



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL
CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I,
MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**

Juan Carlos Sis López

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, mayo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN CARLOS SIS LÓPEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

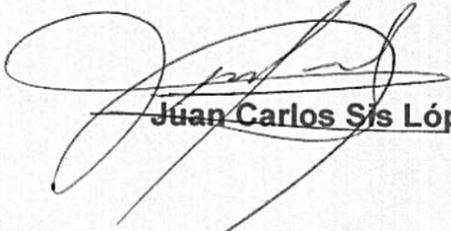
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I,
MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 20 de mayo de 2010.


Juan Carlos Sis López



Guatemala, 17 de marzo de 2015
Ref.EPS.DOC.243.03.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Juan Carlos Sis López** con carné No. **199911426**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ.**

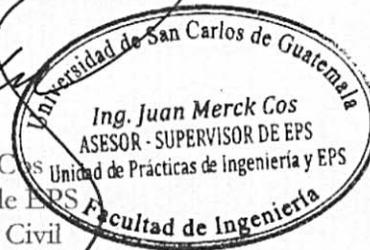
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
04 de abril de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Carlos Sis López, con Carnet No.199911426 , quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
13 de abril de 2015

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Juan Carlos Sis López, con Carnet No. 199911426, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

hhdeb
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 25 de abril de 2015
Ref.EPS.D.179.04.15

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

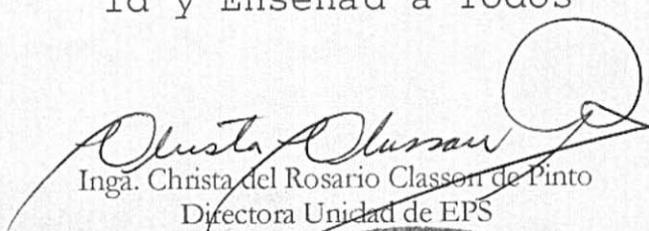
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Juan Carlos Sis López, carné 199911426**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CdRCdP/ra





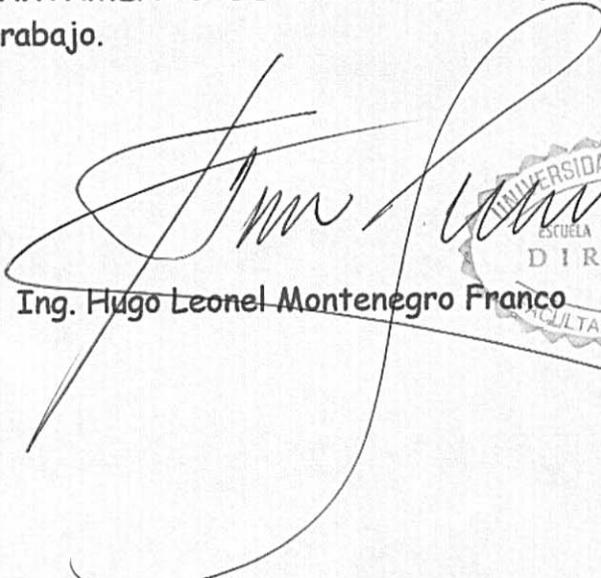
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Juan Carlos Sis López, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, mayo 2016.

/mrrm.

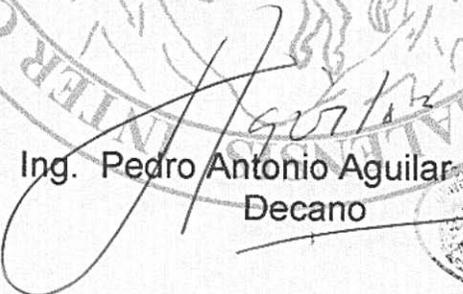
Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO Y EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA EL BARRIO LA CRUZ I, MUNICIPIO DE PURULHÁ, DEPARTAMENTO DE BAJA VERAPAZ**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Carlos Sis López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, mayo de 2016

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por las bendiciones recibidas en el transcurso de mi vida y permitirme alcanzar este triunfo.
Mis padres	Por brindarme su apoyo incondicional en todo momento y saber guiarme por el camino de la vida con sus sabios consejos.
Mis hermanos	Por el cariño y comprensión en los momentos más difíciles.
Ing. Juan Merck	Por brindarme su asesoría y apoyo incondicional.
Toda mi familia	Por su aprecio y el apoyo que siempre me han manifestado.
Mis compañeros y amigos	Por compartir momentos inolvidables, forjando nuestra vida hacia el éxito.
Facultad de Ingeniería	Por los conocimientos adquiridos en sus instalaciones.
Municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz	Por la colaboración en la realización del Ejercicio Profesional Supervisado de Ingeniería.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres

José Luis Sis Castro y Perla Johana López Acetún, con mucho amor y admiración por el esfuerzo, además del apoyo incondicional que siempre me brindaron para la obtención de este triunfo.

Mis hermanos

Katy Viviana, Edson Ricardo y Luis Donaldo Sis López, para que logren alcanzar todas sus metas.

Mis abuelos

Santiago Sis Pérez, Matea Castro, Eugenio López (q. e. p. d.), Paula Acetún, por sus consejos y cariño hacia mi persona.

Mis tíos

A todos, ya que cada uno es parte importante en mi vida.

Mi esposa

Carol Leticia del Cid, por ser mujer virtuosa, apoyo incondicional.

Mis hijos

Perla Sofía y Luis Enrique Sis del Cid, porque son la herencia de Jehová.

Facultad de Ingeniería

Con gratitud por la formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía del municipio de Purulhá, Baja Verapaz	1
1.1.1. Aspectos generales	1
1.1.2. Antecedentes históricos.....	1
1.1.3. Localización	2
1.1.4. Situación demográfica	2
1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas	3
1.1.6. Extensión	3
1.1.7. Límites	3
1.1.8. Clima	4
1.1.9. Vías de acceso	4
1.1.10. Servicios públicos	5
1.1.11. Actividad económica.....	5
1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Purulhá, Baja Verapaz	6
1.2.1. Descripción de las necesidades	6
1.2.2. Evaluación de las necesidades.....	7
1.2.3. Priorización de las necesidades	7

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño de edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz I.....	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Investigación preliminar.....	9
2.1.2.1.	Terreno disponible.....	10
2.1.2.2.	Análisis de suelos y determinación de valor soporte.....	10
2.1.2.3.	Ubicación del edificio en el terreno.....	12
2.1.2.4.	Distribución de ambientes	12
2.1.2.5.	Altura del edificio	13
2.1.2.6.	Selección del sistema estructural a usar	13
2.1.3.	Análisis estructural	13
2.1.3.1.	Predimensionamiento estructural	14
2.1.3.2.	Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos.....	17
2.1.3.3.	Cargas aplicadas a los marcos dúctiles	17
2.1.3.3.1.	Cargas verticales en marcos dúctiles	19
2.1.3.3.2.	Cargas horizontales en marcos dúctiles	20
2.1.3.3.3.	Análisis de marcos dúctiles por un método de análisis numérico y comparación por medio de software.....	39

	2.1.3.3.4.	Momentos últimos por envolvente de momentos.....	42
	2.1.3.3.5.	Diagramas de momentos y corte	42
2.1.4.		Diseño de estructuras.....	44
	2.1.4.1.	Diseño de losas	44
	2.1.4.2.	Diseño de vigas	54
	2.1.4.3.	Diseño de columnas	61
	2.1.4.4.	Diseño de cimientos	74
	2.1.4.5.	Diseño de gradas.....	98
2.1.5.		Instalaciones eléctricas.....	102
2.1.6.		Instalaciones hidráulicas.....	105
2.1.7.		Elaboración de planos constructivos	114
2.1.8.		Elaboración de presupuesto	114
2.1.9.		Evaluación de impacto ambiental	116
2.2.		Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio El Calvario	118
	2.2.1.	Descripción del proyecto	118
	2.2.2.	Localización de fuentes de abastecimiento y aforos.....	119
	2.2.3.	Calidad del agua.....	119
	2.2.3.1.	Análisis físicoquímico sanitario	120
	2.2.3.2.	Análisis bacteriológicos	120
	2.2.4.	Levantamiento topográfico	121
	2.2.5.	Criterios de diseño.....	121
	2.2.5.1.	Período de diseño.....	122
	2.2.5.2.	Tasa de crecimiento poblacional	122
	2.2.6.	Estimación de la población de diseño.....	123

	2.2.6.1.	Dotación	124
	2.2.6.2.	Factores de consumo	124
2.2.7.		Determinación de caudales	124
	2.2.7.1.	Caudal medio diario	125
	2.2.7.2.	Caudal máximo diario.....	125
	2.2.7.3.	Caudal máximo horario	125
2.2.8.		Parámetros de diseño	126
2.2.9.		Diseño de los componentes del sistema	127
	2.2.9.1.	Captación	127
	2.2.9.2.	Línea de conducción	128
	2.2.9.3.	Tanque de almacenamiento	130
		2.2.9.3.1. Volumen de almacenamiento.....	130
	2.2.9.4.	Red de distribución.....	136
	2.2.9.5.	Obras hidráulicas	138
	2.2.9.6.	Sistema de desinfección.....	139
2.2.10.		Programa de operación y mantenimiento.....	140
2.2.11.		Propuesta de tarifa	144
2.2.12.		Elaboración de planos.....	144
2.2.13.		Elaboración de presupuesto.....	145
2.2.14.		Evaluación de impacto ambiental (EIA).....	146
2.2.15.		Evaluación socioeconómica	148
	2.2.15.1.	Valor presente neto (VPN)	148
	2.2.15.2.	Tasa interna de retorno (TIR).....	149
CONCLUSIONES.....			151
RECOMENDACIONES			153
BIBLIOGRAFÍA.....			155
APÉNDICES.....			157
ANEXOS.....			165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización de Purulhá, Baja Verapaz.....	2
2.	Planta general de escuela. Ejes.....	17
3.	Marcos en sentido X.....	18
4.	Marcos en sentido Y.....	18
5.	Ubicación de centro de gravedad y rigidez	37
6.	Cargas aplicadas en marcos en sentido X.....	38
7.	Cargas aplicadas en marcos sentido Y	39
8.	Diagrama de momentos por carga muerta. Eje Y. Momentos en kilogramos por metros.....	40
9.	Diagrama de momentos por carga viva. Eje Y. Momentos en kilogramos por metros.....	41
10.	Diagrama de momentos por carga sísmica. Eje Y. Momentos en kilogramos por metros.....	41
11.	Diagrama de momento último, marco típico en sentido Y.....	43
12.	Diagrama de corte último, marco típico en sentido Y	43
13.	Planta típica de distribución de losas primer nivel.....	45
14.	Momentos de losas	47
15.	Momentos balanceados de losas.....	49
16.	Detalle de armado de losas.....	52
17.	Momentos y cortes en viga 4 primer nivel. Eje Y	54
18.	Armado de Viga	60
19.	Armado de columna	73
20.	Armado final zapata Z-1	81

21.	Convertir las zapatas individuales a zapatas combinadas en área de pasillos.....	82
22.	Diseño de zapatas combinadas.....	82
23.	Dimensiones de zapata combinada.....	84
24.	Diagrama de cuerpo libre.....	85
25.	Distribución de presiones.....	87
26.	Diagrama de presiones en cimiento.....	88
27.	Diagrama de cargas distribuidas.....	88
28.	Diagrama de cargas en zapata combinada	89
29.	Diagrama de corte	90
30.	Diagrama de momento	90
31.	Diseño de vigas transversales	93
32.	Corte actuante	95
33.	Chequeo por flexión.....	96
34.	Armado final de zapata combinada.....	97
35.	Detalle de gradas.....	99
36.	Nomograma para el cálculo de tuberías de agua fría	108
37.	Detalle de muro de tanque de distribución.....	133
38.	Diagrama de muro de tanque de distribución	134

TABLAS

I.	Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala.....	23
II.	Nivel mínimo de protección sísmica y probabilidad del sismo de diseño	25
III.	Guía para clasificación de sitio	26
IV.	Coeficiente de sitio F_a	26
V.	Coeficiente de sitio F_v	27

VI.	Tipo de fuente sísmica	28
VII.	Factor N_a para períodos cortos de vibración	28
VIII.	Factor N_v para períodos largos de vibración.....	29
IX.	Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismo resistentes.....	32
X.	Fuerza por nivel	35
XI.	Fuerzas en marcos sentido X-X.....	38
XII.	Área de acero para losas típicas nivel 1.....	51
XIII.	Área de acero para losas típicas nivel 2.....	53
XIV.	Área de acero para vigas	58
XV.	Consumo total para primer y segundo nivel	103
XVI.	Cuadro de corriente y potencia.	104
XVII.	Demanda de accesorios para método de Hunter.....	106
XVIII.	Demanda de accesorios para la escuela barrio La Cruz I.....	106
XIX.	Diámetros mínimos de tubería por accesorio sanitario	109
XX.	Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga	109
XXI.	Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje.....	110
XXII.	Caudal base de los artefactos sanitarios.....	110
XXIII.	Dimensiones para circuitos horizontales de ventilación	111
XXIV.	Diámetros y longitudes para circuitos verticales de ventilación.....	111
XXV.	Cálculo de caudal en derivaciones.....	112
XXVI.	Dimensiones de ramales para drenaje.....	112
XXVII.	Presupuesto de edificio escolar	115
XXVIII.	Período de diseño	122
XXIX.	Parámetros de diseño	126
XXX.	Momento estabilizante del muro	135
XXXI.	Resumen de gastos	144
XXXII.	Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio El Calvario	145

GLOSARIO

ACI	Siglas de American Concrete Institute.
Acueducto	Conjunto de conductos por medio de los cuales se transporta agua hacia una o varias poblaciones.
Aforo	Acción de medir un caudal de una fuente.
Agua potable	Libre de impurezas que la hagan desagradable.
Altimetría	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de un terreno o construcción.
Área tributaria	Área de carga que afecta a un elemento estructural.
Axial	Relativo al eje, que forma un eje.
Biaxial	Que posee dos ejes.
Carga dinámica	También llamada carga hidráulica o presión dinámica. Es la altura que alcanzaría el agua en tubos piezométricos a partir del eje central a lo largo de una tubería con agua a presión.

Carga estática	También es llamada presión estática, y es la distancia vertical que existe entre la superficie libre de la fuente de abastecimiento a caja rompe presión, o tanque de distribución, y el punto de descarga libre. Se mide en metros columna de agua (m. c. a.).
Caudal	Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo que pasa en un punto determinado donde circule un líquido.
Centroidal	Es la intersección de todos los planos que dividen a un objeto en dos partes de igual volumen con respecto al plano.
Coagulación	Es un fenómeno por el que se efectúa la transformación de la fase líquida en la fase sólida.
Colindancia	Contiguo, el más próximo.
Coloidal	Nombre dado a las sustancias que tienen la apariencia de la cola de gelatina.
Concéntrico	Figuras geométricas que tiene el mismo centro.
Contaminación	Es la introducción al agua de microorganismos que la hacen impropia para consumo humano. Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta, y otros.

Corte basal	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructural.
Demografía	Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo.
Dotación	Cantidad de agua necesaria en la población para su supervivencia en un día. Se expresa en litros/habitante/día.
Estiaje	Período en el cual el caudal de una fuente baja a su nivel mínimo.
Estribo	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
Infiltración	Es la penetración del agua en el suelo.
Iteración	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato certero.
Losa	Entrepiso o terraza.

Mampostería	Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos como ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras, y otros.
Manantial	También llamado en el área rural nacimiento. Es la formación superficial en la que sin intervención del hombre, brota agua subterránea de las rocas, suelo o ladera, siendo restringido el área del brote.
Morbilidad	Proporción de personas que enferman en un determinado lugar y tiempo.
Mortalidad	Proporción de defunciones en un determinado lugar y tiempo.
Nivel freático	Es el nivel superior de las aguas contenidas en el suelo.
Pendiente	Grado de inclinación de un terreno, medido por el ángulo que forma con la horizontal. Frecuentemente se mide por el número de unidades de longitud que gana en altura por cada cien unidades de la misma clase, medidas horizontalmente en la extensión.
Pérdida de carga	Es la disminución de presión dinámica debido a la fricción que existe entre el agua y paredes de la tubería.

Rigidez	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
SEAOC	Structural Engineers Association of California (Asociación de Ingenieros Estructurales de California).
Simetría	De iguales características o rasgos geométricos.
Viga	Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión.
Voladizo	Elemento apoyado en solo uno de sus extremos mediante un empotramiento.

RESUMEN

Purulhá es un municipio del departamento de Baja Verapaz. Este se encuentra a 160 km de la ciudad capital y pertenece al complejo montañoso de la sierra de las Minas. Debido a la lejanía con la ciudad capital tiene deficiencias en ciertos servicios básicos como educación y salud. Por ello este trabajo de graduación presenta dentro de su contenido soluciones a la problemática de educación y agua potable.

En el capítulo uno se presenta una monografía del municipio de Purulhá, así como una investigación diagnóstica. Esto sobre las necesidades de servicios básicos y de infraestructura del municipio de Purulhá.

En el capítulo dos se desarrollan los diseños de la edificación escolar para el barrio La Cruz 1 y el sistema de agua potable para el barrio El Calvario. Mediante la aplicación de normas y herramientas de cálculo apropiadas. El resultado final consiste en un juego de planos y presupuesto de ambos proyectos, los cuales se muestran en el apéndice.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio El Calvario y edificio escolar de dos niveles para el barrio La Cruz I, Purulhá, Baja Verapaz.

Específicos

1. Realizar una investigación de tipo monográfico y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Purulhá, Baja Verapaz.
2. Capacitar a los miembros del Consejo Comunitario de Desarrollo (Cocode) de la cabecera municipal, sobre aspectos de operación y mantenimiento del proyecto de agua potable.

INTRODUCCIÓN

En las comunidades del área rural guatemalteca se observan muchas necesidades de los habitantes. Entre los cuales sobresalen los servicios básicos e infraestructura como son: el agua potable, energía eléctrica, edificaciones escolares, centros de salud y saneamiento, entre otros. La ausencia de estos servicios contribuye al subdesarrollo en que se encuentran inmersas muchas comunidades.

Este es el caso del barrio La Cruz 1 y el barrio El Calvario, pertenecientes al municipio de Purulhá del departamento de Baja Verapaz, los que carecen de un sistema de agua potable adecuado así como un edificio escolar. En la actualidad, los habitantes hacen uso de fuentes contaminadas, provocando con esto problemas de salud a la población, como es el caso de enfermedades de índole hídrico. Así también el no contar con suficiente infraestructura escolar cause que el nivel de analfabetismo sea cada vez más grande. Es por esta razón que el presente trabajo de gradación estará orientado a plantear una solución al problema de agua potable y de infraestructura escolar.

En el capítulo 1 se desarrollará una investigación de carácter monográfico y un diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Purulhá.

En el capítulo 2 se desarrolla la fase de servicio técnico profesional, el que comprende el diseño del sistema de agua potable y el diseño del edificio escolar, presupuestos y los planos respectivos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía del municipio de Purulhá, Baja Verapaz

A continuación se presenta la monografía del municipio de Purulhá, Baja Verapaz.

1.1.1. Aspectos generales

Existen dos versiones del origen del nombre de este municipio. El primero dice que Purulhá significa etimológicamente "agua que hierve o hervidero de agua" del idioma q'ueq'chi, *purul* cosa que hierve y *ha*, agua. Y la segunda versión dice que la palabra se origina del idioma pocom'chi y que se compone de las voces: *purul* que significa jute, y de *ha* que significa agua.

Se cree que el nombre de Purulhá se originó en el arroyo de La Pila como en el río Mezcal, ya que pueden verse muchísimos jutes. Posteriormente, se le antepuso el nombre de San Antonio en honor a su patrono San Antonio de Pádua. La feria titular del 10 al 13 de junio, los idiomas predominantes son kekqui, poconchi, achí y español.

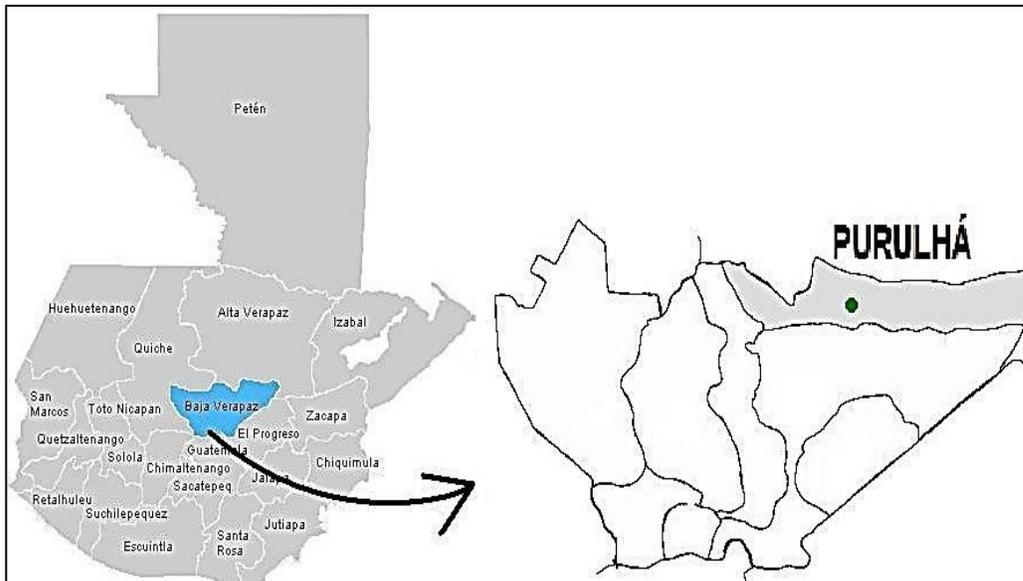
1.1.2. Antecedentes históricos

Purulhá, aparece en la demarcación política de la República de Guatemala en el año 1892, según la oficina de estadística, como uno de los municipios de Baja Verapaz.

