO  
EJE 4 - 5  
TENSIÓN: #3 @ 25 cm  
BASTÓN: #3 @ 25 cm  
RIEL: #3 @ 25 cm

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE RAMPA		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 34/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	

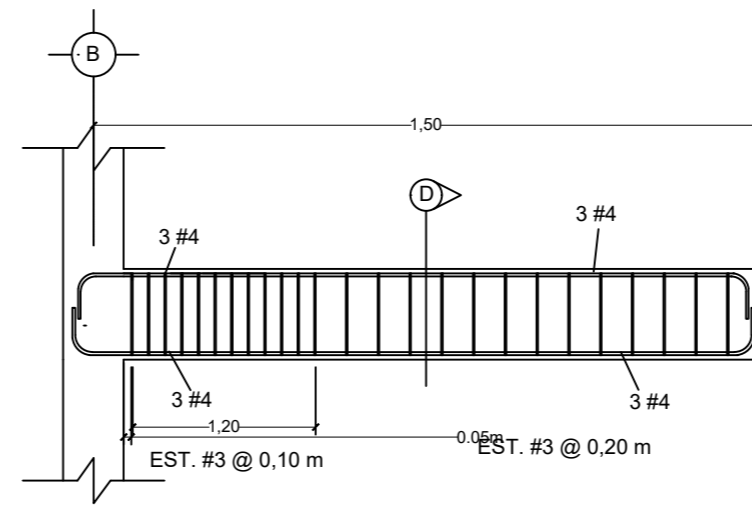




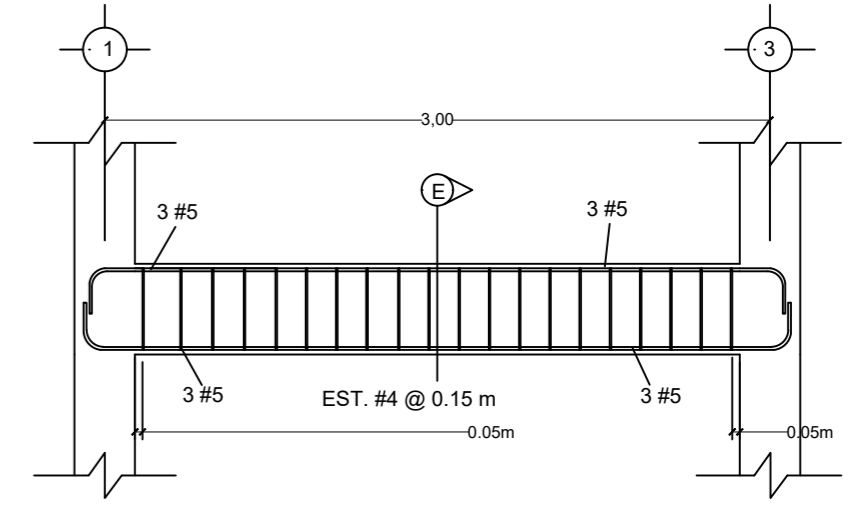
VIGA V-0 ESCALA 1:50



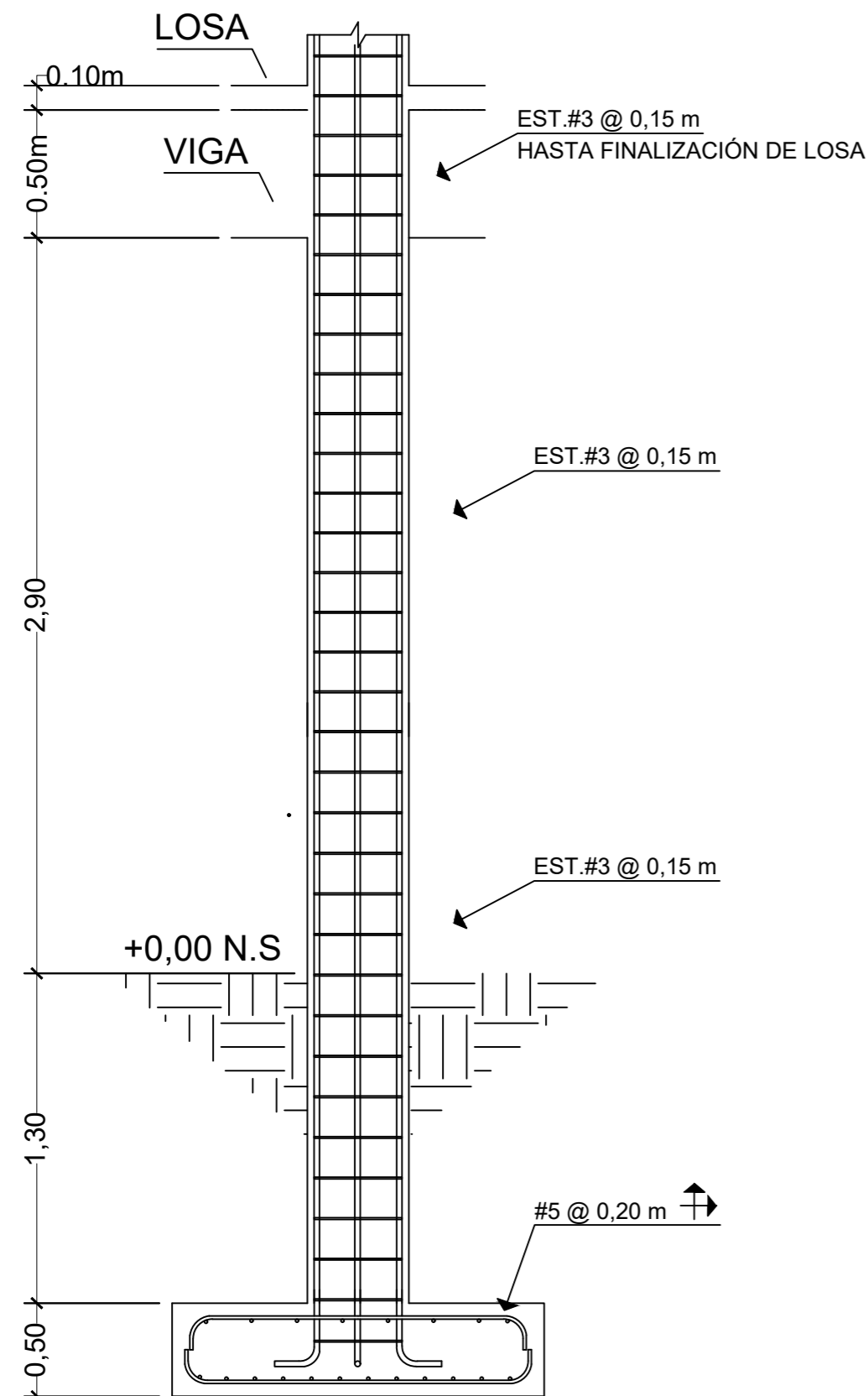
VIGA V-1 ESCALA 1:50



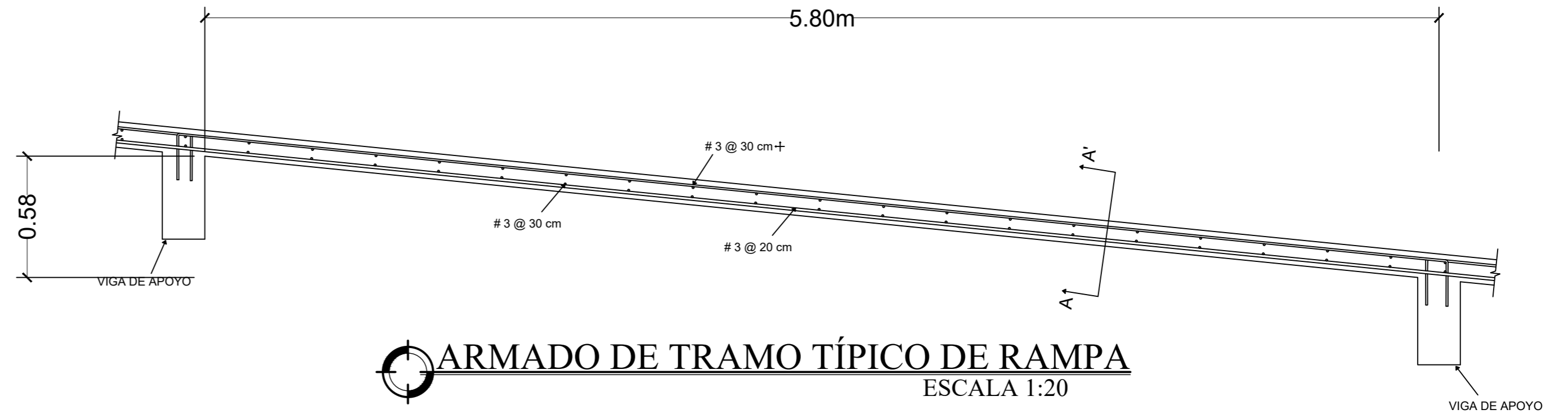
VIGA V-2 ESCALA 1:50



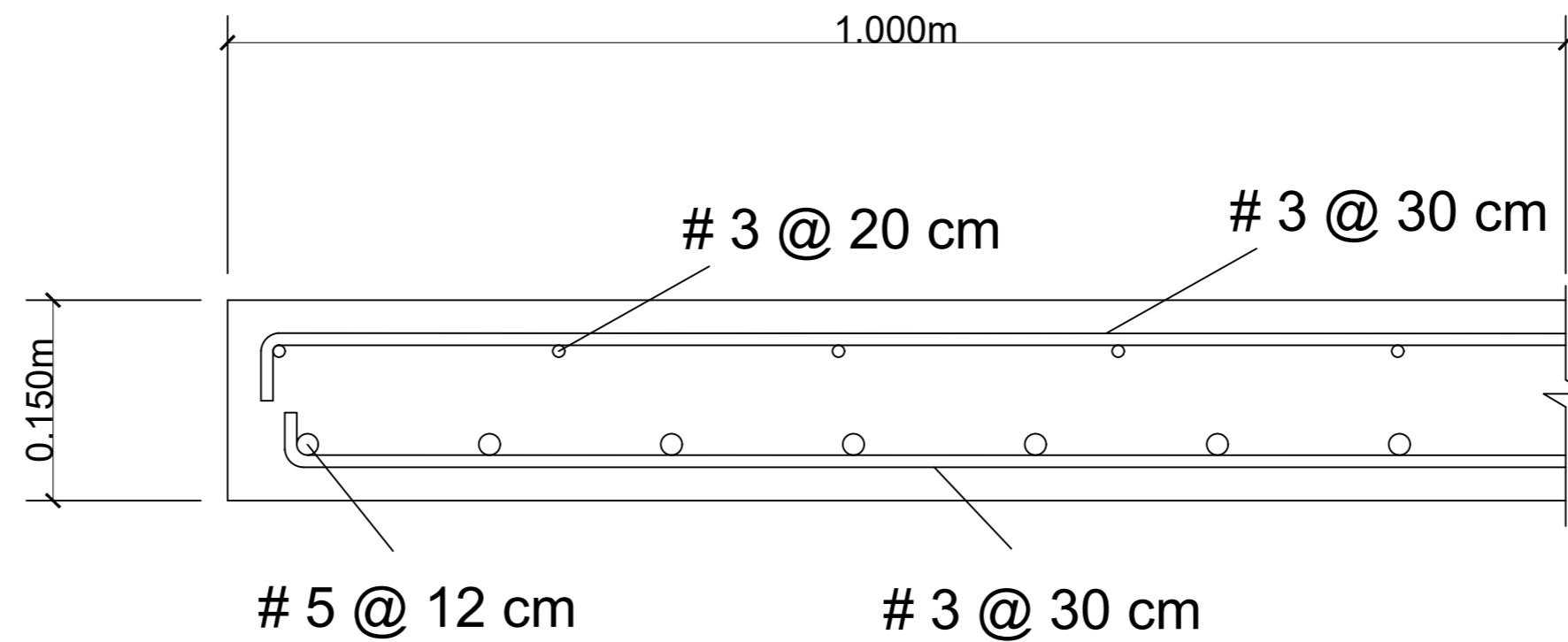
VIGA V-0 ESCALA 1:50



CORTE COLUMNA C-2 ESCALA 1:25

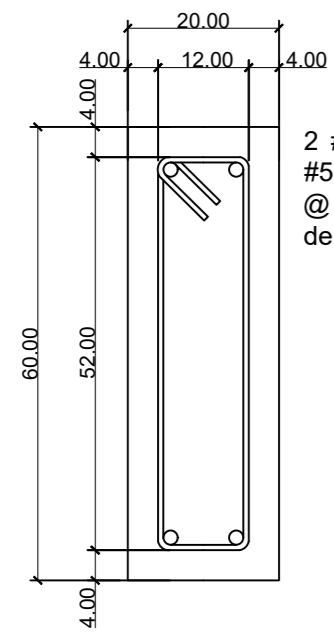


ARMADO DE TRAMO TÍPICO DE RAMPA ESCALA 1:20



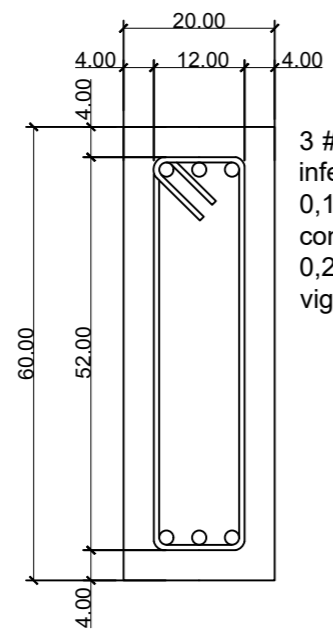
CORTE A-A' ESCALA 1:5

 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE RAMPA	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 35/45
Vo.Bo. _____ INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



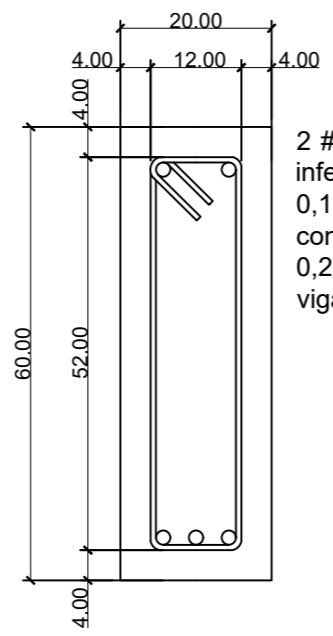
2 #5 superior y 2 #5 inferior + est. #4 @ 0,15 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN A  
ESCALA 1:10



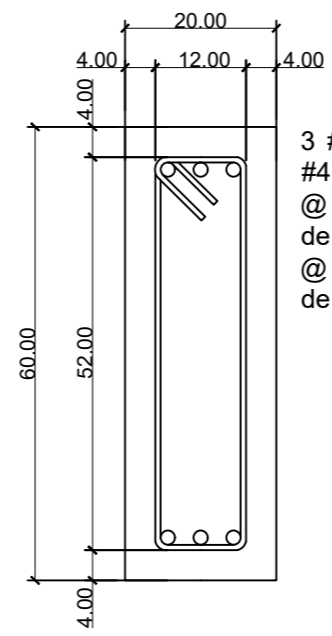
3 #5 superior y 3 #4 inferior + est. #3 @ 0,10 m en zona de confinamiento y @ 0,20 en el resto de la viga.

