



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA
Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA**

Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, octubre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA
Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RODOLFO FLORENTIN RALAC IXCOY

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL EDIFICIO DE DOS NIVELES PARA EL INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA
Y PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 8 de agosto de 2011.

Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Quien me ha dado la sabiduría, la inteligencia, la ciencia y el conocimiento, para enfrentar los retos de la vida.
Mis padres	Rodolfo Ralac Cogüox e Irma Yolanda Ixcoy Quiej les rindo homenaje porque me han dado la vida, porque me han protegido, porque me han cuidado, y porque me han educado.
Mis hermanos	Abner Oziel, Andrea Celeste, Luis Pedro Sebastián, Irma Alejandra, Josué Daniel Ralac Ixcoy; porque siempre me han brindado su apoyo, cariño durante el desarrollo de mi vida.
Abuelas	Margarita Ixcoy (q.e.p.d.) y Juliana Cogüox.
Mi familia	Por su ejemplo de superación, perseverancia y lucha.
Mis amigos y amigas	Por sus buenos deseos, apoyo y amistad sincera.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la oportunidad de poder superarme intelectualmente.
Universidad de San Carlos de Guatemala	En especial a la Facultad de Ingeniería y sus catdráticos.
Ingenieros	Alfredo Arrivillaga, Henry Chacón, David Quezel, Edgar Loy, Otoniel Mejía.
Municipalidad de Barberena	Por darme la oportunidad de poner en práctica cada uno de los conocimientos adquiridos en la universidad.
Red de Jóvenes de Barberena	12 y 72, Raúl y Alejandra Rivera, Esteban y Ana María Izaguirre.
Mis compañeros	De la Facultad de Ingeniería que durante el transcurso de la carrera me dieron su apoyo y amistad.

Y para todas esas personas que de alguna u otra forma prestaron su ayuda y colaboración para el desarrollo del presente informe del Ejercicio Profesional Supervisado.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Barberena, Santa Rosa	1
1.1.1. Aspectos históricos	1
1.1.2. División territorial administrativa.....	2
1.1.3. Localización del lugar.....	3
1.1.4. Ubicación geográfica.....	3
1.1.5. Extensión territorial	4
1.1.6. Aspectos topográficos.....	4
1.1.7. Vías de acceso	4
1.1.8. Clima	5
1.1.9. Suelo	5
1.1.10. Colindancias	5
1.1.11. Turismo.....	5
1.1.12. Población	6
1.1.13. Descripción breve de las actividades productivas de municipio de Barberena, Santa Rosa.....	7
1.1.14. Idioma	7
1.1.15. Servicios existentes	7

1.1.16.	Salud	8
1.1.16.1.	Condiciones sanitarias.....	8
1.1.16.2.	Natalidad	9
1.1.16.3.	Mortalidad.....	9
1.2.	Diagnóstico de servicios básicos e infraestructura de Barberena, Santa Rosa.....	9
1.2.1.	Descripción de las necesidades	9
1.2.2.	Priorización de las necesidades	10
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1.	Diseño del edificio de dos niveles para el Instituto de Educación Básica, para la aldea Utzumazate Barberena, Santa Rosa	11
2.1.1.	Memoria descriptiva del proyecto	11
2.1.2.	Investigación preliminar	12
2.1.2.1.	Capacidad soporte del terreno.....	12
2.1.2.2.	Dimensiones y área del terreno	16
2.1.2.3.	Normas para el diseño de edificios educativos	16
2.1.3.	Criterios generales	17
2.1.3.1.	Criterios de conjunto	17
2.1.3.2.	Distribución de ambientes.....	19
2.1.3.3.	Capacidad y área requerida.....	19
2.1.3.4.	Criterios de iluminación	19
2.1.3.5.	Instalaciones.....	21
2.1.3.6.	Otros criterios	21
2.1.4.	Sistema estructural a utilizar.....	22
2.1.4.1.	Predimensionamiento estructural.....	23
2.1.5.	Modelos matemáticos de marcos rígidos.....	26

	2.1.5.1.	Cargas aplicadas a marcos rígidos ...	27
	2.1.5.2.	Cargas verticales	28
	2.1.5.3.	Cargas horizontales	32
	2.1.6.	Análisis de marcos rígidos con el programa	
		Etabs	40
	2.1.7.	Envolvente de momentos.....	45
2.2.		Diseño estructural.....	51
	2.2.1.	Losas	51
	2.2.2.	Vigas.....	63
	2.2.3.	Columnas.....	70
	2.2.4.	Cimientos.....	78
2.3.		Diseño de gradas.....	91
2.4.		Instalaciones.....	96
	2.4.1.	Drenaje pluvial	96
	2.4.2.	Electricidad	97
2.5.		Planos constructivos.....	99
2.6.		Presupuesto	99
2.7.		Evaluación de Impacto Ambiental inicial.....	101
3.		DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ALDEA	
		UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA.....	103
3.1.		Diseño memoria descriptiva de la situación del proyecto	103
	3.1.1.	Período de diseño.....	104
3.2.		Topografía	104
	3.2.1.	Planimetría.....	104
	3.2.2.	Altimetría.....	105
3.3.		Estudio de suelos	105
	3.3.1.	Límites de Atterberg.....	105
	3.3.2.	Análisis granulométrico	106

3.3.3.	Ensayo de contenido de humedad	106
3.3.4.	Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)	106
3.3.5.	Ensayo del valor relativo de soporte del suelo CBR.....	107
3.3.6.	Análisis de resultados.....	107
3.4.	Diseño de la carretera	108
3.4.1.	Diseño del alineamiento horizontal preliminar.....	108
3.4.1.1.	Diseño de alineamiento horizontal ...	109
3.4.1.2.	Diseño de alineamiento vertical	116
3.4.2.	Tipo de subrasante	118
3.4.2.1.	Dibujo de secciones transversales...118	
3.4.2.2.	Dibujo de secciones típicas	118
3.4.2.3.	Determinación de áreas.....	120
3.4.2.4.	Cálculo de volúmenes	120
3.5.	Diseño de drenajes	122
3.5.1.	Ubicación de drenajes	123
3.5.2.	Localización de drenajes	123
3.5.3.	Cálculo de áreas de descarga por el método racional.....	124
3.6.	Elementos estructurales del pavimento	128
3.6.1.	Pavimento	128
3.6.2.	Selección de tipo de pavimento rígido y flexible ...	129
3.6.3.	Método y procedimiento de diseño para pavimento rígido	129
3.6.4.	Subrasante	131
3.6.5.	Base	132
3.6.6.	Superficie de rodadura	132
3.6.7.	Pendiente transversal	132

3.6.8.	Juntas	133
3.6.8.1.	Juntas longitudinales.....	134
3.6.8.2.	Juntas de expansión	134
3.6.8.3.	Juntas transversales	135
3.6.8.4.	Juntas de construcción.....	135
3.7.	Desarrollo del proyecto	136
3.7.1.	Diseño de losa para pavimento rígido	136
3.7.2.	Cálculo del espesor del pavimento.....	136
3.7.3.	Tránsito.....	136
3.7.4.	Bordillo.....	137
3.7.5.	Módulo de ruptura del concreto.....	138
3.7.6.	Módulo de reacción K de la subrasante	138
3.7.7.	Diseño de la mezcla de concreto	144
3.8.	Elaboración de planos	149
3.9.	Elaboración de presupuesto	150
3.10.	Evaluación de impacto ambiental para la carretera de aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa	151
CONCLUSIONES		157
RECOMENDACIONES.....		159
BIBLIOGRAFÍA.....		161
ANEXO		163

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de ubicación geográfica de Barberena, Santa Rosa.....	3
2.	Planta típica de áreas tributarias en vigas y columnas	26
3.	Elevación frontal del instituto.....	26
4.	Elevación lateral del instituto.....	27
5.	Modelo matemático, marco rígido típico sentido X.....	31
6.	Modelo matemático, marco rígido típico sentido Y	31
7.	Planta típica de distribución de marcos rígidos	37
8.	Cargas laterales sentido X	39
9.	Cargas laterales sentido Y	39
10.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg – m) carga Muerta, marco rígido sentido Y	40
11.	Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg – m) carga viva, marco rígido sentido Y	41
12.	Diagrama de momentos sísmico en vigas y columnas (kg – m) marco rígido sentido Y	41
13.	Diagrama de momentos en vigas (kg – m) carga muerta, marco rígido sentido X.....	42
14.	Diagrama de momentos en columnas (kg – m) carga muerta, marco rígido sentido X	42
15.	Diagrama de momentos en vigas (kg – m) carga viva, marco rígido sentido X.....	43
16.	Diagrama de momentos en columnas (kg – m) carga viva, marco rígido sentido X.....	43

17.	Diagrama de momentos en vigas (kg – m) carga sísmica, marco rígido sentido X	44
18.	Diagrama de momentos en columnas (kg – m) carga sísmica, marco rígido sentido X.....	44
19.	Diagrama de momentos últimos en vigas y columnas en Y (kg/m ²).....	48
20.	Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas en Y (kg/m ²).....	48
21.	Diagrama de momentos últimos en vigas, eje X (kg – m)	49
22.	Diagrama de momentos últimos en columnas, eje X (kg – m)	49
23.	Diagrama de cortes últimos en vigas, eje X (kg).....	50
24.	Diagrama de cortes últimos en columnas, eje X (kg)	50
25.	Planta de distribución de losas	52
26.	Tipo de casos de losas	53
27.	Distribución de momentos en losas nivel 1 (kg – m)	56
28.	Distribución de momentos en losas nivel 2 (kg – m)	56
29.	Momentos balanceados en losas nivel 1 (kg – m)	59
30.	Momentos balanceados en losas nivel 2 (kg – m)	59
31.	Flexión de una viga simplemente apoyada	64
32.	Diagrama de momentos y cortes últimos en vigas.....	64
33.	Dimensiones de zapata	79
34.	Diagrama esfuerzo de corte punzante	83
35.	Fuerzas sobre zapata combinada.....	85
36.	Predimensionamiento de zapata combinada	85
37.	Cargas equivalentes en el centro geométrico	86
38.	Presiones sobre el suelo	88
39.	Presiones últimas por metro lineal.....	88
40.	Diagramas de corte y momento de zapata combinada	89
41.	Armado final de zapata combinada	91
42.	Dimensiones de escalera	93

43.	Distribución de carga y momentos en gradas	94
44.	Detalle de armado de escalera	95
45.	Grado de curvatura	110
46.	Elementos de curva horizontal	112
47.	Detalle de curvas verticales	116
48.	Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra	120
49.	Distancia de paso entre corte y relleno	121
50.	Tipos de drenaje en carretera	123
51.	Elementos estructurales del pavimento.....	128
52.	Ecuación general para espesor de pavimentos.....	130
53.	Junta longitudinal macho hembra con barra de sujeción.....	134
54.	Junta de expansión con o sin barra de transferencia	134
55.	Junta transversal con o sin barra de sujeción	135
56.	Junta de construcción con o sin barra de transferencia.....	135
57.	Sección típica del pavimento rígido.....	148

TABLAS

I.	Resultados de ensayo triaxial para el edificio de dos niveles.....	14
II.	Presión máxima permisible del suelo para las aulas	15
III.	Capacidad máxima de alumnos por aula	19
IV.	Peraltes mínimos para predimensionamiento de vigas	25
V.	Valores de cargas verticales	28
VI.	Peso de la estructura por nivel.....	35
VII.	Fuerza para marcos dúctiles en cada nivel, sentido X	38
VIII.	Momentos negativos y positivos de losas nivel 1	55
IX.	Momentos negativos y positivos de losas nivel 2	55
X.	Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1 y 2	62
XI.	Cálculo de área de acero requerido para viga tipo 1	66

XII.	Refuerzo de acero para vigas del instituto.....	69
XIII.	Refuerzo de acero para columnas del instituto.....	78
XIV.	Área máxima a drenar con tubería pvc para drenaje pluvial.....	96
XV.	Presupuesto de diseño del edificio de dos niveles para el instituto de educación básica.....	100
XVI.	Boleta de identificación y evaluación ambiental.....	101
XVII.	Relación de comportamiento de suelos.....	107
XVIII.	Resultados de estudio de suelos.....	108
XIX.	Especificaciones para curvas circulares.....	113
XX.	Valores de “k”.....	117
XXI.	Tabla de relaciones para dibujo de taludes.....	119
XXII.	Ejemplo de cálculo de movimiento de tierras.....	121
XXIII.	Coeficiente de escorrentía para una carretera.....	125
XXIV.	Calidad de la subrasante.....	131
XXV.	Pendiente transversal según el tipo de superficie.....	133
XXVI.	Interrelación aproximada de las clasificaciones de suelos y los valores de soporte.....	140
XXVII.	Categoría de carga por eje.....	141
XXVIII.	Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k.....	142
XXIX.	Valores de k para diseño sobre bases de suelos cemento (pca) ..	142
XXX.	TPDC permisibles de carga por eje de categoría dos, pavimentos con juntas doveta.....	143
XXXI.	Resistencia promedio a la compresión cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar.....	147
XXXII.	Revenimientos para varios tipos de construcción.....	147
XXXIII.	Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados.....	147
XXXIV.	Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento.....	148

XXXV.	Porcentaje de arena sobre agregado grueso	148
XXXVI.	Presupuesto de diseño de pavimento rígido, para la aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa.....	151
XXXVII.	Listado de control sobre el estudio de impacto ambiental inicial en aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa	152
XXXVIII.	Medidas de mitigación para los proyectos a realizarse en aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa.....	155

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
b	Ancho de un elemento en sección
A	Área
As	Área de acero de refuerzo
As max	Área de acero máximo permitido
Asmin	Área de acero mínimo permitido
Astemp	Área de acero por temperatura
Av	Área de varilla de acero
Az	Área de zapata
Ag	Área gruesa o área total de la sección
Ap	Área punzante
At	Área tributaria
B	Base de zapata
P	Carga
W	Carga
P´	Carga crítica que soporta la columna
CM	Carga muerta
CMU	Carga muerta última
CU	Carga última
CV	Carga viva
CVU	Carga viva última
Cm	Centro de masa
CR	Centro de rigidez
Cu	Coefficiente de cohesión del suelo

V	Corte o esfuerzo cortante, velocidad del flujo
Vu	Corte último
Dc	Desplante del cimiento
\emptyset	Diámetro
E	Esbeltez de la columna
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
t	Espesor de losa
e	Excentricidad
Nc	Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
Nq	Factor de capacidad de carga debido a la sobre carga
Ny	Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
Fcu	Factor de carga última
βd	Factor de flujo plástico del concreto
Φ	Factor de reducción de resistencia
FS	Factor de seguridad
Fn	Fuerza por nivel
FM	Fuerzas por marco
Ig	Inercia de la sección de un elemento
kg	Kilógramo
kg/m	Kilógramo por metro
PSI	Libras sobre pulgada cuadrada
Lo	Longitud de confinamiento de estribos
L	Longitud del elemento
Lu	Longitud libre de pandeo de la columna
Ln	Longitud no soportada del estribo
δ	Magnificador de momentos
Es	Módulo de elasticidad del acero
Ec	Módulo de elasticidad del concreto
M	Momento

M(-)	Momento negativo
M(+)	Momento positivo
M_u	Momento último
d	Peralte efectivo del elemento
H	Peralte total del elemento en sección
γ	Peso específico
p_{bal}	Porcentaje de acero en la falla balanceada
p_{max}	Porcentaje de acero máximo permitido en un elemento
p_{min}	Porcentaje de acero mínimo permitido en un elemento
P_d	Presión a una distancia “d” del rostro de la columna
m	Relación entre los claros A y B de una losa rectangular
F’_c	Resistencia a la compresión del concreto
F_y	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
EI	Rigidez a la flexión del elemento a compresión
R	Rigidez de un elemento
@	Separación del refuerzo
Σ	Sumatoria de una serie de valores
q_o	Valor de esfuerzo límite

GLOSARIO

AASHTO	Asociación Americana Estatal de Carreteras Oficiales de Transporte.
ACI	Instituto Americano del Concreto.
Agregado	Material inerte, que se mezcla con cemento y agua para producir concreto.
Altimetría	Son los procedimientos del levantamiento topográfico y tienen por objeto, la determinación de las elevaciones (niveles) de los puntos, o estaciones estudiadas.
Bombeo	Pendiente dada a la corona de las tangentes del alineamiento horizontal, hacia uno y otro lado del eje, para evitar la acumulación del agua sobre la superficie de rodamiento.
Carga axial	Carga aplicada en el eje longitudinal de un elemento.
Carga muerta	Carga que permanece estática a través del tiempo.
Carga puntual	Carga aplicada en magnitud en un solo punto.

Carga viva	Carga que puede moverse, a través del tiempo.
Carril	Superficie de rodamiento, el cual tiene el ancho suficiente para permitir la circulación de una hilera de vehículos.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas de cemento, arena, pedrín y agua.
Cuneta	Zanja en cada uno de los lados del camino o carretera, en la cual, el agua circula debido a la acción de la gravedad.
Deflexión	Deformación de los elementos estructurales que se presentan en forma de curvatura del eje longitudinal, al aplicárseles cargas.
Esfuerzo	Fuerza por unidad de área.
Estribo	Refuerzo de acero utilizado para resistir esfuerzos cortantes y de torsión en un elemento estructural.
Estación	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico, en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.

ETABS	Por sus siglas en inglés Extended Three Dimensional Análisis of Building Systems, software utilizado para el análisis tridimensional de un sistema estructural, dinámico y estático de edificaciones a construir.
Excentricidad	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
Grado máximo	De acuerdo con el tipo de carretera, se fija un grado de curvatura máximo de curva a usarse, éste debe llenar las condiciones de seguridad para el tránsito de la velocidad de diseño.
Mampostería	Es un sistema constructivo que se basa en los elementos que van unidos entre si, por medio de una mezcla de arena y cemento, para soportar cargas que se le apliquen.
Momento	Producto de intensidad de una fuerza por su distancia perpendicular desde la línea de acción de la fuerza al eje de rotación.
Planimetría	Parte de la topografía que enseña a representar en una superficie plana una porción de la tierra.
Refuerzo	Material que consiste en acero estructural y se utiliza para aumentar el soporte estructural de los elementos de concreto reforzado.

Sabieta	Mezcla de cemento, arena y agua que es utilizada para el levantado de muros.
Sección típica	Es la representación gráfica transversal y acotada, la cual muestra las partes y componentes de una carretera.
Solera	Elemento estructural horizontal de concreto, que tiene como función conectar monolíticamente los elementos estructurales, para dar mayor estabilidad a las estructuras y refuerzo de muros de mampostería.
Talud	Inclinación de un terreno que pertenece a la sección típica, la cual delimita los volúmenes de corte o terraplén y está contenido entre la cuneta y el terreno original.
Terracería	Prisma de corte o terraplén, en el cual se construyen las partes de la carretera mostradas en la sección típica.
Topografía	Es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la tierra, con sus formas y detalles. Para eso se utiliza un sistema de coordenadas tridimensionales, siendo la X y la Y competencia de la planimetría y la Z de la altimetría.

RESUMEN

En esta investigación se llevó a cabo el diseño de un edificio de dos niveles para el instituto de educación básica y de un pavimento rígido para la aldea Utzumazate, ambos a desarrollarse en el municipio de Barberena, Santa Rosa.

Se diseña el edificio de educación básica de dos niveles, el cual es una ampliación al establecimiento existente, cuenta de tres aulas teóricas por nivel, cada una para 30 a 35 estudiantes, manteniéndose en el rango de área mínima por estudiante. El sistema estructural utilizado fue mediante marcos rígidos, los elementos estructurales que lo componen son: losas, vigas, columnas y zapatas, el análisis estructural se realizó con el software Etabs.

También la pavimentación de la calle principal de aldea Utzumazate, hasta la entrada de aldea Los Vijaguez, esta carretera comunica a la escuela de párvulos y la escuela primaria, con la realización de este proyecto se resolverán los problemas que se ocasionan en los inviernos, época en que los caminos se vuelven intransitables, con el fin de solucionar una serie de problemas de paso vehicular y peatonal.

Debido a la magnitud de cada uno de los proyectos, se realizó una evaluación de impacto ambiental inicial, en la cual se representan los riesgos ambientales que provocará la ejecución de cada uno de los proyectos.

OBJETIVOS

General

Proponer soluciones a problemas que se presentan, mediante proyectos de infraestructura, mejorar el nivel y calidad de vida de los habitantes, así como mejorar el ornato de la aldea y así seguir contribuyendo con en el desarrollo de las comunidades en el municipio de Barberena, Santa Rosa.

Específicos

1. Diseñar el edificio de dos niveles para un instituto de educación básica para aldea Utzumazate, brindando una estructura segura, estética y económica, con el cual se tendrá acceso al nivel de educación básica.
2. Diseñar un tramo carretero que unirá a aldea Utzumazate con aldea Los Vijaguez y evitar balastar el camino, ya que es muy oneroso y al final el trabajo se pierde por las lluvias.

INTRODUCCIÓN

El municipio de Barberena se encuentra ubicado en la región central del departamento de Santa Rosa, en dicho municipio se desarrollarán dos proyectos en aldea Utzumazate ubicada a un kilómetro de la cabecera municipal, los cuales consisten en el diseño de un edificio de dos niveles para el instituto de educación básica y de un pavimento rígido.

Lo planteado en este proyecto es la aplicación del conocimiento teórico adquiridos durante la formación académica, basándose en un diagnóstico preliminar derivado de inspecciones técnicas, realizadas en el lugar antes mencionados, y enfocándose básicamente en las actividades siguientes: monografía del lugar, análisis general de la comunidad, levantamiento topográfico, estudio de suelo, diseño del pavimento, diseño de la escuela, elaboración de planos, cuantificaciones y presupuestos.

Los criterios principales que se aplicaron son para implementar soluciones que se adapten de manera efectiva a cada situación en particular, sin embargo, no es el objetivo ni se pretende abarcar absolutamente todos los aspectos que intervienen en el diseño, pero sí se introduce a una visión el conjunto de las partes que componen su estudio.

En síntesis, explica, define y puntualiza recomendaciones y especificaciones básicas sobre el diseño del instituto de dos niveles y del pavimento rígido.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Barberena, Santa Rosa

El comercio y la fertilidad de sus tierras llevaron la prosperidad económica a la región que es un importante punto de tránsito comercial, por ser paso obligado de Honduras y El Salvador.

1.1.1. Aspectos históricos

El municipio de Barberena fue creado por Acuerdo Gubernativo del 20 de diciembre de 1879, el que en su parte conducente dice: "...En atención a que las poblaciones de Barberena, Corral de Piedra, Pino, Buena Vista, Cerro Redondo, La Vega, Los Tarros, La Pastoría, San Juan Utapa, El Zapote, Teanzual y Pueblo Nuevo reúnen los requisitos que previenen el Artículo 4to. del Decreto No. 242, para la creación de un distrito o jurisdicción municipal, residiendo la Municipalidad de Barberena, Santa Rosa..." En Acuerdos Gubernativos de 1892 y del 26 de diciembre de 1912 fueron adicionadas las aldeas: Pueblo Nuevo y la Vega, al municipio de Barberena.

El municipio de Barberena desempeñó la función de cabecera departamental de 1913 a 1920, según Acuerdo Gubernativo del 10 de marzo de 1913, entre tanto era reconstruida la cabecera departamental, de los daños ocasionados por el terremoto que azotó a la República de Guatemala en 1913; sin embargo, según Acuerdo Gubernativo del 18 de octubre de 1920, Cuilapa volvió a tomar posesión como cabecera departamental.

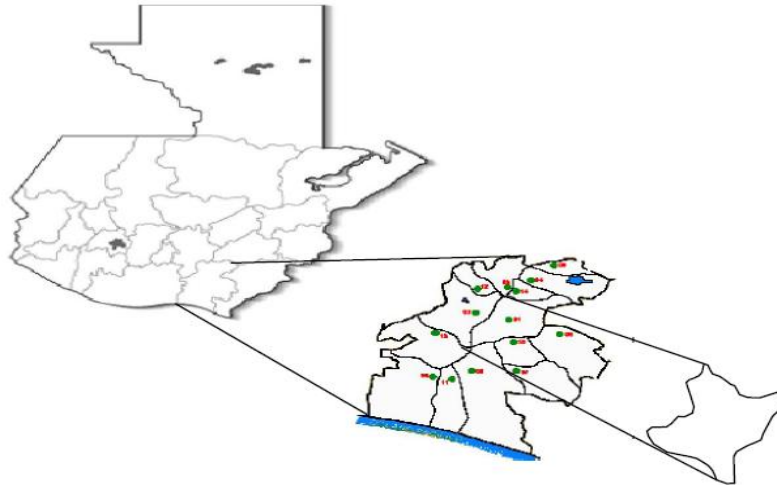
1.1.2. División territorial administrativa

La jurisdicción municipal de Barberena está comprendida con la cabecera municipal, 11 aldeas, 3 caseríos y 48 fincas registradas, detallándose así:

- Aldeas: Fray Bartolomé de las Casas, Astas, Junquillo, Quebracho, Colorado, Pozas, Utzumazate, Buena Vista, Mal País, Pino, Pocitos.
- Caseríos: San Nicolás y Canoguitas.
- Fincas: Cerro Redondo, Viñas, Vega, Uruguay, Alamedas, Islandia, Pastoría, Sabanetas, Margaritas, Naranjito, Progreso, Canteros, San Luis, Volcancito, Montevideo, Teanzaul, Santa Elisa, Miramar, Paraíso, Colorado, Hato, Agua Santa, Unión, Noruega y Mirador.

Los poblados que integran el municipio de Barberena, en la actualidad no han cambiado de nombre ni han surgido otros, con relación a los que originalmente constituyeron su formación, lo que deja de manifiesto que el mismo cuenta con tradiciones y costumbres muy arraigadas.

Figura 1. **Mapa de ubicación geográfica de Barberena, Santa Rosa**



Fuente: Dirección Municipal de Planificación Barberena, Santa Rosa.

1.1.3. Localización del lugar

Este municipio de Barberena se ubica en la región central del departamento de Santa Rosa, sobre la carretera Interamericana CA – 1, a 54 kilómetros de distancia de la ciudad capital y a 9,5 kilómetros de la cabecera departamental de Cuilapa.

1.1.4. Ubicación geográfica

El municipio está ubicado a una altura de 2195 metros sobre el nivel del mar, y las coordenadas geográficas lo sitúan en una latitud de 14 grados, 18 minutos y 26 segundos, en una longitud de 90 grados 21 minutos y 36 segundos este del meridiano de Greenwich.

1.1.5. Extensión territorial

El municipio de Barberena tiene una extensión territorial aproximada de 294 kilómetros cuadrados.

1.1.6. Aspectos topográficos

Las aldeas, caseríos, parcelamientos y fincas de Barberena están unidos entre sí, con los municipios vecinos; por veredas así como caminos no asfaltados, la capacidad productiva de la tierra, combinada con los efectos del clima, la hacen apta para cultivos perennes y de montaña, principalmente para fines forestales y pastos.

1.1.7. Vías de acceso

La arteria principal que conduce a Barberena, Santa Rosa es la carretera Interamericana CA-1, se puede acceder por la ruta que conduce desde el municipio de Fraijanes, también desde la carretera de Nueva Santa Rosa.

Las carreteras interiores del municipio en gran parte están pavimentadas y las carreteras de terracería, son de fácil acceso y transitables por toda clase de vehículos durante todo el año, en general, el estado de las carreteras satisface las necesidades de transporte, lo cual permite el intercambio de productos que son objeto de comercialización.

1.1.8. Clima

El municipio registra alturas que van desde 732 metros hasta 2195 metros sobre el nivel del mar; la cabecera municipal se encuentra a 1 069 metros y su clima generalmente es templado, en época de verano varía a cálido, las temperaturas oscilan entre 18,80 y 27,80 grados Celsius; la precipitación pluvial por año es de 1 990 milímetros y la humedad relativa es de 70,30% factor que, entre otros contribuye a crear el ambiente adecuado para el cultivo del café.

1.1.9. Suelo

Las condiciones del suelo del municipio en su mayoría están comprendidos en dos tipos: suelos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro y suelos profundos sobre materiales volcánicos mezclados o de color oscuro.

1.1.10. Colindancias

Al norte con Santa Cruz Naranjo, Santa Rosa y Fraijanes, Guatemala; al sur con Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa y Villa Canales, Guatemala; al este con Nueva Santa Rosa y Cuilapa, Santa Rosa y al oeste con Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa y Villa Canales, Guatemala.

1.1.11. Turismo

En cuanto al turismo en el municipio se encuentran gran variedad de centros turísticos distribuidos en todo el territorio municipal, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Laguna del Pino
- Iglesia Católica Colonia
- Templo Minerva
- Turicentro Agua Escondida
- Balneario Las Vegas
- Parque municipal

1.1.12. Población

Los aspectos demográficos y su correspondiente análisis revisten gran importancia en cualquier investigación, debido a que en el mismo se determina la esencia del recurso humano con que cuenta la humanidad, cualquiera que esta sea.

El departamento de Santa Rosa tiene una población estimada de 366785 habitantes de los cuales Barberena cuenta con 42478 y representa el 12% de la población total del departamento, adicionalmente se estableció una densidad de 145 personas por kilómetro cuadrado, en consideración a los 294 kilómetros cuadrados del municipio y a su población.

Es importante destacar que alrededor del 53% de la población es menor de 20 años, por lo que se puede afirmar que Barberena tiene una población joven; las personas entre 20 y 64 años de edad que representan el 44% los mayores de 65 años de edad únicamente es el 3%. De la población del municipio 20902 habitantes son de sexo masculino y 21576 son de sexo femenino con una representación del 50% cada uno el municipio no cuenta con grupos étnicos; se consideran que unos 40 años atrás existieron los xincas.

1.1.13. Descripción breve de las actividades productivas de municipio de Barberena, Santa Rosa

Guatemala es un país cuya principal actividad productiva es la agrícola y Barberena no es la excepción, este sector contribuye con la mayor parte de la producción del municipio, debido a que su principal cultivo es el café el cual, unido a otros cultivos permanentes ocupan alrededor del 92% de la tierra cultivada, adicionalmente, se cultiva maíz, frijol y algunas hortalizas pero en menor escala, los que integran el 8% restante.

1.1.14. Idioma

A pesar del poco mestizaje que experimentó el municipio, el idioma que predomina en su totalidad es el español, al igual que en todas las aldeas.

1.1.15. Servicios existentes

El municipio cuenta con servicios de energía eléctrica, letrización, drenajes, agua potable, academias de computación y mecanografía, escuelas preprimaria, primaria, institutos y colegios de educación media, iglesias católicas y evangélicas, entre otras.

A demás existe una extensión universitaria de Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Mariano Gálvez. Los pobladores de las aldeas tienen acceso a educación preprimaria, primaria, así como del nivel básico.

1.1.16. Salud

El municipio cuenta con un centro de salud, y puestos de salud en las aldeas; El Cerinal, Canoguitas, Astas, Quebracho y Junquillo. Todos estos centros proporcionan los servicios de consulta externa, campañas de vacunación, saneamiento ambiental y control de enfermedades endémicas entre otras, el personal que labora en el centro de salud está compuesto por: técnicos en salud, personal médico y de enfermería, técnicos de laboratorio, personal administrativo y supervisores de saneamiento ambiental.

Adicionalmente se estableció a través de la investigación que un 30% de la población acuden en caso de enfermedad o accidente a médico particular, no precisamente porque tengan la capacidad de pago, sino porque el servicio es más rápido que en una institución pública; 62% asisten a hospitales y puestos de salud, y el restante 8% acuden al IGSS y otros.

De acuerdo a la investigación realizada, se pudo determinar que el municipio de Barberena, para el sector salud esta dividido en tres sectores, existiendo en cada uno el coordinador de salud, seguido por promotores de salud, personas que detectan algún tipo de epidemia o enfermedad dándolo a conocer inmediatamente para poder actuar sobre el mismo.

1.1.16.1. Condiciones sanitarias

En el área urbana el 90% cuenta con este servicio, en el área rural se carece parcialmente del mismo, una excepción es aldea El Cerinal que sí cuenta con este servicio en un 50%.

1.1.16.2. Natalidad

Para efectos de la presente investigación, se determinó una tasa de crecimiento poblacional anual equivalente al 2,61%, que está arriba del promedio nacional lo cual indica la falta de planificación familiar, el indicador sobre la natalidad del municipio, según el centro de salud es de 35 niños muertos por cada 1000 que nacen.

1.1.16.3. Mortalidad

La información proporcionada por el Registro Nacional de las Personas de Barberena en 2010 respecto a la mortalidad general, predomina la neumonía, gastroenterocolitis y muertes violentas.

1.2. Diagnóstico de servicios básicos e infraestructura de Barberena, Santa Rosa

El municipio de Barberena, Santa Rosa cuenta con servicios bancarios, técnicos, médicos, comerciales y otros, sin embargo carece de servicios de infraestructura vial y educativa.

1.2.1. Descripción de las necesidades

A pesar de encontrarse en un desarrollo constante, el municipio de Barberena padece una serie de necesidades básicas de infraestructura, así como también de servicios básicos tales como:

- Mejoramiento de caminos
- Mercado municipal

- Sistemas de disposición de aguas residuales
- Sistema de agua potable
- Mejoramiento de la calidad del agua de consumo
- Creación de espacios destinados para estacionamiento
- Guarderías
- Aspecto social: ayuda a las comunidades para el refortalecimiento de los Consejos Comunitario de Desarrollo (COCODE), ayuda profesional a los agricultores de la localidad para mejorar la calidad de sus productos.

1.2.2. Priorización de las necesidades

Cada una de las necesidades de las cuales la población carece, necesita de una pronta respuesta por parte de las autoridades municipales, sin embargo las de carácter urgente son las siguientes:

- Proyecto mercado municipal, Barberena.
- Proyecto de construcción del rastro municipal, Barberena.
- Proyecto de pavimentación de la aldea Utzumazate, Barberena.
- Proyecto de pavimentación de la carretera que conduce a la Laguna del Pino.
- Proyecto de construcción de las aulas para el instituto de educación básica en aldea Utzumazate.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del edificio de dos niveles para el Instituto de Educación Básica, para la aldea Utzumazate Barberena, Santa Rosa

La construcción del edificio de dos niveles en aldea Utzumazate es de carácter prioritario, ya que este beneficiará a más de 100 familias al brindar el ciclo básico en la aldea antes mencionada.

2.1.1. Memoria descriptiva del proyecto

El proyecto se encuentra a una distancia de 56 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala, a 1 kilómetro de la cabecera municipal, la realización de esta investigación se basa en el diagnóstico del área de trabajo en aldea Utzumazate, el cual permite observar las necesidades de la población donde se prioriza la necesidad de un establecimiento educativo de nivel básico, pues en este lugar no se cuenta con las instalaciones necesarias para impartir este nivel académico, la población estudiantil debe migrar hacia la cabecera municipal para poder continuar con los estudios de nivel básico.

Existe una influencia de demanda que tiene la población por este proyecto para mejorar la calidad educativa de los estudiantes. Según datos obtenidos por la dirección departamental de educación, la población estudiantil de nivel básico de la aldea es de 90 alumnos por año.

2.1.2. Investigación preliminar

Este edificio será diseñado según las normas que establece el Ministerio de Educación, se elige un sistema estructural de marcos dúctiles unidos con nudos rígidos de concreto reforzados.

Además se diseñaran tabiques de mampostería reforzada y losas planas de concreto reforzados. Las normas que se presentan a continuación son requisitos mínimos que han de satisfacer tanto para el diseño, como para las diferentes actividades y edades de los alumnos, en relación del nivel básico que existen en otras áreas, entre las normas a utilizar se encuentran, el Código ACI y el Código SEAOC.

2.1.2.1. Capacidad soporte del terreno

Los constructores de hoy en día y de hace mucho tiempo saben que es necesario considerar las condiciones del suelo y del terreno para que las edificaciones no se hundan, inclinen o colapsen, la construcción antigua se realizaba en base a la experiencia del constructor.

En 1776 Coulomb introdujo sus teorías de presión de tierras, que se aplicaron a los métodos analíticos, en 1871 Mohr presentó una teoría de falla para materiales idealmente plásticos, que en combinación con el trabajo de Coulomb, produjo la expresión muy conocida de resistencia cortante de suelos:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi$$

La calidad y tipo de suelo es de gran importancia, ya que sobre dicho suelo es donde recaerán todas las cargas originadas por la estructura.

Para conocer la calidad y tipo de suelo, se extrajo una muestra inalterada de 1 piecúbico, a la cual se le realizó un ensayo de laboratorio de compresión triaxial, en el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

El tipo de suelo examinado tiene partículas entre 0,002 – 0,0425 milímetros, ubicándolo en la clasificación de limo arenoso, de color café, con los datos obtenidos del ensayo de compresión triaxial, por medio del método de capacidad soporte del Dr. Terzaghi se calcula el valor soporte del suelo.

- Método de capacidad soporte de Dr. Terzaghi

$$q_0 = (0,45 \gamma_s \times B \times N_\gamma) + (2/3)(1,3 \times C_u \times N_c) + (\gamma_s \times D \times N_q)$$

- q_0 = Valor de esfuerzo límite
 C_u = Coeficiente de Cohesión del suelo
 Φ = Ángulo de fricción interna
 N_c = Factor de capacidad de carga debido a la cohesión
 γ_s = Peso específico del suelo
 D_c = Desplante del cimiento
 N_q = Factor de capacidad de carga debido a la sobre carga
 B = Base de la zapata
 N_γ = Factor de capacidad de carga debido al peso del suelo
 F_s = Factor de seguridad

Tabla I. **Resultados de ensayo triaxial para el edificio de dos niveles**

$C_u = 3,45 \text{ T/m}^2$	$D_c = 1,0 \text{ m}$
$\Phi = 20,09^\circ$	$B = 1,75 \text{ m}$
$\gamma_s = 1,75 \text{ T/m}^3$	$F_s = 3,0$

Fuente: Laboratorio de Suelos, Facultad de Ingeniería.

- Convirtiendo el ángulo de fricción interna de grados a radianes.

$$\Phi_{\text{rad}} = \frac{\Phi \times \pi}{180}; \quad \Phi_{\text{rad}} = \frac{20,09 \times \pi}{180} = 0,35 \text{ rad}$$

- Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobre carga (N_q)

$$N_q = \frac{e(3/2\pi - \Phi_{\text{rad}}) \cdot \tan \Phi}{2 \cdot \cos^2(45 + \Phi/2)}; \quad N_q = \frac{e(3/2\pi - 0,35) \cdot \tan 20,09}{2 \cdot \cos^2(45 + (20,09/2))} = 7,48$$

- Calculando el factor de capacidad de carga debido a la cohesión (N_c)

$$N_c = \text{Cot} \Phi \cdot (N_q - 1) \quad N_c = \text{Cot} 20,09 \cdot (7,48 - 1) = 17,72$$

- Calculando el factor de capacidad de carga debido al peso del suelo (N_γ)

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \Phi; \quad N_\gamma = 2 \cdot (7,48 + 1) \cdot \tan 20,09 = 6,20$$

- Calculando el valor de esfuerzo límite (q_0)

$$q_0 = (0,45 \cdot 1,75 \cdot 1,75 \cdot 6,20) + (2/3)(1,30 \cdot 3,45 \cdot 17,72) + (1,75 \cdot 1 \cdot 7,48) = 74,62 \text{ t/m}^2$$

- Calculando el valor soporte del suelo en estudio (V_s)

$$V_s = \frac{q_0}{3} \quad V_s = \frac{73,40}{3} = 24,47 \text{ ton/m}^2$$

Tabla II. **Presión máxima permisible del suelo para las aulas**

Tipo de material	Presión máxima permisible del suelo	
	klb/ft ²	t/m ²
Roca	20 % de la resistencia última al aplastamiento	20 % de la resistencia última al aplastamiento
Arena gruesa compacta con mezcla de limo , arena fina compacta, arcilla dura o arcilla arenosa	8	39,12
Arcilla semirrigida o arcilla arenosa	6	29,34
Arcilla inorgánica compacta y mezclas de limo	4	19,56
Arena suelta	3	14,67
Arcilla arenosa suave o arcilla	2	9,78
Arena inorgánica suelta y mezclas de limo	1	4,89
Arena orgánica suelta y mezclas de limo, humus o lodo	0	0

Fuente: MCORMAC, Jack C. Diseño de concreto reforzado. p. 392.

Se determina un factor de seguridad alto, para cubrir las deficiencias que pudieran haberse dado, tanto en la obtención de la muestra, como en la realización del ensayo triaxial, se compararon los valores de suelos similares arena fina 22 – 43 toneladas sobre metro cuadrado, tabla 2.5.1. Valor soporte permisible, según tipo de suelo. Tesis de guía teórica y práctica del curso de cimentaciones 1, Jadenon Cabrera Seis.

2.1.2.2. Dimensiones y área del terreno

El edificio escolar a construir es de dos niveles, servirá de complemento al conjunto de aulas con que cuenta el establecimiento actualmente.

Las dimensiones del terreno disponible son:

Largo	Ancho	Área
30m	15m	450 m ²

2.1.2.3. Normas para el diseño de edificios educativos

En el Reglamento de Construcción de Edificios Escolares del Ministerio de Educación, se describen los criterios utilizados para espacios educativos, siendo los de aula teórica los que mejor se adaptan al diseño de este tipo de edificios.

Se denominan espacios educativos a la totalidad de espacios destinados al ejercicio de la educación, el cual se desarrolla por medio de diferentes actividades, por tal razón, las características de los espacios educativos varían de acuerdo a los requerimientos pedagógicos de las distintas asignaturas.

En el reglamento se describen como espacios educativos característicos a los siguientes: aula teórica, aula unitaria, aula de proyecciones y la economía doméstica. Los criterios que se describen a continuación son los de aula teórica que son los más adecuados para este tipo de edificaciones y tienen como función proveer a los maestros y alumnos un espacio para desarrollar, en forma cómoda, las actividades del proceso enseñanza y aprendizaje, los criterios de aula teórica se detallan de forma general a continuación:

- La capacidad óptima en el área básica es de 30 alumnos, permitiendo un máximo de 35 alumnos.
- El área óptima por alumno es de 1,30 metros cuadrados, si el espacio no lo permite se acepta un mínimo de 1 metro cuadrado, por alumno.
- Para la superficie total del aula debe considerarse el caso crítico, es decir; cuando se da la capacidad máxima de alumnos, podrá ser diseñada de acuerdo a los requerimientos existentes.
- La forma del aula podrá ser cuadrada o rectangular.
- La fuente principal de iluminación natural debe provenir del lado izquierdo del alumno sentado frente al pizarrón.
- La distancia máxima desde la última fila hasta el pizarrón será de 8 metros; y el ángulo horizontal de visión de un alumno sentado, será como máximo de 30 grados.

2.1.3. Criterios generales

Son todos los aspectos importantes que se toman para el diseño, se puede mencionar: ubicación del edificio, altura de ventanas, iluminación, color de los acabados y otros.

2.1.3.1. Criterios de conjunto

Entre los criterios a mencionar se mencionan lo más importantes:

- Conjunto arquitectónico: se toman como base los requisitos que debe cumplir el centro educativo para atender a los alumnos que se espera recibir, y se debe diseñar con respecto a su funcionalidad incluyendo todas las áreas a utilizar.
- El diseño arquitectónico tiene como objetivo principal, condicionar el comportamiento del hombre en el espacio, tanto física como emocionalmente, el diseño arquitectónico se ocupa de todo lo relacionado con la proyección y la construcción del edificio, y engloba, por tanto, no sólo la capacidad de diseñar los espacios sino también la construcción de los volúmenes necesarios.
- Emplazamiento: un correcto emplazamiento del conjunto arquitectónico en el terreno se logra cuando el área construida en la planta baja no exceda el 40% del área total del terreno.
- Orientación del edificio: la correcta orientación proporciona una óptima iluminación, ventilación y asoleamiento de todos los ambientes del edificio, la orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno, tomando en cuenta que el sentido del viento dominante es el ideal para abrir las ventanas.
- Superficie y altura del edificio: la superficie varía en función de las necesidades que se tengan que satisfacer, tanto en capacidad como en tipo de enseñanza; y la altura no debe exceder de tres niveles, tratando de ubicar los talleres y laboratorios en el primer nivel.

2.1.3.2. Distribución de ambientes

Los espacios escolares tienen que ser planificados ya que son espacios donde se da la relación entre la información y la diversidad de ofertas pedagógicas, por lo que el espacio debe dar cabida a todas las posibles de actividades que se dan en un centro educativo.

La forma de los ambientes y su distribución dentro del edificio se hará del modo tradicional para edificios educativos, las cuales se ajustan a las necesidades existentes y al espacio disponible; los cuales serán en el primer nivel de tres aulas, y tres aulas en el segundo nivel.

2.1.3.3. Capacidad y área requerida

El área requerida para un aula de un establecimiento educativo sugiere que sea de 1,0 metro cuadrado por alumno, en el área rural y 1,30 metros cuadrados por alumno, en área urbana, para el diseño de este caso la capacidad de alumnos será la siguiente:

Tabla III. **Capacidad máxima de alumnos por aula**

Detalle	Capacidad óptima	Capacidad máxima
Alumnos	30	35
Área	$(6\text{ m} * 7\text{ m}) / 30 = 1,40\text{ m}^2$	$6\text{ m} * 7\text{ m}) / 35 = 1,20\text{ m}^2$

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.4. Criterios de iluminación

Los criterios más importantes a mencionar son los siguientes:

- Generalidades de la iluminación en el edificio: la iluminación debe ser abundante y uniformemente distribuida, evitando la proyección de sombras y contrastes muy marcados. Para lograr lo anterior, se deben tomar en cuenta los siguientes criterios:
 - Es importante el número, tamaño y ubicación de las ventanas y/o lámparas.
 - Un local pequeño recibe mejor iluminación que uno grande, pero sus dimensiones dependen de los requerimientos de espacio.
 - Los acabados más brillantes permiten mayor reflexión de la luz y como resultado, una mejor iluminación.
- Tipos de iluminación: la iluminación puede ser natural y artificial, la iluminación natural, por la ubicación de las ventanas se conoce como unilateral, bilateral y cenital. Estos tipos de iluminación, son aceptados para los centros educativos y se describen a continuación.
 - Iluminación natural: el diseño de ventanas para iluminación debe proporcionar luz pareja y uniforme en todos los puntos del área sin incidencia de rayos solares, conos de sombra o reflejos.
 - Iluminación natural unilateral: el área de ventanas debe ser del 25% al 30% del área de piso, el techo y los muros opuestos deben ser de color claro y no debe estar a una distancia de 2,50 veces la altura del muro donde están las ventanas.

- Iluminación natural bilateral: las ventanas en los muros del fondo ayudaran a mejorar las condiciones de iluminación siempre y cuando éstas den al exterior, este caso se da cuando existen ventanas en las paredes laterales del aula.

La Iluminación artificial: debe usarse como apoyo a la iluminación natural. Como se requiere iluminación nocturna en algunas áreas se debe considerar iluminar los ambientes de forma idéntica a la natural, con el fin de mantener condiciones generales.

2.1.3.5. Instalaciones

Las instalaciones que regularmente se colocan en los edificios educativos son las hidráulicas, sanitarias, eléctricas y de gas, en su diseño y colocación se debe garantizar lo siguiente:

- Seguridad de operación
- Capacidad adecuada para prestar el servicio
- Protección contra agentes nocivos, principalmente ambientales

2.1.3.6. Otros criterios

- Ventilación: la ventilación debe ser alta, constante, cruzada y sin corrientes de aire, la cantidad disponible de aire en el ambiente, tiene gran importancia en el desarrollo de la educación.
- Criterios de color: es uno de los elementos que evitan la reverberación y sobre todo ayudan a optimizar la iluminación natural, se recomienda el uso de colores cálidos en ambientes donde la luz solar es poca.

- Confort acústico: los ambientes deben ser tranquilos para que influyan favorablemente en el estado anímico de los estudiantes, para que exista un confort acústico es necesario que no existan interferencias sonoras entre los distintos ambientes.

Los ruidos en un aula pueden provenir de diferentes lugares, para prevenirlos se pueden tomar las precauciones siguientes:

- Para que no interfiera el ruido proveniente del exterior, ubicar los establecimientos en zonas tranquilas, pero de no ser posible esto, se debe orientar el edificio de manera que el viento se lleve los ruidos.
- Para disminuir el ruido interno del ambiente, se debe construir con materiales porosos, ya que estos absorben el ruido, las patas del mobiliario y equipo deben tener aislantes acústicos, para disminuir el ruido al moverlos.

2.1.4. Sistema estructural a utilizar

Un sistema estructural deriva su carácter único en cierto número de consideraciones estudiadas por separado. Las funciones estructurales específicas de resistencia a la compresión, resistencia a la tensión; para cubrir claros horizontales, verticales o en voladizo, algunas consideraciones a tomar:

- Los materiales de los elementos
- La forma de apoyo de la estructura
- Las condiciones específicas de carga
- Las consideraciones de usos impuestas

Existen características para calificar los sistemas disponibles que satisfagan una función específica:

- Economía
- Necesidades estructurales especiales
- Problemas de diseño
- Problemas de construcción
- Material y limitación de escala

La selección del tipo de estructura, depende de ciertos factores como: la economía, materiales disponibles, área de terreno, dimensiones de cada ambiente, forma, mano de obra disponible, con base a estos aspectos se optó por utilizar un sistema de marcos espaciales dúctiles, losa tradicional de concreto reforzado, muros tipo tabique de block pómez.

2.1.4.1. Predimensionamiento estructural

Antes de hacer un dimensionamiento de los elementos que conformarán la estructura, es necesario realizar un predimensionamiento de cada uno de sus elementos, en esta parte se requiere la experiencia que se ha obtenido en la práctica de supervisión de obras similares.

Predimensionar la estructura es darle medidas preliminares a los elementos que la componen, los cuales serán utilizados para soportar cargas aplicadas en los mismos, para esto se puede recurrir a la experiencia en obras similares y utilizar métodos analíticos cortos que se describen a continuación:

- Predimensionamiento de losa

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

$$t = \frac{P}{180}; \quad t = \frac{(3,5 * 2) + (6 * 2)}{180} = 0,1055 \cong 0,11$$

Donde:

P= Perímetro de la Losa

t= espesor de la losa

- Predimensionamiento de columnas

El método que se utiliza para el predimensionamiento de columnas, calcula la sección y se basa en la carga aplicada a ésta, para guardar simetría en las dimensiones de la columna se debe tomar la columna crítica, o sea, la que soporta mayor carga, la medida resultante de esta columna se aplica a las demás columnas, para este cálculo debe utilizarse la siguiente ecuación:

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

Donde:

P = Carga puntual

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

fy = Resistencia del acero (kg/cm²)

Ag = Área gruesa (Área de sección de columna)

$$P = 14,63m^2 * 2400kg/m^3 = 35\ 112,0kg/m$$

$$Ag = 0,01; \quad 35\ 112,0 = 0,8(0,225(210) * Ag) + (2\ 810(0,01 * Ag))$$

$$35 \cdot 112 = 60,28 A_g;$$

$$A_g = 582,48 \text{ cm}^2$$

Según el código ACI, la sección mínima para columnas debe ser de 400 centímetros cuadrados, por seguridad debe utilizarse una columna de 30 centímetros x 30 centímetros = 900 centímetros cuadrados

- Predimensionamiento de vigas

El método utilizado para el predimensionamiento de vigas, determina su peralte, el cual depende de la luz que cubran las mismas, la base de la viga queda a criterio del diseñador, en este caso se utiliza el ancho de las columnas, el pre dimensionamiento se realiza para la viga crítica, es decir la de mayor longitud, quedando las demás con igual sección, la forma en que se calcula el peralte (t) es la siguiente:

Tabla IV. Peraltes mínimos para predimensionamiento de vigas

Peralte mínimo (h)				
Elemento	Simplemente Apoyado	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
	Elementos que no soportan o están obligados a divisiones u otro tipo de construcción susceptibles de dañarse por grandes deflexiones			
Vigas	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Fuente: ACI 318-99 capítulo 9.

Caso 1:

$$T = L \cdot 8\%;$$

$$T = 6 \cdot 0,08 = 0,48 \text{ m}$$

Caso 2: Según ACI

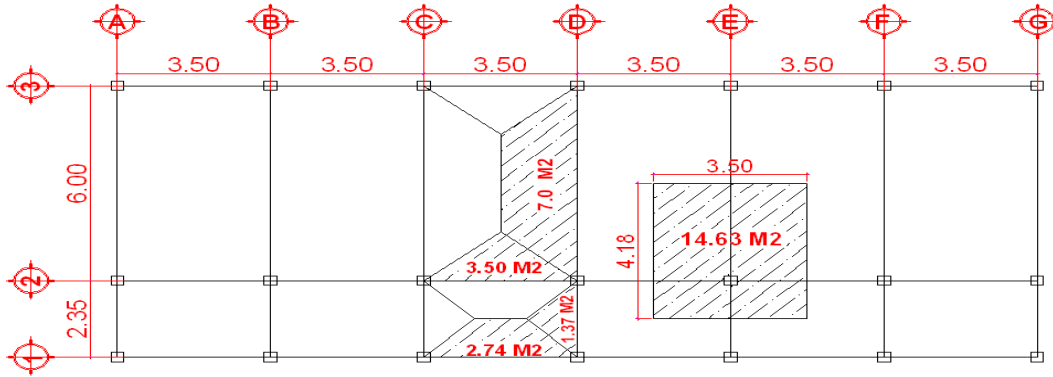
$$T = L / 21$$

$$T = 6 / 21 = 0,30 \text{ m}$$

Donde:

L = luz de viga, y la viga a utilizar es de 0,45 m

Figura 2. **Planta típica de áreas tributarias en vigas y columnas**

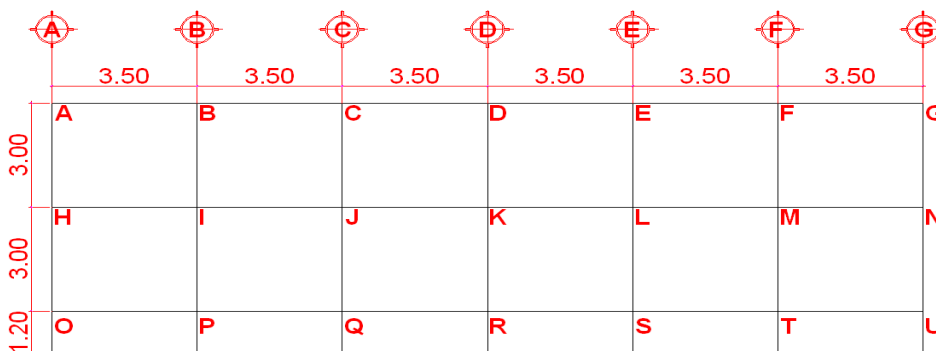


Fuente: elaboración propia.

2.1.5. Modelos matemáticos de marcos rígidos

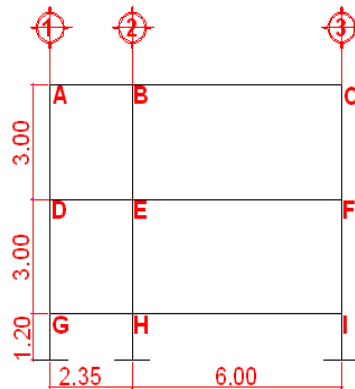
El modelo matemático de un marco rígido, es una gráfica que representa tanto la forma, así como las cargas que soporta un marco y sirve para hacer el análisis estructural del mismo, por similitud de marcos, en geometría y en las cargas aplicadas, se analizan únicamente los críticos en los sentidos X y Y.

Figura 3. **Elevación frontal del instituto**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Elevación lateral del instituto**



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.1. **Cargas aplicadas a marcos rígidos**

Las cargas que actúan sobre las estructuras se dividen en tres: cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales. Las cargas muertas son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y fijas en posición durante la vida de la estructura, generalmente la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura, esta puede calcularse con buena aproximación a partir del diseño, de las dimensiones de la estructura y de la densidad del material.

Las cargas vivas consisten principalmente en cargas de ocupación en edificios, estas pueden estar total o parcialmente en su sitio o no estar presentes, y pueden cambiar su ubicación, su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado.

Las cargas ambientales consisten en cargas de presión, succión de viento, cargas sísmicas, presiones del suelo en las porciones subterráneas de estructuras, estas cargas son inciertas en magnitud y distribución.

2.1.5.2. Cargas verticales

Las cargas linealmente distribuidas que se utilizan para realizar el análisis estructural, se calculan tomando en cuenta los valores anteriores, la geometría de la planta y siguiendo el procedimiento correspondiente:

Tabla V. Valores de cargas verticales

Carga Muerta (CM)	Carga Viva (CV)
Peso del concreto=2400 kg/m ³	En techo= 100 kg/m ²
Peso de acabados=80 kg/m ²	En aulas=300 kg/m ²
Peso de muros=150 kg/m ²	En pasillos= 400 kg/m ²

Fuente: elaboración propia.

- Marco rígido típico sentido X

$$\text{Nivel 1: } \quad CM = W_L + W_V + W_M + W_A; \quad CV = W_{\text{Aula}} + W_{\text{Pasillo}}$$

$$W_L = \frac{AT \cdot t}{L} = \frac{(3,50\text{m}^2 + 2,74\text{m}^2) \cdot 0,11\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3}{3,50\text{m}} = 471\text{kg/m}$$

$$W_V = b \cdot h \cdot \gamma_{\text{CON}} = 0,30\text{m} \cdot 0,30\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^3 = 216\text{kg/m}$$

$$W_M = L_M \cdot \lambda_M = 3,18\text{m} \cdot 150\text{kg/m}^2 = 477\text{kg/m}$$

$$W_A = \frac{AT \cdot \lambda_A}{L_V} = \frac{(3,5\text{m}^2 + 2,74\text{m}^2) \cdot 80\text{kg/m}^2}{3,5\text{m}} = 144\text{kg/m}$$

$$CM = 471 + 216 + 477 + 144 = 1\,320 \text{ kg/m}$$

$$CV = \frac{3,50 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/m}^2}{3,50 \text{ m}} + \frac{2,74 \text{ m}^2 * 300 \text{ kg/m}^2}{3,50 \text{ m}} = 613 \text{ kg/m}$$

Nivel 2:

$$CM = 471 \text{ kg/m} + 216 \text{ kg/m} + 144 \text{ kg/m} = 831 \text{ kg/m}$$

$$CV = \frac{(3,50 \text{ m}^2 + 2,74 \text{ m}^2) * 100 \text{ kg/m}^2}{3,50 \text{ m}} = 179 \text{ kg/m}$$

- Marco rígido típico sentido Y

Aula nivel 1: $CM = W_L + W_V + W_M + W_A$

$$W_L = \frac{(7 \text{ m}^2 + 7 \text{ m}^2) * (0,11 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3)}{6,00} = 616 \text{ kg/m}$$

$$W_V = 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^2 = 216 \text{ kg/m}$$

$$W_M = 5,70 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2 = 855 \text{ kg/m}$$

$$W_A = \frac{(7 + 7) * 80 \text{ kg/m}^2}{6,0} = 187 \text{ kg/m}$$

$$CM = 616 + 216 + 855 + 187 = 1\,874 \text{ kg/m}$$

$$CV = \frac{(7 + 7) * 300 \text{ kg/m}^2}{6,0} = 700 \text{ kg/m}$$

Aula nivel 2:

$$CM = 616 + 216 + 187 = 1\,019 \text{ kg/m}$$

$$CV = \frac{(7+7) * 100 \text{ kg/m}^2}{6,0} = 233 \text{ kg/m}$$

Pasillo nivel 1: $CM = W_L + W_V + W_M + W_A$

$$W_V = 0,30 \text{ m} * 0,30 \text{ m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 216 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{MURO}} = 2,05 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2 = 306 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{ACABADO}} = \frac{(1,37 \text{ m}^2 + 1,37 \text{ m}^2) * 80 \text{ kg/m}^2}{2,35 \text{ m}} = 94 \text{ kg/m}$$

$$CM = 308 \text{ kg/m} + 216 \text{ kg/m} + 306 \text{ kg/m} + 94 \text{ kg/m} = 924 \text{ kg/m}$$

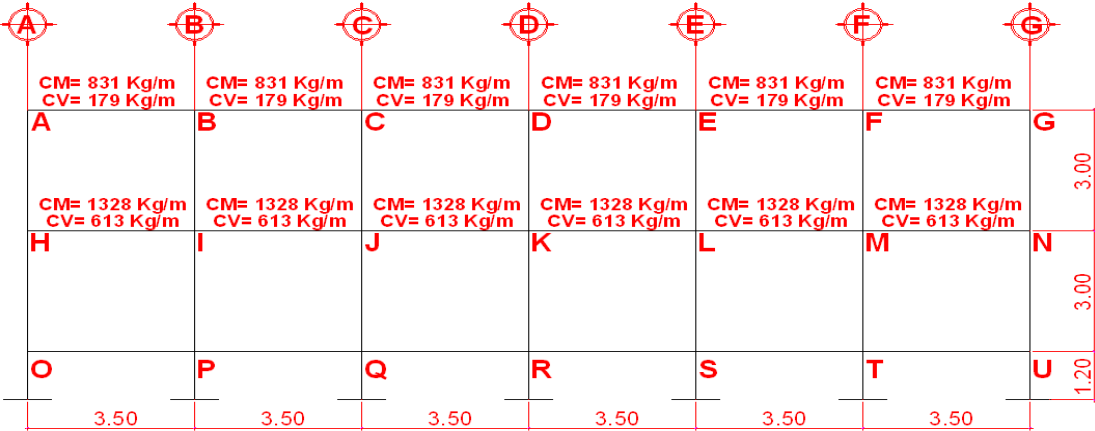
$$CV = \frac{(1,37 \text{ m}^2 + 1,37 \text{ m}^2) * 400 \text{ kg/m}^2}{2,35 \text{ m}} = 467 \text{ kg/m}$$

Pasillo nivel 2:

$$CM = 308 \text{ kg/m} + 216 \text{ kg/m} + 94 \text{ kg/m} = 618 \text{ kg/m}$$

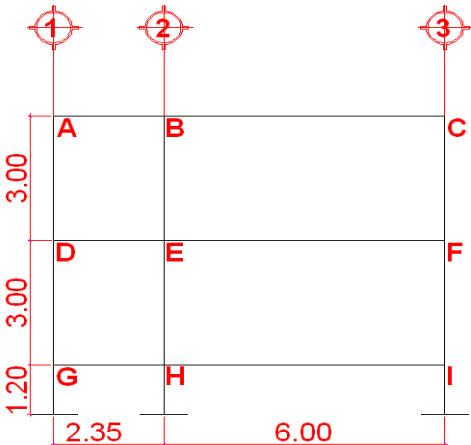
$$CV = \frac{(1,37 \text{ m}^2 + 1,37 \text{ m}^2) * 100 \text{ kg/m}^2}{2,35 \text{ m}} = 117 \text{ kg/m}$$

Figura 5. Modelo matemático, marco rígido típico sentido X



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Modelo matemático, marco rígido típico sentido Y



Fuente: elaboración propia.

2.1.5.3. Cargas horizontales

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

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

Para encontrar las fuerzas sísmicas aplicadas a la estructura se utilizará el método de SEAOC.

- Corte Basal (V): es la fuerza sísmica que el suelo transmite a la estructura en su base, para obtener su valor se utiliza la fórmula siguiente:

$$V = Z \times I \times K \times W \times C \times S$$

Donde:

Z = Coeficiente que depende de la zona de alto riesgo sísmico (Z=1)

I = Coeficiente de importancia de la obra (I = 1,25, para escuelas)

K = Factor que refleja la ductilidad de la estructura (K = 0,67)

W = Peso propio de la estructura más 25 por ciento de las cargas vivas

C = Coeficiente que depende del período natural de vibración

$$C = \frac{1}{15 \cdot \sqrt{T}}; \quad T = \frac{t_{losa} \cdot H}{\sqrt{B}}$$

Donde:

Sí $C > 0,12$ se debe usar 0,12

H= altura del edificio (m)

B= base del edificio a rostros exteriores con dirección del análisis (m)

S = Coeficiente que depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1.50
el valor de $C \times S \leq 0.14$, si el producto de estos coeficientes exceden este valor, tomar $C \times S = 0.14$

- Cálculo del peso propio de la estructura ($W = W_{\text{Nivel 1}} + W_{\text{Nivel 2}}$)

$$W_{\text{Nivel1}} = W_L + W_V + W_C + W_M + W_A + 0,25 \text{ Carga Viva}$$

$$W_{\text{LOSA}} = 0,11\text{m} \cdot 8,35\text{m} \cdot 21 \cdot 2400\text{kg/m}^2 = 46293\text{kg}$$

$$W_{\text{MIGA}} = 0,30\text{m} \cdot 0,30\text{m} \cdot 121,45\text{m} \cdot 2400\text{kg/m}^2 = 26234,0\text{kg}$$

$$W_{\text{COL}} = 0,30\text{m} \cdot 0,30\text{m} \cdot 4,2\text{m} \cdot 21 \cdot 2400\text{kg/m}^3 = 19052\text{kg}$$

$$W_{\text{MURO}} = (5,70\text{m} \cdot 4 + 6,70\text{m} \cdot 6) \cdot 4,20\text{m} \cdot 150\text{kg/m}^2 = 39690\text{kg}$$

$$W_{\text{ACABADOS}} = 8,35\text{m} \cdot 21\text{m} \cdot 80\text{kg/m}^2 = 14080\text{kg}$$

$$C_{\text{VAULAS}} = 7\text{m} \cdot 6\text{m} \cdot 3 \cdot 300\text{kg/m}^2 \cdot 25\% = 9450\text{kg}$$

$$C_{\text{PASILLO}} = 2,35\text{m} \cdot 7 \cdot 3 \cdot 400\text{kg/m}^2 \cdot 25\% = 4935\text{kg}$$

$$W_{\text{NIVEL1}} = 46293 + 26234 + 19052 + 39690 + 14080 + 14385 = 159734\text{kg}$$

$$W_{\text{Nivel2}} = W_{\text{LOSAS}} + W_{\text{VIGAS}} + W_{\text{COL}} + W_{\text{MUROS}} + W_{\text{ACABADOS}} + 25\% \text{ CARGA VIVA}$$

$$W_{\text{LOSA}} = 0,11\text{m} \cdot 8,35\text{m} \cdot 21 \cdot 2400\text{kg/m}^2 = 46293\text{kg}$$

$$W_{VIGA} = 0,30\text{m} * 0,30\text{m} * 121,45\text{m} * 2400\text{kg/m}^2 = 26234\text{kg}$$

$$W_{COL} = 0,50 * 0,30\text{m} * 0,30\text{m} * 3\text{m} * 21 * 2400\text{kg/m}^2 = 6804\text{kg}$$

$$W_{MURO} = (5,70\text{m} * 4 + 6,70\text{m} * 6) * 3\text{m} * 150\text{kg/m}^2 = 28350\text{kg}$$

$$W_{ACABADOS} = 8,35\text{m} * 21\text{m} * 80\text{kg/m}^2 = 14080\text{kg}$$

$$CV_{TECHO} = 8,35\text{m} * 21\text{m} * 100\text{kg/m}^2 * 25\% = 4383\text{kg}$$

$$W_{NIVEL1} = 46293 + 26234 + 6804 + 28350 + 14080 + 4383 = 126144\text{kg}$$

$$W_{ESTRUCTURA} = W_{NIVEL1} + W_{NIVEL2}$$

$$W_{ESTRUCTURA} = 159734\text{kg} + 126144\text{kg} = 285878,00\text{kg}$$

- Calculando el coeficiente que depende del período natural

t_{Losa}	Altura	Largo
0,11 m	7,20 m	21,0 m

$$T_x = \frac{0,11 * 7,20}{\sqrt{21}} = 0,17;$$

$$C_x = \frac{1}{15 * \sqrt{0,17}} = 0,16$$

$$T_y = \frac{0,11 * 7,20}{\sqrt{8,35}} = 0,27;$$

$$C_y = \frac{1}{15 * \sqrt{0,27}} = 0,13$$

CHEQUEO: $C * S \leq 0,14$

$$C_x * S = 0,16 * 1,50 = 0,24,$$

$$C_y * S = 0,13 * 1,50 = 0,19$$

Como no cumple, en ambos casos tomar $C * S = 0,14$; utilizando la ecuación $V = Z * I * K * W * C * S$, el corte basal para nuestro edificio es:

Tabla VI. **Peso de la estructura por nivel**

NIVEL	Wi (kg)	Hi (m)	Wi * Hi (kg – m)
1	159 734	4,20	670 883
2	126 144	7,20	908 237
TOTAL			1 579 120

Fuente: elaboración propia.

$$V = 1 * 1,25 * 0,67 * 0,14 * 285878,0 = 33520,0\text{kg}$$

- Fuerzas por nivel: para calcular las fuerzas en cada uno de los niveles, se utilizará la siguiente ecuación:

$$F_{ni} = \frac{(V - F_t) * W_i * H_i}{\sum(W_i * H_i)}$$

Donde:

F_n = fuerza por nivel

V = corte en la base

F_t = fuerza de techo, cuando t (período natural de vibración) es menor que 0,25; entonces $F_t = 0$. Pero si $t > 0,25$; entonces $F_t = 0,07 \times t \times V$

W_i = Peso propio de la estructura más 25 % de la carga viva por nivel

H_i = altura por nivel, medida desde la cimentación al nivel considerado

- Fuerza por nivel respecto a Y; $T_y = 0,27 > 0,25$

$$F_t = 0,07 * T_y * V; \quad F_t = 0,07 * 0,27 * 33520\text{kg} = 634\text{kg}$$

$$F_{N1} = \frac{(33520\text{kg} - 634\text{kg}) * (159734\text{kg} * 4,20\text{m})}{1\ 579\ 120\text{kg}} = 13972\text{kg}$$

$$F_{N2} = \frac{(33520\text{kg} - 634\text{kg}) * (126144\text{kg} * 7,20\text{m})}{1\ 579\ 120\text{kg}} = 18\ 915\text{kg}$$

- Fuerza por nivel respecto a X; $T_x = 0,17 < 0.25$, entonces $F_t = 0$

$$F_{N1} = \frac{(33520\text{kg} - 0) * (159734\text{kg} * 4,20\text{m})}{1579120\text{kg}} = 14\ 241\text{kg}$$

$$F_{N2} = \frac{(33520\text{kg} - 0) * (126144\text{kg} * 7,20\text{m})}{1579120\text{kg}} = 19\ 280\text{kg}$$

- Fuerzas por marco: se utilizaran las siguientes ecuaciones;

$$CR = \frac{\sum(R_i * d_i^2)}{\sum R_i}; \quad e = C_m - CR; \quad e_{\text{mín}} = 0,05 * H_{\text{edificio}};$$

$$FM = FM' + FM''; \quad FM' = \frac{R * F_i}{\sum R_i}; \quad FM'' = \frac{e * F_{ni}}{\frac{\sum(R_i * d_i^2)}{R_i * d_i}}$$

Donde:

R_i = rigidez del marco

CR = centro de rigidez

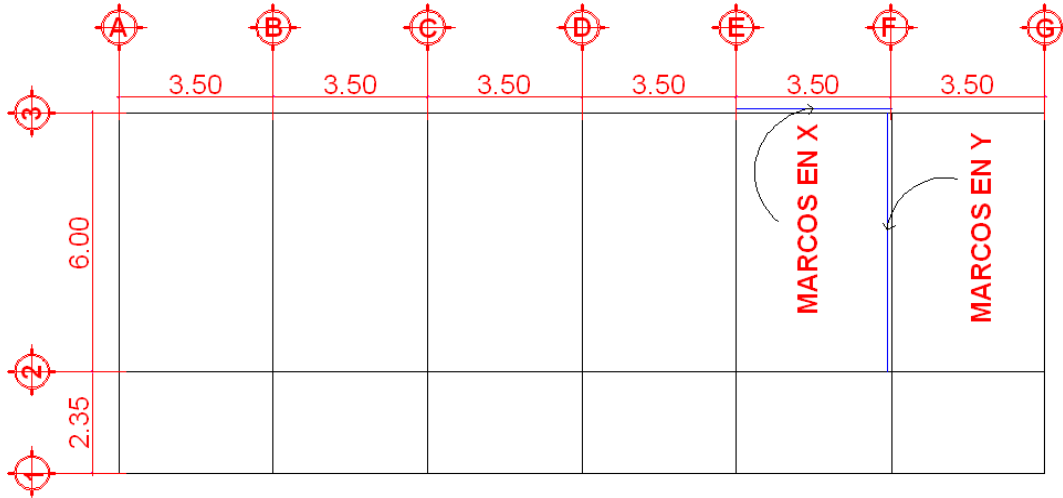
C_m = centro de masa

d_i = distancia de CR al marco considerado

e = excentricidad

La siguiente figura muestra la planta de distribución de marcos, la cual servirá para calcular el centro de rigidez, centro de masa, excentricidad y la distancia del centro de rigidez al marco considerado.