1.1.3. Localización

El municipio de Purulhá se ubica en una latitud de 15°14'13" y longitud 90°14'02" a 1,570 (msnm). Se localiza a 165 kms de la ciudad de Guatemala, utilizando para llegar la carretera asfaltada CA-9N.

Figura 1. Localización de Purulhá, Baja Verapaz



Fuente: Google Maps.

1.1.4. Situación demográfica

El siguiente análisis está sustentado con la información que proporcionó el Instituto Nacional de Estadística en 2002. Esta es informo que el municipio de Purulhá tenía una población de 33 366 habitantes, de los cuales 4 622 pertenecen al área urbana; el grupo étnico predominante es el indígena con un 92,80 %, aparte del idioma oficial (español). Se tienen tres dialectos el

q'ueq'chi lo cubre la parte alta y centro del municipio, el pocom'chi en regiones que colinda con el departamento de Alta Verapaz y el a'chi las comunidades cercanas a la jurisdicción de San Miguel Chicaj.

1.1.5. Aspectos económicos y actividades productivas

La economía del municipio se basa principalmente en la agricultura con cultivos de café, cardamomo, maíz, frijol y caña de azúcar.

La población económicamente activa (PEA) del municipio es del 23,3 %, el equivalente a 7 774 personas, de las cuales solo el 18,05 % pertenecen al sexo femenino, con lo cual ocupa el segundo lugar de los municipios de Baja Verapaz que incorpora a la mujer a las actividades productivas, según el censo nacional de 2002. Esta población económicamente activa se encuentra distribuida de la siguiente manera: como patrono el 4,51 %; personas que generan su propio empleo 40,12 %; personas que son trabajadores públicos el 3,26 %, empleados privados 40,53 %, personas que trabajan en familia y no son remuneradas 11,58 %.

1.1.6. Extensión

El departamento de Baja Verapaz tiene una extensión territorial de 3 124 km², distribuidos en 8 municipios. Purulhá tiene una extensión territorial de 248 km² y una altura de 1 737 msnm.

1.1.7. Límites

Colinda con los siguientes municipios en Alta Verapaz:

- Norte: con los municipios de Panzós, Tamahú, Tucurú y Tactic (Alta Verapaz)

- Este: con el municipio de Panzos (Alta Verapaz)
- Sur: con el municipio de Salamá (Baja Verapaz)
- Oeste: con el municipio de San Miguel Chicaj (Baja Verapaz)

1.1.8. Clima

La cabecera municipal, dada la altura a que se encuentra sobre el nivel del mar, a lo exuberante de su vegetación y la proximidad de las montañas que lo rodean, posee un clima frío húmedo. Esto contribuyendo a que se goce de una temperatura agradable y saludable por excelencia (la temperatura oscila entre los 16 y 22 °C) y una precipitación pluvial de 1 800 mm al año. Debido a la topografía del municipio se cuenta con los tres tipos de climas existentes, frío en la cabecera municipal, templado en la parte media del municipio y cálido desde la aldea Pancoc hasta la aldea Matanzas.

La época de verano en el municipio inicia en el mes de marzo y culmina a finales del mes de abril, en los que los días de sol predominan sobre la lluvia, siendo calurosos, pero sin ser sofocantes. Por ello, aún es posible producir cultivos agroforestales los doce meses del año, en la parte alta del municipio.

1.1.9. Vías de acceso

La cabecera municipal se localiza a 165 km de la ciudad de Guatemala, utilizando para llegar la carretera asfaltada CA-9N. El recorrido desde la ciudad de Guatemala es por la carretera al atlántico, luego del Rancho en el km 85 carretera hacia Las Verapaces, pasando por la Cumbre en el kilómetro 135, para tomar la carretera hacia Cobán, ubicado en el kilómetro 210.

1.1.10. Servicios públicos

Purulhá cuenta con los siguientes servicios los cuales contribuyen con el desarrollo de este municipio.

- Centro de salud
- Escuela de educación preprimaria
- Escuela de educación primaria
- Instituto básico
- Iglesia católica
- Bomberos voluntarios
- Mercado municipal
- Sistema bancario
- Farmacias
- Centros educativos privados
- Clínicas médicas
- Comedores
- Gasolineras y talleres de servicio

1.1.11. Actividad económica

Purulhá cuenta con diversos comercios e industrias. Esto genera actividades económicas y dentro de sus comercios e industrias se mencionan ganadería, telas típicas, canastos y petates, macetas ornamentales, bebidas embriagantes típicas, arreglos florales con orquídeas típicas del lugar.

1.2. Investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Purulhá, Baja Verapaz

A continuación se presenta la investigación que diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructuras del municipio de Purulha, Baja Verapaz.

1.2.1. Descripción de las necesidades

Las necesidades más urgentes a atender, planteadas por la Oficina Municipal de Planificación y el Comité de Concejo de Desarrollo y las visitas de campo son las siguientes:

- Barrio La Cruz I
 - Construcción de aulas escolares
 - Construcción de alcantarillados para aguas negras y pluviales
 - Ampliación del sistema de agua potable

- Barrio El Calvario
 - Equipamiento de la escuela de párvulos con mobiliario, equipo de computación y material didáctico.
 - Muro para circular terreno de escuela de párvulos.
 - Construcción y mejoramiento de letrinas.
 - Mejorar el abastecimiento de agua potable.
 - Construcción de cocina escolar.
 - Construcción de cancha polideportiva.
 - Estufas mejoradas.
 - Mejoramiento del sistema de agua potable.

1.2.2. Evaluación de las necesidades

En lo que respecta a infraestructura, se observó que el barrio La Cruz I no cuenta con la infraestructura adecuada. Esto para cubrir la demanda de educación. Causando molestias a maestros, alumnos y particulares.

Para el barrio El Calvario la falta de agua potable, en tiempo de estiaje, es un gran problema que afecta principalmente la salud de los habitantes del barrio. Esto repercute en aumento de mortandad principalmente la infantil por la falta de higiene, ya que se consume agua proveniente de fuentes que no garantizan su potabilidad. En tiempo de estiaje se requiere de un gran trabajo abastecerse de agua potable, ya que se debe trasegar desde los ríos.

1.2.3. Priorización de las necesidades

En el barrio La Cruz I se dio prioridad al proyecto de edificación escolar. Porque este es un barrio muy afectado por la falta de infraestructura para la educación.

En lo que se refiere al barrio El Calvario se dio prioridad al proyecto de mejoramiento del sistema de distribución de agua potable. Esto debido a la escases del vital líquido.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz I

A continuación se presenta el diseño de edificación escolar de dos niveles para el barrio La Cruz.

2.1.1. Descripción del proyecto

El centro educativo tiene como objetivo proveer infraestructura para la educación básica del barrio La Cruz I y los lugares aledaños a este.

El edificio escolar será de dos niveles con un módulo de gradas. Los ambientes estarán distribuidos de la siguiente manera:

En el primer nivel se tendrán cuatro aulas y servicios sanitarios. En el segundo nivel se tendrán cuatro aulas, una sala para biblioteca y computación, sala de maestros y oficina de director.

La estructura a utilizar será a base de marcos dúctiles, losas de concreto armado y los ambientes se delimitaran utilizando tabiques de mampostería de *block* pómez. El acabado final del muro será de *block* visto y piso de granito.

2.1.2. Investigación preliminar

A continuación se presenta la investigación preliminar.

2.1.2.1. Terreno disponible

El terreno disponible es un terreno municipal con un área de 1 574 m² y un perímetro de 164,83 m. Tiene como colindancia una calle pública en el lado este del terreno y colindancias a terrenos privados en lados norte, sur y oeste.

2.1.2.2. Análisis de suelos y determinación de valor soporte

Para determinar las características del suelo, sobre el cual se construirá el edificio escolar del barrio La Cruz I, se realizó una inspección. Esta fue visual en su estado natural, así como un ensayo de compresión triaxial, tomando una muestra del suelo de 1 p³ a una profundidad de 1,50 m. De los resultados del ensayo de compresión triaxial se obtendrá el valor soporte del suelo. Esto no es más que la capacidad de soportar una carga sin que produzca fallas dentro de su masa.

El valor soporte del suelo, según el doctor Tersaghi, está dado por la siguiente ecuación

$$V_s = \frac{q_d}{F_s}$$

En donde

$V_s =$ *Valos soporte*

$q_d =$ *valor de esfuerzo limite*

$F_s =$ *factor de seguridad*

q_d para zapatas cuadradas está en función de los factores de capacidad de carga o peso máximo soportado por la zapata y está dada de la siguiente manera.

$$q_d = 1,3 \times c \times N_c + \gamma_s \times Z \times N_q + 0,4 \times \gamma_s \times B \times N_\gamma$$

En donde $c = \text{cohesión del suelo}$

$N_c = \text{factor de capacidad de carga debido a la cohesión}$

$\gamma_s = \text{Peso específico del suelo}$

$Z = \text{desplante del cimiento}$

$N_q = \text{factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga}$

$B = \text{base de zapata}$

$N_\gamma = \text{factor de capacidad de carga debido al peso del suelo}$

Los valores ϕ , C_u y γ_s fueron determinados a partir de un ensayo de compresión triaxial realizado en el laboratorio del Centro de Investigación de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Las muestras utilizadas para el ensayo triaxial fueron obtenidas directamente de campo a una profundidad de 1,50 m.

Los datos obtenidos el ensayo son:

$$\phi = 16,68^\circ$$

$$C_u = 2,94 \text{ t/m}^2$$

$$\gamma_s = 1,39 \text{ t/m}^3$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación del valor del esfuerzo límite tenemos que:

$$q_d = 1,3 \times c \times N_c + \gamma_s \times Z \times N_q + 0,4 \times \gamma_s \times B \times N_\gamma$$

$$= 1,3 \times 2,94 \times 14,27 + 1,39 \times 1,50 \times 5,27 + 0,40 \times 1,39 \times 2,0 \times 3,51$$

$$q_d = 69,43 \text{ t/m}^2$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación con un $F_s = 3$

$$V_s = \frac{q_d}{F_s}$$

Por lo tanto el $V_s = 23,15 \text{ t/m}^2$

2.1.2.3. Ubicación del edificio en el terreno

Debido a la topografía del terreno y para aprovechar al máximo el espacio disponible, el edificio escolar se ubicó en el lado norte. Esto es paralelo a la línea que delimita con la calle pública (ver apéndice, planos de la edificación escolar para el barrio La Cruz I, plano de ubicación).

2.1.2.4. Distribución de ambientes

El objetivo principal por el cual se debe realizar la distribución de ambientes, es para optimizar los espacios, en función del uso que se le dé a estos. Los edificios de aulas se diseñan de acuerdo a las necesidades que se tengan. Además, estarán restringidos por el espacio disponible, los recursos materiales y las normas de diseño que existan.

Según el Ministerio de Educación (Mineduc), las dimensiones de las aulas escolares, se diseñan con un mínimo de $1,25 \text{ m}^2$ por alumno y las aulas de educación primaria un máximo de 50 m^2 . Se toma como referencia las aulas teóricas como modelo, las cuales se caracterizan por proveer a maestros y alumnos, un espacio para desarrollar en forma cómoda las actividades del proceso enseñanza-aprendizaje, en su forma tradicional expositiva u otras técnicas de enseñanza.

El diseño arquitectónico de este edificio es del típico de escuelas de este medio, con un área de 320 m² (ver apéndice planos de la edificación escolar para el barrio La Cruz I, planta amueblada).

2.1.2.5. Altura del edificio

El edificio es de dos niveles, cumpliendo así con la norma que dice que los edificios escolares tendrán como máximo tres niveles, para centros de nivel preprimario y primario.

La altura del edificio será de 6,40 m, todos los ambientes serán de 3,00 m del nivel de piso al cielo raso. La longitud total del edificio es de 40 m.

2.1.2.6. Selección del sistema estructural a usar

En la elección del sistema estructural influyen los factores de resistencia, economía, funcionalidad, estética, los materiales disponibles en el lugar y la técnica para realizar la obra. El resultado debe comprender el tipo estructural, las formas y dimensiones, los materiales y el proceso de ejecución.

El sistema estructural esta basado en marcos dúctiles con nudos rígidos y losas planas de concreto reforzado.

2.1.3. Análisis estructural

Se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan en una estructura resistente. Tal como en el caso de las edificaciones y, que además, considera el comportamiento dinámico de dichas estructuras y la aparición de posibles vibraciones perniciosas para la estructura.

El tipo de método empleado difiere según la complejidad y precisión requerida por los cálculos.

El estudio de las estructuras considera, principalmente, los efectos producidos por las fuerzas que actúan sobre un determinado sistema estructural. Esto determina las condiciones que deben satisfacer las diferentes partes de este sistema, de manera que puedan soportarlas.

Para el análisis estructural se aplicó el método Kani y los resultados se confrontaron con los obtenidos del programa para estructuras Sap2000®. Para efectos de diseño se utilizaron los resultados obtenidos por el método de Kani.

2.1.3.1. Predimensionamiento estructural

La característica particular más importante de cualquier elemento estructural es su resistencia real. Esta debe ser lo suficientemente elevada para resistir, con algún margen de reserva. Todas las cargas previsibles que puedan actuar sobre aquel durante la vida de la estructura, sin que se presente falla o cualquier otro inconveniente.

Es lógico dimensionar los elementos, es decir, seleccionar las dimensiones de los elementos y la cantidad de refuerzo. De esta manera sus resistencias adecuadas para soportar las fuerzas resultantes de ciertos estados hipotéticos de sobrecarga, utilizando cargas mayores que las cargas que se espera que actúen en la realidad durante el servicio.

Para el predimensionamiento de los elementos estructurales de este proyecto se utilizaron las normas establecidas por el ACI (American Concrete Institute) específicamente la norma ACI 318-08.

El predimensionamiento de los elementos estructurales se describe a continuación:

- Viga: para predimensionar las vigas existen varios criterios. El recomendado en el ACI 318-08, sección 9.5.2, el cual calcula el peralte o altura de la viga, dependiendo de la luz que cubre la viga y de sus apoyos.

$$t_{viga} = \frac{l}{21}$$

Para $l = 6,0m$ el espesor es de

$$t_{viga} = \frac{6}{21} = 0,29m$$

El segundo criterio dice que se tendrá 8 cms de peralte por cada metro de luz:

$$t_{viga} = 6 \times 0,08 = 0,48 m$$

Haciendo un promedio de estos dos criterios, se tiene que

$$t_{viga} = \frac{0,48 + 0,29}{2} = 0,39$$

Para efectos de diseño se propone un peralte de 0,45 m. Tomando como base la sección de la columna = 0,30, la sección de la viga es de 0,30 m x 0,45 m.

Ya que esta viga es la más crítica se propone utilizar la misma sección. Esto para mantener la simetría en todas las vigas del edificio.

- Columna: utilizando el criterio del ACI 318-08 sección 21.4.3, se tienen los siguientes resultados:

$$P = 0,8(0,225f'c * Ag + fy * As) \text{ sí } 1 \%Ag \leq As \leq 8 \%$$

$$\text{Si } \gamma_{concreto} = 2400 \frac{kg}{m^3}$$

$$P = \text{Area tributaria en columna} * \gamma_{concreto} = 40800,00$$

Resolviendo para A_g de la ecuación anterior, $A_g = 676,84 \text{ cm}^2$, por lo que al obtener la raíz cuadrada da como resultado una sección de 21.01x21.01, para efectos de diseño se propone una sección de 0,30m x 0,30m

- Losas: utilizando el criterio del ACI 318-08 sección 9.5.2, se tienen los siguientes resultados:

$$t_{losa} = \frac{\text{perimetro}}{180}$$

$$t_{losa} = \frac{2 * 4 + 2 * 6}{180} = 0,11m$$

Se utilizará una losa con espesor de 0,11m

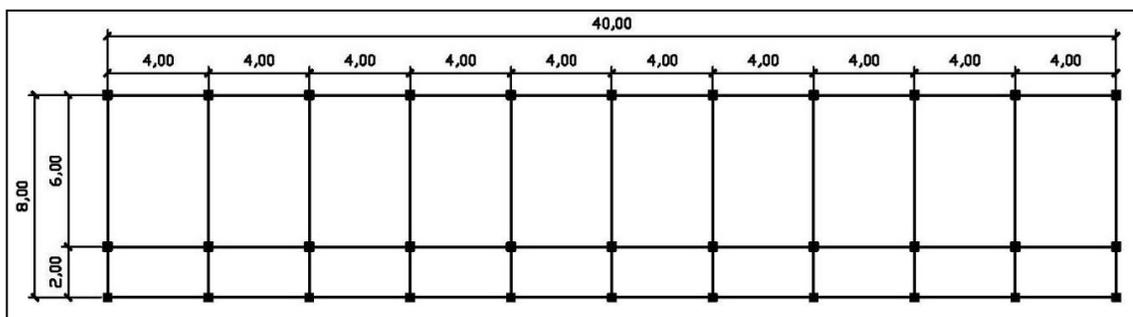
2.1.3.2. Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

Representa la forma de las cargas que soporta el marco y sirven para hacer el análisis estructural.

2.1.3.3. Cargas aplicadas a los marcos dúctiles

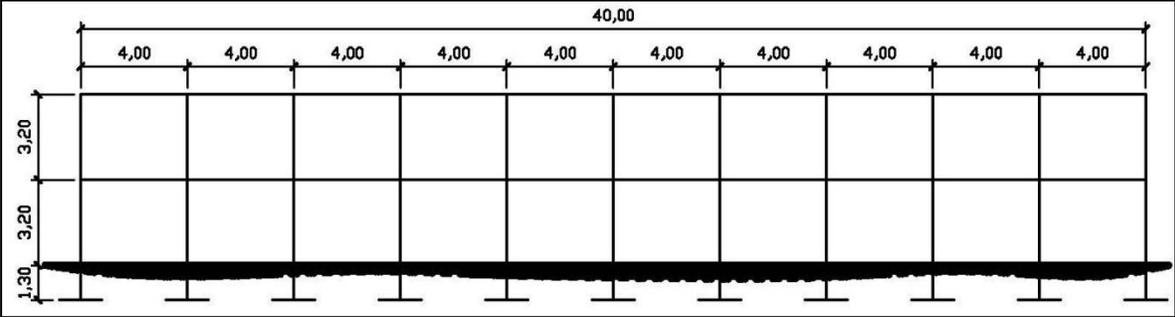
Las aulas de forma estructural, están sometidas a cargas de diferente índole. Estos se clasifican de acuerdo a la dirección de su aplicación. En este caso se estudiarán cargas horizontales producidas por cargas sísmicas y verticales, producidas por el peso de la estructura. También se considera carga vertical, las cargas producidas de forma variable sobre la estructura como por ejemplo las cargas producidas por el peso de las personas que interactúan con la edificación.

Figura 2. Planta general de escuela. Ejes



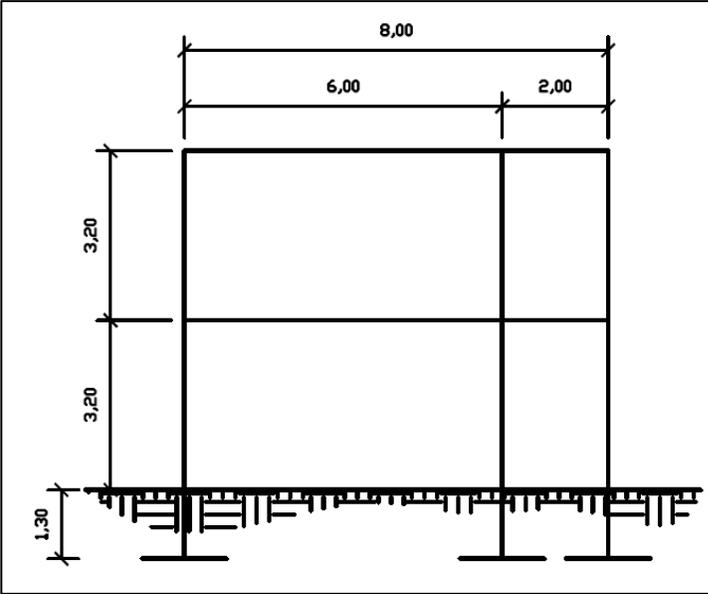
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 3. Marcos en sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 4. Marcos en sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.3.1. Cargas verticales en marcos dúctiles

Los valores que se utilizarán para las cargas verticales son los siguientes:

Carga muerta (cm)

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

$$\text{Peso de muros} = 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Peso de acabados} = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Carga viva (cv)

$$\text{En techos} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{En pasillos} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{En aulas} = 400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Definidos los valores de las cargas, los cuales fueron tomados del Agies, se procede a integrarlos a los modelos matemáticos de la siguiente manera:

$$CM = W_{losa} + W_{vigas} + W_{muros} + W_{acabados}$$

$$CV = CV_{aulas} + CV_{pasillos}$$

$$W_{losa} = \frac{(\gamma_c)(t_{losa})(A_{tributaria})}{l_{viga}}, \quad W_{aula,pasillo} = \frac{(CV)(A_{tributaria})}{l_{viga}}$$

$$W_{viga} = (A_{viga})(\gamma_{concreto})$$

$$W_{muros} = (CM)(l)$$

$$W_{losa} = \frac{(A_{tributaria})(CM)}{(l_{viga})}$$

Donde

t= espesor de la losa

$$CV=300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \text{ en aulas}$$

$$\text{Peso de acabados} = 60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Sección de la viga = 0,30 x 0,40 m

$$\text{Peso de muros} = 90 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Los resultados de la integración de las cargas verticales en sentido X y en sentido Y de los niveles 1 y 2 se presentan en las figuras 6 y 7.