SECCIÓN B  
ESCALA 1:10



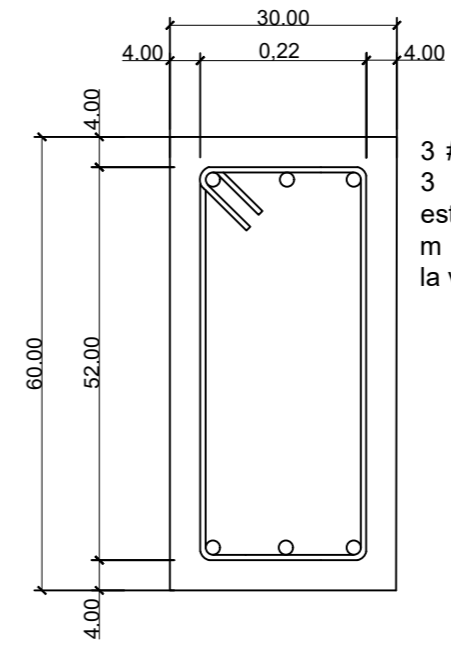
2 #5 superior y 3 #4 inferior + est. #3 @ 0,10 m en zona de confinamiento y @ 0,20 en el resto de la viga.

SECCIÓN C  
ESCALA 1:10



3 #4 superior y 3 #4 inferior + est. #3 @ 0,10 m en zona de confinamiento y @ 0,20 en el resto de la viga.

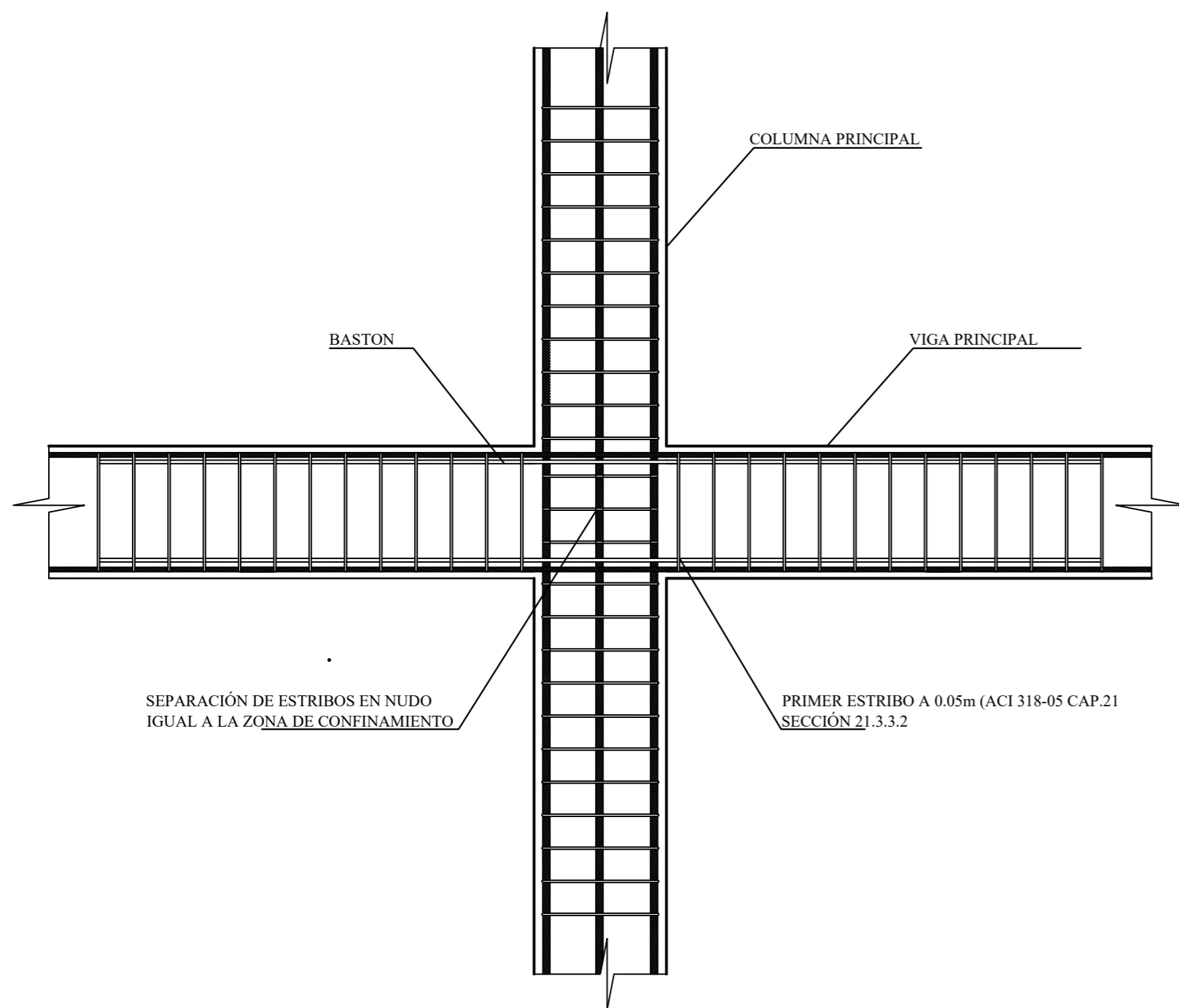
SECCIÓN D  
ESCALA 1:10



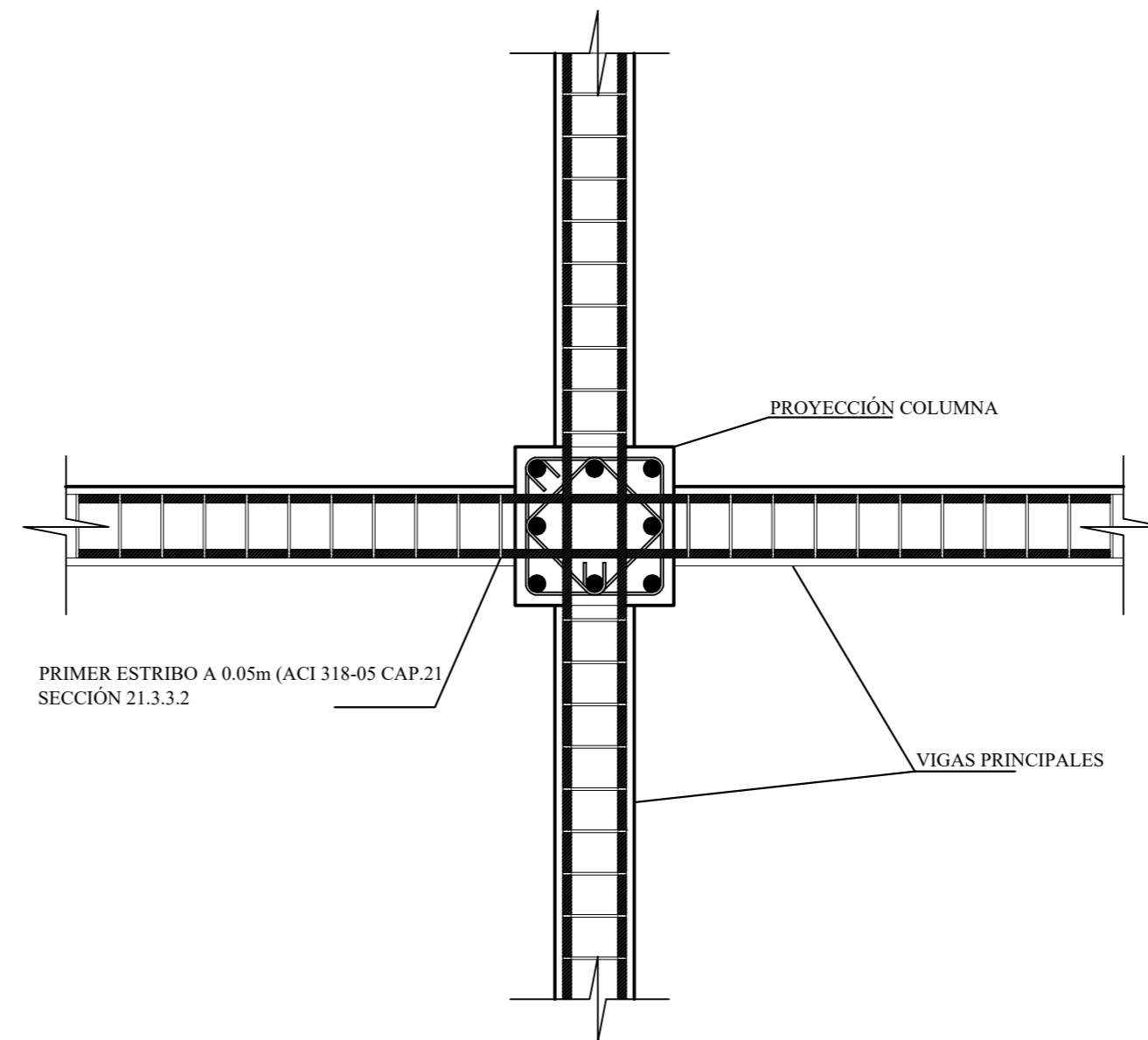
3 #5 superior y 3 #5 inferior + est. #4 @ 0,15 m a lo largo de la viga.

SECCIÓN E  
ESCALA 1:10

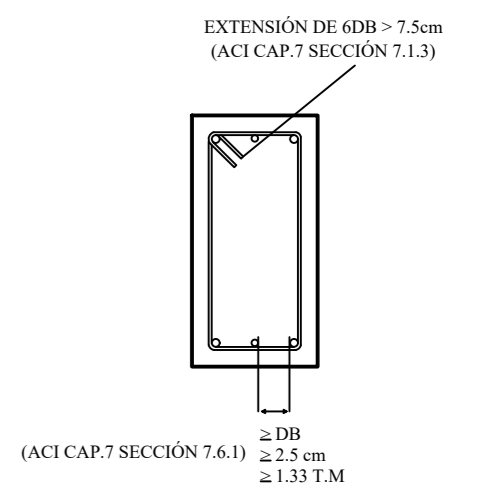
NOTA: LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTÍMETROS



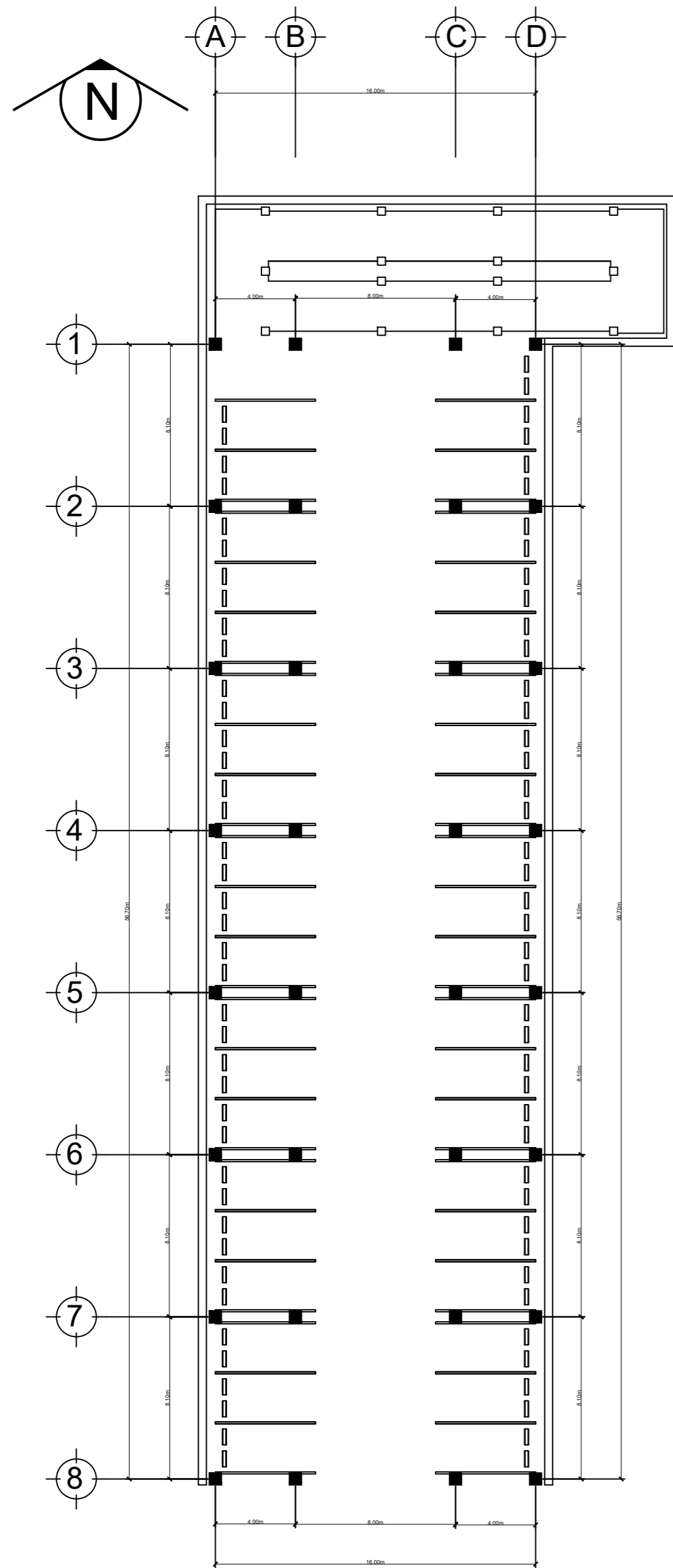
ELEVACIÓN VIGA COLUMNA  
ESCALA 1:25



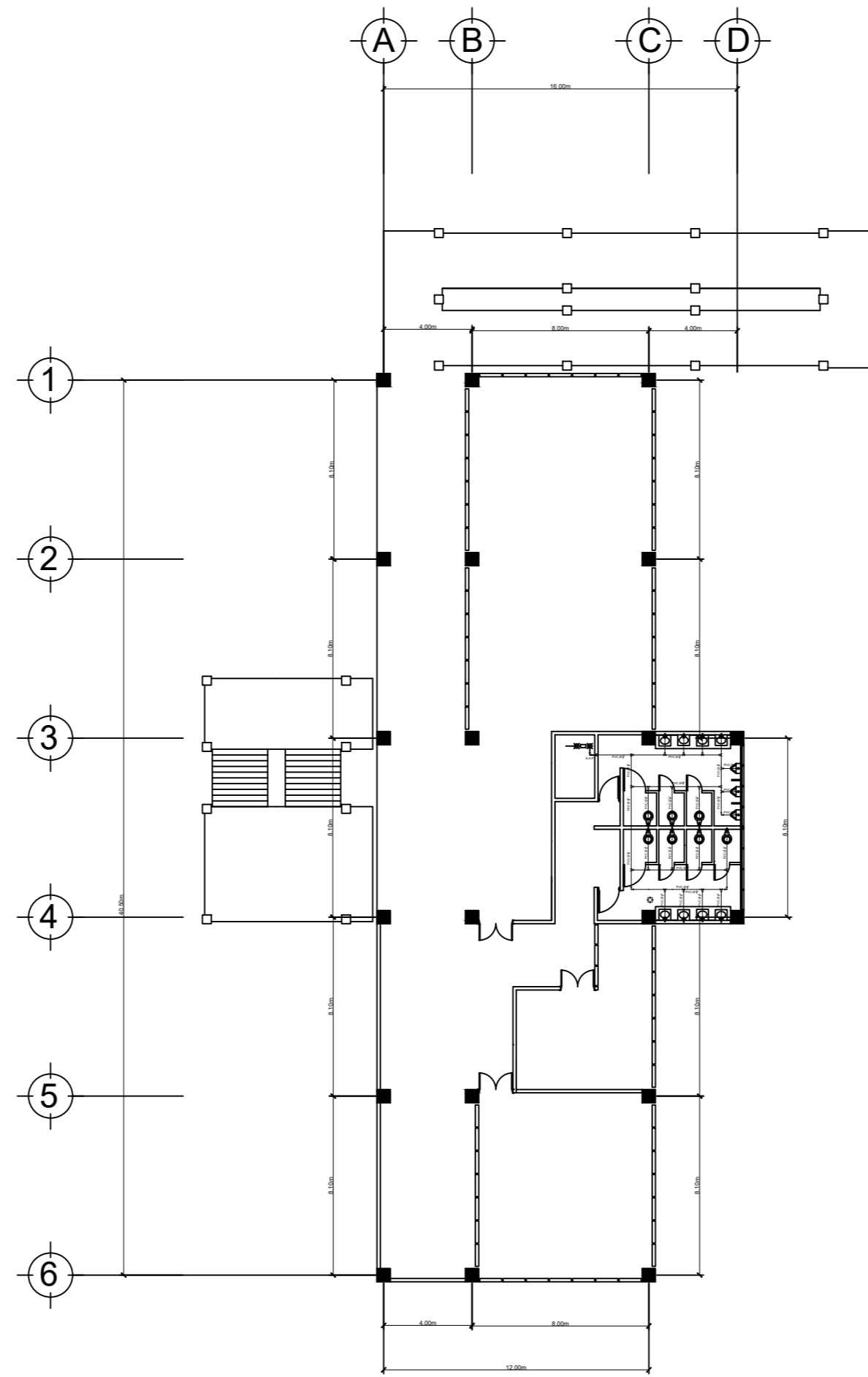
PLANTA VIGA COLUMNA  
ESCALA 1:25



 UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11	<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA
<b>CONTENIDO:</b> DETALLE DE RAMPA	<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 36/45
Vo.Bo. INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**PLANTA DE AGUA POTABLE SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250



**PLANTA DE AGUA POTABLE PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

### SIMBOLOGÍA

P.V.C. Ø#	RED PRINCIPAL DE TUBERÍA
	CODO A 90° VERTICAL HACIA ARRIBA
	CODO A 90° HORIZONTAL
	TEE 90° VERTICAL HACIA ARRIBA
	TEE 90° HORIZONTAL
	CRUCETA HORIZONTAL
S.A.P.	SUBIDA DE AGUA POTABLE
	LLAVE DE COMPUERTA
	CONTADOR
	LLAVE DE PASO

### ESPECIFICACIONES

LA TUBERÍA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBERÁ SATISFACER LAS NORMAS COMERCIALES STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA, LAS DIMENSIONES DE TUBERÍA Y LOS CIRCUITOS SE MUESTRAN EN LA PLANTA.

CUALQUIER CAMBIO DE DIÁMETRO POR CONDICIONES ESPECIALES ENCONTRADAS EN EL CAMPO DEBERÁ SER AUTORIZADA POR EL SUPERVISOR.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

**PROYECTO:**  
ANEXO T-11

**UBICACIÓN:**  
CIUDAD UNIVERSITARIA

**CONTENIDO:**  
PLANO DE INSTALACIÓN  
DE AGUA POTABLE

**EPESISTA:**  
RODY F. CARDONA

**ESCALA:**  
INDICADA

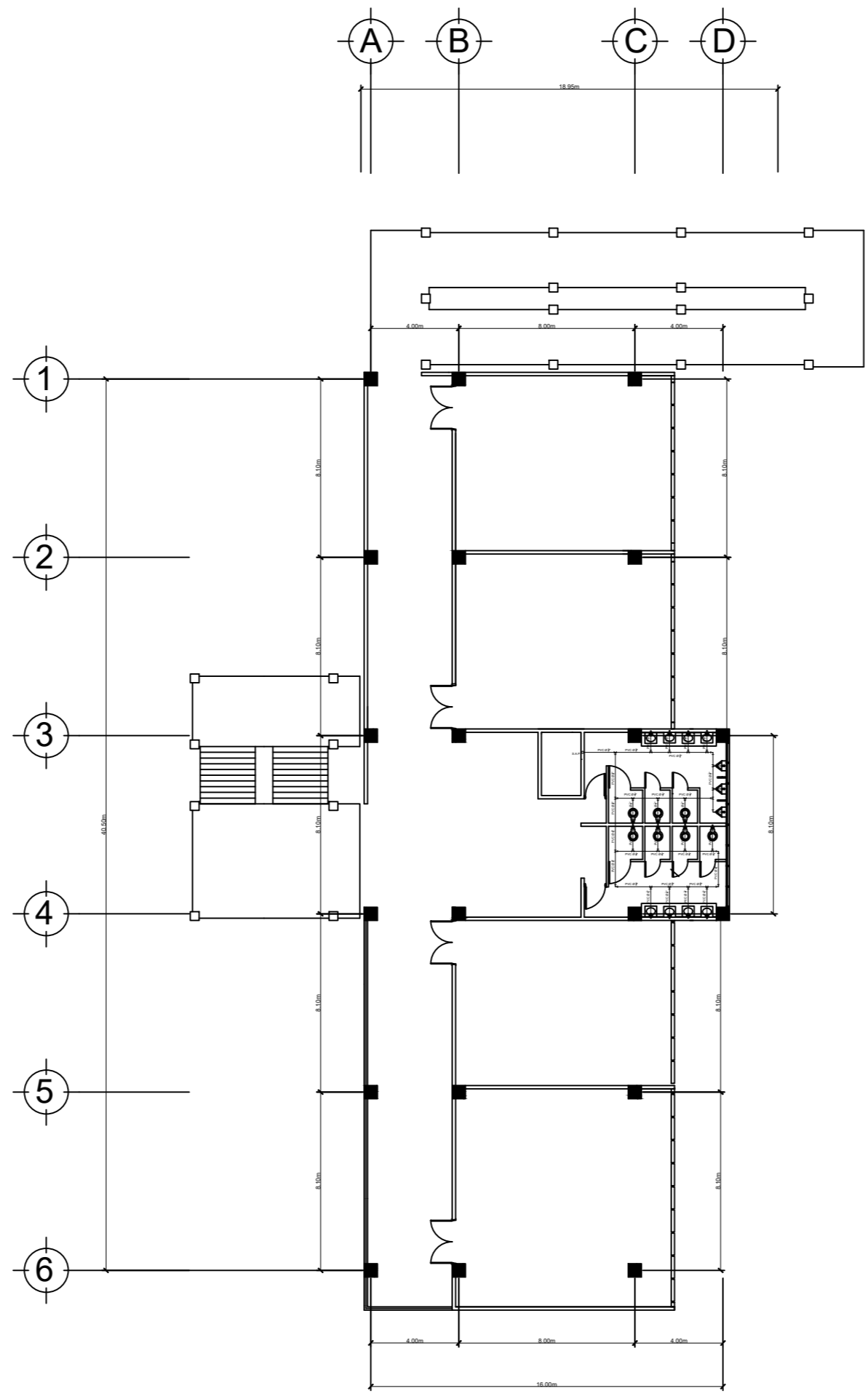
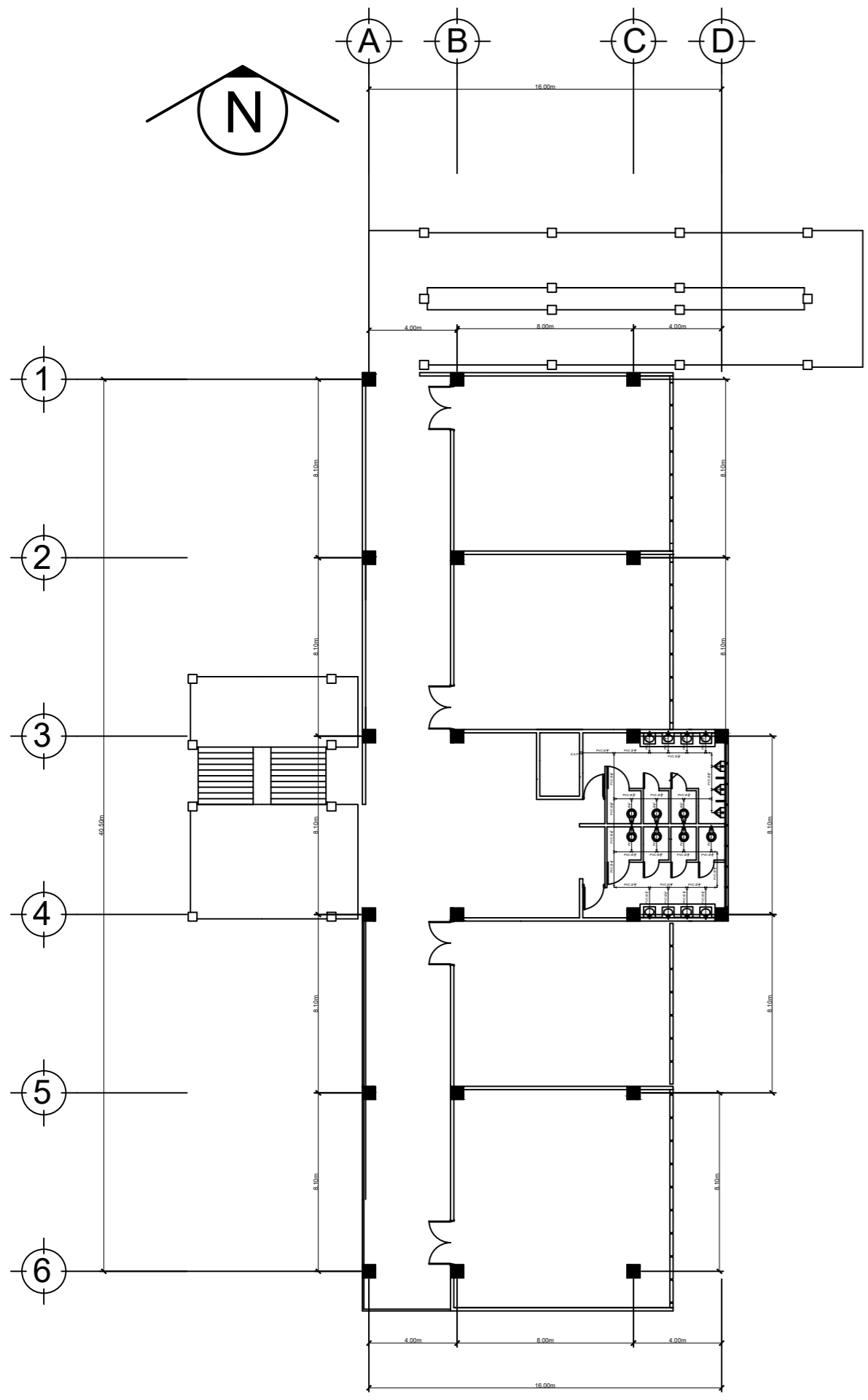
**CARNÉ:**  
201404150

Vo.Bo.