Figura 7. Planta típica de distribución de marcos rígidos



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de fuerza por marco en el sentido X: con $R = 1$

$$CR = \frac{8,35 \cdot 1 + 2,35 \cdot 1}{3 \cdot 1} = 3,57 \text{ m}; \quad CM = \frac{6 + 2,35}{2} = 4,18 \text{ m}$$

$$e = 4,18 - 3,57 = 0,61 \text{ m}; \quad e_{\min} = 0,05 \cdot 7,20 = 0,36 \text{ m}$$

De las excentricidades, tomamos la mayor; $e = 0,61 \text{ m}$

- Fuerza para marco 3 del Nivel 1, sentido X

$$FM' = \frac{1 \cdot 14241 \text{ kg}}{3} = 4747 \text{ kg}; \quad FM'' = \frac{0,61 \cdot 14241,0 \text{ kg}}{37,05/4,78} = 1121 \text{ kg}$$

$$FM = 4747 \text{ kg} + 1197 \text{ kg} = 5944 \text{ kg}$$

- Fuerza para marco 3 del nivel 2, sentido X

$$FM' = \frac{1 \cdot 19280 \text{kg}}{3} = 6427 \text{kg}; \quad FM'' = \frac{0,61 \cdot 19280 \text{kg}}{37,05/4,78} = 1620 \text{kg}$$

$$FM = 6427,0 \text{kg} + 1620,0 = 8047 \text{kg}$$

Tabla VII. **Fuerza para marcos dúctiles en cada nivel, sentido X**

Marco	Ri	Di	Ri*di	(Ri*di) ²	FM'	FM''	FM N ₁	FM'	FM''	FMN ₂
3	1	4,78	4,78	22,85	4747	1 121	5 868	6427	1517	7 944
2	1	-1,21	-1,21	1,46	4747	-303	4 444	6427	-410	6 017
1	1	-3,57	-3,57	12,74	4747	-894	3 853	6427	-1210	5 217
	3			37,05			14 241			19 280

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de fuerza por marco en el sentido Y

$$CR = \frac{21 \text{m}}{2} = 10,50 \text{m}; \quad CM = \frac{21 \text{m}}{2} = 10,50 \text{m};$$

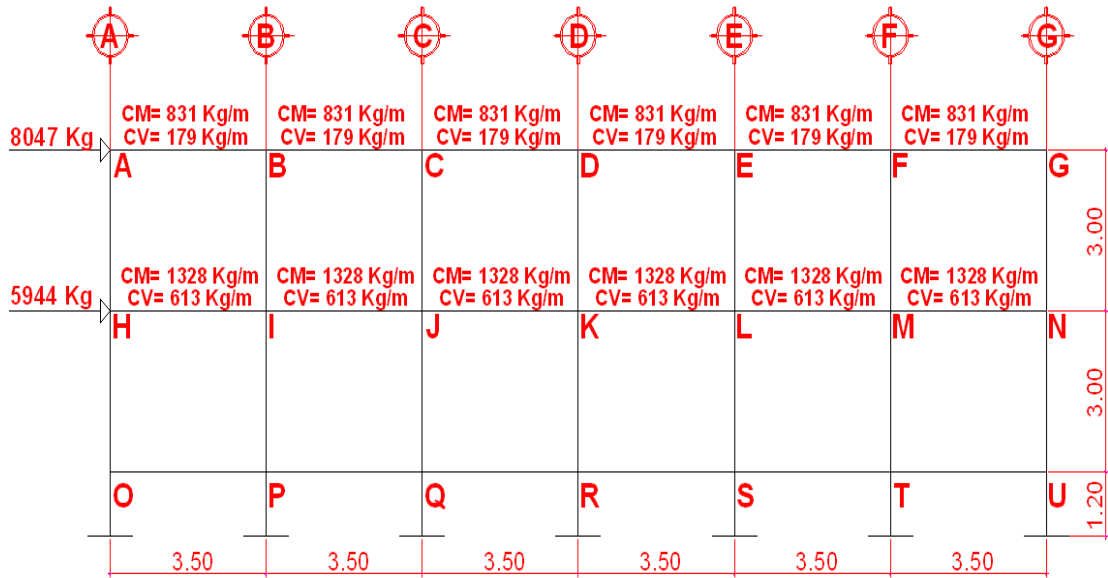
$$e = CM - CR = 10,50 - 10,50 = 0$$

Entonces, $FM'' = FM = FM' = 0$ en todos los marcos.

- Fuerza para marco A del nivel 1 y 2, sentido Y

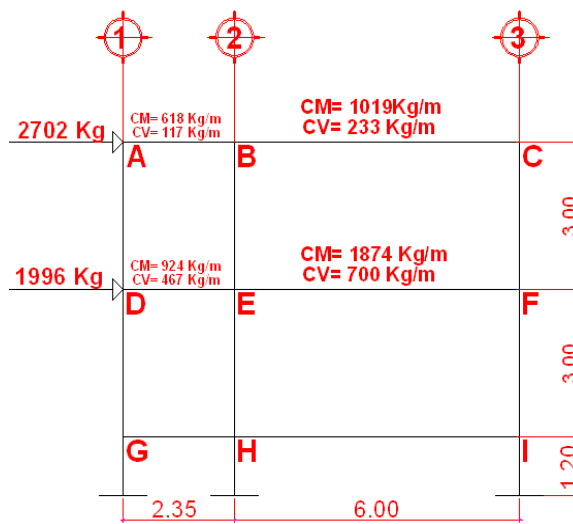
$$FM_{NIVEL1} = \frac{13972 \cdot 1}{7 \cdot 1} = 1996 \text{kg}; \quad FM_{NIVEL2} = \frac{18915 \cdot 1}{7 \cdot 1} = 2702 \text{kg}$$

Figura 8. Cargas laterales, sentido X



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Cargas laterales, sentido Y



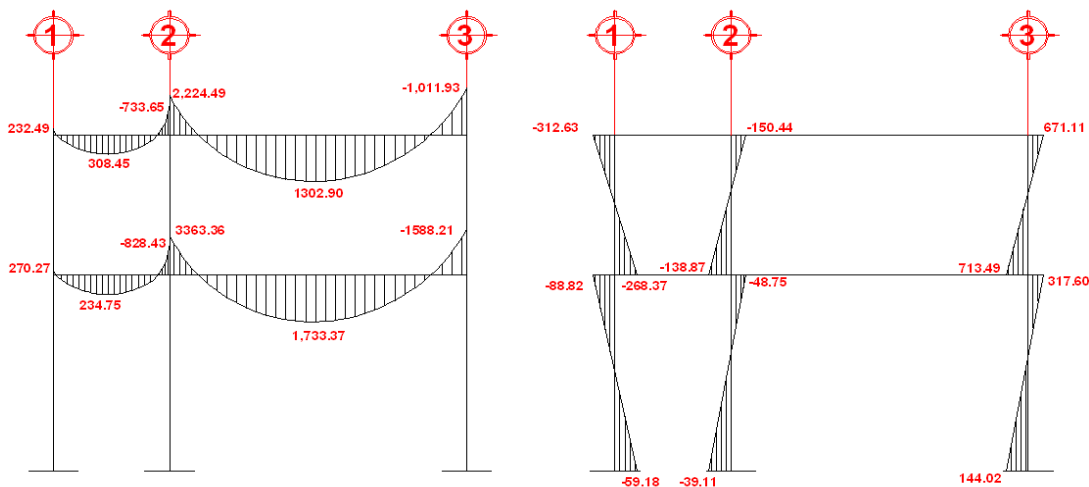
Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Análisis de marcos rígidos con el programa Etabs

El uso de programas de computación en el proceso de análisis y diseño en ingeniería es muy común por la utilidad y facilidad con que se tienen resultados. Para el cálculo del análisis estructural de este proyecto se ha usado el software Etabs, un programa de análisis y diseño estructural basado en el método de los elementos finitos, y obtener los momentos en cada uno de los elementos estructurales.

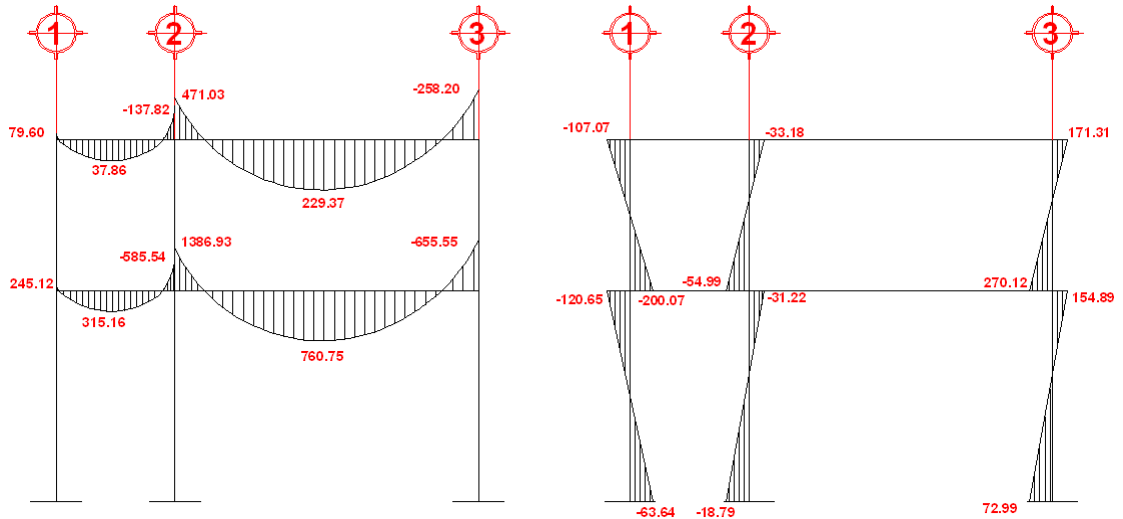
Luego se realizó una comprobación a través del método numérico Kanni, concluyendo que los resultados variaron en un porcentaje mínimo del 7,50 % dicho análisis se realizó para cada una de las cargas, siendo estas: carga muerta, viva y de sismo, los datos se ingresaron en el software, de acuerdo a los modelos resultantes de las cargas en el edificio, para el diseño estructural se utilizan los resultados obtenidos del método numérico de Kanni.

Figura 10. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg – m)carga muerta, marco rígido sentido Y



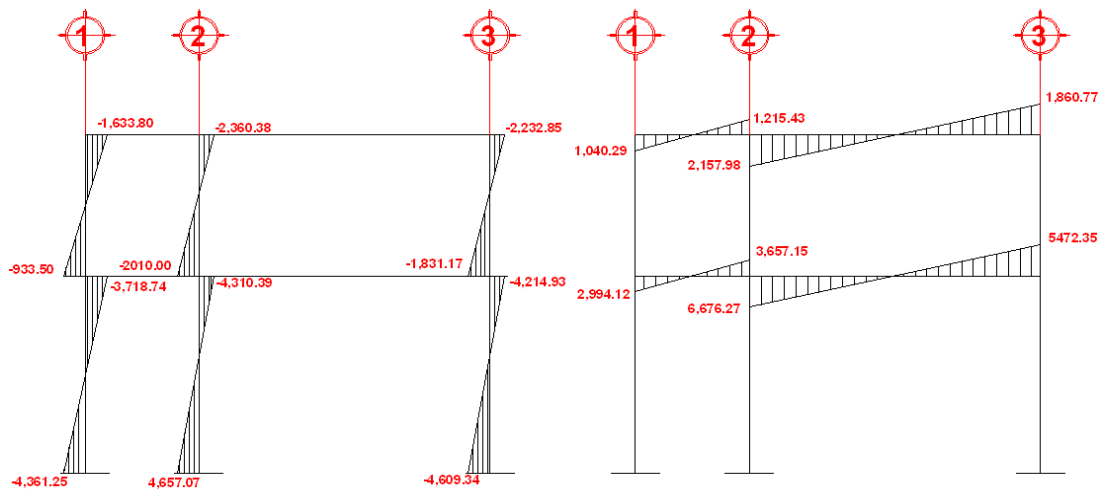
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Diagrama de momentos en vigas y columnas (kg – m)
carga viva, marco rígido sentido Y



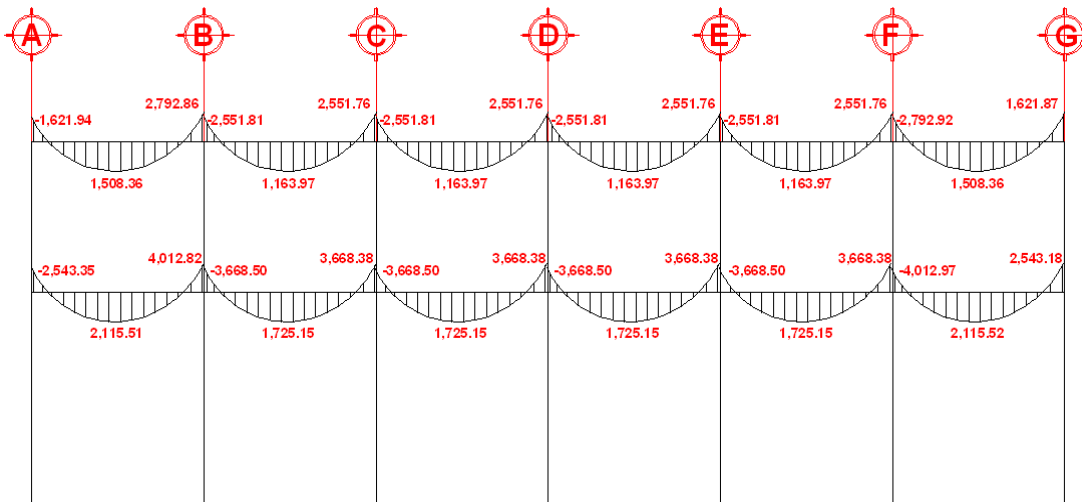
Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Diagrama de momentos sísmico en vigas y columnas(kg – m)
marco rígido sentido Y



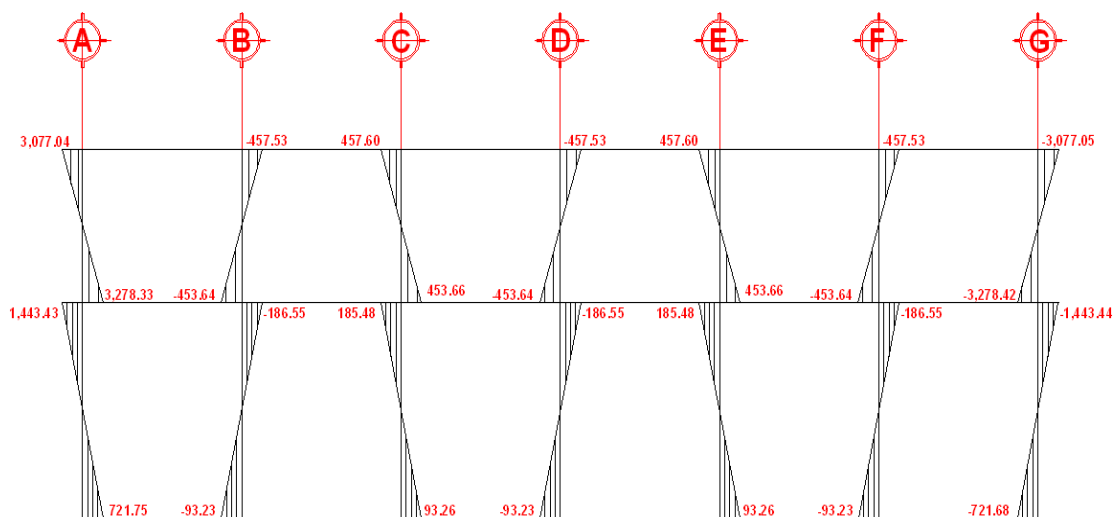
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Diagrama de momentos en vigas (kg – m) carga muerta, marco rígido sentido X



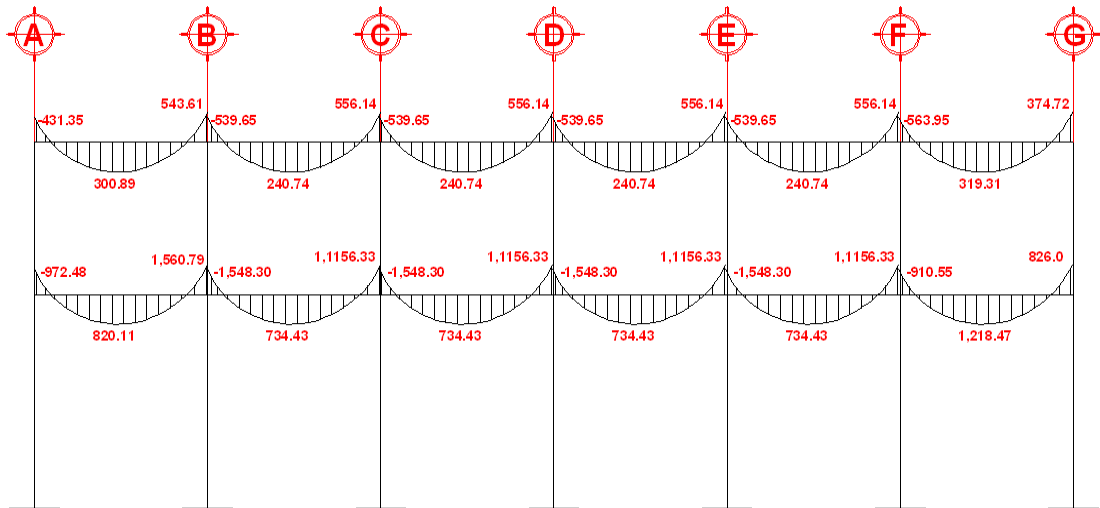
Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Diagrama de momentos en columnas (kg – m) carga muerta, marco rígido sentido X



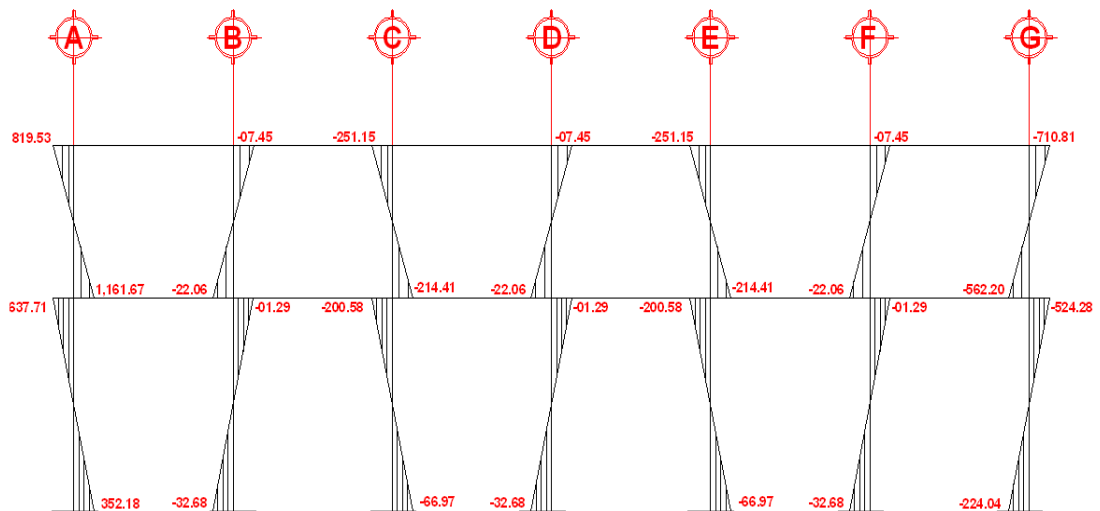
Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de momentos en vigas (kg – m)carga viva, marco rígido sentido X



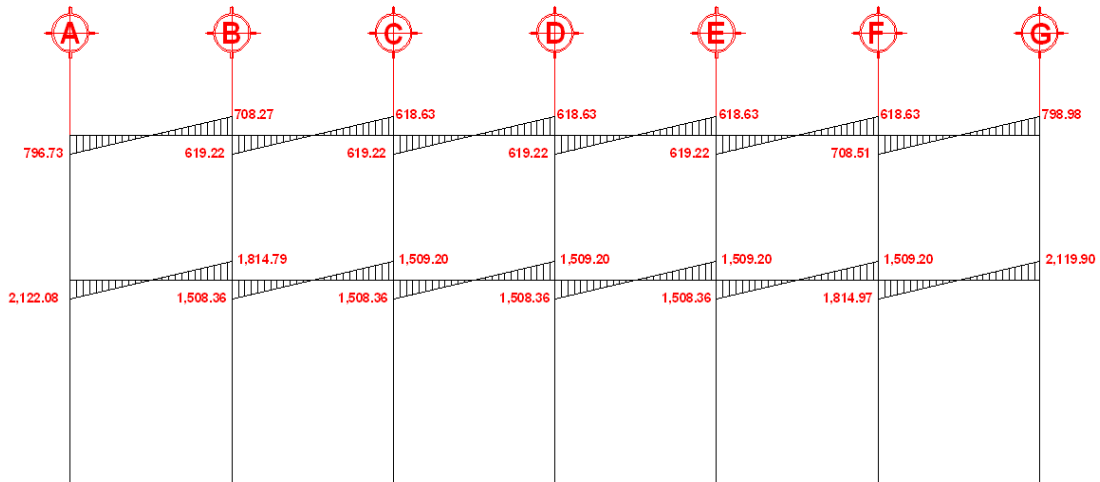
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de momentos en columnas (kg – m)carga viva, marco rígido sentido X



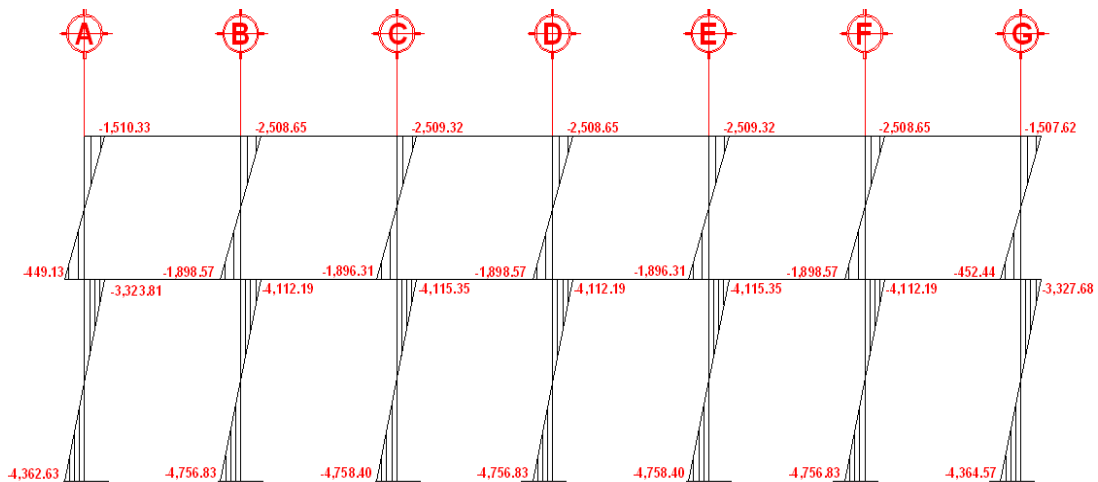
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. Diagrama de momentos en vigas (kg – m) carga sísmica, marco rígido sentido X



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Diagrama de momentos en columnas (kg – m) carga sísmica, marco rígido sentido X



Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Envolvente de momentos

La envolvente proporciona los momentos que pueden ocurrir debido a la combinación de cargas que afectan la estructura. El código ACI propone las siguientes combinaciones.

- Ecuaciones utilizadas para envolvente de momentos

- Para los momentos últimos negativos en vigas y columnas

$$M(-) = 0,75 * (1,40M_{CM} + 1,70M_{CV} \pm 1,87M_S)$$

- Para los momentos últimos de inversión en vigas

$$M(-) = 0,90M_{CM} \pm 1,43M_S$$

- Para los momentos últimos positivos en vigas

$$M(+) = 1,40M_{CM} \pm 1,70M_{CV}$$

- Diagramas de corte

Los esfuerzos cortantes en los elementos estructurales de los marcos se obtienen de las siguientes ecuaciones.

- Corte en vigas

$$V_v = 0,75 \left[\frac{1,40 W_{CM} * L}{2} + \frac{1,70 W_{CV} * L}{2} + \frac{1,87 \Sigma M_S}{L} \right]$$

- Corte en columnas: $V_c = \Sigma M_{col}/L$
- Cálculo de la envolvente en los marcos analizados.
- Envolvente en vigas

$$M_{AB} = 0,75(1,40*(-1\ 622 + 1,70*(-431) - 1,87*(-431)) = -3\ 370\text{kg-m}$$

$$M_{BA(+)} = 1,40*(1\ 508) + 1,70*(301) = 2\ 232\text{ kg-m}$$

$$M_{AB} = 0,75 [1,4(2793) + 1,7(544) - 1,87(708)] = 4\ 619\text{ kg-m}$$

$$M(-) = 0,90(-1622) - 1,43(797) = -2\ 599,07\text{kg-m}$$

Menor que el anterior M_{AB}

$$M(-) = 0,90(2793 - 1,43(708)) = -3\ 526,40\text{ kg-m}$$

Menor que el anterior M_{BA}

- Primer nivel, sentido X

$$M_{HI} = 0,75(1,40(-2\ 543,35) + 1,70(-972,48) - 1,87(2122,08)) = -6\ 886,65\text{kg-m}$$

$$M_{IH(+)} = 1,40(2\ 115,51) + 1,70(820,11) = 4\ 355,90\text{kg-m}$$

$$M_{BA(-)} = 0,75 [1,4(4012,82) + 1,7(1560,79) + 1,87(1814,79)] = 8\ 748,71\text{kg-m}$$

$$M(-) = 0,90(-2\ 543,35) - 1,43(2122,08) = -5\ 323,59\text{ kg-m}$$

Menor que el anterior M_{HI}

$$M(-) = 0,90(4012,82) - 1,43(1\ 814,79) = 6\ 206,69\text{ kg-m}$$

Menor que el anterior M_{IH}

- Envolvente en columnas

- Segundo nivel, sentido X

$$M_{HA} = 0,75 [1,40(-3077,04) + 1,70(819,53) - 1,87(-1510,33)] = 6394,03 \text{ kg-m}$$

$$M_{AH} = 0,75 [1,40(3278,33) + 1,70(1161,67) + 1,87(-449)] = 4293,47 \text{ kg-m}$$

- Primer nivel, sentido X

$$M_{HA} = 0,75 [1,40(-1443,43) + 1,70(637,37) - 1,87(-3321,81)] = 6987,52 \text{ kg-m}$$

$$M_{AH} = 0,75 [1,40(721,75) + 1,70(352,18) + 1,87(4362,63)] = 7325,46 \text{ kg-m}$$

- Cortes últimos en vigas

- Segundo nivel, sentido X

$$M_{AB} = 0,75 \left(\frac{1,4(831*3,5)}{2} + \frac{1,7(179*3,5)}{2} + \frac{1,87(796,73+708,27)}{3,5} \right) = 2529,44 \text{ kg}$$

- Primer nivel, sentido X

$$M_{AB} = 0,75 \left(\frac{1,4(1328*3,5)}{2} + \frac{1,7(613*3,5)}{2} + \frac{1,87(2122,08+1814,79)}{3,5} \right)$$

$$M_{AB} = 5385,52 \text{ kg}$$

- Cortes últimos en columnas

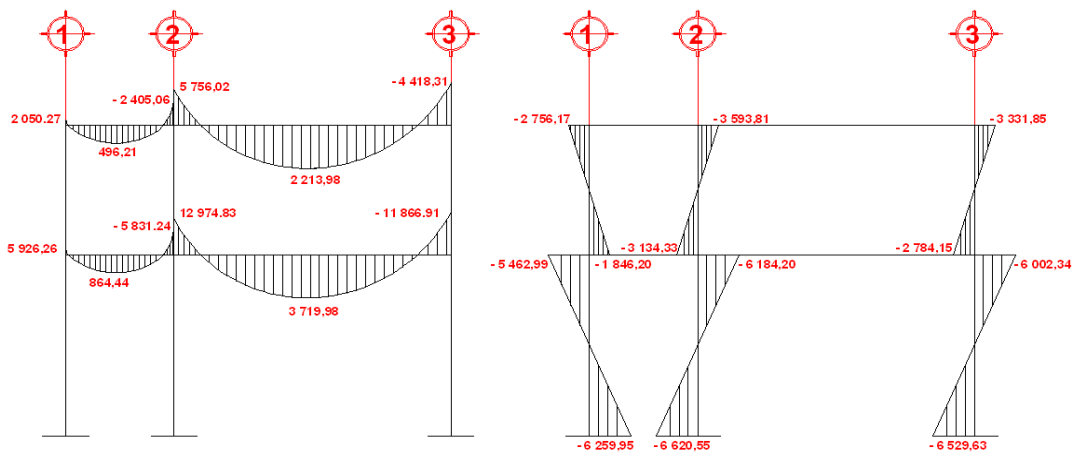
- Segundo nivel, sentido X

$$V_{AH} = (6394 + 4293,47)/3 = 3562,50 \text{ kg}$$

- Primer nivel, sentido X

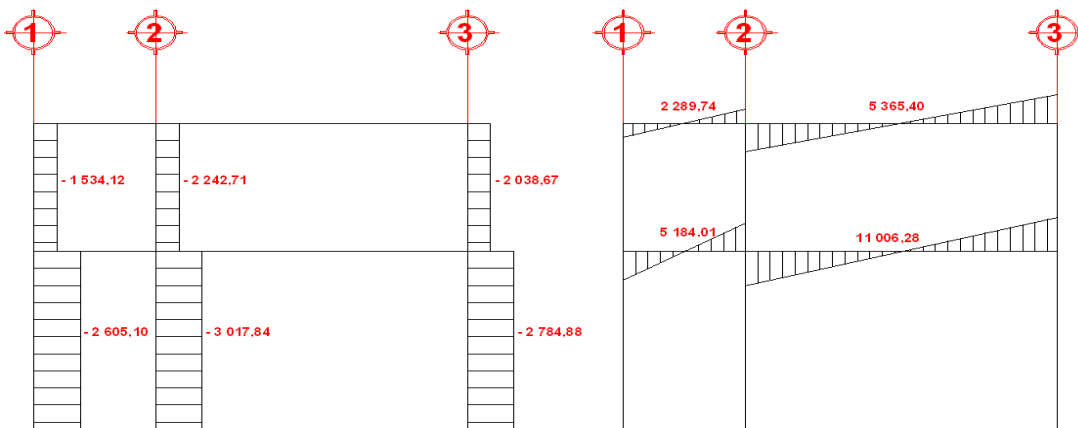
$$VHO = (6\,987,52 + 7\,325,46)/4,20 = 3\,705 \text{ kg}$$

Figura 19. Diagrama de momentos últimos envigas y columnas en Y (kg/m²)



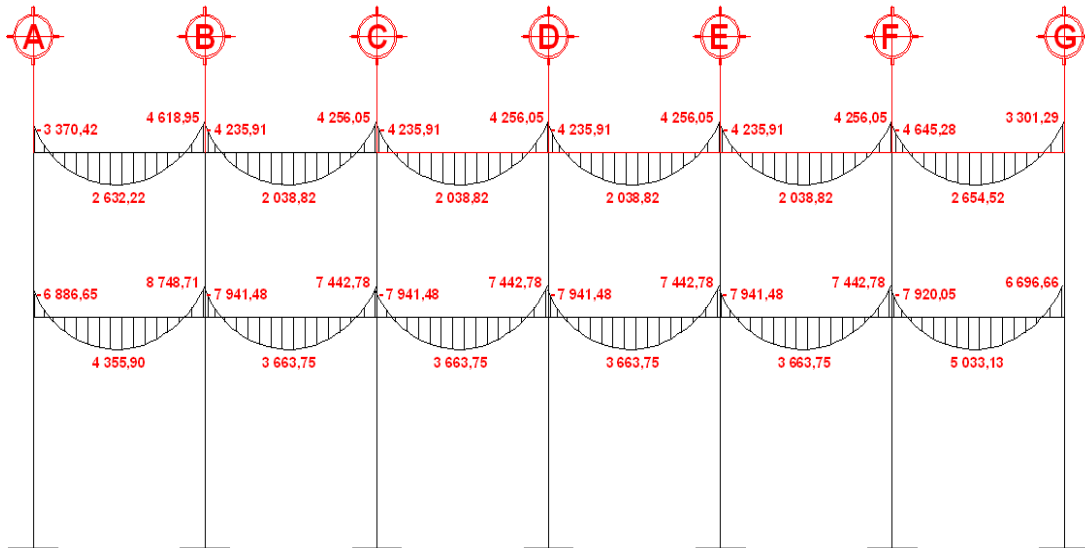
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Diagrama de cortes últimos en vigas y columnas en Y (kg/m²)



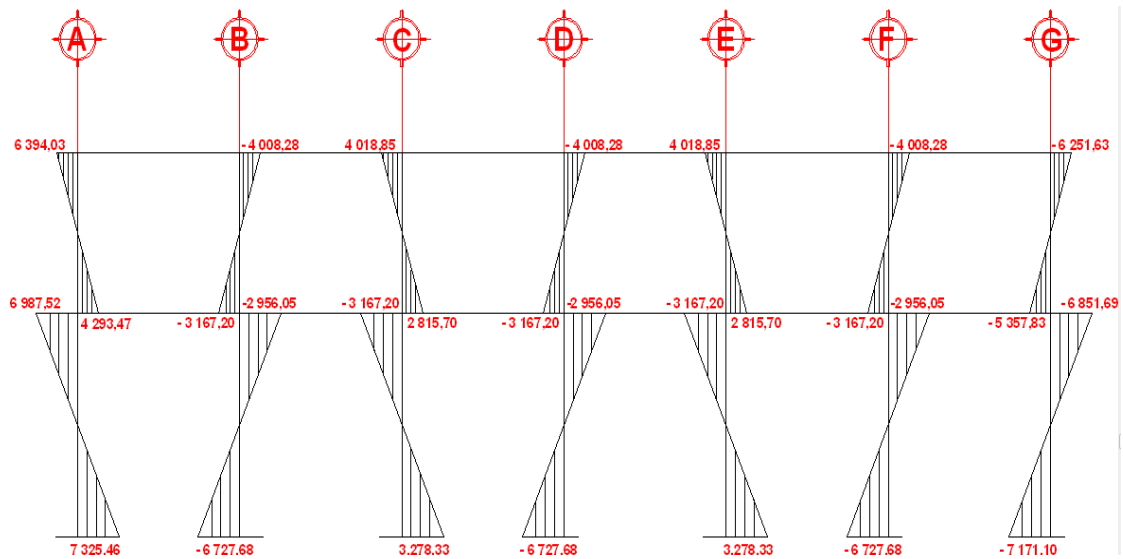
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Diagrama de momentos últimos en vigas, eje X (kg – m)



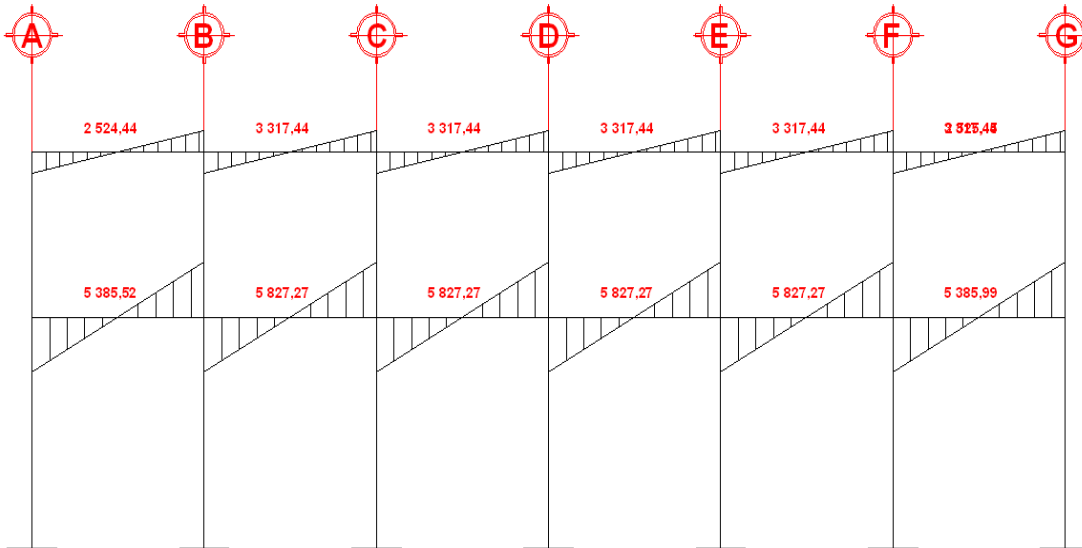
Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de momentos últimos en columnas, eje X (kg – m)



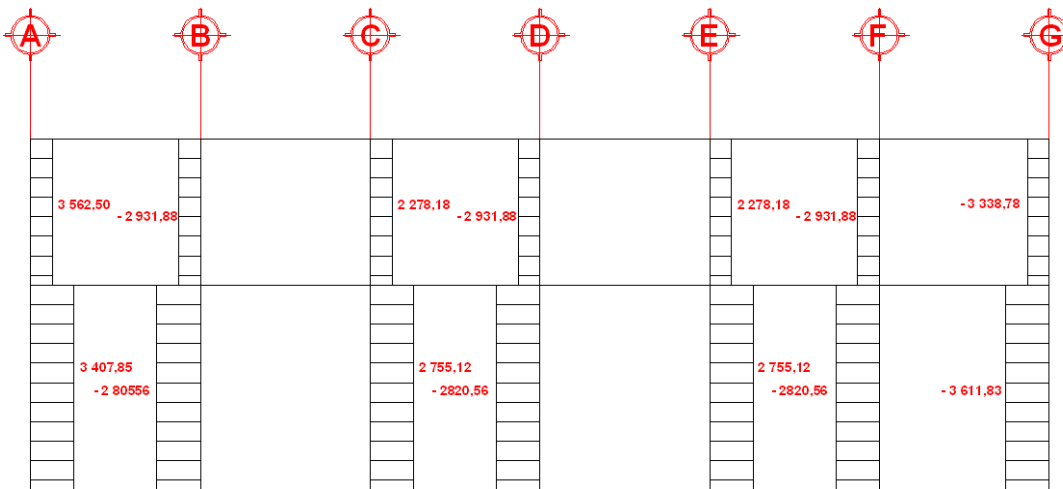
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de cortes últimos en vigas, eje X (kg)



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de cortes últimos en columnas, eje X (kg)



Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño estructural

Diseño estructural es la actividad que se realiza por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos estructurales que componen a una estructura. Para el diseño estructural de esta edificación, se usan los siguientes datos generales:

Especificaciones a utilizar:

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

$$f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 2,10 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = 15100 \times f'_c \text{ kg/cm}^2$$

$$W_{\text{Concreto}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

Recubrimiento de elementos:

$$\text{Cimientos} = 0,075 \text{ m}$$

$$\text{Vigas} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Columnas} = 0,03 \text{ m}$$

$$\text{Losas} = 0,025 \text{ m}$$

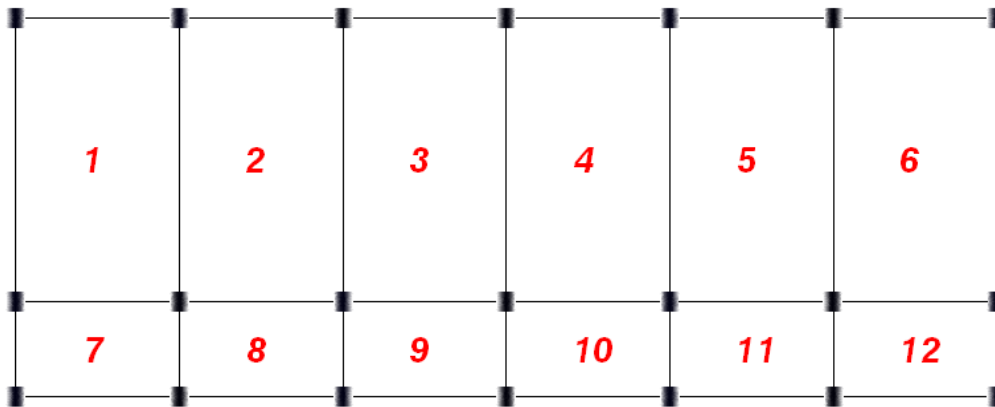
2.2.1. Losas

Las losas son elementos estructurales bidimensionales, en los que la tercera dimensión es pequeña comparada con las otras dos dimensiones básicas. Las cargas que actúan sobre las losas son perpendiculares al plano principal de las mismas, por lo que su comportamiento está dominado por la flexión; por su espesor, pueden dividirse en:

- Cascarones; cuando $t < 0,09$
- Planas; cuando $0,09 < t_{\text{Losas}} < 0,12$
- Nervuradas; cuando $t_{\text{Losas}} > 0,12$

Para diseñarlas, existen varios métodos, en este caso se utiliza el método 3 del ACI descrito en la sección siguiente, losas del primer nivel; a continuación se detalla el procedimiento para el diseño de losas que se utilizarán en el edificio escolar, el espesor de la losa (t) es de 0,11 metros, los datos geométricos se presentan en la siguiente figura.

Figura 25. **Planta de distribución de losas**



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la carga de diseño, se utilizaran tabla II.

Carga muerta (CM)

Peso del concreto= $2\,400\text{ kg/m}^3$

Peso de acabados= 80 kg/m^2

Peso de muros= 150 kg/m^2

Carga viva (CV)

En techo= 100 kg/m^2

En aulas= 300 kg/m^2

En pasillos= 400 kg/m^2

- Integración de cargas

$$CM = (2\,400\text{ kg/m}^3 * 0,11\text{ m}) + (80\text{ kg/m}^2 + 150\text{ kg/m}^2) = 494\text{ kg/m}^2$$

- Determinando carga última para aulas

$$CU_{AULAS} = 1,40 * (494 \text{kg/m}^2 + 1,70 * (300) \text{kg/m}^2) = 1\ 202 \text{kg/m}^2$$

- Determinación de carga última para pasillos

$$CU_{AULAS} = 1,40 * 494 \text{kg/m}^2 + 1,70 * 400 \text{kg/m}^2 = 1\ 372 \text{kg/m}^2$$

Determinando cómo trabaja cada losa utilizando la siguiente ecuación:

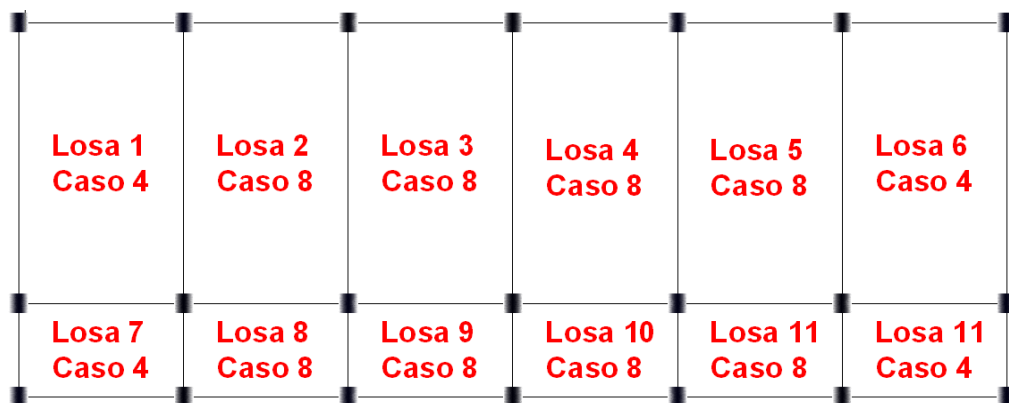
$$M = a/b > 0,50 \text{ entonces la losa trabaja en dos direcciones}$$

Donde: a= Lado corto de la losa; b= Lado largo de la losa

$$M_{AULA} = \frac{3,50}{6,0} = 0,58; \quad M_{PASILLO} = \frac{2,35}{3,5} = 0,67$$

Ambas losas trabajan en dos direcciones, para su diseño se utilizara el Metodo 3 del Código ACI.

Figura 26. Tipo de casos de losas



Fuente: elaboración propia.

- Cargas últimas

$$CVu_{(AULA)} = 1,70 * 300 \text{kg/m}^2 * 1 \text{m} = 510 \text{kg/m}$$

$$CVu_{(PASILLO)} = 1,70 * 400 \text{kg/m}^2 * 1 \text{m} = 776 \text{kg/m}$$

$$CMu = 1,40 * 49400 \text{kg/m}^2 * 1 \text{m} = 692 \text{kg/m}$$

- Momentos actuantes

$$Ma(-) = C * CUu * a^2; \quad Mb(-) = C * CUu * b^2$$

$$Ma(+) = C * CVu * a^2 + C * CMu * a^2; \quad Mb(+) = C * CVu * b^2 + C * CMu * b^2$$

- Nivel 1 Losa de aula 1 = Losa de aula 6 (caso 4)

$$Ma(-) = 0,089 * 1202 \text{kg/m} * 3,50 \text{m}^2 = 1311 \text{kg-m}$$

$$Mb(-) = 0,011 * 1202 \text{kg/m} * 6 \text{m}^2 = 476 \text{kg-m}$$

$$Ma(+) = 0,067 * 510 \text{kg/m} * (3,50 \text{m})^2 + 0,053 * 692 \text{kg/m} * (3,50 \text{m})^2 = 868 \text{kg-m}$$

$$Mb(+) = 0,009 * 510 \text{kg/m} * (6 \text{m})^2 + 0,007 * 692 \text{kg/m} * (6 \text{m})^2 = 340 \text{kg-m}$$

- Nivel 1 Losa de pasillo 7 = Losa de pasillo 12 (caso 4)

$$Ma(-) = 0,085 * 1372 \text{kg/m} * (3,50 \text{m})^2 = 644 \text{kg-m}$$

$$Mb(-) = 0,015 * 1372,0 \text{kg/m} * (3,50 \text{m})^2 = 252,0 \text{kg-m}$$

$$Ma(+) = 0,062 * 680 \text{kg/m} * (2,35 \text{m})^2 + 0,050 * 692 \text{kg/m} * (2,35 \text{m})^2 = 424 \text{kg-m}$$

$$Mb(+) = 0,011 * 680 \text{kg/m} * (3,5 \text{m})^2 + 0,009 * 692 \text{kg/m} * (3,5 \text{m})^2 = 168 \text{kg-m}$$

Siguiendo el procedimiento anterior, se calculan los momentos en las losas y sus resultados se dan a conocer en las siguientes tablas:

Tabla VIII. **Momentos negativos y positivos de losas nivel 1**

Losa	Lado		m=a/b	Caso	Coeficiente		Ma(-)	Mb(-)	Coeficiente CV		Coeficiente CM		Ma(+); CM	Mb(-)
	a	b			Ma(-)	Mb(-)	C* CUT *a ²	C* CUT *b ²	Ma(+)	Mb(+)	Ma(+)	Mb(+)	C* CVu *a ² +C* CMu *a ²	C* CVu *b ² +C* CMu *b ²
1	3,5	6	0,58	4	0,089	0,011	1310,48	475,992	0,067	0,009	0,053	0,007	867,86	339,624
2	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	1177,96	778,896	0,065	0,009	0,048	0,007	812,98	339,624
3	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	1177,96	778,896	0,065	0,009	0,048	0,007	812,98	339,624
4	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	1177,96	778,896	0,065	0,009	0,048	0,007	812,98	339,624
5	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	1177,96	778,896	0,065	0,009	0,048	0,007	812,98	339,624
6	3,5	6	0,58	4	0,089	0,011	1310,48	475,992	0,067	0,009	0,053	0,007	867,86	339,624
7	2,35	3,5	0,67	4	0,085	0,015	644,03	252,105	0,062	0,011	0,050	0,011	423,91	184,877
8	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	560,69	403,368	0,059	0,011	0,044	0,009	389,71	167,923
9	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	560,69	403,368	0,059	0,011	0,044	0,009	389,71	167,923
10	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	560,69	403,368	0,059	0,011	0,044	0,009	389,71	167,923
11	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	560,69	403,368	0,059	0,011	0,044	0,009	389,71	167,923
12	2,35	3,5	0,67	4	0,085	0,015	644,03	252,105	0,062	0,011	0,050	0,011	423,91	184,877

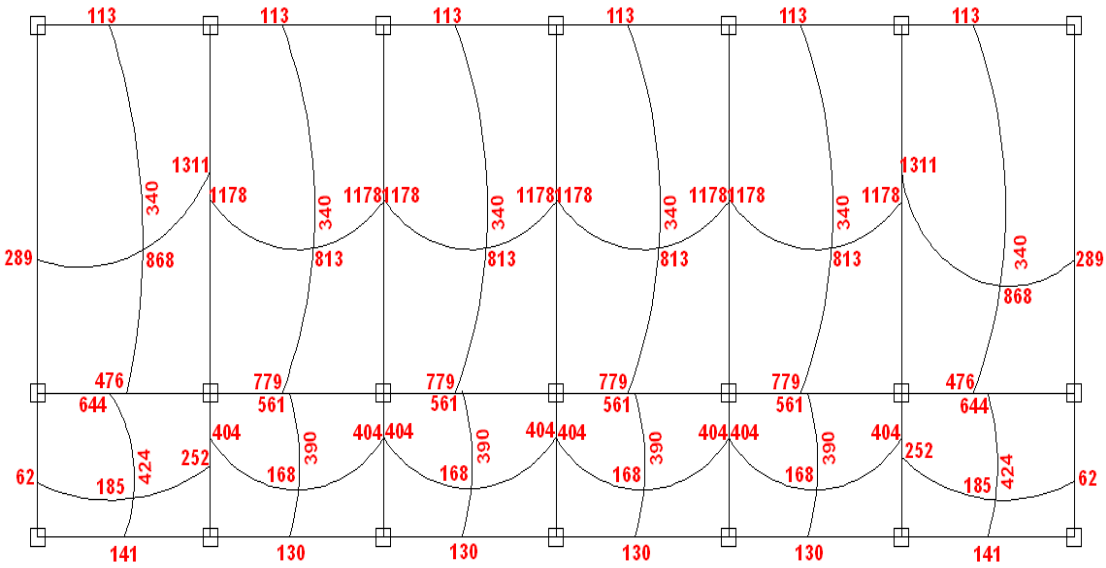
Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Momentos negativos y positivos de losas nivel 2**

Losa	Lado		m=a/b	Caso	Coeficiente		Ma(-)	Mb(-)	Coeficiente CV		Coeficiente CM		Ma(+); CM	Mb(-)
	a	b			Ma(-)	Mb(-)	C* CUT *a ²	C* CUT *b ²	Ma(+)	Mb(+)	Ma(+)	Mb(+)	C* CVu *a ² +C* CMu *a ²	C* CVu *b ² +C* CMu *b ²
1	3,5	6	0,58	4	0,089	0,011	588,74	213,84	0,067	0,009	0,053	0,007	379,75	148,32
2	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	529,20	349,92	0,065	0,009	0,048	0,007	352,92	148,32
3	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	529,20	349,92	0,065	0,009	0,048	0,007	352,92	148,32
4	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	529,20	349,92	0,065	0,009	0,048	0,007	352,92	148,32
5	3,5	6	0,58	8	0,080	0,018	529,20	349,92	0,065	0,009	0,048	0,007	352,92	148,32
6	3,5	6	0,58	4	0,089	0,011	588,74	213,84	0,067	0,009	0,053	0,007	379,75	148,32
7	2,35	3,5	0,67	4	0,085	0,015	253,48	99,225	0,062	0,011	0,050	0,011	160,37	72,765
8	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	220,68	158,76	0,059	0,011	0,044	0,009	145,30	63,7
9	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	220,68	158,76	0,059	0,011	0,044	0,009	145,30	63,7
10	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	220,68	158,76	0,059	0,011	0,044	0,009	145,30	63,7
11	2,35	3,5	0,67	8	0,074	0,024	220,68	158,76	0,059	0,011	0,044	0,009	145,30	63,7
12	2,35	3,5	0,67	4	0,085	0,015	253,48	99,225	0,062	0,011	0,050	0,011	160,37	72,765

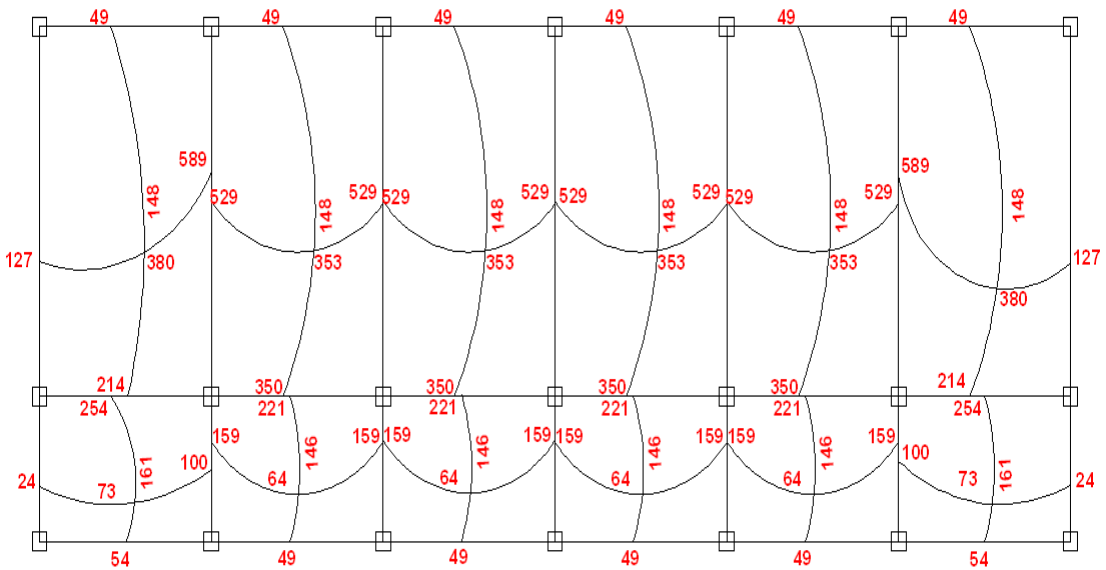
Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Distribución de momentos en losas nivel 1 (kg – m)



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Distribución de momentos en losas nivel 2 (kg – m)



Fuente: elaboración propia.

- Balance de momentos

Cuando dos losas tienen un lado en común y tienen momentos diferentes, se deben balancear dichos momentos antes de proceder a diseñar los refuerzos que requiere, estos momentos se pueden balancear de la siguiente manera.

$$\text{Si } 0,80 \times M_2 \leq M_1, \text{ entonces; } M_{\text{bal}} = \frac{\text{Momento1} + \text{Momento2}}{2}$$

Donde

$$M_1 = \text{Momento menor; } \quad M_2 = \text{momento mayor}$$

Si $0,80 \times M_2 > M_1$, entonces se balancea proporcionalmente a su rigidez.

D_1	D_2
$M_1 (+)$	$M_2 (-)$
$M_1 + (M_2 - M_1) \times D_1$	$M_2 - (M_2 - M_1) \times D_1$
$M_{\text{Balanceado}}$	$M_{\text{Balanceado}}$

$$K = 1/L; \quad D_1 = K_1 / (k_1 + k_2)$$

Donde:

$$K = \text{rigideces de losas; } \quad D = \text{factores de distribución de losas}$$

- Losa nivel 1, eje X

$$80\% \times M_2 < M_1; \quad M_1 = 1\,311,0; \quad M_2 = 1\,178,0$$

$$0,80 \times 1\,178,0 < 1\,311,0; \quad \text{entonces } 943 < 1\,311,0$$

$$M_{\text{bal}} = (1\,311 \text{ kg} - \text{m} + 1\,178 \text{ kg} - \text{m}) / 2 = 1\,245 \text{ kg} - \text{m}$$

- Losa nivel 1, eje Y

$$80\% * M2 < M1; \quad M1 = 644; \quad M2 = 476$$

$$0,80 * 476 < 644; \quad \text{entonces } 381 < 644$$

$$M_{bal} = (644 \text{ kg} - m + 476 \text{ kg} - m) / 2 = 560 \text{ kg} - m$$

- Losa nivel 2, eje X

$$80\% * M2 < M1; \quad M1 = 589; \quad M2 = 529$$

$$0,80 * 529 < 589; \quad \text{entonces } 423 < 589$$

$$M_{bal} = (589 \text{ kg} - m + 529 \text{ kg} - m) / 2 = 559 \text{ kg} - m$$

- Losa nivel 2, eje Y

$$80\% * M2 < M1; \quad M1 = 221; \quad M2 = 350$$

$$0,80 * 350 < 221; \quad \text{entonces } 280 < 221; \text{ no cumple}$$

$$K1 = 1/(2,35) = 0,43;$$

$$k2 = 1/6 = 0,17$$

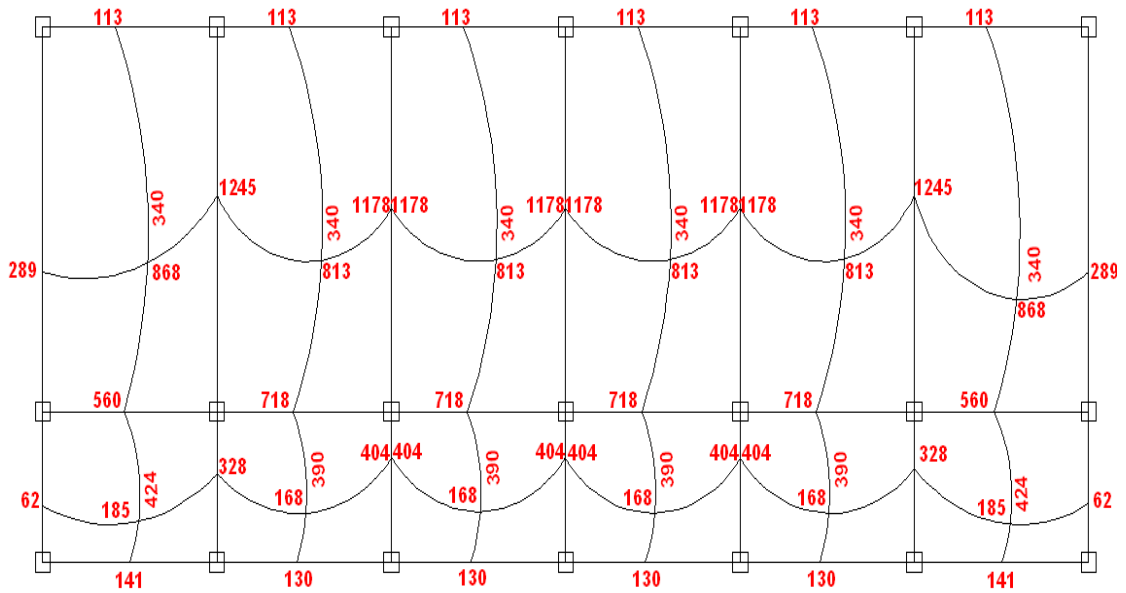
$$D1 = 0,43/(0,43 + 0,17) = 0,72;$$

$$D2 = 0,17/(0,43 + 0,17) = 0,28$$

D_1	D_2
221	350
$221 + (350 - 221) \times 0,72$	$350 - (350 - 221) \times 0,28$
$M_{Bal} = 313,88$	$M_{Bal} = 313,88$

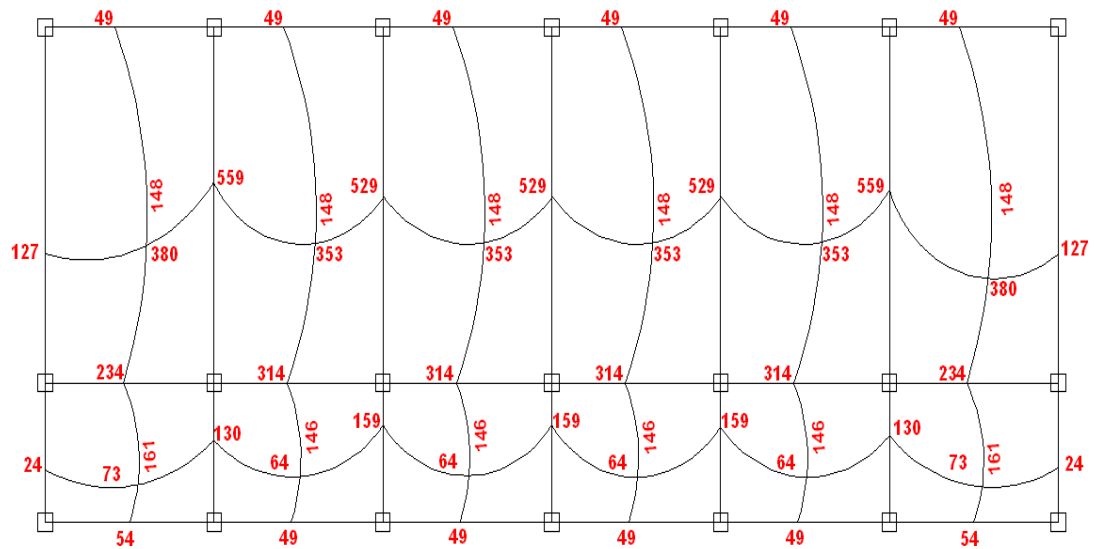
Los resultados del balance de momentos en todos los puntos pueden observarse, con estos datos se calcula el acero de refuerzo necesario en losas.

Figura 29. **Momentos balanceados en losas nivel 1 (kg – m)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Momentos balanceados en losas nivel 2 (kg – m)**



Fuente: elaboración propia.

- Diseño del acero de refuerzo: para calcular el refuerzo de la losa, se usa el mismo procedimiento usado para el cálculo de una viga, tomando un ancho unitario de 1 m.
- Cálculo de los límites de acero (losa 1): $As(\min) = 0,40 \left(\frac{14,10}{f_y} \right) * b * d$

Donde:

$$b = 100 \text{ cm (franja unitaria)}$$

$$d = t - (\text{rec} + \varnothing/2); \quad d = 11 - (2,50 + (0,95/2)) = 8,03$$

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

$$As(\min) = 0,40 \left(\frac{14,10}{2\,810 \text{ kg/m}^2} \right) * 100 * 8,03 = 1,61 \text{ cm}^2$$

- Calculando espaciamiento asumiendo varilla No. 3 = $As = 0,71 \text{ cm}^2$

$$\left. \begin{array}{l} 1,61 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 - S \end{array} \right\} \quad S = \frac{0,71 * 100}{1,61} = 44 \text{ cm}$$

Pero el espaciamiento de la armadura en las secciones no debe exceder dos veces el espesor de la losa según el código ACI 318 R-99, en el capítulo 13, sección 13.3.2

$$S_{\text{MAX}} = 2t * 11 = 22 \text{ cm}$$

- Área de acero requerida, utilizando el espaciamiento máximo

$$0,71 \text{ cm} - 22 \text{ cm}$$

$$100 \text{ cm} - AS_{\text{requerida}}$$

$$A_s(\text{req}) = \frac{0,71 \cdot 100}{22} = 3,23 \text{ cm}^2; \text{ es necesario acero No. 3 @ 25}$$

- Cálculo del momento máximo que resiste el $A_s \text{ min}$

$$M = \Phi(A_s \cdot f_y) \left(d - \frac{A_s \cdot f_y}{1,7 \cdot 210 \cdot 100} \right)$$

$$M = 0,90(3,23 \cdot 2810) \left(8,03 - \frac{3,23 \cdot 2810}{1,7 \cdot 210 \cdot 100} \right) = 63517,63 \text{ kg-cm} \approx 635,18 \text{ kg-m}$$

Para el cálculo de las áreas de acero requeridas para las losas típicas del nivel 1 se utilizarán los siguientes criterios:

- Para los momentos menores que resiste, el momento del $A_s \text{ min}$ que se usa es el $A_{s \text{ min}}$, con un espaciamiento de 0,25 metros; para los momentos mayores al momento del $A_{s \text{ min}}$ se calcula el área de acero con la fórmula siguiente:

$$A_s = (b \cdot d) - \left(\sqrt{\frac{(b \cdot d)^2 - (M_u \cdot b)}{0,003825 \cdot f'_c}} \right) \cdot 0,85 \left(\frac{f'_c}{f_y} \right)$$

Donde:

M_u = Momento último (kg – m)

b y d en cm

F_y y f'_c en kg/cm^2

A_s cm^2

- Áreas de acero para los momentos mayores al momento del As min

$$M = 1\,245 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$As = (100 * 8,03) - \left(\sqrt{\frac{(100 * 9,03)^2 - (1245 * 100)}{0,003825 * 210}} \right) * 0,85 \left(\frac{210}{2810} \right) = 6,55 \text{ cm}^2$$

$$9,08 \text{ cm}^2 - 100 \text{ cm}$$

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

$$S = \frac{0,71 * 100}{6,5} = 10,84 \text{ cm}; \text{ es necesario acero No. @ } 0,11 \text{ m}$$

Tabla X. **Acero de refuerzo requerido para losas del nivel 1 y 2**

Momentos kg/m Nivel 1	As cm ²	No. de varilla	S cm	Momentos kg/m Nivel 2	As cm ²	No. de varilla	S Cm
868	4,47	3	16	380	1,91	3	37
1245	6,55	3	11	559	2,83	3	25
560	2,84	3	25	314	1,57	3	45
340	1,70	3	42	148	0,73	3	97
1311	6,93	3	10	529	2,68	3	26
813	4,17	3	17	353	1,77	3	40

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por corte

Todas las losas están sometidas a esfuerzos de corte, los cuales deben ser resistidos por los materiales que las conforman, en este caso, por el tipo de losa que se utiliza, dichos esfuerzos deben ser resistidos únicamente por el concreto; por esta razón, el espesor de la losa debe ser el adecuado.