2.1.3.3.2. Cargas horizontales en marcos dúctiles

Las cargas horizontales pueden producirse como resultado de sismos, vientos, o empujes producidos por tierra u otro componente. Esto da como resultado, el producir un movimiento horizontal a la estructura o paralela a la superficie terrestre. En Guatemala, las cargas horizontales a las que están expuestos los edificios se deben absolutamente a los sismos. Es por ello que se realizará la integración a los modelos matemáticos de esta importante carga, la cual ha dejado cicatrices en todo el territorio nacional con las devastadoras experiencias que marca la historia.

Para calcular la carga sísmica, de esta edificación, se hará referencia a las normas de la Agies que son las recomendadas para la República de Guatemala. Los parámetros que estas normas requieren son específicos para este país, dará resultados más precisos y errores mínimos al momento de diseñar.

Las Normas de la Agies tienen tres métodos de análisis sísmicos siendo estos: método de la carga sísmica estática equivalente, método de análisis modal espectral y carga sísmica y derivas laterales. El corte basal se calculará por el método de carga sísmica estática equivalente.

- Determinación de parámetros para el cálculo del corte basal

La fórmula del corte basal según la Agies es la siguiente:

$$V_B = C_S \times W_S$$

Ref. Ec. 2-1 norma NS3-10

En donde

$C_S =$ Coeficiente sísmico de diseño

$W_S =$ Peso total de la edificación = 476 216 kg

W: es la carga muerta total de la estructura más un 25 % del total de la carga viva si existieran almacenes y bodegas.

La fuerza del sismo actúa tanto longitudinal como transversalmente. Por ello, se calcula el corte basal en las direcciones de X y Y, para diseñar el edificio contra un sismo en cualquier dirección.

Solución: $W = W_{losa} + W_{viga} + W_{columnas} + W_{muros} + 0.25 CV$

$$W_{losa} = 40,00 \times 8,50 \times 2 \times 400 \times 0,11 = 89\ 760,00 \text{ kg}$$

$$W_{viga} = 0,45 \times 0,30 \times (40 \times 3 + 8,50 \times 11) \times 2 \times 400 = 69\ 174,00 \text{ kg}$$

$$W_{col} = 0,30 \times 0,30 \times 2 \times 400 \times 33 \times 3,20 = 22\ 810 \text{ kg}$$

$$W_{muro} = 90 \times 3,20 \times 6 \times 8 + 90 \times 3,20 \times 80 = 36\ 864 \text{ kg}$$

$$0,25 CV = 0,25 \times 100 \times 40 \times 8,50 = 8\ 500 \text{ kg}$$

$$W_{\text{Total nivel 2}} = 227\ 108 \text{ kg}$$

$$W_{\text{primer nivel}} = 249\ 108$$

W total edificio = 476 216 kg

Para calcular el coeficiente sísmico C_s , se determinaran factores que dependen de las características de la estructura, el suelo entre otros.

- Determinación de parámetros iniciales
- Índice de sismicidad y ordenada espectral

En el capítulo 4 de la Norma NS2-10 dice que el índice de sismicidad lo es una medida relativa de severidad esperada del sismo en una localidad. Incide sobre el nivel de protección sísmica que se hace necesario para diseñar la obra o edificación e incide en la selección del espectro sísmico de diseño.

Los parámetros S_{cr} y S_{1r} son respectivamente la ordenada espectral del período corto y la ordenada espectral con período de 1 segundo del sismo extremo. Esto es considerado en el basamento de roca en el sitio de interés, en teoría, sin influencia del suelo que cubre el basamento.

Los valores están en función del municipio donde se construirá la edificación.

Tabla I. **Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala**

No.	Municipio	Departamento	I_0	S_{cr}	S_{1r}
119	Nebaj	Quiché	3b	1.10 g	0.43 g
120	Nentón	Huehuetenango	3b	1.10 g	0.43 g
121	Nueva Concepción	Escuintla	4	1.65 g	0.60 g
122	Nueva Santa Rosa	Santa Rosa	4	1.50 g	0.55 g
123	Nuevo Progreso	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
124	Nuevo San Carlos	Retalhuleu	4	1.50 g	0.55 g
125	Ocós	San Marcos	4	1.65 g	0.60 g
126	Olintepeque	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
127	Olopa	Chiquimula	3b	1.10 g	0.43 g
128	Oratorio	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
129	Pachalum	Quiché	4	1.50 g	0.55 g
130	Pajapita	San Marcos	4	1.50 g	0.55 g
131	Palencia	Guatemala	4	1.50 g	0.55 g
132	Palestina de Los Altos	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g
133	Palín	Escuintla	4	1.65 g	0.60 g
134	Panjachel	Atitlán	4	1.65 g	0.60 g
135	Panzós	Alta Verapaz	3b	1.10 g	0.43 g
136	Parramos	Chimaltenango	4	1.65 g	0.60 g
137	Pasaco	Jutiapa	4	1.65 g	0.60 g
138	Pastores	Sacatepéquez	4	1.65 g	0.60 g
139	Patulul	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
140	Patzicía	Chimaltenango	4	1.65 g	0.60 g
141	Patzité	Quiché	4	1.50 g	0.55 g
142	Patzún	Chimaltenango	4	1.65 g	0.60 g
143	Pochuta	Chimaltenango	4	1.65 g	0.60 g
144	Poptún	Petén	2b	0.70 g	0.27 g
145	Pueblo Nuevo	Suchitepéquez	4	1.65 g	0.60 g
146	Pueblo Nuevo Viñas	Santa Rosa	4	1.65 g	0.60 g
147	Puerto Barrios	Izabal	4	1.30 g	0.50 g
148	Purulhá	Baja Verapaz	4	1.30 g	0.50 g
149	Quesada	Jutiapa	4	1.50 g	0.55 g
150	Quetzaltenango	Quetzaltenango	4	1.50 g	0.55 g

Fuente: Norma NSE2-10. p. 11.

Para el municipio de Purulhá el índice de sismicidad y las ordenadas espectrales son los siguientes

$$I_0 = 4$$

$$S_{cr} = 1,30 \text{ g}$$

$$S_{1r} = 0,5 \text{ g}$$

- Determinación de la categoría de la edificación

El el capítulo 3 de la NSE1-10, describe tres categorías de edificaciones, siendo estos:

- Categoría I (obras utilitarias)
- Categoría II (obras ordinarias)
- Categoría III (obras importantes)

En la categoría III (obras importantes) las Normas de la Agies incluye las obras y edificaciones gubernamentales que no son esenciales así como edificios educativos y guarderías públicas y privadas. Por lo que, para este caso, se tomara esta categoría.

- Determinación de nivel de protección sísmica de la edificación y probabilidad del sismo de diseño.

Este parámetro dependerá del índice de sismicidad y de la categoría asignada en el paso anterior.

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

Índice de Sismicidad	Clase de obra			
	Esencial	Importante	Ordinaria	Utilitaria
Io = 5	E	E	D	C
Io = 4	E	D	D	C
Io = 3	D	C	C	B
Io = 2	C	B	B	A
Probabilidad de exceder un sismo de diseño	5% en 50 años	5% en 50 años	10% en 50 años	No aplica
a) ver clasificación de obra en Capítulo 3, norma NSE 1 b) ver índice de sismicidad en Sección 4.2.1 c) ver Sección 4.3.4, para selección de espectro sísmico de diseño según probabilidad de excederlo d) para ciertas obras que hayan sido calificadas como "críticas" el ente estatal correspondiente puede considerar probabilidad de excedencia de 2% en 50 años ($K_d = 1.00$ en sección 4.3.4) e) "esencial" e "importante" tienen la misma probabilidad de excedencia – se diferencian en el Nivel de Protección y en las deformaciones laterales permitidas				

Fuente: Norma NSE2-10. p. 11.

Para $I_o=4$ y categoría importante, el nivel de protección es "D" y su probabilidad de exceder un sismo de diseño es 5 % en 50 años.

- Determinación de tipo de sitio

Dependerá del estudio del suelo realizado en el sitio donde se construirá la edificación. Del resultado del estudio de suelo se determinó que es un suelo firme y rígido. La Agies clasifica este tipo de sitio como D de acuerdo a la siguiente tabla.

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

Clase de Sitio		V_{ps} todo el perfil	N_p todo el perfil	N_{nc} sector no-cohesivo	S_{nc} sector cohesivo
AB	Roca	750 m/s	No aplica	No aplica	No aplica
C	Suelo muy denso o roca suave	750 a 360 m/s	≥ 30	≥ 30	> 200 kPa
D	Suelo firme y rígido	360 a 180 m/s	30 a 5	30 a 5	200 a 50 kPa
E	Suelo suave	< 180 m/s	≤ 5	≤ 5	< 50 kPa
		Cualquier perfil de suelo con un estrato de 3.0 m o más con índice de plasticidad $IP > 20$; humedad $w \geq 40\%$ y $Suc < 25$ kPa			
F	Suelo con problemas especiales	Véase NSE 2.1 Capítulo 5			

Fuente: Agies NSE2-10. p. 21.

- Coeficientes de sitio F_a y F_v

Los coeficientes F_a y F_v dependerán del tipo de sitio determinado y el índice de sismicidad I_0 .

Tabla IV. **Coeficiente de sitio F_a**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
D	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
E	1.7	1.2	1.0	0.9	0.9
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: Agies NSE2-10. p. 15.

Tabla V. **Coefficiente de sitio Fv**

Clase de sitio	Índice de sismicidad				
	2a	2b	3a	3b	4
AB	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5
E	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4
F	se requiere evaluación específica -- ver sección 4.4.1				

Fuente: Agies NSE2-10. p. 15.

Para un sitio clase D y un índice de sismicidad $I_0=4$,

$$F_a = 1$$

$$F_v = 1,5$$

- Determinación de tipo de fuente y factores de sismicidad

Debido a la cercanía a la falla geológica del Polochic se realizará un ajuste a las ordenadas espectrales. Para ello, se debe definir el tipo de fuente que está cercana a la edificación con base en la siguiente tabla de las Normas de la Agies.

Tabla VI. Tipo de fuente sísmica

Tipo de fuente	Descripción	Máxima magnitud-momento	Tasa de Corrimiento (mm por año)
A	Fallas geológicas capaces de generar eventos de gran magnitud y con alta tasa de sismicidad (nota 1)	$M_o \geq 7.0$	$TC \geq 5$
B	Fallas geológicas que no son A o C	$M_o \geq 7.0$ $M_o < 7.0$ $M_o \geq 6.5$	$TC < 5$ $TC > 2$ $TC < 2$
C	Fallas geológicas incapaces de generar eventos de gran magnitud y que tienen baja tasa de sismicidad	$M_o < 6.5$	$TC < 2$

Nota 1: la zona de subducción de Guatemala no se considera por la distancia a la fuente
 Nota 2: la magnitud M_o y el TC deben concurrir simultáneamente cuando se califique el tipo de fuente sísmica

Fuente: Agies NSE2-10. p. 24.

Se tomará el tipo de fuente "A"

Se determinarán los factores N_a y N_v

Tabla VII. Factor N_a para períodos cortos de vibración

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)		
	≤ 2 km	5 km	≥ 10 km
A	1.25	1.12	1.0
B	1.12	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar la distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km
 Nota 2: utilizar el factor N_a que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: Agies NSE2-10. p. 24.

Tabla VIII. **Factor N_v para períodos largos de vibración**

Tipo de fuente	Distancia horizontal más cercana a fuente sísmica (Nota 1)			
	≤ 2 km	5 km	10 km	≥ 15 km
A	1.4	1.2	1.1	1.0
B	1.2	1.1	1.0	1.0
C	1.0	1.0	1.0	1.0

Nota 1: tomar distancia horizontal a la proyección horizontal de la fuente sísmica sobre la superficie; no considerar las porciones del plano de falla cuya profundidad exceda 10 km
 Nota 2: utilizar el factor N_v que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: Agies NSE2-10. p. 25.

Para un tipo de fuente A y distancia mayor a 10 km.

$$N_a = 1,0$$

$$N_v = 1,0$$

- Ajustes a ordenadas espectrales

Las ordenadas espectrales deberán ajustarse dependiente del tipo del sitio en donde se construirá la edificación y la cercanía de las fallas geológicas. Se utilizarán las ecuaciones 4-1a y 4-2a del capítulo 4 de la Norma NSE2-10.

$$S_{CS} = S_{cr} \times F_a \times N_a$$

$$S_{1s} = S_{1r} \times F_v \times N_v$$

$$S_{CS} = 1,3 \times 1,0 \times 1,0 = 1,30$$

$$S_{1s} = 0,5 \times 1,5 \times 1,1 = 0,825$$

- Cálculo del espectro calibrado al nivel de diseño

Para el cálculo del espectro calibrado es necesario conocer el tipo de sismo sobre el cual se diseñará y el porcentaje de probabilidad de

ocurrencia. Con estos datos se observa en la tabla el valor del factor de determinación del nivel de diseño y se multiplica por la ordenada espectral ajustada según las ecuaciones 4-4 y 4-5 del capítulo 4 de la Norma NSE2-10.

$$S_{cd} = K_d \times S_{cs}$$

$$S_{1d} = K_d \times S_{1s}$$

El factor K_d depende de la probabilidad de ocurrencia que posea el sismo. En el capítulo 4 de la Norma NSE2-10 apartado 4.3.4.1 página 16 se obtiene que

$$K_d = 0,8$$

Entonces

$$S_{cd} = 0,8 \times 1,3 = 1,04$$

$$S_{1d} = 0,8 \times 0,825 = 0,66$$

- Cálculo de período fundamental T_a

El período fundamental se puede calcular de tres formas diferentes, empírica, genérica o analítica. Se utilizará el método empírico utilizando la ecuación 2-3 del capítulo 2 de la Norma NSE3-10 página 22.

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

En donde

h_n = altura del edificio en metros desde la base definida en la sección 1.10.4 de la Agies

$K_t = 0,49$ y $x = 0,75$ para sistemas estructurales E1 según página 23, NSE3-10 capítulo 2.

En el capítulo 1 de la Norma NSE3-10 apartado 1,5 las edificaciones se clasifican en E1 a E5. De acuerdo a la edificación del presente proyecto, la Agies lo clasifica E1, ya que es un sistema integrado con marcos de columnas y vigas que soportan toda la carga vertical.

$$T_a = 0,49(7,20)^{0,75}$$

$$T_a = 0,215 \text{ seg}$$

- Cálculo de período de transición T_s

El período de transición T_s separa los períodos cortos de los largos y se expresa en segundos. Para calcularlo se utilizará la ecuación 4-3 del capítulo 4 de la Norma NSE2-10.

$$T_s = \frac{S_{1d}}{S_{cd}}$$

$$T_s = \frac{0,66}{1,04} = 0,63 \text{ seg}$$

- Cálculo de ordenada espectral para cualquier período de vibración $S_a(T)$

Previo al cálculo de $S_a(T)$, se deberá realizar una comparación entre T_s y T_a para definir la ecuación a utilizar con base en las ecuaciones 4-6a y 4-6b del capítulo 4 de la Norma NSE2-10.

$$S_a(T) = S_{cd} ; \text{ si } T \leq T_s$$

$$S_a(T) = \frac{S_{1d}}{T} ; \text{ si } T > T_s$$

Como: $T_s = 0,63$ seg y $T = 0.215$ seg. Se cumple que

$$S_a(T) = S_{cd}; \text{ si } T \leq T_s$$

Por lo que

$$S_a(T) = 1,04 \text{ seg}$$

- Cálculo de coeficiente sísmico al límite de cedencia C_s

Para calcular el coeficiente de cedencia se utilizará la ecuación 2-2 del capítulo 2 de la norma NSE3-10.

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

En donde R es un factor de reducción que se obtiene de la siguiente tabla

Tabla IX. **Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismo resistentes**

	SISTEMA ESTRUCTURAL (sección 1.5)	Norma	R	Ω_r	C_d	Límite de altura en metros			
						Nivel de Protección			
						B	C	D	E
E1	SISTEMA DE MARCOS								
E1-A	Marcos tipo A								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
	De acero estructural	NSE 7.5	8	3	5.5	SL	SL	SL	SL
E1-B	marcos tipo B								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	5	3	4.5	55	33	12	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	4.5	3	4	55	33	12	NP

Fuente: Norma NSE3-10. p. 10.

Se determinó que $R=8$ ya que el sistema de estructura se clasifica como E1-A según especificaciones de la Norma NSE7.1. Este es un sistema de marcos de concreto reforzado el cual puede tener muros de mampostería y tablayeso.

Entonces con los datos obtenidos el valor de C_s es

$$C_s = \frac{S_a(T)}{R}$$
$$C_s = \frac{1,04}{8} = 0,13$$

La Norma NSE3-10 establece valores mínimos que debe cumplir C_s los cuales están dados por las ecuaciones 2-2a y 2-2b del capítulo 2 página 22.

$$C_s \geq 0,04 \times S_{cd} = 0,051$$
$$C_s \geq 0,5 \times \frac{S_{1r}}{R} = 0,031$$

El valor de C_s calculado es mayor que los parámetros anteriores por lo que será el que se utilizará para el cálculo de corte basal.

$$V_B = C_s \times W_s$$
$$V_B = 0,13 \times 476\,216\,kg = 61\,908,08\,kg$$

- Fuerza por nivel

La fuerza total lateral V , se distribuye en toda la altura de la estructura, de acuerdo a la fórmula dada en el código SEAOC.

$$V = Ft + \sum Fi$$

Donde

V= corte basal

Ft = fuerza en la cúspide

Fi = fuerza por nivel

Ft debe de cumplir con las siguientes condiciones

1) Si $T < 0,25$ segundos, $Ft = 0$

2) Si $T \geq 0,25$ segundos, $Ft = 0,07TV$

Donde T es el período fundamental de vibración de la estructura.

La distribución del corte basal V por nivel está dada por

$$Fi = \frac{(V - Ft) * Wi * Hi}{\sum Wi * Hi}$$

Donde Wi = peso de cada nivel i

Hi = altura de cada nivel i

Para el peso de las columnas se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Para el peso de las columnas del primer nivel, debe tomarse desde la cimentación hasta la mitad de las columnas del segundo nivel.
- El peso de las columnas de los niveles intermedios debe tomarse de la mitad del nivel inferior a la mitad del nivel superior.

Tabla X. **Fuerza por nivel**

Nivel	w	hi	Whi	V	Fn X y Y
1	227 108	4,5	1 021 986	58 070	20 186
2	249 108	7,7	1 918 131,6	58 070	37 885

Fuente: elaboración propia.

- Fuerza por marco (FM)

Para calcular la fuerza por marco se toma la fuerza por piso y se distribuye dentro de la cantidad de marcos que están paralelos a esta fuerza. Esto si los marcos paralelos esten espaciados simétricamente, si no fuese ese el caso, se tendrá que dividir la fuerza del nivel, proporcional a la rigidez de cada marco.