**FECHA:**  
OCTUBRE/2018

**HOJA No.:**  
37/45

INGA. CHRISTA CLASSON  
ASESOR - SUPERVISOR EPS



SIMBOLOGÍA	
P.V.C. Ø#	RED PRINCIPAL DE TUBERÍA
⊥	CODO A 90° VERTICAL HACIA ARRIBA
└─┘	CODO A 90° HORIZONTAL
┌─┐	TEE 90° VERTICAL HACIA ARRIBA
├─┤	TEE 90° HORIZONTAL
┌─┴─┐	CRUCETA HORIZONTAL
S.A.P.	SUBIDA DE AGUA POTABLE
⊗	LLAVE DE COMPUERTA
□	CONTADOR
⊗	LLAVE DE PASO

### ESPECIFICACIONES

LA TUBERÍA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBERÁ SATISFACER LAS NORMAS COMERCIALES STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

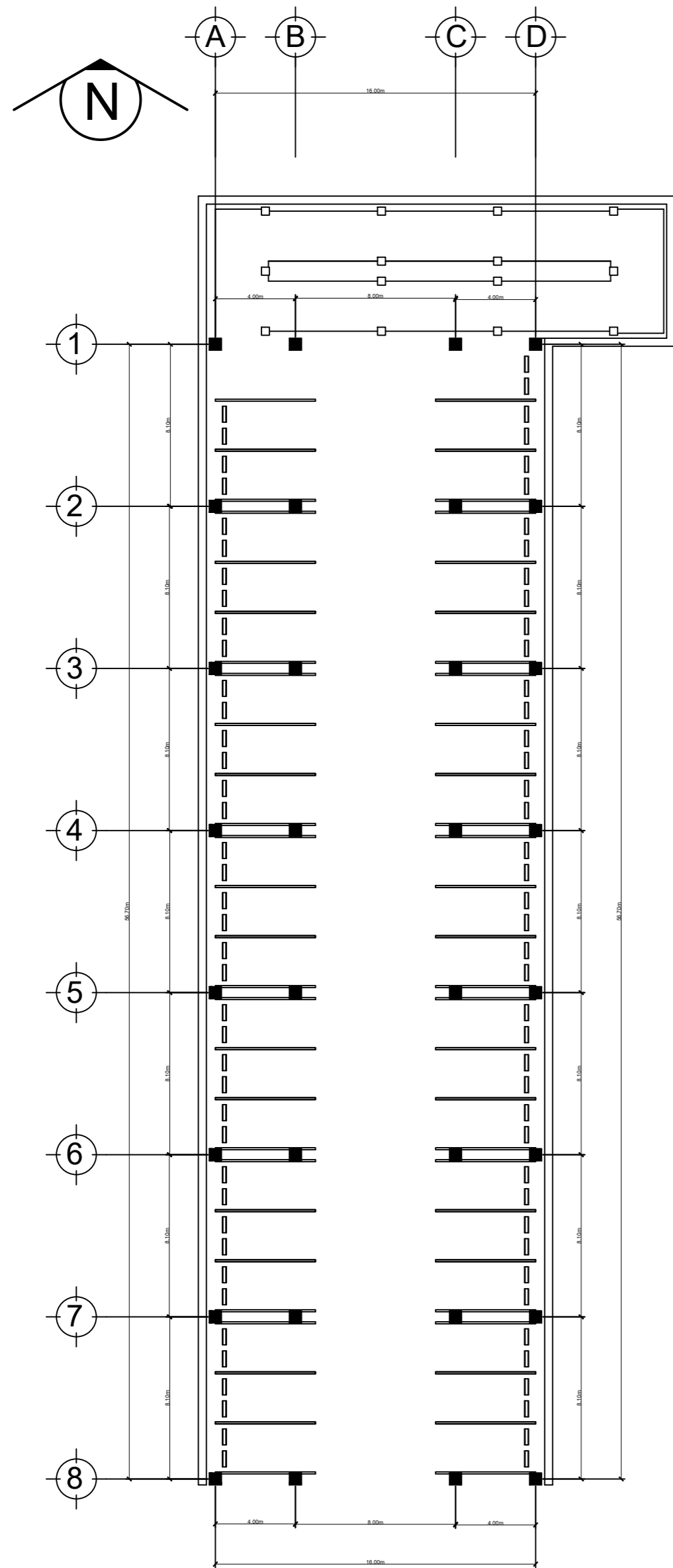
EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA, LAS DIMENSIONES DE TUBERÍA Y LOS CIRCUITOS SE MUESTRAN EN LA PLANTA.

CUALQUIER CAMBIO DE DIÁMETRO POR CONDICIONES ESPECIALES ENCONTRADAS EN EL CAMPO DEBERÁ SER AUTORIZADA POR EL SUPERVISOR.

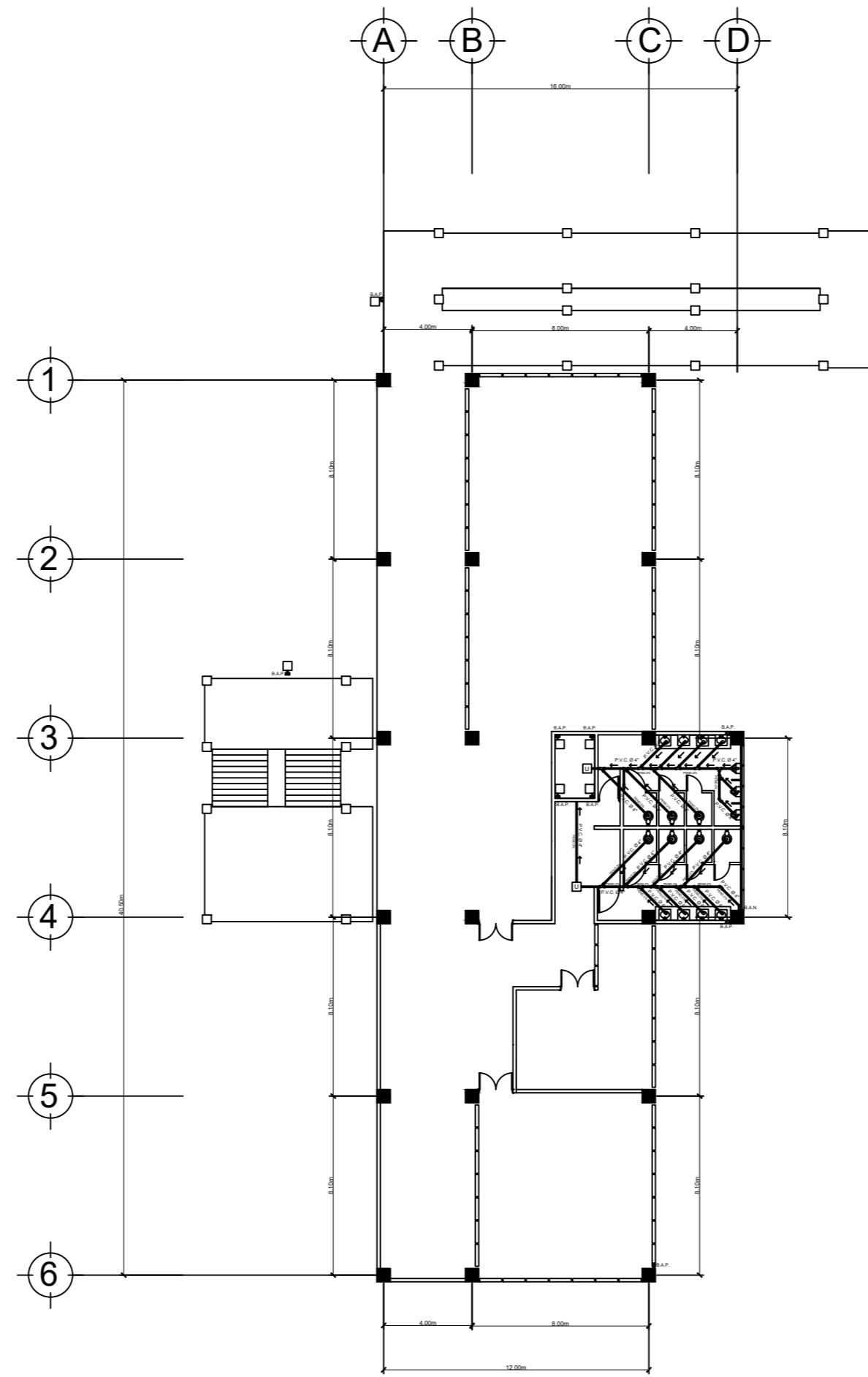
**PLANTA DE AGUA POTABLE SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA 1:200

**PLANTA DE AGUA POTABLE TERCER NIVEL**  
ESCALA 1:200

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 38/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



**PLANTA DE DRENAJES SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250



**PLANTA DE DRENAJES PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

### SIMBOLOGÍA

	TUBERÍA PVC DRENAJES PLUVIAL
	TUBERÍA PVC DRENAJES AGUAS NEGRAS
	CODO A 90° VERTICAL 4"
	TEE 90° HORIZONTAL
	CODO A 45° HORIZONTAL
	YEE A 45° HORIZONTAL
	CAJA TIPO A (0.40m x 0.40m)
B.A.N	BAJADA DE AGUAS NEGRAS
B.A.P	BAJADA DE AGUAS PLUVIALES
	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE

### ESPECIFICACIONES

LA TUBERÍA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBERÁ SATISFACER LAS NORMAS COMERCIALES STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA, LAS DIMENSIONES DE TUBERÍA Y LOS CIRCUITOS SE MUESTRAN EN LA PLANTA.

CUALQUIER CAMBIO DE DIÁMETRO POR CONDICIONES ESPECIALES ENCONTRADAS EN EL CAMPO DEBERÁ SER AUTORIZADA POR EL SUPERVISOR.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

**PROYECTO:**  
ANEXO T-11

**UBICACIÓN:**  
CIUDAD UNIVERSITARIA

**CONTENIDO:**  
PLANO INSTALACIÓN DE DRENAJES

**EPESISTA:**  
RODY F. CARDONA

**ESCALA:**  
INDICADA

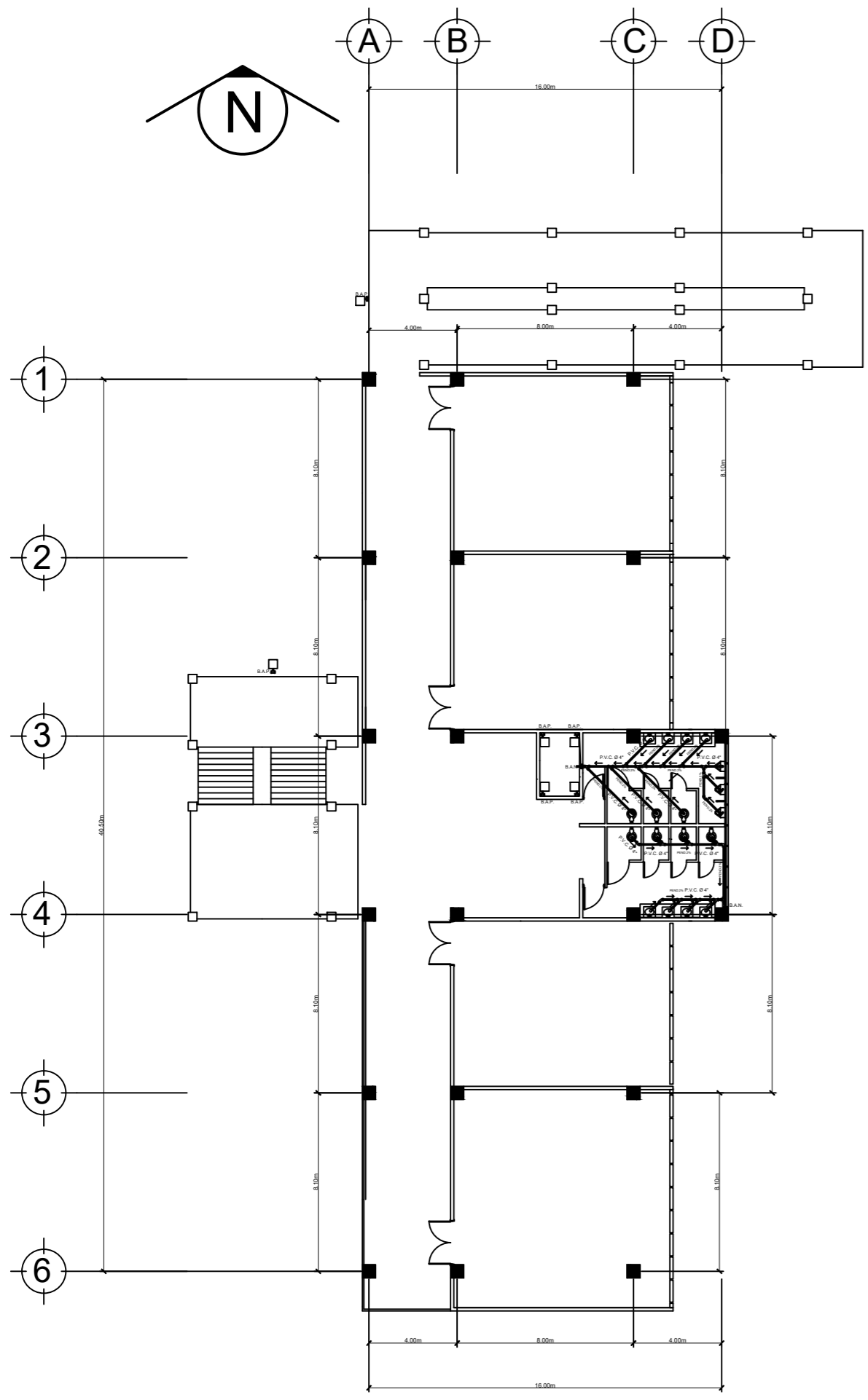
**CARNÉ:**  
201404150

Vo.Bo.

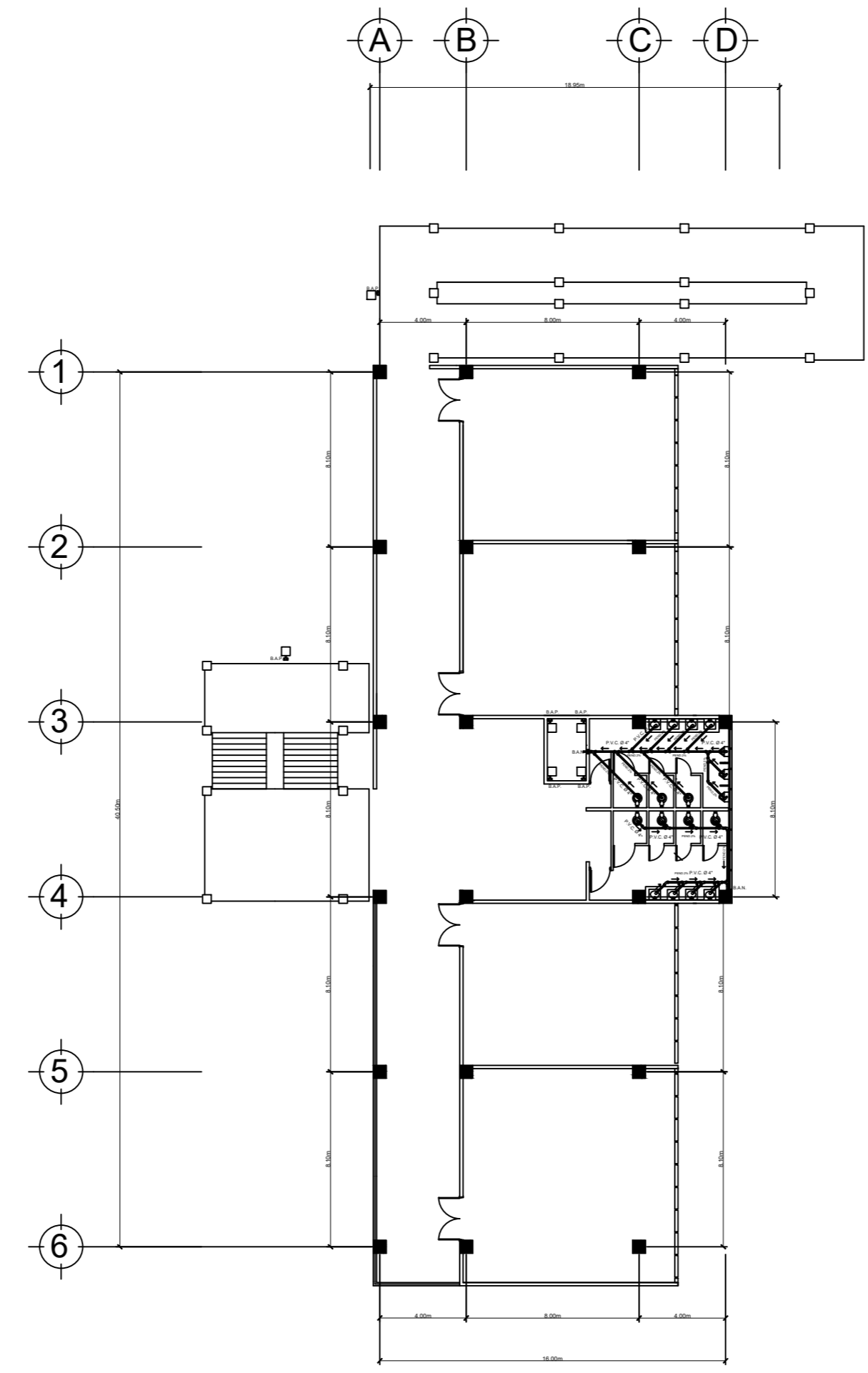
**FECHA:**  
OCTUBRE/2018

**HOJA No.:**  
39/45

INGA. CHRISTA CLASSON  
ASESOR - SUPERVISOR EPS



PLANTA DE DRENAJES SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:200



PLANTA DE DRENAJES TERCER NIVEL  
ESCALA 1:200

SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA PVC DRENAJES PLUVIAL
	TUBERÍA PVC DRENAJES AGUAS NEGRAS
	CODO A 90° VERTICAL 4"
	TEE 90° HORIZONTAL
	CODO A 45° HORIZONTAL
	YEE A 45° HORIZONTAL
	CAJA TIPO A (0.40m x 0.40m)
	B.A.N BAJADA DE AGUAS NEGRAS
	B.A.P BAJADA DE AGUAS PLUVIALES
	INDICA SENTIDO DE LA PENDIENTE