- Cálculo del corte máximo actuante

$$V_{\max} = \frac{C_u * L}{2} = \frac{1\,372 * 3,50}{2} = 2\,401 \text{ kg}$$

Donde:

L = lado corto de la losa que se está analizando

- Cálculo del corte máximo resistente

$$V_R = \Phi * b * d * \sqrt{f'_c}; \quad V_R = 0,85 * 100 * 8,03 * \sqrt{210} = 9\,891 \text{ kg}$$

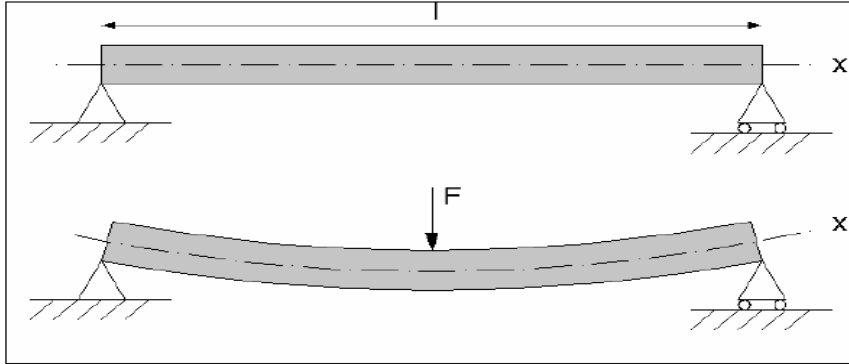
$V_R = 9\,891 \text{ kg} > V_{\max} = 2\,401 \text{ kg}$ debido a que el corte que resiste el concreto es mayor que el corte máximo actuante, se concluye que el espesor de losa utilizado es el adecuado.

2.2.2. Vigas

En ingeniería se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión, en las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.

El esfuerzo de flexión provoca tensiones de tracción y compresión, produciéndose las máximas en el cordón inferior y en el cordón superior respectivamente, las cuales se calculan relacionando el momento flector y el segundo momento de inercia, en las zonas cercanas a los apoyos se producen esfuerzos cortantes o punzonamiento; también pueden producirse tensiones por torsión, sobre todo en las vigas que forman el perímetro exterior de un forjado.

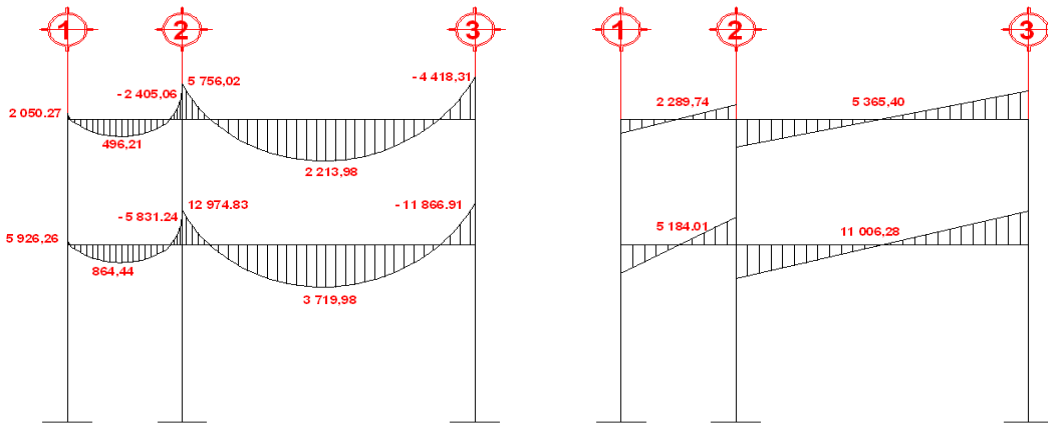
Figura 31. Flexión de una viga simplemente apoyada



Fuente: elaboración propia.

Los datos necesarios para su diseño son los momentos últimos y cortes últimos actuantes que se calcularon en el análisis estructural. El procedimiento a seguir se muestra a continuación. Esta viga se ubica en el marco rígido típico sentido Y, nivel 2; los datos fueron tomados del análisis estructural y se muestran en la siguiente figura.

Figura 32. Diagrama de momentos y cortes últimos en vigas



Fuente: elaboración propia.

Datos:

Viga = 0,30 x 0,30 m

Rec = 0,05 m

Peralte efectivo (d) = 0,25 m

- Límites de acero

Antes de diseñar el acero longitudinal en la viga, se debe calcular los límites dentro de los cuales debe estar este; usando los criterios siguientes:

- Área de acero mínimo

$$A_{s \text{ MIN}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d; \quad A_{s \text{ MIN}} = \frac{14,1}{2810} * 30 * 25 = 3,77 \text{ cm}^2$$

- Área de acero mínimo:

$$\rho_{\text{Max}} = 0,5 \rho_{\text{Balanceado}}$$

$$\rho_{\text{BALANCEADO}} = \frac{0,85 * \beta_1 * f'_c}{f_y} * \frac{6090}{f_y + 6090}$$

$$\rho_{\text{BALANCEADO}} = \frac{0,85 * 0,85 * 210}{2810} * \frac{6090}{2810 + 6090} = 0,037$$

$$\rho_{\text{Max}} = 0,5 * 0,037 = 0,0185$$

$$A_{s \text{ Max}} = 0,0185 * 30 * 35 = 19,43 \text{ cm}$$

- Refuerzo longitudinal

Utilizando los momentos que se presentaron en la figura 16, se procede a calcular las áreas de acero con la siguiente ecuación, para $M_u = 5\,580 \text{ Kg} - \text{m}$.

$$A_s = 30 * 25 - \sqrt{\frac{(30 * 25)^2 - (5\,580 * 30)}{0,003825 * 210}} * 0,85 \left(\frac{210}{2\,810} \right) = 9,84 \text{ cm}^2$$

Tabla XI. **Cálculo de área de acero requerido para viga tipo 1**

MomentoKg – m	As cm ²	Varillas a utilizar	Área cubierta cm ²
2 050,27	3,36	2 No. 7	7,76
496,21	0,79	2 No. 7	7,76
-2 405,06	3,97	2 No. 7	7,76
5 756,02	10,20	2 No. 7 + 1 No. 6	10,61
2 213,98	3,64	2 No. 7 + 1 No. 6	10,61
-4 418,31	7,59	2 No. 7	7,76

Fuente: elaboración propia.

Después de calcular el A_s requerido para cada momento actuante, se procede a distribuir las varillas de acero de tal forma que, el área de estas, supla lo solicitado en los cálculos de A_s ; para ello se hace tomando en cuenta los siguientes requisitos sísmicos:

En el refuerzo de la cama superior al centro se debe colocar como mínimo dos varillas o más corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: A_s mínimo o 33% del A_s calculado para el momento negativo.

El refuerzo en la cama inferior en los apoyos se debe colocar, como mínimo, dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores: A_s min 50% del A_s calculado para el momento positivo; 50% del A_s calculado para el momento negativo. La diferencia entre el A_s requerido menos el A_s corrido, en ambas camas, es el que se coloca como bastones adicionales al armado existente.

- Acero transversal (estribos)

También se le llama refuerzo en el alma, en general este se suministra en forma de estribos espaciados a intervalos variables a lo largo del eje de la viga según lo requerido. El diseño por cortante es importante en las estructuras de concreto, debido a que la resistencia del concreto a corte es considerablemente menor que la de compresión.

El objetivo de colocar acero transversal es: por armado, manteniendo el refuerzo longitudinal en la posición deseada y para contrarrestar los esfuerzos de corte, esto último en caso de que la sección de concreto no fuera suficiente para cumplir esta función. El procedimiento para el diseño del refuerzo de acero transversal es el siguiente:

- Cálculo del corte que resiste el concreto (V_R)

$$V_R = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d; \quad V_R = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 25 = 4\,896,27\text{kg}$$

$V_u = 4\,365,40$ (ver figura 32, diagrama de corte último para viga), si de la comparación del corte que resiste el concreto V_R , con el corte último V_u , se obtiene $V_R \geq V_u$, la viga necesita estribos solo por armado.

El espaciamiento es; $S_{max} = d/2$, usando varilla No. 3, si se obtiene $V_R \leq V_u$, se diseñan los estribos por corte con las siguientes ecuaciones:

$$V_s = V_u - V_R, \quad u_s = V_s / (b \times d'), \quad S = 2 \times A_v \times f_y / u_s \times b$$

Donde:

V_u = Corte último en kg

V_R =Corte que resiste el concreto en kg

d' =Recubrimiento en cm

b =Base de la viga en cm

S =Espaciamiento

A_v = Área de la varilla en cm^2

En este caso como $V_R > V_u$, la viga necesita estribos solo por armado; entonces el espaciamiento es $d'/2$.

$$S = d'/2 = 25 / 2 = 12,5$$

Varilla No. 3 @ 0,15 m

El armado final se muestra en los planos de diseño, además de lo anterior, existen requisitos sísmicos que mandan a confinar los estribos de las vigas en sus extremos, con la finalidad de darle ductilidad a los nudos, la longitud de confinamiento (L_{zc}) que ocuparan los estribos por diseño debe ser de $2 \times d$, a partir de la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, según el Código ACI 318R – 99, Capítulo 21. $L_{zc} = 2 \times d = (2) (0,25) = 0,50$ m

El espaciamiento de estribos (S_{zc}) en la zona de confinamiento será el menor de los siguientes valores:

$$d/4 = 25/4 = 6,25 \text{ cm} = 7,0 \text{ cm};$$

$$8 \times \emptyset_{\text{barra longitudinal}} = (8) (2,22) = 17,76 \approx 18 \text{ cm}$$

$$24 \times \emptyset_{\text{barra de estribo}} = (24)(0,95) = 22,80 \text{ cm}; \quad 300 \text{ mm} \rightarrow 30 \text{ cm}$$

Se usará un espaciamiento entre estribos de 10 centímetros, para el diseño de las vigas tipo 2, 3 y 4, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, los resultados obtenidos se observan en la tabla.

Tabla XII. **Refuerzo de acero para vigas del instituto**

Viga	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento (Kg – m)	As (cm ²)	Refuerzo	Corte (kg)	Refuerzo
1	2 051	3,36	2 No. 7	2 290 < V _R	Estribos No. 3 @ 0,10 m en Extremos, hasta 0,80 m resto @ 0,15 m
	497	0,80	2 No. 7		
	- 2 406	3,97	2 No. 7		
	5 757	10,20	2 No. 7 + 1 No. 4	4 366 < V _R	
	2 214	3,64	2 No. 7 + 1 No. 4		
	- 4 419	7,59	2 No. 7		
2	5 927	10,54	2 No. 7	5 184 < V _R	Estribos No. 3 @ 0,10 m en Extremos, hasta 0,80 m resto @ 0,15 m
	865	1,40	2 No. 7 + 1 No. 6		
	- 5 832	10,35	2 No. 7 + 1 No. 4		
	12 975	29,91	3 No. 7	10 006 < V _R	
	3 720	6,30	3 No. 7		
	- 11 867	25,70	3 No. 6		
3	- 3 371	5,67	2 No. 7	2 524 < V _R	Estribos No. 3 @ 0,10 m en Extremos, hasta 0,80 m resto @ 0,15 m
	2 633	4,36	2 No. 7		
	4 619	7,97	2 No. 7		
	- 4 236	7,25	2 No. 7	5 386 < V _R	
	2 655	4,40	2 No. 7		
	- 4 257	7,29	2 No. 7		
4	- 6 887	12,54	2 No. 7	3 317 < V _R	Estribos No. 3 @ 0,10 m en Extremos, hasta 0,80 m resto @ 0,15 m
	4 356	7,48	2 No. 7		
	8 749	16,80	2 No. 7		
	7 942	14,89	2 No. 7	5 827 < V _R	
	5 034	8,77	2 No. 7		
	7 443	13,76	2 No. 7		

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Columnas

Las columnas se definen como elementos estructurales que sostienen principalmente cargas a compresión, en general, las columnas también soportan momentos flectores con respecto a uno o a los dos ejes de la sección transversal y esta acción de flexión puede producir fuerzas de tensión sobre una parte de la sección transversal. Aún en estos casos, se hace una referencia a las columnas como elementos a compresión puesto que las fuerzas de compresión dominan su comportamiento.

El refuerzo principal en las columnas, es longitudinal, paralelo a la dirección de la carga, la relación del área de acero longitudinal (A_s) al área de acero transversal bruta de concreto A_g esta en el intervalo del 1% al 8% conforme el Código ACI 318 – 99, Capítulo 21. El número de mínimo de barras longitudinales debe ser de 4 varillas en columnas rectangulares y 6 varillas en columnas circulares.

Procedimiento para el diseño del refuerzo longitudinal y transversal de columnas para edificio escolar en aldea Utzumazate, los datos necesarios para realizar el diseño de columnas, son tomados del análisis estructural.

Datos:

$$\text{Área tributaria} = 14,63 \text{ m}^2$$

$$\text{Sección} = 0,30 \times 0,30 \text{ m}$$

$$L_u = 4,30 \text{ m}$$

$$M_{U_x} = 7\,326 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{U_y} = 6\,621 \text{ kg} - \text{m}$$

$$V_{U_x} = 3\,612 \text{ kg}$$

$$V_{U_y} = 3\,018 \text{ kg}$$

- Cálculo de la carga axial

$$CU_{N2} = 1,40(0,11 * 2\,400 * 14,63 + 80 * 14,63) + 1,70(100) = 6\,747,65\text{kg}$$

$$CU_{N2} = 1,40(0,11 * 2\,400 * 14,63 + (80 + 210) * 14,63) + 1,70(400) = 10\,330\text{kg}$$

$$W_{VIGAS} = 0,30 * 0,30 * 2\,400 * 6 * 2 = 3\,456\text{kg}$$

$$P_U = CU_{N2} + CU_{N1} + W_{VIGAS}$$

$$P_U = 6\,748 + 10\,330 + 3\,456 = 20\,534\text{kg}$$

- Cálculo de esbeltez de la columna (E)

Una columna es esbelta cuando su sección transversal es pequeña en relación con su longitud, por el valor de su esbeltez, las columnas se clasifican en cortas ($E < 21$), intermedias ($21 < E < 100$) y largas ($E > 100$). El objetivo de clasificar las columnas es para ubicarlas en un rango; si son cortas se diseñan con los datos originales del análisis estructural; si son intermedias; se deben magnificar los momentos actuantes y si son largas, no se construyen.

- Coeficiente que mide el grado de empotramiento en la rotación ψ

$$\text{Extremo superior de la columna: } \psi = \frac{(\sum M^* I/L)_{\text{Col}}}{(\sum M^* I/L)_{\text{Viga}}}$$

Donde:

E_M = Es igual a 1, porque todo el marco es del mismo material

I = Inercia de cada elemento estructural

L = Longitud de cada elemento estructural

- Inercia en vigas

$$I_{VIGAS} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{30 \cdot 30^2}{12} = 67500 \text{ cm}^4$$

- Inercia en columnas

$$I_{COL} = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{30 \cdot 30^2}{12} = 67500 \text{ cm}^4$$

$$\psi_{AX} = \frac{\frac{(1 \cdot 67500)}{3,0} + \frac{(1 \cdot 67500)}{4,20}}{\frac{(1 \cdot 67500)}{3,5} + \frac{(1 \cdot 67500)}{3,5}} = 0,97; \quad \psi_{AY} = \frac{\frac{(1 \cdot 67500)}{3,0} + \frac{(1 \cdot 67500)}{4,20}}{\frac{(1 \cdot 67500)}{6,0} + \frac{(1 \cdot 67500)}{2,35}} = 0,94$$

- Extremo inferior de la columna

$\psi_{bx} = \psi_{by} = 0$; porque están empotrados

$$\bar{\psi}_Y = \frac{0,94+0}{2} = 0,47; \quad \bar{\psi}_X = \frac{0,97+0}{2} = 0,485$$

- Cálculo del coeficiente K

$$K = \frac{20 - \bar{\psi}}{20} \cdot \sqrt{1 + \bar{\psi}} = K < 2; \quad K = 0,90 \cdot \sqrt{1 + \bar{\psi}} = K \geq 2$$

$$K_X = \frac{20 - 0,485}{20} \cdot \sqrt{1 + 0,485} = 1,19 < 2$$

$$K_X = \frac{20 - 0,47}{20} \cdot \sqrt{1 + 0,47} = 1,18 < 2$$

- Cálculo de esbeltez de la columna

$$E = \frac{K * Lu}{\sigma}$$

Donde:

E= Esbeltez de la columna

Lu = Longitud de la columna

$\sigma = 0.30 \times$ (lado menor de la columna), para columnas rectangulares

$$E_x = \frac{1,19 * 4,20}{0,30 * 0,30} = 55,53; \quad E_y = \frac{1,18 * 4,20}{0,30 * 0,30} = 55,07$$

Por los valores obtenidos en E, la columna se clasifica dentro de las de tipo intermedia, por consiguiente se deben magnificar los momentos.

- Magnificación de momentos

Para la magnificación de momentos se utilizará el método del Código ACI 318 R – 99, Capítulo 13 sección 10.

- Cálculo del factor de flujo plástico del concreto (β_d)

$$\beta_d = \frac{1,40CM}{1,40CM + 1,70CV}; \quad \beta_d = \frac{1,40(15730)}{21835} = 1$$

- Cálculo de E x I total del material

$$E * I = \frac{E * I_g}{2,5 * (1 + \beta_d)}; \quad E = 15100 * \sqrt{f'c}; \quad I_g = \frac{b * h^3}{12}$$

$$E = 15100 * \sqrt{210} = 218820; \quad I_g = \frac{30 * 30^3}{12} = 67500 \text{ cm}^4$$

$$E * I = \frac{218820 * 67500}{2,5 * (1+1)} = 2,95 \text{ kg-cm}^2 = 295,0 \text{ Ton-m}$$

- Cálculo de la carga crítica

$$P_{cr} = \frac{\Gamma^2 * (E * I)}{(K * Lu)^2}; \quad P_{cr} = \frac{\Gamma^2 * 295}{(1,18 * 4,20)^2} = 118,54 \text{ Ton}$$

- Cálculo del magnificador de momento

$$\delta = \frac{1}{\left(1 - \frac{P_u}{0,70 * P_{cr}}\right)} \geq 1; \quad \delta = \frac{1}{\left(1 - \frac{20,534}{0,70 * 118,54}\right)} = 1,33$$

- Momentos de diseño

$$M_d = \delta * M$$

$$M_{dy} = 1,33 * 6621,0 = 8806 \text{ kg-m}$$

$$M_{dx} = 1,33 * 7326,0 = 9744 \text{ kg-m}$$

- Cálculo del refuerzo longitudinal

Para calcular el acero de las columnas, existen varios métodos que se aplican dependiendo del tipo de cargas a las que está sometida la columna, existen columnas sometidas a carga axial, carga axial y momento uniaxial, carga axial y momento biaxial, carga axial y momento triaxial.

Para calcular el acero de refuerzo, se utiliza el método de Bresler, debido a que las columnas están sometidas a carga axial y momento biaxial, el cual consiste en que dado un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes, el procedimiento a seguir es el siguiente:

- Cálculo de los límites de acero

Según el Código ACI 318 R – 99, Capítulo 10, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites: $1\% A_g \leq A_s \leq 8\% A_g$.

$$A_{sMIN} = 0,01 * 30 * 30 = 9,0 \text{ cm}^2; \quad A_{sMAX} = 0,08 * 30 * 30 = 72,0 \text{ cm}^2$$

Se propone iniciar con un armado que este cerca del A_{sMIN} , utilizando un $3\% A_g = 0,03 \times 30 \times 30 = 27 \text{ cm}^2 \rightarrow$ utilizar 6 No. 8 = $6 \times 5,07 = 30,42 \text{ cm}^2$. Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas, los valores a utilizar en los diagramas son:

$$\text{Valor de la gráfica: } Y = X = d/h; \quad Y = X = 0,27 / 0,30 = 0,90$$

- Valor de la curva

$$\rho_{tu} = \frac{A_s * f_y}{A_g * 0,85 * f'_c}; \quad \rho_{tu} = \frac{30,42 * 2810}{900 * 0,85 * 210} = 0,53$$

- Cálculo de excentricidades, $e = M_d / P_u$

$$e_y = 8\,806 / 20\,534 = 0,43; \quad e_x = 9\,744 / 20\,534 = 0,47$$

- Cálculo de las diagonales, $d = e/h$

$$d_y = 0,43/0,30 = 1,43; \quad d_x = 0,47/0,30 = 1,57$$

Con los datos obtenidos en los últimos cuatro pasos, se buscan los valores de los coeficientes K'_x y K'_y , siendo estos:

$$K'_x = 0,50; \quad K'_y = 0,65$$

- Cálculo de la resistencia de las columnas a una excentricidad dada

$$P'u = (K'_x) * \Phi * f'_c * b * h$$

$$P'ux = 0,50 * 0,71 * 210 * 30 * 30 = 67\,095 \text{ kg}$$

$$P'uy = 0,65 * 0,71 * 210 * 30 * 30 = 87\,224 \text{ kg}$$

- Carga axial de resistencia para la columna

$$P'o = \Phi * [0,85 * f'_c * (A_g - A_s) + (A_s * f_y)]$$

$$P'o = 0,70 * [0,85 * 210 * (900 - 30,42) + (30,42 * 2\,810)] = 168\,490 \text{ kg}$$

- Carga de resistencia de la columna

$$P'u' = \frac{1}{\frac{1}{67\,095,0 \text{ kg}} + \frac{1}{87\,224,0 \text{ kg}} + \frac{1}{168\,490,0 \text{ kg}}} = 30\,956,0 \text{ kg} = 30,96 \text{ Ton}$$

$$P'u > P_u; \quad 30,96 \text{ Ton} > 20,534 \text{ Ton}$$

Cuando $P'u > P_u$, significa que el armado propuesto si resiste las cargas a las que estará expuesta la columna, si no fuera así, se debe aumentar el área de acero hasta que cumpla con la condición.

- Cálculo del acero transversal (estribos)

Es necesario el refuerzo transversal en las columnas, por medio de estribos para resistir los esfuerzos de corte, en zonas sísmicas, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas, esto se logra por medio del confinamiento de estribos en los extremos de la misma. El resultado del confinamiento es un aumento en el esfuerzo de ruptura del concreto y además permite una deformación unitaria mayor del elemento.

- Refuerzo por corte

$$V_R = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 27 = 5288 \text{ kg}$$

$$V_R = 5288,0 \text{ kg} > V_U = 3612 \text{ kg}$$

Si $V_R \geq V_U$, se colocan estribos a $S = d/2$; si $V_R < V_U$, se diseñan los estribos por corte, para ambas opciones considerar que la varilla mínima permitida es la No. 3, entonces $S = 27/2 = 13,50 \text{ cm}$

- Refuerzo por confinamiento: la longitud de confinamiento se determina de la siguiente forma.

$$\left. \begin{array}{l} Lu / 6 \\ L \\ 0,70 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 4,20 / 6 = 0,70 \\ \text{Lado } > \text{ de la columna} = 0,30 \\ \text{Longitud de confinamiento} \end{array}$$

- Cálculo de la relación volumétrica:

$$0,45 * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * f'_c}{f_y} \right); \quad 0,45 * \left(\frac{30^2}{24^2} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right) = 0,016$$

- Cálculo del espaciamiento entre estribos en la zona confinada

$$S_i = \frac{2 * A_v}{\rho_s * L_N}; \quad S_i = \frac{2 * 0,71}{0,016 * 24} = 3,70 \text{ cm}$$

Tabla XIII. **Refuerzo de acero para columnas del instituto**

Columna	Refuerzo longitudinal		Refuerzo transversal	
	Carga	Refuerzo	Corte (Kg)	Refuerzo
Nivel 1 0,30x0,30	Mdx =9 963,0 Mdy= 9 005,0 Pu= 20 534,0 P'u=30 956,0	6 No.8	V _{UX} =3 612,0 V _{UY} =3 018,0 V _R =5 288,0	Estribos No. 3 @ 0,05 hasta 0,70 m. en extremos resto @ 0,15m
Nivel 2 0,30x0,30	Mdx=8 016,0 Mdy= 7 245,0 Pu=8 610 P'u=30 248,0	4 No.8	V _{ux} = 3 563,0 V _{uy} = 2 243,0 V _R =5,288.0	Estribos No. 3 @ 0,05 hasta 0,70 m. en extremos resto @ 0,15m

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Cimientos

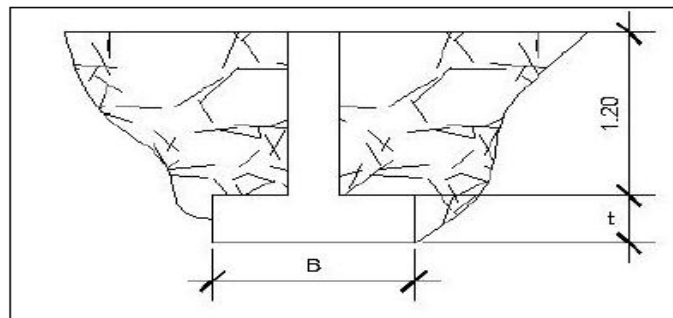
Cimiento es aquella parte de la estructura que se coloca generalmente por debajo de la superficie del terreno y que transmite las cargas al suelo o rocas subyacentes, los dos requisitos esenciales en el diseño de cimientos son: que el asentamiento total de la estructura este limitado a una cantidad tolerablemente pequeña y que en lo posible, el asentamiento diferencial de las distintas partes de la estructura se elimine.

Para limitar los asentamientos de la manera indicada, es necesario transmitir la carga de la estructura hasta un estrato de suelo que tenga la resistencia suficiente y distribuir la carga sobre un área suficientemente grande de este estrato para minimizar las presiones de contacto.

Si no se encuentran suelos adecuados justo debajo de la estructura, es necesario recurrir a cimentaciones profundas como pilotes o pilas para transmitir las cargas hasta estratos más profundos y de mayor firmeza. Para elegir el tipo de cimentación a utilizar se deben considerar, principalmente, el tipo de superestructura, la naturaleza de las cargas que se aplicaran, las condiciones del suelo y el costo de la misma.

Las zapatas para columnas individuales son por lo general cuadradas, algunas veces rectangulares y representan el tipo de cimentación más sencillo y económico, los datos necesarios para el diseño de zapatas se toman del análisis estructural y del estudio de suelos realizado en el lugar.

Figura 33. **Dimensiones de zapata**



Fuente: elaboración propia.

Datos a seguir utilizando:

Mux (kg – m)	Muy (kg – m)	Pu (kg)	Fcu	Vs (t/m ²)	Suelo (t/m ³)
7 326,0	6 621	20 534	1,50	24,87	1,75

El área de la zapata y el peralte de la misma, deben dimensionarse para soportar las cargas aplicadas y las reacciones inducidas.

- Cálculo de cargas de trabajo

$$P' = \frac{Pu}{Fcu}; \quad P' = \frac{20534,0}{1,50} = 13,70 \text{ Ton}$$

$$M'_{ux} = \frac{Mux}{Fcu}; \quad M'_{ux} = \frac{7,326}{1,50} = 4,82$$

$$M'_{uy} = \frac{Muy}{Fcu}; \quad M'_{uy} = \frac{6,621}{1,50} = 4,41$$

- Predimensionamiento del área de la zapata

$$Az = \frac{1,5 * P'}{Vs}; \quad Az = \frac{1,5 * 13,70}{24,50} = 0,84 \text{ cm}^2$$

Entonces: $Sz = \sqrt{0,63} = 0,92$; se propone diseñar una zapata de 1 m x 1,20 m = 1,20 m², un espesor de t = 0,40 m.

- Chequeo de presión sobre el suelo

La zapata transmite verticalmente al suelo cargas aplicadas a ella por medio de la superficie en contacto con este, ejerciendo una presión cuyo valor se define por la fórmula siguiente:

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{M'x}{Sx} \pm \frac{M'y}{Sy}; \quad \text{Donde } 0 < q < Vs$$

$$S = (1/6) * b * h^2; \quad Sx = Sy = (1/6) * 1,20 * 1,20 = 0,29 \text{ cm}$$

$$P = P' + P \text{ columna} + P \text{ suelo} + P \text{ cimientos}$$

$$P = 13,70 + (0,30^2 * 4,30 * 2,4) + (1,44 * 1 * 1,75) + (1,44 * 0,40 * 2,4) = 18,53 \text{ Ton}$$

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{M'x}{Sx} \pm \frac{M'y}{Sy}; \quad q = \frac{18,53}{1,44^2} \pm \frac{4,82}{0,29} \pm \frac{4,41}{0,29}$$

$$q_{MAX} = 44,70 \text{ Ton/m}^2 > Vs = 24,50 \text{ Ton/m}^2;$$

$$q_{MIN} = -18,96 \text{ Ton/m}^2 < 0$$

Como la presión máxima sobre el suelo excede el Vs, se debe aumentar el área de la zapata, o sea, hacer otro predimensionamiento, hasta que se cumpla con las condiciones especificadas anteriormente.

- Segundo predimensionamiento

$$\text{Área zapata propuesta: } 1,75 \times 1,75 = 3,06 \text{ m}^2; \quad t_{\text{Cimiento}} = 0,50 \text{ m}$$

$$Sx = Sy = (1/6) * 1,75 * 1,75^2 = 0,89 \text{ cm}$$

$$P = 13,70 + (0,30^2 * 4,30 * 2,4) + (3,06 * 1,0 * 1,75) + (3,06 * 0,5 * 2,4) = 23,66 \text{ Ton}$$

$$q = \left(\frac{23,66}{3,06} \right) \pm \left(\frac{4,82}{0,89} \right) \pm \left(\frac{4,41}{0,89} \right)$$

$$q_{MAX} = 18,10 \text{ Ton / m}^2 < Vs = 24,50; \text{ ok}$$

$$q_{MIN} = 2,64 \text{ Ton / m}^2 > 0$$

La presión máxima no excede el valor soporte del suelo y ya no existen presiones negativas, por lo que el área propuesta para la zapata es la adecuada, entonces la presión última o presión de diseño será:

$$q_{\text{diseño}} = q_{\text{Max}} \times F_{\text{CU}}$$

$$q_{\text{diseño}} = 18,10 \times 1,50 = 27,15 \text{ Ton / m}^2$$

- Chequeo por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a (d) (peralte efectivo) del borde de la columna. Por tal razón, se debe comparar en ese límite si el corte resistente es mayor que el actuante. Se propone para el armado de las zapatas usar varillas No. 6.

- Calculando el peralte efectivo (d)

$$D = (t - \phi/2) - \text{rec}; \quad D = (50 - ((1,91/2) + 7,5)) = 41,54 \text{ cm}$$

- Calculando el corte actuante (V_{Actuante})

$$V_{\text{ACTUANTE}} = q_{\text{DIS}} \cdot b \cdot d;$$

$$V_{\text{ACTUANTE}} = 27,15 \cdot 1,75 \cdot 0,4154 = 19,74 \text{ Ton}$$

- Calculando el corte resistente ($V_{\text{Resistente}}$)

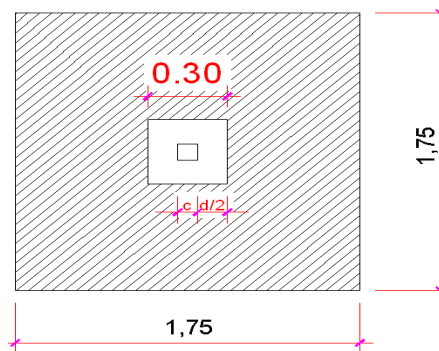
$$V_R = \frac{0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 175 \cdot 41,54}{1000} = 47,46 \text{ Ton}$$

$$V_{\text{Actuante}} < V_{\text{Resistente}}; \quad 19,74 \text{ Ton} < 47,46 \text{ Ton}$$

- Chequeo por punzonamiento

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen alrededor del perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla se encuentra a una distancia igual a $d/2$ del perímetro de la columna.

Figura 34. **Diagrama esfuerzo de corte punzonante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_A = q_{DIS} * (A_z - (c+d)^2) = 27,15 * (3,06 - (1,45)^2) = 26 \text{ Ton}$$

$$V_R = \frac{\Phi * 1,06 * \sqrt{f'_c} * b_o * d}{1000};$$

Donde:

$$b_o = 4 * (b_{col} + d) = 4 * (30 + 26,71) = 226,84$$

$$V_R = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 226,84 * 26,71}{1000} = 79,11 \text{ Ton}$$

$$V_A < V_R;$$

$$26,00 \text{ Ton} < 79,00 \text{ Ton}$$

- Diseño por flexión

El empuje hacia arriba que ejerce el suelo sobre la zapata produce un momento flector en la misma, por tal razón, es necesario reforzarla con acero para soportar los esfuerzos inducidos.

- Cálculo del área de acero mínima

$$A_s = \left(\frac{14.10}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_s = \left(\frac{14,10}{2810} \right) * 175 * 41,54 = 36,48 \text{ cm}$$

- Cálculo del momento último

$$M_u = \frac{q_{DIS} * L^2}{2};$$

$$M_u = \frac{27,15 * 1,75^2}{2} = 41,57$$

- Cálculo del área de acero

$$A_s = \left(175 * 41,54 - \sqrt{\left(75 * 41,54 \right)^2 - 41570 * 175} \right) * 0,85 \left(\frac{210}{2810} \right) = 41,43 \text{ cm}^2$$

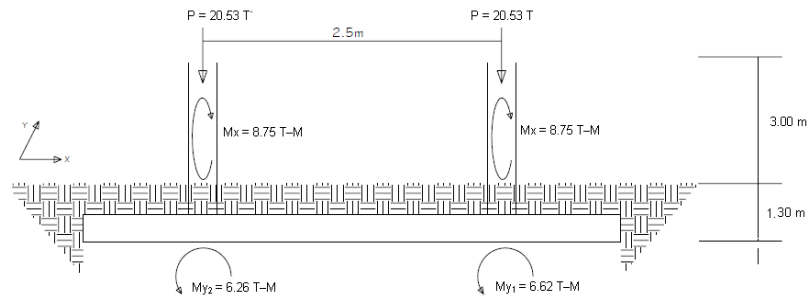
- Cálculo del espaciamiento entre varillas S, utilizando varillas No. 6

$$S = \text{Área de la varilla} / A_s = 2,85 / 41,43 = 0,07 \text{ m}$$

Se utiliza un espaciamiento de 0,10 m entre varillas, por lo que se utilizará acero de refuerzo No. 6 @ 0,10 m.

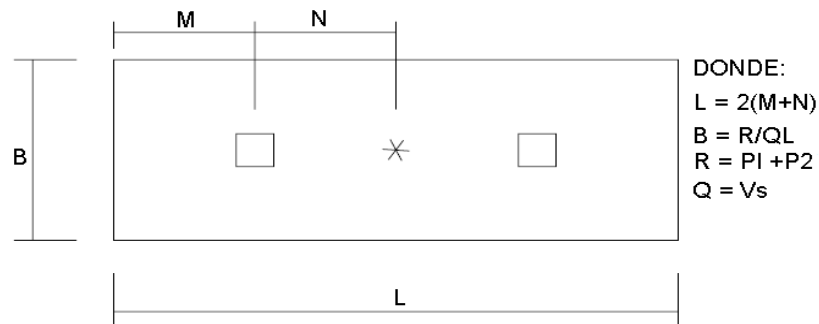
- Diseño de zapata combinada

Figura 35. **Fuerzas sobre zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Predimensionamiento de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

- Cargas de trabajo

$$P'1 = P'2 = 20,53/1,50 = 13,69 \text{ T}$$

$$M'1y = 6,62 / 1,50 = 4,41 \text{ T - m}$$

$$M'1x = 8,75 / 1,50 = 5,83 \text{ T - m}$$

$$M'2y = 6,26 / 1,50 = 4,17 \text{ T - m}$$

$$M'2x = 8,75 / 1,50 = 5,83 \text{ T - m}$$

- Se asume: $m = 1,00$

$$n = 1,00$$

$$L = 2 (1,00 + 1,00) = 4,00 \text{ m}$$

$$b = (13,69 + 13,69) / (13,50 * 4,00) = 0,50$$

$$A = 4,00 * 0,50 = 2,00 \text{ m}^2$$

- Área de zapata

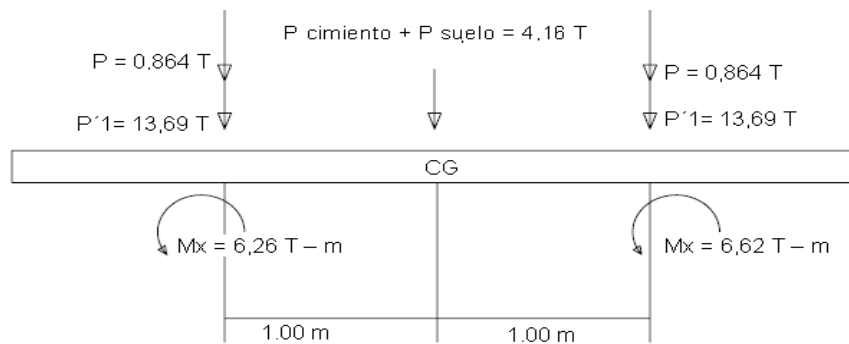
$$P_{\text{col}} = (0,30 * 0,30 * 4,00) * 2,40 = 0,864 \text{ T}$$

$$P_{\text{suelo}} = (1 * 2,00) * 1 = 2 \text{ T}$$

$$P_{\text{cimiento}} = (2,00 * 0,45) * 2,4 = 2,16 \text{ T}$$

$$P_{\text{cimiento}} + P_{\text{suelo}} = 4,16 \text{ T}$$

Figura 37. **Cargas equivalentes en el centro geométrico**



Fuente: elaboración propia.

$$P_{\text{CG}} = 13,69 + 13,69 + (2 * 0,864) + 4,16 = 33,27 \text{ T}$$

$$\Sigma M_{\text{CG}} = - 4,41 - 4,41 + 1(0,864 + 13,69) - 1(0,864 + 13,69) = - 8,82 \text{ T - m}$$

- Presiones sobre el suelo

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{M'x}{Sx} \pm \frac{M'y}{Sy}; \quad \text{Donde } 0 < q < Vs$$

$$S = (1/6) * b * h^2; \quad Sx = Sy = (1/6) * 1 * 1 = 0,17 \text{ cm}$$

$$q = \frac{33,27}{1} \pm \frac{11,66}{0,17} \pm \frac{8,58}{0,17}$$

$q_{min} = - 85,79 < Vs = 24, 50 < q_{max} = 152,33$; se debe aumentar el área de la zapata.

- Segundo predimensionamiento

$$\text{Área zapata propuesta: } 1,75 \times 4,00 = 7,00 \text{ m}^2; \quad t_{\text{Cimiento}} = 0,50 \text{ m}$$

$$Sx = Sy = (1/6) * 1,75 * 4,00^2 = 4,67 \text{ cm}$$

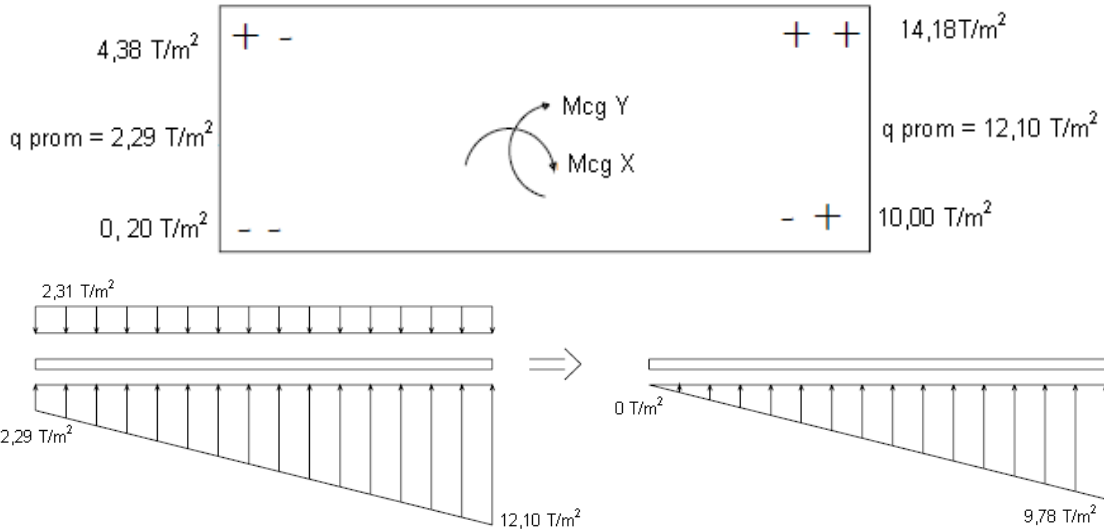
$$q = \left(\frac{33,27}{7,00} \right) \pm \left(\frac{11,66}{4,67} \right) \pm \left(\frac{8,58}{4,67} \right)$$

$$q_{MAX} = 9,10 \text{ Ton} / \text{m}^2 < Vs = 24,50; \text{ ok}$$

$$q_{MIN} = 0,42 \text{ Ton} / \text{m}^2 > 0 \text{ ok}$$

La presión máxima no excede el valor soporte del suelo y ya no existen presiones negativas, por lo que el área propuesta para la zapata es la adecuada.

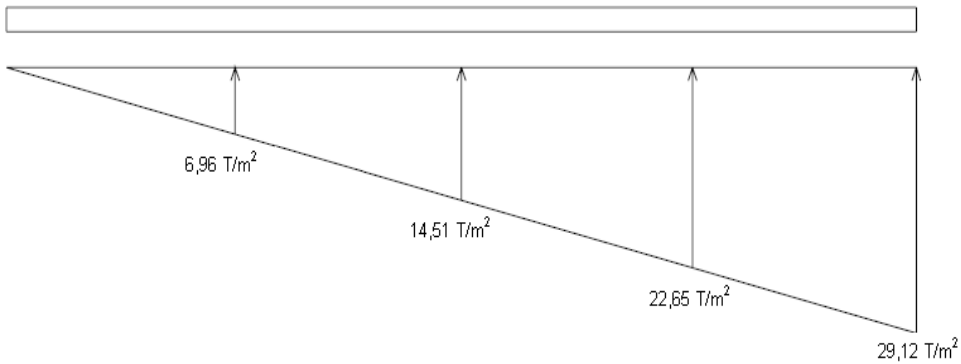
Figura 38. Presiones sobre el suelo



Fuente: elaboración propia.

Las presiones últimas sobre el suelo serán = $FCU \cdot q$, por metro lineal se obtienen de: $w = b \cdot q_{dis}$, para $b =$ ancho de cimiento = 1,75 m

Figura 39. Presiones últimas por metro lineal



Fuente: elaboración propia.

- Diagramas de corte y momento

$$V_{ab} = (0 + 6,96) * 1/2 = 3,48 \text{ T}$$

$$V_b = 3,48 - 20,53 = -17,05 \text{ T}$$

$$V_{bc} = 17,05 + 6,96 y + 6,47 y^2, \text{ si } V_{bc} = 0 \Rightarrow y = 2,00 \text{ m}$$

$$V_{cd} = (22,65 + 29,12)/2 * 1 = 25,86 \text{ T}$$

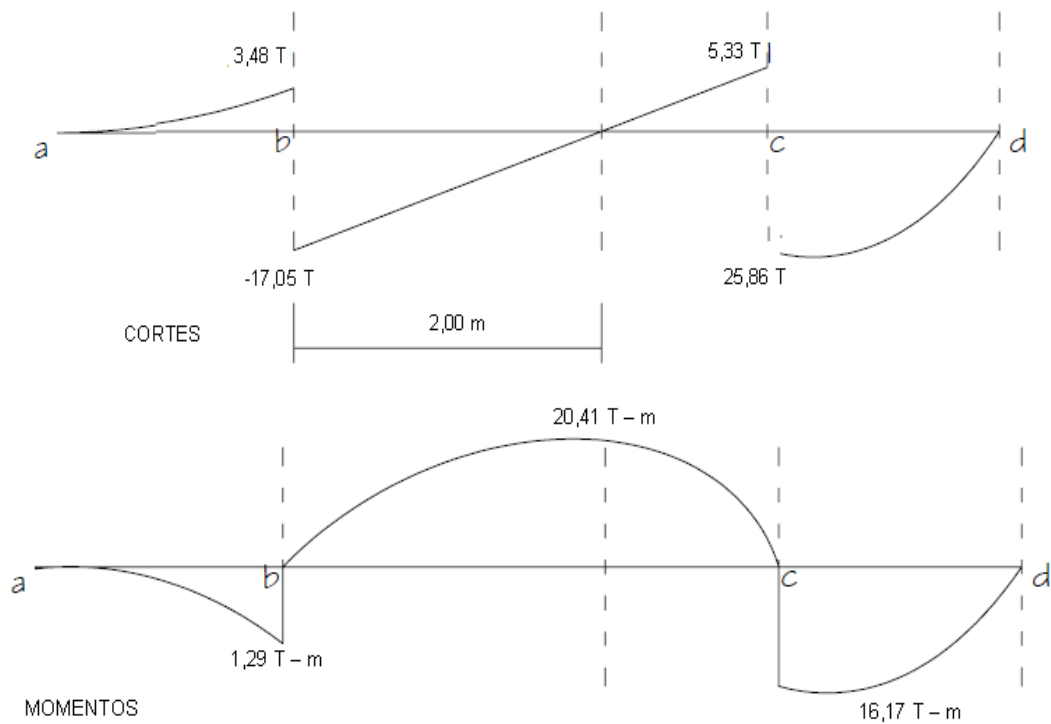
$$V_c = 25,86 - 20,53 = 5,33 \text{ T}$$

$$M_{ab} = 0 + (6,47 * 12/2) * 1/3 = 1,29 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{\text{max}} = (6,47 * 2,00)/2 + (14,51 * 2,00)/2 * 1/3 - 17,05 * 1,86 = -20,41 \text{ T} - \text{m}$$

$$M_{cd} = 22,65 * 12/2 + 6,47 * 12/2 * 2/3 = 16,17 \text{ T} - \text{m}$$

Figura 40. **Diagramas de corte y momento de zapata combinada**



Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por corte simple

$$d = 45 - 7,5 - 1,91/2 = 36,55\text{cm}$$

$$VR = \frac{0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 175 * 36,55}{1\ 000} = 41,76\text{cm}^2$$

$$V_{\text{max}} = 17,05$$

$$V_{\text{max}} = 17,05 < VR = 41,76 \Rightarrow \text{si resiste el corte}$$

- Chequeo por corte punzonante

$$d = 36,55\text{cm} \Rightarrow 30 + d = 66,55\text{cm}$$

$$VR = \frac{0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 4 * 66,55 * 36,55}{1\ 000} = 127,04\text{cm}^2$$

$$V_{\text{max}} = 20,53 - 12,70 * 0,6652^2 = 14,91\ \text{T}$$

$$V_{\text{max}} = 14,91\ \text{T} < VR = 127,03\text{T} \Rightarrow \text{si resiste el punzonamiento}$$

- Diseño por flexión

$$\text{Refuerzo mínimo} = 14,1/2 * 810 * 175 * 36,55 = 32,10\ \text{cm}^2$$

$$MR = 0,90 * 2810 * 32,10 * \left(\frac{36,55 - 32,10 * 2810}{1,70 * 210 * 1,75} \right) = 28,50\text{T} - \text{m}$$

Se utilizarán varillas No. 6 @15cm

$$\text{Acero por temperatura} = 0,002 * 400 * 50 = 40,00$$

Se utilizarán varillas No. 4 @13cm

- Vigas transversales

$$d = 36,55 - 1,91 = 34,64\text{cm}$$

$$30 + 1,5 * 34,64 = 81,96\text{cm}$$

$$q_d = 32,10 / (2 * 0,82) = 19,57\ \text{T/m}^2$$

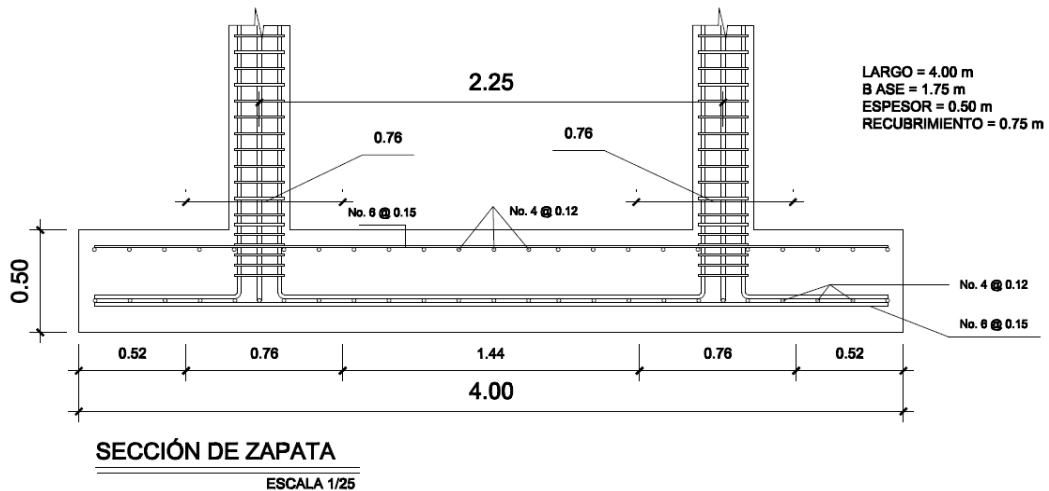
$$VR = \frac{0,85 * 0,53 * 81,96 * 34,64}{\sqrt{210}} = 18,53 ; VR > VA \text{ resistente al corte}$$

- Flexión

$$M_{Act} = 2\,338 * 1,70^2 / 2 = 33,78 \text{ T - m}; \quad A_s = 36 \text{ cm}^2$$

Se utilizarán varillas No. 6 @ 16 cm

Figura 41. Armado final de zapata combinada



Fuente: elaboración propia.

2.3. Diseño de gradas

Las escaleras son la estructura que tiene como principal objetivo comunicar dos espacios diferentes que se hayan separados por una distancia determinada. Dichas escaleras puedan ser recorridas de modo rápido y seguro, con el menor gasto de energía posible, para su ubicación se debe tomar en cuenta que la circulación en los diferentes niveles no sea problemática; además, debe tener iluminación y ventilación aceptable.

La forma, disposición y ubicación a una escalera depende de las dimensiones e importancia de la edificación, del espacio que el proyecto les otorgue y finalmente del material y tipo de construcción escogida. El que una escalera sea cómoda y segura depende de su relación de pendiente o relación de dimensiones de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella, las siguientes relaciones nos pueden garantizar la comodidad de una escalera.

Donde:

$c = \text{Contrahuella}; \quad H = \text{huella}$

$c \leq 20 \text{ cm}; \quad H > c$

$2c + H \leq 64 \text{ cm}$ (valor cercano)

$c + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}; \quad c \cdot H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$

- Procedimiento para el diseño de la escalera

Número de escalones mínimo = $h/c = 3,0 / 0,17 = 18$ escalones, se tomaran 9 contrahuellas antes del descanso.

Número de huellas = Núm. contrahuellas – 1 = 9 – 1 = 8 huellas

Relaciones de comodidad:

$c = 17 \text{ cm} \leq 20 \text{ cm}$

$H = 29 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$

$2c + H = 2 \cdot 17 + 29 = 63 \leq 64 \text{ cm}$

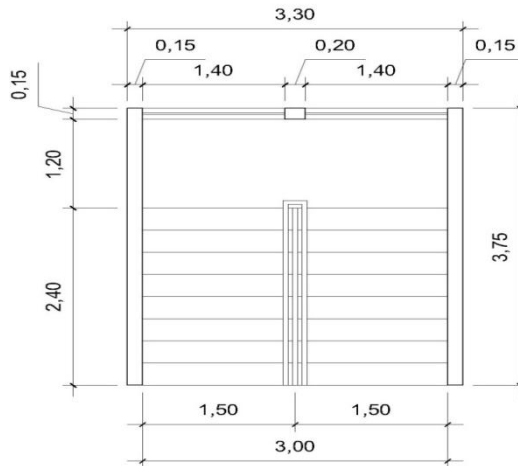
$c + H = 17 + 29 = 46 \text{ cm}$

$c \cdot H = 17 \cdot 29 = 493 \text{ cm}^2$

Por lo tanto se obtienen 9 contrahuellas de 17 cm y 8 huellas de 29 cm

- Espesor de la losa; donde $t = 0,15 \text{ m}$

Figura 42. Dimensiones de escalera



Fuente: elaboración propia.

Datos:

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

$$\gamma_{\text{Conc}} = 2400 \text{ kg/cm}^3$$

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

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

- Integración de cargas

Carga muerta de la escalera

$$W_P = \gamma_C * t + (c/2);$$

$$W_P = 2400 * (0,15 + 0,17 / 2) = 564 \text{ kg/m}^2$$

$$W_{\text{ACABADOS}} = 100 \text{ kg/m}^2$$

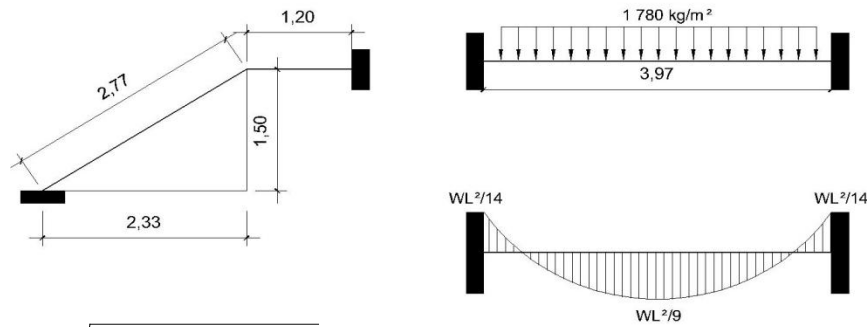
$$W_{\text{TOTAL}} = W_P + W_{\text{ACABADOS}}$$

$$= 564 \text{ kg/m}^2 + 100 \text{ kg/m}^2 = 664 \text{ kg/m}^2$$

$$C_U = 1,40 C_M + 1,70 C_V;$$

$$C_U = 1,40(664) + 1,70(500) = 1780,0 \text{ kg/m}$$

Figura 43. Distribución de carga y momentos en gradas



$$D = \sqrt{(2,33)^2 + (1,50)^2} = 2,77 \text{ m}$$

Fuente: elaboración propia.

- Cálculo de momentos

$$M(+)=\frac{C_u \cdot L^2}{9}; \quad M(+)=\frac{1780 \cdot (3,97)^2}{9} = 3117,16 \text{ kg-m}$$

$$M(+)=\frac{C_u \cdot L^2}{14}; \quad M(+)=\frac{1780 \cdot (3,97)^2}{14} = 2003,88 \text{ kg-m}$$

- Límites para el acero

Datos:

$$b = 100 \text{ cm}; \quad f'c = 210 \text{ kg/cm}^2; \quad d = 7,5 \text{ cm}; \quad fy = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_{S_{MIN}} = \left(\frac{14,1}{2810} \right) * 100 * 7,5 = 3,76 \text{ cm}^2$$

$$A_{S_{MAX}} = 0,50 p_{BAL} * b * d; \quad A_{S_{MAX}} = 0,50 * 0,03695 * 100 * 7,5 = 13,86 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \left(\phi * d \right) \sqrt{\left(\phi * d \right)^2 \frac{M * b}{0,003825 * f'c}} * 0,85 \left(\frac{f'c}{F_y} \right)$$

$M(+)= 3\ 117,16\ \text{kg}\cdot\text{m} = A_s = 21,11\ \text{cm}^2;$ usar $A_{S_{\text{MAX}}} = 13,86\ \text{cm}^2$

Utilizar varilla No. 5 @ 0,15 m

$M(-)= 2\ 003,88\ \text{kg} - \text{m} = A_s = 12,10\ \text{cm}^2;$

Usar varilla No. 5 @ 0,15 m

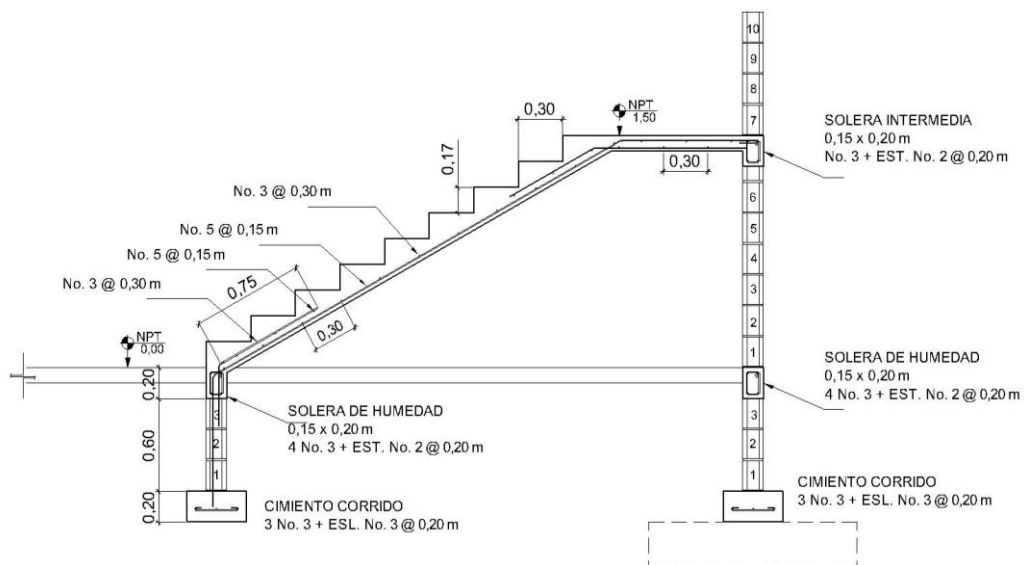
Acero por temperatura= $A_{st} = 0,002b\cdot t = 0,002\cdot 100\cdot 10 = 2\ \text{cm}^2.$

$S_{\text{MAX}} = 3t = 3(10) = 30\ \text{cm}$

Se refuerza con varilla No. 3 @ 0,30 m; el acero por temperatura debe colocarse en el otro sentido, tomando en consideración lo siguiente:

- Se debe alternar cuando exista cama doble de refuerzo principal
- Se coloca en el espacio formado por la cama superior e inferior del refuerzo principal.

Figura 44. Detalle de armado de escalera



Fuente: elaboración propia.

2.4. Instalaciones

El edificio debe contar con instalaciones de iluminación, ventilación, drenajes pluviales, gradas, barandas, puertas, acabados, pintura, electricidad, mobiliario y otros.

2.4.1. Drenaje pluvial

El objetivo del drenaje pluvial es la evacuación de las aguas provenientes de la escorrentía producida por la precipitación pluvial, debiendo diseñarse el sistema de acuerdo a los requisitos siguientes:

- Las bajadas deben ubicarse si es posible en paredes que den al exterior de la edificación, protegidas con mortero, concreto u otro material, el área máxima para drenar con un bajante, según su diámetro es la siguiente:

Tabla XIV. **Área máxima a drenar con tubería PVC para drenaje pluvial**

Diámetro (pulg)	Área máxima (m ²)
2	30
2 1/2	60
3	100
4	210
6	625
Para intensidad de lluvia de 200 mm/h	

Fuente: MCCORMAC, Jack C. Diseño de acabados. p.192.

Por lo tanto para la instalación de drenaje pluvial se utilizó tubería pvc ø 3" con pendiente de 1%.

2.4.2. Electricidad

Diseño de instalaciones eléctricas de la escuela; con base en el Manual de normas para acometidas de servicio eléctrico de la empresa eléctrica de Guatemala (EEGSA), en la sección V; apartamentos, edificios y otros.

- Acometida: conjunto de conductores, componentes y materiales utilizados para transmitir la electricidad desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica, la instalación de la acometida consta de los siguientes elementos básicos:
 - Poste de distribución
 - Poste de acometida
 - Cables de acometida
 - Contador o medidor
 - Caja socket para contador
 - Medios de protección
 - Tableros de distribución

De acuerdo a lo anterior, se colocara un contador, un tablero principal con tierra física neutro, dos tableros de distribución con tierra física aislada. Para conexión de electrodos a tierra se debe colocar una varilla de cobre de una longitud mínima de 2,50 metros y 1/2 pulgada de diámetro.

- Circuitos: según la norma los circuitos de iluminación y tomacorrientes se protegerán con un flipon de 15 a 20 amperios por cada 10 unidades como máximo, basándose principalmente en lo que determinen los cálculos.

- El método del total de potencia es el que se utilizará, los watts o kilowatts se suman de todas las lámparas, tomacorrientes y el resto de conexiones eléctricas y, así lograr la iluminación adecuada en cada área específica.

30 lámparas de 40 watts por 4 tubos cada lámpara = 4 800 watts

24 tomacorrientes de 300 watts cada uno = 7 200 watts

Sumatoria = 12 000 watts

En base a lo especificado por la norma, y teniendo una potencia de 12 000 watts, se colocaran 20 circuitos, 5 para iluminación y 5 circuitos para fuerza en cada nivel del edificio.

- Conductores: el calibre de los conductores será de acuerdo estrictamente al cálculo respectivo, pero en ningún momento podrá ser menor de 12 AWG, TW. Para el cálculo del calibre de la iluminación, se debe determinar la corriente de los 10 circuitos para cada nivel:

15 lámparas * 350 watts = 5 250 watts

$$I_{\text{ALUMBRADO}} = P/V = 5\,250/120 = 43,75\text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada lámpara de 3 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 voltios con un 2% de caída de voltaje es 12 AWG, TW. Para el cálculo del calibre de fuerza, se debe determinar la corriente del circuito para cada nivel, tomando en cuenta el uso simultaneo de los tomacorrientes, y la conexión de computadoras:

400 Watts * 6 tomacorrientes = 2 400 watts

$$I_{\text{FUERZA}} = P/V = 2\,400/120 = 20,0\text{ A}$$

Tomando en cuenta que la longitud promedio entre cada tomacorriente de 5 metros, se determina que el calibre del conductor requerido para cargas nominales de 120 voltios con un 2% de caída de voltaje es 12 AWG, TW. Debido a que la corriente es de 43,75 Amperios para iluminación y de 20 Amperios para fuerza, se colocara un flapon de 75 Amperios por cada circuito, dando como resultado el uso de 5 flapon por nivel, ver el plano respectivo.

Debido a que la corriente es de 43,75 Amperios para iluminación y de 20 Amperios para fuerza, se colocara un flapon de 75 Amperios por cada circuito, dando como resultado el uso de 5 flapon por nivel, ver el plano respectivo.

- Tubería y ductos: se utilizara tubería plástica (poliducto), en caso de quedar enterrada o bajo tierra, se deberá proteger con concreto pobre, las uniones deberán ser completamente impermeables.
- En los salones, se colocaran 4 lámparas, lo cual genera que se necesite introducir de 5 conductores dentro del ducto, por tanto para un calibre 12 AWG, TW con 5 conductores se necesita un diámetro de 3/4 de pulgada.

2.5. Planos constructivos

Después de haber realizado todos los cálculos para el diseño del edificio, se procede a elaborar los planos constructivos, los cuales detallan todos los elementos que conforman la edificación.

2.6. Presupuesto

Es un plan de acción dirigido a cumplir una meta prevista, expresada en valores y términos financieros que deben cumplirse en determinado tiempo.

Tabla XV. **Presupuesto de diseño del edificio de dos niveles, para el instituto de educación básica**

No.	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario (Q)	Total (Q)
1	Trabajos preliminares	1	Global		3 000,00
2	Excavación	75	m ³	15,00	1 125,00
3	Zapata tipo 1,75 x 1,75	21	U	2 800,00	58 800,00
4	Solera Hidrófuga	100	ml	125,00	12 500,00
5	Levantado de muro de block	245	m ²	110,00	26 950,00
6	Solera Intermedia	90	ml	110,00	9 900,00
7	Columna C – 1 (primer nivel)	21	U	1 500,00	31 500,00
8	Columna C – 2 (segundo nivel)	21	U	1 300,00	27 300,00
9	Columna C – 3	53	U	500,00	26 500,00
10	Viga tipo 1	50	ml	450,00	22 500,00
11	Viga tipo 2	50	ml	400,00	20 000,00
12	Viga tipo 3	65	ml	350,00	22 750,00
13	Viga tipo 4	65	ml	350,00	22 750,00
14	Losa de entepiso	187	m ²	800,00	149 600,00
15	Losa de techo	187	m ²	700,00	130 900,00
16	Ventanas tipo 1	6	U	2 500,00	15 000,00
17	Ventanas tipo 2	36	U	1 400,00	50 400,00
18	Puerta tipo 1	6	U	900,00	5 400,00
19	Repellos	810	m ²	15,00	12 150,00
20	Cernido	810	m ²	15,00	12 150,00
21	Pintura	810	m ²	7,00	5 670,00
22	Piso de granito	350	m ²	125,00	43 750,00
23	Instalaciones Eléctricas	1	Global		25 000,00
24	Instalaciones de aguas pluviales	1	Global		20 000,00
25	Módulo de gradas	1	Global		25 000,00
Costo de materiales y mano de obra					780 595,00
Costo Indirecto 30%					234 178,50
Costo total del proyecto					1 014 773,50

Fuente: elaboración propia.

2.7. Evaluación de Impacto Ambiental inicial

La evaluación de impacto ambiental se llevó a cabo por medio de una boleta de riesgo que presenta el Ministerio de Ambiente, dicha boleta fue proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (DMP), del municipio de Barberena.

Los resultados obtenidos durante la evaluación fueron de 168 puntos. En la boleta se especifica que para un valor arriba de 400 puntos se debe reformular el proyecto, y si muestra un valor arriba de los 1 000 puntos, se rechazará el proyecto por completo, ya que representa un gran riesgo para el ambiente.

Tabla XVI. **Boleta de identificación y evaluación ambiental**

Identificación y evaluación de riesgo programas/ proyectos			N.A.	Expuestos al evento	Genera el evento	Nula	Mínima	Moderada	Severa	Baja	Media	Alta	Extremadamente alta	Total = A*V										
	Origen del evento	Factor													Tipo de Evento	Amenaza				Vulnerabilidad				Riesgo
																0	4	8	10	2	4	8	10	
Naturales	Meteoreológico	Huracanes, ciclones y tifones	X							X				0										
		Tornados (vientos fuertes)	X							X				0										
		Tormenta tropical		X						X				8										
		Onda térmica fría		X							X			16										
		Onda térmica cálida		X						X				8										
		Inundaciones	X							X				0										
		Sequías que provocan pérdidas agrícolas	X							X				0										
	Otros. Especifique																							
	Topográficos o geotécnicos	Derrumbes	X							X				0										
		Deslizamientos	X							X				0										
		Lahares	X							X				0										
		Flujos de lodo y agua	X							X				0										
		Otros																						
	Tectónicos o geológicos	Terremotos (sismos)		X							X			16										
		Erupciones volcánicas	X							X				0										
		Maremotos (Tsunamis)	X							X				0										
		Otros																						

Continuación de la tabla XVI.