Por simetría, la rigidez de los marcos es la misma. Por ello se tomará el valor de $R=1$ en todos los marcos. Por lo tanto, la fuerza por marco esta dada de la siguiente manera:

$FM = FM' \pm FM''$ en donde

$$FM' = \frac{ki * Fn}{\sum ki}$$

$$FM'' = \frac{e * Fni}{Ei}$$

$$Ei = \frac{\sum(ki * di)^2}{ki * di^2}$$

$$e = |CM - CR|$$

$$CR = \frac{\sum ki * di}{\sum ki}$$

Donde

K_m = rigidez del marco

$\sum k_i$ = rigidez total del nivel. Es la sumatoria de las rigideces de los marcos paralelos a la carga.

d_i = distancia de CR a marcos considerados

F_n = fuerza por nivel

E_i = relación entre rigideces y brazo de cada marco

e = excentricidad

CR = centro de rigidez

CM = centro de masa

b = base del edificio en la dirección que se esté analizando

- Marcos eje X

$$CR_y = \frac{1 * 8,5 + 1 * 2,50 + 1,0}{3} = 3,67m$$

$$CM_y = \frac{2,50 + 6}{2} = 4,25 m$$

$$e = |4,25 - 3,67| = 0,58$$

$$e_{\min} = 0,05 (8,0) = 0,40m$$

por tanto se utilizará 0,58

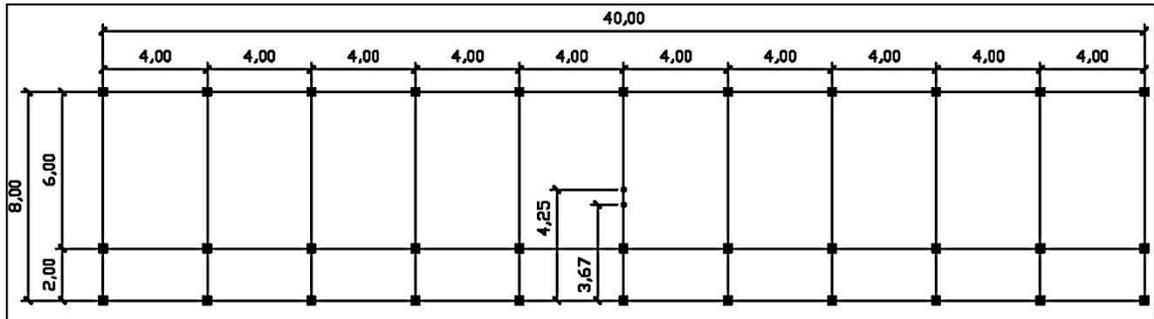
- Marcos eje Y

$$CR_x = 20$$

$$CM_x = 20$$

$e = 0$, por lo tanto en Y no hay torsión

Figura 5. Ubicación de centro de gravedad y rigidez



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Fuerzas por marcos en dirección Y-Y

Ya que los marcos están espaciados simétricamente, la estructura se calculará dividiendo la fuerza por piso entre el número de marcos paralelos a esta fuerza.

$$\text{Nivel 1} = \frac{201\ 86\ \text{kg}}{11} = 1\ 836\ \text{kg}$$

$$\text{Nivel 2} = \frac{37\ 885}{11} = 3\ 445\ \text{kg}$$

- Fuerzas por marcos en dirección X-X

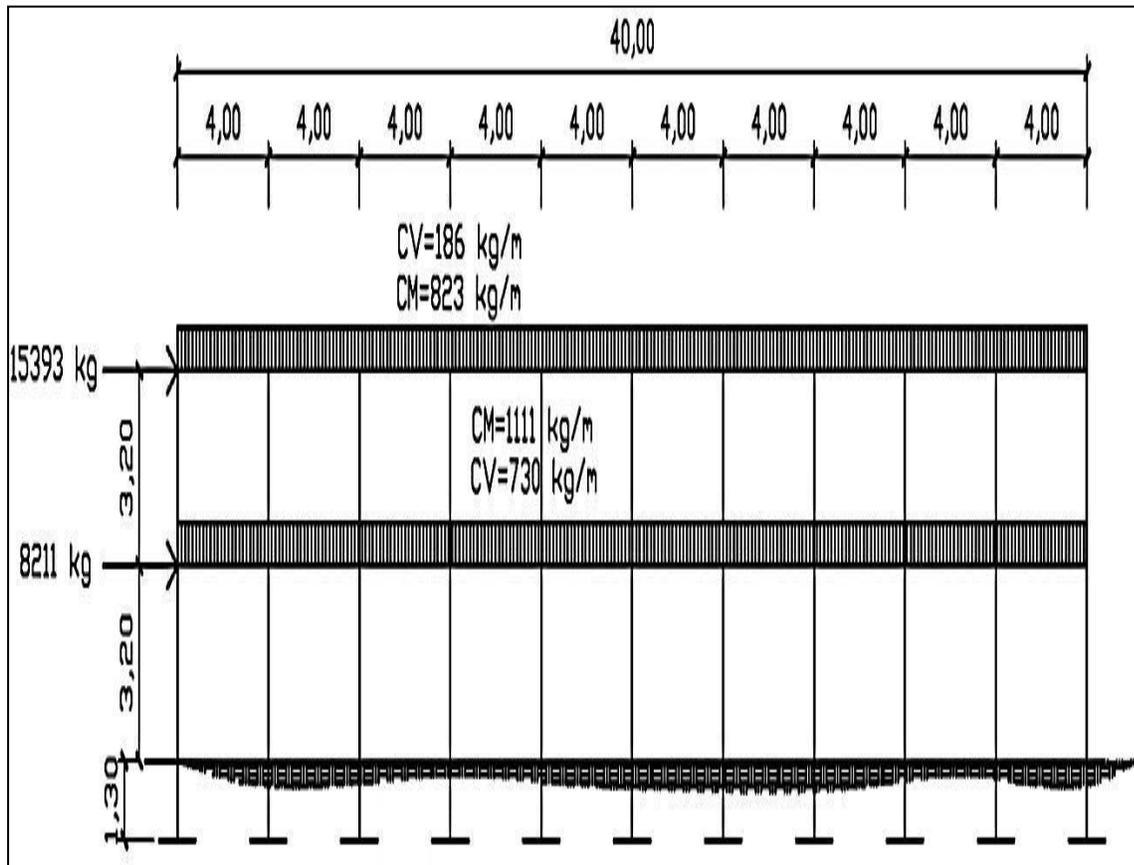
Ya que los marcos están espaciados asimétricamente, se tendrá que dividir la fuerza por piso F_i proporcional a la rigidez de los marcos.

Tabla XI. Fuerzas en marcos sentido X-X

Marco	Ri	Di	Ri*Di	(Ri*Di)^2	Nivel 1			Nivel 2		
					FM'	FM''	FM	FM'	FM''	FM
A	1	4,83	4,83	23,33	6 729	1 482	8 211	12 629	2 764	15 393
B	1	-1,17	-1,17	1,37	6 729	-359	6 370	12 629	-674	11 955
C	1	-3,67	-3,67	13,47	6 729	-1 126	5 603	12 629	-2 113	10 516

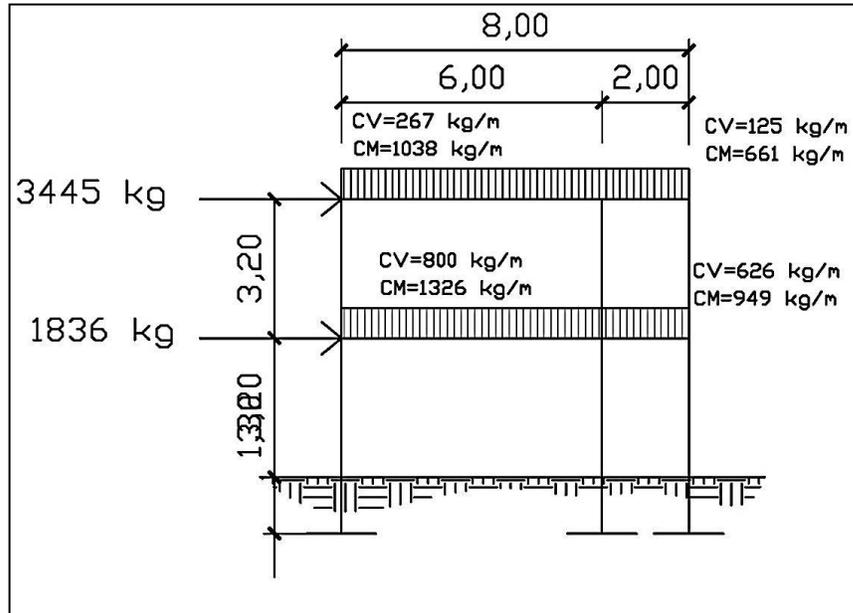
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Cargas aplicadas en marcos en sentido X



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. **Cargas aplicadas en marcos sentido Y**



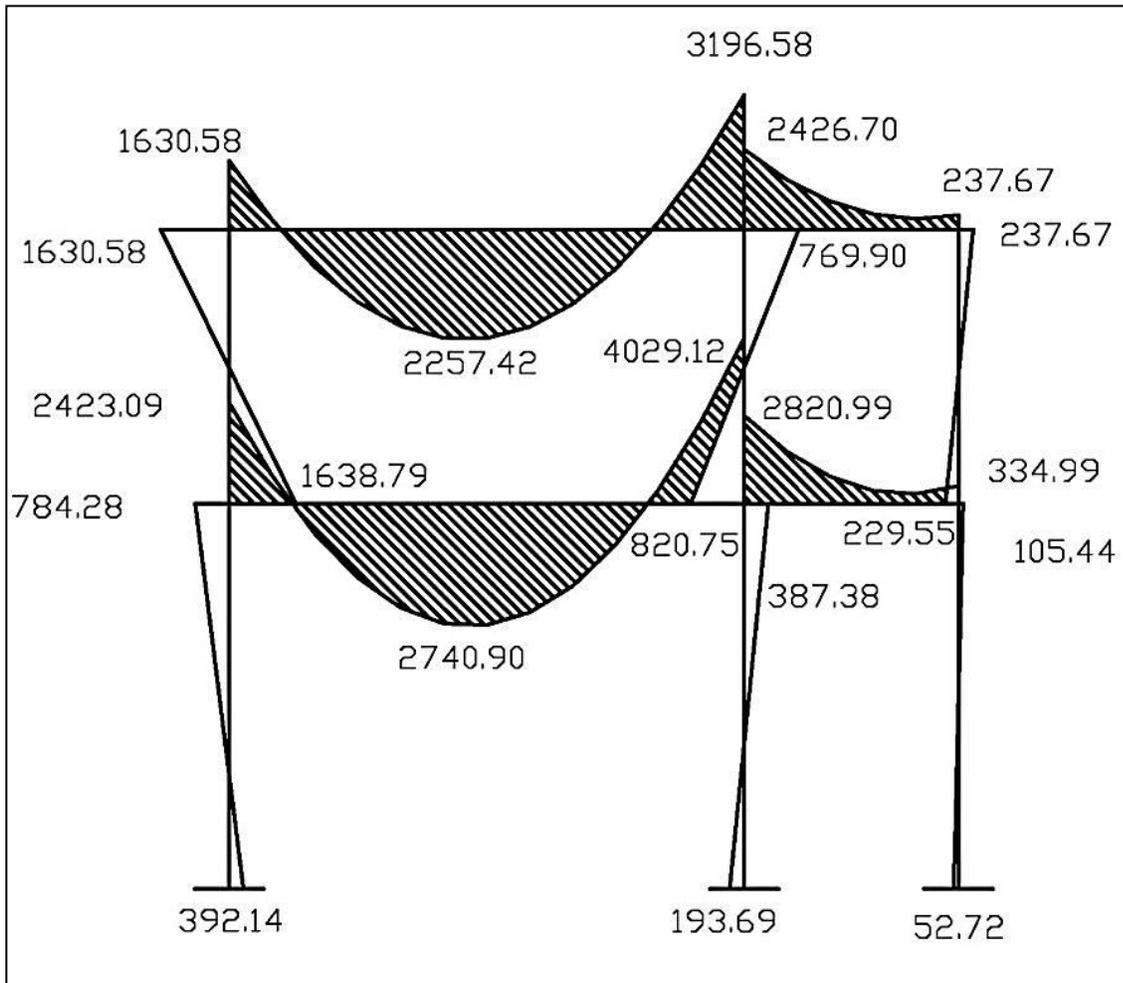
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.3.3.3. **Análisis de marcos dúctiles por un método de análisis numérico y comparación por medio de software**

Para determinar las fuerzas internas en los marcos, se aplicó el método de análisis numérico Kanni. Según integración de carga, se tomó el peso propio de la estructura. Debido a que el software no toma en cuenta el peso propio de la estructura, presenta una variación promedio en los resultados del análisis del 10 %. Los valores numéricos mayores se obtuvieron del método numérico, por lo que se decidió tomar estos para efectos de diseño.

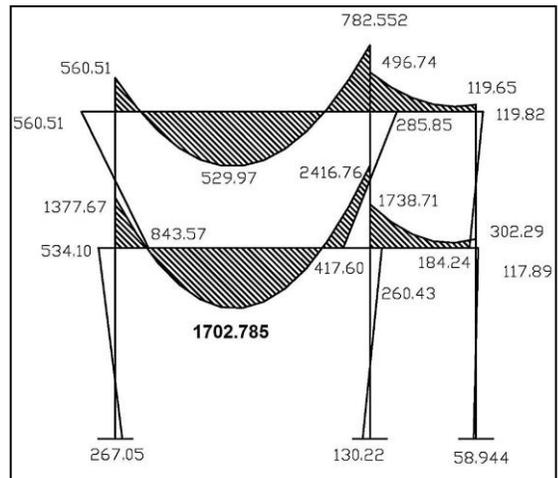
En las figuras 8, 9 y 10 se presentan los resultados del análisis estructural de carga viva, carga muerta y cargas horizontales en sentido "Y".

Figura 8. **Diagrama de momentos por carga muerta. Eje Y.**
Momentos en kilogramos por metros



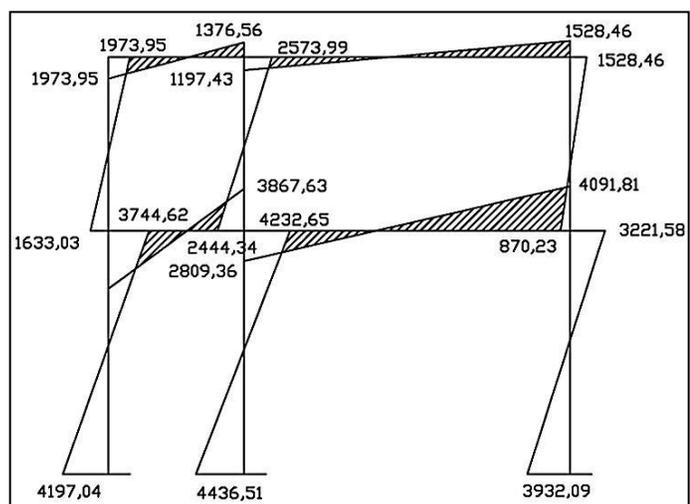
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 9. **Diagrama de momentos por carga viva. Eje Y. Momentos en kilogramos por metros**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 10. **Diagrama de momentos por carga sísmica. Eje Y. Momentos en kilogramos por metros**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los diagramas de momentos de los marcos en sentido X se presentan en los anexos.

2.1.3.3.4. Momentos últimos por envolvente de momentos

Se conoce como la envolvente de momentos a la superposición de los resultados del análisis de carga muerta, viva y sismo. Esto aplicando las diferentes combinaciones que ACI 318-08 establece en las secciones 9.1, 9.2 y 9.3, los momentos últimos para diseño serán los más críticos.

Las combinaciones que ACI indica son las siguientes:

$$C1 = 1,4CM + 1,7CV$$

$$C2 = 0,75(1,4CM + 1,7CV + 1,87CS)$$

$$C3 = 0,75(1,4CM + 1,7CV - 1,87CS)$$

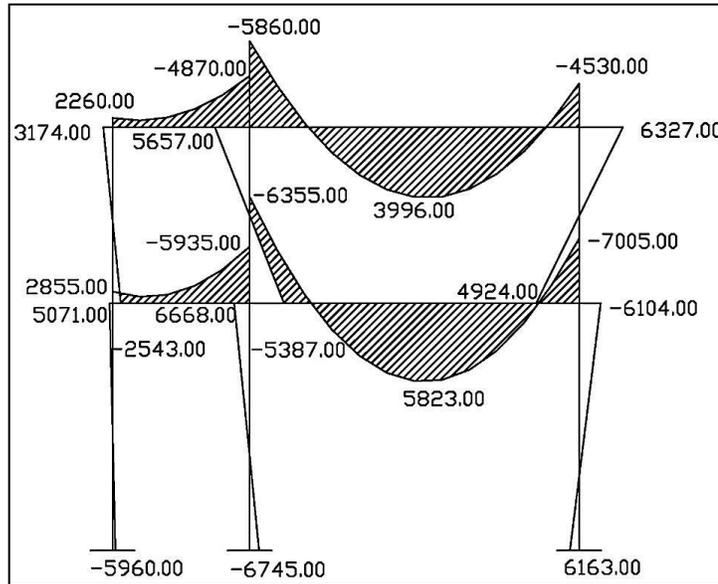
$$C4 = 0,9CM + 1,4 CS$$

$$C5 = 0,9CM - 1,4 CS$$

2.1.3.3.5. Diagramas de momentos y corte

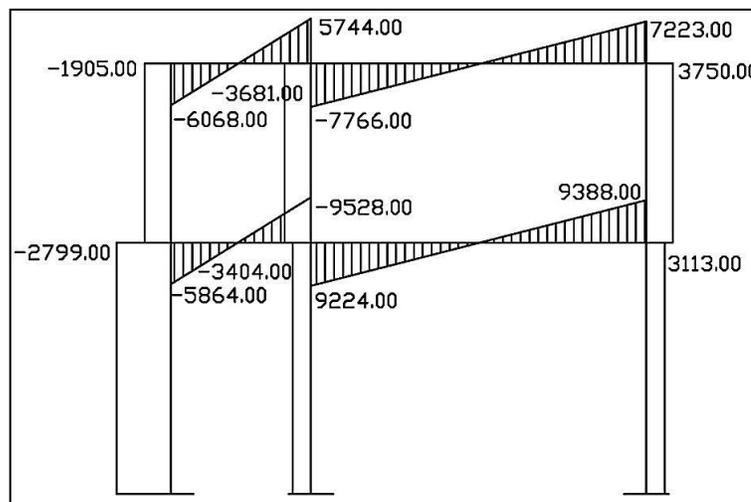
Los resultados de las combinaciones que indica el ACI pueden observarse en las figuras 11, 12, 13 y 14.

Figura 11. Diagrama de momento último, marco típico en sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 12. Diagrama de corte último, marco típico en sentido Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Los diagramas de momentos últimos y de corte último se presentan en los anexos.

2.1.4. Diseño de estructuras

Para el diseño estructural del edificio escolar, se utilizarán los siguientes datos:

Materiales

$$f_y = 2\,810 \frac{kg}{cm^2}$$

$$f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}$$

$$E_c = 15\,100 * \sqrt{f'_c} \frac{kg}{cm^2}$$

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

$$E_s = 2,1E6 \frac{kg}{cm^2}$$

$$V_s = 23,15 \frac{t}{m^2}$$

Recubrimientos

Cimentación: 0,07 cms

Vigas: 0,03 cms

Columnas: 0,04 cms

Losas: 0,03 cms

Cota de cimentación: 1,30

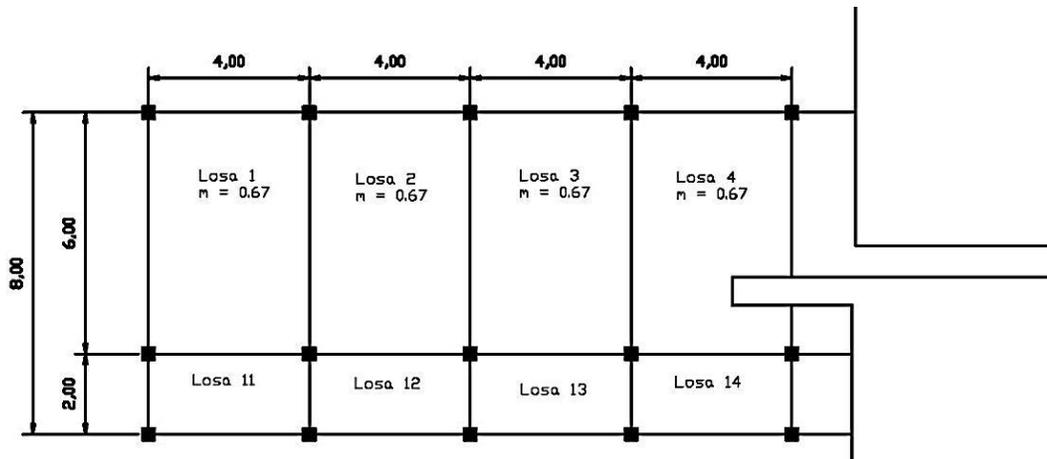
2.1.4.1. Diseño de losas

Se conocen como losas las superficies planas de concreto reforzado. Estos tienen como función ser el techo de una edificación o entrepiso, según sea su ubicación. Las losas pueden transmitir carga vertical y carga horizontales a las columnas y vigas. Según su espesor (t) pueden ser cascarones ($t < 0,09$), planas ($0,09 \leq t \leq 0,12$) y nervadas ($t > 0,12$). Para diseñar losas, existen varios métodos, pero en este caso se utilizará el método 3 del ACI 319-19 sección 13,6.

- Diseño de losa del nivel 1

De acuerdo con el predimensionamiento indicado en la sección 2.1.3.1 el espesor de la losa $t=0,11$ y las diferentes losas que tendrá la edificación se muestran en la figura 13.

Figura 13. **Planta típica de distribución de losas primer nivel**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos para diseñar losa 1

$$CM = 498 \frac{kg}{m^2}$$

$$CV = 300 \frac{kg}{m^2}$$

$$Cu = 1,4CM + 1,7CV = 1\ 207,20 \frac{kg}{m^2}$$

- Cálculo de momentos

Los momentos que actúan en una losa en dos direcciones, se calculan utilizando las siguientes fórmulas:

$$Ma^- = Ca^- * Cu_{total} * a^2$$

$$Ma^+ = Ca^+_{de CV} * CVu * a^2 + Ca^+_{de CM} * CMu * a^2$$

$$Mb^- = Cb^- * Cu_{total} * b^2$$

$$Mb^+ = Cb^+_{de CV} * CVu * b^2 + Cb^+_{de CM} * CMu * b^2$$

Donde

Ca^- y Cb^+ = son coeficientes del método 3 del ACI

$Ca^+_{de CV}$ y $Cb^+_{de CV}$ = coeficientes positivos de carga viva

$Ca^+_{de CM}$ y $Cb^+_{de CM}$ = coeficientes positivos de carga muerta

Cu_{total} = carga última total

CMu = carga muerta última

CVu = carga viva última

a = lado menor

b = lado mayor

- Losa 1:

- Momentos negativos

$$Ma^- = Ca^- * Cu_{total} * a^2 = 0,085 * 1\,207,20 * 4^2 = 1\,641,79 \text{ kg} - m$$

$$Mb^- = Cb^- * Cu_{total} * b^2 = 0,015 * 1\,207,20 * 6^2 = 651,89 \text{ kg} - m$$

- Momentos positivos

$$Ma^+ = Ca^+_{de CV} * CVu * a^2 + Ca^+_{de CM} * CMu * a^2$$

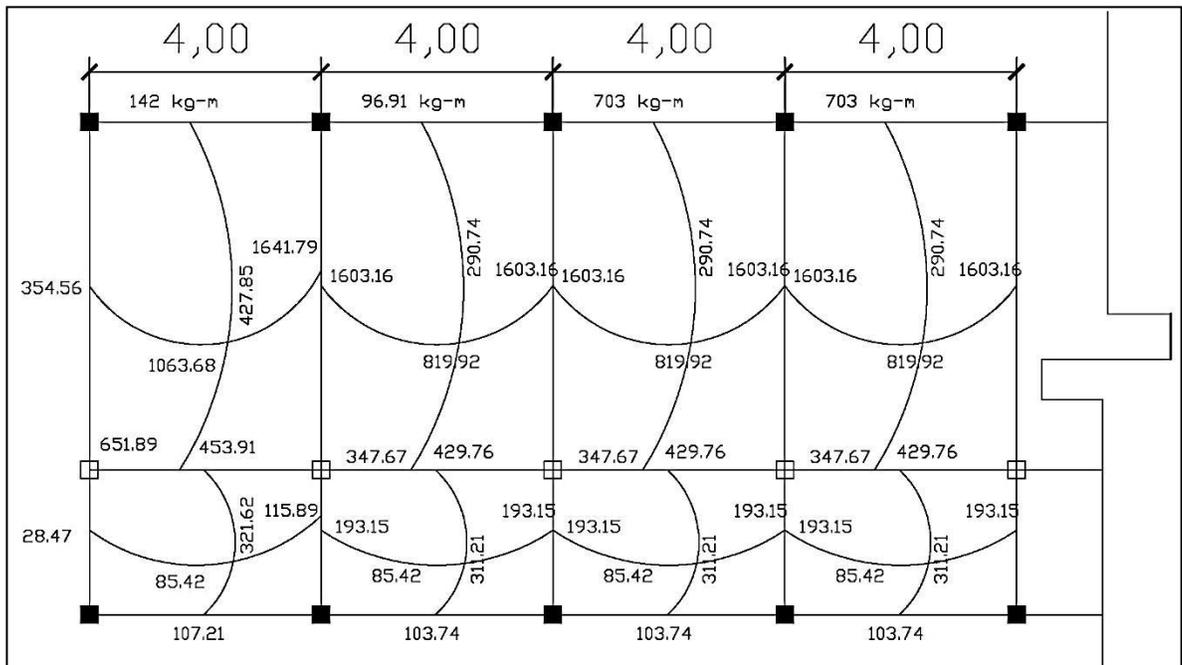
$$= 0,062 * 1,7 * 300 * 4^2 + 0,05 * 1,4 * 498 * 4^2 = 1\,063,68 \text{ kg} - m$$

$$Mb^+ = Cb^+_{de CV} * CVu * b^2 + Cb^+_{de CM} * CMu * b^2$$

$$= 0,011 * 1,7 * 300 * 6^2 + 0,009 * 1,4 * 498 * 6^2 = 427,85$$

De la misma manera se procede para calcular los momentos de las demás losas. Los resultados se presentan en la 14.