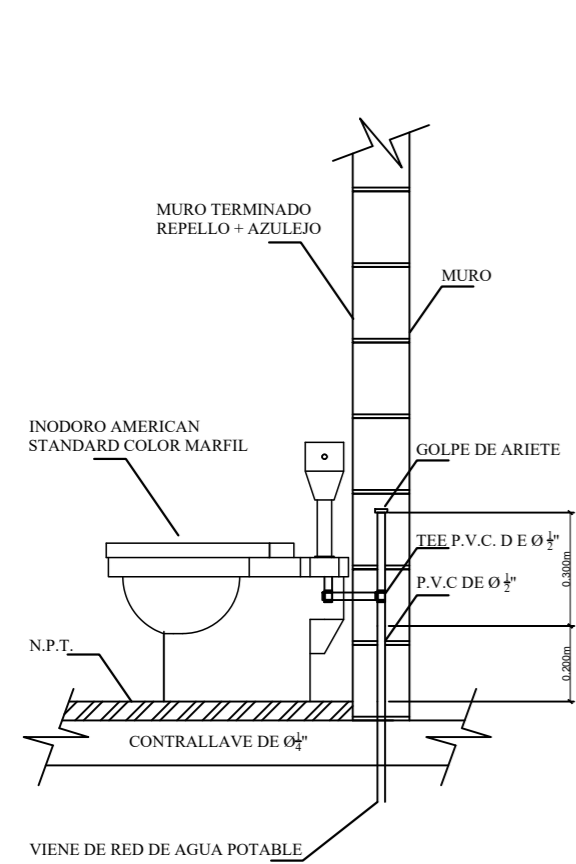
### ESPECIFICACIONES

LA TUBERÍA A UTILIZAR ES DE PVC DE 160 PSI DE RESISTENCIA Y DEBERÁ SATISFACER LAS NORMAS COMERCIALES STANDARD 25-56 Y ASTM 2466-67 O ASTM D-2241.

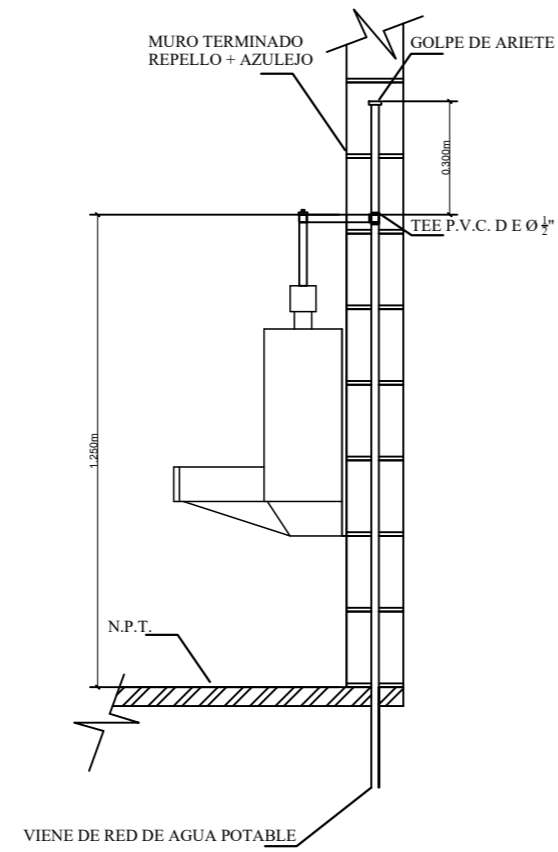
EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA, LAS DIMENSIONES DE TUBERÍA Y LOS CIRCUITOS SE MUESTRAN EN LA PLANTA.

CUALQUIER CAMBIO DE DIÁMETRO POR CONDICIONES ESPECIALES ENCONTRADAS EN EL CAMPO DEBERÁ SER AUTORIZADA POR EL SUPERVISOR.

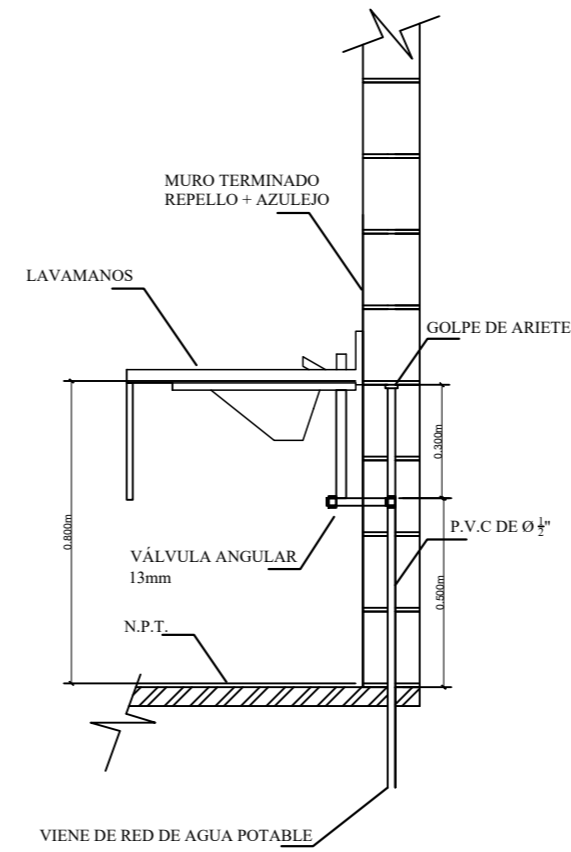
		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO INSTALACIÓN DE DRENAJE		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 40/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