Antrópico Social	Derechos Humanos	Violación de los derechos humanos	X			X				0
		Genera pobreza y exclusión social	X			X				0
		Genera discriminación (género, etnia, discapacidad)	X			X				0
		Ocurrencia de Epidemias		X		X				8
		Otros								
	Seguridad ciudadana	Asesinatos y crímenes		X		X				8
		Delincuencia organizada	X			X				0
		Delincuencia común	X			X				0
		Conflictos Limítrofes	X			X				0
		Ocurrencia de guerra	X			X				0
		Ocurrencia de Terrorismo	X			X				0
		otros								
	Entorno político económico social	Crisis política (pérdida de la democracia)	X			X				0
		Crisis de gobernabilidad (alteración del orden público)		X		X				8
		Crisis económica (empobrecimiento)		X		X				8
		Crisis social (conflicto entre pobladores)		X		X				8
		otros								
	Manejo del ambiente	Destrucción de habitats naturales		X		X				8
		Radiación solar intensa		X		X				8
		Descarga de Sólidos y líquidos a cuerpo de agua		X		X				8
		Descarga de partículas sólidas al aire		X		X				8
		Contaminación por ruido superior a 90 DB	X			X				0
		Contaminación de suelos		X		X				8
		Sobre explotación de recursos naturales	X			X				0
		Desertificación	X			X				0
		Incendios forstales	X			X				0
		Otros								
	Accidentes	Fallas industriales y tecnológicas	X			X				0
		De transporte aéreo, acuático y terrestre	X			X				0
		Derrame de productos petroleros	X			X				0
		Depósitos industriales y químicos	X			X				0
		Colapso de estructuras	X			X				0
		Explosiones	X			X				0
		Centrales eléctricas, térmica y geotérmicas	X			X				0
		Oleoductos	X			X				0
		Coheterías	X			X				0
		Urbanización desordenada		X			X			16
		Edificios, ruinas, monumentos abandonados	X			X				0
		otros								
		Factor	Escala	Descripción						
	Amenaza	Nula	No apreciable							
		Mínima	Visible, sin importancia para la estabilidad del sistema							
		Moderada	Alteración notable, pero en un ambito reducido							
Severa		Alteración notable, extensa consecuencia dañinas y mortales								
Vulnerabilidad	Baja	Población es afectada en forma mínima, no existe peligro de muerte								
	Media	Población es afectada focalmente, existe peligro de muerte								
	Ala	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte								
	Extrem. Alta	Población es afectada extensivamente, existe peligro de muerte sin capacidad de recuperación								
Escala de decisión	Bajo	Menor 400 (se acepta el proyecto con medidas de mitigación)								
Riesgo		Mayor de 401 hasta 1000 (reformular el proyecto)								
No. de puntos de riesgo = 144 puntos	Alto	Mayor de 1000 (se rechaza el proyecto, reformularlo)								
Total										
144										

Fuente: Dirección de Municipal de Planificación de Barberena, Santa Rosa.

3. DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA

3.1. Diseño memoria descriptiva de la situación del proyecto

El proyecto se encuentra a una distancia de 56 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala y a 500 metros de la cabecera municipal de Barberena. La realización de esta investigación se basa en el diagnóstico del área de trabajo en aldea Utzumazate, el cual permite observar las necesidades de la población donde se prioriza la necesidad de mejorar el tramo carretero en dicha aldea, ya que no cuenta con la infraestructura correspondiente.

La calle principal de la aldea Utzumazate, cuenta con un tratamiento de balasto, agua potable, energía eléctrica, líneas telefónicas y un sistema de drenaje sanitario.

La pavimentación será de 2755 metros de longitud y un ancho de 7 metros; los callejones aledaños se encuentran de igual forma de terracería, con y sin tratamiento de balasto, esta calle a pavimentar puede ser utilizada como desvío en un futuro ya que se encuentra al sur de la carretera CA-1, se tiene en consideración para el diseño.

Se debe de considerar la ubicación de los bancos de materiales tanto para la capa de la base como la carpeta de rodadura, y estos se bancos se encuentran a una distancia de 20 kilómetros del lugar a pavimentar, también se obtienen en este lugar; arena de río, arena roja, pedrín y selecto.

3.1.1. Período de diseño

El período de diseño para una carretera varía dependiendo, generalmente, de aspectos económicos siendo un período muy largo que incrementaría costos, la Municipalidad de Barberena adopta para sus proyectos de infraestructura un periodo de 20 años, por lo cual se utiliza este dato.

3.2. Topografía

La planimetría y altimetría son bases fundamentales para todo tipo de proyecto vial, en su aplicación determinamos la libreta de campo y planos para obtener las condiciones necesarias del lugar de ejecución del proyecto.

3.2.1. Planimetría

Está definida como el conjunto de trabajos necesarios para representar gráficamente la superficie de la tierra, tomando como referencia el norte para su orientación, en la medición de la planimetría del proyecto se utilizó el método de conservación del azimut en una poligonal cerrada, este consiste en tomar un azimut inicial referido al norte y fijando éste con una vuelta de campana en la vista hacia atrás, se toma la medida hacia la siguiente estación regresando para cerrar el polígono y obtener datos de la desviación acumulada, se utilizó este método por ser exacto, los resultados se presentan en los planos.

3.2.2. Altimetría

Es la medición de la altura de una superficie de la tierra, con el fin de representarlas gráficamente, para que juntamente con la planimetría, se defina la superficie en estudio, representada en tres dimensiones. En el presente trabajo la medición altimétrica se realizó por medio de la lectura de hilos en el teodolito, los resultados de los trabajos de altimetría y planimetría se encuentran en los planos de planta y perfil.

3.3. Estudio de suelos

En todo proyecto de pavimentación a realizar se debe tener conocimiento de las características del suelo, el diseño del pavimento se basa en los resultados de los ensayos del laboratorio efectuados con el material de suelo del lugar a construir.

3.3.1. Límites de Atterberg

Son las propiedades plásticas de los suelos limosos y arcillosos pueden ser analizadas a través de pruebas empíricas o bien por el ensayo de límites de consistencia, podemos citar los análisis de identificación preliminar de suelos finos: dilatancia, resistencia en seco, tenacidad y sedimentación. Para el pavimento de aldea Utzumazate este ensayo de límites se describe como arena limosa color café y de material no plástico, según Norma AASHTO T-89 y T - 90, ver anexo.

3.3.2. Análisis granulométrico

El ensayo consiste en clasificar las partículas de suelo por tamaños, representándolos luego en una gráfica, el tipo de ensayo que se realizó fue de análisis granulométrico, con tamices y lavado previo, según la Norma de clasificación AASHTO T – 27, ver anexo.

3.3.3. Ensayo de contenido de humedad

El contenido de humedad es la relación entre el peso de agua contenida en la muestra y el peso de la muestra después de ser secada al horno, expresada en porcentaje o cantidad de agua presente en el suelo, este es el ensayo más usado pues se utiliza en los ensayos de compactación para el contenido de humedad (Proctor), el ensayo de valor soporte, los límites de consistencia y las densidades de campo.

3.3.4. Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad (Proctor)

El ensayo permite conocer las características de compactación de un suelo: humedad óptima y densidad máxima, existen dos tipos de análisis; Proctor Estándar y Proctor Modificado. La compactación es el proceso, realizado generalmente por medios mecánicos, de efectuar presiones sobre el material para mejorar su densidad o acondicionar mejor su volumen disminuyendo sus vacíos, en este ensayo se trabaja con el proctor modificado, según AASHTO T – 180, ver anexo.

3.3.5. Ensayo del valor relativo de soporte del suelo CBR

El valor relativo de soporte de un suelo CBR es un índice de su resistencia al esfuerzo cortante en condiciones determinadas de compactación y humedad, se expresa como el tanto por ciento de la carga necesaria y es una forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base o subbase en construcción de carreteras.

El CBR es el factor que determinará el diseño de espesores de capas de pavimentos, usualmente el valor se convierte a módulo de valor soporte del suelo, tal como lo hace el método de la AASHTO para diseño de pavimentos flexibles; el valor final de CBR se utiliza para establecer una relación entre el comportamiento de los suelos, principalmente con fines de utilización de bases y subrasante bajo pavimentos de carreteras. El procedimiento para el CBR deberá realizarse como lo indica la Norma AASHTO T – 193, ver anexo.

Tabla XVII. **Relación de comportamiento de suelos**

No. de CBR	Clasificación General	Usos
0 – 3	Muy pobre	Sub rasante
3 – 7	Pobre a regular	Sub rasante
7 – 20	Regular	Sub base
20 – 50	Bueno	Sub base, base
50 ó más	Excelente	Base

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

3.3.6. Análisis de resultados

Los resultados de los ensayos de suelos son los siguientes:

Tabla XVIII. **Resultados de estudio de suelos**

Clasificación CSU	SM
Clasificación PARA	A – 4
Descripción del suelo	Arena limosa, color café
Límites de Atterberg	Material no plástico
Peso unitario máximo	1,536 t/m ³ (95,9 lb/ft ³)
Humedad óptima	23 %
CBR	86 % al 95 % de compactación

Fuente: elaboración propia.

3.4. Diseño de la carretera

Una vez seleccionada la ruta y fijados los puntos obligados del alineamiento horizontal, se procede al trazo de la línea preliminar.

3.4.1. Diseño del alineamiento horizontal preliminar

La línea preliminar es una poligonal abierta que se traza entre puntos obligados, siguiendo la topografía del terreno con una pendiente ligeramente menor a la pendiente gobernadora que haya sido especificada para cada uno de los tramos del camino. Una vez trazada la línea preliminar, se procede a su nivelación, la cual se hace por tramos, fijando bancos de nivel a distancias máximas de 500 metros, como resultado de esta actividad se calculan las cotas de todas las estaciones del trazo preliminar; con el fin de conocer la configuración topográfica del terreno a ambos lados de la línea preliminar.

Se levantan secciones a cada 20 metros y normales a la línea preliminar, abarcando de 100 a 200 metros a cada lado del trazo, a partir de la información de las secciones de topografía se obtienen las curvas de nivel, con una equidistancia vertical de 1 a 2 metros.

La finalidad del alineamiento horizontal preliminar es establecer en dichas línea o líneas correspondientes a posibles trazados de la carretera. Para ello es necesario llevar a efecto un minucioso de reconocimiento topográfico de campo, que permita obtener información adicional sobre las rutas seleccionadas.

3.4.1.1. Diseño de alineamiento horizontal

Consiste en el diseño de la línea final de localización en planimetría mediante el cálculo de las curvas horizontales, las cuales definirán la ruta a seguir y constituyen la guía fundamental a la cuadrilla de topografía para el trazo de la carretera. En el proceso de diseño y cálculo se deben considerar varios aspectos técnicos, los cuales se enumeran a continuación:

- Todo el diseño debe ir basado en el principio de seguridad y comodidad en la carretera.
- Una carretera diseñada a seguir las ondulaciones de las curvas a nivel es preferible a una con tangentes largas pero con repetidos cortes y rellenos, ya que esto disminuye los costos.
- Para una velocidad de diseño dada, debe evitarse, dentro de lo razonable, el uso de los radios mínimos en el cálculo de las curvas horizontales.
- En el área rural es conveniente usar un radio menor al mínimo permitido por la velocidad de diseño, a cambio de incrementar considerablemente el costo de la obra al utilizar radios mayores, ya que las curvas deben ser diseñadas de tal forma que los vehículos puedan circular sin necesidad de hacer maniobras de retroceso, para poder recorrer la curva.

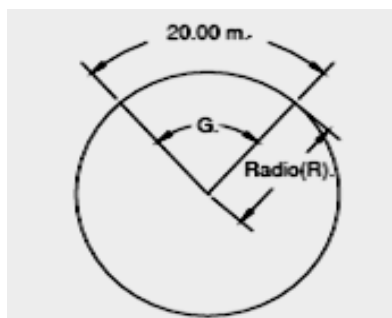
- Se deben evitar curvas en donde se localicen puentes, ya que éstos deberán ubicarse preferiblemente en tangentes, pero, en situaciones especiales se ampliará la curva con un sobre ancho o diseñar un nuevo puente curvo.
- En terrenos llanos debe evitarse el diseño de tangentes demasiado largas, ya que la atención del conductor se pierde y puede provocar accidentes.
- La longitud de la tangente no podrá ser jamás negativa, porque esto indicaría que dos curvas horizontales se están traslapando.

Para el cálculo de las curvas horizontales se toma en cuenta lo siguiente:

- Grado de curvatura (G): corresponde al ángulo central subtendido por un arco de determinada longitud, establecida como cuerda (c) o arco (s).

$$\frac{G}{20} = \frac{360}{2\pi R}; \quad G = \frac{1145.915}{R}$$

Figura 45. **Grado de curvatura**



Fuente: elaboración propia.

- Radio de la curva (R): se obtiene de la ecuación anterior.

$$R = \frac{1145,915}{G}$$

- Ángulo de deflexión: se forma con la prolongación de uno de los alineamientos rectos y el siguiente, puede ser a la izquierda o derecha, si está medido en sentido anti horario o a favor de las manecillas del reloj, respectivamente, es igual al ángulo central subtendido por el arco (Δ).
- Longitud de curva: distancia desde el PC hasta el PT, recorriendo el arco de la curva.

$$\frac{L_c}{2\pi R} = \frac{\Delta}{360}; \quad L = \frac{20^* \Delta}{G}$$

- Subtangente: es la distancia entre el principio de curva PC y el punto de intersección PI o entre PI y el principio de tangente PT.

$$Tg (\Delta/2) = St/R; \quad St = R \times tg (\Delta/2)$$

- External: distancia desde el PI al punto medio de la curva sobre el arco.

$$E = \frac{R(1 - \cos(\Delta/2))}{\cos(\Delta/2)}$$

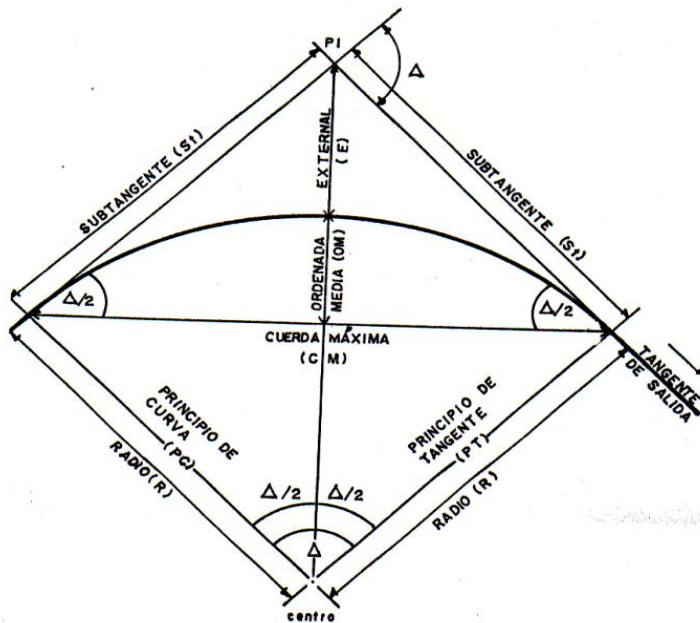
- Cuerda máxima: línea recta que une al punto de tangencia donde comienza la curva (PC) y al punto de tangencia donde termina (PT)

$$CM = 2 \cdot R \cdot \sin(\Delta/2)$$

- Ordenada Media (OM): es la distancia desde el punto medio de la curva hasta el punto medio de la cuerda larga.

$$OM = R * (1 - \cos (\Delta/2))$$

Figura 46. Elementos de curva horizontal



Fuente: Dirección General de Caminos.

Las curvas horizontales deben contar con la siguiente información:

- Peralte (e%): es la pendiente transversal que se da en las curvas a la plataforma de calzada de una carretera, el objetivo del peralte es contrarrestar la fuerza centrífuga que impide al vehículo salirse hacia el exterior de la curva y de evacuar aguas de la calzada; este se encuentra en función de la velocidad del vehículo y del radio de la curva.

- Sobre ancho (SA): cuando un vehículo circula por una curva horizontal, el ancho de la calzada que ocupa es mayor que en la tangente, ello es debido a que las ruedas traseras del vehículo según una trayectoria distinta a las de las ruedas delanteras y a que los conductores tienen dificultad en mantener el vehículo en el eje del carril correspondiente, es por ello que el ancho de las calzadas debe aumentarse en éstas.

Tabla XIX. **Especificaciones para curvas circulares**

G	Radio	30 km/h		40 km/h	
		e%	SA	e%	SA
1	1145,92	3,00	0,00	3,00	0,00
2	572,96	3,00	0,00	3,00	0,00
3	381,97	3,00	0,00	3,00	0,00
4	286,48	3,00	0,00	3,00	0,00
5	229,18	3,00	0,00	3,00	0,00
6	190,99	3,00	0,00	3,57	0,00
7	163,70	3,00	0,00	4,26	0,00
8	143,24	3,00	0,00	4,91	0,00
9	127,32	3,00	0,00	5,52	0,00
10	114,59	3,37	0,00	6,61	0,00
11	104,17	3,75	0,00	6,63	0,60
12	95,49	4,12	0,60	7,12	0,60
13	88,15	4,49	0,60	7,58	0,60
14	81,85	4,84	0,60	7,99	0,60
15	76,39	5,18	0,60	8,37	0,60
16	71,62	5,51	0,60	8,71	0,64
17	67,41	5,82	0,60	9,01	0,69
18	63,66	6,13	0,62	9,27	0,75
19	60,31	6,42	0,67	9,49	0,80
20	57,30	6,70	0,72	9,67	0,85
21	54,57	6,97	0,77	9,81	0,91
22	52,09	7,23	0,82	9,92	0,96
23	49,82	7,48	0,87	9,98	1,01
24	47,75	7,71	0,92	10,00	1,07
25	45,84	7,94	0,96		

Continuación de la tabla XIX.

26	44,07	8,15	1,01		
27	42,44	8,35	1,06		
28	40,93	8,54	1,11		
29	39,51	8,72	1,16		
35	32,74	9,55	1,45		
36	31,83	9,65	1,50		
37	30,97	9,73	1,55		
38	30,16	9,81	1,60		
39	29,38	9,87	1,64		
40	28,65	9,92	1,69		
41	27,95	9,96	1,74		
42	27,28	9,99	1,79		
43	26,65	10,00	1,84		
44	26,04				
45	25,46				
46	24,91				
47	24,38				
48	23,87				
49	23,39				
50	22,92				
51	22,47				
52	22,04				
53	21,62				
54	21,22				
55	20,83				
56	20,46				
57	20,10				
58	19,76				
59	19,42				
60	19,10				
65	17,63				
70	16,37				

Fuente: Dirección General de Caminos.

- Ejemplo de cálculo de elementos de curva horizontal

$$R = 47 \text{ m};$$

$$\Delta = 15^{\circ} 54' 38''$$

$$P_C = 0 + 266,36$$

- Radio:

$$R = \frac{1\,145,915}{47} = 24,38^{\circ}$$

- Longitud de curva:

$$L_C = \frac{20 * (15^{\circ}54'38'')}{47} = 11,82 \text{ m}$$

- Sub tangente:

$$St = 47 * \text{Tg}(15^{\circ}54'38''/2) = 6,57 \text{ m}$$

- External:

$$E = \frac{47 * (1 - \cos(15^{\circ}54'38''/2))}{\cos(15^{\circ}54'38''/2)} = 0,47 \text{ m}$$

- Cuerda máxima:

$$CM = 2 * 47 * \text{Sen}(15^{\circ}54'38''/2) = 13,00 \text{ m}$$

- Ordenada media:

$$OM = 47 * (1 - \cos(15^{\circ}54'38''/2)) = 0,45$$

- Punto de tangencia:

$$P_T = P_C + L_C; \quad PT = (0 + 266,36) + 11,82 = 278,18 \text{ m}$$

$$\text{Entonces: } e = 10\%; \quad S \quad A = 1,07 \text{ m}$$

3.4.1.2. Diseño de alineamiento vertical

La finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra; estas curvas pueden ser circulares, parabólicas simples o cúbicas la que se utiliza en el departamento de carreteras de la Dirección General de Caminos es la parabólica simple, debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptabilidad a las condiciones necesarias de operación.

Las especificaciones de la Dirección General de Caminos tienen valores para longitudes mínimas de curvas verticales, en función de la velocidad de diseño, al momento del diseño se consideraron las longitudes mínimas permisibles de curvas verticales; las cuales se calcularon de la siguiente forma:

$$LCV = k * a$$

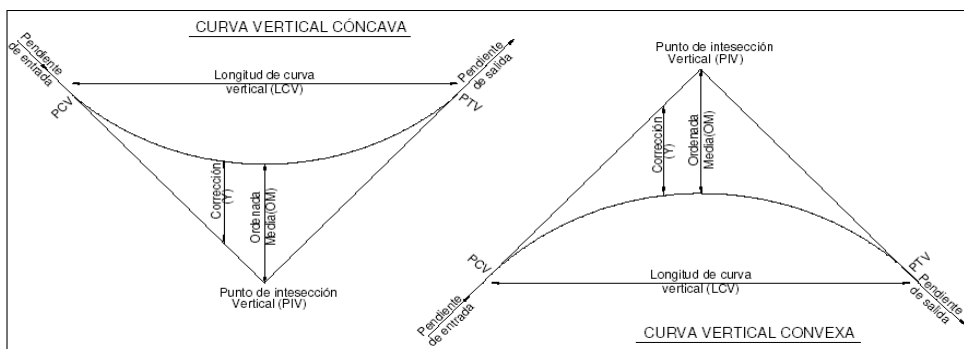
Donde:

LCV = Longitud mínima de curva vertical (cóncava para la visibilidad).

k = constante que depende de la velocidad de diseño.

a = diferencia algebraica de pendientes.

Figura 47. Detalle de curvas verticales



Fuente: Dirección General de Caminos.

Tabla XX. **Valores de “k”**

Velocidad de diseño	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	12	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: COLOP, Walfre. Planificación y diseño de tramo carretero, p. 33.

- Ejemplo de cálculo de curva vertical

Tomando como ejemplo la curva vertical número 1. Se calcula en base a los siguientes datos:

- Velocidad de diseño: 40 km/h
- Pendiente de entrada: 2,69%
- Pendiente de salida: 1,06%

Se encuentra la diferencia algebraica de las pendientes: $a = 1,06 + 3,89 = 4,95$. Ahora se busca el valor de “k” en la tabla X para una velocidad de diseño de 40 kilómetros sobre hora y una curva vertical convexa, de lo anterior se obtiene $k = 5$

Entonces: $LCV = k * a$; $LCV = 5 * 4,95 = 24,75 \text{ m}$

3.4.2. Tipo de subrasante

El trazo de subrasante se efectúa en dos fases de la siguiente manera:

- Cálculo de subrasante en rollo de perfil longitudinal: se encuentran las elevaciones de los puntos de intersección vertical PIV, con base en las pendientes que se colocaron al momento de hacer el diseño de la subrasante y a las estaciones de los PIV. Las pendientes podrán variar al ser afinadas.
- Cálculo de subrasante en hojas de movimiento de tierras: se colocan los estacionamientos del PIV con sus elevaciones y la longitud de curva (LCV), en el listado de estacionamientos que se tiene para el movimiento de tierra. Se debe colocar la pendiente entre cada PIV.

3.4.2.1. Dibujo de secciones transversales

Se desarrolló esta actividad con los datos de la libreta de secciones transversales de localización y consistió en plotear distancias con sus respectivas elevaciones, al lado derecho e izquierdo de la línea central del caminamiento, a cada 20 metros.

3.4.2.2. Dibujo de secciones típicas

Sección típica en tangente: se ploteó la diferencia entre la subrasante y el nivel, arriba o debajo de la sección transversal, según fue el caso, a partir de este punto se traza la sección típica; dibujando la mitad de la típica a ambos lados de la línea central, siendo la inclinación de la típica de 3% de bombeo normal.

Sección típica en curva: aquí también se plotea la diferencia como se hizo anteriormente, colocándose a la izquierda o derecha de acuerdo con el valor del corrimiento de la curva.

El peralte indica la inclinación de la sección típica; cuando el peralte es menor del 3% y la curva es hacia la izquierda, el lado izquierdo de la sección típica, permanece con el 3% y el lado derecho de la sección se suma o resta el peralte con el porcentaje calculado en esa estación para el lado hacia dónde va la curva. En caso que el peralte sea mayor del 3% se inclina toda la sección típica hacia el lado donde va la curva de acuerdo con el porcentaje calculado en cada estación.

- Dibujo de taludes: consiste en el trazo de líneas inclinadas en los extremos de la sección de terracería, haciéndolas coincidir con la sección transversal típica.

La inclinación de talud de la carretera, está en función de las propiedades de los materiales; sin embargo cuando no se tienen mayores datos y para fines de estimación de volúmenes de movimiento de tierra, es recomendable usar la siguiente los valores de la siguiente tabla.

Tabla XXI. **Tabla de relaciones para dibujo de taludes**

Corte		Relleno	
Altura	H – V	Altura	H – V
0 – 3	1 – 1		
3 – 7	1 – 2	0 – 3	2 – 1
>7	1 – 3	> 3	3 – 2

Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño de carretera. p. 62.

Una vez dibujado los taludes, el área arriba de la sección típica se considera corte y el área de abajo se denomina relleno.

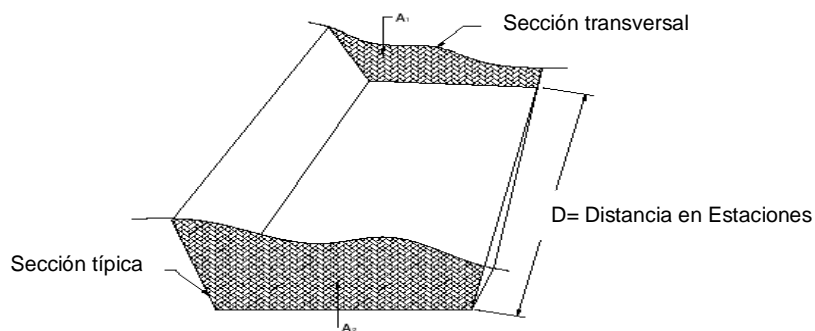
3.4.2.3. Determinación de áreas

Se utiliza el método gráfico, que consiste en la determinación del área de la sección dibujada y delimitada por el contorno de la sección típica y el contorno de la sección transversal del nivel inferior de la capa vegetal.

3.4.2.4. Cálculo de volúmenes

Una vez se han determinado las áreas de las secciones de construcción, se procede al cálculo de volúmenes de tierras. Entre dos estaciones el volumen es el de un prisma irregular, el área de sus bases es la calculada en cada una de las estaciones y la altura es igual a la diferencia de estaciones, sucede esto cuando en las estaciones consideradas existe solo corte o solo relleno. La forma más rápida de calcular el volumen, es realizar el producto de la semisuma de las áreas extremas, por la distancia entre estaciones.

Figura 48. Cálculo de volúmenes de movimiento de tierra



Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño de carretera. p. 62.

- Cálculo de volúmenes de tierra: $V = (A_1 + A_2/2) * d$

Donde:

V = Volumen de tierra; d = Distancia entre estaciones

A₁ = Área de sección 1; A₂ = Área de sección 2

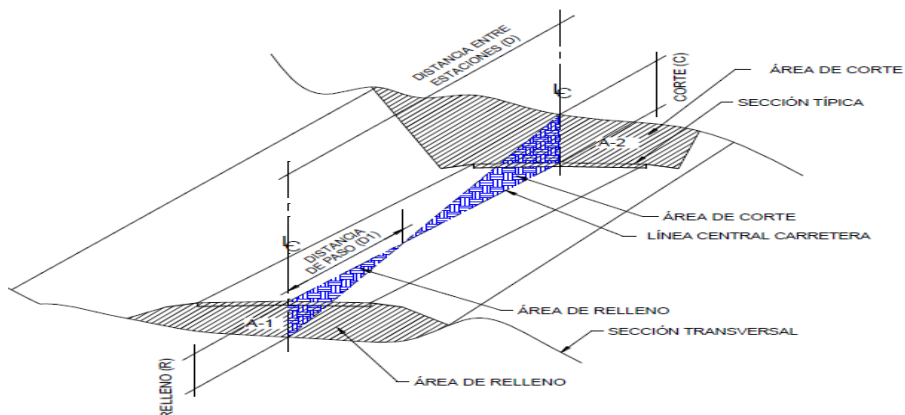
Tabla XXII. **Ejemplo de cálculo de movimiento de tierras**

Estación	Áreas (m ²)		Volúmenes (m ³)	
	Corte	Relleno	Corte	Relleno
0 + 600	12,47	0,00	250,90	0,00
0 + 620	12,62	0,00	258,61	0,00
0 + 640	13,25	0,00	263,58	0,00

Fuente: elaboración propia, ver anexo en detalle de planos de diseño de carretera.

Cuando en la sección transversal existan áreas de corte y de relleno deberán calcularse las distancias de paso, que son los puntos donde el área de la sección entre estaciones cambia de corte a relleno o viceversa.

Figura 49. **Distancia de paso entre corte y relleno**



Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño de carretera. p. 63.

Para determinar la distancia de paso se efectúa una relación de triángulos con la distancia entre estaciones, los cortes y los rellenos.

$$\frac{C+R}{D} = \frac{R}{D1} \Rightarrow D1 = \frac{R * D}{C+R}$$

Donde:

D1 = Distancia de paso; R = Relleno
D = Distancia entre estaciones; C = Corte

Ejemplo: calcular la distancia de con los siguientes datos:

Área de relleno = 0; Área de corte = 12,47 m²; D = 20 m

$$D1 = \frac{0 * 20}{12,47 + 0} = 0,00m$$

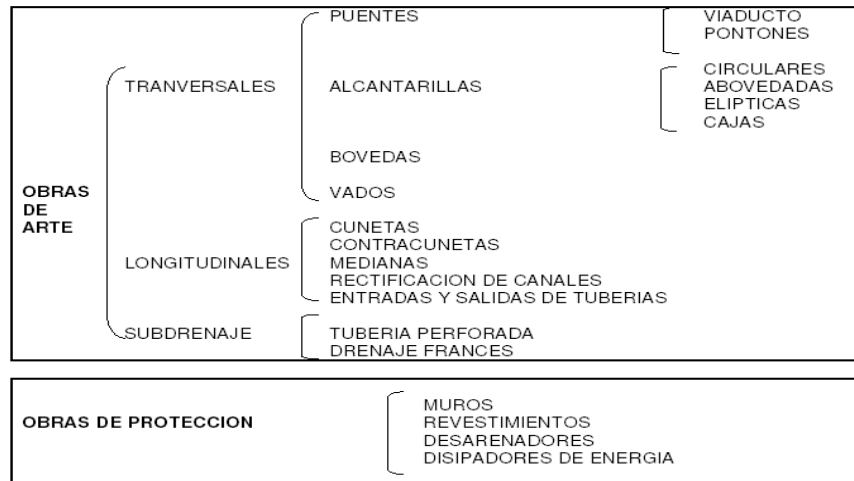
3.5. Diseño de drenajes

Las obras de drenaje son elementos que eliminan la inaccesibilidad de un camino, provocada por el agua o la humedad, su función principal es:

- Dar salida al agua que se acumula en la carretera.
- Reducir o eliminar la cantidad de agua que se dirija hacia la carretera.
- Evitar que el agua provoque daños a la carretera.

De la construcción de las obras de drenaje, dependerá en gran parte la vida útil, facilidad de acceso y la vida útil del proyecto, el estudio del drenaje, no solo debe realizarse para cruces de ríos o riachuelos, si no que para cualquier obra de drenaje por pequeña que sea, ya que regula la vida de la carretera.

Figura 50. Tipos de drenaje en carretera



Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño de carretera. p. 96.

3.5.1. Ubicación de drenajes

La ubicación de los drenajes longitudinales como transversales, se hicieron de acuerdo a las condiciones de la carretera. En pendientes fuertes las cunetas serán protegidas contra la erosión, provocadas por la velocidad del agua.

3.5.2. Localización de drenajes

Consiste en realizar un recorrido del tramo en estudio, determinado la siguiente información; tipo y sentido de la corriente, los cuales son:

- Pendiente medida con un clinómetro
- Condiciones de lecho, como:
 - Ancho

- Angosto
- Arenoso
- Rocoso
- Piedras sueltas y su tamaño
- Condiciones de aguas altas
- Vegetación en la cuenca
- Esviaje
- Perímetro, área y forma del lecho
- Probables canalizaciones de entrada y salida
- Determinación de tramos de subdrenaje
- Puntos de erosión

3.5.3. Cálculo de áreas de descarga por el método racional

En el método racional, se asume que el caudal máximo a un punto dado; se alcanza cuando el área tributaria está contribuyendo con su escorrentía superficial, durante un período de precipitación máxima. Para lograr esto, la tormenta máxima, debe prolongarse durante un período igual o mayor que el que necesita la gota de agua que se precipitó en el punto más lejano, para llegar hasta el punto considerado (tiempo de concentración), el método racional se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q = \left(\frac{CIA}{360} \right)$$

Donde:

Q = Caudal de diseño en metros cúbicos por segundo

A = Área drenada de la cuenca en hectáreas

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

C = Coeficiente de escorrentía

Para la intensidad de lluvia, se consulta en el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) para la región en estudio, la intensidad está dada por la ecuación:

$$I = \left(\frac{a}{t+b} \right)$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en milímetros por hora

a y b = Datos proporcionados por el INSIVUMEH

t = Tiempo de concentración en minutos y está dado por la ecuación:

$$t = \left(\frac{0.886 * L^3}{H} \right)^{0.0385} * 60$$

Donde:

L = Longitud del cauce principal en kilómetros

H = Diferencia de elevaciones entre los puntos extremos del cauce (m)

Para determinar el coeficiente “C”, se identifica el terreno y sus condiciones; si es cultivo, suelo desnudo, bosque; con las curvas de nivel se establece la pendiente del terreno y la forma del mismo, pudiendo ser: plano, ondulado o montañoso; los valores de C son los siguientes:

Tabla XXIII. **Coficiente de escorrentía para una carretera**

Coficiente	Condiciones de Terreno
1,0	Terrenos montañosos con suelos de roca y con pendientes pronunciadas.
0,65	Terrenos quebrados con pendientes moderadas.
0,50	Cuencas irregulares muy largas.
0,33	Terrenos agrícolas ondulados, en los que el largo de la cuenca es 3 ó 4 veces el ancho.
0,20	Terrenos llanos, sensiblemente horizontales no afectados por inundaciones fuertes.

Fuente: PÉREZ, Augusto. Metodología de actividades para el diseño de carretera. p. 96

El caudal se determina por la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}; \quad Q = V * A$$

$$A = \frac{\pi \Phi^2}{4}; \quad \text{Tubería circular}; \quad R = \frac{\Phi}{4}; \quad \text{Tubería circular}$$

Donde:

- V = Velocidad m/s; Q = Caudal m³/s;
- R = Radio hidráulico; A = A Tubería Circular m²
- Ø = Diámetro en pulgadas; S = Pendiente;
- n = Coeficiente de rugosidad
- n = 0,013; Ø > 24" T Concreto;
- n = 0,015; Ø < 24" T Concreto

$$S = \frac{\text{cota mayor} - \text{cota menor}}{\text{distancia}}$$

- A continuación se da un ejemplo de cálculo de drenaje transversal, para el proyecto en estudio con los datos siguientes:

A=3,50Hec	S= 3 %	N=0,022
L =0,450 km	a = 975	C=0,50
H=35,05 m	b =1,20	Ø= 30"

- Tiempo de concentración:

$$t = \left(\frac{0,886 * 0,450}{35,05} \right)^{0,385} * 60 = 5,79 \text{min}$$

- Intensidad de lluvia:

$$I = \frac{975}{5,79+1,20} = 139,50 \text{ mm/h}$$

- Caudal:

$$Q = \frac{0,50 * 139,50 * 3,50}{360} = 0,6781 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Diámetro de descarga:

$$\Phi = \left(\frac{Q * n * 4^{5/3}}{S * \Pi} \right); \quad \Phi = \left(\frac{0,6781 * 0,022 * 4^{5/3}}{0,030^{1/2} * \Pi} \right) = 0,28''$$

- Área de descarga:

$$A_1 = \frac{\Pi * 0,28^2}{4} = 0,062$$

- Área propuesta: $\varnothing = 30''$

$$A_1 = (30'') * \left(\frac{2,54 \text{ cm}}{1''} \right) * \left(\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right) * \left(\frac{\Pi}{4} \right) = 0,46 \text{ m}^2$$

- Número de tubos:

$$\text{No. de Tubos} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{0,062}{0,46} = 0,13 \cong 1 \text{ unidad}$$

3.6. Elementos estructurales del pavimento

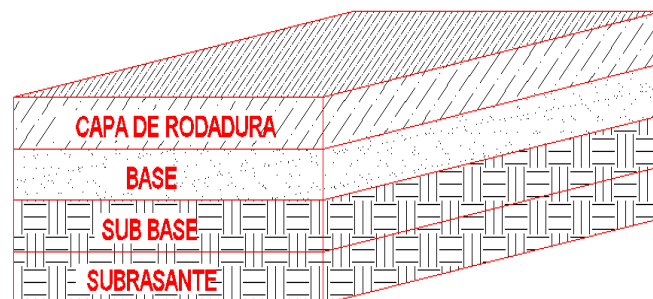
Es toda la estructura que descansa sobre el terreno de fundación o subrasante compactada, y que está formado por una o varias capas de: subbase, base y carpeta de rodadura, de materiales adecuadamente seleccionados.

3.6.1. Pavimento

El pavimento soporta y distribuye la carga en una presión unitaria lo suficientemente disminuida para estar dentro de la capacidad del suelo que constituye la capa de apoyo, reduciendo la tendencia a la formación de fallas.

La capacidad estructural del pavimento implica soportar las cargas impuestas por el tránsito y las condiciones ambientales, un deterioro estructural de un pavimento se manifiesta por una disminución de su capacidad funcional, ya que hay un incremento en rugosidad, ruido, y aún riesgo para los vehículos y ocupantes que lo transiten. En la siguiente figura se describe las diferentes partes o elementos estructurales de un pavimento.

Figura 51. Elementos estructurales del pavimento



Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Selección de tipo de pavimento rígido y flexible

Existen dos clases de pavimento, el rígido y el flexible, siendo la principal diferencia entre los dos es, la forma en que reparten la carga. Los pavimentos rígidos de hormigón tienen un módulo de elasticidad grande y distribuyen cargas sobre un área grande.

La principal consideración de diseño es la resistencia estructural del hormigón a pequeñas variaciones en la subrasante ya que tienen poca influencia sobre la capacidad estructural del pavimento, los pavimentos flexibles consisten en una serie de capas, y la distribución de cargas viene determinada por las características del sistema de capas, se consigue resistencia con la construcción de capas gruesas. Los principios básicos de diseño son comunes para ambos tipos: seguro, económico, duradero, perfil liso.

3.6.3. Método de diseño parapavimento rígido

Las variables que intervienen en el diseño de un pavimento constituyen en realidad la base del diseño de estos, por lo que es importante conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

El procedimiento de diseño normal es; suponer un espesor de pavimento e iniciar a realizar tanteos, con el espesor supuesto calcular los ejes equivalentes y posteriormente evaluar todos los factores adicionales de diseño, si se cumple el equilibrio en la ecuación, el espesor supuesto es el resultado del problema, en caso de no haber equilibrio en la ecuación se deberán seguir haciendo tanteos, tomando como valor el resultado del tanteo anterior.

Figura 52. Ecuación general para espesor de pavimentos

$$\begin{aligned}
 & \left[Z_r \times S_o + 7.35 \times \log_{10} (D + 1) - 0.06 + \log_{10} \frac{\Delta PSI}{4.5-1-5} + \right. \\
 & \left. \frac{1 + (1.624 \times 10^7)}{(D + 1)^{8.46}} \right] + \\
 & (4.22 - 0.32 \times pt) \times \log_{10} \left[\frac{S_c \times C_d \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.83 \times J \times \left(\frac{D^{0.75} - 18.42}{(E_c / k)^{0.25}} \right)} \right] \times \text{Coeficiente de drenaje}
 \end{aligned}$$

Labels in the diagram: Desviación Estándar normal, Error Estándar combinado, Espesor, Diferencia de serviciabilidad, Log (E18), Serviciabilidad Final, Módulo de ruptura, Coeficiente de transferencia de carga, Módulo de Elasticidad, Módulo de Resollón.

Fuente: Norma AASHTO T – 193 para el diseño de carreteras.

La convergencia del método es muy rápida, las variables de diseño de pavimentos rígidos es: espesor, serviciabilidad, tráfico, transferencia de carga, propiedades del concreto, resistencia de la subrasante, drenaje, confiabilidad.

En el diseño de pavimentos rígidos existen dos maneras de calcular una de ellas es la que usa el método AASHTO T–193, la otra forma de calcular es a través de métodos mecánicos como el de la Asociación del Cemento Pórtland (PCA). La PCA ha desarrollado dos métodos, para determinar el espesor de las diferentes capas de un pavimento que resista las cargas que ocasiona el tránsito del cual se menciona:

- El método de capacidad: es el procedimiento de diseño aplicado cuando hay posibilidades de obtener datos de distribución de cargas de transito.
- El método simplificado de diseño: es el procedimiento aplicado cuando no es posible obtener datos de carga por eje.

La PCA sugiere un diseño basado en experiencias generales de comportamientos del pavimento, hechos a escala natural, sujetos a ensayos controlados de tráfico, la acción de juntas y hombros de concreto. Para este diseño se utilizó el dimensionamiento del método simplificado para el espesor del pavimento rígido, los pasos a realizar en el cálculo del espesor son:

- Estimar el tránsito promedio diario de camiones (TPDC) en ambas direcciones, no incluyendo camiones de dos ejes y cuatro llantas.
- Determinar la categoría de carga por eje según tablas de diseño.
- Determinar el espesor de la losa requerida, por medio de las tablas correspondientes.

3.6.4. Subrasante

Es el suelo natural donde se construirá el pavimento, puede estar formado por un suelo natural mejorado o una sustitución de éste; el tipo de suelo que conforma la subrasante depende de las características que tenga, las cuales se obtienen a través de los ensayos de laboratorio, los espesores de las diferentes capas del pavimento dependen de la capacidad soporte de la sub-rasante, la cual se clasifica en los rangos.

Tabla XXIV. **Calidad de la subrasante**

No. de CBR	Clasificación general
0 – 3	Muy mala
3 – 5	Mala
5 – 20	Regular a buena
20 – 30	Excelente

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

Comúnmente los suelos de mala calidad, son los que tienen materia orgánica y arcilla en exceso, para evitar los efectos nocivos de este tipo de suelos, es sustituirlos, la subrasante debe compactarse a 95% como mínimo de su compactación, con respecto a la densidad máxima obtenida en laboratorio, se debe de limpiar el terreno y retirar todo el material.

3.6.5. Base

Es la capa, que transmite las cargas provenientes de la capa de rodadura, hacia las capas inferiores, está formada por materiales granulares, como piedra triturada, grava o suelos estabilizados, su espesor varía entre 10 y 30 centímetros, la base evita el ascenso de un suelo fino a la superficie por las juntas, ayuda a evitar los cambios de volumen de las capas inferiores. Para la base de este proyecto se propone colocar una capa de material selecto de buena calidad que en su mayor parte presente limo arenoso.

3.6.6. Superficie de rodadura

Es la capa que se coloca sobre la base, formada por una o dos losas de concreto hidráulico y que soportan las cargas del tránsito, se consideran otros elementos no estructurales, para la protección de capas de superficie; así como las capas internas.

3.6.7. Pendiente transversal

Es la pendiente que se le da a la corona en el eje perpendicular al de la carretera, según su relación con los hombros y el alineamiento horizontal se consideran tres tipos: pendiente por bombeo, pendiente por transición, y la pendiente por peralte.

Tabla XXV. **Pendiente transversal según el tipo de superficie**

Tipo de superficie	Mezcla	Bombeo
Muy buena	Concreto	1 – 2 %
Buena	Asfáltica	1,5 – 3 %
Regular	Adoquín	2 – 2,5 %
Mala	Tierra o grava	2,5 – 3 %

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

La pendiente a utilizar es por bombeo; ya que ésta se da en la corona y en las tangentes del alineamiento horizontal, con el objetivo de facilitar el escurrimiento superficial del agua.

3.6.8. Juntas

En el diseño de juntas está comprendida la determinación de espaciamiento longitudinal y transversal, la transferencia de cargas, construcción de las juntas y materiales de sellado, las juntas permiten la contracción y expansión del pavimento, lo cual libera de tensiones a la losa.

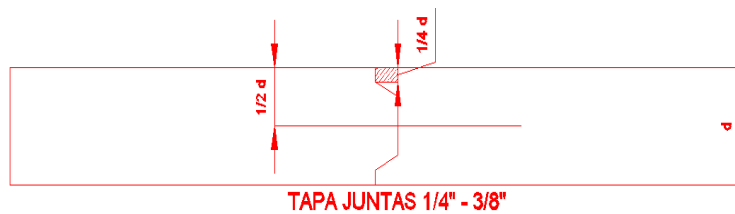
Según la forma en que se diseñan las juntas estas podrán transmitir la carga del tráfico de una losa hacia la siguiente, las juntas más comunes en un pavimento rígido son: juntas longitudinales, juntas transversales, juntas de expansión, juntas de construcción.

Para el proyecto la capa de rodadura llevará junta transversal a cada tres metros y longitudinal al centro de la calle, estas juntas deberán ser llenadas con un material adecuado como el sello elastomérico para evitar la filtración del agua a la subrasante.

3.6.8.1. Juntas longitudinales

Dividen los carriles y controlan el agrietamiento y es la que junta que determina el ancho del carril.

Figura 53. **Junta longitudinal macho hembra con barra de sujeción**

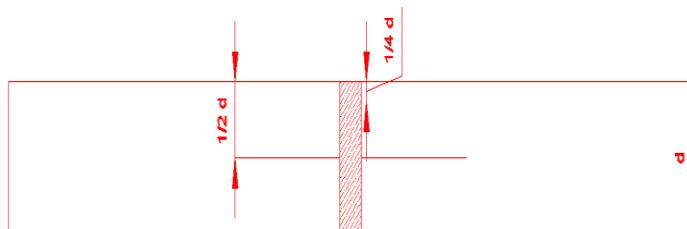


Fuente: elaboración propia.

3.6.8.2. Juntas de expansión

Conocida también como junta de aislamiento y son las que permiten el movimiento sin dañar las estructuras adyacentes.

Figura 54. **Junta de expansión con o sin barra de transferencia**

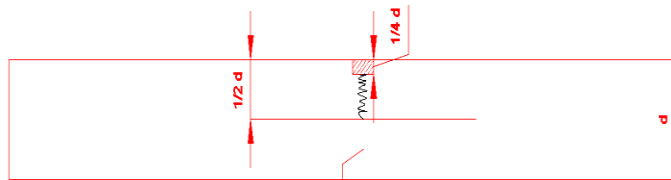


Fuente: elaboración propia.

3.6.8.3. Juntas transversales

Llamadas juntas de contracción, son las que se construyen para controlar las fisuras por liberación de tensiones debidas a temperatura, humedad y fricción, la profundidad de la ranura debe ser igual a $1/4$ del espesor de la losa.

Figura 55. Junta transversal con o sin barra de sujeción

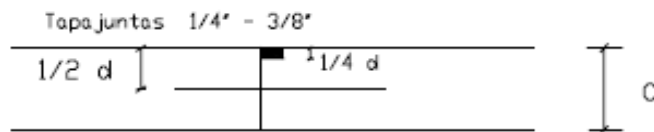


Fuente: elaboración propia.

3.6.8.4. Juntas de construcción

Conocida como junta transversal de construcción, son planas y no se benefician del engrape del agregado, controlan principalmente, el agrietamiento natural del pavimento, su diseño y construcción apropiados son críticos, para el desempeño general del pavimento, estas juntas siempre están orientadas perpendicularmente a la línea central.

Figura 56. Junta de construcción con o sin barra de transferencia



Fuente: elaboración propia.

3.7. Desarrollo del proyecto

Las losas de concreto para un pavimento rígido debe llenar los requisitos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad, impermeabilidad, densidad y calidad uniforme.

3.7.1. Diseño de losa para pavimento rígido

En el diseño se debe incluir el cálculo del espesor según las características del suelo, calidad de los materiales para el concreto, y el tránsito previsto, así mismo los detalles constructivos especiales para soportar el peso de las cargas móviles que actuarán sobre ellas.

3.7.2. Cálculo del espesor del pavimento

Previo a la determinación del espesor de la losa, es necesario conocer los esfuerzos necesarios de la subrasante y de la sub base, el espesor del pavimento se determina de los siguientes factores de diseño:

- Resistencia a la flexión del concreto (Módulo de Ruptura).
- Resistencia de la subrasante, o combinación de subrasante y subbaseK.
- Período de diseño de 20 años.
- Las frecuencias y cargas por eje del vehículo que soportará el pavimento.

3.7.3. Tránsito

El factor más importante en la determinación del diseño del espesor de un pavimento, es el número y peso de la carga por eje que pasará sobre él, este es derivado de las estimaciones de TPD (Tránsito promedio diario).

El TPD debe ser en ambas direcciones de la carretera y se obtiene de contadores especiales de tránsito o por cualquier otro método de conteo y de TPDC (Tránsito promedio diario de camiones) en ambas direcciones, así como la carga por eje de los camiones, ésta puede ser expresada como un porcentaje.

El tránsito servirá para dos propósitos principales, catalogar la vía según la tabla XXVI y localizar el número de vehículos y tipo, para el diseño de este pavimento no se cuenta con datos de tráfico vehicular, por lo que se utiliza el método simplificado propuesto por la PCA para pavimento rígido.

Para este caso el recuento sobrestimado de vehículos que pasarán sobre este pavimento según tabla XXVI es de categoría 2, definida como calles colectoras, carreteras rurales y secundarias altas, con un rango de TPD de 700 a 5 000 vehículos y un 5% a 18% de TPDC.

3.7.4. Bordillo

Es recomendable el uso de bordillo por el hecho de ser útil en reparación o prevención de accidentes en la carretera, además de reducir el espesor de la losa, en algunos casos hasta en una pulgada.

La función del bordillo es servir como viga lateral para aumentar la resistencia del concreto a esfuerzos de flexión, disminuyendo grandemente el efecto de la tensión en el concreto, el diseño contempla la integración de bordillo, de sección 10 x 30 centímetros en ambos lados de la vía, se utilizará concreto y se fundirá conjuntamente con la capa de rodadura del pavimento.

3.7.5. Módulo de ruptura del concreto

Debido al paso de vehículos por encima de las losas de concreto, en estas se producen esfuerzos de flexión y compresión, los esfuerzos de compresión son tan mínimos que no influyen en el grosor de la losa.

En cambio los promedios de esfuerzos de flexión y de las fuerzas de flexión son mucho mayores y por eso son usados estos valores para el diseño de espesores de los pavimentos rígidos.

El módulo de ruptura del concreto se estimó con el quince por ciento de la resistencia del concreto ante un esfuerzo de compresión, f'_c de 4 000 PSI a los 28 días de curado, por lo que el valor estimado del módulo de ruptura es de 600 PSI ($0,15 * 4\ 000\ \text{PSI} = 600\ \text{psi}$).

3.7.6. Módulo de reacción K de la subrasante

El módulo de reacción de la subrasante es la propiedad de apoyo que ofrece la subrasante al tráfico, en las tablas XXVII y XXVIII se determina por la PCA siguiendo las Normas ASTM; dicha tabla fue obtenida para base no tratada y para bases de suelo cemento, para diferentes espesores de base, teniendo limitaciones de ensayo en campo.

El valor K que se utiliza usualmente por correlación de una prueba más simple como es la clasificación del tipo de suelo según el sistema sistema unificado de clasificación de suelos (SCU) y el sistema de administración de caminos públicos (PRA).

Si se emplea la clasificación SCU, PRA o el número CBR, debe emplearse el diagrama mostrado en la tabla XXV para determinar el módulo de reacción de la subrasante, y con este valor del módulo de reacción determinar el carácter del soporte de la subrasante y subbase.

Según la tabla XXVII con un valor de CBR igual a 95% se localiza en la tabla XXV, el valor aproximado del módulo de la subrasante K, es de 750 libra sobre pulgada cúbica según la tabla XXV.

El valor soporte del suelo es muy alto, según la tabla XXVII, el valor de K = 750; lo cual quiere decir que no hay necesidad de utilizar una capa base para este caso, debido a la excelente calidad del suelo que se tiene:

- Cálculo del espesor de losa según tabla XXIX

$$MR = 600 \text{ psi}$$

- Concreto con hombro o bordillo

Soporte de la base = Muy Alto

- Cantidad de vehículos que transitan, según tabla XXV

$$TPD = 700 - 5000; \quad TPDC = 5\% - 18\%$$

El TPDC de 35 – 900, el valor que se acerca a la cantidad máxima promedio es 810 y se obtiene un espesor de losa de 6 pulgadas igual a 15 centímetros.

Tabla XXVI. Interrelación aproximada de las clasificaciones desuelos y los valores de soporte

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)																														
2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100														
SISTEMA DE CLASIFICACION DE SUELOS DE LA A.S.T.M.										GP		GM																		
										GC		GV																		
										SM																				
										SP																				
										SQ																				
										OH				ML																
										CH				CL																
														OL																
														MH																
										CLASIFICACION DE SUELOS DE LA A.A.S.H.O.										A-1-a										
A-1-b																														
A-2-4		A-2-5																												
A-2-6		A-2-7																												
		A-3																												
A-4																														
A-5																														
A-6																														
A-7-5		A-7-6																												
CLASIFICACION DE SUELOS DE LA ADMINISTRACION FEDERAL DE AVIACION																				E-1										
										E-2																				
										E-3																				
										E-4																				
										E-5																				
										E-6																				
										E-7																				
										E-8																				
										E-9																				
										E-10																				
E-11																														
E-12																														
VALOR DE RESISTENCIA - R										5	10	20	30	40	50	60	70													
MÓDULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE - K LBS/PULO.³										100	150	200	250	300	400	600	700													
VALOR DE SOPORTE LBS/PULO.²										10	20	30	40	50	60															
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)														2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30	40	60	80	100

Fuente: CHACÓN V, Henry Ernesto. Diseño de pavimento rígido. p.32.

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

Carga por eje categoría	DESCRIPCIÓN	TRÁFICO			MÁXIMA CARGA POR EJE Kip	
		TPD	TPDC		Eje Sencillo	Eje Tandem
			%	Por día		
1	Calles residenciales, carreteras rurales y secundarias (bajo a medio)	200 a 800	1 a 3	Arriba de 25	22	36
2	Calles colectoras, carreteras rurales y secundarias (altas), carreteras primarias y calles arteriales (bajo)	700 a 5000	5 a 18	de 40 a 1000	26	44
3	Calles arteriales y carreteras primarias (medio), supercarreteras o interestatales urbanas y rurales (bajo a medio)	3000 a 12000 2 carriles 3000 a 50000 4 carriles o más.	8 a 30	de 500 a 5000	30	52
4	Calles arteriales, carreteras primarias, supercarreteras (altas) Interestatales urbanas y rurales (medio a alto)	3000 a 20000 2 carriles 3000 a 15000 4 carriles o más.	8 a 30	de 1500 a 8000	43	60

Fuente: Manual Centro Americano de carreteras.

Nota: las descripciones de alto, medio y bajo, se refieren al peso relativo de las cargas por eje para el tipo de calle o carretera.

Tabla XXVIII. Tipo de suelos de subrasante y valores aproximados de k

TIPOS DE SUELO	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K
Suelos de grano fino, en el cual el tamaño de partículas de limo y arcilla predomina.	Bajo	75 – 120
Arenas y mezclas de arena con grava, con una cantidad considerada de limo y arcilla.	Medio	130 – 170
Arenas y mezclas de arena con grava, relativamente libre de finos.	Alto	180 - 220
Sub-base tratadas con cemento.	Muy alto	250 - 400

Fuente: Manual Centro Americano de carreteras.

Tabla XXIX. Valores de k para diseño de bases de suelo cemento (pca)

Valor de K de la Subrasante Lb/plg	Valores de K sobre la base lbs/plg ³			
	Espesor 4 pulg.	Espesor 6 pulg.	Espesor 9 pulg.	Espesor 12 pulg.
50	170	230	310	390
100	280	400	520	640
200	470	640	830	

Fuente: Manual Centro Americano de carreteras.

Debido a que el valor soporte que se tiene del suelo es muy alto, según la tabla XXVI, el valor que de $K = 750$; lo cual quiere decir que no hay necesidad de utilizar una capa base para este caso, debido a la calidad del suelo. Sin embargo, la Dirección General de Caminos establece una tolerancia en el espesor total compactado de la base de 10 centímetros, según la sección 304, inciso 4, para efectos de diseño se utilizará una capa base de selecto de 10 centímetros.

Tabla XXX. **TPDCpermisible de carga por eje de categoría dos,pavimentos con juntas dovela**

		Concreto sin hombros o bordillo				Concreto con hombros o bordillo				
		Soporte Subrasante – Subbase				Soporte Subrasante – Subbase				
		Espesor de losa				Espesor de losa				
		Pulg.				Pulg.				
		Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	
MR = 650 PSI	5,50				5	5,00 5,50	9	3 42	9 120	42 450
	6,00 6,50	9	4 43	12 120	59 400	6,00 6,50	96 710	380 2600	970 3400	
	7,00 7,50	80 490	320 1900	840	3100	7,00	4200			
	8,00	2500								
MR = 650 PSI	6,00 6,50		8	24	11 110	5,00 5,50	1	8	1 23	8 98
	7,00 7,50	15 110	70 440	190 1100	750	6,00 6,50	19 160	84 620	220 1500	810 5200
	8,00 8,50	590 2700	2300			7,00	1000	3600		
MR = 550 PSI	6,50			4	19	5,50			3	17
	7,00 7,50	19	11 84	34 230	150 890	6,00 6,50	3 29	14 120	41 320	160 1100
	8,00 8,50	120 560	470 2200	1200		7,00 7,50	210 1100	770 4000	1900	
	9,00	2400								

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

Nota:

- El análisis de fatiga controla el diseño.
- Una fracción de TPDC, indica que el pavimento puede transportar un número ilimitado de vehículos pequeños y camiones con dos ejes y seis llantas, únicamente pocos camiones pesados por semana (TPDC de 0,5 x 7 días = 3,50 indica de tres camiones pesados por semana).

3.7.7. Diseño de la mezcla de concreto

Para el diseño de la mezcla se utilizará el método del Instituto Americano del Concreto (ACI), la relación agua cemento establece que para una combinación dada de materiales, la resistencia del concreto a cierta edad depende de la relación del peso del agua de la mezcla y el peso del cemento; si la relación de agua cemento es fija, la resistencia del concreto a una determinada edad también es esencialmente fija, mientras la mezcla sea plástica, manejable y el agregado sólido, durable y libre de materiales dañinos.

Con la relación agua cemento y seleccionado la manejabilidad y consistencia que se necesita para el diseño, el resto será un manejo de tablas basadas en resultados que ayudaran a obtener mezclas con las características deseadas, ver tablas XXX – XXXIII, para el proyecto se requiere un concreto con una resistencia a la compresión de 4000 libras sobre pulgada cuadrada a los 28 días de curado ver tabla XXXIII y no incluirá aire en la mezcla.

El valor de sobre diseño se estimará en la resistencia a la compresión $f'c$ incrementada en 1200 libras sobre pulgada cuadrada tabla XXX; este valor es de resistencia promedio a la compresión requerida $f'cr = 5200$ psi. El revenimiento para pavimentos es de 7,5 centímetros como máximo según tabla XXXI, el tamaño máximo del agregado puede estimarse en 6 centímetros, se usará un agregado grueso más pequeño, con un tamaño nominal de 1 pulgada.

La cantidad de agua por volumen de concreto es 195 litros sobre metro cúbico, según tabla XXXII, y el porcentaje de arena sobre agregado grueso para este caso es de 42%, según tabla XXXIV; la relación agua cemento para una resistencia de 4000 libras sobre pulgada cuadrada, es 0,48 según tabla XXXIII.

Esta razón se eligió para mantener la economía y trabajabilidad del concreto. Los valores son resistencias promedio estimadas para concreto que contienen porcentajes de aire menores que las mostradas en la tabla de contenido de agua y aire según el revenimiento y tamaño de agregado. Para una relación constante de agua-cemento, la resistencia del concreto se reduce conforme se aumenta el contenido de aire. Pasos para el diseño de la mezcla:

- Calculando la cantidad de cemento:

$$C = 195 \text{ l} / \text{m}^3 / 0,48 \text{ l} = 406,25 \text{ kg/m}^3$$

- Calculando la cantidad de agregado:

$$W_{\text{AGREGADO}} = W_{\text{TOTAL}} - \text{Peso}_{(\text{AGUA} + \text{CEMENTO})}$$

$$W_{\text{AGREGADO}} = 2\,400 - (195 + 406,25) = 1\,798,75 \text{ kg/m}^3$$

- Cantidad de arena:

$$\text{Arena} = 42\% \times 1\,798,75 \text{ kg/m}^3 = 755,48 \text{ kg/m}^3$$

- Cantidad de pedrín:

$$\text{Piedrín} = 1\,798,75 - 755,48 = 1\,043,27 \text{ kg/m}^3$$

- La proporción será:

Cemento:	Arena:	Piedrín:
406,25	755,48	1043,27
406,25	406,25	406,25
1	1,86	2,57

- Peso específicos de los materiales para el diseño de mezcla:

$$\gamma_A = 1400\text{kg/m}^3; \quad \gamma_P = 1600\text{kg/m}^3; \quad \text{Cemento} = 42,50 \text{ kg}$$

- Cuantificación de materiales para 1m^3 de concreto de 4 000 psi:

$$\text{Cemento: } 406,25 / 42,5 = 9,56 \text{ sacos}$$

$$\text{Arena: } 755,48 / 1\,400 = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Piedrín: } 1043,27 / 1\,600 = 0,65 \text{ m}^3$$

- Proporción volumétrica para el diseño de la mezcla:

$$\text{Cemento: } 1 \text{ saco} = 1\text{pie}^3 = 0,02831685$$

$$\text{Arena: } (1,86 * 42,5) / 1\,400 = 0,05646$$

$$\text{Piedrín: } (2,57 * 42,5) / 1\,600 = 0,06827$$

Cemento:	Arena:	Piedrín:
0,02831685	0,05646	0,06827
<hr/>		
0,02831685	0,02831685	0,02831685
1	1,99	2,41

La proporción está dada en volumen y una bolsa de cemento tiene un volumen de un pie cúbico, entonces por cada bolsa de cemento se utilizará 1,86 pies cúbicos de arena y 2,57 pies cúbicos de piedrín. Deberá de realizarse en la obra cajones de madera para medir los agregados, para la arena se utilizara un cajón de 14,75 pulgadas x 14,75 pulgadas x 14,75 pulgadas y para el piedrín 16,40 pulgadas x 16,40 pulgadas x 16,40 pulgadas es muy difícil trabajar con fracciones, pero se debe tener una estricta supervisión profesional, para asegurar la calidad de la mezcla y la resistencia.

Tabla XXXI. Resistencia promedio a la compresión cuando no se dispone de información para establecer una desviación estándar

Resistencia a la compresión Especificada $f'c$ (psi)	Resistencia Promedio a la compresión Requerida $f'c$ (psi)
Menor de 3000	$F'c + 1000$
3000 – 5000	$F'c + 1200$
Mayor de 5000	$F'c + 1400$

Fuente: Manual Centro Americano de carreteras.

Tabla XXXII. Revenimientos para varios tipos de construcción

Tipo de construcción	Revenimiento (cm)	
	Máximo	Mínimo
Muros de cimentación y zapatas reforzadas	12,50	5,00
Zapatas simples, compuestas y muros de subestructura	10,00	2,50
Vigas, losas y muros reforzados	15,00	7,50
Columnas para edificios	15,00	7,50
Pavimentos	7,50	5,00
Concreto maciza	7,50	2,50

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

Tabla XXXIII. Requisitos aproximados de agua para diferentes revenimientos y tamaños máximos nominales de los agregados

Revenimiento o Asentamiento (cm)	3/8 "	1/2"	3/4"	1"	1 1/2 "
3 a 5	205	200	185	180	175
8 a 10	225	215	200	195	180
15 a 18	240	230	210	205	200

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

Tabla XXXIV. **Relación entre la resistencia a la compresión del concreto y la relación agua cemento**

Resistencia a la compresión a los 28 días (psi)	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
6000psi (420 kg/cm ²)	0,41	
5000psi (350 kg/cm ²)	0,48	0,40
4000psi (281 kg/cm ²)	0,57	0,48
3000psi (210 kg/cm ²)	0,68	0,59
2000psi (140 kg/cm ²)	0,82	0,74

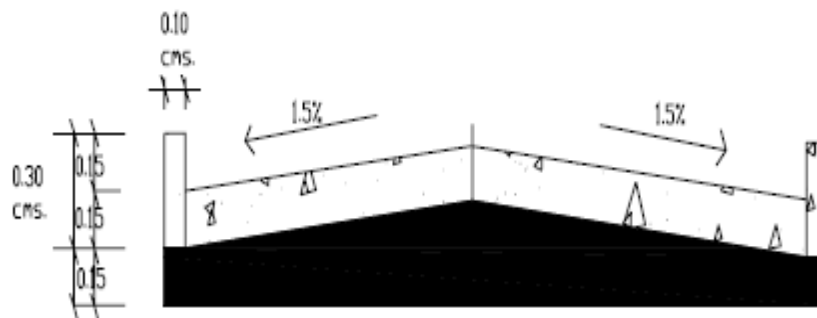
Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

Tabla XXXV. **Porcentaje de arena sobre agregado grueso**

Tamaño máximo agregado grueso	% de arena sobre agregado total
3/8"	48
1/2"	46
3/4"	44
1"	42
1 1/2 "	40

Fuente: Manual Centro Americano de diseño de carreteras.

Figura 57. **Sección típica del pavimento rígido**



Ancho = 7 m

Fuente: elaboración propia.

3.8. Elaboración de planos

Los planos y las especificaciones técnicas constituyen junto al presupuesto, los parámetros más importantes para la toma de decisiones de parte de la entidad que dará financiamiento al proyecto, en los planos se resume la información esencial del proyecto junto con los detalles y elementos constructivos más significativos. Se indica a continuación algunas especificaciones técnicas que se deberá tomar en cuenta para la ejecución del proyecto:

- Antes de colocar la capa de material selecto, deberá removerse toda piedra mayor de 15 centímetros de diámetro así como todo vegetal que esté dentro del área de trabajo.
- Se colocará una capa de material selecto de 10 centímetros de espesor ya compactada este material deberá compactarse con vibro compactador.
- Deberá construirse guardianía y bodega de materiales para un mejor manejo y seguridad de los mismos.
- Para la capa de rodadura y bordillo de concreto se utilizará una proporción de 1:2:3 en volumen (cemento, arena y pedrín), teniendo una estricta supervisión de un profesional.
- El concreto tendrá una resistencia mínima a la compresión de 4 000 libras sobre pulgada cuadrada a los 28 días de curado.

- Los agregados, arena y piedrín, deberán estar libres de materia orgánica, arcilla o cualquier material que pueda reducir la resistencia o durabilidad del concreto.
- La capa de rodadura llevará junta transversal a cada 3,50 metros y longitudinal al centro de la calle. Las juntas se llenarán con sello elastómero para evitar la filtración de agua.
- Deberá aplicarse antisol a la fundición para garantizar un mejor fraguado del concreto.
- Todo cambio que se haga en el proyecto deberá ser aprobado por los supervisores que estén a cargo del proyecto.

3.9. Elaboración de presupuesto

El costo del proyecto de pavimentación será de seis millones ochenta y ocho mil, seiscientos cincuenta con noventa y seis centavos (Q 6 088 650,96), a continuación se presenta el resumen de las cantidades de trabajo.