Figura 14. **Momentos de losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Las losas comparten alguno de sus lados con otras losas, existiendo convergencia de momentos de diferentes valores en los lados en común entre losas. Por ello, se procede a balancear los momentos, utilizando los siguientes criterios:

Si $0,80 \cdot M_{\text{mayor}} < M_{\text{menor}}$, $M_b = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) \cdot 0,50$

Si $0,80 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$, se balancean proporcionalmente a su rigidez.

$$\begin{array}{r}
 D1 \\
 M1 \\
 -dM \cdot D1 \\
 Mb
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 D2 \\
 M2 \\
 +dM \cdot D2 \\
 Mb
 \end{array}$$

$$D1 = \frac{k1}{k1+k2} \quad \text{y} \quad k1 = \frac{1}{L1}$$

L = Longitud de la losa considerada
 $dM = M1 - M2$
 $M1$ y $M2$ = losa mayor y losa menor

La losa 1 y la losa 11 tienen diferencias de momentos, se realiza el chequeo indicado:

$$(0,8) \cdot 651,89 = 521,512 > 453,91 \text{ por lo que se calculará el } Mb$$

$$K1 = 1/6 = 0,1667$$

$$K2 = 1/2 = 0,50$$

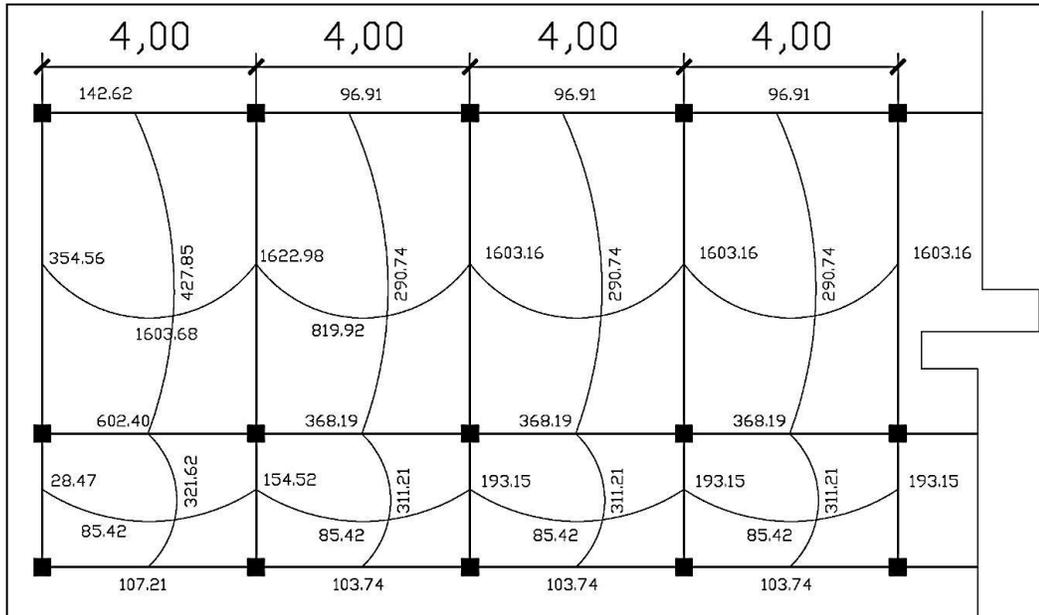
$$D1 = \frac{0,50}{0,50+0,1667} = 0,75$$

$$D2 = \frac{0,1667}{0,50+0,1667} = 0,25$$

	0,25	0,75
	651,89	453,91
	-49,495	148,485
Mb =	602,40	602,40

Los momentos balanceados se muestran en la figura 15.

Figura 15. Momentos balanceados de losas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño del acero de refuerzo

Para diseñar el acero de refuerzo para losas, se toma un ancho unitario y se diseña como si se tratara de una viga. El procedimiento es el siguiente:

Se calcula el acero mínimo As_{min} que se necesita en las losas en dos direcciones. Según el ACI 318-08 sección 10.5 el As_{min} para losas está dado por:

$$As_{min} = \frac{14,1}{fy} * b * d = \frac{14,1}{2810} \times 100 \times (11 - 2,5) = 4,27cm^2$$

Se procede a calcular el momento que resiste el $A_{s_{min}}$.

$$M = \phi * A_{s_{min}} * f_y * \left[d - \frac{a}{2} \right]; \quad a = \frac{A_{s_{min}} * f_y}{0,85 * f'_c * b}$$

$$M = 881,60 \text{ kg} - m$$

m

Se calcula la separación entre varillas (S) para el $A_{s_{min}}$, utilizar acero núm. 3

$$S = \frac{A_{s_{elegido}}}{A_{s_{min}}} < 2t$$

$$S = 16 \text{ cm} < 2t$$

Seguidamente se calcula el As para momentos mayores al que resiste el $A_{s_{min}}$.

$$\text{Si } M = 1622 \text{ kg} - M$$

De la ecuación $M = \phi * A_{s_{min}} * f_y * \left[d - \frac{a}{2} \right]$; se resuelve para A_s y se tiene que

$$A_s = 8,165 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento entre varillas (S):

Según el ACI 318-08 en su sección 13.3.2, el espaciamiento entre varillas se calcula utilizando la ecuación

$$S = \frac{A_v}{A_s} < 2t_{losa}$$

Los resultados se presentan en el siguiente cuadro

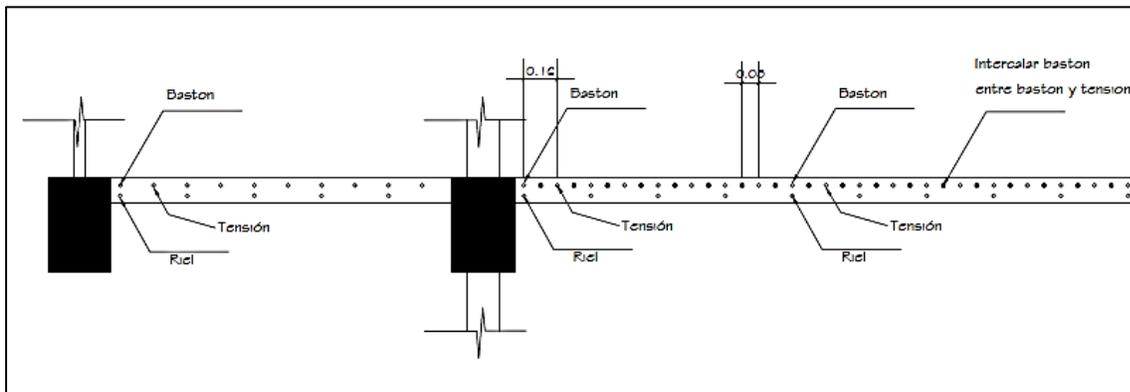
Tabla XII. Área de acero para losas típicas nivel 1

		Momentos	As cm2	As min	As a tomar	S, si No3	Smax cms	S elegido
Losa 1	Ma	354,56	1,675	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		1603,68	8,062	4,270	8,06	8,81	22	8,81
		1622,48	8,165	4,270	8,16	8,70	22	8,70
	Mb	142,62	0,668	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		427,85	2,028	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		602,4	2,879	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 2	Ma	1622,48	8,165	4,270	8,16	8,70	22	8,70
		819,92	3,959	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
	Mb	96,91	0,453	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		290,74	1,370	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 3	Ma	602,4	2,879	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		321,62	1,517	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		107,21	0,501	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	28,47	0,133	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		85,42	0,399	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		154,52	0,724	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 4	Ma	368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		311,21	1,468	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,74	0,485	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	154,52	0,724	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		85,42	0,399	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		193,15	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 5	Ma	1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
		819,92	3,959	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
	Mb	96,91	0,453	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		290,74	1,370	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 6	Ma	368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		311,21	1,468	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,74	0,485	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	193,15	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		85,42	0,399	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		193,115	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 7	Ma	1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
		819,92	3,959	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
	Mb	96,91	0,453	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		290,74	1,370	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 8	Ma	368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		311,21	1,468	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,74	0,485	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	193,15	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		85,42	0,399	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		193,115	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 9	Ma	1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
		819,92	3,959	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		1603,16	8,059	4,270	8,06	8,81	22	8,81
	Mb	96,91	0,453	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		290,74	1,370	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 10	Ma	368,19	1,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		311,21	1,468	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,74	0,485	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	193,15	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		85,42	0,399	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		193,115	0,906	4,270	4,27	16,63	22	16,63

Fuente: elaboración propia.

Para uniformizar el armado se colocaron bastones intercalados entre tensiones y los bastones y rieles (donde van juntos). Ver planos en apéndice 1.

Figura 16. **Detalle de armado de losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- **Losas del nivel 2:**

Para las losas del nivel 2, el procedimiento del cálculo del acero y el espaciamiento es el mismo. Dado que las magnitudes de los momentos actuantes en estas losas son menores a las del nivel 1, únicamente será necesario reforzarlo con el A_s min y el espaciamiento máximo varillas sugerido por el ACI 318-08. Los resultados del armado de las losas se presentan en los planos anexos.

Tabla XIII. Área de acero para losas típicas nivel 2

		Momentos kg-m	As cm2	As min	As a tomar	S, si No3	Smax cms	S elegido
Losa 1	Ma	183,14	0,859	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		549,44	2,619	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		868,23	4,202	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	73,85	0,345	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		221,54	1,041	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		322,36	1,521	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 2	Ma	868,23	4,202	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		405,82	1,922	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	46,92	0,219	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		140,75	0,659	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 3	Ma	322,36	1,521	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		164,7	0,772	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		54,9	0,256	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	14,68	0,068	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		44,06	0,205	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		82,69	0,386	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 4	Ma	197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		158,3	0,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		52,76	0,246	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	82,69	0,386	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		44,06	0,205	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 5	Ma	857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		405,82	1,922	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	46,92	0,219	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		140,75	0,659	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 6	Ma	197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		158,3	0,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		52,76	0,246	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		44,06	0,205	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 7	Ma	857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		405,82	1,922	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	46,92	0,219	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		140,75	0,659	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 8	Ma	197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		158,3	0,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		52,76	0,246	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		44,06	0,205	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 9	Ma	857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		405,82	1,922	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		857,89	4,150	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	46,92	0,219	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		140,75	0,659	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
Losa 10	Ma	197,03	0,924	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		158,3	0,741	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		52,76	0,246	4,270	4,27	16,63	22	16,63
	Mb	103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		44,06	0,205	4,270	4,27	16,63	22	16,63
		103,36	0,483	4,270	4,27	16,63	22	16,63

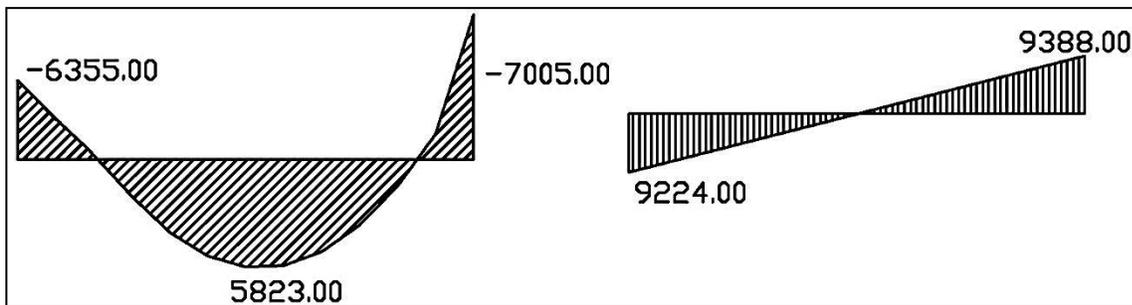
Fuente: elaboración propia.

Para uniformizar el armado se colocaron bastones intercalados entre tensiones y los bastones y rieles (donde van juntos). Ver planos en apéndice 1

2.1.4.2. Diseño de vigas

Se conoce como viga, al elemento estructural que descansa en dos apoyos y estos regularmente se encuentran ubicados en los extremos. Las vigas están sometidas a esfuerzos de compresión, tensión y corte. Para el diseño de las vigas se utilizará el método de la ecuación cuadrática para encontrar el A_s . Los datos necesarios para el diseño son los momentos y cortes últimos actuantes que se toman del análisis estructural.

Figura 17. Momentos y cortes en viga 4 primer nivel. Eje Y



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Límites de acero

- Área de acero mínima $A_{s_{min}}$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2 \cdot 810} * 30 * 41 = 6,17 \text{ cms}^2$$

- Área de acero máxima

$$A_{s_{max}} = \phi r_b b d = 0,5 * 0,037 * 30 * 41 = 22,75 \text{ cms}^2$$

Si $M_u = -6\,355$ kg-m, calcular A_s con ecuación cuadrática

$$M = \phi * A_{s_{min}} * f_y * \left[d - \frac{a}{2} \right]; \quad a = \frac{A_{s_{min}} * f_y}{0.85 * f'_c * b}$$

$A_s = 6,388 \text{ cms}^2$ y como

Chequeo

$$A_{s_{min}} < A_s < A_{s_{max}}$$

Si $M_u = -7\,005$ kg-m; $A_s = 7,073 \text{ cms}^2$

Si $M_u = 5\,823$ kg-m; $A_s = 5,83 \text{ cms}^2$

Si $M_u = -6\,355$ kg-m; $A_s = 6,38 \text{ cms}^2$

- Requisitos sísmicos de armado para la cama superior

Colocar como mínimo dos varillas o más de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes valores:

- $A_{s_{min}} = 6,17 \text{ cm}^2$
- 33 % del acero calculado para el momento negativo mayor =
 $33 \% A_{s_{may}}^- = 0,33 * (7,073) = 2,33 \text{ cms}^2$

Por lo que se toma el acero mínimo equivalente a $6,17 \text{ cm}^2$

- Requisitos sísmicos de armado para la cama superior

Para la cama inferior colocar como mínimo dos varillas de acero corridas, tomando el mayor de los siguientes criterios, según el ACI 318-08 sección 21.3.2

- 50 % $A_{s_{may}}^- = 3,535 \text{ cm}^2$

- $50 \% A_{s^+_{max}} = 2,915\text{cm}^2$
- $A_{s_{min}} = 6,17\text{cm}^2$

Por lo que se tomará el acero mínimo equivalente a **$6,17\text{cm}^2$**

El armado será de la siguiente manera

Cama superior 2No 6 + 1 No4 = **$6,94\text{cm}^2$**

Cama Inferior 2No 6 + 1 No4 = **$6,94\text{cm}^2$**

- Acero para refuerzo transversal

Una de las fuerzas inducidas en las vigas es la fuerza cortante. Para la resistencia al corte en las vigas, se utilizan los estribos los cuales ayudan a contrarrestar estos efectos, además de ser necesarios para el armado.

Se debe realizar una comparación entre el V_c con el V_u ; si $V_c > V_u$ colocar estribos a $S_{max} \leq d/2 < 30$. Si $V_u > V_c$ colocar estribos a

$$S = \frac{2A_v * f_y * d}{V_u}$$

Se debe disponer estribos en las siguientes zonas del elemento:

- En una longitud igual a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hasta la mitad del claro, en ambos extremos del elemento sometidos a flexión.
- En longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento en ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión en conexión con desplazamientos laterales inelásticos del marco.

Según el ACI 318-08 sección 21.3.3.1 y 21.3.3.2, el primer estribo debe estar situado a no más de 5 cms de la cara del elemento en apoyo, el espaciamiento no debe exceder de:

- d/4
- 8 veces el diámetro de la varilla longitudinal de diámetro más pequeño
- 24 veces el diámetro de la varilla del estribo y
- 0,30 m

El corte que resiste el concreto está dado por la siguiente expresión:

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

Por lo que para este caso el cortante que resiste el concreto es de

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 30 * 41 = 8\ 030\ \text{kg}$$

$$V_c = 8\ 030\ \text{kg}$$

$$V_u = 9\ 528\ \text{kg}$$

Como

$$V_c < V_{max}$$

Se tendrá que diseñar por corte. Como en este caso el valor de V_c es menor al momento actuante en la viga ya que es de 9528 kg, se diseñará por corte.

$$S = \frac{2 A_v * f_y * d}{V_u}$$

En donde

S = espaciamiento entre estribos

A_v = área de la sección transversal de varilla a utilizar para los estribos

V_u = corte último

$$S = \frac{2*0,71*2\ 810*41}{9\ 528} = 17,17\text{cms}$$

Por requisitos sísmicos

$$S_{max} = \frac{d}{4} = \frac{41}{4} = 10,25 \text{ en los extremos}$$

Y al centro

$$S_{max} = \frac{d}{2} = \frac{41}{2} = 20,5 \text{ cm}$$

Por lo que los estribos a utilizar serán de varilla núm. 3 @ 0,20 m al centro y @ 0,10 m en los extremos.

El cálculo de las vigas restantes es similar a la de la viga 4, los resultados de todas las vigas así como su armado se presentan en el plano detalles estructurales, en los anexos.

Tabla XIV. Área de acero para vigas

Viga 0.30 x 0.45	Refuerzo longitudinal			Refuerzo transversal	
	Momento kg-m	As cm2	Refuerzo	Cortes	refuerzo
1	-2 260	2,21	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =6 068 kg	Estribos Núm. 3 @0,20m
	-3 560	3,51	2No6+1No4		
	-4 870	4,84	2No6+1No4		
2	-5 680	5,68	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 7 766 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 996	3,95	2No6+1No4		
	-4 530	4,49	2No6+1No4		
3	-2 855	2,80	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =9 224 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-4 390	4,35	2No6+1No4		
	-5 935	5,94	2No6+1No4		
4	-6 355	6,38	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =9 528 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	5 823	5,83	2No6+1No4		
	-7 005	7,07	2No6+1No4		
5	-3 884	3,84	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =6 538 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 322	3,27	2No6+1No4		
	-6 851	6,91	2No6+1No4		

Continuación de la tabla XIV.

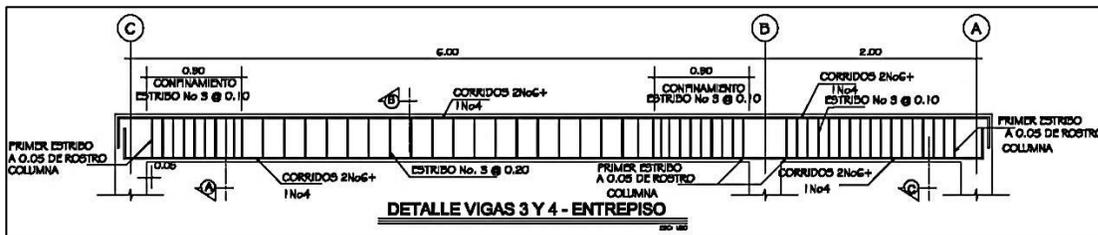
6	-4 101	4,06	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =57 863 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	1 917	1,87	2No6+1No4		
7	-6 025	6,04	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 804 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-3 930	3,88	2No6+1No4		
8	2 024	1,97	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 794 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-6 066	6,08	2No6+1No4		
9	-3 935	3,89	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 771 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	2 010	1,96	2No6+1No4		
10	-6 013	6,03	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 827 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-3 941	3,89	2No6+1No4		
11	2 011	1,96	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 453 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-5 976	5,99	2No6+1No4		
12	-3 952	3,90	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 827 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	2 007	1,96	2No6+1No4		
13	-5 955	5,96	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =5 487 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-3 976	3,93	2No6+1No4		
14	2 022	1,97	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =6 538 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-5 886	5,89	2No6+1No4		
15	-3 905	3,86	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =9 065 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	1 938	1,89	2No6+1No4		
16	-6 104	6,12	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 855 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-4 505	4,47	2No6+1No4		
17	2 623	2,57	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 965 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-4 687	4,65	2No6+1No4		
18	-4 505	4,47	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 322	3,27	2No6+1No4		
19	-6 851	6,91	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-9 211	9,44	2No6+1No4+2 bastones No4		
20	5 829	5,83	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-1 1249	11,72	2No6+1No4+2 bastones No6		
21	-7 587	7,69	2No6+1No4+1 bastón No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	2 939	2,88	2No6+1No4		
22	-9 787	10,08	2No6+1No4+2 bastones No5	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-7 803	7,92	2No6+1No4+1 bastón No4		
23	3 244	3,19	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-9 875	10,18	2No6+1No4+2 bastones No5		
24	-5 742	5,74	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 161	3,11	2No6+1No4		
25	-9 875	10,18	2No6+1No4+2 bastones No5	Vc = 8 030 kg; Vu =7 916 kg	Estribos Núm. 3 @0,10m en extremos, resto a 0,20
	-9 875	10,18	2No6+1No4+2 bastones No5		

Continuación de la tabla XIV.