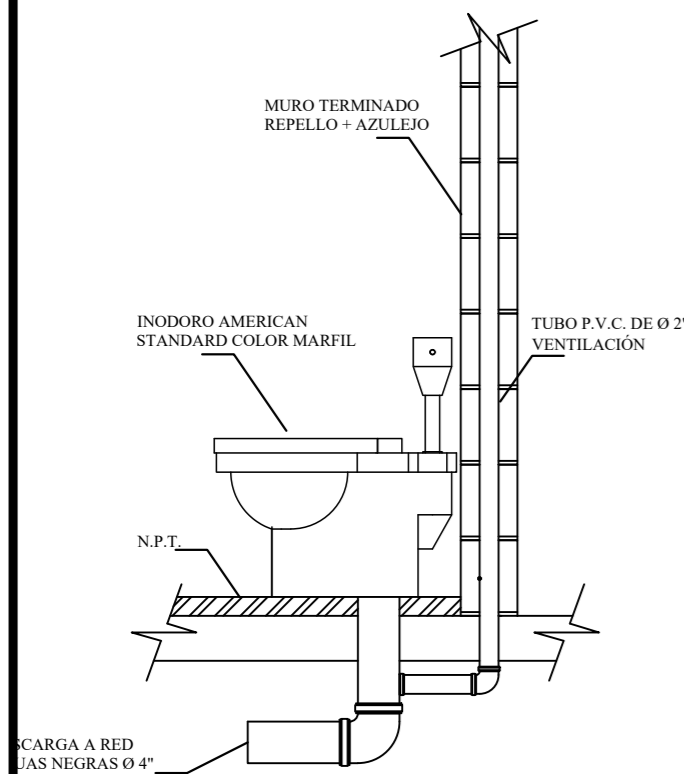
DETALLE INST. SANITARIA  
ESCALA 1:20



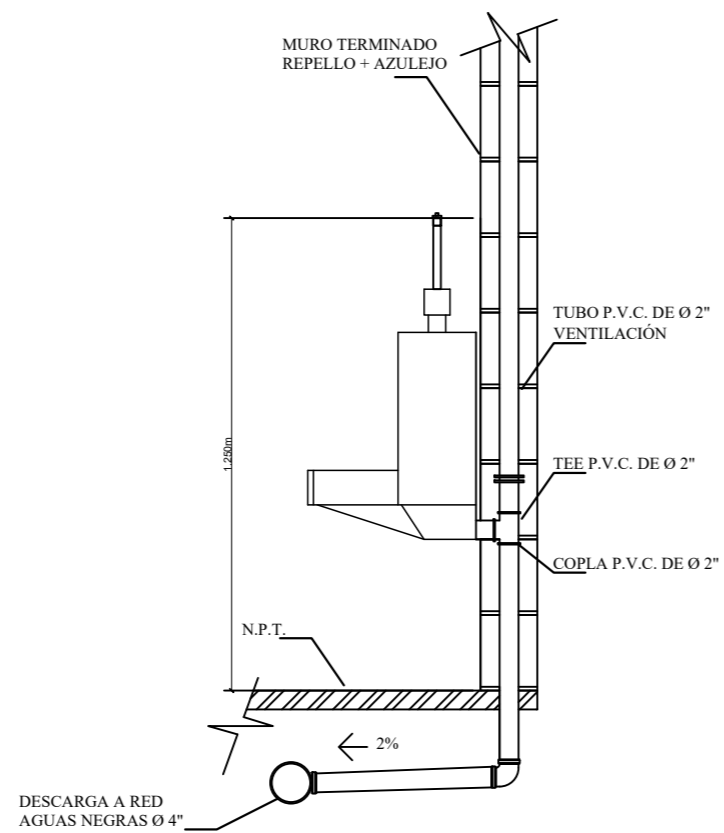
DETALLE INST. SANITARIA  
ESCALA 1:20



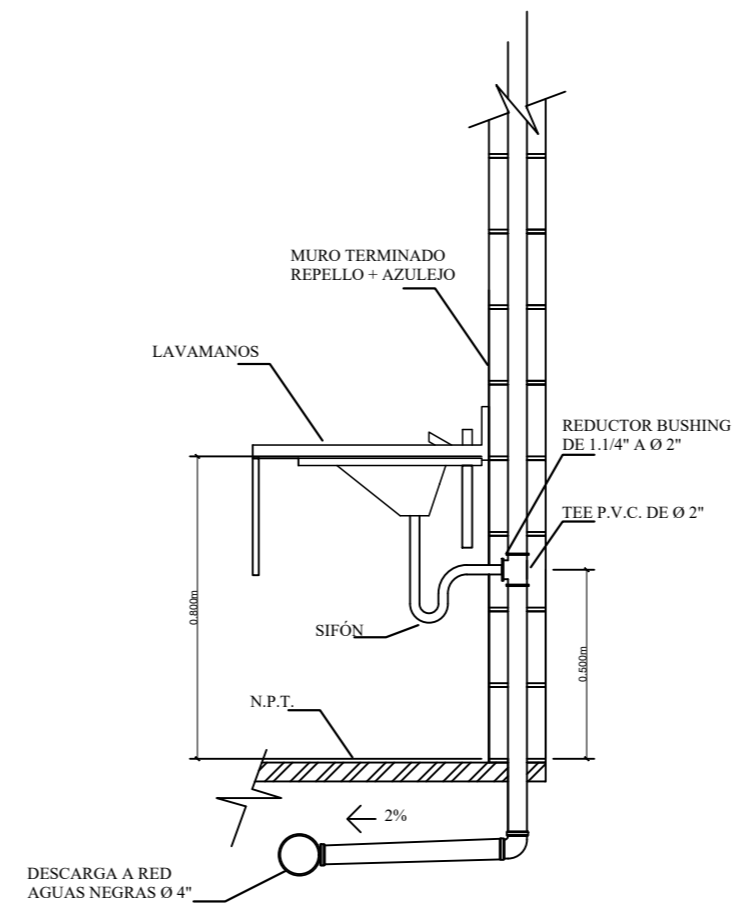
DETALLE INST. SANITARIA  
ESCALA 1:20



DETALLE INST. SANITARIA  
ESCALA 1:20

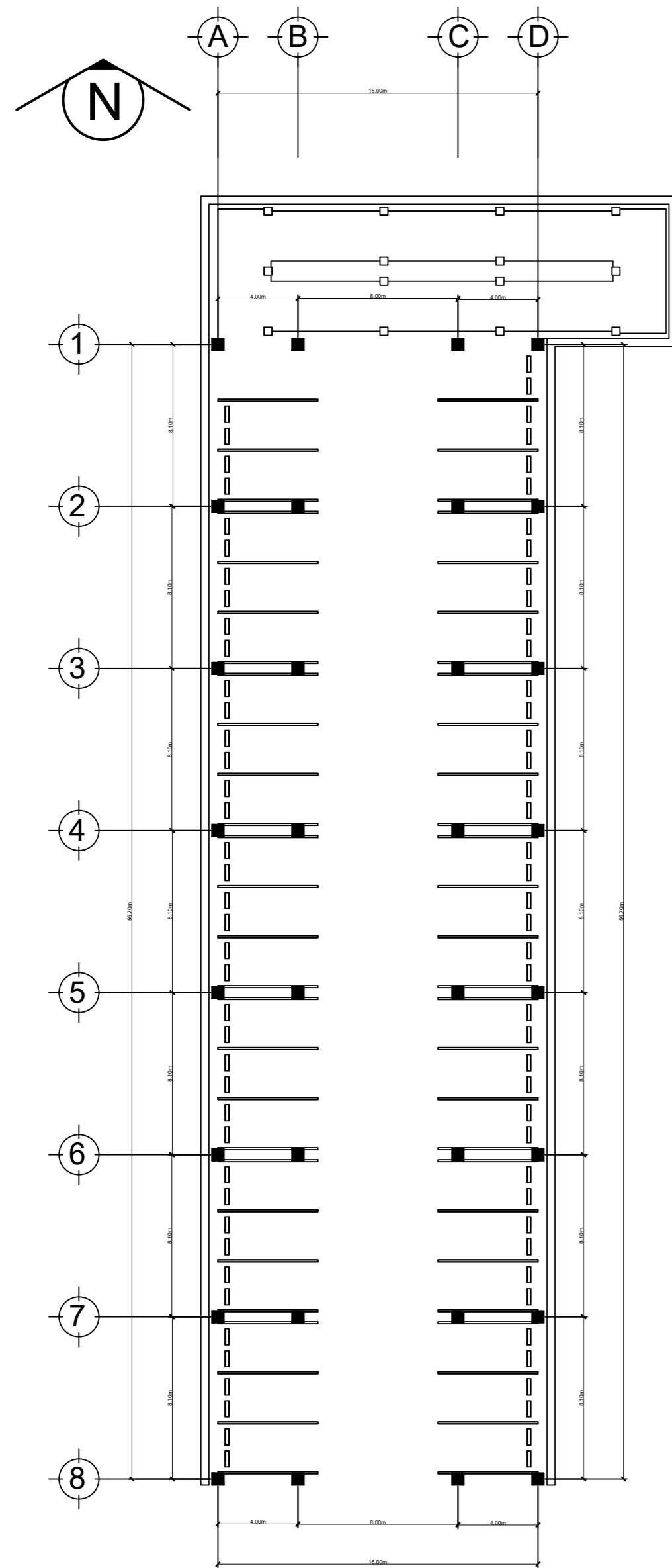


DETALLE INST. SANITARIA  
ESCALA 1:20

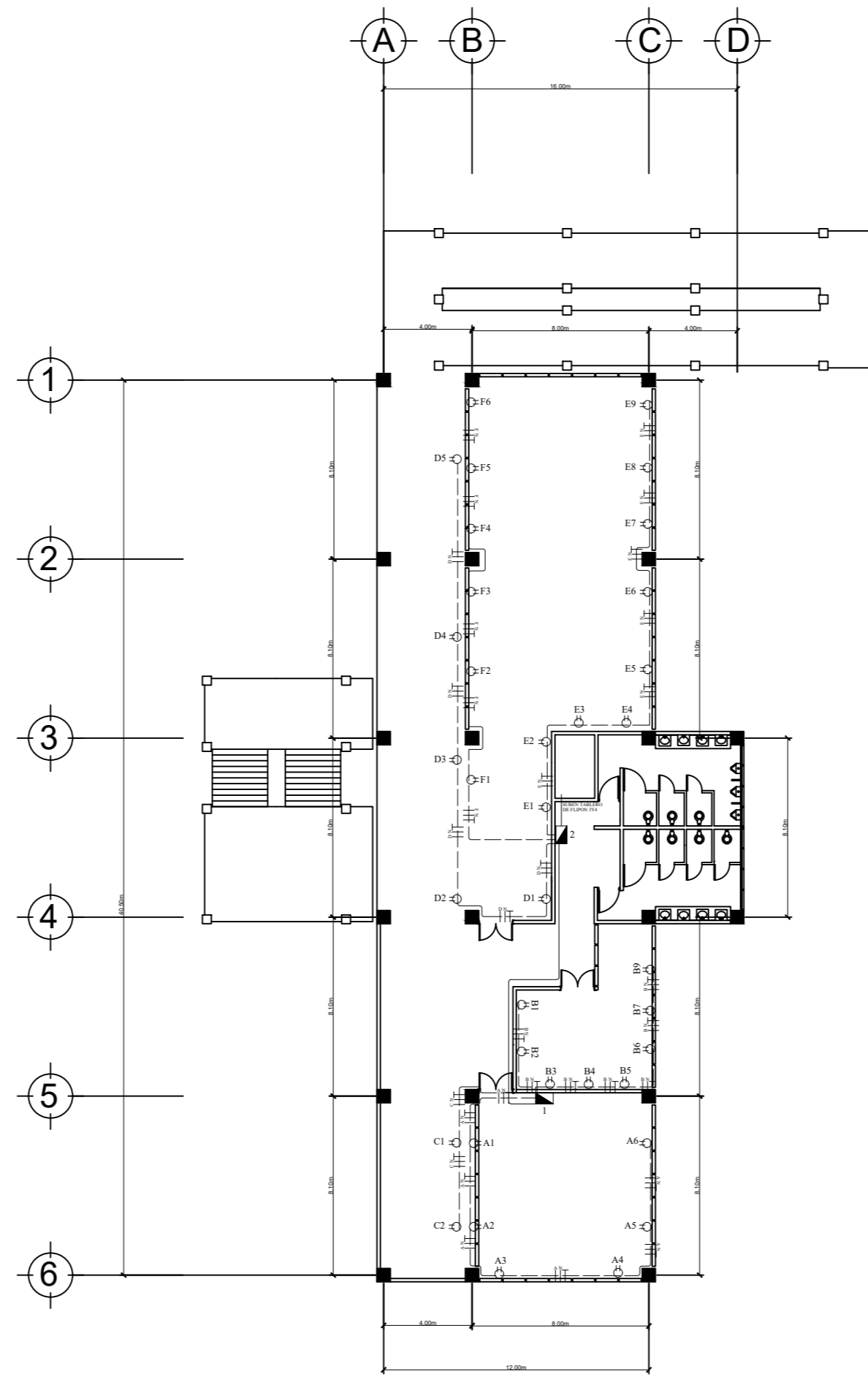


DETALLE INST. SANITARIA  
ESCALA 1:20

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA	
PROYECTO:		UBICACIÓN:	
ANEXO T-11		CIUDAD UNIVERSITARIA	
CONTENIDO:		EPESISTA:	
DETALLE DE INSTALACIONES		RODY F. CARDONA	
ESCALA:	CARNÉ:	Vo.Bo.	
INDICADA	201404150		
FECHA:	HOJA No.:	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	
OCTUBRE/2018	41/45		



**PLANTA FUERZA SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250



**PLANTA FUERZA PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

### SIMBOLOGÍA

---	POLIDUCTO ELÉCTRICO 3/4"
⊖	TOMACORRIENTE DOBLE H=0.30 m N.P.T.
⋮	LÍNEA NEUTRA
⋮	LÍNEA VIVA
⊥	TIERRA
■	TABLERO DE FLIPONES H=1.60 m

### ESPECIFICACIONES

LA TUBERÍA A USAR SERÁ POLIDUCTO DE 3/4" CABLE AWG THHN



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

**PROYECTO:**  
ANEXO T-11

**UBICACIÓN:**  
CIUDAD UNIVERSITARIA

**CONTENIDO:**  
PLANO DE FUERZA

**EPESISTA:**  
RODY F. CARDONA

**ESCALA:**  
INDICADA

**CARNÉ:**  
201404150

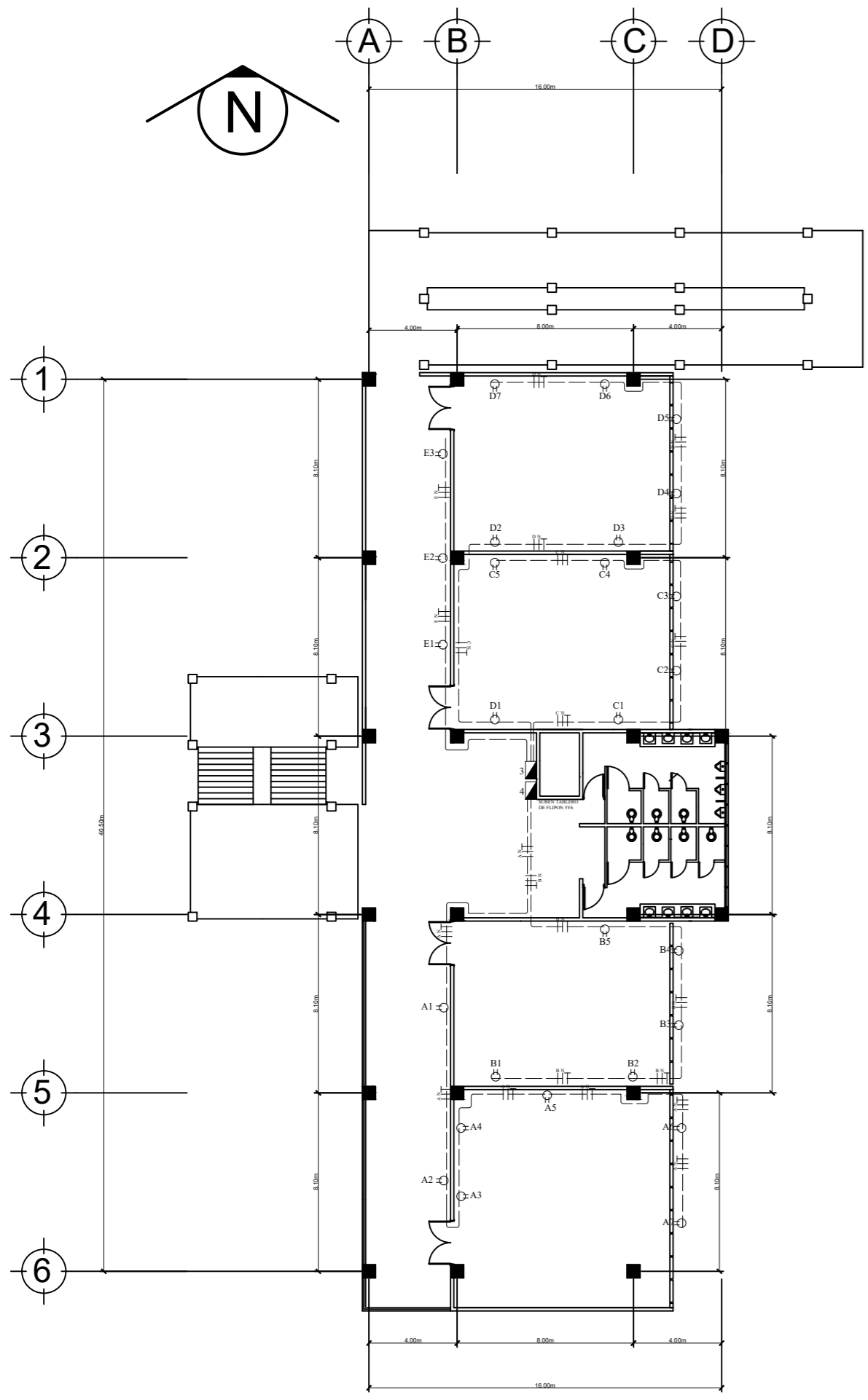
Vo.Bo.