Tabla XXXVI. Presupuesto de diseño de pavimento rígido, para la aldea Utzumzate, Barberena, Santa Rosa

No.	Sub Renglón	Cantidad	U	Precio unitario (Q)	Sub total renglón (Q)	Total (Q)
1.0	Trabajos Preliminares					
1.1	Bodega y guardanía	1	global	25 000,00	25 000,00	
1.2	Replanteo Topográfico	2,755	km	7 069,67	19 476,94	44 476,94
2.0	Movimiento de Tierra					
2.1	Excavación no clasificada de desperdicio	11 724	m ³	82,70	969 574,80	969 574,80
3.0	Pavimento Rígido					
3.1	Reacondicionamiento de la sub rasante	19 285	m ²	5,00	96 425,00	
3.2	Suministro e instalación de base de selecto de 10 cm de espesor compactada al 95%	1 928,50	m ³	138,50	267 097,25	
3.3	Pavimento de concreto hidráulico de 15 cm de espesor	19 285	m ²	219,00	4 223 415,0	
3.4	Bordillo	5568	ml	120,00	668 160,00	5 255 097,25
4.0	Obras Complementarias					
4.1	Cuneta	3482	ml	150,00	52 300,00	
4.2	Instalación de tubería PVC de 30" para drenaje transversal	72	ml	1659,38	119 475,36	
4.3	Cabezales de Concreto Ciclópeo	21	m ³	1 911,21	40 135,41	211 910,77
COSTO TOTAL DEL PROYECTO						6 481 059,76

Fuente: elaboración propia.

3.10. Evaluación de Impacto Ambiental para la carretera de aldea Utzumzate, Barberena, Santa Rosa

La evaluación de impacto ambiental se llevó a cabo por medio de una boleta de riesgo que presenta al Ministerio de Ambiente.

Dicha boleta fue proporcionada por la Dirección Municipal de Planificación (DMP), de Barberena. Los resultados dan a conocer que no existe ningún riesgo en la ejecución de dicho proyecto de pavimentación.

Tabla XXXVII. Listado de control sobre el estudio de impacto ambiental inicial en aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa

COMPONENTES	SI	NO
¿FORMAS DEL TERRENO QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Pendientes o terraplenes inestables?		X
¿Una amplia destrucción del desplazamiento del suelo?		X
¿Un impacto sobre terrenos agrarios?		X
¿Cambios en las formas del terreno, orillas, cauces de ríos?		X
¿Destrucción, ocupación o modificación de rasgos físicos?		X
¿AIRE/CLIMATOLOGÍA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Emisiones de contaminantes aéreos que provoquen deterioro de la calidad del aire ambiental?		X
¿Olores desagradables?		X
¿Alteración de movimientos del aire, humedad o temperatura?		X
¿Emisiones de contaminantes aéreos peligrosos?		X
¿AGUA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Vertidos a un sistema público de aguas?		X
¿Cambios en las corrientes o movimientos de agua dulce?		X
¿Cambios en los índices de absorción, pautas de drenaje o cantidad de agua de escorrentía?		X
¿Alteraciones en el curso o en los caudales de avenidas?		X
¿Represas, control o modificaciones de algún cuerpo?		X
¿Vertidos en aguas superficiales o alteraciones de la calidad del agua considerando, temperatura, turbidez?		X
¿Alteraciones de la dirección o volumen del flujo de aguas subterráneas?		X
¿Alteraciones de la calidad del agua subterráneas?		X
¿Contaminación de las reservas publicas de agua?		X
¿Infracción de cursos de agua?		X
¿Instalándose en un área inundable fluvial o litoral?		X
¿Riesgo de exposición de personas al agua tales como las inundaciones?		X

Continuación de la tabla XXXVII.

¿RESIDUOS SÓLIDOS QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Residuos sólidos o basuras en volumen significativo?		X
¿RUIDO QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		X
¿Aumento de los niveles sonoros previos?		X
¿Mayor exposición de la gente a ruidos elevados?		X
¿VIDA VEGETAL QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Cambios en la diversidad o productividad o en el número de alguna especie de planta (árboles, arbustos, cultivos, micro flora)?		X
¿Reducción del número de individuos o afectara el hábitat de alguna especie vegetal considerada única?		X
¿Introducción de especies nuevas dentro de la zona o creara una barrera para el desarrollo pleno de las especies existentes?		X
¿Reducción o daño en la extensión de algún cultivo agrícola?		X
¿VIDA ANIMAL QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Reducirá el hábitat o número de individuos de alguna especie animal considerada como única?		X
¿Introducirá nuevas especies animales en el área o creara una barrera a las migraciones de los animales terrestres?		X
¿Dañara los actuales hábitats naturales y de peces?		X
¿Provocará la emigración generando problemas de interacción entre los humanos y los animales?		X
RECURSOS NATURALES ¿EL PROYECTO?		
¿Aumentará la intensidad del uso de algún recurso natural?		X
¿Destruirá sustancialmente algún recurso no reutilizable?		X
¿Se situará en un área designada considerada como reserva natural?		X
ENERGÍA ¿EL PROYECTO?	Si	No
¿Utilizará cantidades considerables de combustible o de energía?		X
¿Aumentará considerablemente la demanda de las fuentes actuales de energía?		X
¿TRANSPORTE Y FLUJO DE TRÁFICO QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Un movimiento adicional de vehículos?		X
¿Efectos sobre las instalaciones de aparcamientos o necesitara nuevos aparcamientos?		X

Continuación de la tabla XXXVII.

¿Un impacto considerable sobre los sistemas actuales de transporte?		X
¿Alteraciones sobre las pautas actuales de circulación y movimientos de gente y/o bienes?		X
¿Un aumento de los riesgos del tráfico para vehículos motorizados, bicicletas o peatones?		X
¿La construcción de nuevas calles?		X
INFRAESTRUCTURA ¿EL PROYECTO PRODUCIRÁ DEMANDA DE?		
¿Energía y gas natural?		X
¿Sistemas de comunicación?		X
¿Agua?		X
¿Saneamiento o fosas sépticas?		X
¿Red de aguas blancas o pluviales?		X
¿RIESGOS QUE PRODUCIRÁ EN LA POBLACIÓN EL PROYECTO?		
¿Alterará la ubicación o distribución humana en el área?		X
RIESGOS DE ACCIDENTES. ¿EL PROYECTO?		
¿Implicará el riesgo de explosión o escapes de sustancias potencialmente peligrosas incluyendo, pero no solo, petróleo, pesticidas, productores químicos, radiación u otras sustancias tóxicas en el caso de un accidente o una situación desagradable?		X
¿RIESGOS EN LA SALUD HUMANA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Crearé algún riesgo real o potencial para la salud?		X
¿Expondrá a la gente a riesgos potenciales para la salud?		X
¿RIESGOS EN LA ECONOMÍA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Tendrá algún efecto adverso sobre las condiciones económicas locales, turismo, sueldo, empleo?		X
¿REACCIÓN SOCIAL QUE SE PRODUCIRÁ ES ESTE PROYECTO?		
¿Conflictivo en potencia?		X
¿Una contradicción respecto a los planes u objetivos que se han adoptado a nivel local?		X
¿ESTÉTICA QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Cambiará una vista escénica o un panorama abierto al público?		X
¿Crearé una ubicación estéticamente ofensiva abierta a la vista del público?		X
¿Cambiará significativamente la escala visual o el carácter del entorno próximo?		X

Continuación de la tabla XXXVII.

RIESGOS EN LA ARQUEOLOGÍA, CULTURA, HISTORIA		
¿Alterará sitios, construcciones, objetos o edificios de interés arqueológico, cultural o histórico?		X
¿RESIDUOS PELIGROSOS QUE PRODUCIRÁ EL PROYECTO?		
¿Implicará la generación, transporte, almacenaje o eliminación de algún residuo peligroso?		X

Fuente: Dirección Municipal de Planificación de Barberena, Santa Rosa.

Tabla XXXVIII. Medidas de mitigación para los proyectos a realizarse en aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa

COMPONENTE	IMPACTO	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Emisiones a la atmósfera	Emisión de material particulado y polvo	<ul style="list-style-type: none"> • Humedecer periódicamente las vías de acceso a la obra. • Transportar el material de excavación cubierto y por las rutas establecidas con anticipación
Ruidos y/o vibraciones	Incremento en los niveles de ruido	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar trabajos de excavación e instalación de tuberías en horarios diurnos. • Mantener los vehículos en las mejores condiciones mecánicas.
Recursos hídricos	Alteración y utilización de agua superficial o subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • No utilizar el agua para otros fines. • No afectar los derechos constituidos de terceros.
	Contaminación de cursos de agua o causes por sedimentos y residuos líquidos o sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • No almacenar temporalmente material de excavación en causes o lechos de río o sectores que desemboquen en ellos. • No disponer efluentes en causes o cursos de agua que sirven para abastecimiento. • Remover inmediatamente los derrames accidentales de combustible con materiales adecuados.
Suelo	Cambios en la estructura del suelo (propiedades físico-químicas)	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar los trabajos de mantenimiento de equipo y maquinaria, si se requiere, sobre un polietileno que cubra el área de trabajo. • Remover inmediatamente el suelo, en caso de derrames accidentales de combustible y restaurar el área afectada con materiales y procedimientos sencillos.

Continuación de la tabla XXXVIII.

Vegetación y Fauna	Remoción y afectación de la cobertura vegetal	<ul style="list-style-type: none"> • Separar la capa de material orgánico de la del material inerte. • Disponer adecuadamente el material orgánico para su posible reutilización. • Evitar el paso de maquinaria sobre suelo con cobertura vegetal fuera del área de la obra. • Restaurar las zonas afectadas con especies establecidas en el lugar
Paisaje	Impacto visual	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar y restaurar el espacio público afectado, una vez finalizada la obra, retirando todos los materiales y residuos provenientes de las actividades constructivas.
Población	Alteración de las costumbres y cultura de las comunidades cercanas	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar la interferencia entre el tráfico peatonal y/o vehicular y los frentes de trabajo. • Mantener una adecuada señalización en el área de la obra en etapa de ejecución y operación. • Disponer de rutas alternativas en fechas de importancia para la población de trabajo
Población	Incremento en los niveles de accidentabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Transportar el material de excavación sin superar la capacidad del vehículo de carga. • Mantener una adecuada señalización en el área de la obra en etapa de ejecución y operación. • Instalar cercos perimetrales en los frentes de trabajo. • Controlar la velocidad de los vehículos y que estos cuenten con la alarma de reversa.
Patrimonio cultural	Daño al patrimonio cultural	<ul style="list-style-type: none"> • Suspender la obra, delimitar el área e informar a quien corresponda para una correcta evaluación, en la eventualidad de encontrar hallazgos arqueológicos. • Una vez realizadas estas actividades se puede continuar con el trabajo.

Fuente: Dirección Municipal de Planificación de Barberena, Santa Rosa.

CONCLUSIONES

1. Es necesario el estudio de los factores que afectan las propiedades de una estructura de pavimentos, tales como la composición del suelo y sus propiedades, la proporción adecuada del concreto a utilizar, así como el espesor de la capa base y de rodadura, ya que estos podrían causar daños perjudiciales, tanto en el suelo de subrasante así como en las capas de la estructura que transmiten las cargas.
2. En el análisis y diseño estructural del edificio de dos niveles, se aplicaron diferentes criterios, como los que están contenidos en el Código ACI y atendiendo a los criterios establecidos en el Reglamento de Construcción de Edificios Educativos del Ministerio de Educación.
3. Para el desarrollo del análisis estructural de marcos dúctiles, se efectuó la comparación entre el método numérico de Kani y un método de análisis por computadora denominado ETABS, entre los cuales se puede observar la similitud de resultados, para el proyecto se utilizaron los resultados de ETABS.
4. El costo monetario de construir el edificio escolar de dos niveles, en aldea Utzumazate, el cual cuenta con 352 metros cuadrados de construcción es de Q 954 713,50 lo cual indica que el precio por metros cuadrados del edificio es de Q 2 712,25 ubicando esta cantidad en el promedio del costo de obras de este tipo en el municipio de Barberena y el cual beneficiará a un total de 210 estudiantes por año.

5. El costo monetario de construir el tramo carretero que conduce de aldea Utzumazate a la aldea Los Vijaguez, el cual cuenta con una longitud de 2 755 metros por 7 metros de ancho equivalentes a 19 292 metros cuadrados de construcción; es de Q 8 705 476,00 lo cual indica que el precio por metros cuadrados de la carretera es de Q 451,25 ubicando esta cantidad en el promedio del costo de obras de este tipo en el municipio de Barberena y el cual beneficiará a las dos aldeas y conectarlas de manera rápida y segura con la cabecera municipal, así como a la CA – 1 que conduce a la ciudad capital y hacia la frontera con El Salvador, beneficiando así a un total de 2 350 personas.

6. El desarrollo adecuado de una evaluación de impacto ambiental, logra identificar los posibles impactos que podría ocasionar un proyecto al llevarse a cabo. También en éste se logran determinar los cambios o modificaciones menores que deben llevarse a cabo y/o las medidas de mitigación más acertadas.

7. Es necesario que todo proyecto deba efectuar, con la magnitud que lo requiera una evaluación de impacto ambiental, considerando la legislación que así lo establece, principalmente el Decreto Legislativo No. 68-86 Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en su Artículo 8 y el Acuerdo Gubernativo 23 – 2003 Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental.

RECOMENDACIONES

1. Realizar una supervisión estricta en los proyectos a realizar para avalar un buen funcionamiento de los mismos y asegurar que se cumplan con todas las especificaciones descritas en los planos de diseño.
2. Para todo proyecto de pavimentación, se recomienda realizar los ensayos destructivos y no destructivos correspondientes, con muestreo del tipo de suelo subrasante en el cual se realizará la estructura, a una distancia no menor de 1000 metros, que puede ser reducida hasta 200 metros cuando el suelo evidencie cambios significativos, con el fin de definir las propiedades ingenieriles y los materiales de cada perfil estratigráfico, a través de información recopilada realizando los cálculos necesarios, y así evitar sobre diseños en la estructura.
3. Garantizar una supervisión técnica en la construcción de los proyectos de infraestructura, respetando las dimensiones de los elementos, combinaciones de carga, espesores mínimos de recubrimiento, y resistencia del concreto a elaborar, para que se cumplan con las especificaciones y recomendaciones contenidas en este proyecto.
4. Conservar siempre los principios básicos de diseño para una infraestructura como: la seguridad, la economía, la durabilidad y la calidad. En todo diseño de estructuras es recomendable la simetría en geometría y rigidez de las mismas, con el fin de hacer mínimos los efectos de torsión.

5. Enfatizar que al desarrollar este tipo de proyectos, cuenten éstos con medidas de mitigación apropiadas, realizar un monitoreo constante y darle seguimiento adecuado desde las condiciones iniciales, pasando por las fases de construcción, operación y abandono; buscar lograr y mantener un entorno en el medio ambiente donde todos puedan cohabitar en armonía.
6. La legislación actual indica las normas, parámetros y/o lineamientos que deben ser cumplidos sin excepción, los cuales velan por la protección del medio ambiente y los recursos naturales. Considerando lo anterior, es necesario que las personas, cuya actividad está involucrada en ser participes o responsables de efectuar las evaluaciones de impacto ambiental, busquen continuamente estar actualizadas en todas las nuevas legislaciones que son creadas.
7. Se debe de tomar en cuenta que conforme el tiempo avanza y no se ejecutan los proyectos, el costo de estos aumentará, ya que el costo de los diferentes materiales aumenta debido a la escases de estos y la inflación de la economía que se da en el país.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318S – 05 y Comentario ACI 318SR05*. Estados Unidos: ACI, 2005, 584 p.
2. AASHTO. *Design Procedures For New Pavementes: Curso de diseño de pavimentos método AASHTO – 93*. Argentina: Universidad Nacional de San Juan Argentina, 2000. 139 p.
3. CHACÓN VALDEZ, Henry Ernesto. *Diseño de pavimento rígido de la calzada principal de acceso al municipio de El Progreso y ampliación del sistema de agua potable de la aldea El Ovejero del municipio de El Progreso*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1995. 125 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4a ed. México: Limusa, 1999. 640 p.
5. LECLAIR, Raúl. *Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de las carreteras regionales: Convenio USAID: No. 596 – 0181.20*. Costa Rica: USAID, 2010. 560 p.
6. MCCORMAC, Jack. *Diseño de concreto reforzado*. 4a ed. México: Alfaomega, 2010. 540 p.

7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental:Acuerdo Gubernativo No. 23-2003*. Guatemala:MARN,2003. 90 p.
8. ROJAS TORRES, María Yessenia. *Manual de evaluación de impacto ambiental*. Trabajo de graduación de Ing. Civil.Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 126 p.
9. SIGUÍ VILLEDA, Max Adolfo.*Diseño de edificio escolar de dos niveles para aldea Limones y diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para aldea El Zapote, municipio de Gualán, Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería,2007. 145 p.
10. TAMPÁN CORADO, Rolando Antonio.*Guía teórica y práctica para uso de software de ETABS para diseño reestructuras de concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 135 p.

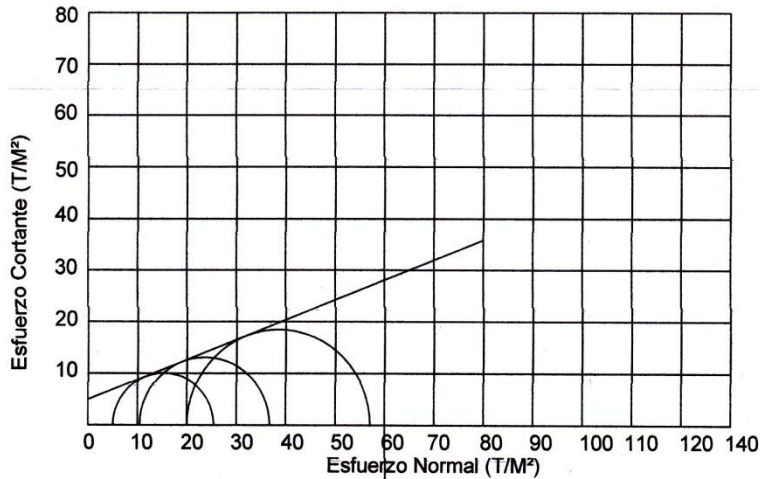
ANEXO



ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR

INFORME No.: 0507 S.S. O.T.: 29,150

INTERESADO: Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy
PROYECTO: EPS- Diseño de Edificio de dos Niveles para el Instituto de Educación Basica.
Ubicación: Aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa
Fecha: 10 de Noviembre del 2011
pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



PARAMETROS DE CORTE:

ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : $\phi = 20.09$	COHESIÓN: $C_u = 3.45$
---	------------------------

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 ²)	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q (T/m ²)	15.23	26.50	40.30
PRESION INTERSTICIAL u (T/m ²)	x	x	x
DEFORMACION EN ROTURA E_r (%)	6.0	9.0	12.5
DENSIDAD SECA (T/m ³)	1.32	1.32	1.32
DENSIDAD HUMEDA (T/m ³)	1.75	1.75	1.75
HUMEDAD (%H)	54.8	54.8	54.8

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC

Atentamente,



Ing. Omar Enrique Mediano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



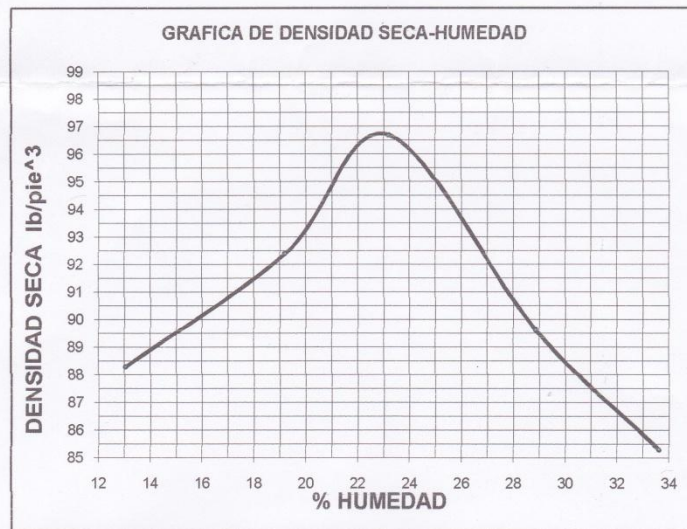
Nº 15742

INFORME No. 0503 S.S. O.T.: 29,151

Interesado: Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy
Asunto: ENSAYO DE COMPACTACIÓN.

Proctor Estándar: () Norma:
Proctor Modificado: (X) Norma: A.A.S.T.H.O. T-180

Proyecto: EPS- Diseño de un Pavimento Rígido para la Aldea Utzumazate.
Ubicación: Aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa
Fecha: 11 de noviembre del 2011



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café Claro
Densidad seca máxima γ_d : 1536 Kg/m³ 95.9 lb/ft³
Humedad óptima Hop.: 23.0 %
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Caño Morales
DIRECTORA CII/USAC



Omar Enrique Medrano Méndez
Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



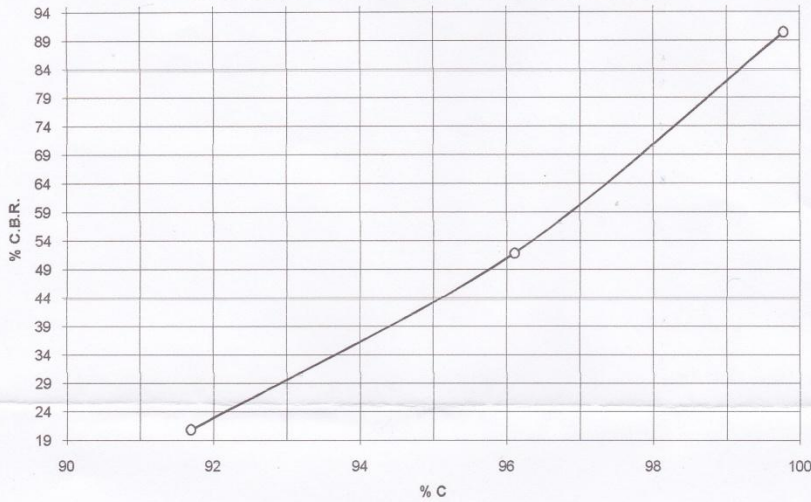
Nº 15743

INFORME No.: 0504 S.S. O.T.: 29,151

Interesado: Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy
 Asunto: Ensayo de Razón Soporte California (C.B.R.) Norma: A.A.S.H.T.O. T-193
 Proyecto: EPS- Diseño de un Pavimento Rígido para la Aldea Utzumazate.
 Ubicación: Aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa
 Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café Claro
 Fecha: 11 de noviembre del 2011

PROBETA No.	GOLPES No.	A LA COMPACTACION		C (%)	EXPANSION (%)	C.B.R. (%)
		H (%)	γ_d (Lb/pe ³)			
1	10	23.00	87.9	91.69	2.17	20.9
2	30	23.00	92.2	96.10	2.39	51.9
3	65	23.00	95.7	99.78	3.09	90.4

GRAFICA DE % C.B.R.-% DE COMPACTACION



Atentamente,

Vo. Bo.:

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



Enrique Medrano Mendez
Ing. Enrique Medrano Mendez
Jefe Sección Mecánica de Suelos



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Nº 15744

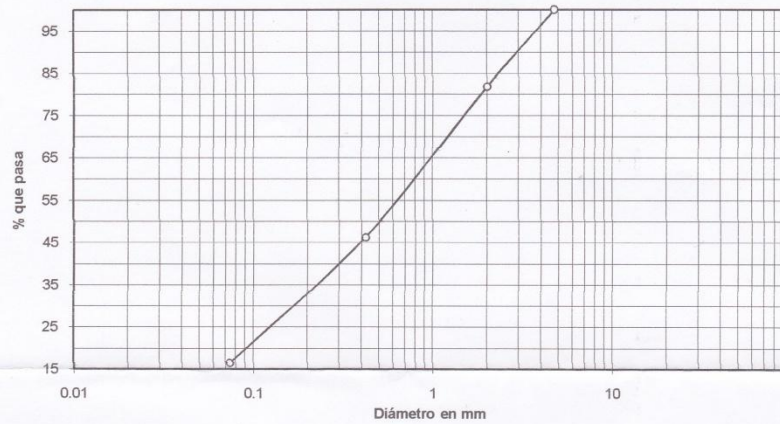
INFORME No. 0505 S.S.

O.T. No. 29,151

Interesado: Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy
Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y lavado previo.
Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
Proyecto: EPS- Diseño de un Pavimento Rígido para la Aldea Utzumazate.
Procedencia: Aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa
Fecha: 11 de noviembre del 2011

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
2"	50.8	100.00
3/4"	19.00	100.00
4	4.76	100.00
10	2.00	81.87
40	0.42	46.36
200	0.074	16.56

% de Grava: 0.00
% de Arena: 83.44
% de Finos: 16.56



Descripción del suelo: Arena Limosa Color Café Claro
Clasificación: S.C.U.: SM P.R.A.: A-4
Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,

Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cando Morales
DIRECTORA CII/USAC



Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

FACULTAD DE INGENIERIA -USAC
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo 2476-3992. Planta 2443-9500 Ext. 1502. FAX: 2476-3993
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



Nº 15745

INFORME No. 0506 S. S O.T.: 29,151

Interesado: Rodolfo Florentin Ralac Ixcoy
Proyecto: EPS- Diseño de un Pavimento Rígido para la Aldea Utzumazate.

Asunto: ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG
Norma: AASHTO T-89 Y T-90

Ubicación: Aldea Utzumazate, Barberena, Santa Rosa

FECHA: 11 de noviembre del 2011

RESULTADOS:

ENSAYO No.	MUESTRA No.	L.L. (%)	I.P. (%)	C.S.U. *	DESCRIPCION DEL SUELO
1	1	0	0	S.M.	Arena Limosa Color Café Claro

(*) C.S.U. = CLASIFICACION SISTEMA UNIFICADO

Observaciones: Muestra tomada por el interesado.

Atentamente,



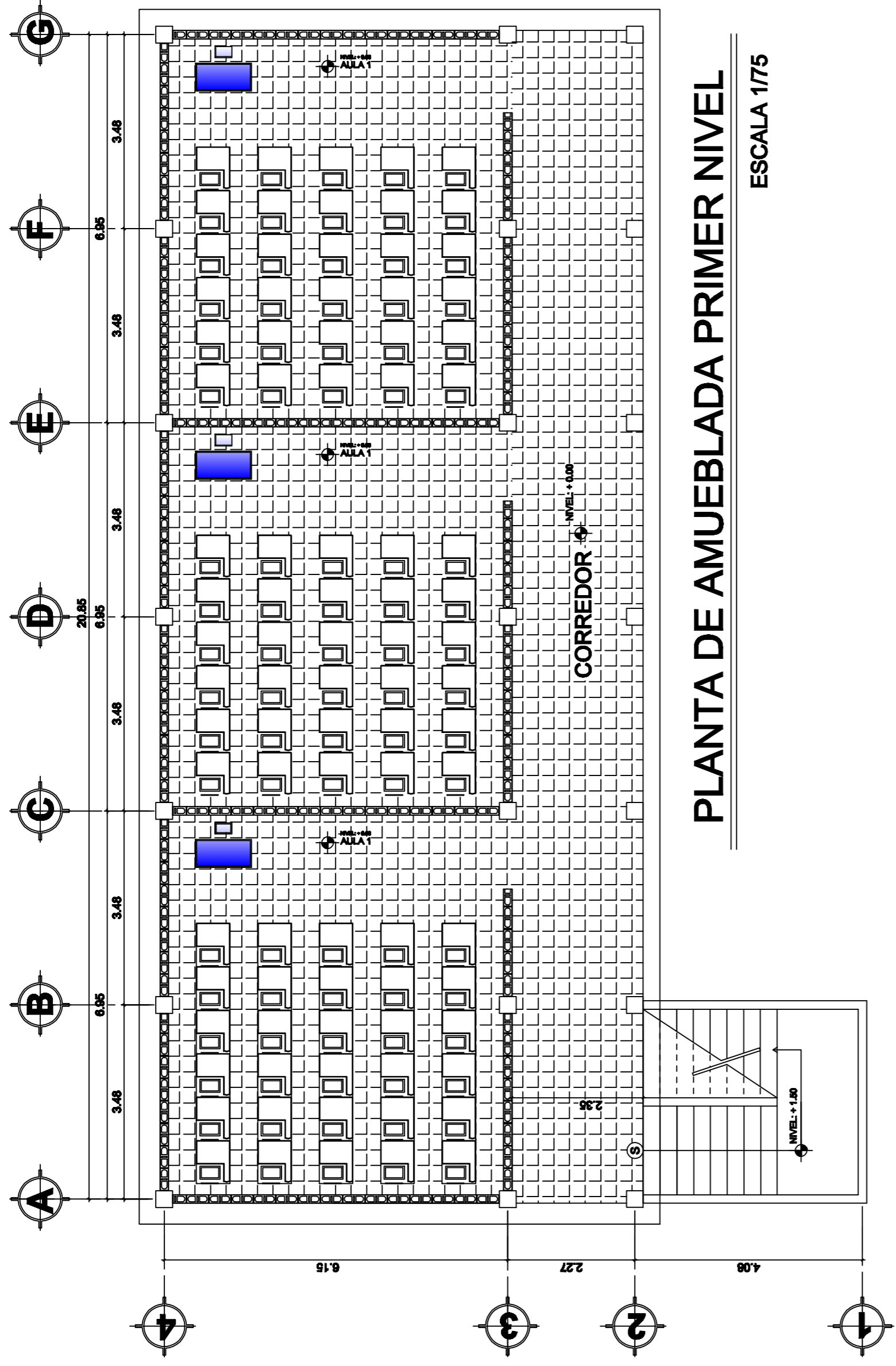
Vo. Bo.

Inga. Telma Mariela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



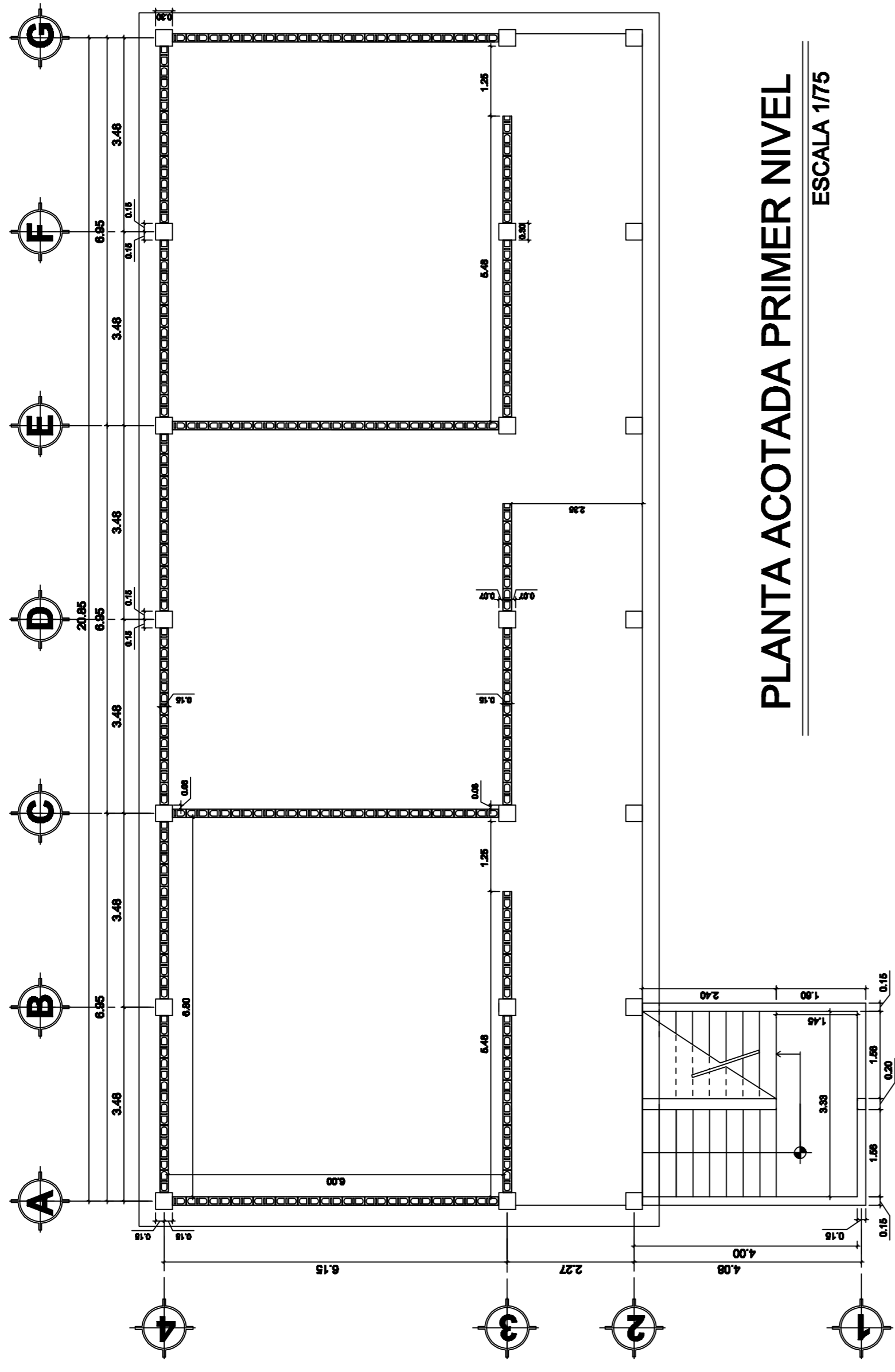
Ings. Omar Enrique Medrano Méndez
Jefe Sección Mecánica de Suelos

Omar E. Medrano Méndez



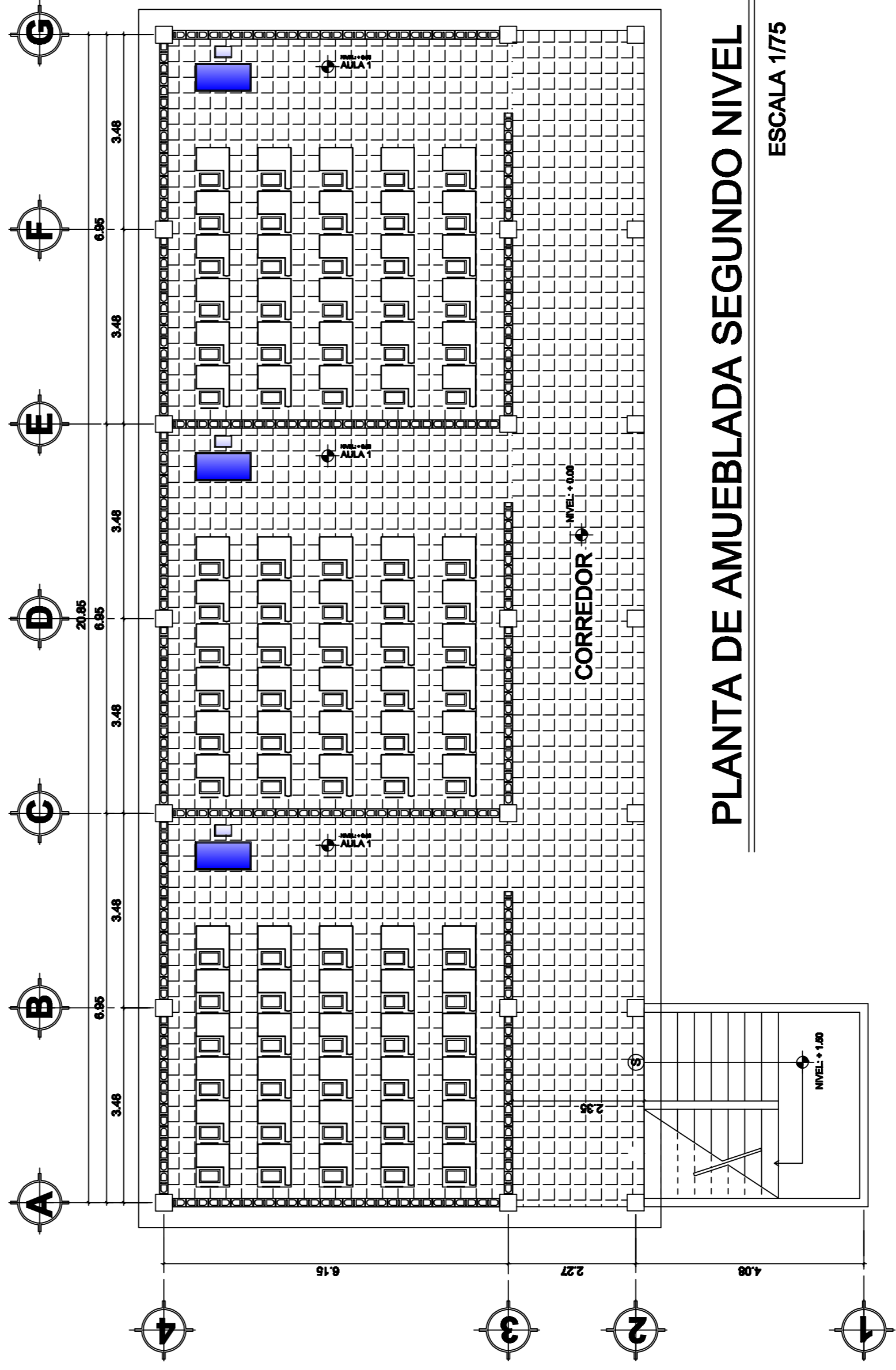
PLANTA DE AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75



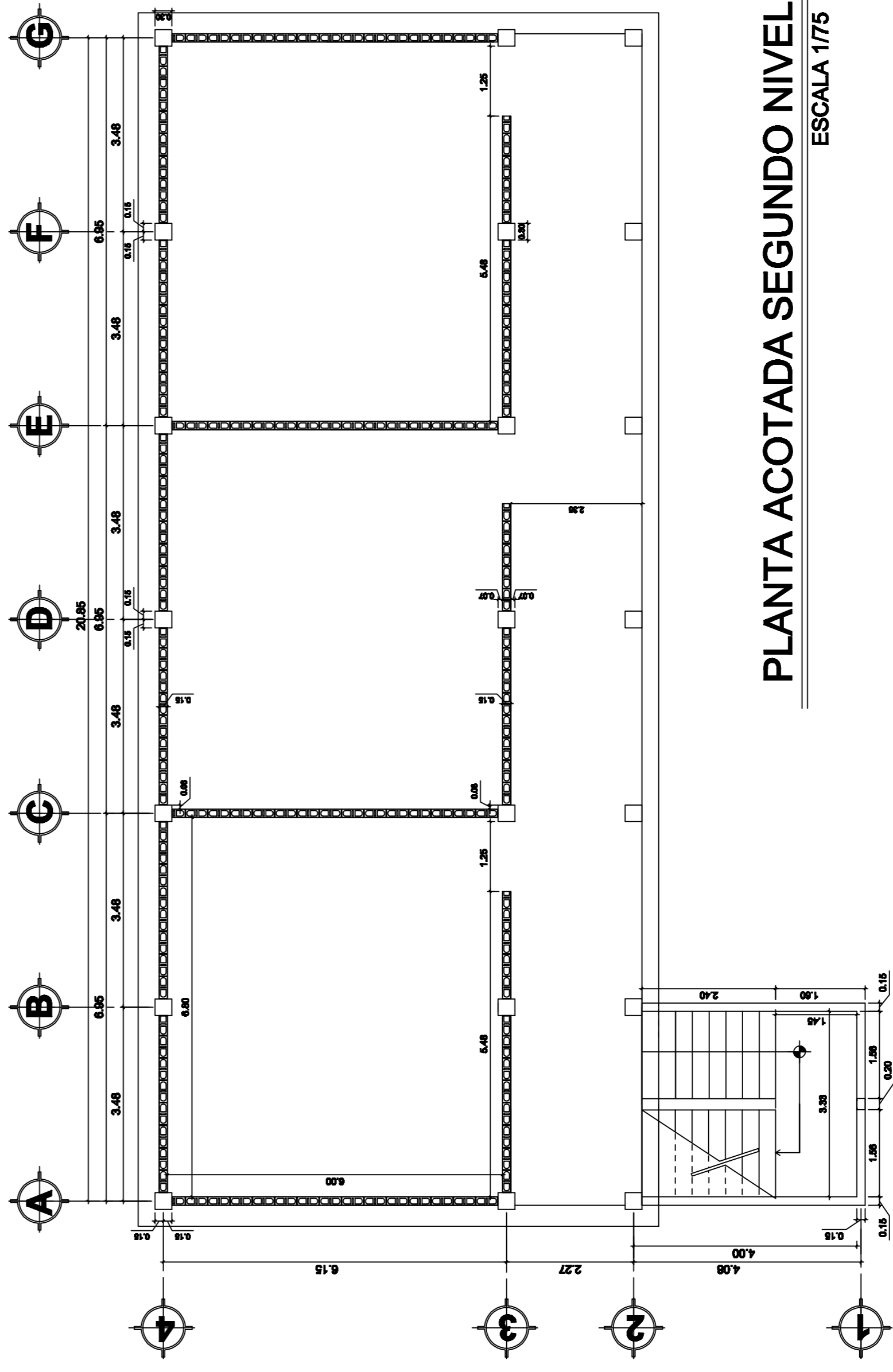
PLANTA ACOTADA PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75



PLANTA DE AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75

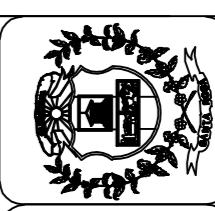


PLANTA ACOTADA SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA



PROYECTO: DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA

UBICACIÓN: ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA

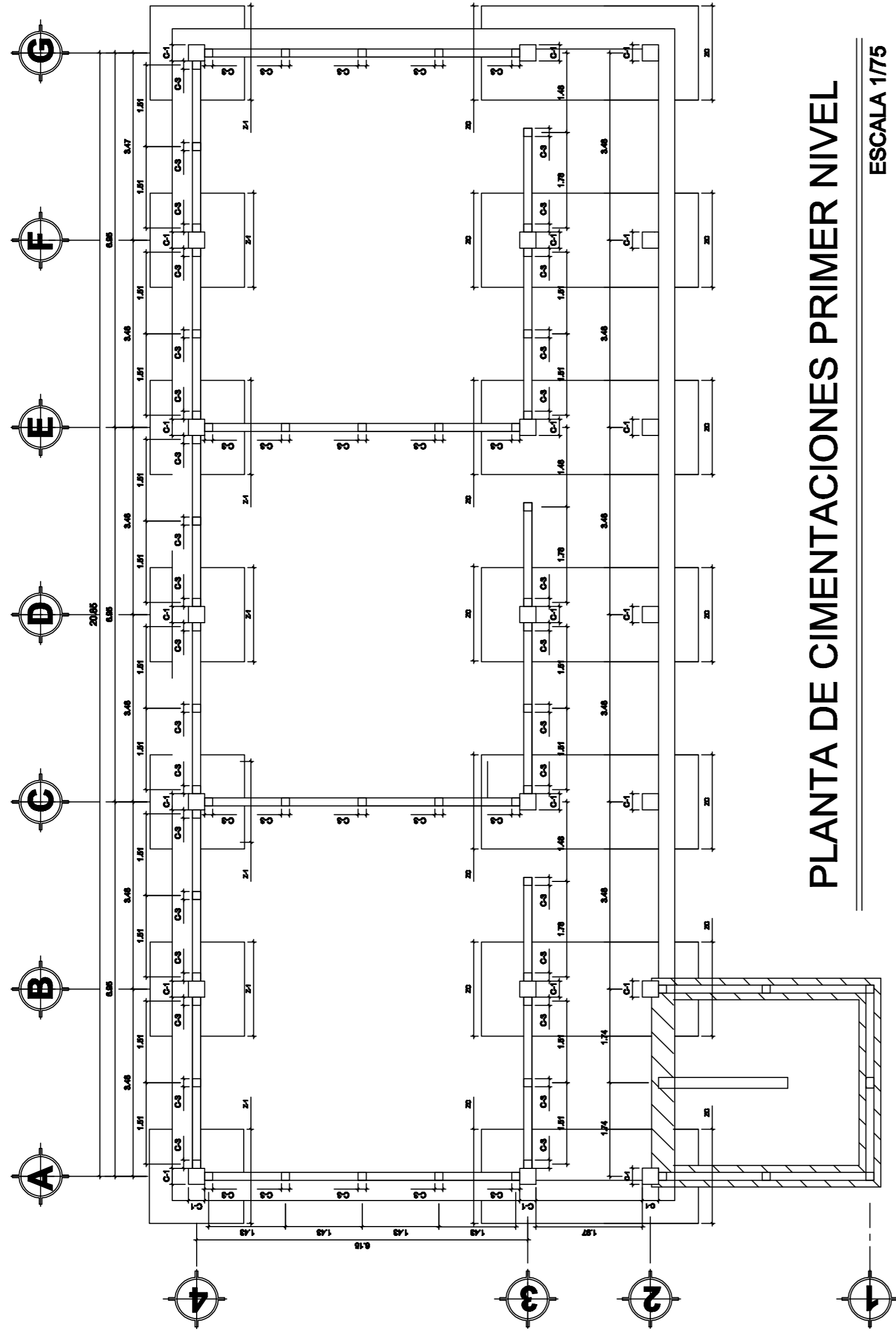
PLANO DE: PLANTA ACOTADA Y PLANTA AMUEBLADA

FECHA: ABRIL DE 2012

ESCALA: INDICADA

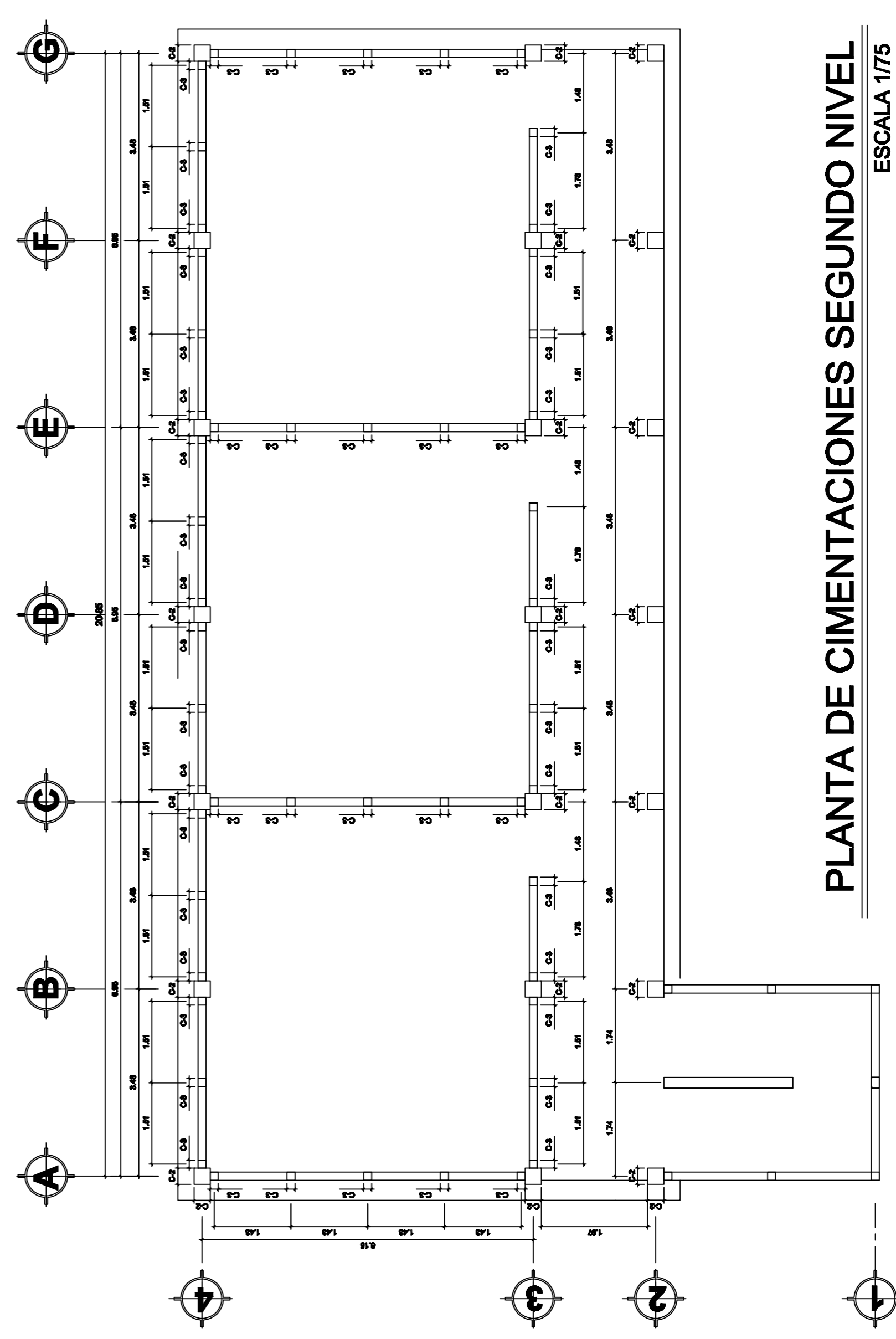
HOJA No. 2/11

PROYECTO DE INGENIERIA



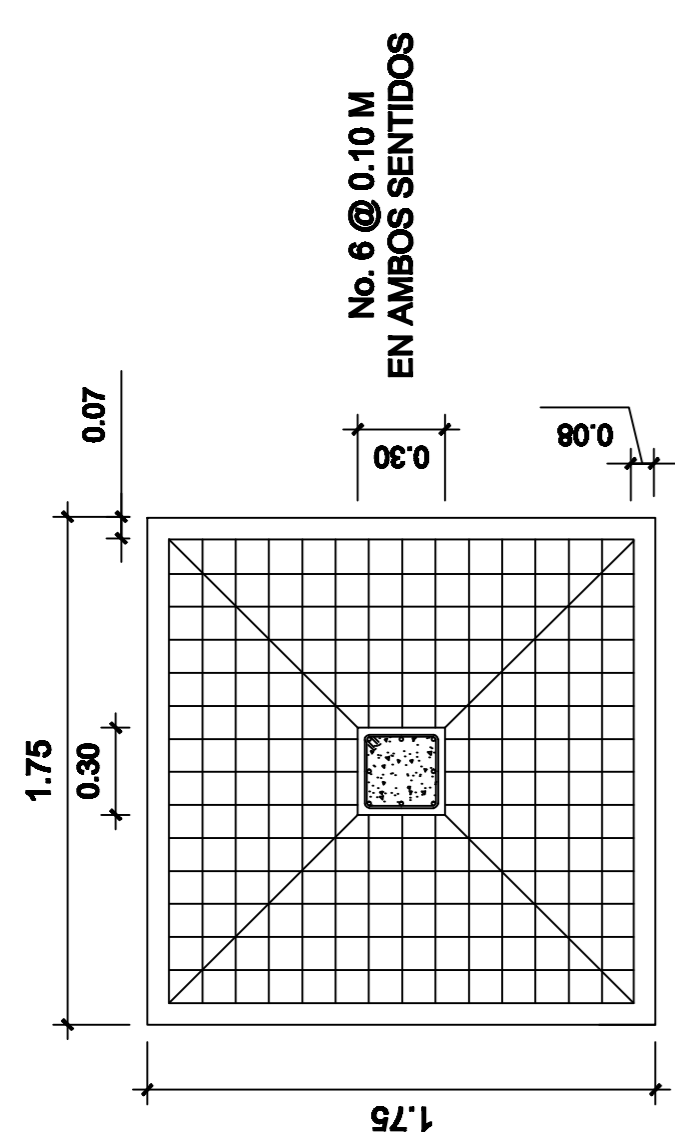
PLANTA DE CIMENTACIONES PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75



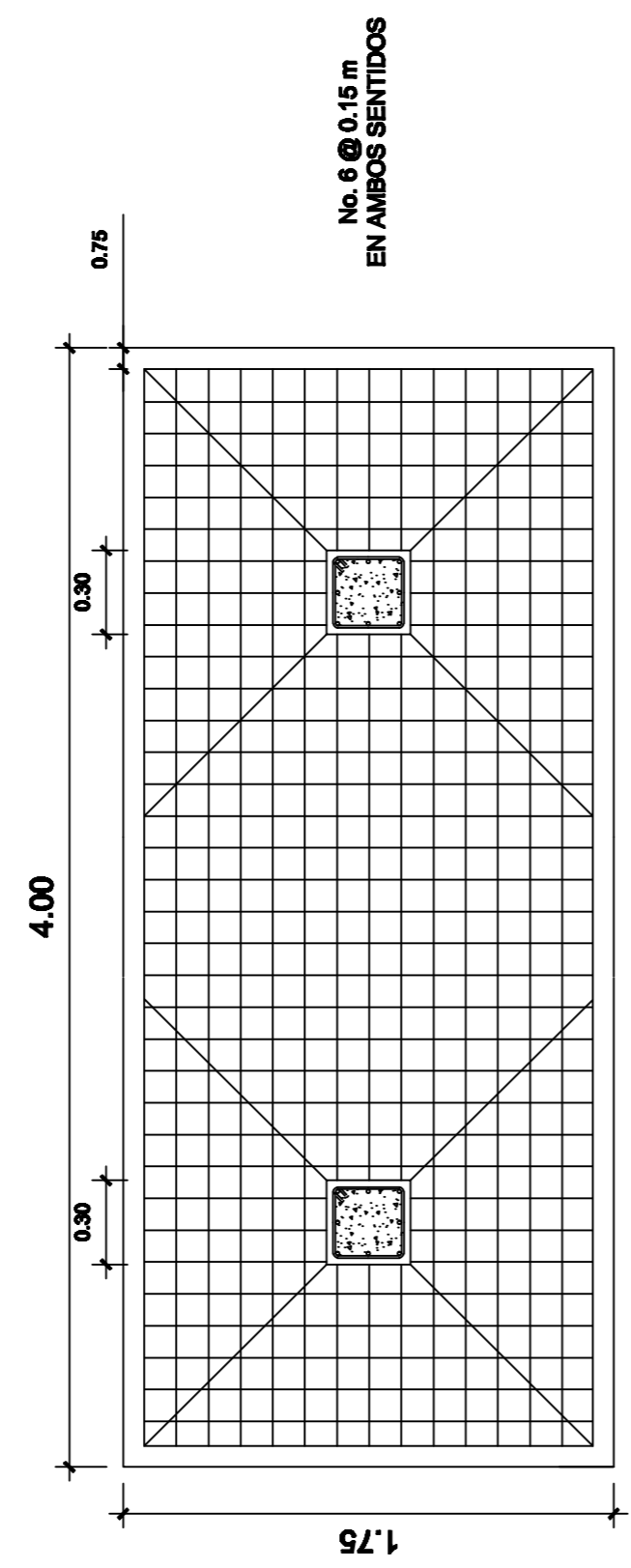
PLANTA DE CIMENTACIONES SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



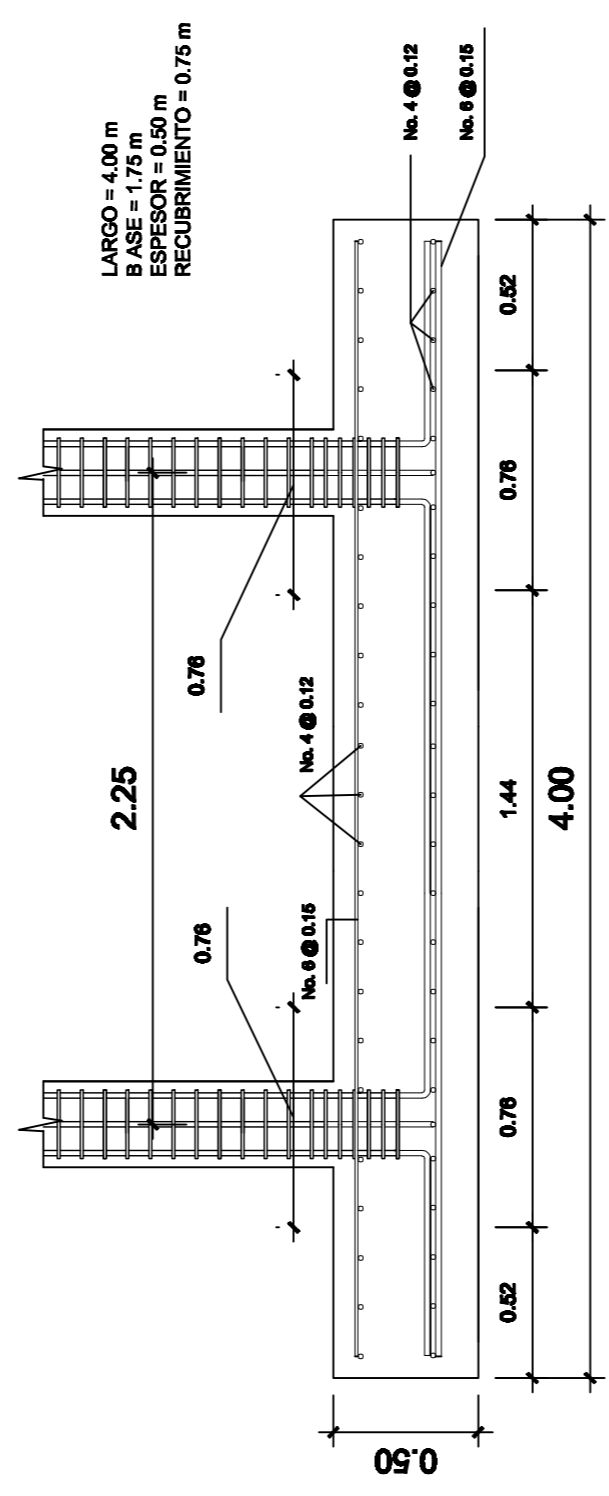
ZAPATAS T-1

ESCALA 1/25



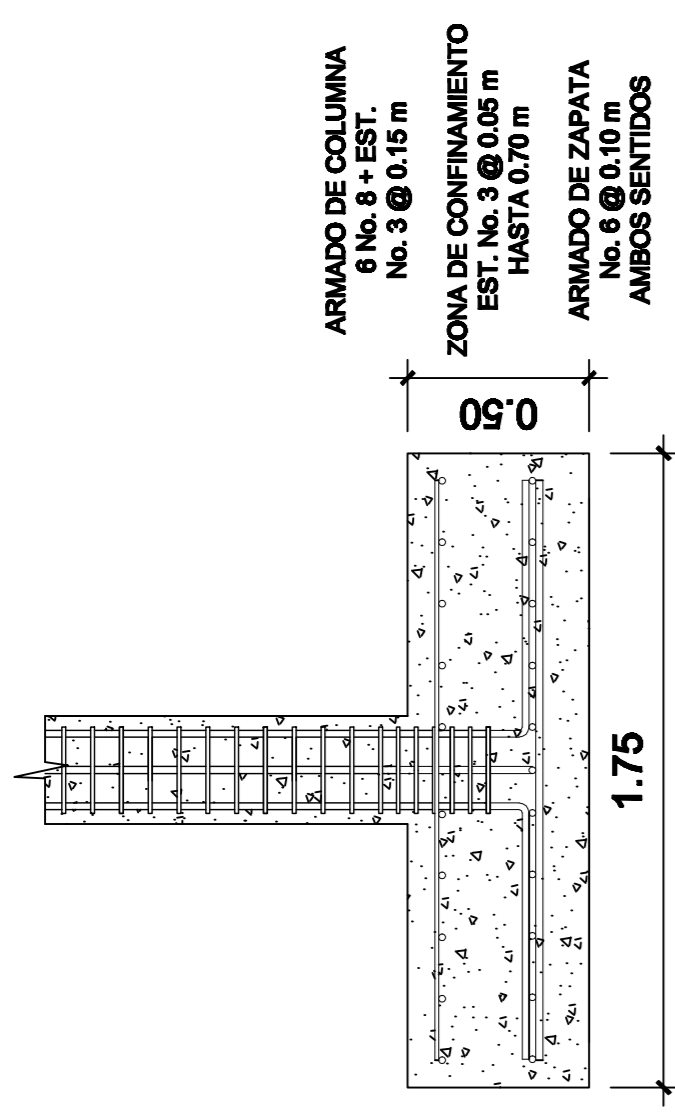
ZAPATAS COMBINADA

ESCALA 1/25



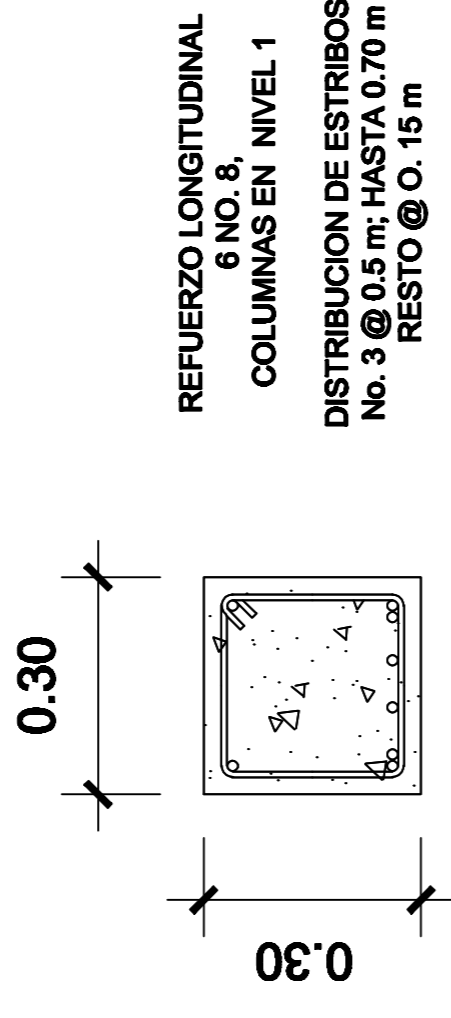
SECCIÓN DE ZAPATA

ESCALA 1/25



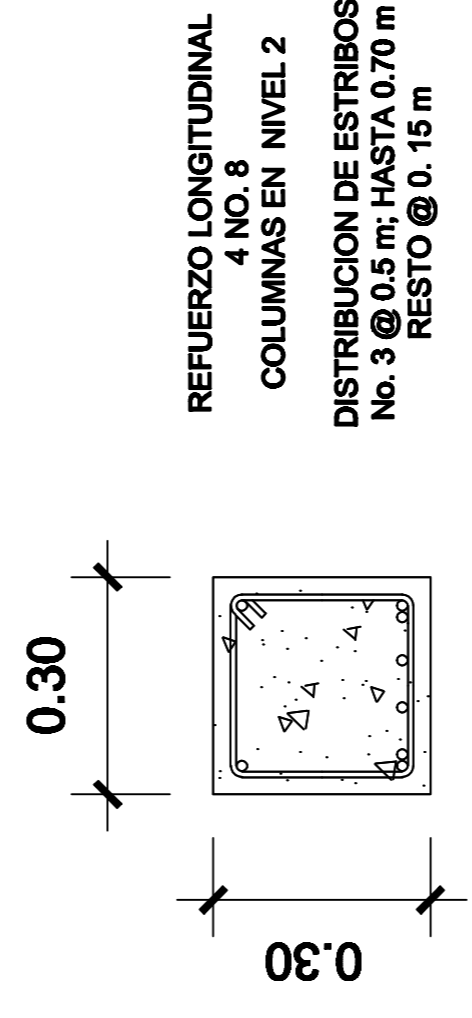
SECCIÓN DE ZAPATA

ESCALA 1/20



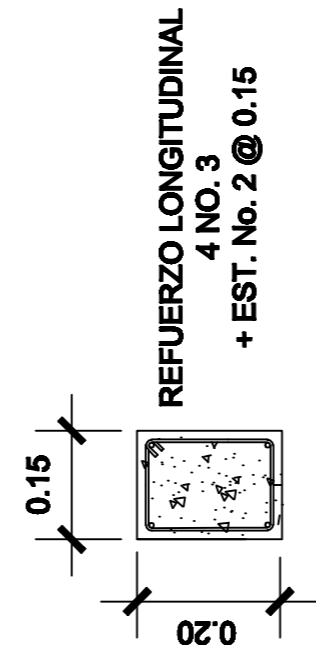
COLUMNA C - 1

ESCALA 1/10



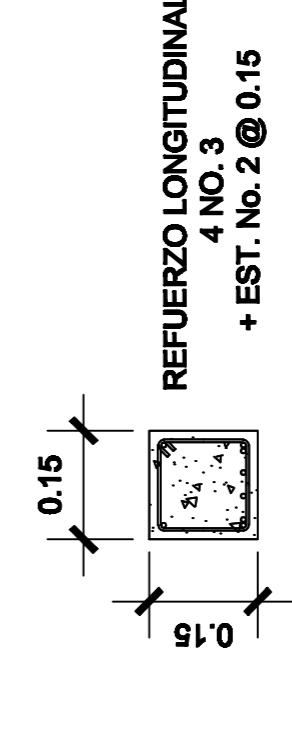
COLUMNA C - 2

ESCALA 1/10



SOLERA HIDROFUGA

ESCALA 1/10



COLUMNA C - 3

ESCALA 1/10

ESPECIFICACIONES

RESISTENCIA DE ACERO
 $F_y = 40,000 \text{ PSI (2810 Kg/ CM}^2\text{)}$

RESISTENCIA DE CONCRETO A LOS
 28 DÍAS
 $F'_c = 3,000 \text{ PSI (210 Kg/ CM}^2\text{)}$