19	-7 652	7,76	2No6+1No4+1 bastón No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 7 894 kg	Estribos Núm. 3 @ 0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 134	3,08	2No6+1No4		
	-9 730	10,02	2No6+1No4+2 bastones No5		
20	-7 607	7,71	2No6+1No4+1 bastón No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 7 871 kg	Estribos Núm. 3 @ 0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 107	3,05	2No6+1No4		
	-9 676	9,96	2No6+1No4+2 bastones No5		
21	-7 599	7,70	2No6+1No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 7 863 kg	Estribos Núm. 3 @ 0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 086	3,03	2No6+1No4		
	-9 667	9,95	2No6+1No4+2 bastones No5		
22	-7 427	7,52	2No6+1No4+1 bastón No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 7 812 kg	Estribos Núm. 3 @ 0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 068	3,01	2No6+1No4		
	-9 382	9,63	2No6+1No4+2 bastones No5		
23	-8 560	8,73	2No6+1No4+1 bastón No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 7 960 kg	Estribos Núm. 3 @ 0,10m en extremos, resto a 0,20
	3 094	3,04	2No6+1No4		
	-10 011	10,33	2No6+1No4+2 bastones No5		
24	-9 011	9,23	2No6+1No4+2 bastones No4	Vc = 8 030 kg; Vu = 9 065 kg	Estribos Núm. 3 @ 0,10m en extremos, resto a 0,20
	5 829	5,83	2No6+1No4		
	-1 1249	11,72	2No6+1No4+2 bastones No6		

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Armado de Viga



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.4.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales utilizados para soportar cargas de flexo compresión. Las columnas se diseñan con el método de aproximación para el perfil de falla llamado método de Bresler. Se deben encontrar la carga axial que actúa en la columna y en el momento actuante en el sentido X e Y. La carga axial se calcula con base en un área tributaria, carga muerta y carga viva. Los momentos se toman de la envolvente de momentos para columnas, sentido X e Y luego se toman los momentos y cortes mayores para diseñar las columnas más críticas.

Los criterios que indica el ACI para el diseño de columnas se encuentran en la sección 21.4.1 y se describen a continuación:

Área de acero longitudinal

$A_{s_{min}} = 0,001 A_g$; en donde A_g es el área grueso

$A_{s_{max}} = 0,06 A_g$; *para zonas sísmicas*

Otros aspectos a tomar en cuenta son según el ACI 318-08 10.9.1 y 10.9.2 la columna deberá tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinal. El área de refuerzo longitudinal no debe ser menor que $0,01 A_g$ ni mayor que $0,06 A_g$.

- Procedimiento para el diseño de columnas

Los datos del análisis estructural en cuanto a momentos y cortantes son los críticos ya que se diseñan con los valores mayores.

Área tributaria= $4,25 \times 4 = 17 \text{ m}^2$

- Primer nivel

$$\text{Carga última (Cu)} = 1,4 \text{ CM} + 1,7 \text{ CV} = 1,4 * (414 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}) * 1,7 * (300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}) = 1\ 089,60 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga total (Ct)} = \text{CM} + \text{CV} = 714 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Factor de carga última primer nivel (Fcu1)} = \frac{\text{Cu}}{\text{Ct}} = \frac{1\ 089,60}{714} = 1,53$$

- Segundo nivel

$$\text{CM} = 324 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{CV} = 100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Cu} = 623,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Fcu2} = 1,47$$

- Carga axial (Pu)

$$\text{Pu} = \text{Área de losa} * \text{Cu} + P_{Pviga} * \text{Fcu}; P_{Pviga} = Aviga * Lviga * wc$$

- Segundo nivel

$$\text{Pu2} = 17 * 623,6 + 0,30 * 0,45 * 8,50 * 2\ 400 * 1,47 = 14\ 649,58 \text{ kg}$$

- Primer nivel

$$\text{Pu} = \text{Pu2} + \text{Acol} * \text{hcol} * \text{wcon} * \text{Fcu2} + \text{Aviga} * \text{lviga} * \text{wcon} * \text{Fcu1} + \text{Atrib} * \text{Cu nivel 1}$$

$$\text{Pu} =$$

$$14\ 649,58 + 0,30 * 0,30 * 2,60 * 2\ 400 * 1,47 + 0,30 * 0,45 * 8,50 * 2\ 400 * 1,53 + 17 * 1$$

$$089,60 =$$

$P_u = 38\,402 \text{ kg}$

- Esbeltez de columna: según el ACI 318-08 sección 10.13.2, una columna es esbelta cuando los diámetros de su sección transversal son pequeños en relación con su longitud. Por el valor de su esbeltez E , las columnas se clasifican en columnas cortas si $E < 21$, intermedias si $21 \leq E \leq 100$ y largas si $E > 100$.

Si las columnas 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 es recomendable construirlos.

La esbeltez de una columna está dada por la siguiente expresión:

$$E = \frac{k * l_u}{r}$$

En donde

E = esbeltez

K = factor de pandeo

l_u = longitud entre apoyos

r = radio de giro = $0,3 * \text{lado menor}$

El valor de K se determina de la siguiente manera:

$$k = \frac{20 - \psi_{prom}}{20} * \sqrt{1 + \psi_{prom}} \text{ Cuando } \psi_{prom} < 2$$

$$k = \frac{0,90 * (1 + \psi_{prom})}{2} \text{ Cuando } \psi_{prom} \geq 2$$

$$\psi_{prom} = \frac{\psi_a + \psi_b}{2}$$

ψ = Relación de rigidez

$$\psi_{a-b} = \frac{\sum \text{Rigideces de columnas que se unen en el nodo considerado}}{\sum \text{Rigideces de vigas que se unen en el nodo considerado}}$$

$$\text{Rigidez} = \frac{EI}{\text{Luz libre}}$$

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Sentido X

$$\text{Inercia de vigas} = 227\,813 \text{ cm}^4$$

$$\text{Inercia de columnas} = 67\,500 \text{ cm}^4$$

$$\psi_a = \frac{\frac{67\,500}{320} + \frac{67\,500}{450}}{\frac{227\,813}{370} + \frac{227\,813}{370}} = 0,29$$
$$\psi_b = 0$$

Debido a que es en el primer nivel no hay columna inferior únicamente columna superior.

$$\psi_{prom} = \frac{0,29 + 0}{2} = 0,15 < 2$$

Se utiliza la ecuación

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

$$K = 1,06$$

$$E = \frac{1,06 * 3}{0,3 * 0,3} = 35,33 > 22$$

Por lo que se tendrá que magnificar momentos en sentido X

Sentido Y

$$\psi_a = \frac{\frac{67\,500}{320} + \frac{67\,500}{450}}{\frac{227\,813}{250} + \frac{227\,813}{600}} = 0,30; \psi_b = 0$$

$$\psi_{prom} = 0,15$$

$$K = 1,05$$

$$E = 34,05 > 22$$

Por lo que se tendrá que magnificar los momentos en sentido Y.

La ecuación de magnificación de momentos es el siguiente:

$$M_d = \delta M_u$$

δ = magnificador de momento

M_u = momento último

δ está dado por:

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{Pu}{\phi * Pcr}} < 1$$

P_u = carga última actuante

P_{cr} = carga crítica de pandeo (Euler)

ϕ = factor de compresión (0,70 para estribos)

P_{cr} se expresa por

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * E * I}{(k * lu)^2}$$

E = módulo de Young

I = momento de inercia

K = factor de pandeo

lu = longitud libre entre apoyos

E*I se expresa por:

$$EI = \frac{E_c * I_g}{1 + \beta_d}$$

E_c = módulo de elasticidad del concreto = $15100 * \sqrt{f'c}$

I_g = momento de inercia centroidal de la columna = $\frac{bh^3}{12}$

β_d = factor de flujo plástico = $\frac{1.4 CM}{1.4CM + 1.7 CV} = \frac{CM_u}{C_u}$

$$0 \leq \beta_d \leq 1$$

El magnificador de momento es un factor de seguridad. Por ello, deben multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar el pandeo.

Cálculo del magnificador de momentos en sentido X

$$EI = \frac{218\,819,789 * 67\,500 \div 25}{1 + 0,53} = 3,86x10^9 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 3,86x10^9}{(1,06 * 300)^2} = 376\,732,26$$

$$\delta = \frac{1}{1 - \frac{0,7 * 376\,732,26}{38\,402}} = 1,1704$$

$$M_{dx} = 1,1704 * 7\,589 = 8\,882,17 \text{ kg} - m$$

Cálculo del magnificador de momentos en sentido Y

$$EI = 3,86 \times 10^9 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$P_{cr} = 376\,732,26 \text{ kg}$$

$$\delta = 1,1704$$

$$M_{dy} = 1,1704 * 6\,668 = 7\,804,23 \text{ kg} - m$$

- Acero longitudinal

Para calcular el acero longitudinal de las columnas, existen varios métodos; los que se aplican según el tipo de carga a las que está sometida la columna. Existen columnas sometidas a carga axial; carga axial y momento uniaxial; carga axial y momento biaxial, y carga axial y momento triaxial.

Para este caso, todas las columnas son del tipo carga axial y momento biaxial. El diseño exacto de este tipo de columnas requiere un procedimiento difícil, pero existen métodos aproximados que dan buenos resultados. Uno de ellos es el método de Bresler. Este método consiste en un sistema de cargas actuantes, se debe calcular el sistema de cargas resistentes.

La ecuación de carga inversa se define como:

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'xo} + \frac{1}{P'oy} - \frac{1}{P'o}$$

Donde

$P'u$ = valor aproximado de la carga última en flexión que resiste la columna a una excentricidad "e"

$P'x = k'x * f'c * \text{sección del elemento}$ = carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad "ey", (ex = 0)

$P'y = k'y * f'c * \text{sección del elemento}$ = carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad "ex", (ey = 0)

$P'o = 0.70 * [0.85 * f'c * (Ag - As) + As * fy]$ = carga última axial que resiste la columna o la carga concéntrica que resiste la misma (ex=0 y ey=0)

Kx y ky son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para el diseño de columnas.

Si $P'u > Pu$ entonces el armado propuesto es correcto, de lo contrario se debe aumentar el área de acero.

Datos:

$$As_{min} = 0,1 * Ag = 9,0 \text{ cm}^2$$

$$As_{max} = 0,6 * Ag = 54 \text{ cm}^2$$

$$Ag = 30 \times 30 = 900,0 \text{ cm}^2$$

Sección propuesta 30,0 cms x 30,0 cms

Armado propuesto = 4 núm. 8 + 4 núm. 6 = 31,76 cm^2

Pu nivel 1 = 38 402 kg

Pu nivel 2 = 14 649 kg

Valor de la gráfica:

d=24 cm

h = 30 cm

$$Y_x = \frac{d_x}{h} = \frac{24}{30} = 0,8$$

$$Y_y = \frac{d_y}{h} = \frac{24}{30} = 0,8$$

$$f_y = 2810 \frac{kg}{cm^2}, f'_c = 210 \frac{kg}{cm^2}, 0,85 * f'_c = 178,5 \frac{kg}{cm^2}$$

Valor de la curva:

$$\rho_{tu} = \frac{A_s * f_y}{A_g * 0,85 * f'_c} = 0,55$$

De las excentricid

$$E_y = \frac{Mdy}{Pu} = \frac{7804,23}{38402} = 0,20$$

Diagonales:

$$\frac{E_x}{h_x} = \frac{0,23}{0,30} = 0,76$$

$$\frac{E_y}{h_y} = \frac{0,20}{0,30} = 0,67$$

Con los datos obtenidos, se buscan los valores en el diagrama de interacción. Con la ayuda del software JC-Diseño Concreto el cual es un programa para el diseño completo de marcos de concreto reforzado realizado por el Ingeniero Julio Corado Franco. Por ello, se obtienen los siguientes datos

$$k_x = 0,40$$

$$k_y = 0,45$$

Por último se calculan las cargas:

Carga axial resistente de la columna:

$$P'o = 0,7 * [0,85 * f'c(Ag - As) + As * fy] = 170\,792,72\,kg$$

$$P'x=0,40*Ag*f'c=75\,600,00\,kg = \text{carga resistente a una excentricidad } E_x$$

$$P'y=0,45*Ag*f'c=85\,050,00\,kg = \text{carga resistente a una excentricidad } E_y$$

Carga resistente de la columna

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{P'xo} + \frac{1}{P'oy} - \frac{1}{P'o}$$

$$\frac{1}{P'u} = \frac{1}{75\,600} + \frac{1}{85\,050} - \frac{1}{170\,792,72} = 2,98 \times 10^{-5}$$

$$P'u = 52\,273,00\,kg$$

Como $P_u = 38\,402\,kg$; $P'u > P_u$, la propuesta es adecuada. En caso contrario se debe aumentar el área de acero.

- Refuerzo transversal
 - Refuerzo por corte

En las columnas es necesario proveer refuerzo transversal por medio de estribos o zunchos, para resistir los esfuerzos de corte. En Guatemala, debido a estar en una zona sísmica activa, se debe proveer suficiente ductilidad a las columnas. Esto se logra por medio del confinamiento del esfuerzo transversal en los

extremos de la misma. El resultado del confinamiento es un aumento en el esfuerzo de ruptura del concreto, que permite una deformación unitaria mayor del elemento.

- Cálculo del refuerzo transversal:

Si $V_r > V_u$ entonces los estribos estarán distribuidos a $S_{max} = \frac{d}{2}$

Si $V_r < V_u$ entonces se diseñaran los estribos por corte

Corte resistente $V_r = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d = 5\,287,98\text{ kg}$

$$V_u = 3\,750\text{ kg}$$

Por lo que $V_r > V_u$ entonces los estribos estarán distribuidos a $S_{max} = \frac{d}{2}$

$$S_{max} = \frac{d}{2} = 13,5$$

Colocar ϕ núm. 3 @ 0,13

Cálculo del espaciamiento en zona de confinamiento.

La longitud de confinamiento se escoge entre la mayor de las siguientes opciones:

- $\frac{Lu}{6} = \frac{3}{6} = 0,50$
- Lado mayor de columna = 0,30
- 0,45m según ACI 318-08 sección 21.10.5.1

Se toma el mayor 0,50 m

Cálculo de la relación volumétrica

$$S_o = \frac{2 * A_v}{\rho_s * L_n}$$

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right)$$

Av = área transversal que se utiliza como estribo

Ln = longitud no soportado del estribo

So = espaciamiento entre estribos para la zona confinada

ρ_s = relación volumétrica de la columna $\geq 0,12 * f'c / fy$

Ag = área gruesa

Ach = área chica

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) * \left(\frac{0,85 * f'c}{fy} \right) = 0,0168$$

$$0,12 * f'c / fy = 0,0089$$

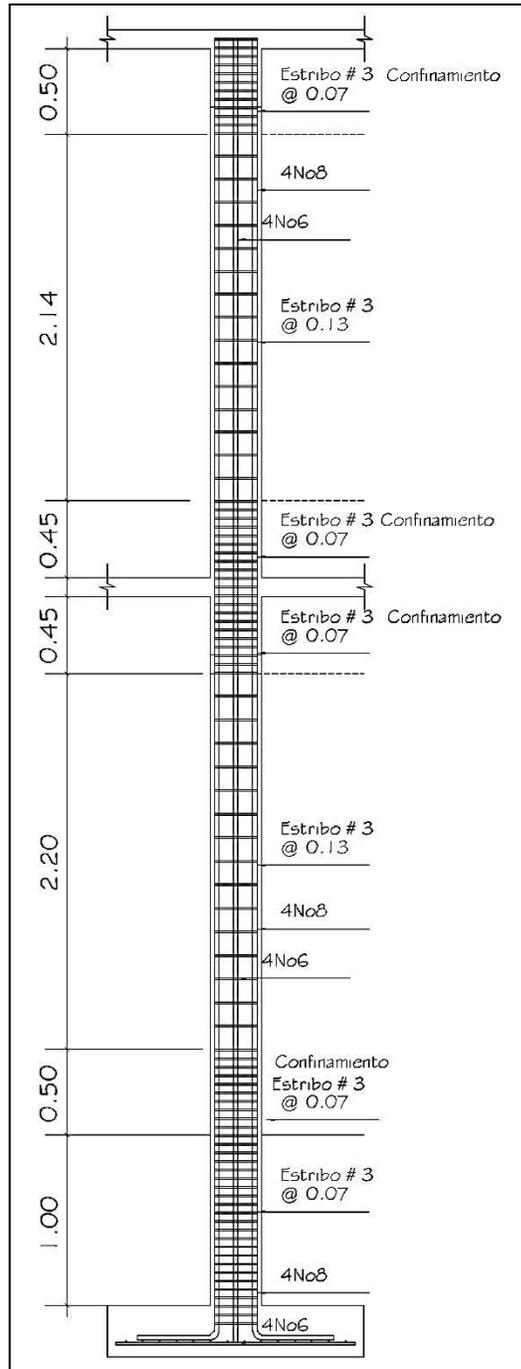
Por lo tanto $\rho_s > 0,12 * f'c / fy$

Suponiendo estribo núm. 3 con Av $0,71 \text{ cm}^2$ se tiene que

$$So = \frac{4 * Av}{\rho_s * Ln} = \frac{4 * 0,71}{0,016 * 24} = 7,39 \text{ cm}$$

Entonces colocar estribos núm. 3 @ 0,07m en área de confinamiento de 0,50 m en los extremos del apoyo. Se aplicó el mismo procedimiento para las columnas del segundo nivel. Los resultados se presentan en los planos de anexo.

Figura 19. Armado de columna



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.4.4. Diseño de cimientos

Se conoce como cimientos a los elementos destinados a recibir las cargas propias y las aplicadas exteriormente a la misma; estos a su vez transmiten esta acción sobre el suelo. Los valores a tomar para el diseño de las zapatas son las fuerzas y los momentos del análisis estructural, así como los datos del valor soporte del suelo. Datos para diseño:

$$M_{ux} = 8\,407,40 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{uy} = 6\,745 \text{ kg} - \text{m}$$

$$W_c = 2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

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

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

$$f'_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$W_s = 1\,550,00 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_s = 23\,150 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 23,15 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Las zapatas deben dimensionarse para soportar las cargas de servicio y las reacciones inducidas. Para ello se realizan los siguientes cálculos:

$$\text{Cálculo de carga de trabajo: } P' = \frac{P_u}{F_{cu}} = \frac{38\,402}{1,53} = 25\,099,35 \text{ kg}$$

Cálculo de momentos en X y Y

$$M_x = \frac{M_{ux}}{F_{cux}} = \frac{8\,407,40}{1,53} = 5\,495,03 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_y = \frac{M_{uy}}{F_{cuy}} = \frac{6\,745}{1,53} = 4\,408,50 \text{ kg} - \text{m}$$

Predimensionamiento de zapata

$$Az = \frac{1,5 * P'}{Vs} = \frac{1,5 * 25\ 099,35\ kg}{23\ 150 \frac{kg}{m^2}} = 1,63m^2$$

Dimensionamiento de zapata 1,30 m x 1,30 mts

El área de la zapata es de 1,30m x 1,30m = 1,69m²

Chequeo de presión sobre el suelo:

Para determinar la presión, sobre el suelo se debe considerar la carga de trabajo, el peso del suelo del desplante, el peso de la columna y el peso de la zapata

$$P = P' + P_s + P_{col} + P_{cim}$$

P = integración total de cargas actuantes

P' = carga de trabajo

P_s = peso del suelo del desplante

P_{col} = peso de la columna

P_{cim} = peso del cimiento

$$P' = 25\ 099,35\ kg$$

$$P_s = Az \times \text{desplante} \times \gamma_s = 1,30 \times 1,30 \times 1,0 \times 1\ 550 = 2\ 619,5\ kg$$

$$P_{col} = \text{Área columna} \times \text{altura de columna} \times \gamma_c = 0,30 \times 0,30 \times 4 \times 2\ 400 = 864\ kg$$

$$P_{cim} = Az \times \text{espesor asumido} \times \gamma_c = 1,30 \times 1,30 \times 0,40 \times 2\ 400 = 1\ 622,40\ kg$$

$$P = 30\ 205,25\ kg$$

Se calculan las presiones máximas y mínimas sobre el suelo por debajo de la zapata:

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{Mx}{Sx} \pm \frac{My}{Sy}$$

$$S_{x,y} = \frac{bh^2}{6}$$

$$q_{max} = 44,92 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{min} = -9,19 \text{ ton/m}^2$$

Lo que indica que $q_{max} > Vs$, esto no debe suceder por lo que se aumenta el área de la zapata y $q_{min} < 0$ lo que indica que existe presiones de tensión.

Luego de varias iteraciones aumentando el área de la zapata, tomar un área de 2,00 m x 2,00 m.

Cálculo de presión sobre el suelo

$$P = P' + Ps + Pcol + Pzapata$$

$$P = 25\,099 + (2,0 * 2,0 * 1 * 1\,550) + (0,30 * 0,30 * 3,6 * 2\,400) + (2,0 * 2,0 * 0,35 * 2\,400)$$

$$P = 35\,436,60 \text{ kg}$$

Cálculo de presión del suelo bajo la zapata

$$q = \frac{P}{Az} \pm \frac{Mx}{Sx} \pm \frac{My}{Sy}$$

$$S_{x,y} = \frac{bh^2}{6}$$

$$q_{max/min} = \frac{31\,995}{2,00 * 2,00} \pm \frac{5\,495}{1/6 * 2,0 * 2,0^2} \pm \frac{4\,408,50}{1/6 * 2,0 * 2,0^2} =$$

$$q_{max} = 16\,286,775 \frac{kg}{m^2} < Vs \text{ por lo tanto cumple}$$

$$q_{min} = 1\,431,53 \frac{kg}{m^2} > 0; \text{ cumple solo compresiones}$$

Si no cumpliera estas condiciones, se debe aumentar el área de zapata hasta que realice.