**FECHA:**  
OCTUBRE/2018

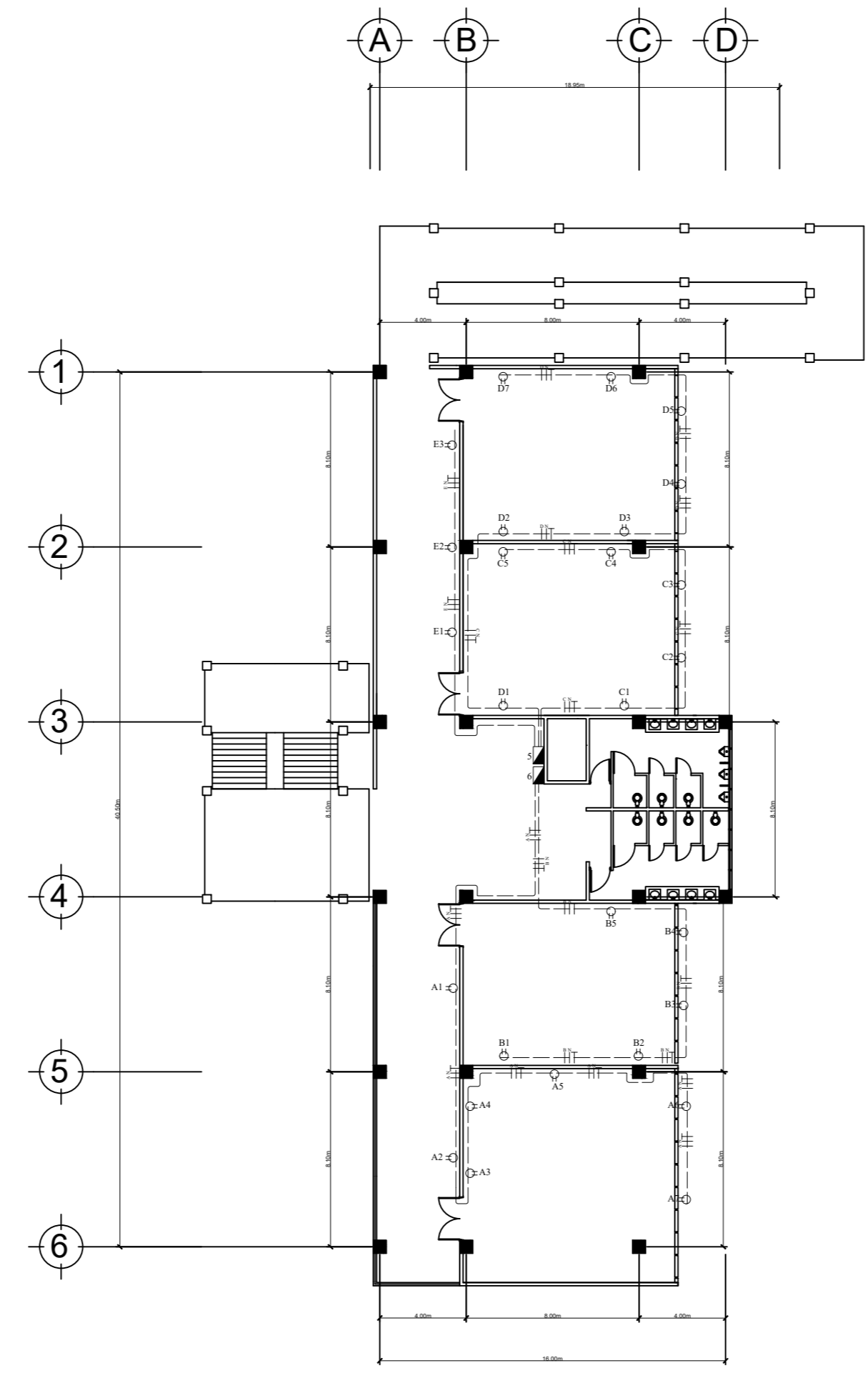
**HOJA No.:**  
42/45

INGA. CHRISTA CLASSON  
ASESOR - SUPERVISOR EPS





**PLANTA FUERZA SEGUNDO NIVEL**  
ESCALA 1:200



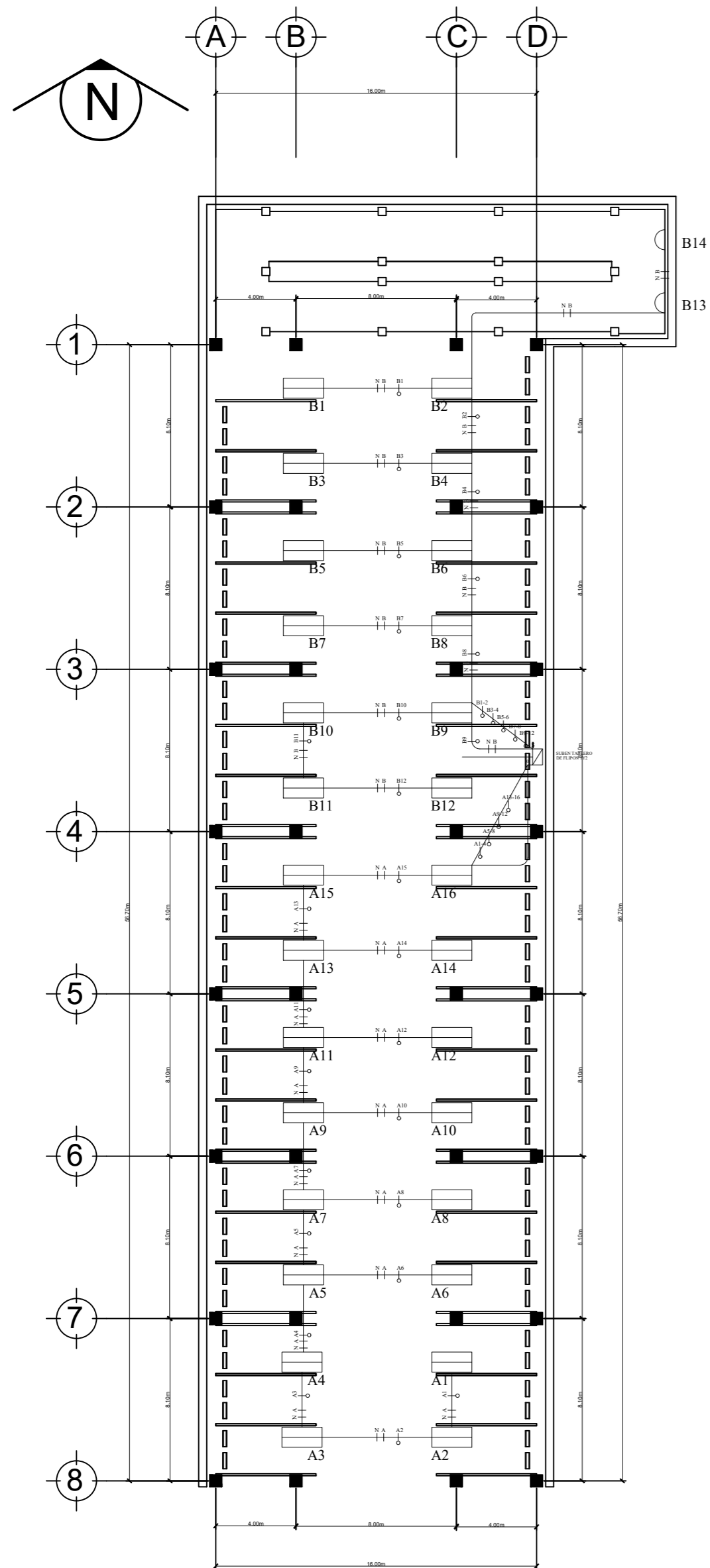
**PLANTA FUERZA TERCER NIVEL**  
ESCALA 1:200

SIMBOLOGÍA	
	POLIDUCTO ELÉCTRICO 3/4"
	TOMACORRIENTE DOBLE H=0.30 m N.P.T.
	LÍNEA NEUTRA
	LÍNEA VIVA
	TIERRA
	TABLERO DE FLIPONES H=1.60 m

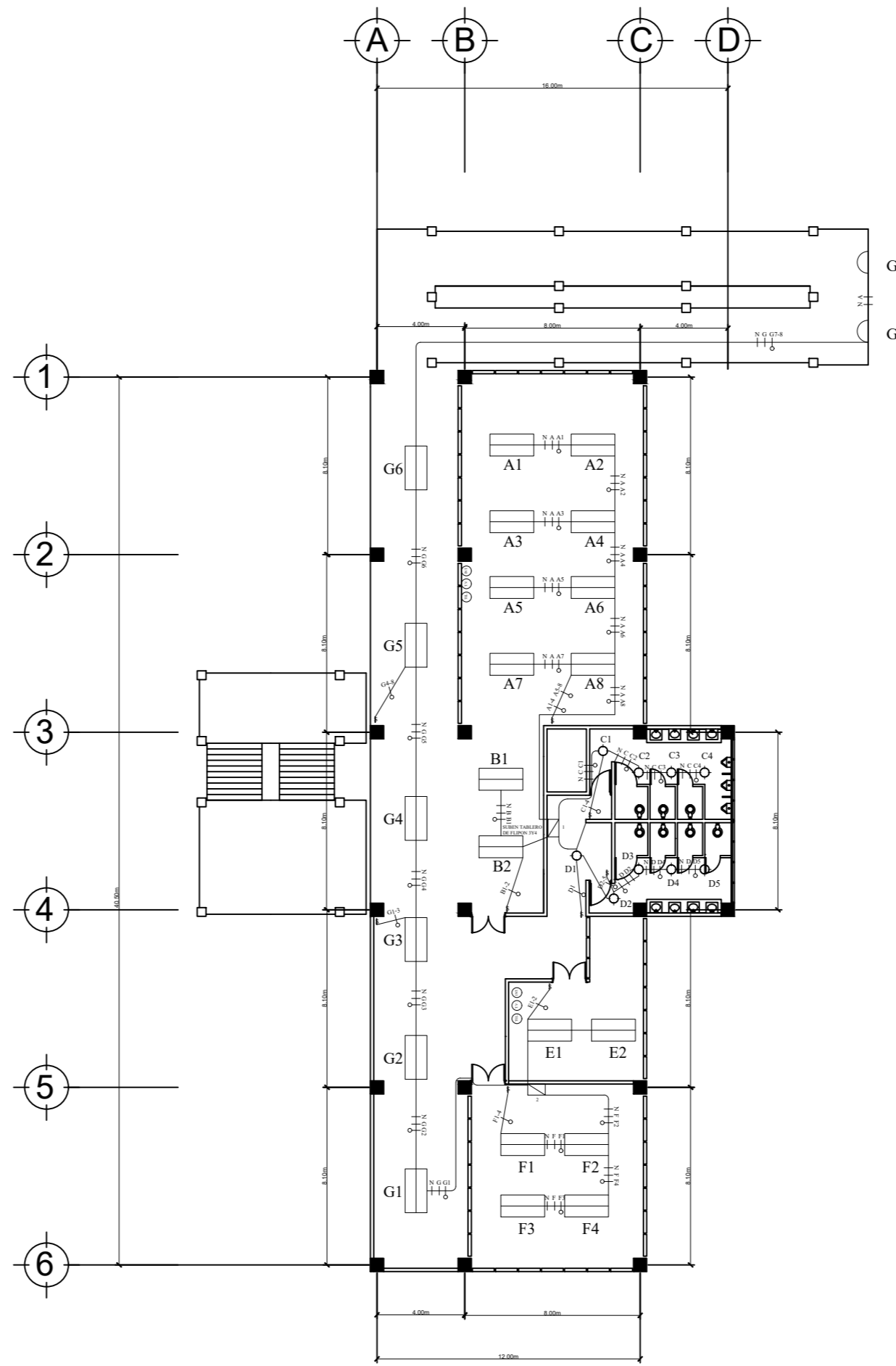
### ESPECIFICACIONES

LA TUBERÍA A USAR SERÁ POLIDUCTO DE 3/4" CABLE AWG THHN

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE FUERZA		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 43/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



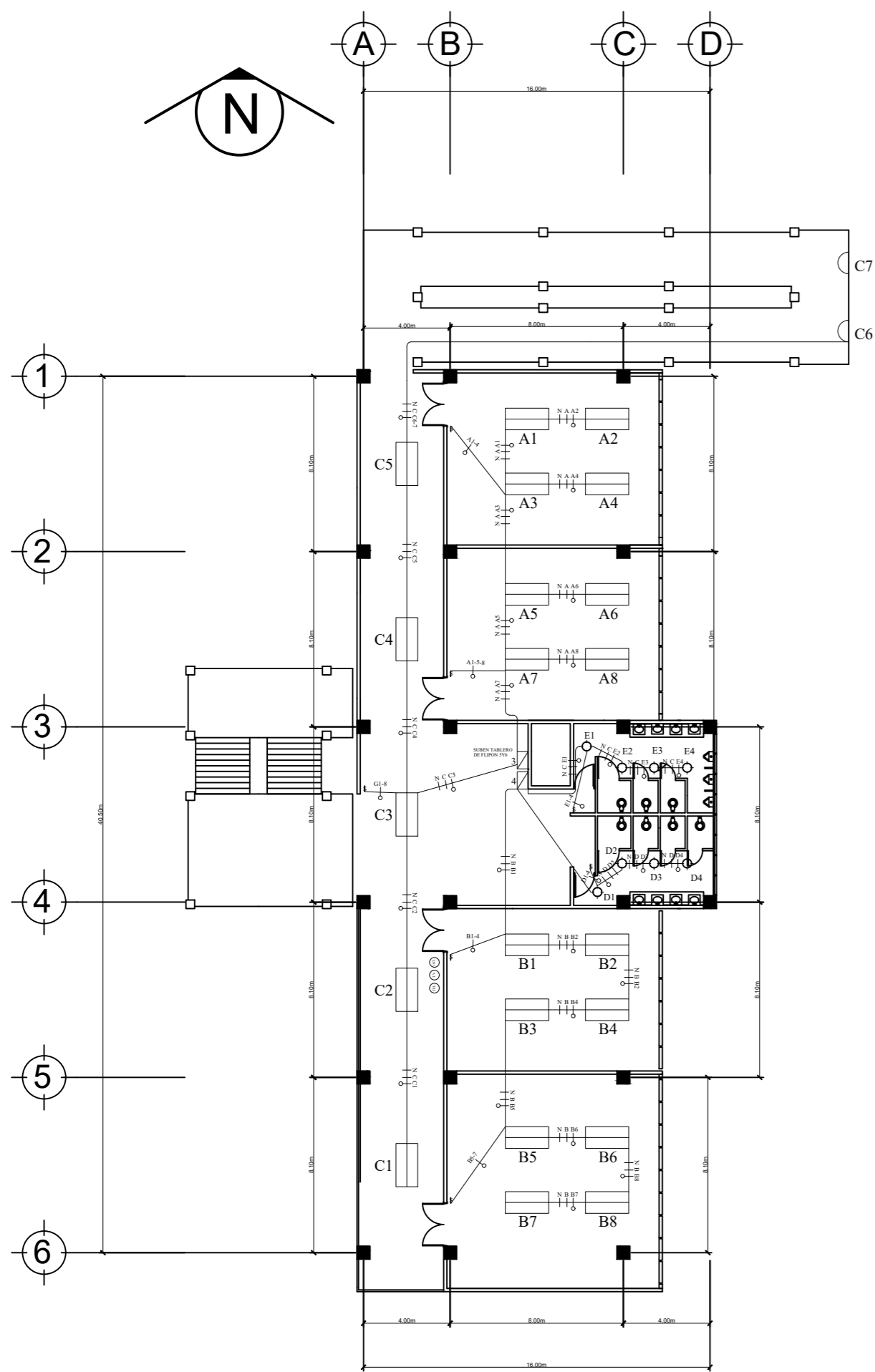
**PLANTA DE ILUMINACIÓN SÓTANO 1**  
ESCALA 1:250



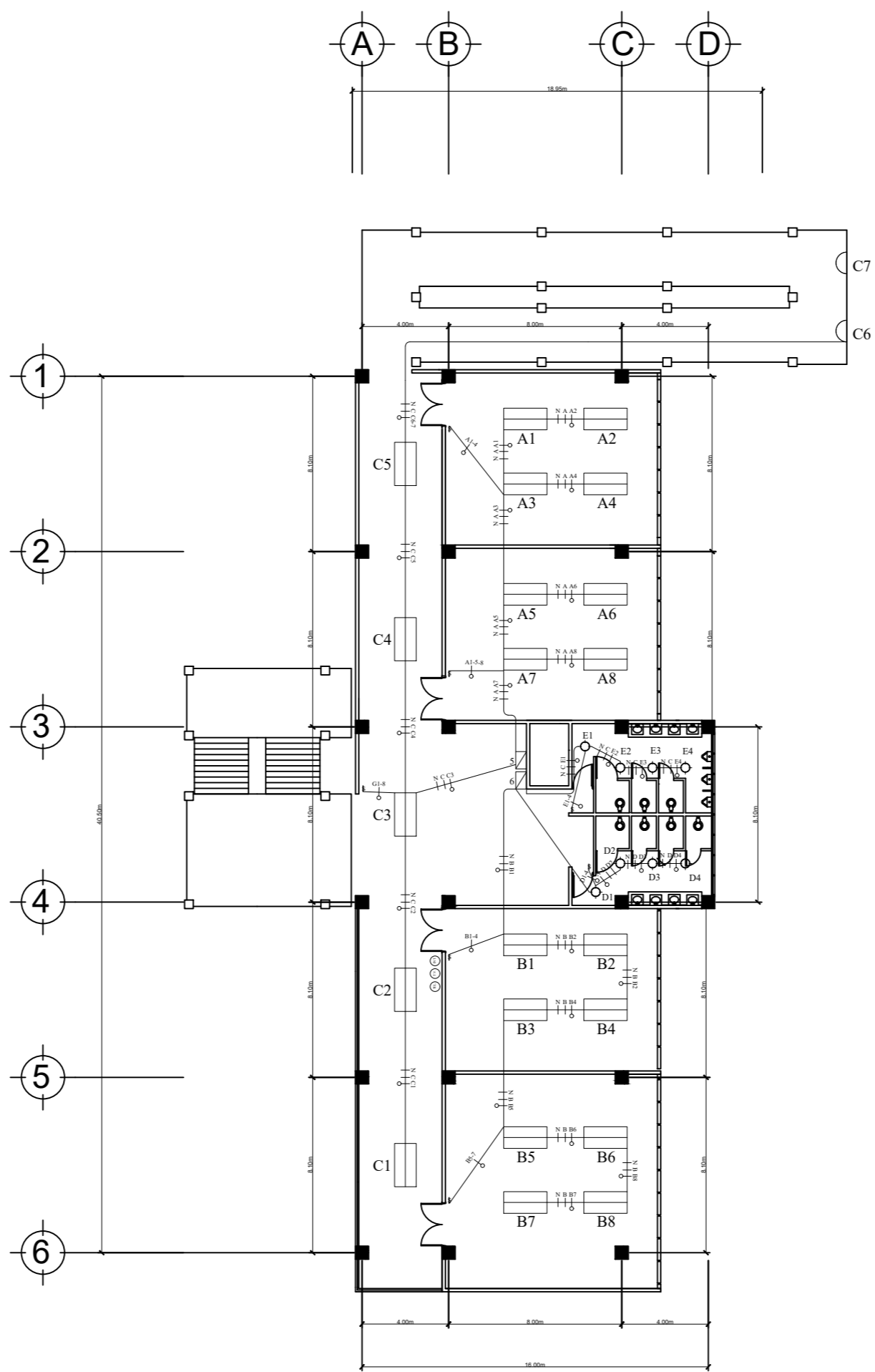
**PLANTA DE ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL**  
ESCALA 1:250