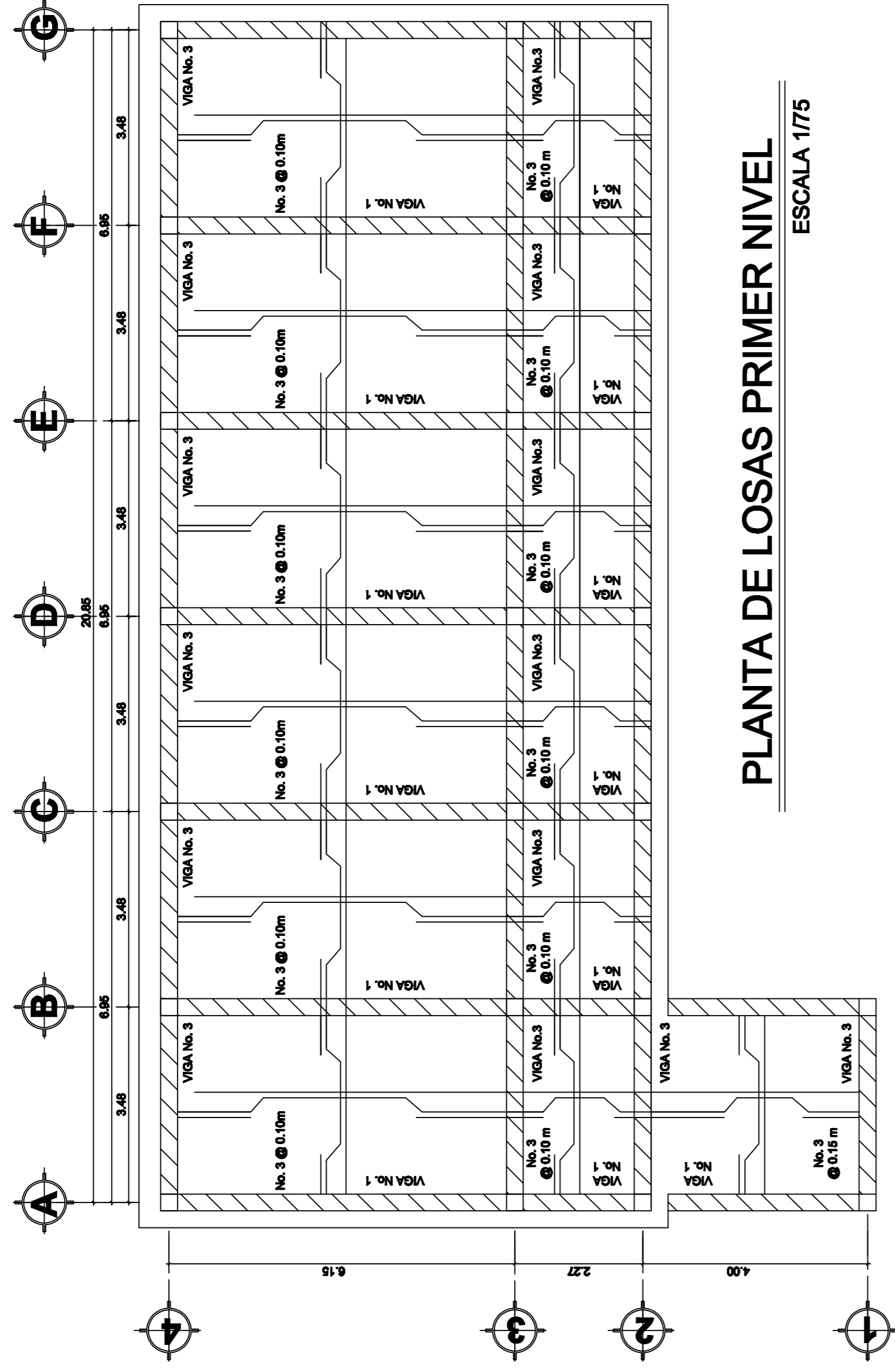
PROPORCIÓN 1:2:3

1 SACO DE CEMENTO
 10 PALADAS DE ARENA
 20 PALADAS DE PIDRIN

LEVANTADO DE MURO

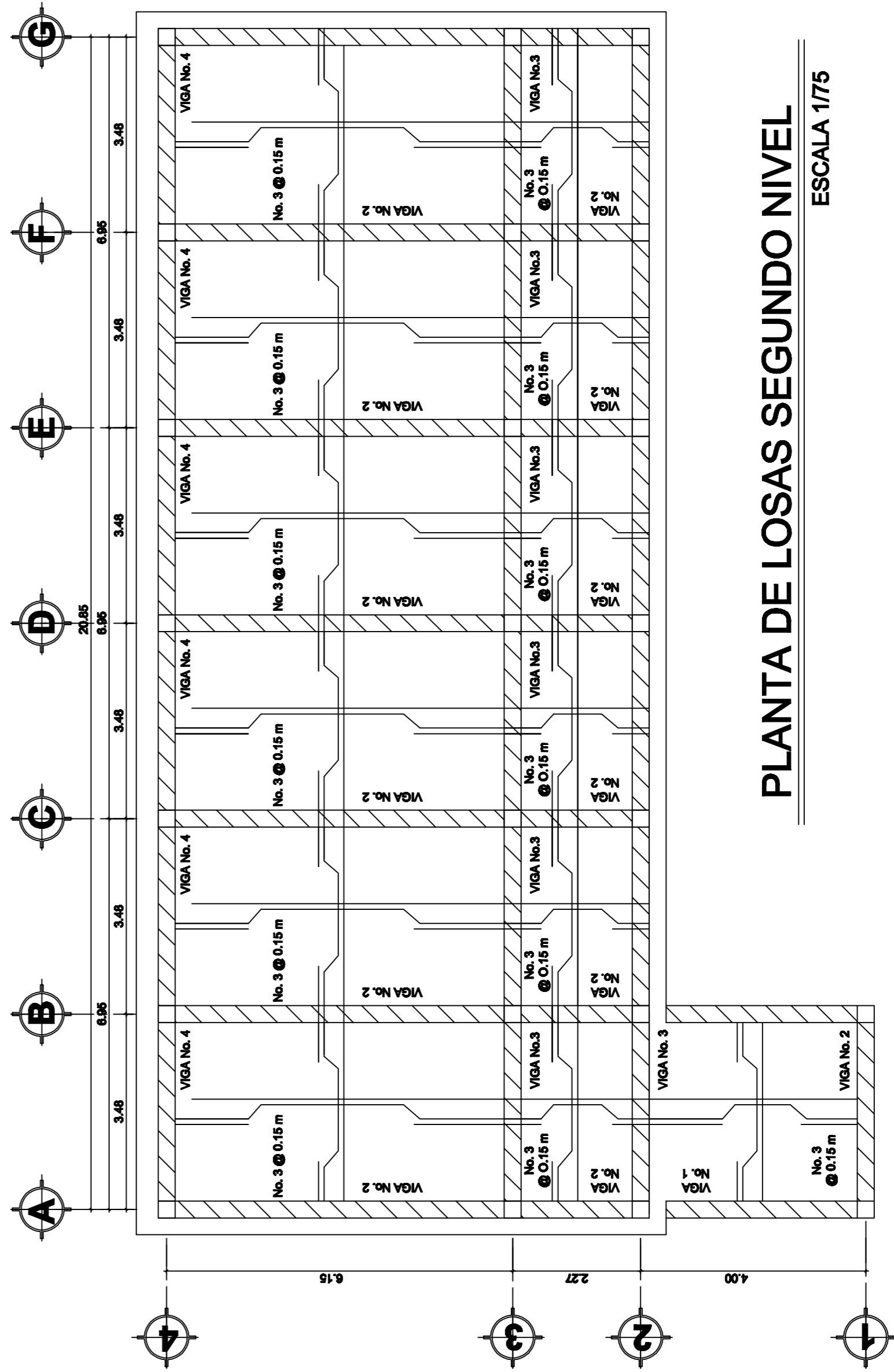
BLOCK PÓMEZ 0.14 X 0.19 X 0.39
 RESISTENCIA 25 kg/ cm²

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA
PROYECTO DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA	UBICACIÓN ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA	PLANO DE PLANTA ACOTADA Y PLANTA AMUEBLADA
ASESOR ALFREDO ANAYALAR	DISEÑADOR RODOLFO PALACIOS	DIBUJANTE ROBERTO SUAREZ
FECHA No. 3 / 11		PLAN CALIFICADO DE PROYECTO ANÁLISIS Y DISEÑO DE ESTRUCTURAS



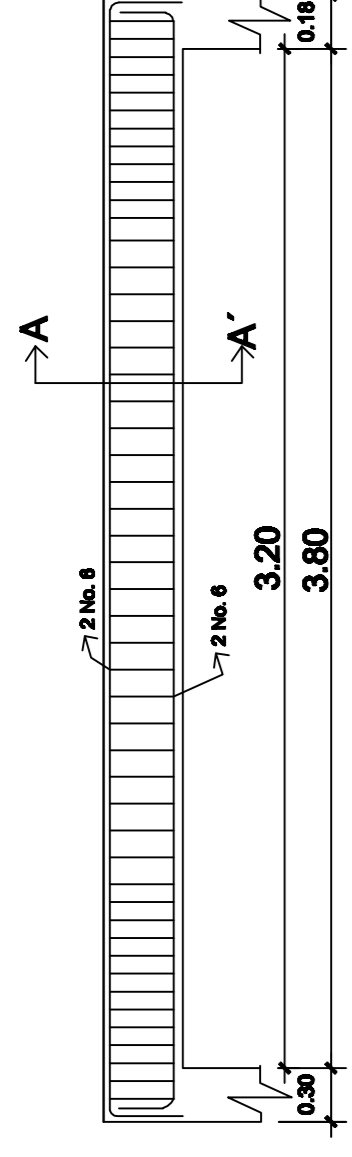
PLANTA DE LOSAS PRIMER NIVEL

ESCALA 1/75



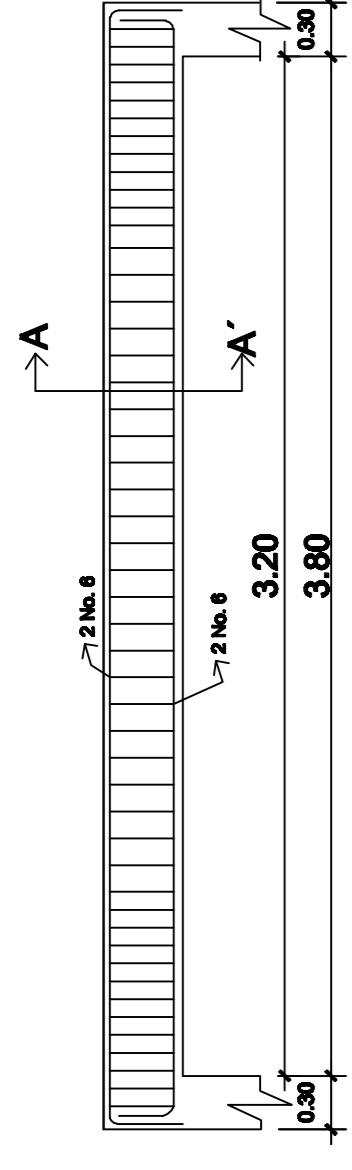
PLANTA DE LOSAS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/75



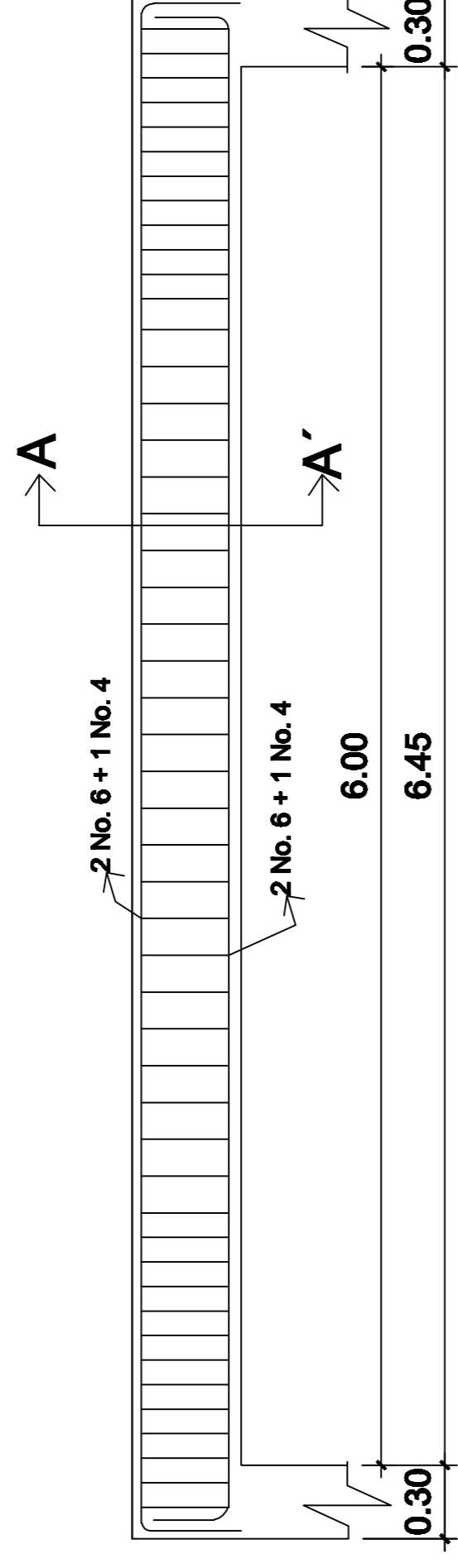
DETALLE DE VIGA TIPO 3

ESCALA 1:25



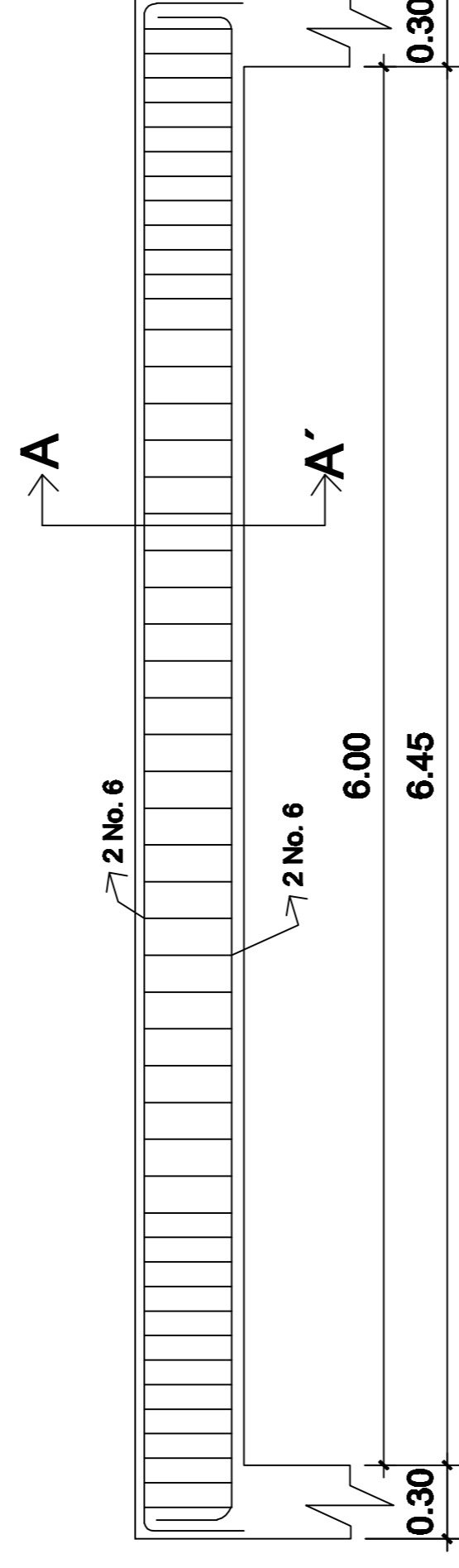
DETALLE DE VIGA TIPO 4

ESCALA 1:25



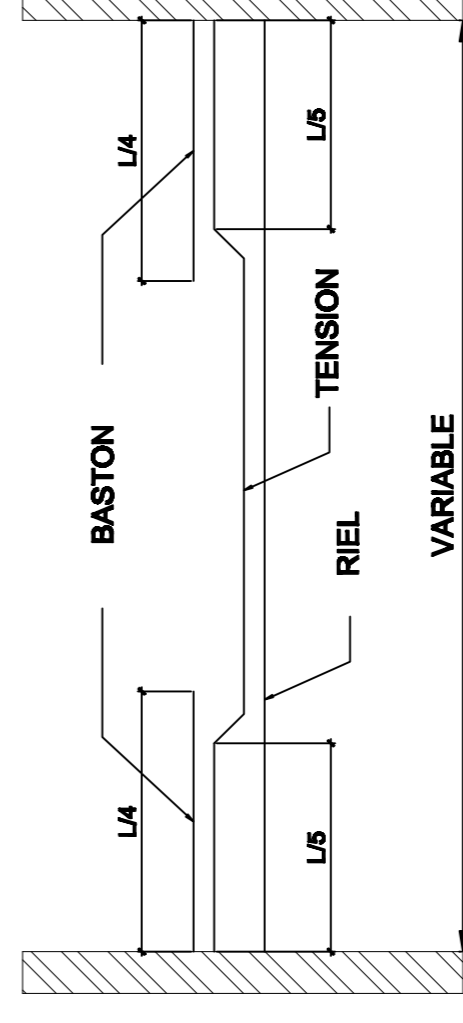
DETALLE DE VIGA TIPO 1

ESCALA 1:25



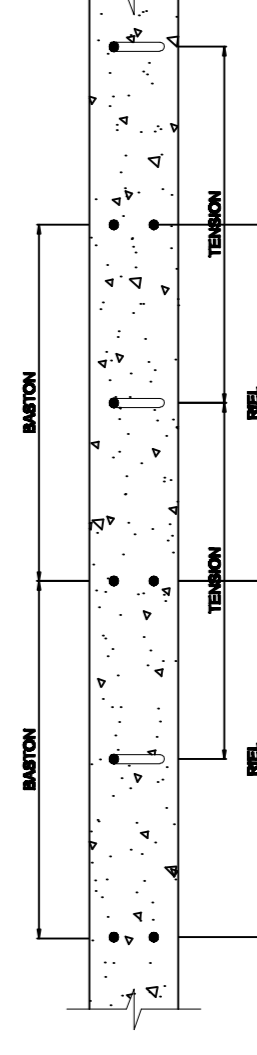
DETALLE DE VIGA TIPO 2

ESCALA 1:25



DETALLE DE PLANTA DE LOSA

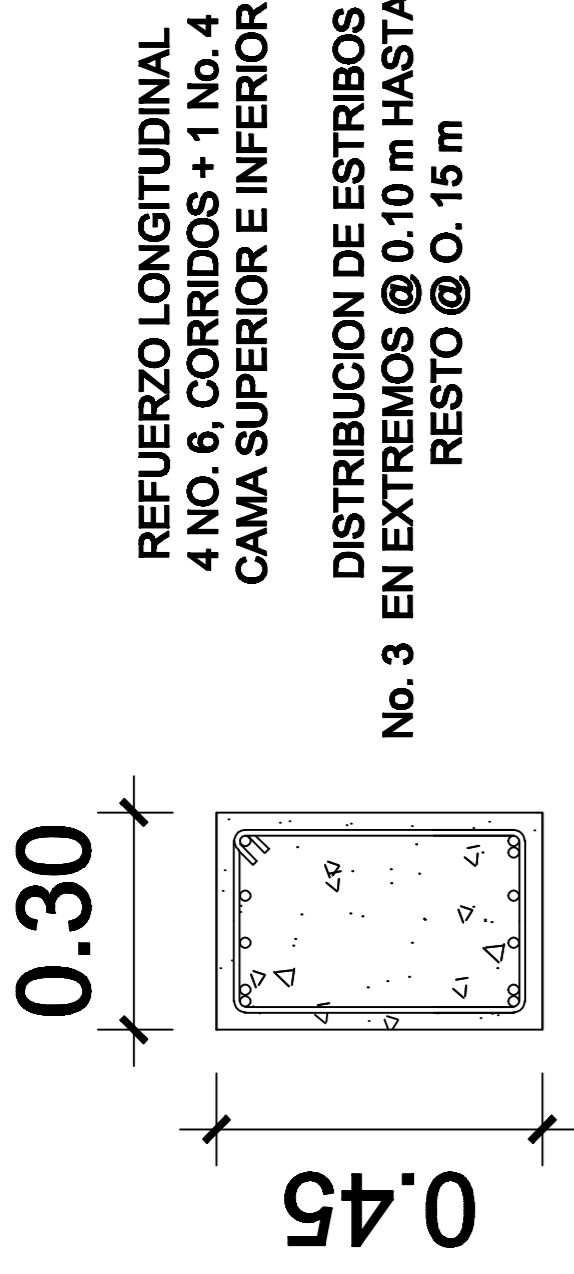
SIN ESCALA



SECCIÓN DE LOSA

SIN ESCALA

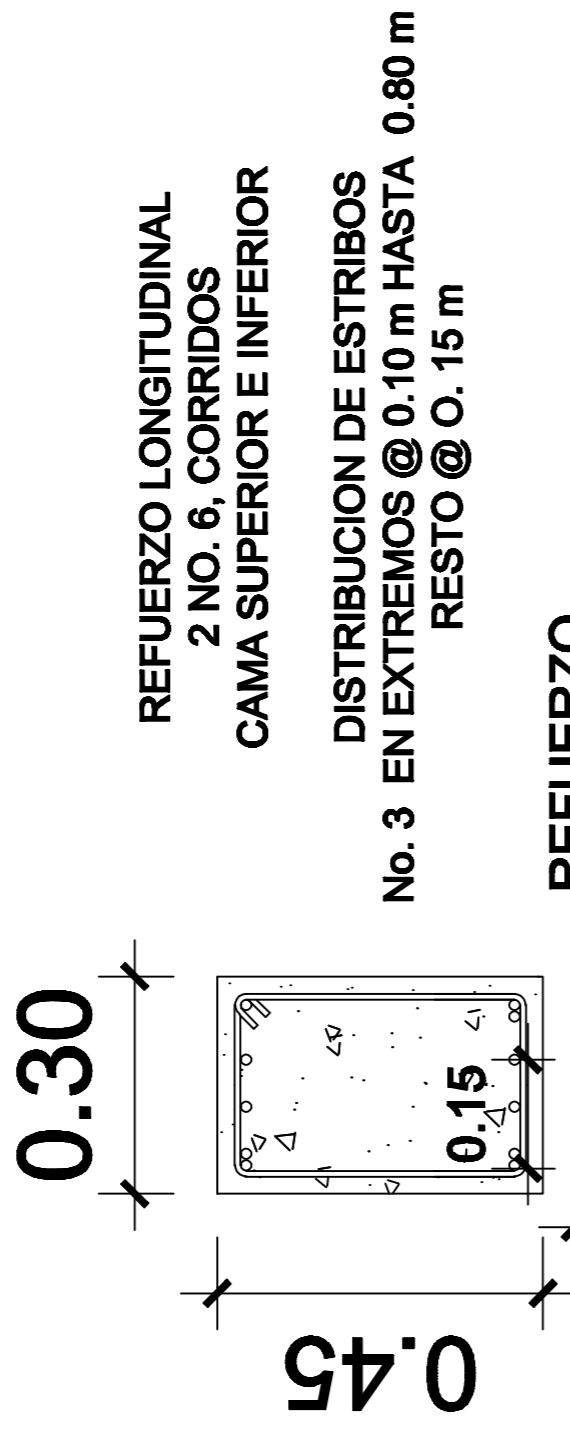
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA		
PROYECTO DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA	UBICACIÓN ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA	FECHA AGOSTO DE 2012
ASESOR ALFREDO ARRIVALZA	DISEÑO RODOLFO PALACIOS	FECHA AGOSTO DE 2012
PLAN DE PLANTA DE LOSA, DETALLES DE LOSA Y VIGA	ESCALA 4 / 11	FECHA AGOSTO DE 2012
PLAN DE LOSA DE PRIMER NIVEL		



REFUERZO LONGITUDINAL
4 NO. 6, CORRIDOS + 1 No. 4
CAMA SUPERIOR E INFERIOR
DISTRIBUCION DE ESTRIBOS
No. 3 EN EXTREMOS @ 0.10 m HASTA 0.80 m
RESTO @ O. 15 m

SECCIÓN A - A' VIGA TIPO 1

ESCALA 1:10



REFUERZO LONGITUDINAL
2 NO. 6, CORRIDOS
CAMA SUPERIOR E INFERIOR
DISTRIBUCION DE ESTRIBOS
No. 3 EN EXTREMOS @ 0.10 m HASTA 0.80 m
RESTO @ O. 15 m

SECCIÓN A - A' VIGA TIPO 3

ESCALA 1:10

REFUERZO
4 No. 3

DETALLE DE SOLERA FINAL

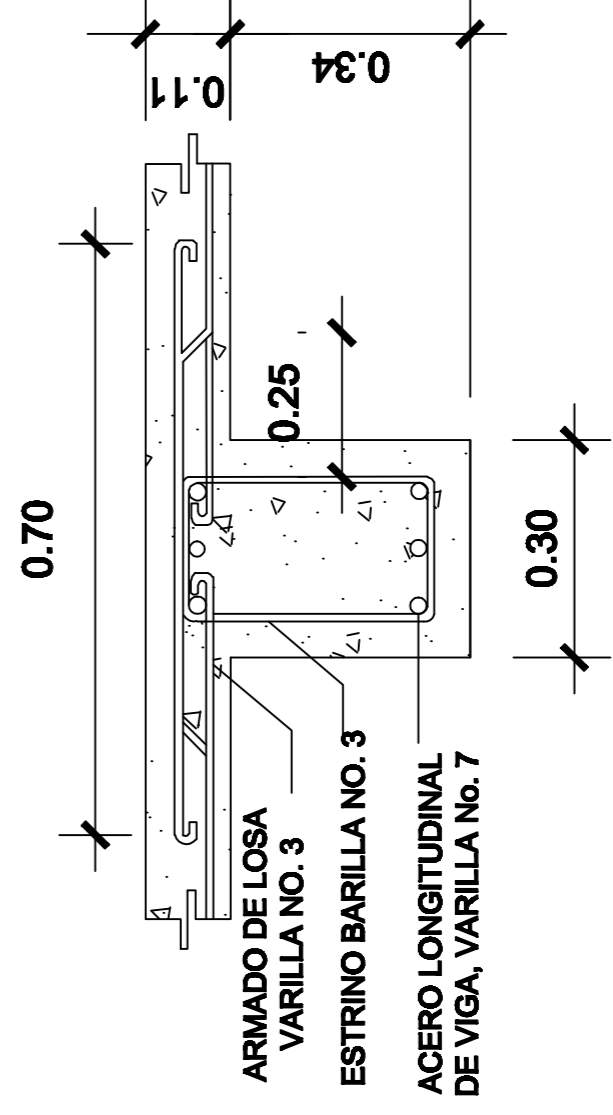
ESCALA 1/5



REFUERZO
4 NO. 3
+ EST. No. 2 @ 15. M

DETALLE DE SOLERA INTERMEDIA

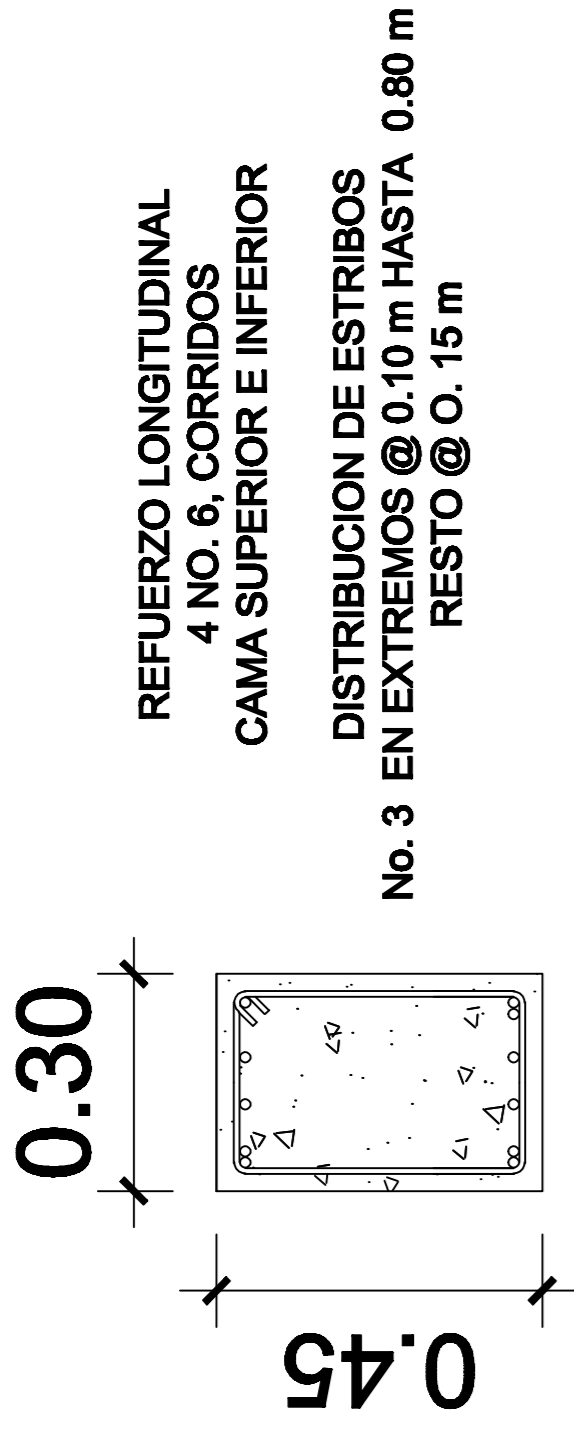
ESCALA 1/5



ARMADO DE LOSA
VARILLA NO. 3
ESTRIBO NO. 3
ACERO LONGITUDINAL
DE VIGA, VARILLA No. 7

SECCIÓN DE VIGA Y LOSA

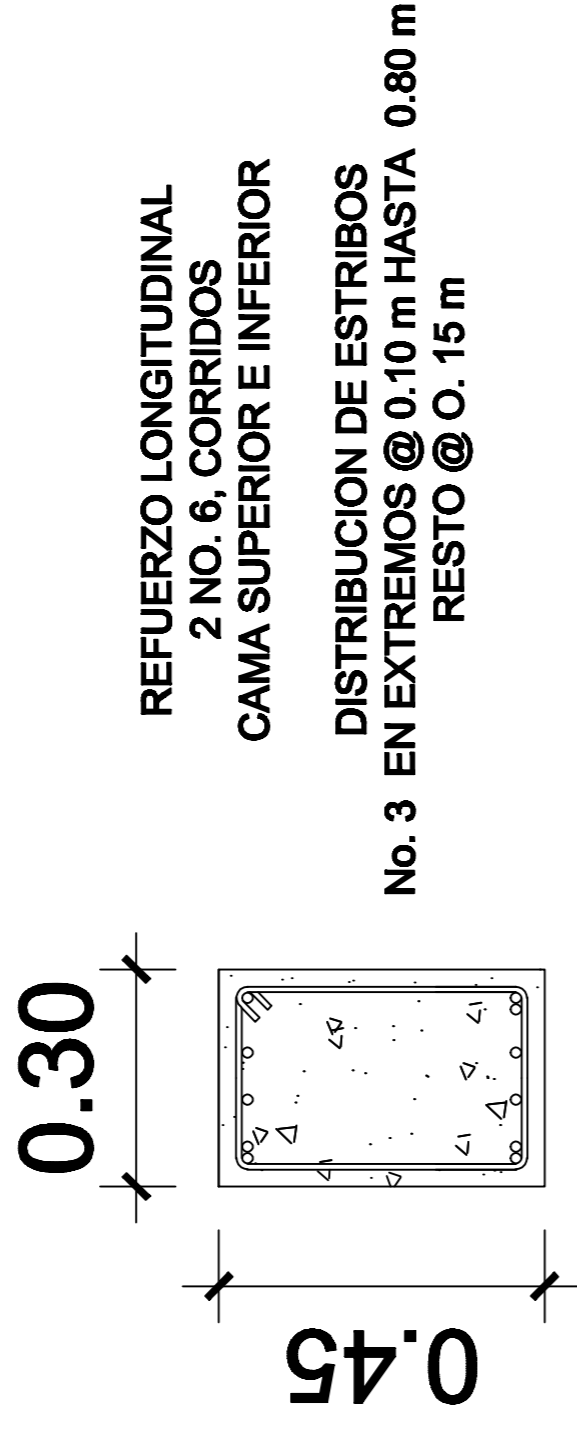
ESCALA 1/10



REFUERZO LONGITUDINAL
4 NO. 6, CORRIDOS
CAMA SUPERIOR E INFERIOR
DISTRIBUCION DE ESTRIBOS
No. 3 EN EXTREMOS @ 0.10 m HASTA 0.80 m
RESTO @ O. 15 m

SECCIÓN A - A' VIGA TIPO 2

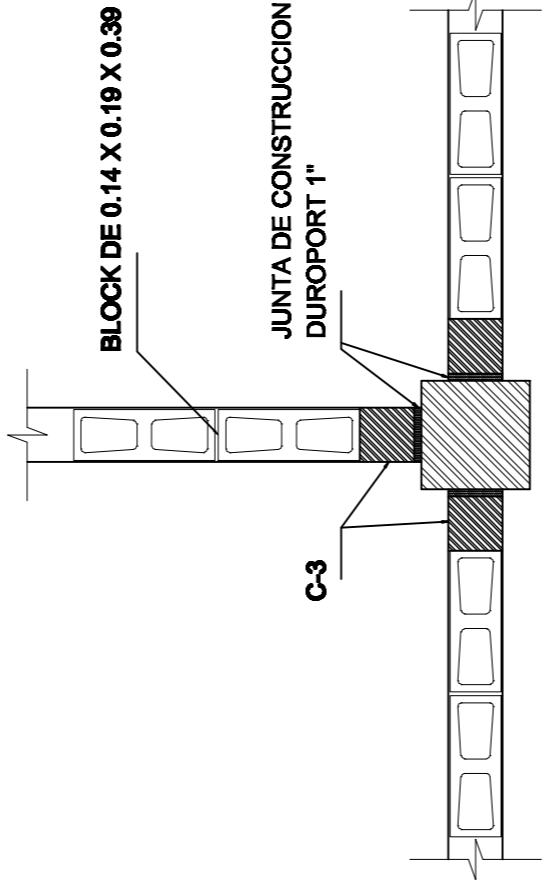
ESCALA 1:10



REFUERZO LONGITUDINAL
2 NO. 6, CORRIDOS
CAMA SUPERIOR E INFERIOR
DISTRIBUCION DE ESTRIBOS
No. 3 EN EXTREMOS @ 0.10 m HASTA 0.80 m
RESTO @ O. 15 m

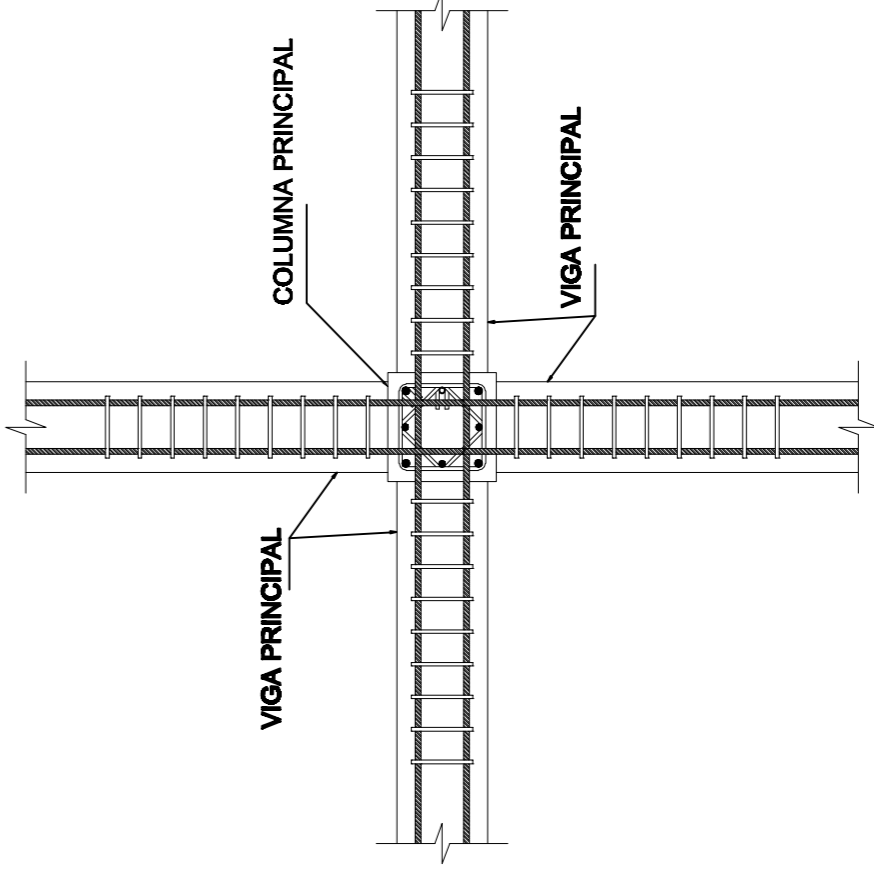
SECCIÓN A - A' VIGA TIPO 4

ESCALA 1:10



DETALLE JUNTA MURO - COLUMNA

ESCALA 1/25



PLANTA VIGA - COLUMNA

ESCALA 1/25

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ o $3,000 \text{ psi}$.
 $f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$ o $40,000 \text{ psi}$.
Block, Pomez de $f_m = 35 \text{ kg/cm}^2$.
Agregado Grueso = $1/2''$.

NOTAS:

GANCHO STANDARD A 135°

EL DOBLEZ DEL GANCHO SERÁ 4 VECES EL DIAMETRO DE LA VARILLA, NO MENOR DE 6.5 cm, NI MAYOR DE 10 cm

TRASLAPES MINIMOS

No 3 = 0.35 m.
No 4 = 0.50 m.
No 5 = 0.60 m.
No 6 = 0.75 m.

ESPECIFICACIONES SEGÚN EL CÓDIGO AGI 318 - 98 Y LAS NORMAS AGIES DE GUATEMALA

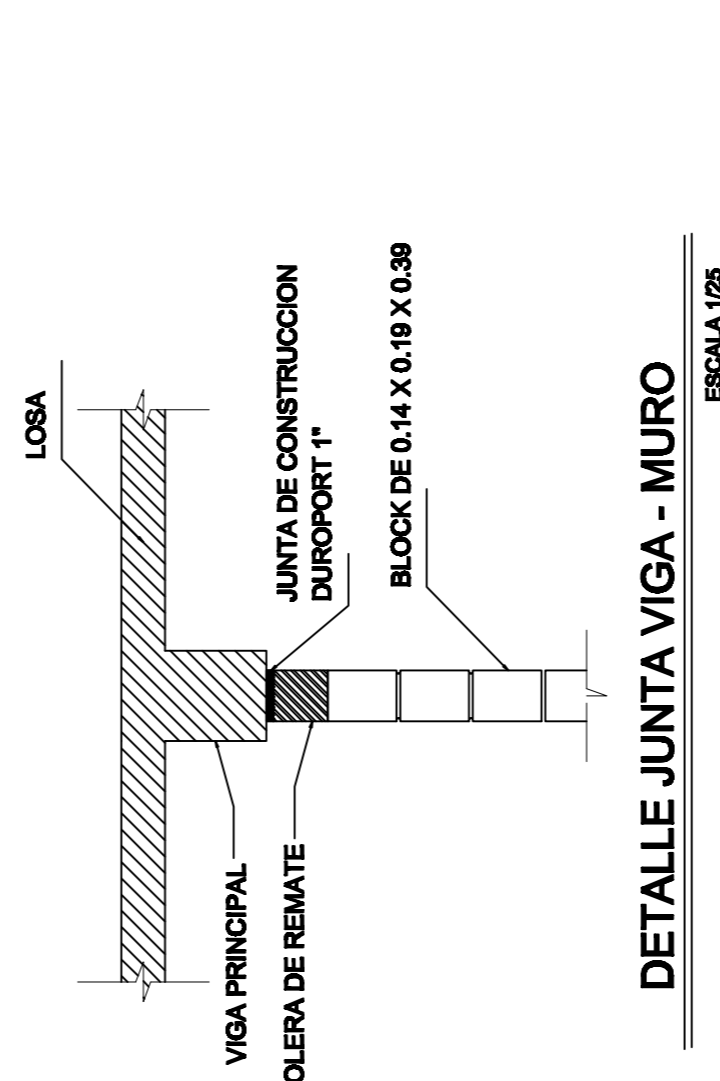
GANCHOS DE REFUERZO

GANCHO	No.	Dg	L1	L2	L3
135°	2	0.04	0.10	0.10	0.10
135°	3	0.08	0.10	0.15	0.10
135°	4	0.08	0.15	0.20	0.10
135°	5	0.10	0.18	0.20	0.10
135°	6	0.12	—	0.25	0.10
135°	7	0.14	—	0.30	0.10
135°	8	0.16	—	0.35	0.10
135°	9	0.20	—	0.45	0.10
135°	10	0.28	—	0.60	0.10
135°	11	0.38	—	0.80	0.10

LONGITUD DE DESARROLLO MÍNIMA EN cm

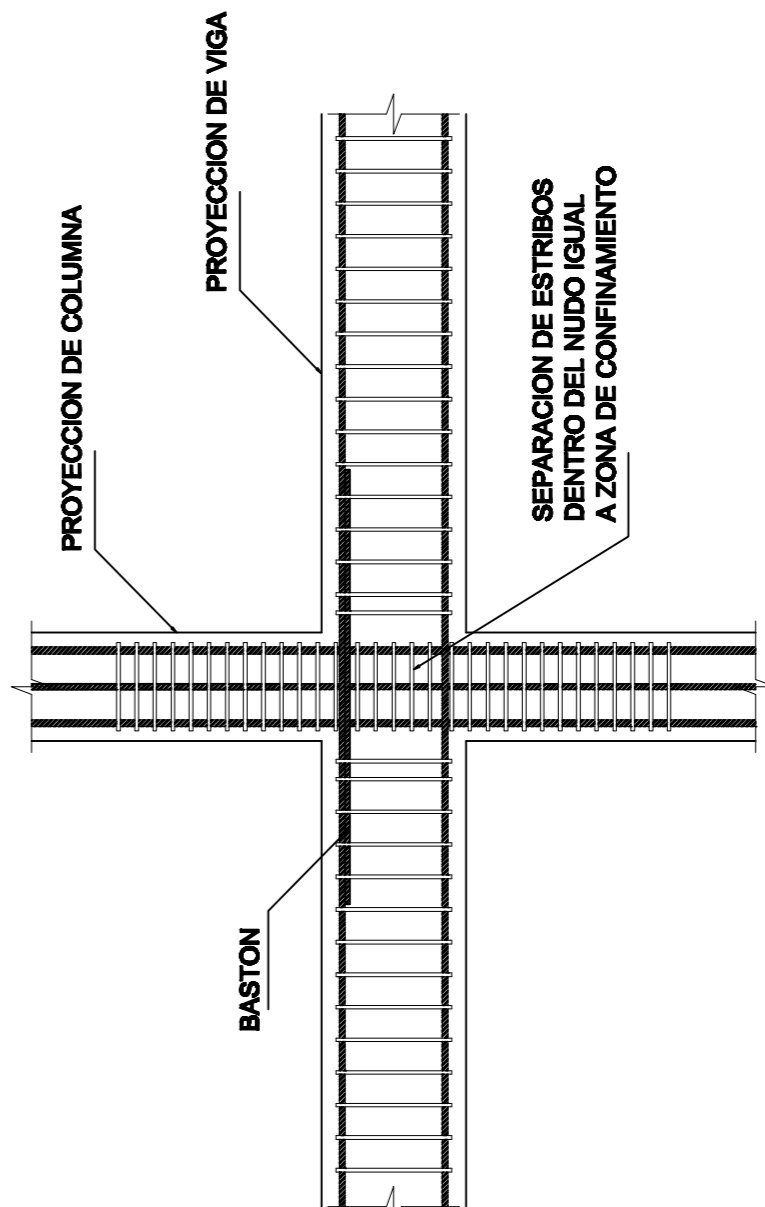
VARILLA No.	LD _{135°}	2.8 x LD _{135°}	3.5 x LD _{135°}
3	11	27	38
4	14	36	50
5	18	45	63
6	22	54	76

CAPITULO 21-318-98
1. BARRAS RECTAS EN LOSAS Y COLUMNAS
2. BARRAS RECTAS SI EL ESPESOR DEL CONCRETO ES MAYOR DE 0.30 m
3. BARRAS RECTAS SI EL ESPESOR DEL CONCRETO ES MAYOR DE 0.30 m



DETALLE JUNTA VIGA - MURO

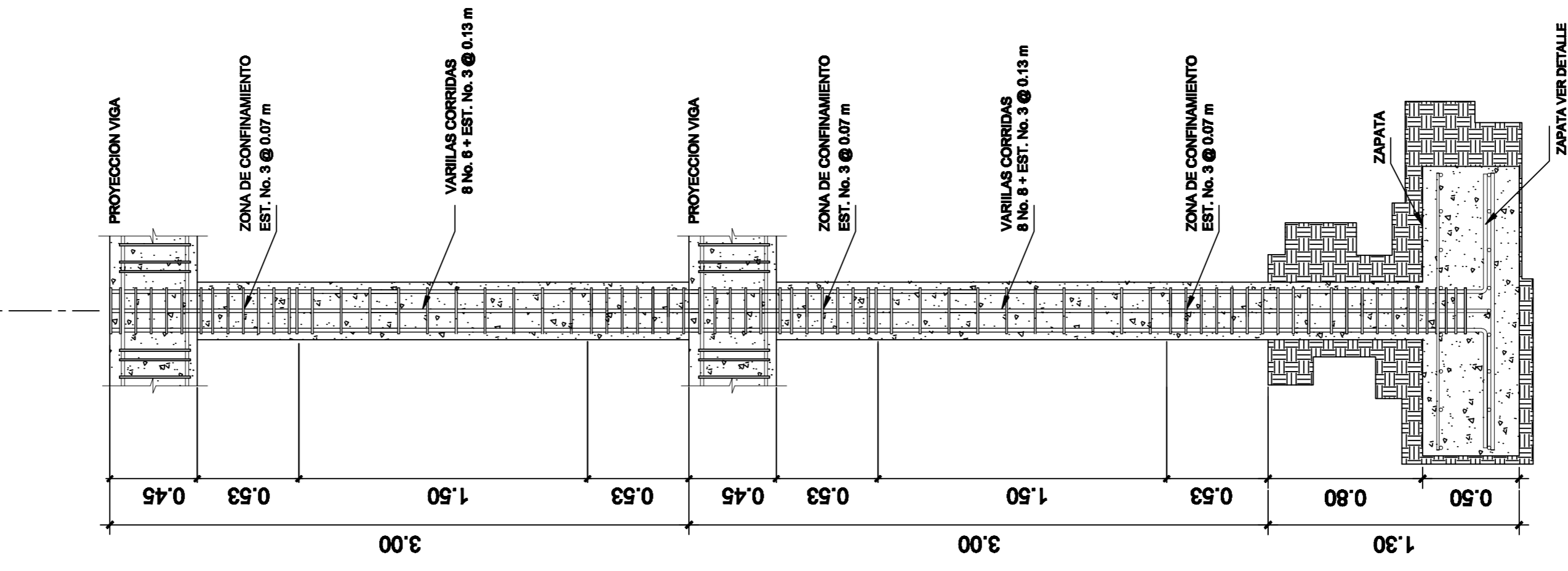
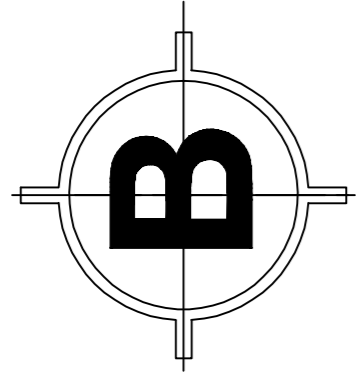
ESCALA 1/25



ELEVACIÓN VIGA - COLUMNA

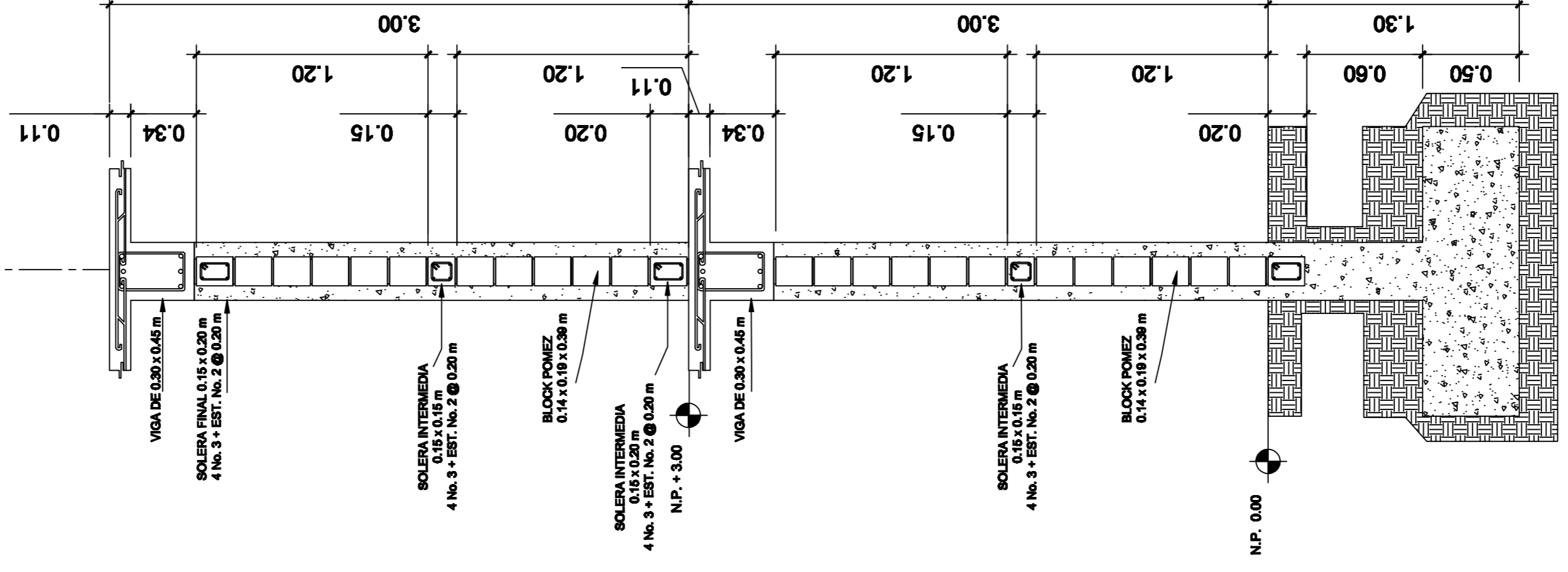
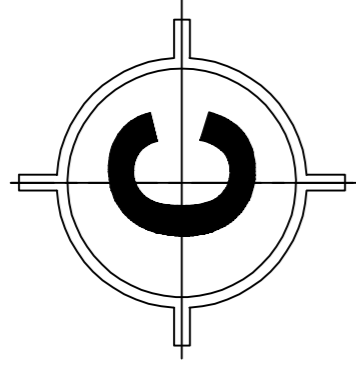
ESCALA 1/25

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA	
	DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA DETALLES DE VIGAS Y BASTONES DE CONSTRUCCIÓN FECHA: ABRIL DE 2012 ESCALA:	
ALFREDO ANAYALAR DISEÑO RODOLFO PALACIOS DISEÑO RODOLFO PALACIOS DISEÑO Y BASTONES DE CONSTRUCCIÓN FECHA:	5 / 11	INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA



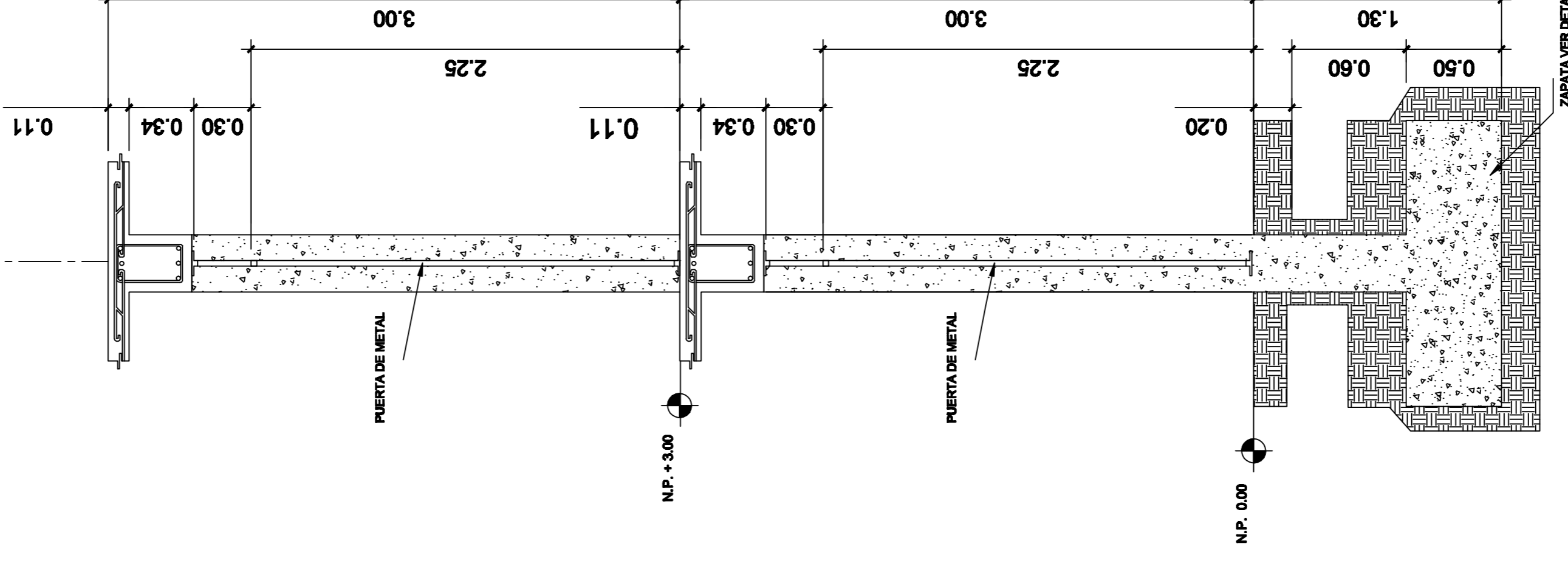
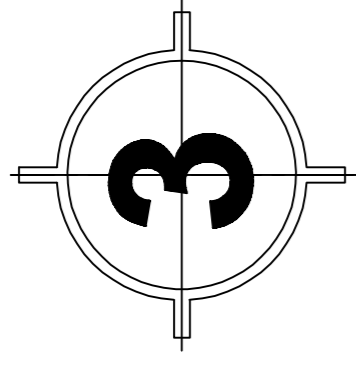
DETALLE DE ARMADO DE COLUMNA

ESCALA 1/25



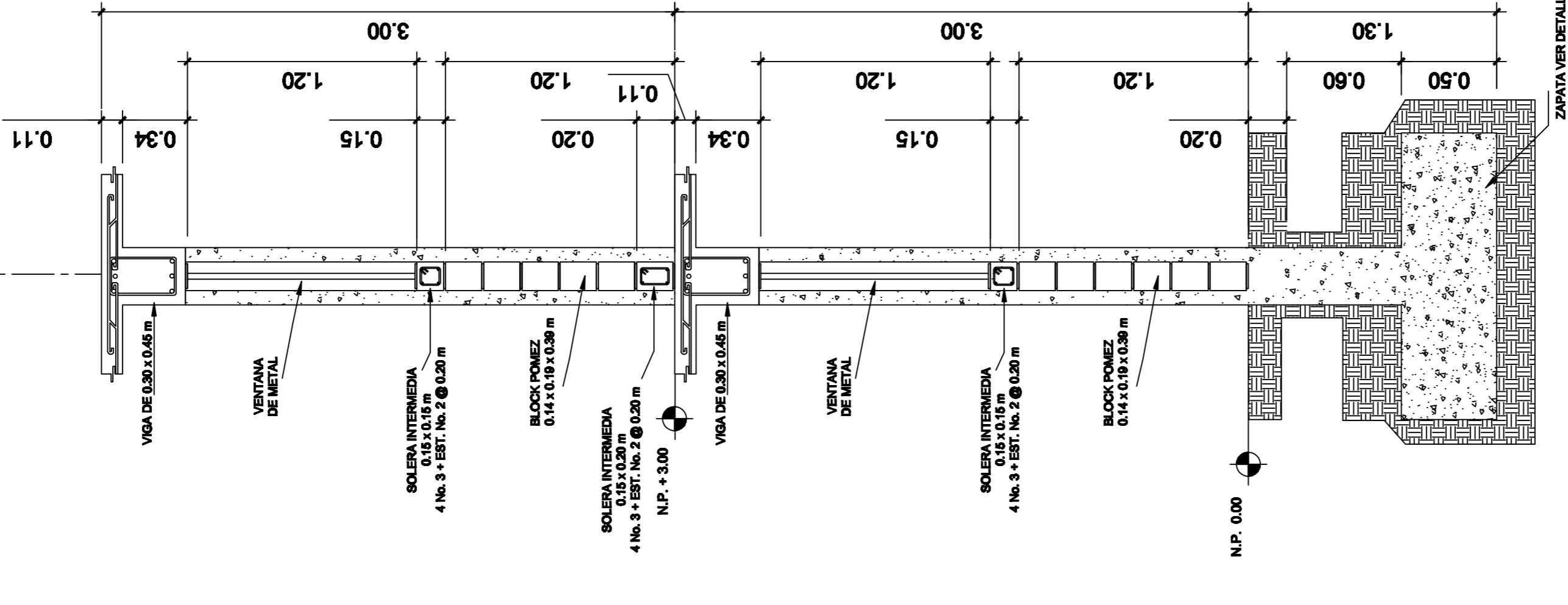
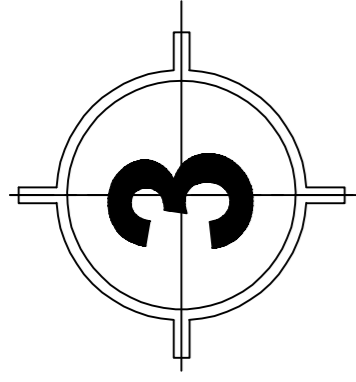
DETALLE DE MURO TÍPICO

ESCALA 1/25



CORTE DE MURO EJE 3

ESCALA 1/25



DETALLE DE MURO TÍPICO

ESCALA 1/25

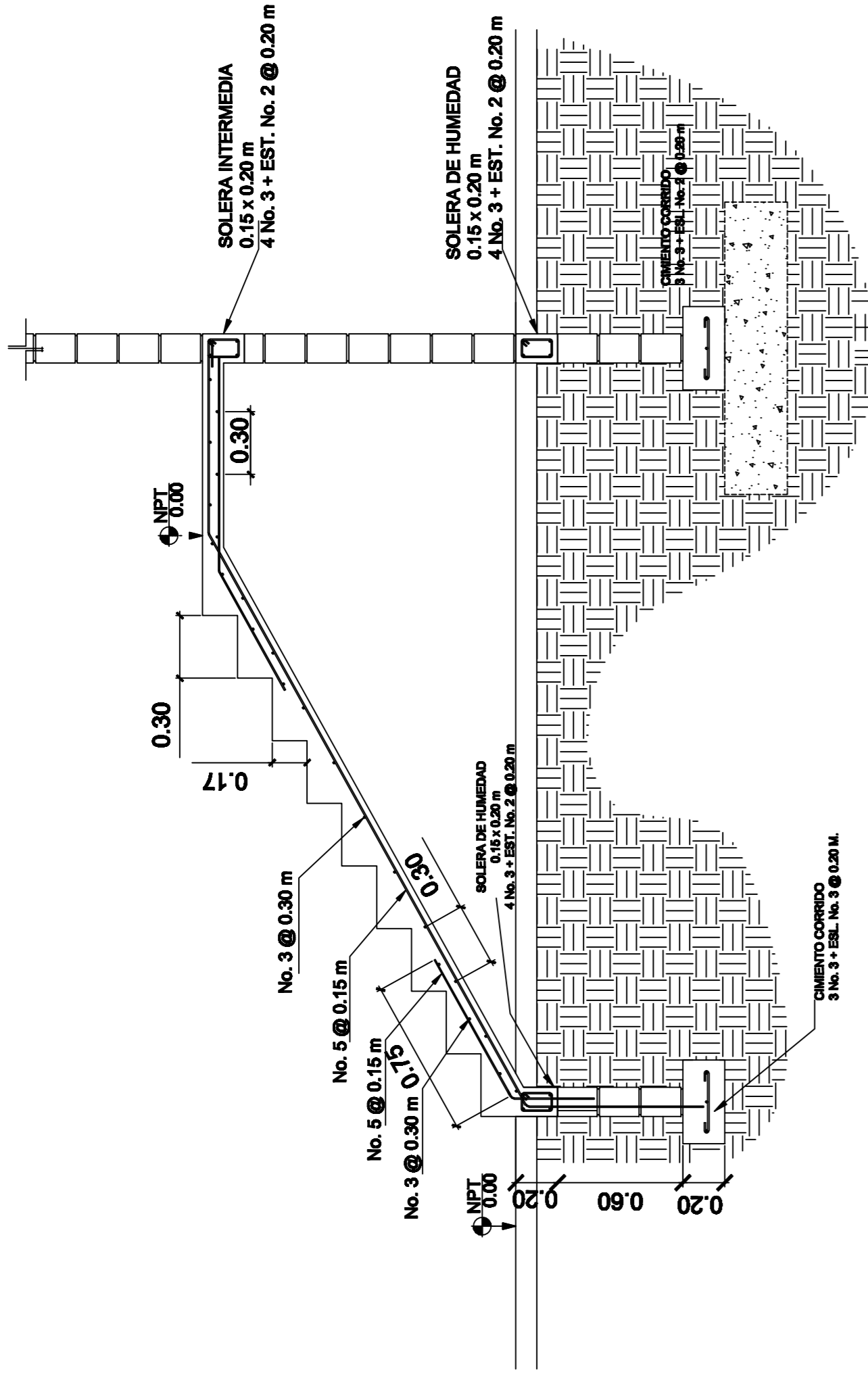
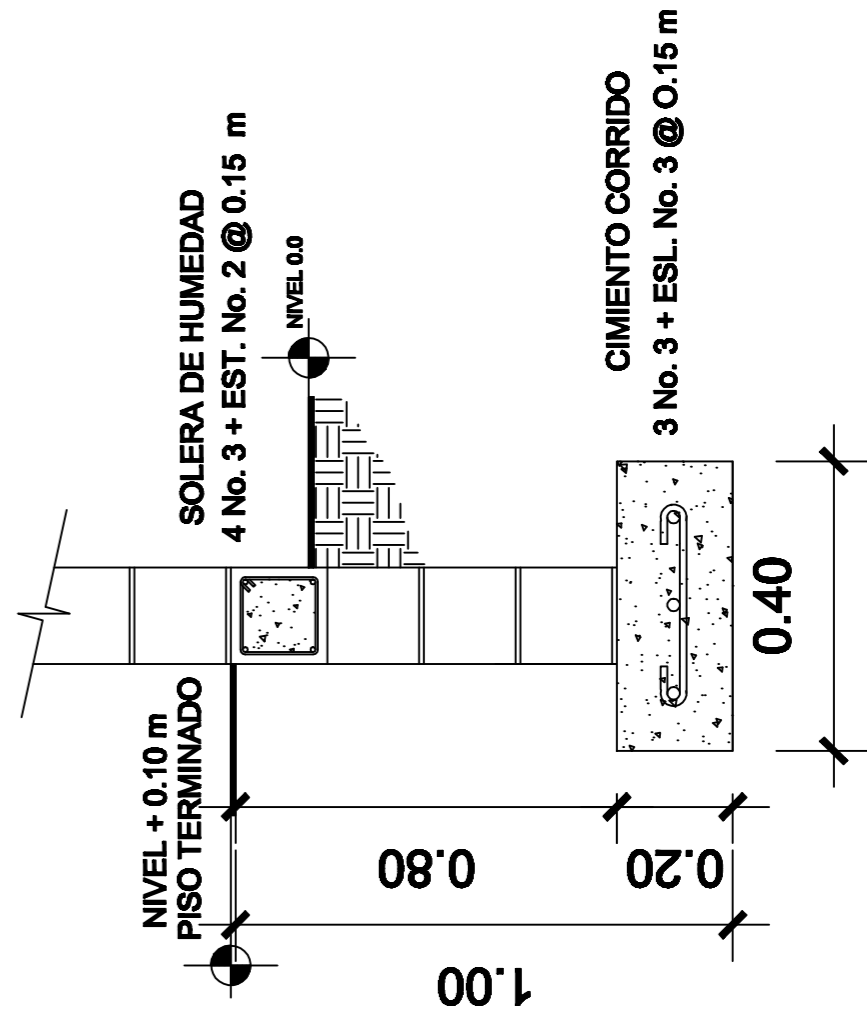
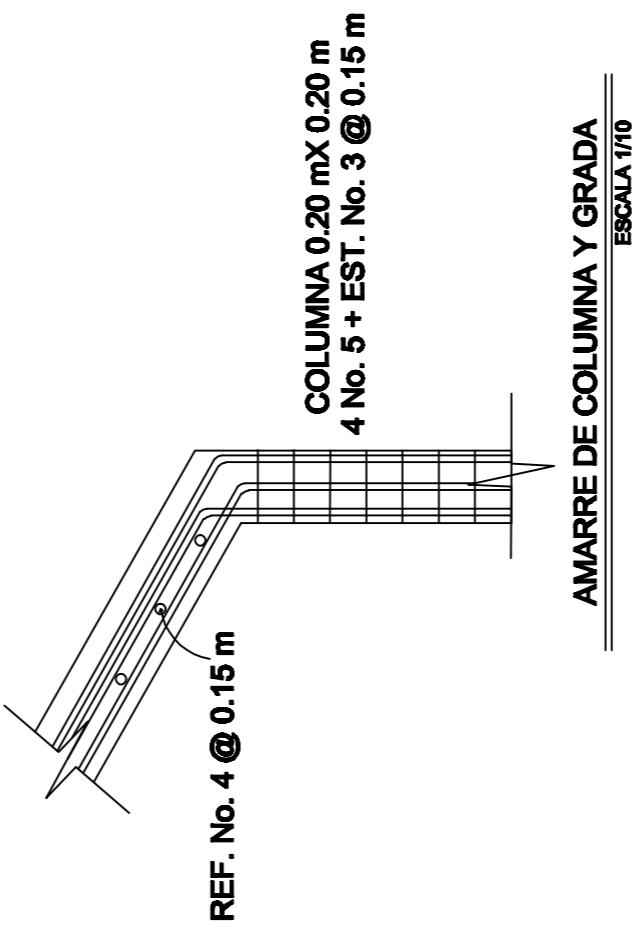
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA		DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA CORTES DE MUROS Y DETALLES	
PROYECTO ALFREDO ANAYA LARREA	DISEÑO RODOLFO PALACIOS	FECHA AGOSTO DE 2012	ESCALA 1/25
PLAN No. 6 / 11		FECHA DE EJECUCIÓN DE OBRAS 11/08/2012	

ESPECIFICACIONES

- CONCRETO**
F'c = 210 kg / cm² = 3,000 PSI
- PROPORCIÓN**
1 SACO DE CEMENTO
10 PALADAS DE ARENA
20 PALADAS DE PIEDRIN
- ACERO**
Fy = 2,810 kg / cm² = 40,000 PSI
- RECUBRIMIENTO**
CIMENTOS 0.075 m
SOLERAS 0.025 m

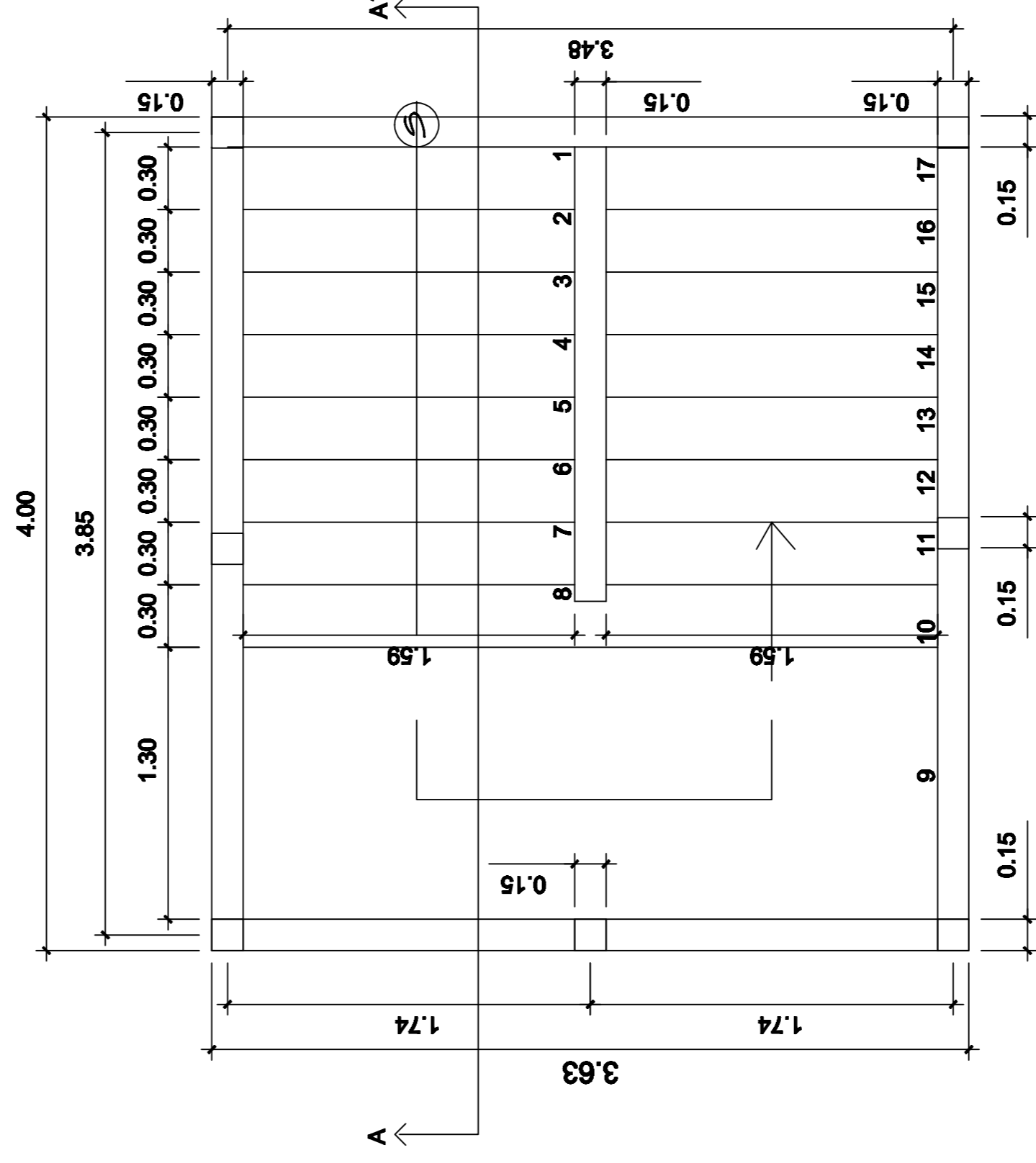
LEVANTADO
BLOCK POMEZ 0.14 m X 0.19 m X 0.39 m
RESISTENCIA 25 kg / cm²

MORTERO
LEVANTADO DE MURO CON SABIETA



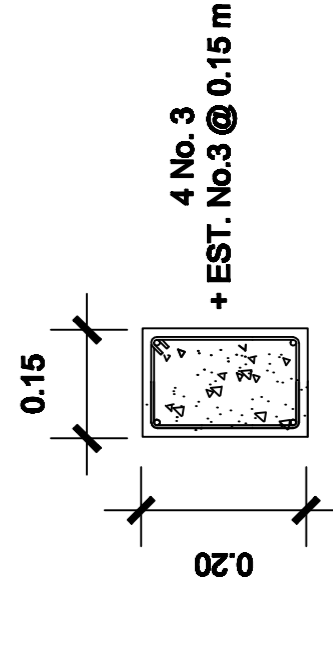
SECCIÓN A - A'