Como se observa en los cálculos anteriores, la presión está distribuida en forma variable. Para efectos de diseño estructural se toma una presión usando el criterio siguiente:

$$q_{diseño} = q * Fcu$$

$$q_{diseño} = 16\,286,775 \frac{kg}{m^2} * 1,53 = 24\,918,77 \frac{kg}{m^2}$$

- Espesor de la zapata: para diseñar el espesor de la zapata, se debe chequear principalmente el corte simple y el corte punzonante, causado por la columna y las cargas actuantes.

Considerando lo anterior se asume un espesor de $t=0,35m$ con recubrimiento de $0,075$.

- Chequeo por corte simple: eje x. Esta falla ocurre a una distancia “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:
 $t=0,35$

$$d = t - \text{recubrimiento} - \frac{\phi}{2} =$$

$d = 0,35 - 0,07 - 0,008 = 0,272$ m (si \emptyset varilla No 5)

$$V_A = Area * q_{diseño U} = W_u * \left(\frac{b}{2} - \frac{x}{2} - d \right) * b$$

$$= 24\,918,77 * \left(\frac{2,0}{2} - \frac{0,30}{2} - 0,272 \right) * 2 = 28\,806,09 \text{ kg}$$

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

$$= 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 200 * 27,72 = 36\,193,26 \text{ kg}$$

Se demuestra que

$$V_A < V_R$$

Por lo que chequea.

- Revisión por corte punzonante: la columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte que se producen en ella, 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.

Si $d = 27,72$ cm

$$V_A = W_u * [b * h - (X + d)(Y + d)]$$

$$V_A = W_u * [b * h - (X + d)(Y + d)]$$

$$= 24\,918,77 * [2,0 * 2,0 - (0,30 + 0,27) * (0,30 + 0,27)] = 91\,578,97 \text{ kg}$$

$$V_R = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * [2 * (X + d) + 2 * (Y + d)] * d$$

$$V_R = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * [2 * (30 + 27) + 2 * (30 + 27)] * 27$$

$$V_R = 80\,377,23 \text{ kg}$$

Como $V_R < V_A$ no chequea, por lo que se procede a incrementar el espesor de la zapata.

Si $t = 0,40$

$d = 31,71$

$$\begin{aligned} V_A &= 249\,18,77 * [2,0 * 2,0 - (0,30 + 0,3171) * (0,30 + 0,3171)] \\ &= 90\,185,70 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_R &= 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * [2 * (30 + 31,71) + 2 * (30 + 31,71)] * 31,71 \\ V_R &= 102\,198,89 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_R > V_A$$

Con $t=0,40\text{m}$ cumple con corte punzonante; las dimensiones de la zapata quedan de $2,0\text{m} \times 2,0\text{m} \times 0,40\text{m}$

- Diseño de refuerzo por flexión: el empuje hacia arriba del suelo produce momento flector en la zapata. Por tal razón, es necesario reforzarle con acero para resistir los esfuerzos inducidos. Se calcula de la siguiente manera:

Se calculará para los sentidos "X" e "Y".

- Sentido "X": para calcular los momentos últimos, se debe considerar a la zapata como una losa en voladizo y su fórmula es:

$$Mu = \frac{qu * L^2}{2}$$

En donde L es la distancia que hay entre el rostro de la columna y un extremo de la zapata.

$$M_u = \frac{24\,918,97 * 0,85^2}{2} = 8\,526,14 \text{ kg} - \text{m}$$

Se procede a calcular el A_s para el momento calculado con la ecuación

$$M = \phi * A_s * f_y * \left[d - \frac{a}{2} \right]; \quad a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b}$$

Resolviendo para A_s se tiene que

$$A_s = 11,65 \text{ cm}^2$$

A_s mínimo se determina por medio de la ecuación

$$A_s \text{ min} = \frac{14,1 l * d}{f_y}$$

Dando como resultado un $A_s \text{ min} = 13,52 \text{ cm}^2$. En este caso el $A_s \text{ min}$ es mayor que el calculado usar el $A_s \text{ min}$.

El siguiente paso es calcular el espaciamiento de la varilla de acero mínimo

$$S = \frac{A_v}{A_s}$$

En donde A_v es el área de la sección de la varilla de acero que se utilizará y A_s es el área de acero calculado. Sustituyendo valores se obtiene la siguiente separación:

$$S = \frac{1,98 * 85}{13,52} = 12,45$$

Colocar varillas núm. 5 a cada a 0,12 en sentido X

En el sentido Y se aplica el procedimiento del sentido X, el armado es:

Colocar núm. 5 a cada 0,12 m

Acero de temperatura

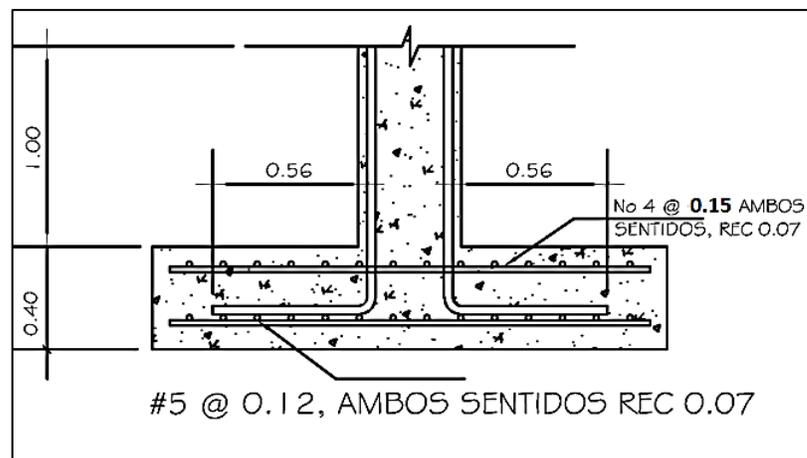
$A_{st} = 0,002 \times l \times t =$

$A_{st} = 0,002 \times (85) \times 40 = 6,8 \text{ cm}^2$

El armado es

Colocar varillas núm. 4 a cada 0,15m

Figura 20. Armado final zapata Z-1



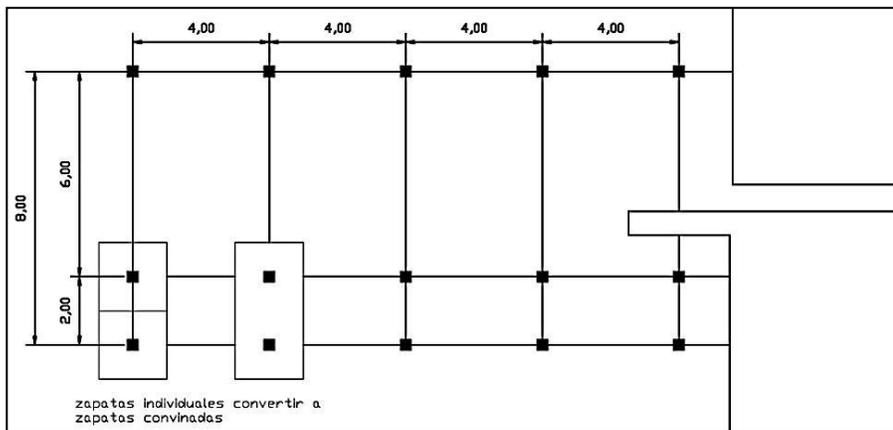
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Zapata combinada

Debido a las condiciones del proyecto es necesario diseñar zapatas combinadas. Esto se traslapan o quedan muy juntas lo que podría ser

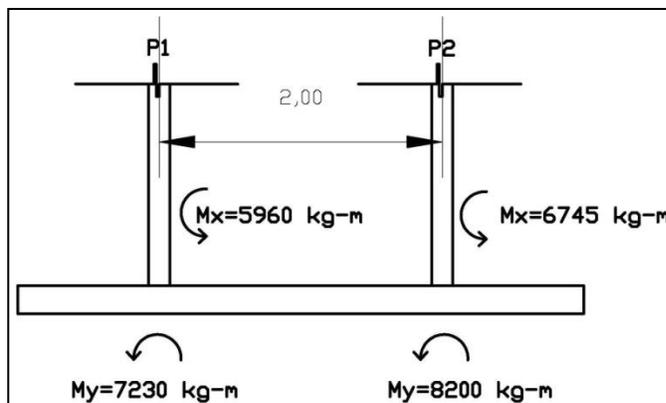
contraproducente. Por el hecho que actúen de forma individual, la presión que produce una afectaría directamente a la otra, con el levantamiento o hundimiento del suelo.

Figura 21. **Convertir las zapatas individuales a zapatas combinadas en área de pasillos**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 22. **Diseño de zapatas combinadas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos:

$$P_c = A_{tributaria} * C_u + P_{viga} * f_{cu}$$

Se tiene que determinar P1 y P2, que es el resultado de integrar todas las cargas que transmiten las columnas a las zapatas. Estas cargas son generadas por losas, vigas y el peso de la columna misma.

Para P1= 15 454,35 kg y para P2 = 38 402 kg

Los datos a considerar importantes son

$$V_s = 23\,150 \text{ kg/m}^3$$

$$F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

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

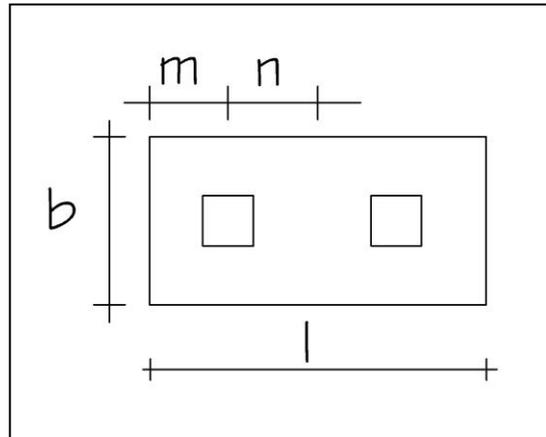
$$\gamma_s = 1,39 \text{ ton/m}^3$$

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

- Longitud de zapata

El cimiento es rectangular y se toma como base la distancia entre columnas:

Figura 23. Dimensiones de zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Asumir $n = 1$ y $m = 1$

La longitud de la zapata es:

$$l = 2(m+n)$$

$$l = 2(1,0 + 1,0) = 4.0 \text{ m}$$

la base de la zapata es:

$$b = \frac{R}{qL}, q=Vs$$

$$R = P1 + P2$$

$$R = 15\,454,35 \text{ kg} + 38\,402 \text{ kg} = 53\,856,35 \text{ kg}$$

$$b = \frac{53\,856,35}{23\,150 \cdot 4} = \mathbf{0,58m}; \text{ tomar } 0,60$$

Chequeo de área de zapatas

Integración de cargas

$$P_{col} = 0,30 \cdot 0,30 \cdot 4 \cdot 2\,400 = 864 \text{ kg}$$

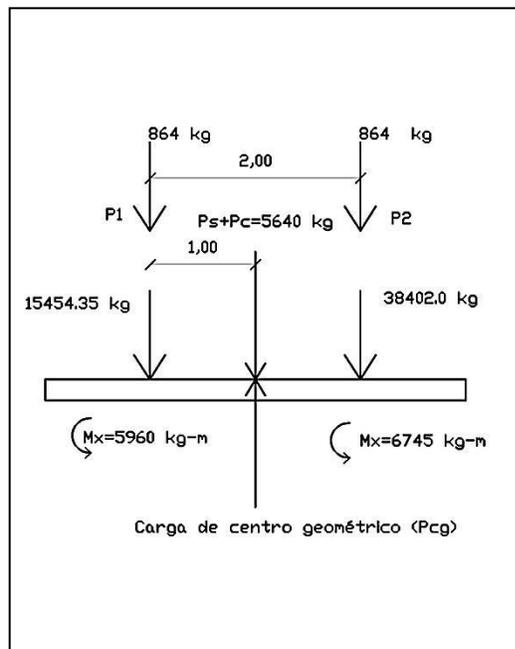
$$P_{suelo} + P_{cimiento} = P_s + P_{cim}$$

$$P_s = A_z * \text{desplante} * \gamma_s = 3\,336 \text{ kg}$$

$$P_{\text{cim}} = A_z * \text{espesor} * \gamma_c = 2\,304 \text{ kg}$$

$$P_{\text{cim}} + P_s = 5\,640 \text{ kg}$$

Figura 24. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cargas equivalentes en centro geométrico

Estas serán:

$$P_{cg} = P_1 + P_2 + 2 * P_{col} + P_s + P_{cim}$$

$$P_{cg} = 61\,224,35 \text{ kg}$$

Haciendo sumatoria de momentos, en el centro geométrico, se tiene

$$M_{cgx} = 23\,733,14 \text{ kg} - m$$

$$M_{cgy} = 970 \text{ kg} - m$$

- Chequeo de presiones sobre el suelo

Estos chequeos están dados por las siguientes ecuaciones:

$$q = \frac{P_{CG}}{Az} \pm \frac{M_{CGx}}{S_x} \pm \frac{M_{CGy}}{S_y}; S = 1/6bh^2$$

$$q = \frac{61\,224,35}{2,40} \pm \frac{23\,733,14}{\frac{1}{6} * 4 * 0,6^2} \pm \frac{970}{\frac{1}{6} * 0,6 * 4^2}$$

$$q_{\max++} = 44\,385,03 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{+-} = 36\,301,69 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{-+} = 14\,718,60 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{--} = 6\,635,27 \text{ kg/m}^2$$

Como $q_{\max++}$ es mayor que V_s entonces se deberá aumentar la base de la zapata.

Tomando una base $b = 1,20$ y $L = 4,0\text{m}$ se tienen los siguientes resultados

$P_{\text{suelo}} = 6\,672 \text{ kg}$

$P_{\text{cim}} = 4\,608 \text{ kg}$

$P_{\text{eq}} = 66\,864 \text{ kg}$

Los momentos en CG_x y CG_y se conservan debido a que la distancia del CG a las columnas no varían.

$M_{cex} = 23\,733,14 \text{ kg}$

$M_{cey} = 970 \text{ kg-m}$

$$q_{\max++} = 22\,357,02 \text{ kg/m}^2$$

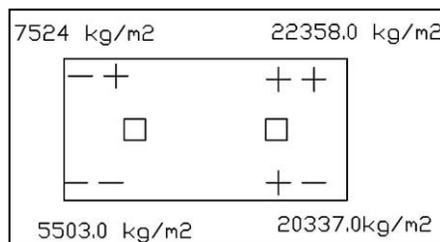
$$q_{+-} = 20\,336,19 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{-+} = 7\,523,81 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{--} = 5\,502,98 \text{ kg/m}^2$$

El $q_{\max ++}$ es menor al Vs.

Figura 25. **Distribución de presiones**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Promedio de presiones en los extremos de la zapata

$$q = \frac{7\,524,0 + 5\,503,0}{2} = 6\,515 \text{ kg/m}^2$$

$$q = \frac{22\,358 + 20\,337}{2} = 21\,348 \text{ kg/m}^2$$

Las presiones sobre el cimiento se deben al suelo (q_s) y cimiento (q_c):

q_s = desplante x peso específico del suelo

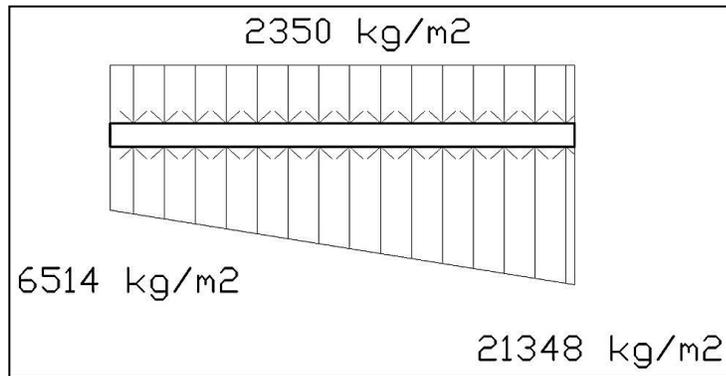
q_{cim} = espesor (t) x peso específico del concreto; se asume t=0,40

$$q_s = 1,0 \text{ m} \times 1\,390 \text{ kg/m}^3$$

$$q_{cim} = 0,40 \text{ m} \times 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

$$q_s + q_{cim} = 2\,350 \text{ kg/m}^2$$

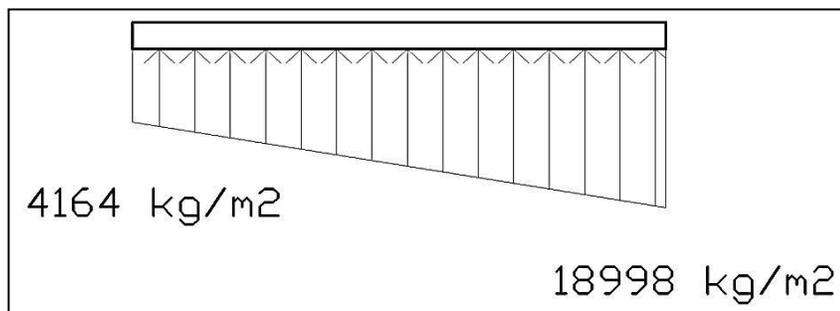
Figura 26. **Diagrama de presiones en cimiento**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Haciendo sumatoria de presiones donde se incluyan las presiones que están sobre la zapata y las que están bajo la zapata, da como resultado el siguiente diagrama.

Figura 27. **Diagrama de cargas distribuidas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Para el diseño de la estructura de la zapata es necesario calcular la presión de diseño última, la cual está dada por:

$$q_{dis u} = F_{cu} * q$$

$$q_{dis u A} = 1,53 * 4 164 = 6 371 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{dis u B} = 1,53 * 18 998 = 29 067 \text{ kg/m}^2$$

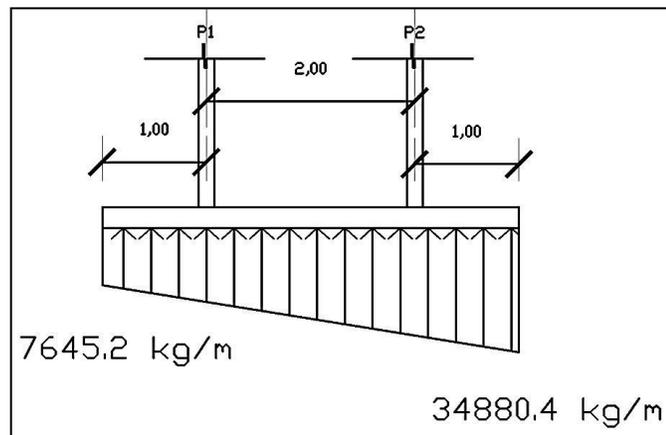
Las presiones ultimas lineales están dadas por

$$w = b * q_{dis u}$$

$$w_A = 1,20\text{m} * 6 371 = 7 645,2 \text{ kg/m}$$

$$w_B = 1,20\text{m} * 29 067 = 34 480,4 \text{ kg/m}$$

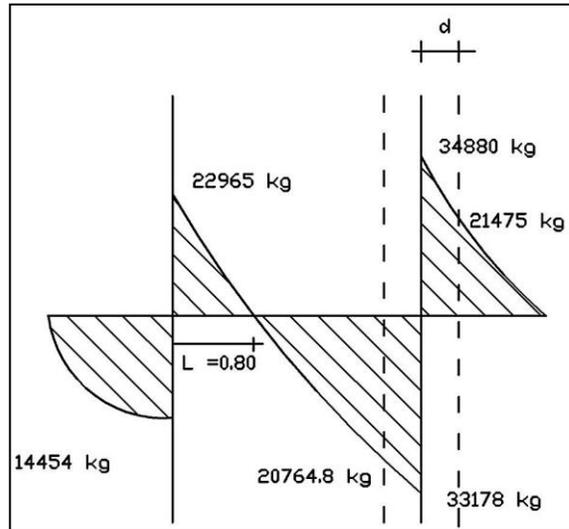
Figura 28. Diagrama de cargas en zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

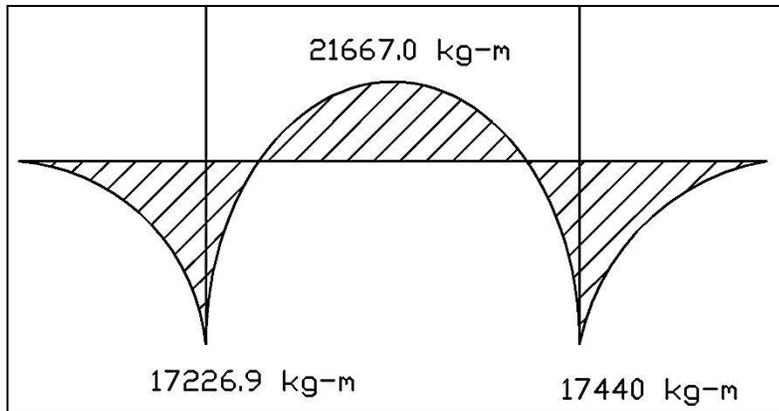
Los resultados del análisis de este diagrama se presentan en los siguientes diagramas:

Figura 29. Diagrama de corte



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 30. Diagrama de momento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

- Diseño estructural de zapatas combinadas

De acuerdo con los datos obtenidos del análisis estructural, se diseña la zapata combinada realizando los siguientes chequeos:

- Chequeo por corte simple
Este actúa a una distancia “d” del rostro de la columna.