SIMBOLOGÍA	
---	POLIDUCTO ELÉCTRICO 3/4"
▭	LÁMAPARA 2X40 RS TIPO INDUSTRIAL
○	PLAFONERA
— —	LÍNEA NEUTRA
— —	LÍNEA VIVA
— —	RETORNO
▬	TABLERO DE FLIPONES H=1.60 m
⌘	SWITCH SENCILLO H=1.3 m N.P.T.
⌘	SWITCH DOBLE H=1.3 m N.P.T.
⌘	SWITCH TRIPLE H=1.3 m N.P.T.
Ⓜ Ⓝ Ⓢ	SALIDAS PARA T.V. INTERNET Y TELÉFONO

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE ILUMINACIÓN		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 44/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	



PLANTA DE ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL  
ESCALA 1:200



PLANTA DE ILUMINACIÓN TERCER NIVEL  
ESCALA 1:200

SIMBOLOGÍA	
	POLIDUCTO ELÉCTRICO 3/4"
	LÁMAPARA 2X40 RS TIPO INDUSTRIAL
	PLAFONERA
	LÍNEA NEUTRA
	LÍNEA VIVA
	RETORNO
	TABLERO DE FLIPONES H=1.60 m
	SWITCH SENCILLO H=1.3 m N.P.T.
	SWITCH DOBLE H=1.3 m N.P.T.
	SWITCH TRIPLE H=1.3 m N.P.T.
	SALIDAS PARA T.V. INTERNET Y TELÉFONO

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO	
<b>PROYECTO:</b> ANEXO T-11		<b>UBICACIÓN:</b> CIUDAD UNIVERSITARIA	
<b>CONTENIDO:</b> PLANO DE ILUMINACIÓN		<b>EPESISTA:</b> RODY F. CARDONA	
<b>ESCALA:</b> INDICADA	<b>CARNÉ:</b> 201404150	Vo.Bo.	
<b>FECHA:</b> OCTUBRE/2018	<b>HOJA No.:</b> 45/45	INGA. CHRISTA CLASSON ASESOR - SUPERVISOR EPS	

## ANEXOS

### Anexo 1. Coeficientes para momentos negativos en losas debido a carga última

Relación A/B		<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">A</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">B</span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> </span> </div>								
		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca -		0,045		0,05	0,075	0,71		0,033	0,061
	Cb -		0,045	0,076	0,05		0,29	0,071	0,061	0,033
0.95	Ca -		0,05		0,055	0,079	0,75		0,038	0,065
	Cb -		0,041	0,072	0,045		0,25	0,067	0,056	0,029
0.90	Ca -		0,055		0,06	0,08	0,79		0,043	0,068
	Cb -		0,037	0,07	0,04		0,21	0,062	0,052	0,025
0.85	Ca -		0,06		0,066	0,082	0,83		0,049	0,072
	Cb -		0,031	0,065	0,034		0,17	0,057	0,046	0,021
0.80	Ca -		0,065		0,071	0,083	0,86		0,055	0,075
	Cb -		0,027	0,061	0,029		0,14	0,051	0,041	0,017
0.75	Ca -		0,069		0,076	0,085	0,88		0,061	0,078
	Cb -		0,022	0,056	0,024		0,12	0,044	0,036	0,014
0.70	Ca -		0,074		0,081	0,086	0,91		0,068	0,081
	Cb -		0,017	0,05	0,019		0,09	0,038	0,029	0,011
0.65	Ca -		0,077		0,085	0,087	0,93		0,074	0,083
	Cb -		0,014	0,043	0,015		0,07	0,031	0,024	0,008
0.60	Ca -		0,081		0,089	0,088	0,95		0,08	0,085
	Cb -		0,01	0,035	0,011		0,05	0,024	0,018	0,006
0.55	Ca -		0,084		0,092	0,089	0,96		0,085	0,086
	Cb -		0,007	0,028	0,008		0,04	0,019	0,014	0,005
0.50	Ca -		0,086		0,094	0,09	0,97		0,089	0,88
	Cb -		0,006	0,022	0,006		0,03	0,014	0,01	0,003


Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 380 p.

**Anexo 2. Coeficientes para momentos positivos en losas debido a carga viva**

Relación A/B										
		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	Ca CM	0.036	0.027	0.027	0.032	0.032	0.035	0.032	0.028	0.03
	Cb CM	0.036	0.027	0.032	0.032	0.027	0.032	0.035	0.03	0.028
0.95	Ca CM	0.04	0.03	0.031	0.035	0.034	0.038	0.036	0.031	0.032
	Cb CM	0.033	0.025	0.029	0.029	0.024	0.029	0.032	0.027	0.025
0.90	Ca CM	0.045	0.034	0.035	0.039	0.037	0.042	0.04	0.035	0.036
	Cb CM	0.029	0.022	0.027	0.026	0.021	0.025	0.029	0.024	0.022
0.85	Ca CM	0.05	0.037	0.04	0.043	0.041	0.046	0.045	0.04	0.039
	Cb CM	0.026	0.019	0.024	0.023	0.019	0.022	0.026	0.022	0.02
0.80	Ca CM	0.056	0.041	0.045	0.048	0.044	0.051	0.051	0.044	0.042
	Cb CM	0.023	0.017	0.022	0.02	0.016	0.019	0.023	0.019	0.017
0.75	Ca CM	0.061	0.045	0.051	0.052	0.047	0.055	0.056	0.049	0.046
	Cb CM	0.019	0.014	0.019	0.016	0.013	0.016	0.02	0.016	0.013
0.70	Ca CM	0.068	0.049	0.057	0.057	0.051	0.06	0.065	0.054	0.05
	Cb CM	0.016	0.012	0.016	0.014	0.011	0.013	0.017	0.014	0.011
0.65	Ca CM	0.074	0.053	0.064	0.062	0.055	0.064	0.07	0.059	0.054
	Cb CM	0.013	0.01	0.014	0.011	0.009	0.01	0.014	0.011	0.009
0.60	Ca CM	0.081	0.058	0.071	0.067	0.059	0.068	0.077	0.0165	0.059
	Cb CM	0.01	0.007	0.011	0.009	0.007	0.008	0.011	0.009	0.007
0.55	Ca CM	0.088	0.062	0.08	0.072	0.063	0.073	0.085	0.07	0.063
	Cb CM	0.008	0.006	0.009	0.007	0.005	0.006	0.009	0.007	0.006
0.50	Ca CM	0.095	0.066	0.088	0.077	0.067	0.078	0.092	0.076	0.067
	Cb CM	0.006	0.004	0.007	0.005	0.004	0.005	0.007	0.005	0.004

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 381 p.

Anexo 3. **Coefficientes para momentos positivos en losas debido a carga muerta**

Relación A/B										
		Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1,00	Wa	0,5	0,5	0,17	0,5	0,83	0,71	0,29	0,33	0,67
	Wb	0,5	0,5	0,83	0,5	0,17	0,29	0,71	0,67	0,33
0,95	Wa	0,55	0,55	0,2	0,55	0,86	0,75	0,33	0,38	0,71
	Wb	0,45	0,45	0,8	0,45	0,14	0,25	0,67	0,62	0,29
0,90	Wa	0,6	0,6	0,23	0,6	0,88	0,79	0,38	0,43	0,75
	Wb	0,4	0,4	0,77	0,4	0,12	0,21	0,62	0,57	0,25
0,85	Wa	0,66	0,66	0,28	0,66	0,9	0,83	0,43	0,49	0,79
	Wb	0,4	0,34	0,72	0,34	0,1	0,17	0,57	0,51	0,21
0,80	Wa	0,71	0,71	0,33	0,71	0,92	0,86	0,49	0,55	0,83
	Wb	0,29	0,29	0,67	0,29	0,08	0,14	0,51	0,45	0,17
0,75	Wa	0,76	0,76	0,39	0,76	0,94	0,88	0,56	0,61	0,86
	Wb	0,24	0,24	0,61	0,24	0,06	0,12	0,44	0,39	0,14
0,70	Wa	0,81	0,81	0,45	0,81	0,95	0,91	0,62	0,68	0,89
	Wb	0,19	0,19	0,55	0,19	0,05	0,09	0,38	0,32	0,11
0,65	Wa	0,85	0,85	0,53	0,85	0,96	0,93	0,69	0,74	0,92
	Wb	0,15	0,15	0,47	0,15	0,04	0,07	0,31	0,26	0,08
0,60	Wa	0,89	0,89	0,61	0,89	0,97	0,95	0,76	0,8	0,94
	Wb	0,11	0,11	0,39	0,11	0,03	0,05	0,24	0,2	0,06
0,55	Wa	0,92	0,92	0,68	0,92	0,98	0,96	0,81	0,85	0,95
	Wb	0,08	0,08	0,31	0,08	0,02	0,04	0,19	0,15	0,05
0,50	Wa	0,94	0,94	0,76	0,94	0,99	0,97	0,86	0,89	0,97
	Wb	0,03	0,06	0,24	0,06	0,01	0,03	0,14	0,11	0,03

Fuente: NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 382 p.

## Anexo 4. Resultados de ensayo de suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

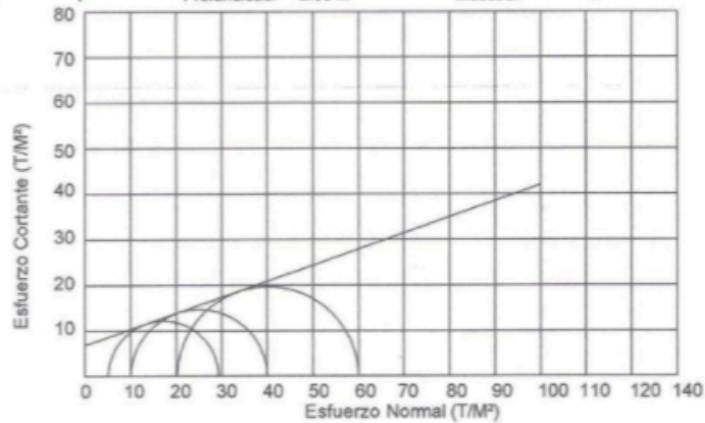


Nº 25300

### ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 029 S.S. O.T.: 28,908

INTERESADO: Pablo Josué Del Cid Frattl  
PROYECTO: EPS- Diseño de Auditorium para la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia  
Ubicación: Ciudad de Guatemala, USAC  
Fecha: 06 de febrero del 2012  
pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



#### PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA :  $\phi = 19.37$  COHESIÓN:  $C_u = 6.78$

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	68.50	79.95	98.38
PRESION INTERSTICIAL u(T/m <sup>2</sup> )	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.0	3.5	6.0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.23	1.23	1.23
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.46	1.46	1.46
HUMEDAD (%H)	18.2	18.2	18.2

Vo. Bo.

Inga. Teima Maripela Cano Morales  
DIRECTORA CIIUSAC

Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA —USAC—  
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12

Teléfono directo: 2415-9115. Planta: 2415-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2415-9121  
Página web: <http://ci.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

**Anexo 5. Capacidad soporte del suelo de cimentación según  
NBE-AE 88**

<b>TABLA 1 PRESIONES ADMISIBLES EN EL TERRENO DE CIMENTACION</b>					
Naturaleza del terreno	Presión admisible en kg/cm <sup>2</sup> , para profundidad de cimentación en metros de:				
	0	0.5	1	2	>3
1. <i>Rocas (1)</i>					
No estratificadas	30	40	50	60	60
Estratificadas	10	12	16	20	20
2. <i>Terrenos sin cohesión (2)</i>					
Graveras	-	4	5	6.3	8
Arenosos gruesos	-	2.5	3.2	4	5
Arenosos finos	-	1.6	2	2.5	3.2
3. <i>Terrenos coherentes</i>					
Arcillosos duros	-	-	4	4	4
Arcillosos semiduros	-	-	2	2	2
Arcillosos blandos	-	-	1	1	1
Arcillosos fluidos	-	-	0.5	0.5	0.5

Fuente: NBE-AE 88. Norma Básica de la Edificación: Acciones en la Edificación, Tabla 1.

En terrenos con características limo arenosas (arenosos-finos), la capacidad soporte del suelo varía según la profundidad entre 1,6 y 3,2 kilogramos sobre centímetros cuadrados.

$$V_{S_{min}} = 1,6 \frac{kg}{cm^2} * \frac{(100)^2 cm^2}{1 m^2} * \frac{1 Ton}{1000 kg} = 16 ton/m^2$$

$$V_{S_{max}} = 3,2 \frac{kg}{cm^2} * \frac{(100)^2 cm^2}{1 m^2} * \frac{1 Ton}{1000 kg} = 32 ton/m^2$$

$$V_{S_{prom}} = \frac{16 + 32}{2} = 24 ton/m^2$$

Por criterios de seguridad se reduce el  $V_{S_{prom}}$  en un 25 %:

$$V_{S_{diseño}} = 0,7 * V_{S_{prom}} = 0,75 * \left(24 \frac{Ton}{m^2}\right) = 18 ton/m^2$$