ESCALA 1/20



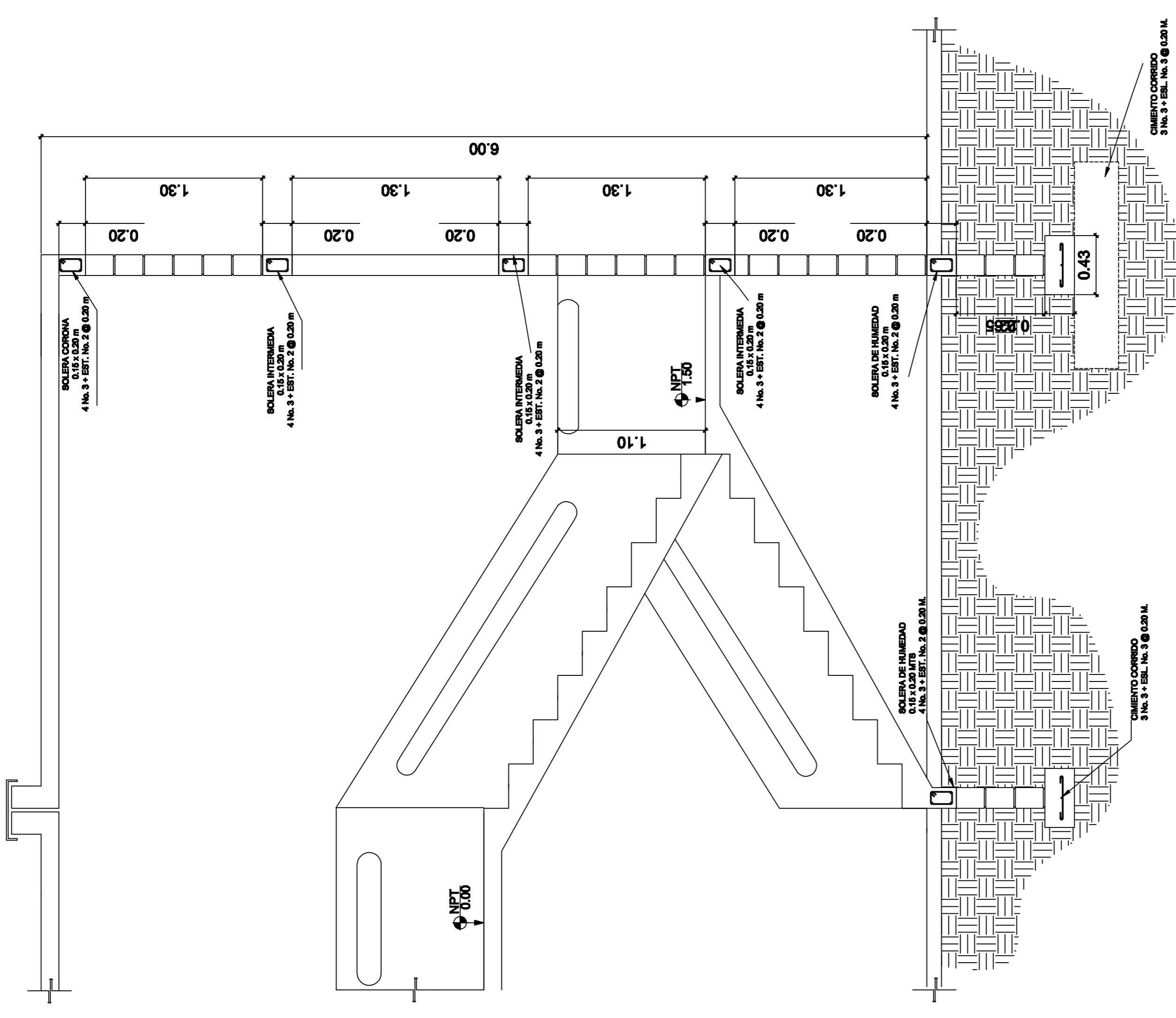
PLANTA DE GRADAS

ESCALA 1/20



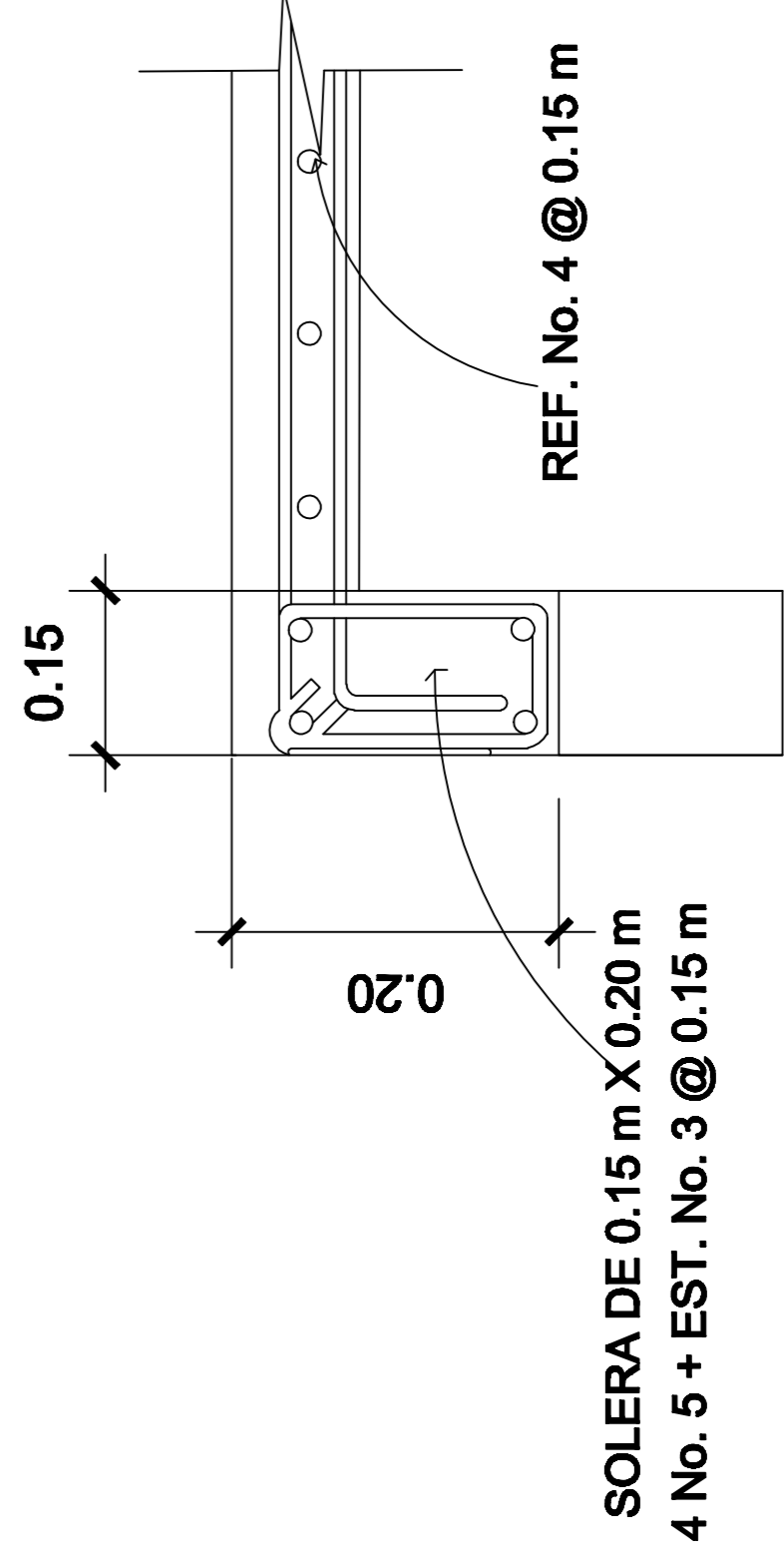
DETALLE DE CIMENTO

ESCALA 1/10



CORTE DE GRADAS

ESCALA 1/20



AMARRE DE SOLERA Y GRADA

ESCALA 1/10

SOLERA DE 0.15 m X 0.20 m
4 No. 5 + EST. No. 3 @ 0.15 m

REF. No. 4 @ 0.15 m

CIMENTO CORRIDO
3 No. 3 + EST. No. 3 @ 0.15 m

COLUMNA 0.20 m X 0.20 m
4 No. 5 + EST. No. 3 @ 0.15 m

SOLERA DE HUMEDAD
4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.15 m

SOLERA DE HUMEDAD
4 No. 3 + EST. No. 3 @ 0.15 m

SOLERA INTERMEDIA
0.15 x 0.20 m
4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.20 m

SOLERA INTERMEDIA
0.15 x 0.20 m
4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.20 m

SOLERA CORONA
0.15 x 0.20 m
4 No. 3 + EST. No. 2 @ 0.20 m

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA		DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA	
ASISTENTE: ALFREDO ANAYALAR DISEÑO: RODOLFO PALACIOS SUPERVISOR: ROBERTO GARCÍA FECHA: 7/11		PROYECTO: DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA UBICACIÓN: ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA PLANO DE: PLANTA, CORTE Y DETALLES DE GRADAS FECHA: ABRIL DE 2012 ESCALA: INDICADA	

PLANILLA PUERTAS, VENTANAS, BARANDA

TIPO	SILLAR	DINTEL	ANCHO	ALTO	UNIDADES	MATERIAL
V-1	1.35 M	2.55 M	2.00 M	1.20 M	38	METAL
V-2	1.35 M	2.55 M	3.15 M	1.20 M	6	METAL
P-1	---	2.10 M	1.00 M	2.10 M	6	METAL
B	---	---	0.15 M	1.15 M	1	BLOCK

NOTA:
- EL ACABADO EN COLUMNAS Y VIGAS, SERA REPELLO + BLANQUEADO
- LAS VENTANAS SERAN BALCONES DE METAL

REFERENCIA

PG	PISO DE GRANITO
R	REPELLO
C	CERNIDO
P	PINTURA
B	BLOCK

ACABADOS

ACABADOS EN PISO	→ AP	G
ACABADOS EN MURO	→ M	R+C+P
ACABADOS EN CIELO	→ C	R+C+P

PUERTAS

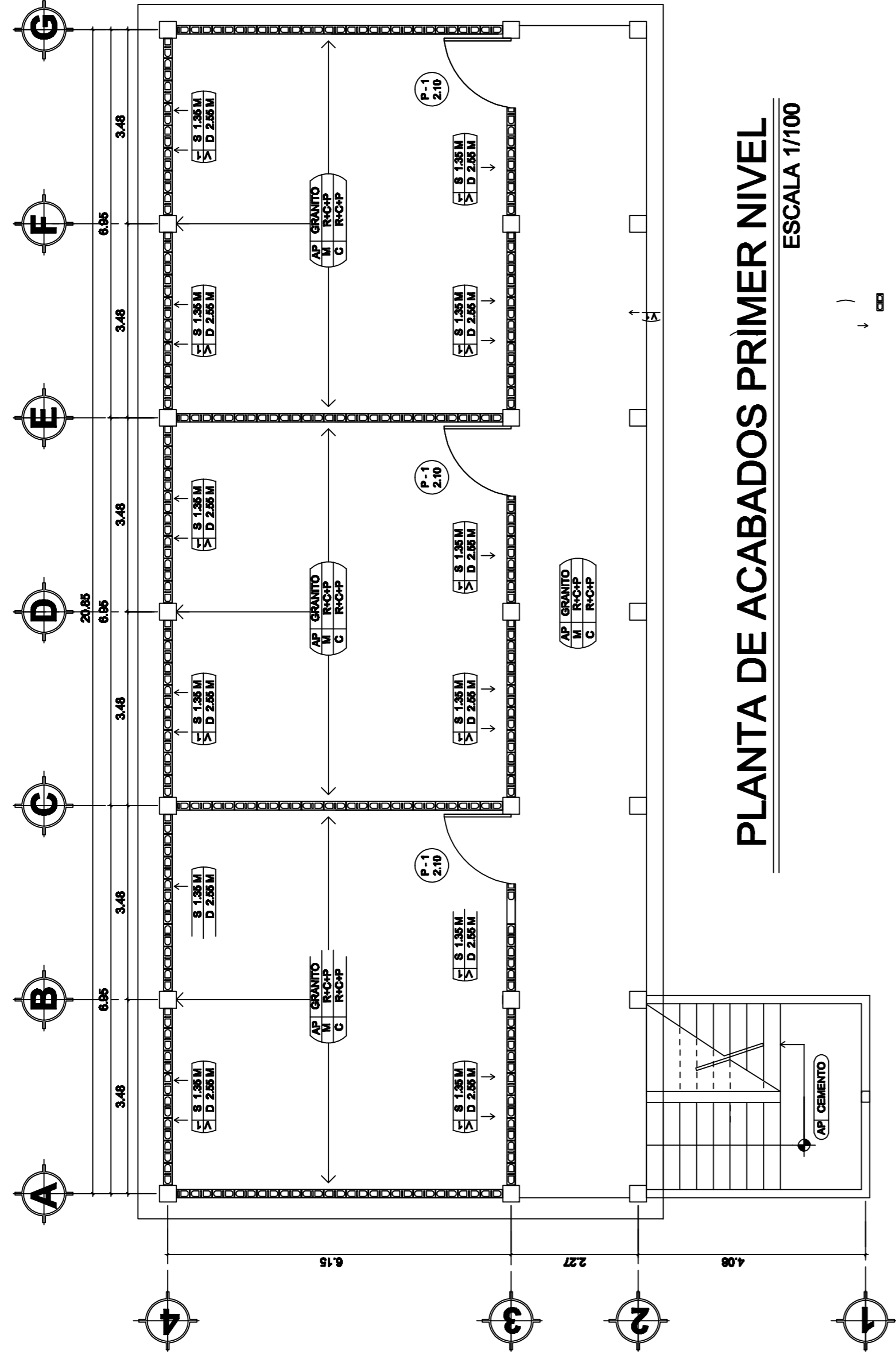
TIPO DE PUERTA	→ P-1
ALTURA DE DINTEL	→ 2.10

VENTANAS

TIPO	→ V-1	S	1.35 M
ALTURA DE SILLAR	→ 1.35 M	D	2.55 M

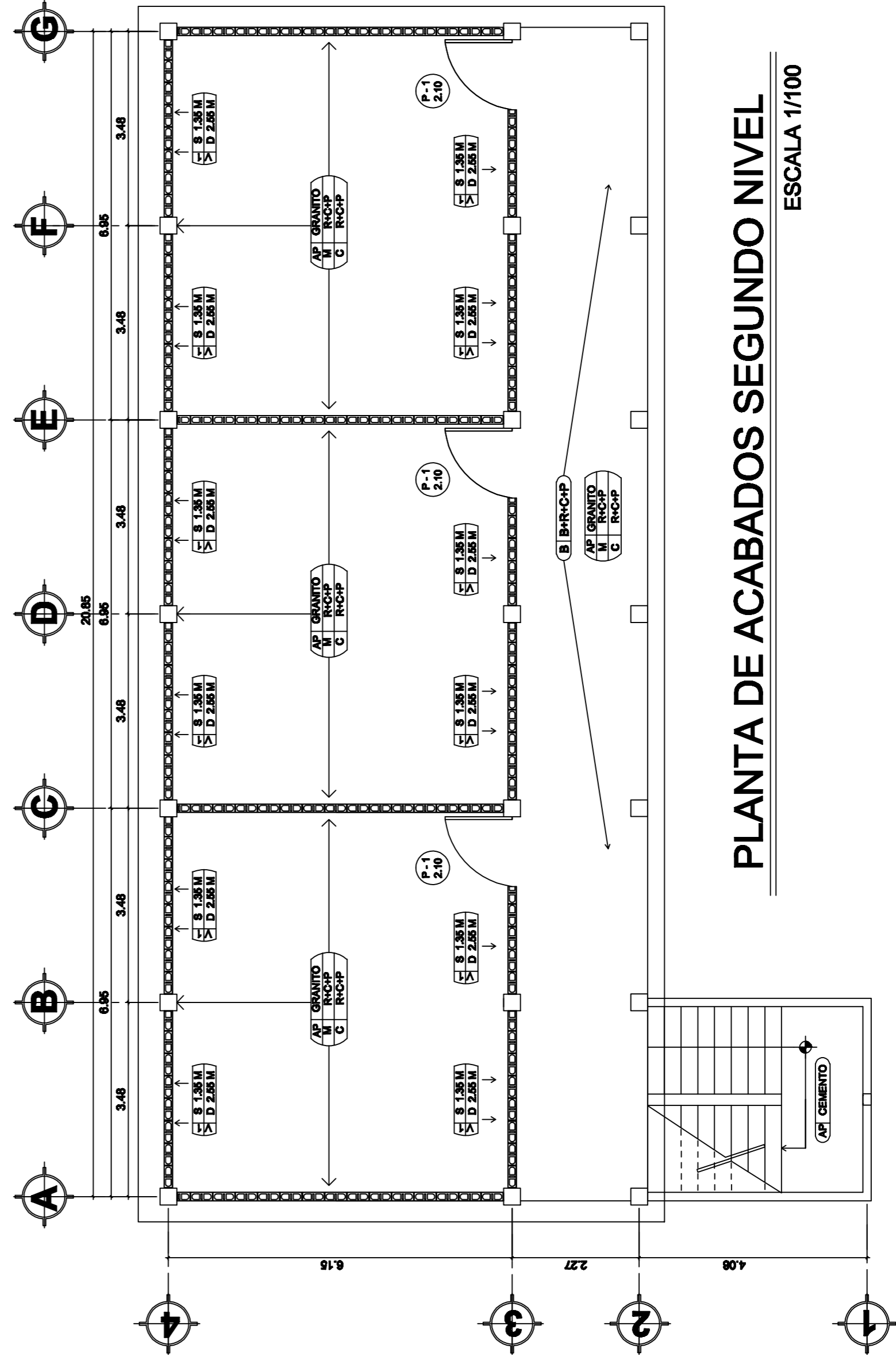
BARANDA

BARANDA	→ B + R + C + P
ACABADO EN BARANDA	→ P-1



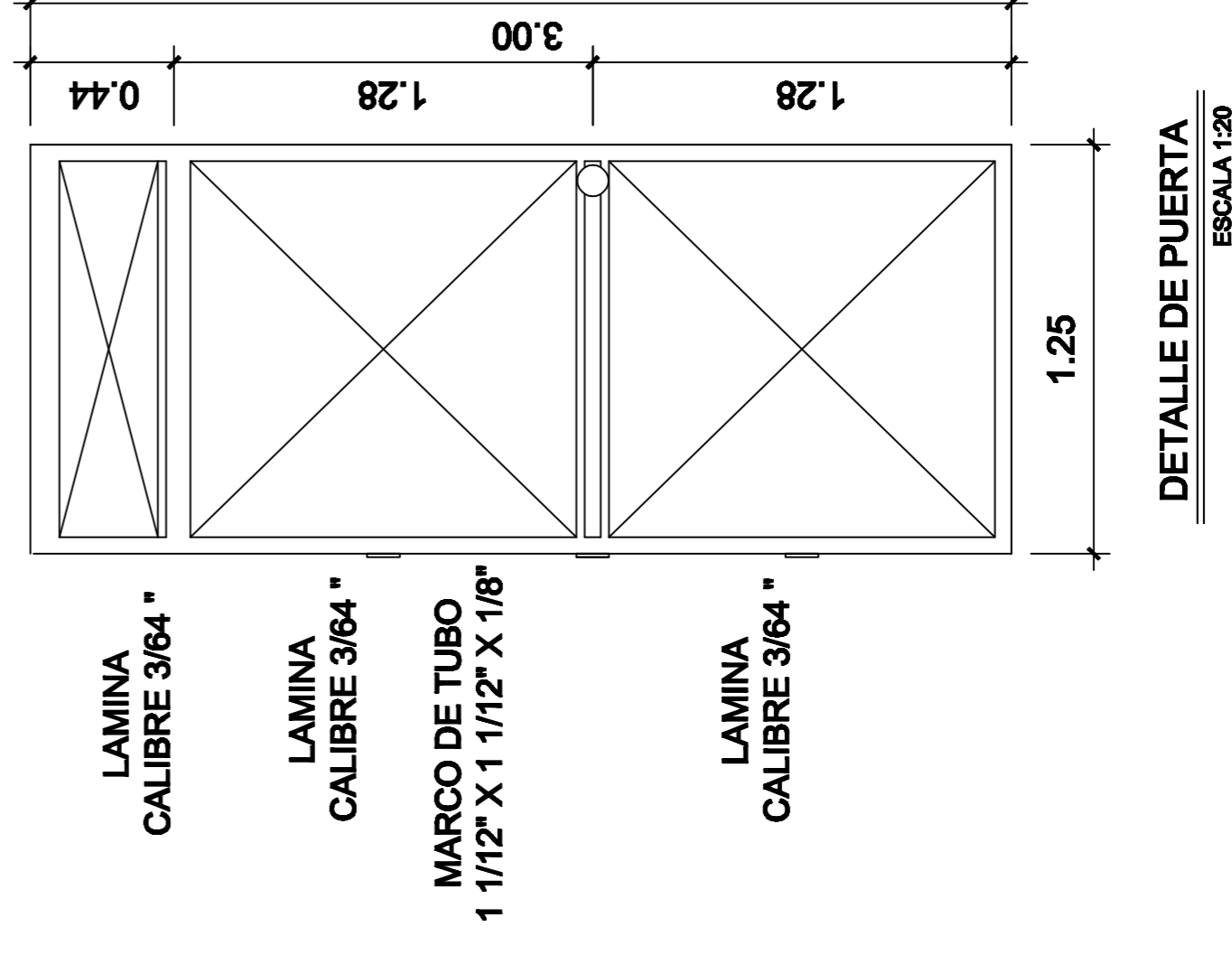
PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

ESCALA 1/100



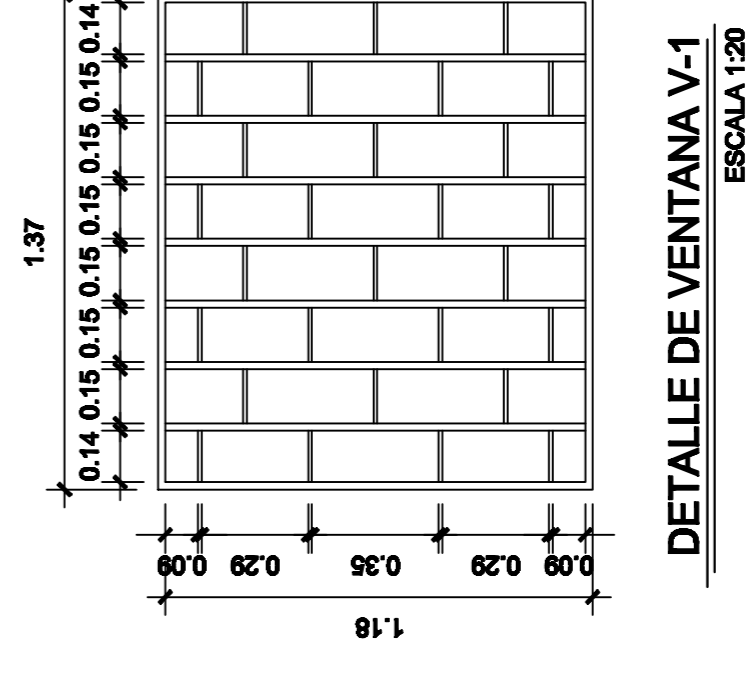
PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

ESCALA 1/100



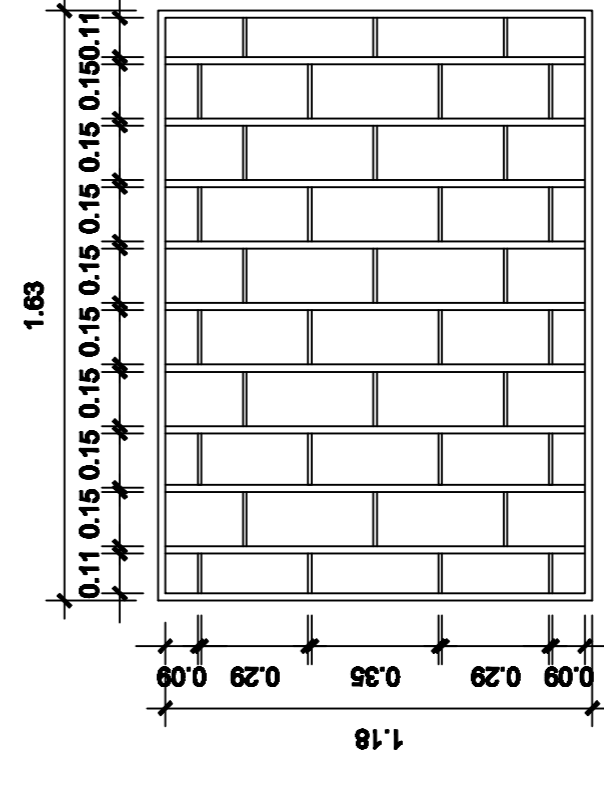
DETALLE DE PUERTA

ESCALA 1:20



DETALLE DE VENTANA V-1

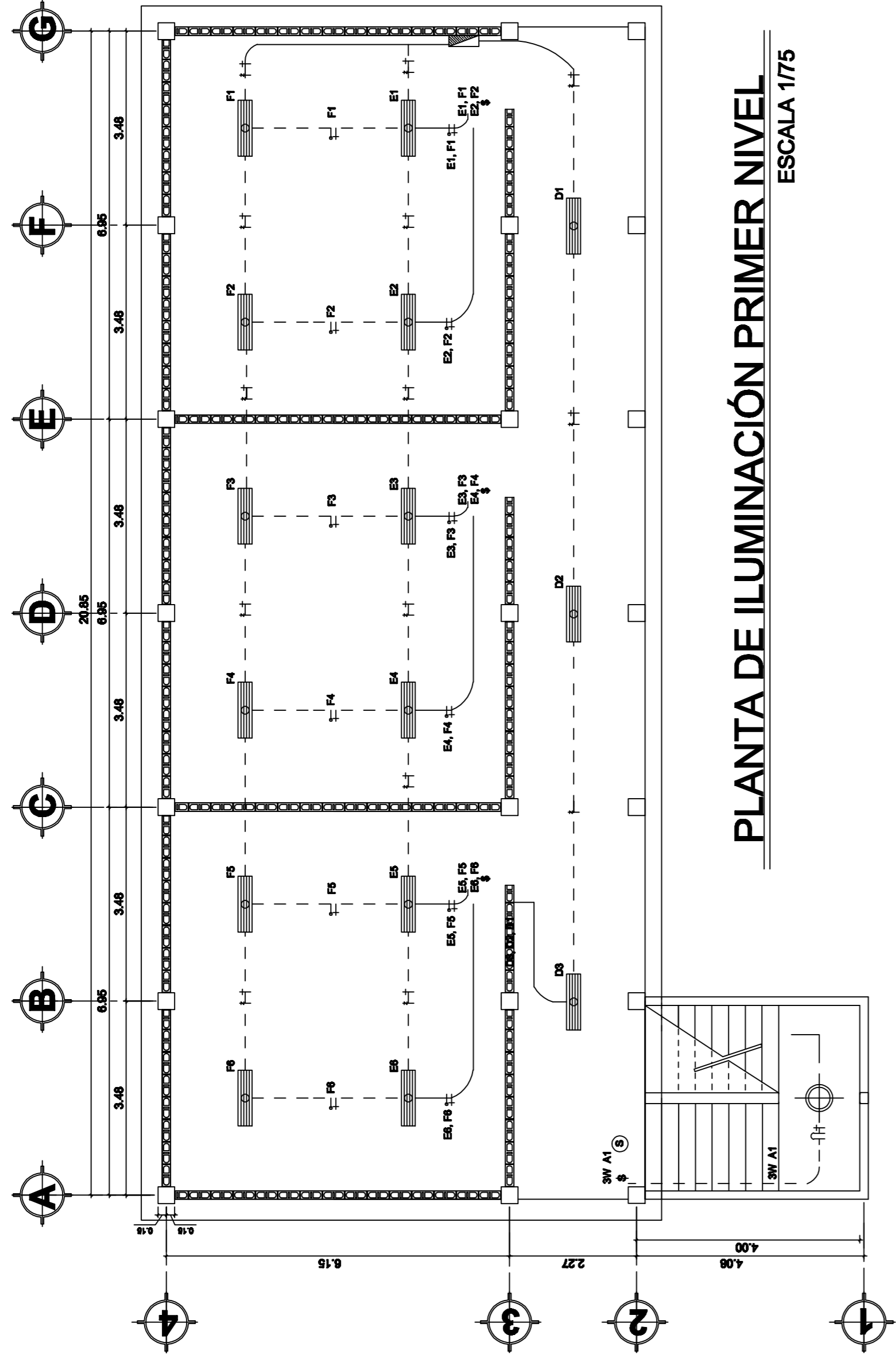
ESCALA 1:20



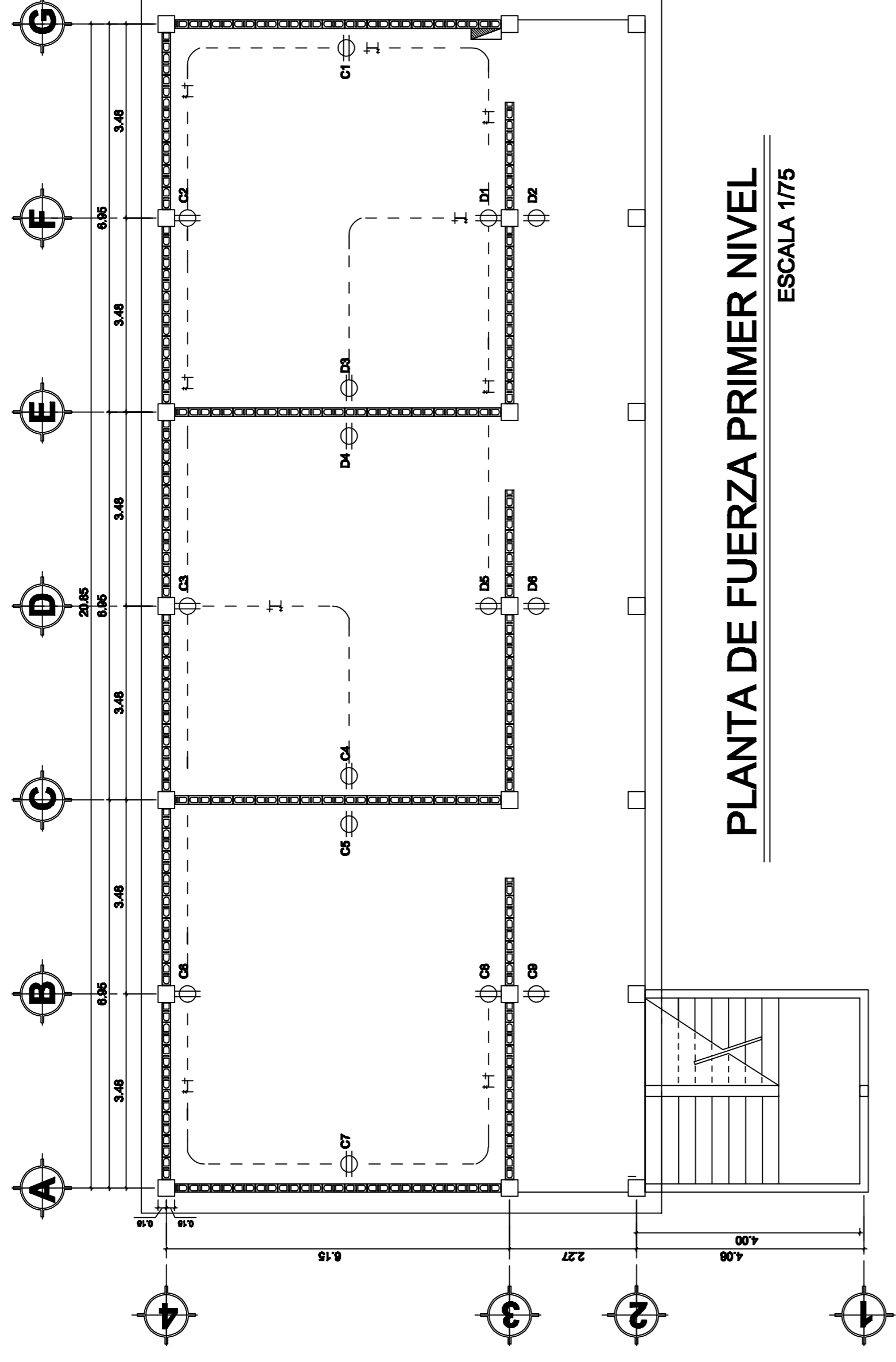
DETALLE DE VENTANA V-1

ESCALA 1:20

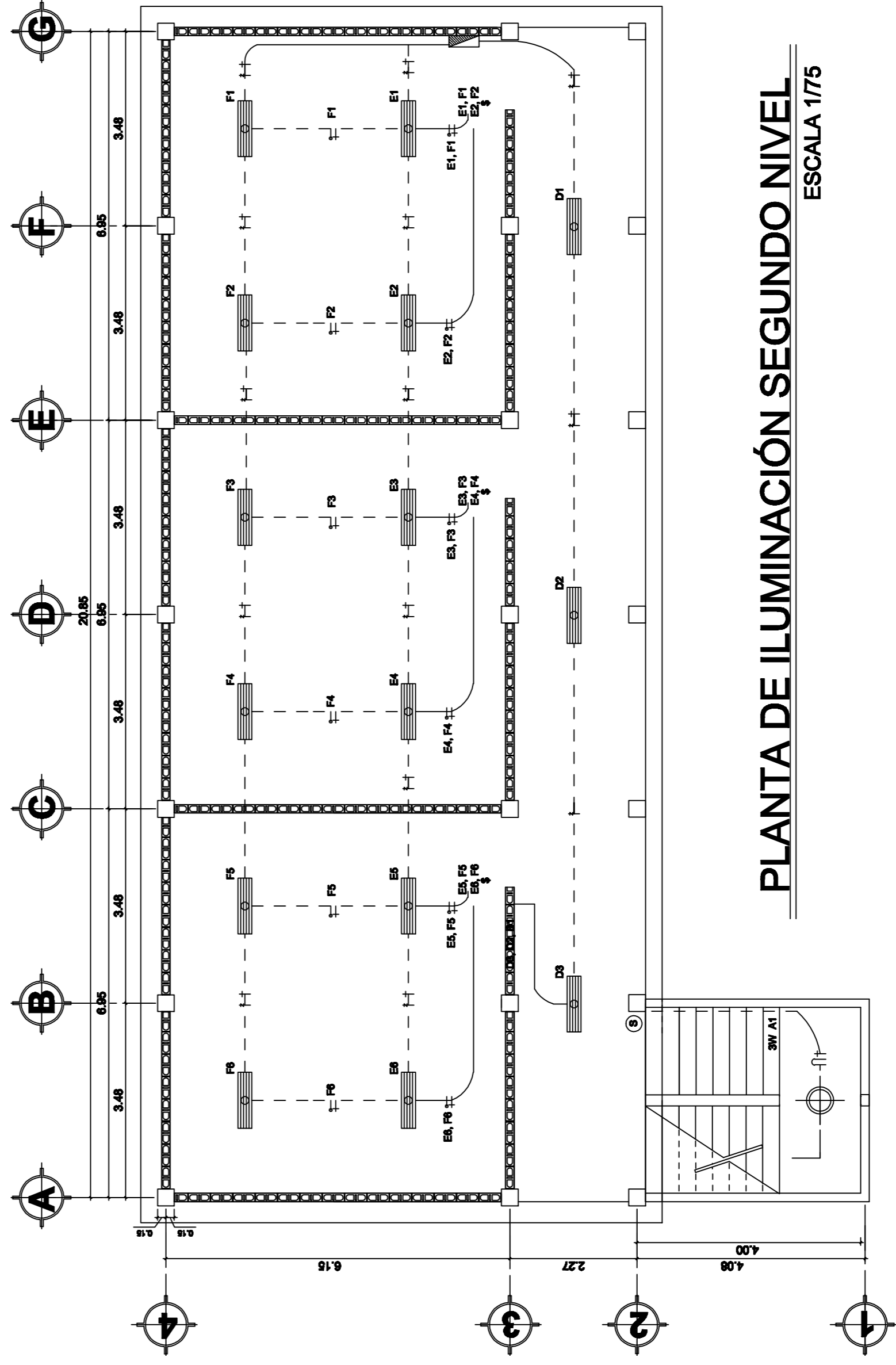
TUBO METALICO DE 1" X 1" X 1/2"



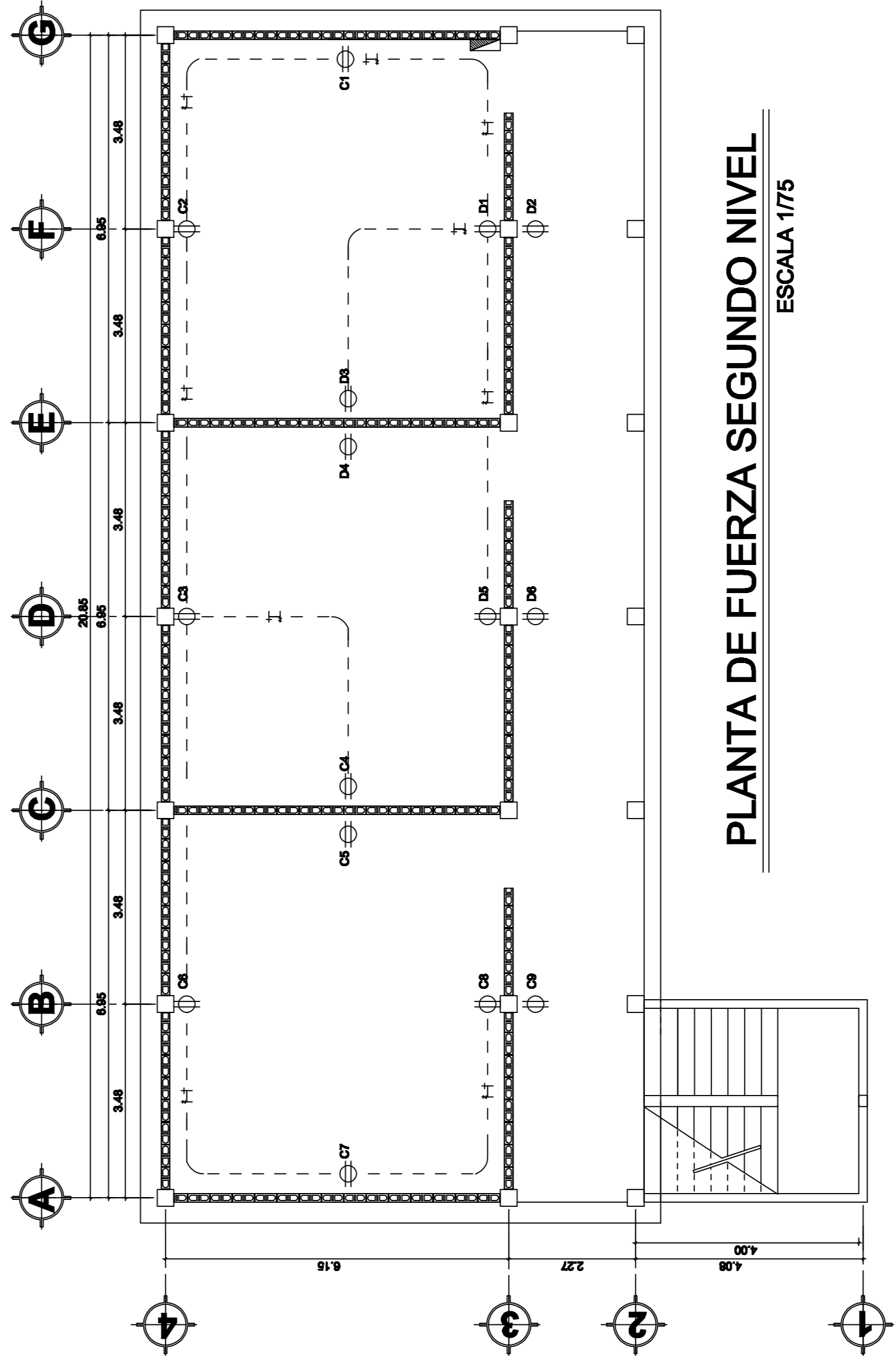
PLANTA DE ILUMINACIÓN PRIMER NIVEL
ESCALA 1/75



PLANTA DE FUERZA PRIMER NIVEL
ESCALA 1/75



PLANTA DE ILUMINACIÓN SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1/75



PLANTA DE FUERZA SEGUNDO NIVEL
ESCALA 1/75

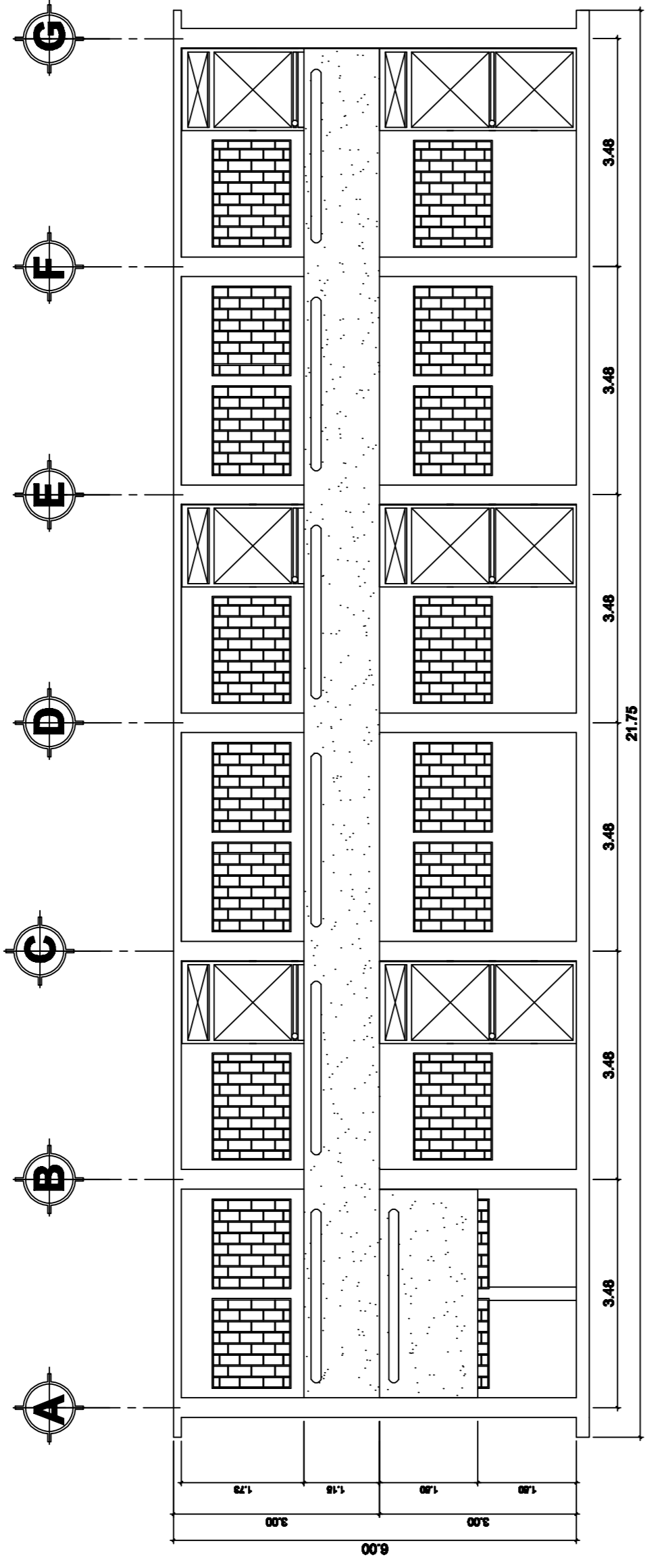
REFERENCIA

—	LÍNEA NEUTRAL FORRADO AWG 110 W
—	INTERRUPTOR SIMPLE
—	INTERRUPTOR DOBLE
—	LAMPARA 4 TUBOS 40 W, H = 2.70 M
—	TOMACORRIENTE DOBLE H = 0.30 M
A, B, C	INDICA CIRCUITO

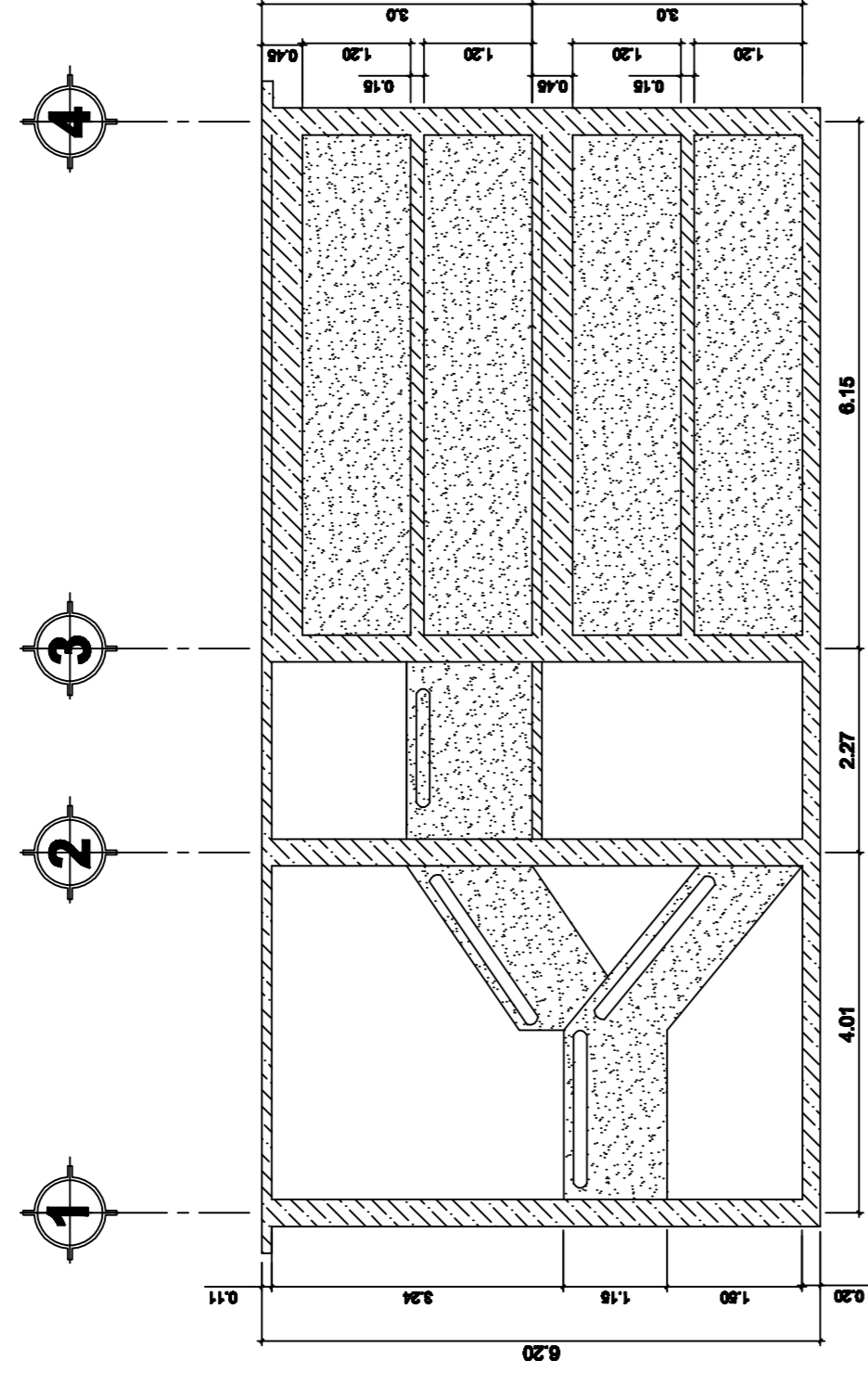
REFERENCIA

—	LAMPARA DE PARED
—	3 W
—	TABLERO DE CIRCUITO PRINCIPAL
—	CABLEADO EN CIELO
—	CABLEADO EN PARED
—	LÍNEA VIVA FORRADO 110 W

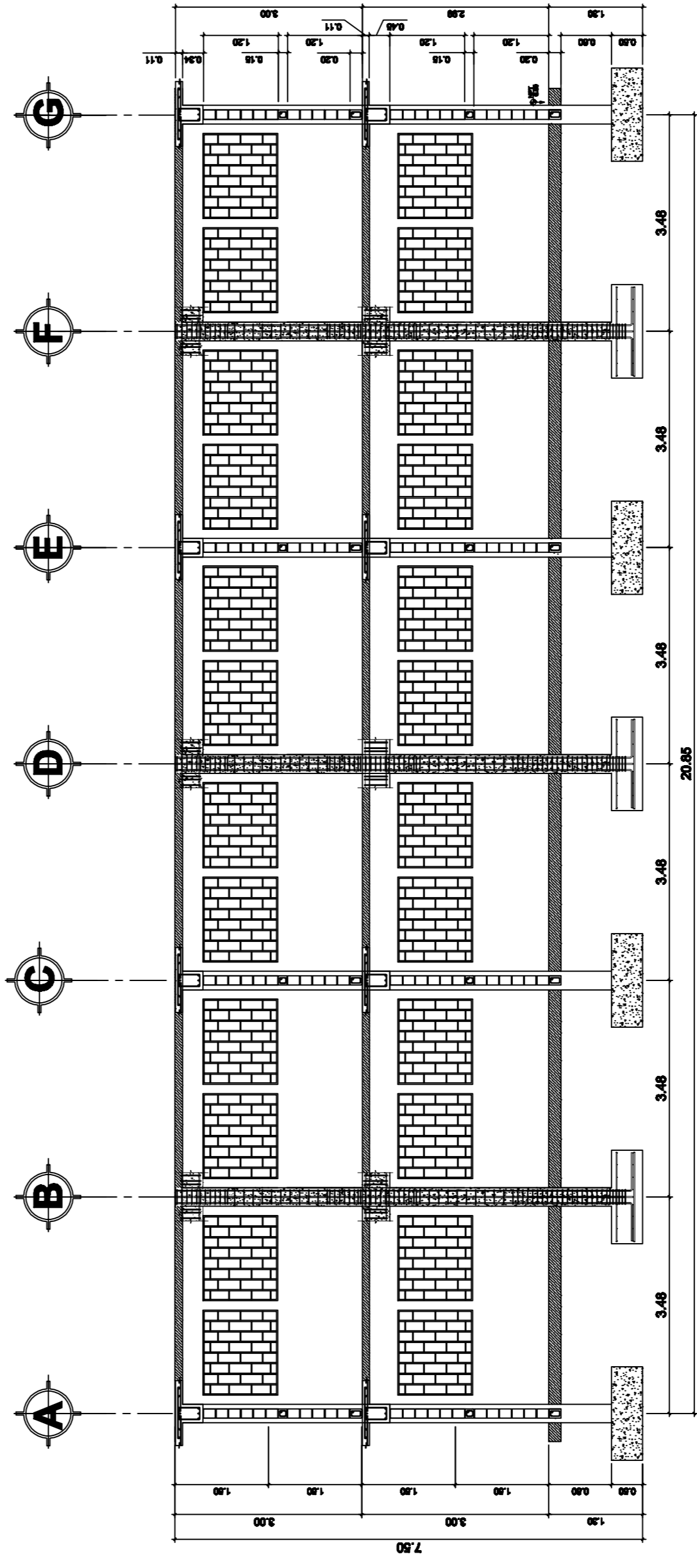
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
	FACULTAD DE INGENIERÍA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
	MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA
PROYECTO	DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA
ALUMNO	ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA
FECHA DE ENTREGA	PLANO DE ACABADOS Y DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS (FECHA AGOSTO DE 2012)
FECHA	10 / 11
ESCALA	INDICADA



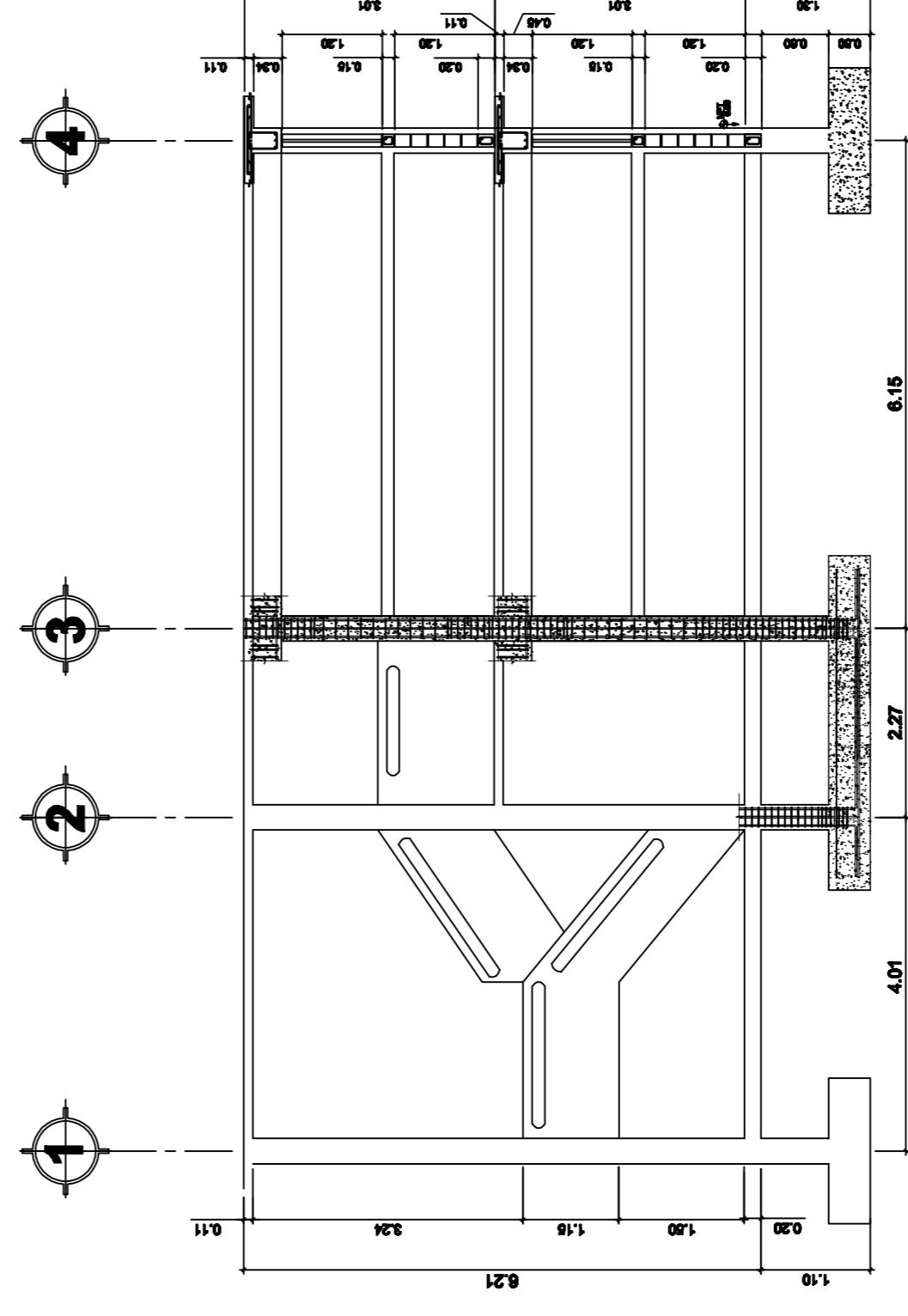
SECCIÓN X - X'
ESCALA 1/75




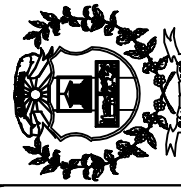
SECCIÓN Y - Y'
ESCALA 1/75

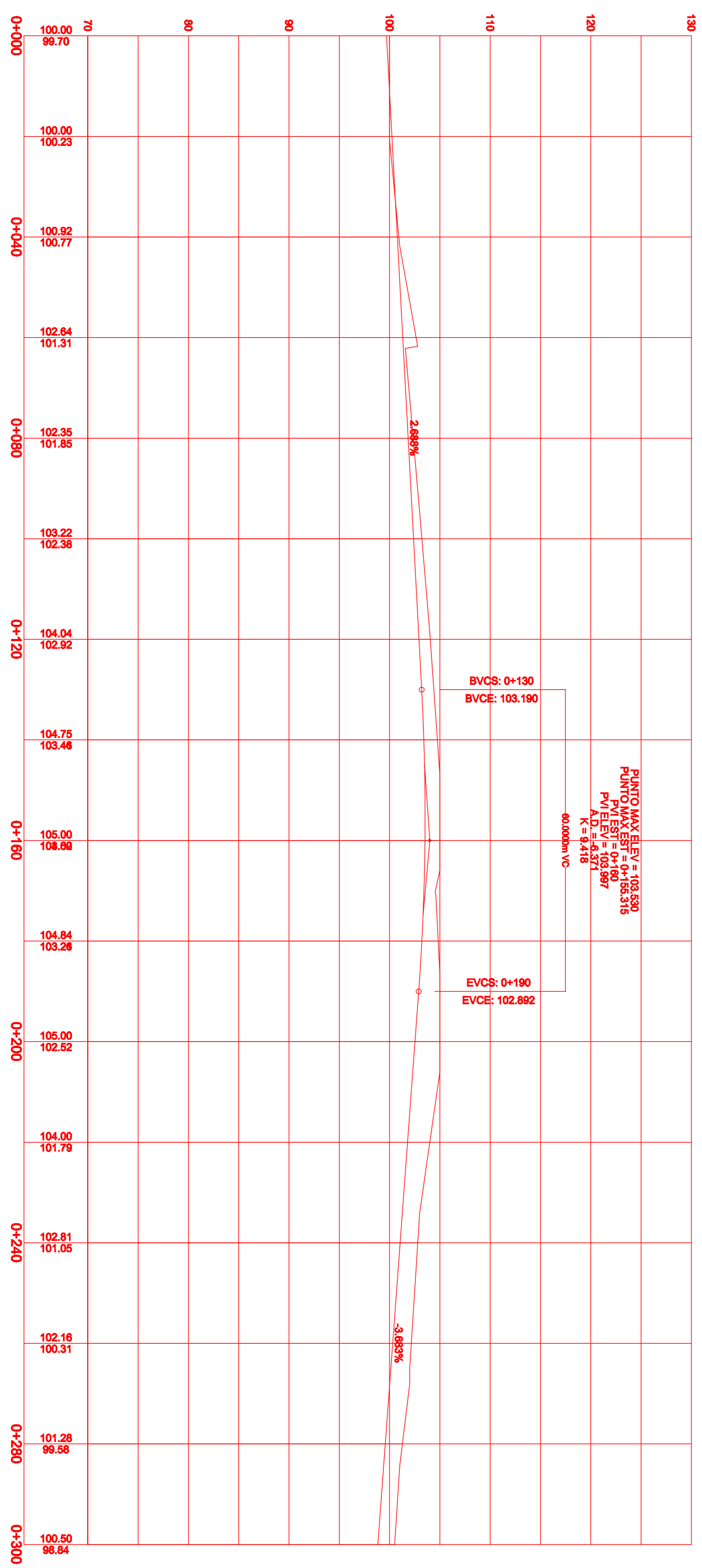
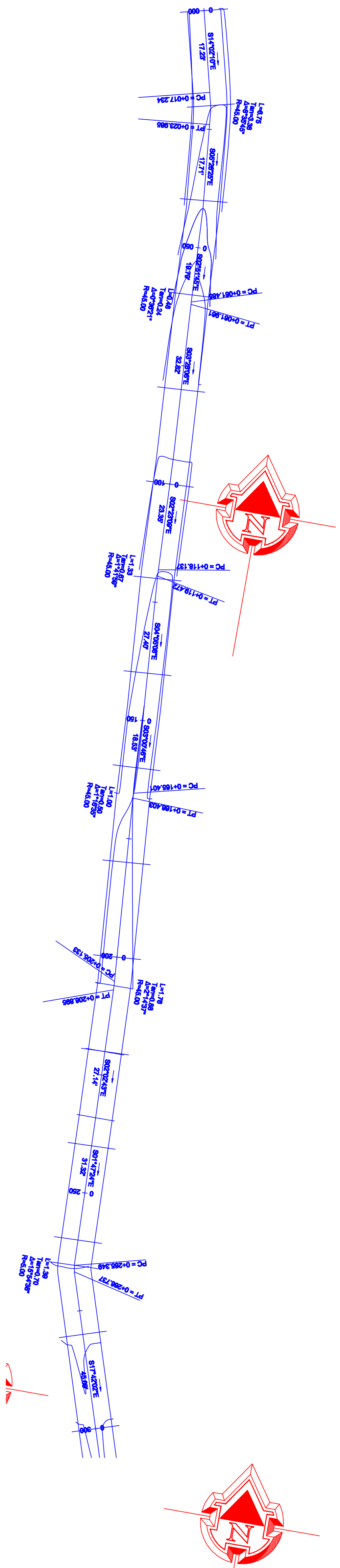


ELEVACIÓN SUR
ESCALA 1/75

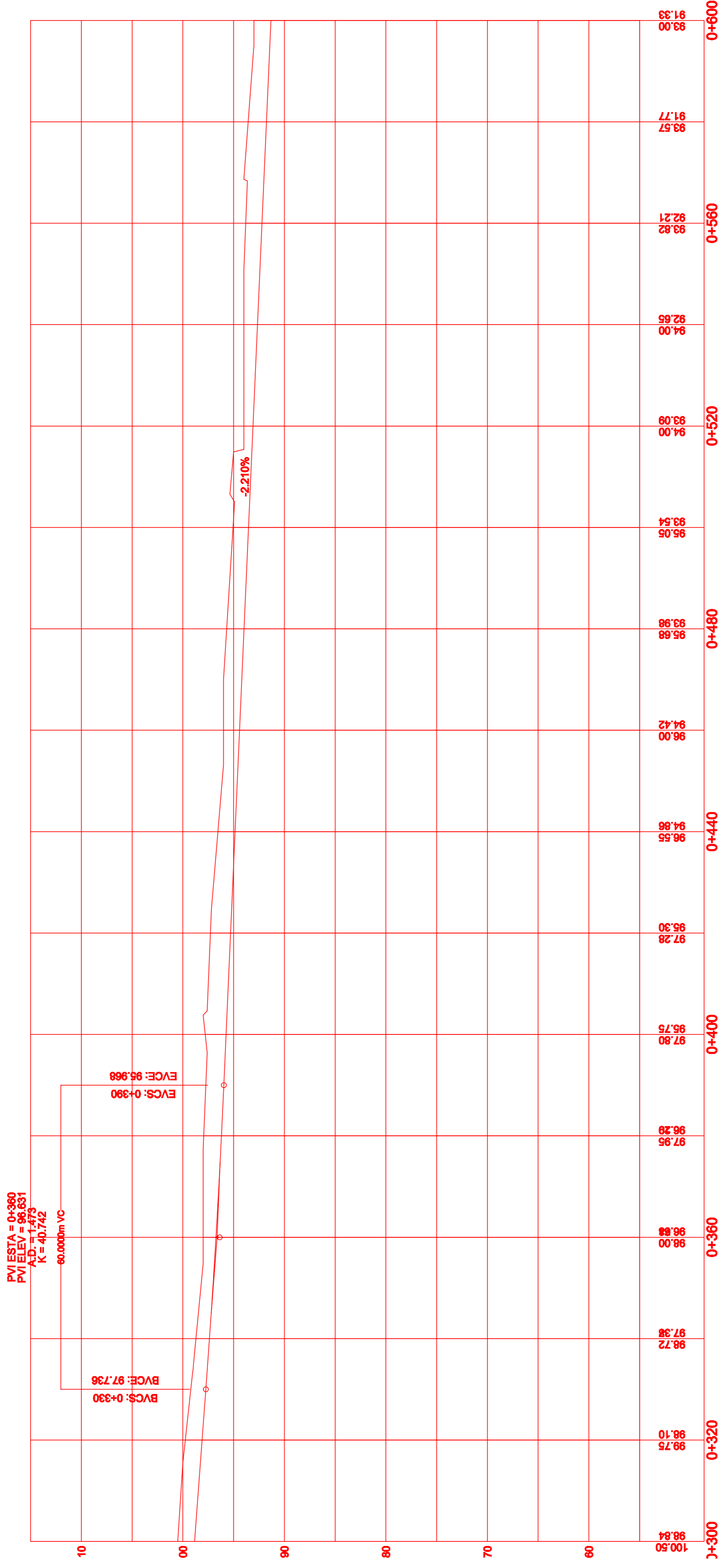
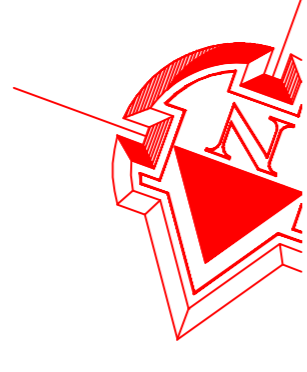
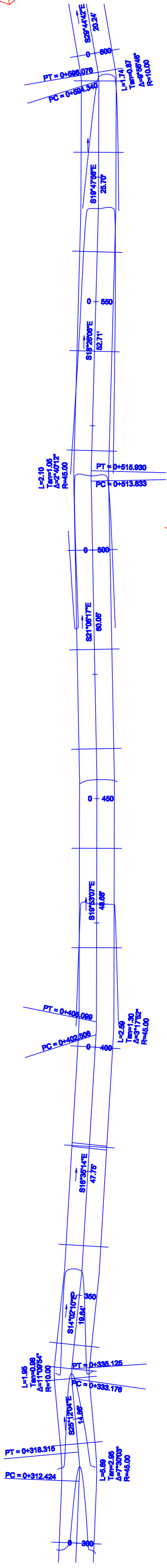
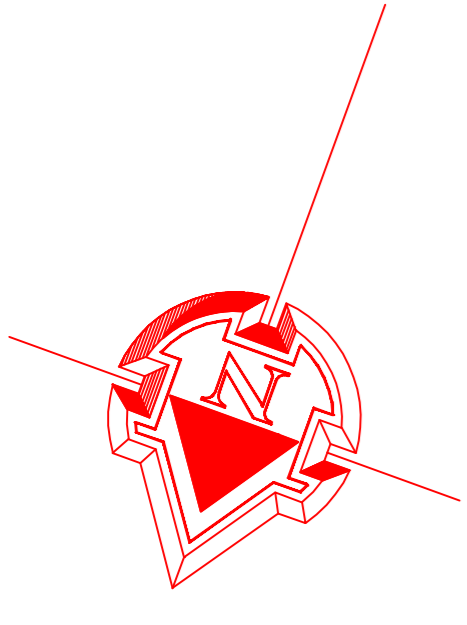


ELEVACIÓN OESTE
ESCALA 1/75

			
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA			
ASISTENTE: ALFREDO ANAYALAR	DISEÑO: ALDE UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA	PROYECTO: DISEÑO DE INSTITUTO DE EDUCACIÓN BÁSICA	ESCALA: 1/11
DISEÑO: RODOLFO PALACIOS	DISEÑO: RODOLFO PALACIOS	PLANO DE ACABADOS Y DETALLES DE PUERTAS Y VENTANAS	FECHA: ABRIL DE 2012
FECHA DEL PROYECTO:			INDICADA



<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA</p>			
Autorizado: _____ Ingeiero Mecanico Civil	Proyecto: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO	Ubicación: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA	Escala: 1/12
Tercer Autorizado: _____ Ingeiero Mecanico Civil	Plano de: PLANTA MAS PERIL DE CARRETERA	Fecha: Mayo de 2012	Indicada: _____



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA



PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO

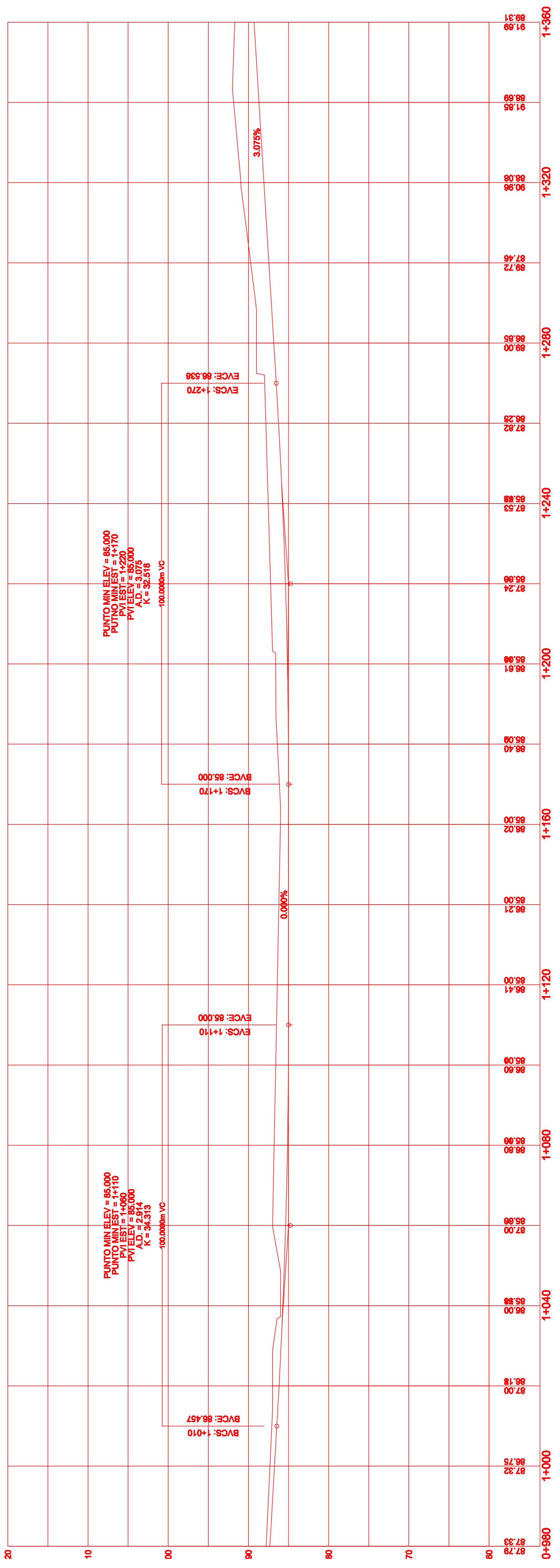
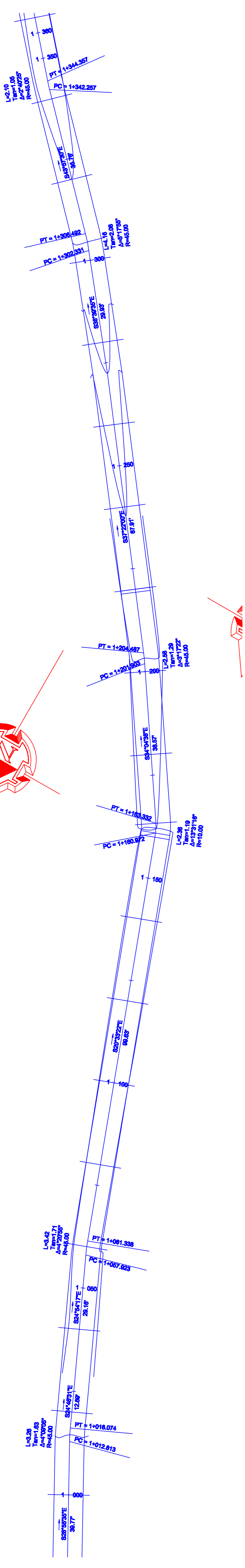
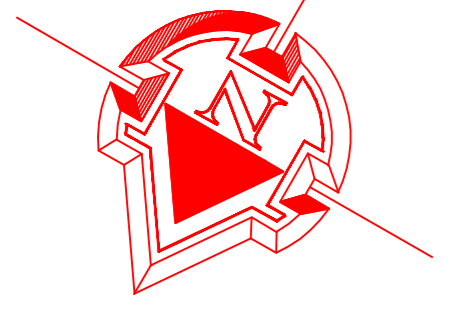
UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA

PLANO DE PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA

FECHA: MAYO DE 2012

ESCALA: 1/12

INDICIA: TIG ALFREDO ARRILAZCAN - RODRIGO F. NUJES - ANIBAL SUPERVISOR E.P.A. - EPENITA - INGENIERA CIVIL

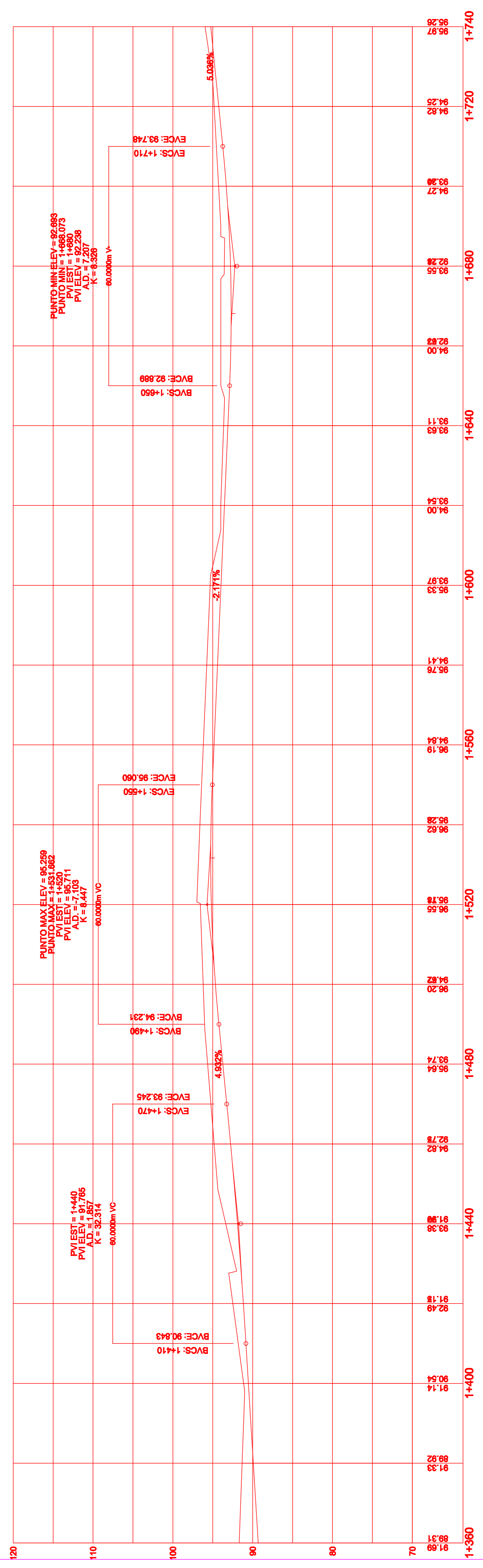
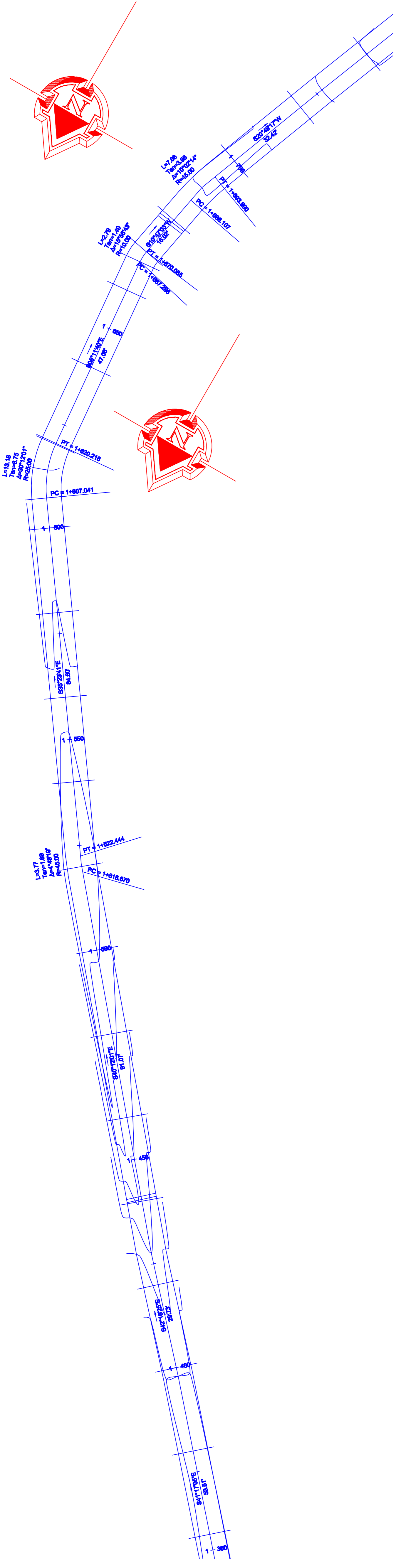


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO
UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA
PLANO DE PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA
FECHA: MAYO DE 2012

ALUMNO: ALBERTO AMARAL
CARRERA: INGENIERIA CIVIL
MODULO: 1
FECHA: 4/12
Escala: INDICADA

TABLA ALFABETICA DE PLANOS
INGENIERIA CIVIL
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO
UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA
PLANO DE: PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA
FECHA: MAYO DE 2012

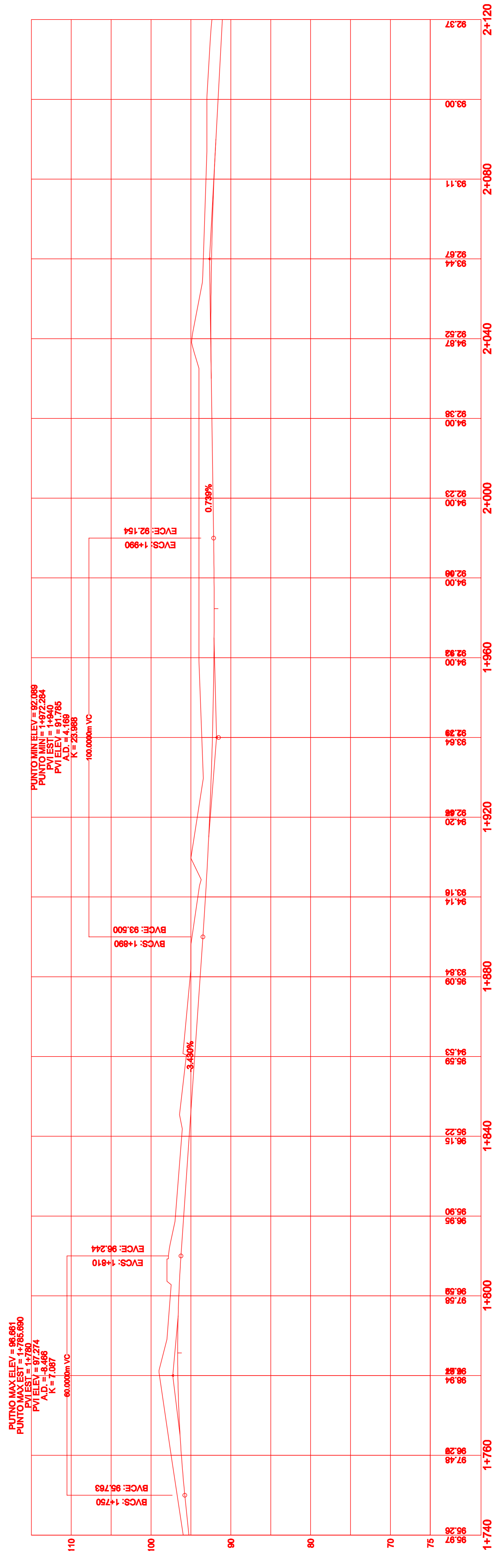
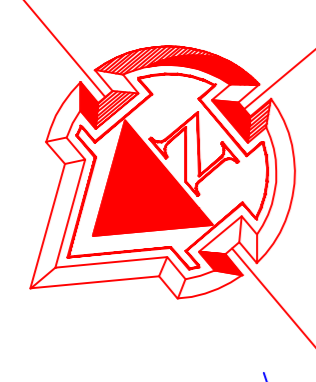
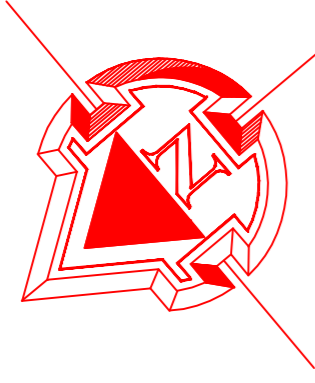
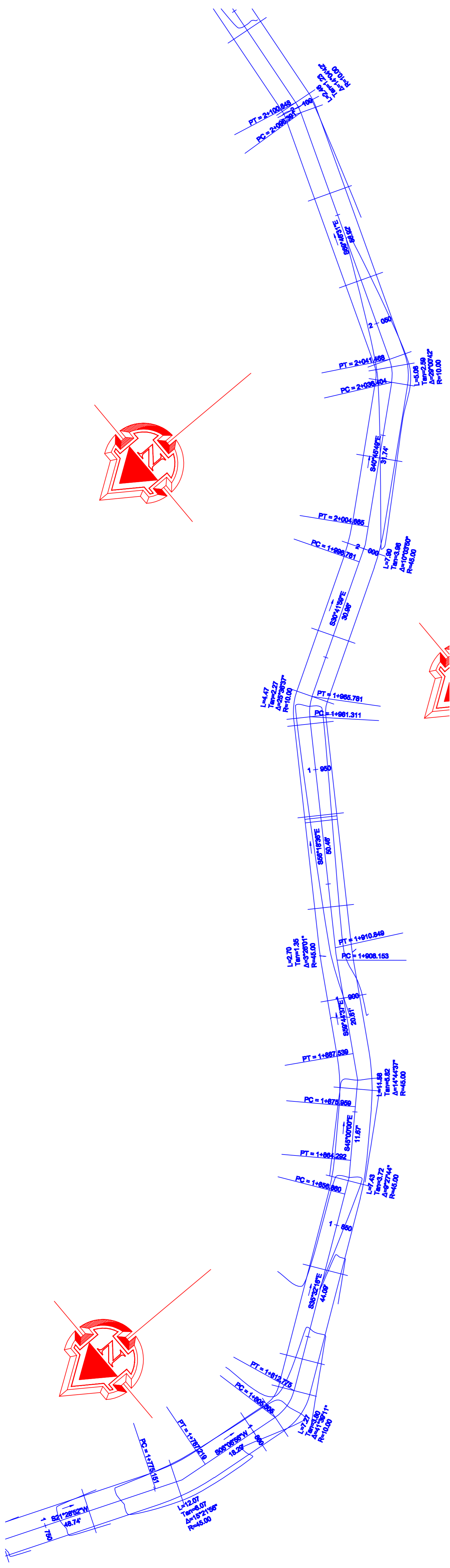
ESCALA:
INDICADA

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO
UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA
PLANO DE: PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA
FECHA: MAYO DE 2012

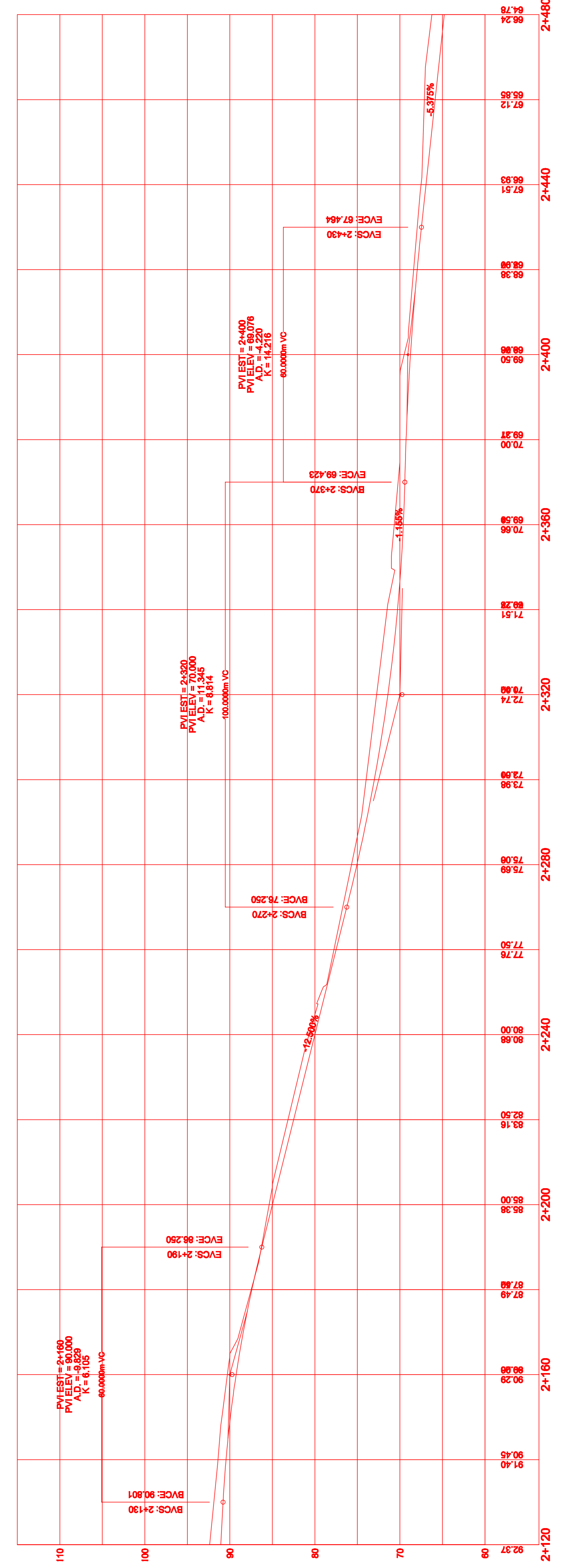
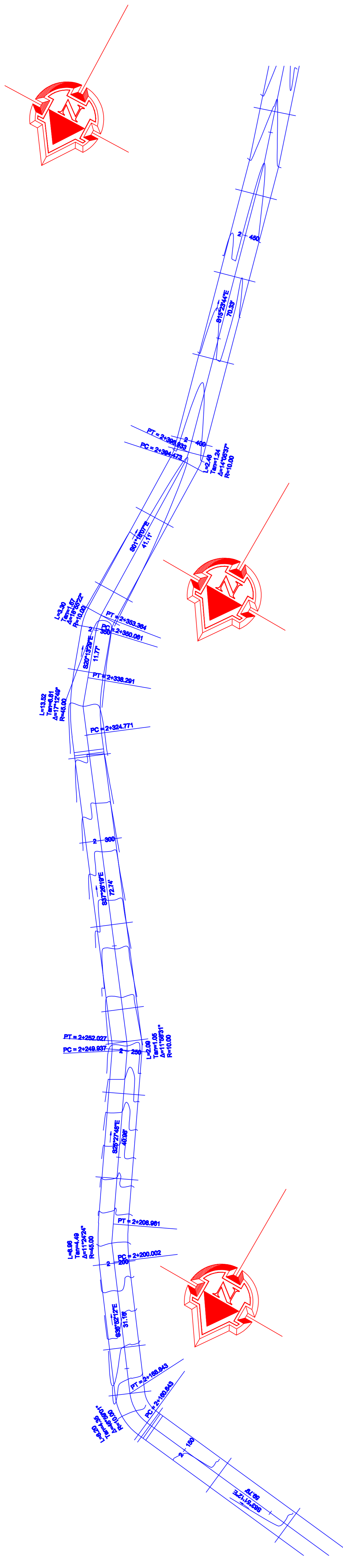
ESCALA:
INDICADA


HOJA 5 / 12

TAG ALFREDO ARRILAZCAN - RODRIGO F. MULLER
ASESOR SUPERVISOR E.P.A. - EPENISTA - INGENIERIA CIVIL




	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA	
	PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA	
	PLANO DE PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA FECHA: 05/11/2012 HOJA: 6 / 12	
TING ALFREDO ARRIVALZAN - INGENIERO F. INGENIERIA CIVIL ANDRÉS SUPERVISOR E.P. - INGENIERO CIVIL		ESCALA: INDOOR





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA



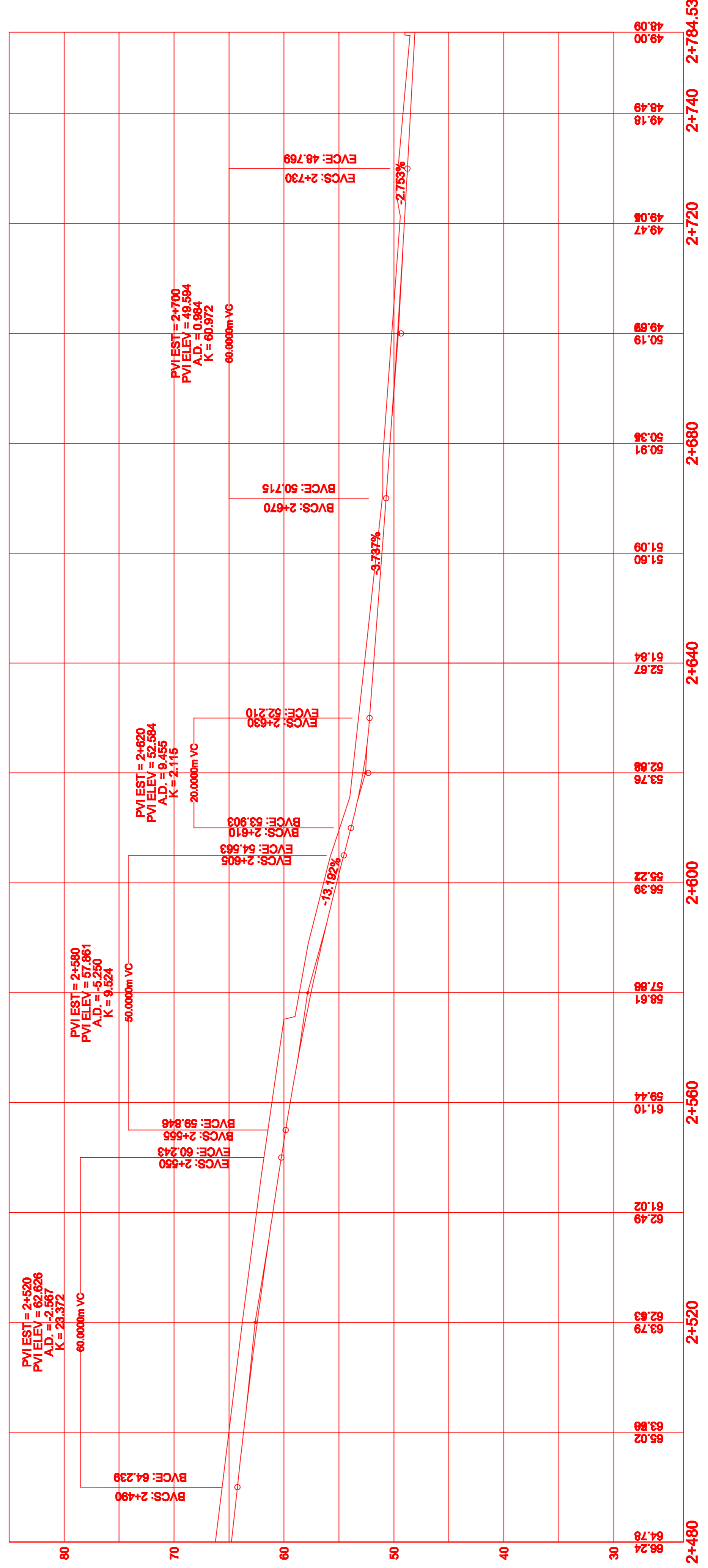
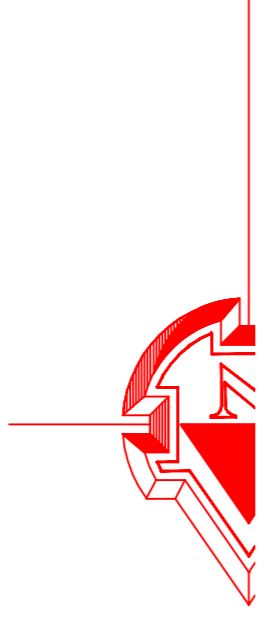
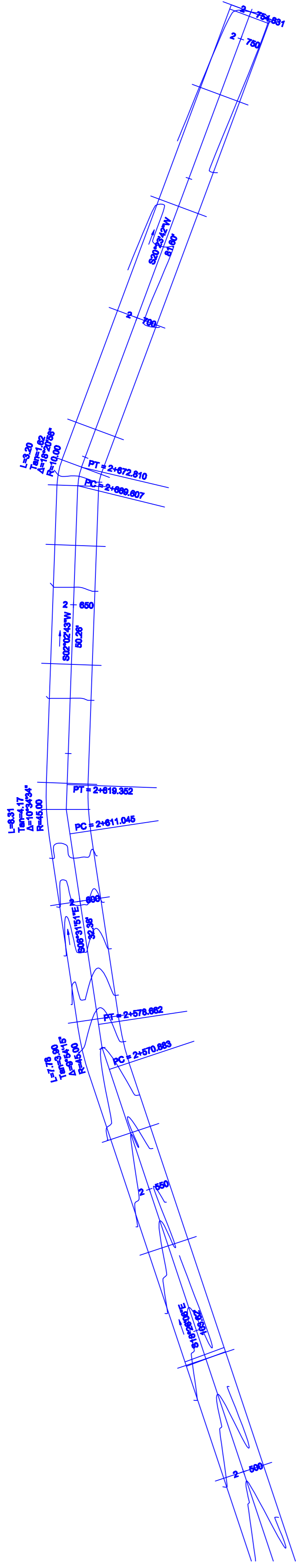
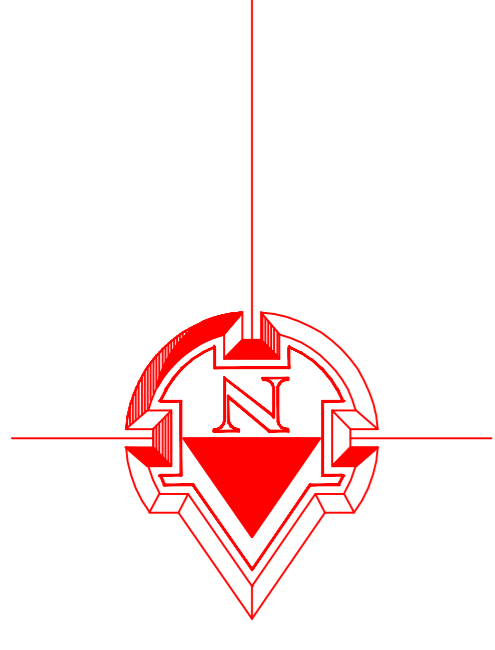
PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO
UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA

FECHA: 15/05/2012
PLANO DE: PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA

ESCALA: INDICADA

HOJA: 7 / 12

TAB. ALFONSO ARRIVALZAGA - INGENIERO F. INGENIERIA CIVIL
ASESOR: SUPERVISA E.P.A. - EPENITA - INGENIERIA CIVIL

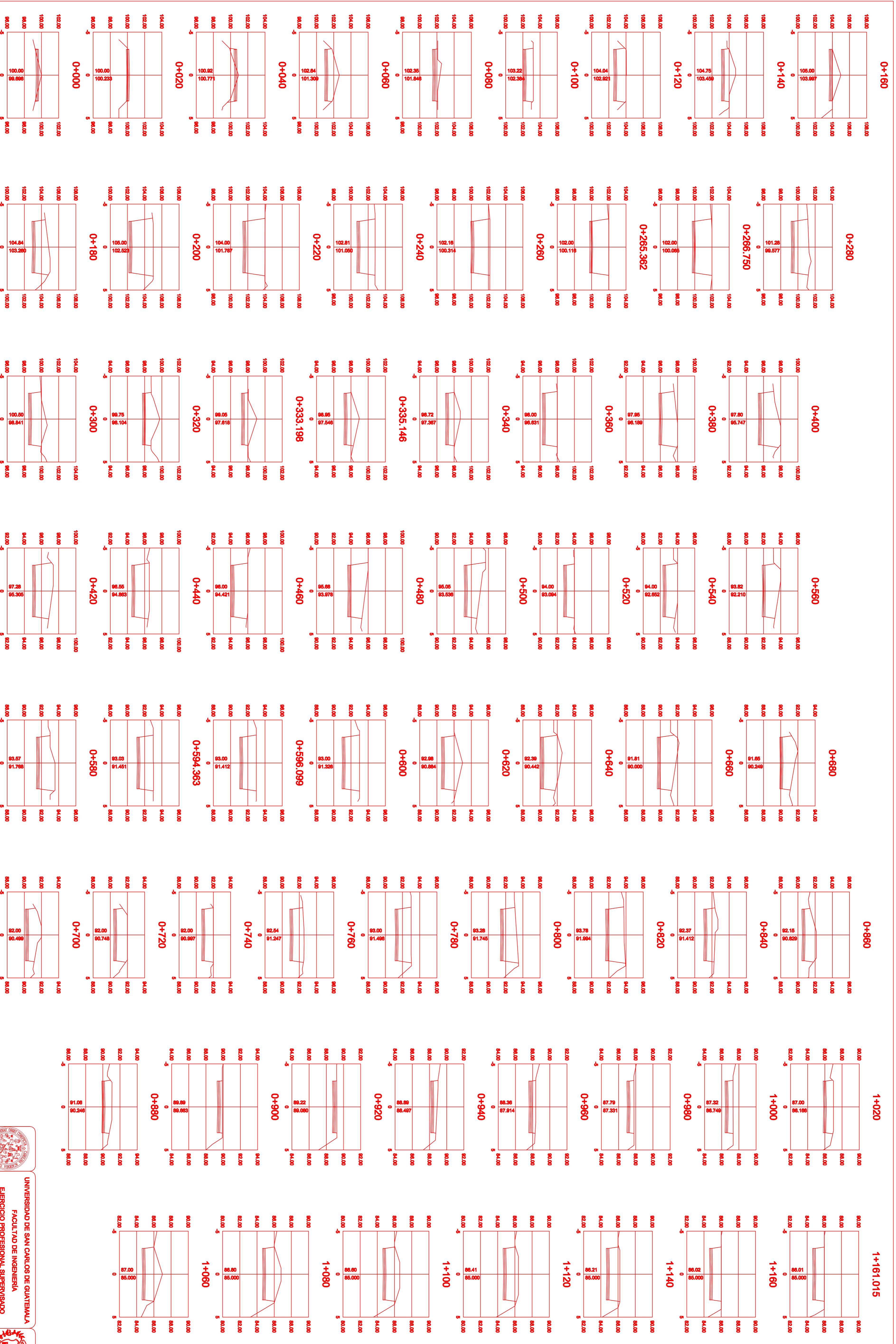


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA

PROYECTO: DISEÑO DE LA RED DE UN PAVIMENTO RIGIDO
UBICACION: ALDEA UTZUMAZATE, BARBERENA, SANTA ROSA
PLANO DE: PLANTA MAS PERFIL DE CARRETERA
FECHA: MAYO DE 2012
ESCALA: INDICADA

ASERORÍA INGENIERÍA E.S.A.

INFORMACION
AUTOR: ALBERTO VILLARREAL
DISEÑO: CARLOS VILLARREAL
COORDINADOR: CARLOS VILLARREAL
PROYECTANTE: CARLOS VILLARREAL
FECHA: 6/12
ESCALA: INDICADA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA



ASISTENTE: ALDE UTZUJAZZITE, BARBERENA, SANTA ROSA
 COORDINADOR: SECCIONES TRANSVERSALES
 FECHA: ABRIL DE 2012
 ESCALA: INDICADA

PROYECTO: DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO
 UBICACION: ALDE UTZUJAZZITE, BARBERENA, SANTA ROSA

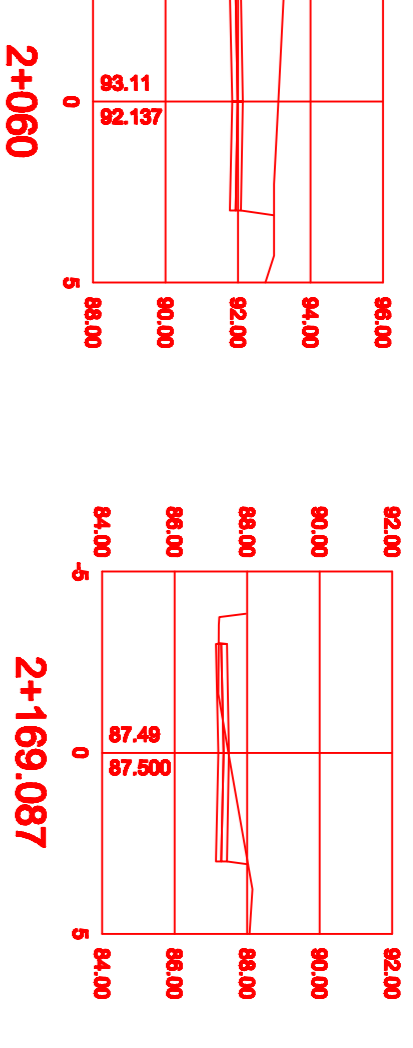
ASISTENTE SOCIAL PUBLICO: RODRIGO PALACIOS
 COORDINADOR PUBLICO: SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: ABRIL DE 2012
 ESCALA: INDICADA

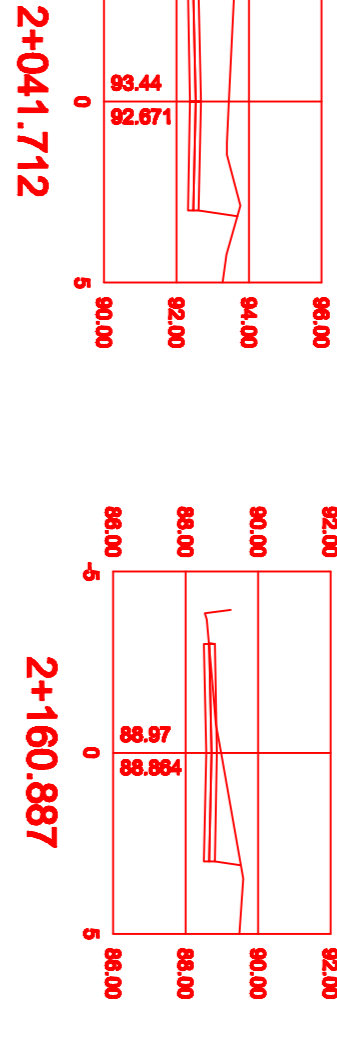
9 / 11

2+080

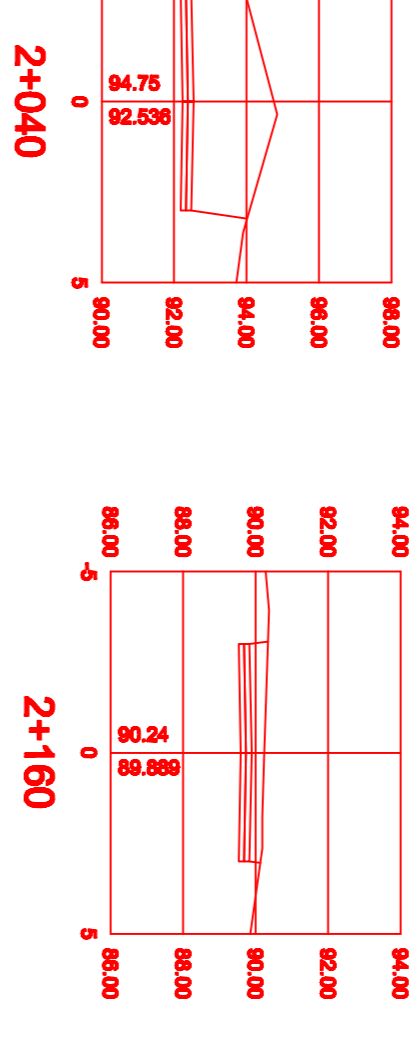
2+180



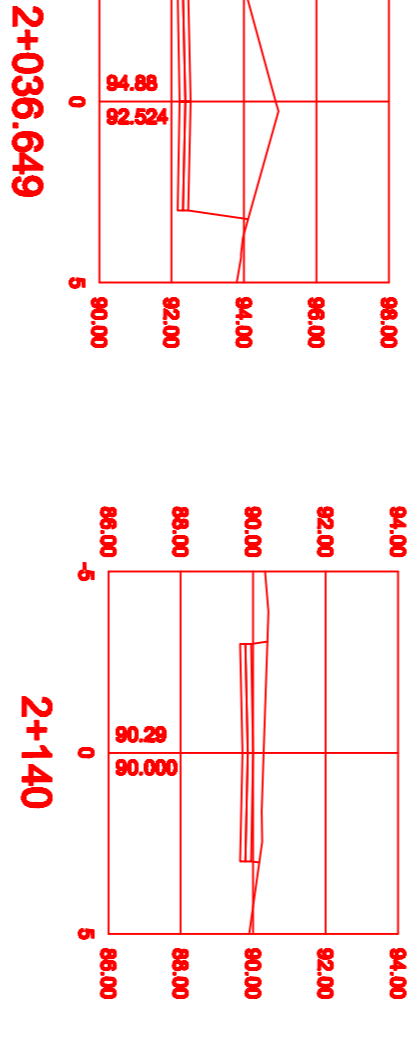
2+169,087



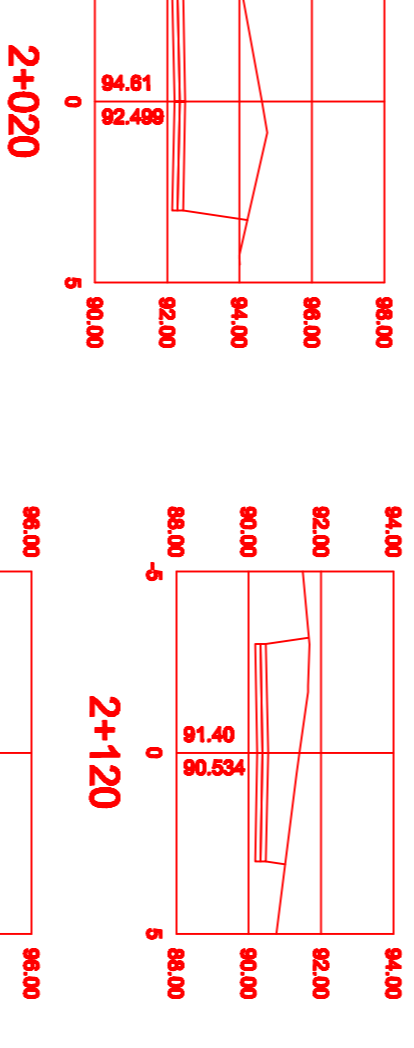
2+160,897



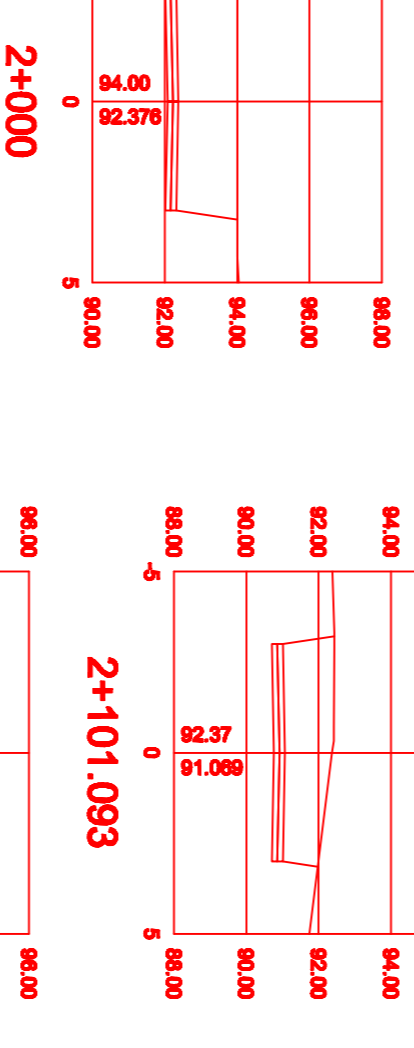
2+160



2+140

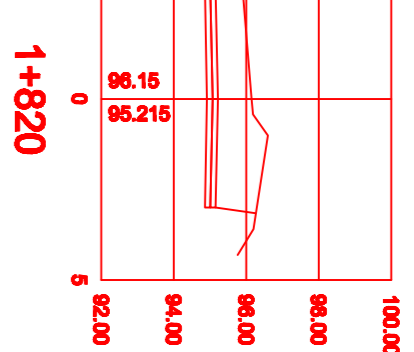


2+120

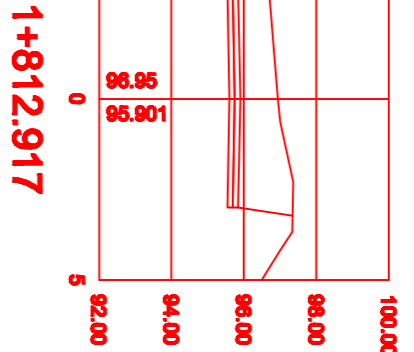


2+101,093

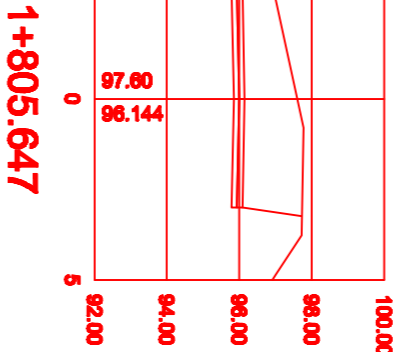
1+840



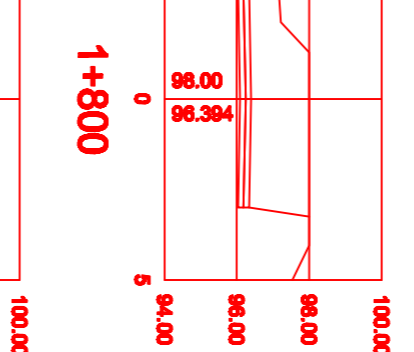
1+820



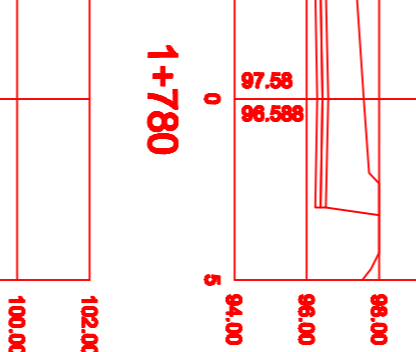
1+812.917



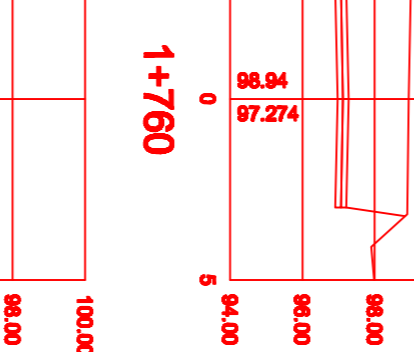
1+805.647



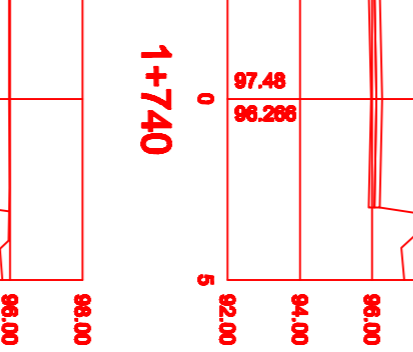
1+800



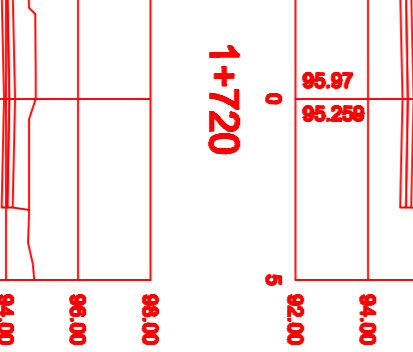
1+780



1+760

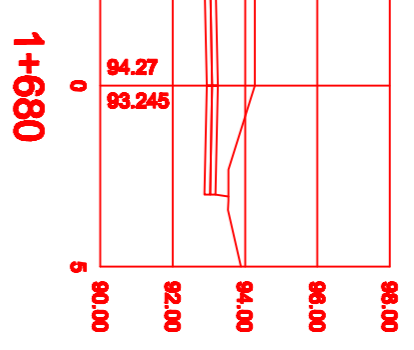


1+740

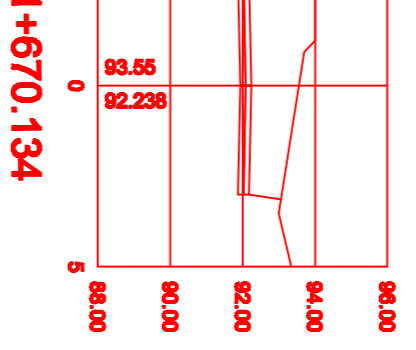


1+720

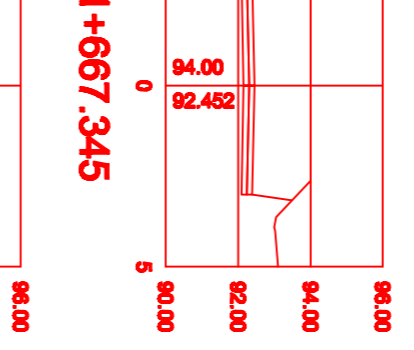
1+700



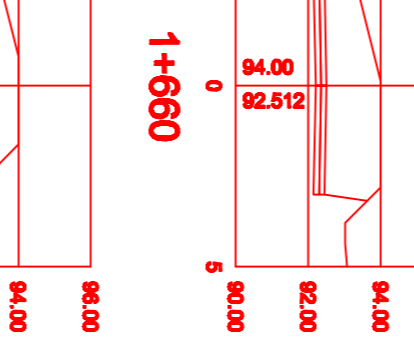
1+680



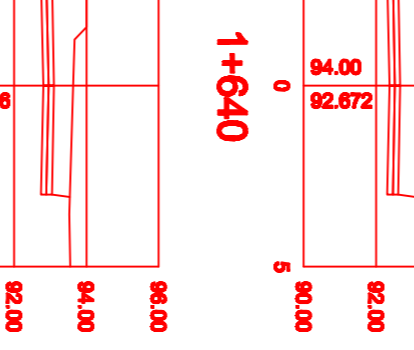
1+670.134



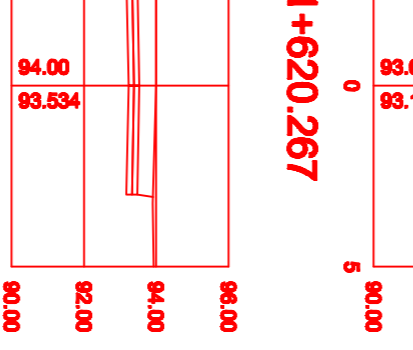
1+667.345



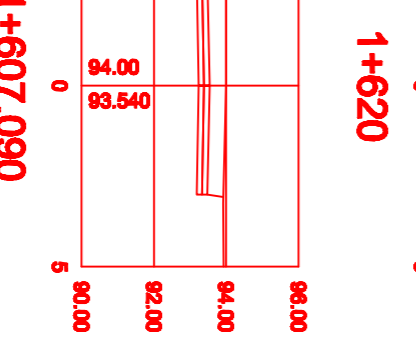
1+660



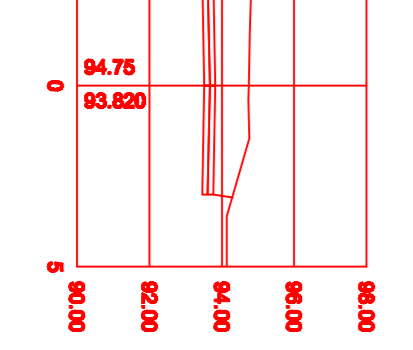
1+640



1+620.267

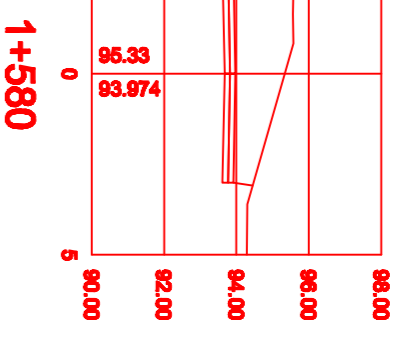


1+620

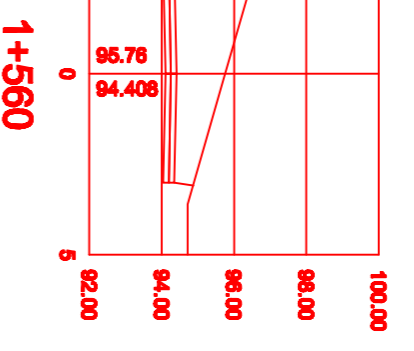


1+607.090

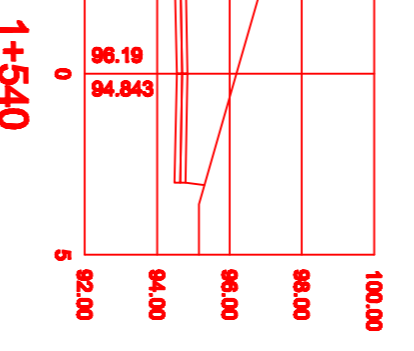
1+600



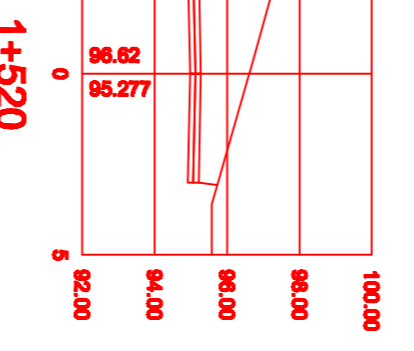
1+580



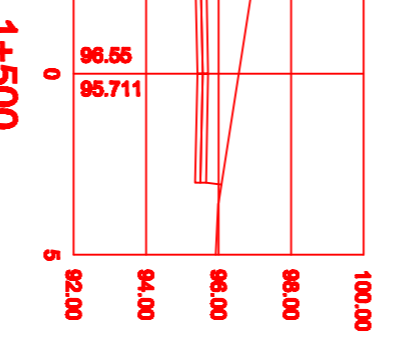
1+560



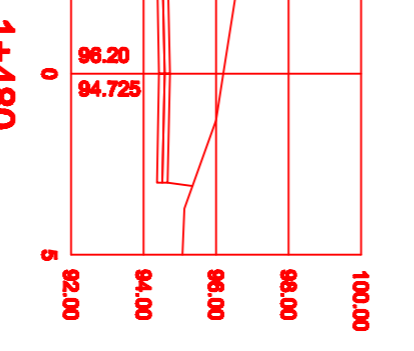
1+540



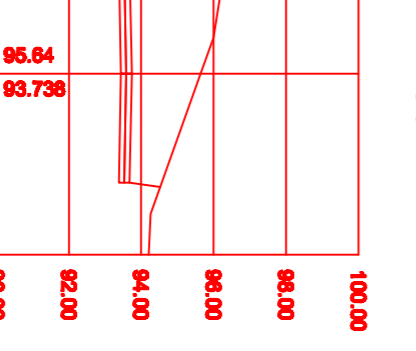
1+520



1+500

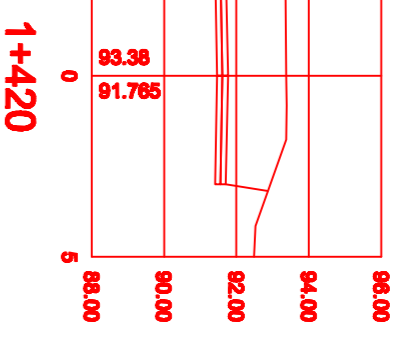


1+480

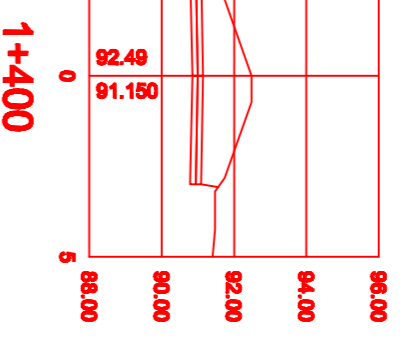


1+460

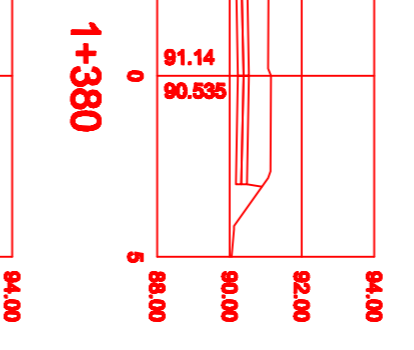
1+440



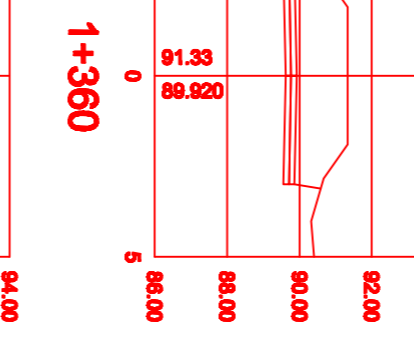
1+420



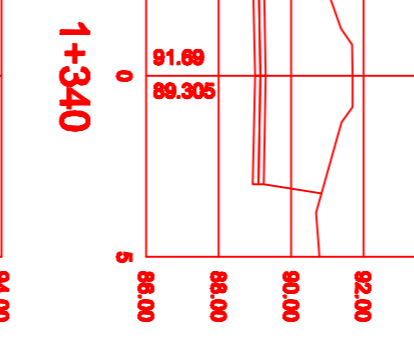
1+400



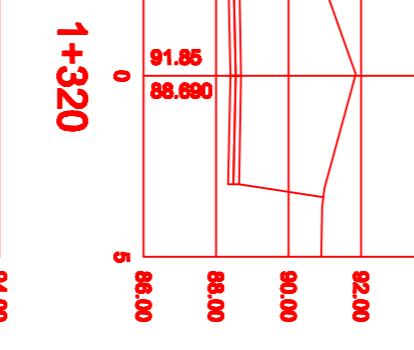
1+380



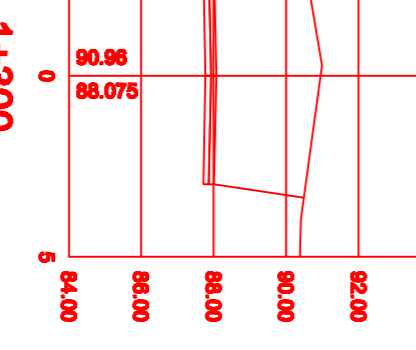
1+360



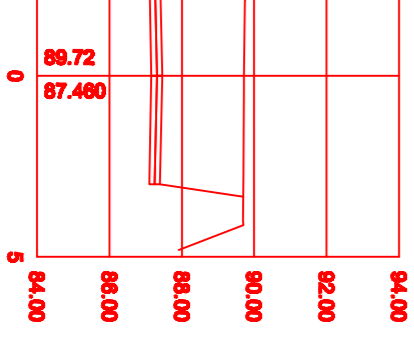
1+340



1+320

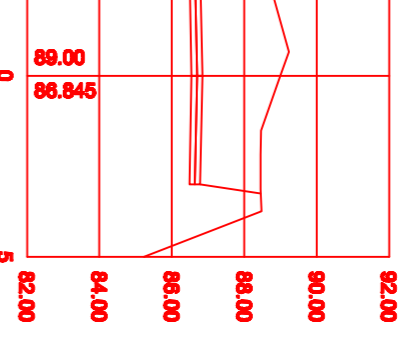


1+300

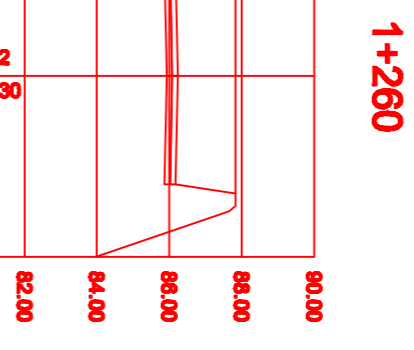


1+280

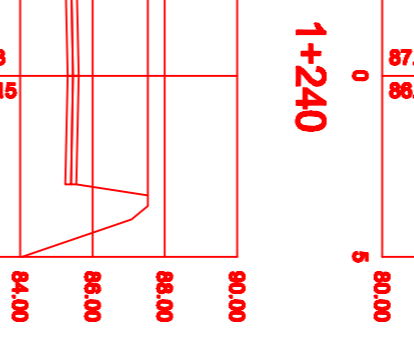
1+260



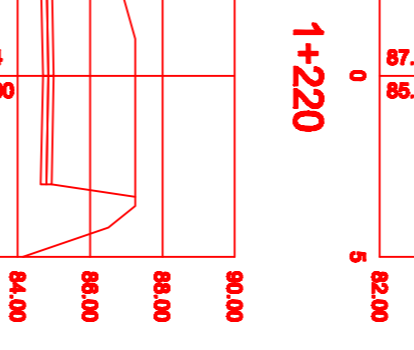
1+240



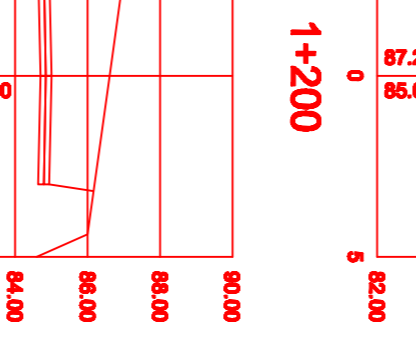
1+220



1+200



1+180



1+163.375



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MUNICIPALIDAD DE BARBERENA, SANTA ROSA

PROYECTO: DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO

ALDE UTZUMAZTE, BARBERENA, SANTA ROSA

SECCIONES TRANSVERSALES

FECHA: ABRIL DE 2012

INDICIA

10 / 11

ESTACION	ÁREAS		VOLUMENES ACTUALES		VOLUMENES ACTUALES		VOLUMENES ACTUALES		VOLUMENES ACTUALES		VOLUMENES ACTUALES	
	METROS CUADRADOS	CORTE	METROS CUADRADOS	RELLENO	METROS CUADRADOS	CORTE	METROS CUADRADOS	RELLENO	METROS CUADRADOS	CORTE	METROS CUADRADOS	RELLENO
0+000	1.642	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0+020	0.576	0.008	21.260	0.422	14.380	0.654	0.000	0.000	148.384	0.000	148.384	0.000
0+040	0.637	0.919	12.130	6.730	33.390	7.152	0.000	0.000	129.766	0.000	278.151	0.000
0+060	0.759	0.000	69.428	6.124	102.818	13.276	0.000	0.000	191.581	0.000	469.732	0.000
0+080	4.293	0.000	117.171	0.000	319.889	13.276	0.000	0.000	286.155	0.000	735.887	0.000
0+100	7.059	0.000	112.653	0.000	332.642	13.276	0.000	0.000	285.153	0.000	1021.040	0.000
0+120	8.741	0.000	158.004	0.000	490.647	13.276	0.000	0.000	242.336	0.000	1263.376	0.000
0+140	7.540	0.000	162.659	0.000	653.306	13.276	0.000	0.000	178.126	0.000	1441.502	0.000
0+160	4.997	0.000	124.500	0.000	777.605	13.276	0.000	0.000	208.042	0.000	1615.190	0.000
0+180	11.582	0.000	161.238	0.000	939.043	13.276	0.000	0.000	209.997	0.000	2033.188	0.000
0+200	17.777	0.000	391.385	0.000	1230.428	13.276	0.000	0.000	201.789	0.000	2234.977	0.000
0+220	16.051	0.000	290.203	0.000	1858.769	13.276	0.000	0.000	60.383	0.000	2295.361	0.000
0+240	13.022	0.000	266.430	0.000	2125.198	13.276	0.000	0.000	17.521	0.000	2372.892	0.000
0+260	13.623	0.000	73.633	0.000	2198.831	13.276	0.000	0.000	1.249	0.000	2374.130	0.000
0+285.362	13.843	0.000	19.452	0.000	2218.283	13.276	0.000	0.000	101.846	0.000	2475.976	0.000
0+286.750	14.155	0.000	177.848	0.000	2396.131	13.276	0.000	0.000	141.946	0.000	2617.922	0.000
0+300	10.806	0.000	234.834	0.000	2630.965	13.276	0.000	0.000	68.465	0.000	2686.387	0.000
0+320	8.634	0.000	196.067	0.000	2827.032	13.276	0.000	0.000	29.707	0.000	2716.094	0.000
0+340	7.330	0.000	106.514	0.000	2933.545	13.276	0.000	0.000	107.930	0.000	2824.024	0.000
0+355.148	7.330	0.000	461.500	0.000	2989.048	13.276	0.000	0.000	171.313	0.000	2995.337	0.000
0+360	8.471	0.000	189.366	0.000	3178.414	13.276	0.000	0.000	116.150	0.000	3111.487	0.000
0+380	10.502	0.000	230.627	0.000	3409.041	13.276	0.000	0.000	156.292	0.000	3278.903	0.000
0+400	12.592	0.000	268.885	0.000	3677.926	13.276	0.000	0.000	216.643	0.000	3595.846	0.000
0+420	13.971	0.000	282.847	0.000	3960.773	13.276	0.000	0.000	205.580	0.000	3801.435	0.000
0+440	14.314	0.000	264.154	0.000	4234.927	13.276	0.000	0.000	53.926	0.000	3855.351	0.000
0+460	12.459	0.000	242.764	0.000	4467.601	13.276	0.000	0.000	79.151	0.000	3934.703	0.000
0+480	11.820	0.000	244.798	0.000	4712.469	13.276	0.000	0.000	67.915	0.000	4025.618	0.000
0+500	11.719	0.000	191.207	0.000	4926.258	13.276	0.000	0.000	163.283	0.000	4171.198	0.000
0+520	7.554	0.000	172.888	0.000	5323.353	13.276	0.000	0.000	165.283	0.000	4336.481	0.000
0+540	10.096	0.000	215.265	0.000	5538.616	13.276	0.000	0.000	181.361	0.000	4510.088	0.000
0+560	11.444	0.000	234.288	0.000	5772.907	13.276	0.000	0.000	195.803	0.000	4699.489	0.000
0+580	11.987	0.000	170.571	0.000	5943.478	13.276	0.000	0.000	250.201	0.000	4895.252	0.000
0+594.363	11.765	0.000	47.598	0.000	6011.608	13.276	0.000	0.000	233.020	0.000	5145.453	0.000
0+596.099	11.913	0.000	20.565	0.000	6022.499	13.276	0.000	0.000	233.020	0.000	5454.034	0.000
0+600	12.474	0.000	250.891	0.000	6521.110	13.276	0.000	0.000	66.488	0.000	5523.542	0.000
0+620	12.615	0.000	258.610	0.000	6784.697	13.276	0.000	0.000	201.870	0.000	5725.412	0.000
0+640	13.249	0.000	263.577	0.000	7016.514	13.276	0.000	0.000	251.977	0.000	5997.359	0.000
0+660	13.109	0.000	231.827	0.000	7208.119	13.276	0.000	0.000	272.565	0.000	6248.893	0.000
0+700	9.034	0.000	184.983	0.000	7393.102	13.276	0.000	0.000	218.555	0.000	6468.748	0.000
0+720	9.466	0.000	176.163	0.000	7589.265	13.276	0.000	0.000	48.216	0.000	6516.964	0.000
0+740	8.166	0.000	178.492	0.000	7748.757	13.276	0.000	0.000	24.181	0.000	6728.744	0.000
0+760	9.808	0.000	211.855	0.000	7960.612	13.276	0.000	0.000	187.599	0.000	6880.596	0.000
0+780	11.397	0.000	249.396	0.000	8440.428	13.276	0.000	0.000	151.852	0.000	7052.217	0.000
0+800	11.605	0.000	230.020	0.000	8900.632	13.276	0.000	0.000	14.408	0.000	7096.626	0.000
0+820	13.355	0.000	214.400	0.000	8654.428	13.276	0.000	0.000	171.621	0.000	7270.034	0.000
0+840	9.286	0.000	173.182	0.000	8827.611	13.276	0.000	0.000	11.657	0.000	7378.283	0.000
0+860	9.316	0.000	156.918	0.000	8984.529	13.276	0.000	0.000	191.751	0.000	7438.151	0.000
0+880	6.711	0.000	99.168	0.000	9083.697	13.276	0.000	0.000	108.539	0.000	7546.691	0.000
0+900	3.392	0.000	61.731	0.000	9145.428	13.276	0.000	0.000	3.507	0.000	7550.198	0.000
0+920	2.790	0.000	70.679	0.000	9216.107	13.276	0.000	0.000	27.143	0.007	7577.616	0.007
0+940	4.334	0.000	90.076	0.000	9306.182	13.276	0.000	0.002	27.143	0.032	7804.759	0.039
0+960	4.576	0.000	94.568	0.000	9400.750	13.276	0.000	0.000	62.662	0.028	7867.421	0.065
0+980	4.781	0.000	102.640	0.000	9503.390	13.276	0.000	0.000	100.972	0.000	7768.394	0.065
1+000	5.491	0.000	125.430	0.000	9628.819	13.276	0.000	0.000	105.811	0.000	7874.205	0.065
1+020	7.086	0.000	116.849	0.000	9745.668	13.276	0.000	0.000	44.106	0.007	7918.311	0.073
1+040	4.692	0.000	155.154	0.000	9900.822	13.276	0.000	0.002	6.831	0.007	7925.142	0.079
1+060	11.313	0.000	224.797	0.000	10277.781	13.276	0.000	0.004	23.485	0.016	7948.627	0.095
1+080	11.383	0.000	224.797	0.000	10352.578	13.276	0.000	0.000	102.680	0.003	8051.306	0.098
1+100	10.098	0.000	215.530	0.000	10568.108	13.276	0.000	0.000	293.612	0.000	8234.494	0.098
1+120	10.459	0.000	198.155	0.000	10767.264	13.276	0.000	0.000	183.187	0.000	8526.106	0.098
1+140	9.465	0.000	176.957	0.000	10944.221	13.276	0.000	0.000	302.366	0.000	8830.471	0.098
1+160	8.244	0.000	8.335	0.000	10952.556	13.276	0.000	0.000	112.290	0.000	8942.762	0.098
1+181.015	8.182	0.000	19.270	0.000	10971.826	13.276	0.000	0.000	32.397	0.000	8975.158	0.098
1+183.375	8.149	0.000	153.886	0.000	11125.712	13.276	0.000	0.000	59.846	0.000	9035.005	0.098
1+180	10.409	0.000	223.097	0.000	11348.809	13.276	0.000	0.000	142.394	0.000	9177.399	0.098
1+200	11.918	0.000	274.569	0.000	11622.378	13.276	0.000	0.000	75.314	0.000	9252.712	0.098
1+220	15.518	0.000	294.413	0.000	11916.792	13.276	0.000	0.000	10.912	0.000	9263.625	0.098
1+240	13.937	0.000	258.713	0.000	12175.505	13.276	0.000	0.000	9.971	0.001	9273.595	0.098
1+260	11.959	0.000	194.543	0.000	12434.837	13.276	0.000	0.000	76.424	0.003	9350.019	0.101
1+280	14.001	0.000	304.733	0.000	12708.561	13.276	0.000	0.000	103.616	0.003	9452.836	0.101
1+300	16.403	0.000	354.373	0.000	13092.934	13.276	0.000	0.000	149.039	0.000	9592.871	0.101
1+320	19.067	0.000	391.233	0.000	13474.166	13.276	0.000	0.000	197.493	0.000	9760.364	0.101
1+340	19.056	0.000	335.403	0.000	13809.569	13.276	0.000	0.000	171.115	0.000	9931.479	0.101
1+360	14.584	0.000	240.691	0.000	14050.261	13.276	0.000	0.000	162.746	0.000	10394.225	0.101
1+380	9.654	0.000	0.000	0.000	14050.261	13.276	0.000	0.000	209.511	0.000	10277.101	0.101
									168.917	0.000	10486.612	0.101
									155.916	0.000	10811.445	0.101
									183.896	0.000	10995.331	0.101
									163.616	0.000	11595.947	0.101
									121.592	0.000	11280.540	0.101
									45.816	0.000	11326.356	0.101
									13.663	0.000	11340.019	0.101
									33.391	0.000	11373.409	0.101
									111.661	0.000	11485.071	0.101
									109.937	0.000	11595.007	0.101
									103.477	0.000	11698.484	0.101
									25.125	0.000	11723.610	0.101
									0.000	0.000	11723.610	0.101