Se asume un espesor $t = 0,40\text{m}$,

$$d = t - \text{rec} - \frac{\phi}{2} = 40 - 7,5 - \frac{1,91}{2} = 30,59 \text{ cm}$$

En este caso $d=30,59$, se asume una varilla núm. 6

Se debe calcular el corte que resiste la zapata con estas condiciones asumidas. Este corte está dado por la ecuación siguiente

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

Si $b = 1,20$ entonces el $Vr = 23\,964,32 \text{ kg}$. Como se puede observar el corte resistente es mayor que el corte actuante a una distancia “d” del rostro de la columna como se muestra en la figura 28. Por ello, las dimensiones de la zapata asumidas chequean por corte.

Chequeo por corte punzonante

Si $Pu1 = 38\,402,00 \text{ kg}$

$d = 30,59$, entonces $30 + d = 60,59$

El Corte punzonante viene dado por la ecuación

$$Vr = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * 4 * (c + d) * d$$

$$Vr = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 4 * (60,59) * 30,59$$

$$Vr = 96\,800 \text{ kg}$$

El cálculo del corte punzonante está dado por

$$V_{pz} = P_u - q_c * A_{pz}; \quad A_{pz} = (\text{sección columna} + d)^2$$

$$V_{pz} = 38\,402 - 23\,392,8 * (0,6059)^2$$

$$V_{pz} = 29\,814,16 \text{ kg}$$

por lo que el V_{pz} actuante es menos que el V_{pz} resistente.-

- Diseño por flexión
- Flexión sentido x-x

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{f_y} * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14,1}{2\,810} * 100 * 30,50$$

$$A_{s_{min}} = 15,35 \text{ cm}^2$$

El refuerzo mínimo en sentido X = 1,20m es

$$15,35 \text{ cm}^2 * 1,20 \text{ m} = 18,42 \text{ cm}^2$$

El momento que resiste el $A_{s_{min}}$ es

$$M_R = 0,9 * f_y * A_s * \left[d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * f'_c * b} \right]$$

$$M_R = 0,9 * 2\,810 * 18,42 * \left[30,59 - \frac{18,42 * 2\,810}{1,7 * 210 * 120} \right]$$

$$M_R = 13\,687,26 \text{ kg} - \text{m}$$

Se diseñará para $M_{max +}$ y $M_{max -}$

$M_{max +} = 17\,440 \text{ kg-m}$

$M_{max -} = 21\,667 \text{ kg - m}$

Calcular A_s para momentos máximos del diagrama de la figura 29

$M_{max +} = 17\,440 \text{ kg-m}$; $A_s = 29,94 \text{ cm}^2$, usar núm. 6 @ 0,13, cama inferior

$M_{max -} = 21\,667 \text{ kg - m}$; $A_s = 23,761 \text{ cm}^2$, usar núm. 6 @ 0,10, cama superior

Para el refuerzo transversar colocar $A_s \text{ temp}$

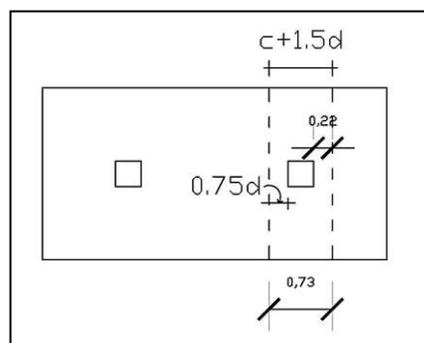
$$A_s \text{ temp} = 0,002 * b * t$$

$$A_s \text{ temp} = 0,002 * 100 * 40 = 8 \text{ cm}^2$$

Usar núm. 4 @0,16

- Diseño de vigas transversales
Se asume un ancho de viga de $c+1,5d$ y se diseña para la columna más crítica.

Figura 31. **Diseño de vigas transversales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$d_{y-y} = d_{x-x} - \frac{\phi_x}{2} - \frac{\phi_y}{2}$$

$$\phi_x = 1,27, \text{ núm 4}$$

$$\phi_y = 1,91, \text{ núm 6}$$

$$d_{y-y} = 30,59 - \frac{1,27}{2} - \frac{1,91}{2}$$

$$d_{y-y} = 29 \text{ cm}$$

El ancho de las vigas transversales de la zapata está dada por la ecuación

$$\text{Ancho Viga} = C + 1,5 d = 30 + 1,5 * 29$$

$$\text{Ancho viga} = 73,5 \text{ cms}$$

La viga se diseñará con la presión uniforme causada por la carga puntual de la columna, la que está dada por:

$$qd = \frac{Pu1}{b * (c + 1,5 d)}$$

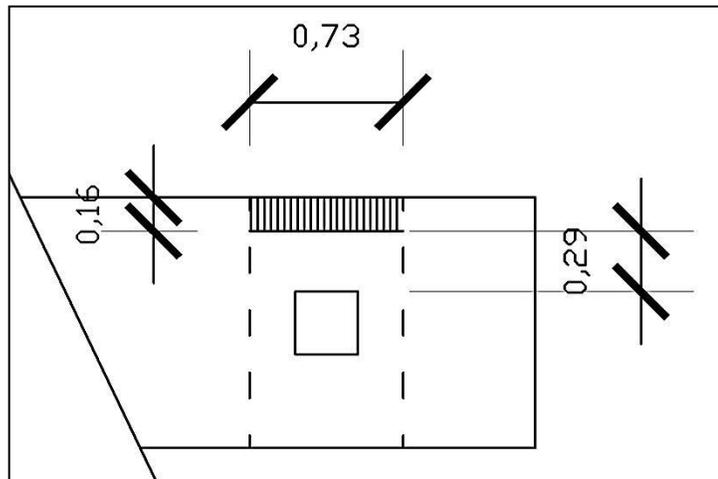
$$qd = \frac{38\ 402}{1,2 * (0,735)} = 43\ 539,68 \text{ kg/m}^2$$

- Chequeo por corte simple para viga transversal

Comparar Vact con Vr

Corte actuante en la viga con la siguiente ecuación:

Figura 32. Corte actuante



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$\begin{aligned} V_{act} &= qd * b' * (c + 1,5d) \\ V_{act} &= 43\,539,68 * 0,16 * (0,735) \\ V_{act} &= 5\,120\,kg \end{aligned}$$

Corte resistente de nuestra estructura con la ecuación

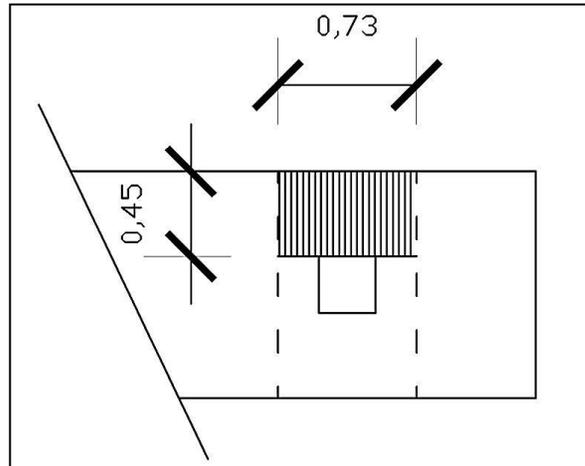
$$\begin{aligned} V_r &= 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'c} * b * d \\ V_r &= 0,85 * 0,53 * \sqrt{210} * 73,5 * 29 \\ V_r &= 13\,915,21\,kg \end{aligned}$$

El V_r es mayor que el V_{act} por lo que si chequea por corte simple.

- Chequeo por flexión

El momento actuante en la viga transversal está dado por

Figura 33. **Chequeo por flexión**



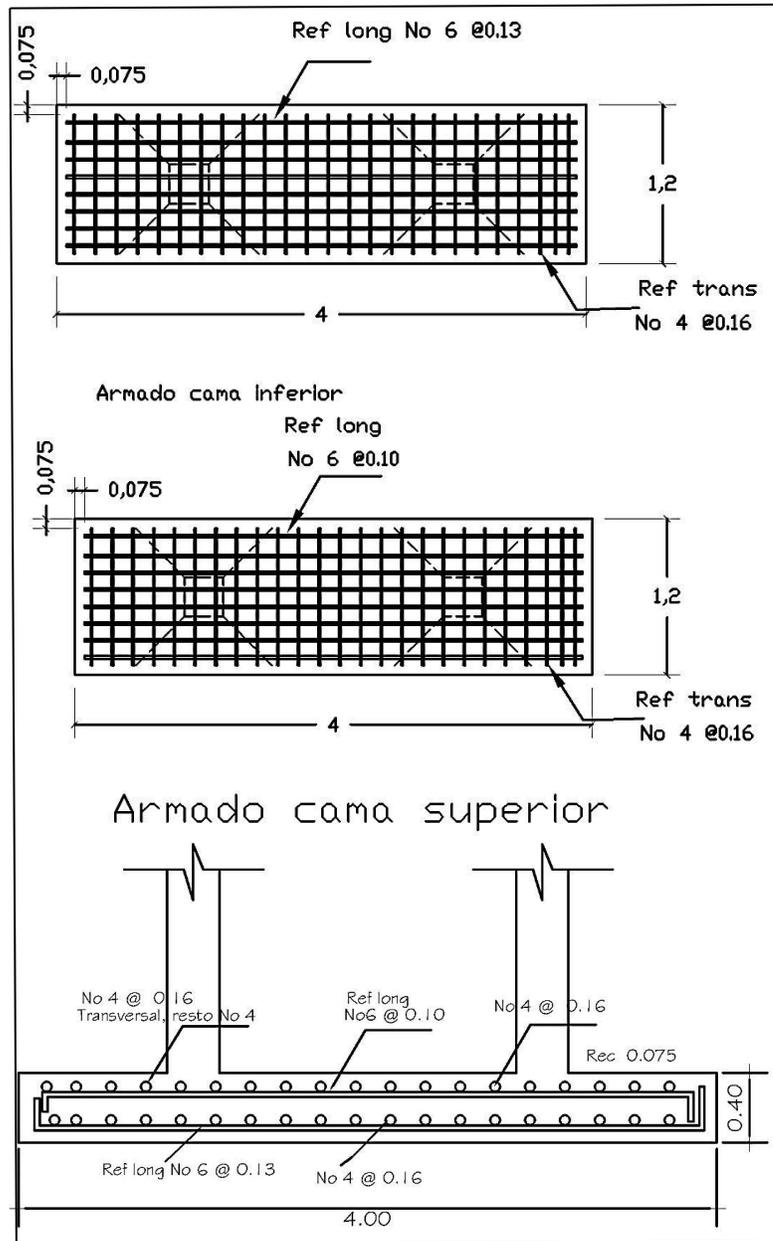
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

$$M_{act} = qd * \frac{b^2}{2}$$
$$M_{act} = 43\,539,68 * \frac{0,45^2}{2}$$
$$M_{act} = 4\,408,39 \text{ kg} - m$$

El As para este momento es de $6,15 \text{ cm}^2$ usar núm. 4 @ 0,16

De acuerdo a los resultados anteriores, se propone el armado de la zapata combinada de la siguiente forma:

Figura 34. Armado final de zapata combinada



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

2.1.4.5. Diseño de gradas

Para el diseño de gradas se siguieron los lineamientos de las especificaciones que indican los reglamentos vigentes. Esto para la construcción de escuelas.

El módulo de gradas se diseñó como una estructura independiente de la del edificio. Esto con el fin de que al momento de que ocurra un sismo, no se vea afectada por las acciones de la estructura completa evitando que colapsen, dando tiempo para que los usuarios del segundo nivel evacuen el edificio. Una escalera debe ser cómoda y segura dependiendo de la relación de los peldaños, es decir, la relación de huella y contrahuella, $C =$ huella y $H =$ contrahuella, se deben cumplir los siguientes criterios.

$$c < 20 \text{ cm}$$

$$H > c$$

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

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

Cargas de diseño para una escalera

$$CM = PP \text{ (escalera)} + PP \text{ (acabados);}$$

$$PP \text{ (escalera)} = Wc = (t + c / 2)$$

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

Número de escalones mínimo

$$h/c_{\max} = 3,2 / 0,18 = 18 \text{ escalones.}$$

Se tomaran 9 contrahuellas antes del descanso

$$\text{Número de huellas} = 9 - 1 = 8 \text{ huellas}$$

Chequeo

$$c = 18 \text{ cm} < 20 \text{ cm}; H = 28 \text{ cm}$$

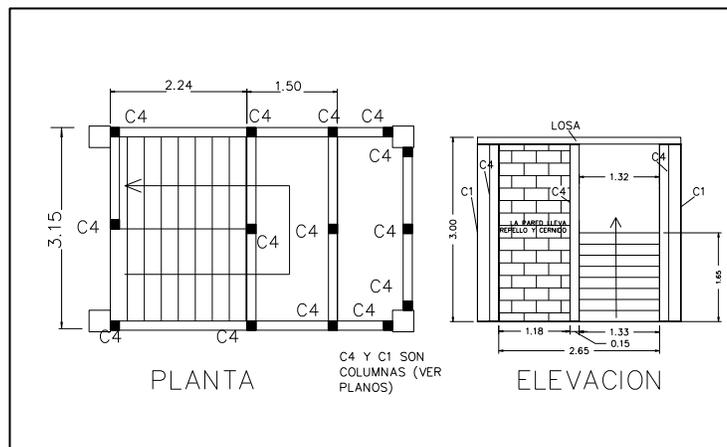
$$2c + H = 2(18) + 28 = 64 \leq 64 \text{ cm}; c + H = 18 + 28 = 46 \text{ cm}$$

$$c \times H = 18 \times 28 = 504$$

Por lo tanto, se tienen 9 contrahuellas de 18 cm y 8 huellas de 28 cm.

Espesor de la losa

Figura 35. Detalle de gradas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Según el ACI 318-08 para una losa en una dirección con un extremo continuo, el espesor es

$$t = l / 24$$

$$t = 2,4 / 24 = 0,10 \text{ m}$$

$$t = 1,5 / 24 = 0,06 \text{ m}$$

Por lo tanto se asume un espesor de

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

Integración de cargas

$$\text{Peso propio de la escalera} = \gamma c^*(t + c/2)$$

$$\text{Peso propio de la escalera} = 2\,400 (0,12 + 0,18/2) = 504,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Acabados} = 80,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Total} = 584,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga viva} = 500,00 \text{ Kg/m}^2$$

$$C_u = 1,4C_M + 1,7C_V = 1,40 (584,00) + 1,70 (500,00) = 1\,667,60 \text{ Kg/m}^2$$

Tomando en cuenta que la longitud de la losa es inclinada se calcula la longitud:

$$\text{Longitud de la losa} = \sqrt{2,4^2 + 1,65^2} = 2,91 \text{ m}$$

Cálculo de los momentos actuantes en la losa:

Se considera el diseño de una losa unidireccional apoyada en los muros, por lo tanto:

$$M(+)=\frac{WL^2}{9}=\frac{1\,667,60*2,9^2}{9}=1\,558,28 \text{ kg-m}$$

$$M(-)=\frac{WL^2}{14}=\frac{1\,667,60*2,9^2}{14}=1\,001,75 \text{ kg-m}$$

Acero mínimo:

$$A_{s\text{mín}} = \rho_{\text{mín}} * b * d$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14,1 / F_y$$

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

$$t = \text{espesor de la losa} = 0,12$$

d = peralte efectivo.

$$d = t - \text{rec min} - \varnothing/2 = 8,056$$

$$A_{s\text{mín}} = (14,1 / 2\,810) * 100 * 8,056 = 4,04 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * b * d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0,85 * \emptyset * f'c * b * d^2}} \right]$$

$$A_s (M-) = \frac{0,85 * 210 * 100 * 8,056}{2810} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1001,75 * 100}{0,85 * 0,9 * 210 * 100 * 8,056^2}} \right]$$

$$A_s = 5,17 \text{ cm}^2$$

Separación para Asmín con varillas núm. 4

$$5,17 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,27 * 100 / 5,17 = 24,56 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{0,85 * f'c * b * d}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0,85 * \emptyset * f'c * b * d^2}} \right]$$

$$A_s (M+) = \frac{0,85 * 210 * 100 * 8,056}{2810} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1558,28 * 100}{0,85 * 0,9 * 210 * 100 * 8,056^2}} \right]$$

$$A_s = 8,32 \text{ cm}^2$$

Separación para Asmín con varillas núm. 4

$$8,32 \text{ cm}^2 \rightarrow 100 \text{ cm}$$

$$1,27 \text{ cm}^2 \rightarrow S$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = 1,27 * 100 / 8,32 = 15,26 \text{ cm}$$

Se escoge una separación de 15 cm.

Para el refuerzo transversal, se utiliza refuerzo por temperatura

Acero por temperatura = $A_s = 0,002 * b * t = 0,002 (100)*(12) = 2,40 \text{ cm}^2$

$S_{\text{máx}} = 2 * t = 2 * 12 = 24 \text{ cm}$; varilla núm. 3 @ 0,20 m.

2.1.5. Instalaciones eléctricas

La instalación eléctrica para iluminación cuenta con dos circuitos en el primer nivel y dos en el segundo. Cada circuito tiene un máximo de doce unidades (lámparas 2x80 tipo industrial). La instalación eléctrica de fuerza cuenta con dos circuitos en el primer nivel y dos en el segundo, con un máximo de diez unidades por circuito.

La instalación eléctrica se diseñó según normas de la Empresa Eléctrica de Guatemala (EEGSA).

- Acometida: es el elemento que se utiliza para conducir la electricidad desde las líneas de distribución de la empresa eléctrica. La acometida está compuesta por poste de distribución, poste de acometida, contador o medidor, caja socket para contador y tablero de distribución.

Se colocará un tablero principal con tierra física utilizando una varilla de cobre 8 pies y de $\frac{1}{2}$ " de diámetro.

- Diseño de circuitos: los circuitos de iluminación y tomacorrientes se protegen con un flipón de 15 y 30 amperios por cada 8 unidades.

Tabla XV. **Consumo total para primer y segundo nivel**

Primer nivel

descripción	cantidad	consumo (watt)	total consumo (watt)
lámpara	40	160	6 400
tomacorrientes	23	300	6 900
Consumo total primer nivel (watts)			13 300

Segundo nivel

descripción	cantidad	consumo (watt)	total consumo (watt)
lámpara	40	160	6 400
tomacorrientes	29	300	8 700
Consumo total primer nivel (watt)			15 100

Fuente: elaboración propia.

Total de consumo

Primer nivel + segundo nivel = 28 400 watt

Iluminación:

Primer nivel: 40 unidades

Segundo nivel : 40 unidades

Total : 80 unidades

Por lo que se tienen 10 circuitos de 8 unidades.

Conductores:

Iluminación:

Para un circuito el consumo total es:

80 watts x 8 unidades = 640 watt, la corriente para este circuito es:

$$I_{Alumbrado} = \frac{P}{V} = \frac{640 \text{ w}}{120 \text{ V}} = 3,29 \text{ Amperios}$$

Tabla XVI. **Cuadro de corriente y potencia**

Calibre AWG	Corriente Soportada	Watts soportados 127V
18	10 Amperes	1 270
16	11 Amperes	1 651
14	12 Amperes	2 286
12	13 Amperes	3 175
10	14 Amperes	3 810
8	15 Amperes	5 080

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla de corriente y potencia, se podría utilizar un conductor calibre AWG 18, pero por norma utilizar el conductor AWG calibre 12. Este soporte una corriente de 13 amperes.

- Fuerza: para un circuito se debe considerar el uso simultáneo de los tomacorrientes.

$$300 \text{ watt} \times 8 \text{ unidades} = 2\,400 \text{ watt}$$

$$I_{\text{fuerza}} = \frac{P}{V} = \frac{2\,400 \text{ w}}{120 \text{ V}} = 20 \text{ Amperios}$$

Utilizar conductor calibre AWG 12 que soporta corriente hasta 25 amperios.

2.1.6. Instalaciones hidráulicas

- Agua potable

Para satisfacer las necesidades de abastecimiento de agua potable se tomó en consideración que el servicio de agua potable será continuo. Esto durante 12 horas del día.

La dotación mínima aceptable en conexiones intradomiciliares, con opción a varios grifos por vivienda, es de 170 litros/persona/día, esto según la *Guía de abastecimientos de agua potable a zonas rurales del Instituto de Fomento Municipal*.

- Son aceptables redes de distribución diseñados por circuito cerrado.
- Instalar válvulas de control que permitan aislar tramos de tubería para mantenimientos, sin interrumpir el servicio en todo el edificio.
- La tubería de agua potable debe quedar a nivel superior de la tubería de drenaje y lo más separadas posible.
- De presentar ineficiencias de servicio de agua potable por presión o abastecimiento, se deberá instalarse un sistema de apoyo para solventarlo, siendo estos tanques elevados o con sistema hidroneumático.

Para el diseño del sistema de agua potable se utilizará el método Hunter. Este indica que se deben tomar en cuenta los pesos o demandas de agua de los artefactos a ser usados en el proyecto. Se diseñó un solo circuito.

Se debe determinar el caudal necesario para luego encontrar el diámetro del ramal de alimentación. El caudal está dado por:

$$Q = 0,30 \sqrt{\sum P}$$

Tabla XVII. **Demanda de accesorios para método de Hunter**

Accesorio	Pesos
Inodoro con caja de descarga	0,3
Inodoro con fluxómetro	40
Tina de baño	1
Bebedero	0,1
Bidet	0,1
Regadera	0,5
Lavado	0,5
Lavadora de Ropa	1
Mingitorio Autoaspirante	2,8
Migitorio	0,3

Fuente: ENRIQUE HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias residenciales y comerciales*. p. 126.

Tabla XVIII. **Demanda de accesorios para la escuela Barrio La Cruz I**

Accesorio	Cantidad	Pesos	Total
Inodoro con caja de descarga	22	0,3	6,6
Migitorio	6	0,3	1,8
Bebedero	12	0,1	1,2
Pila	1	0,5	0,5
Total			10,1

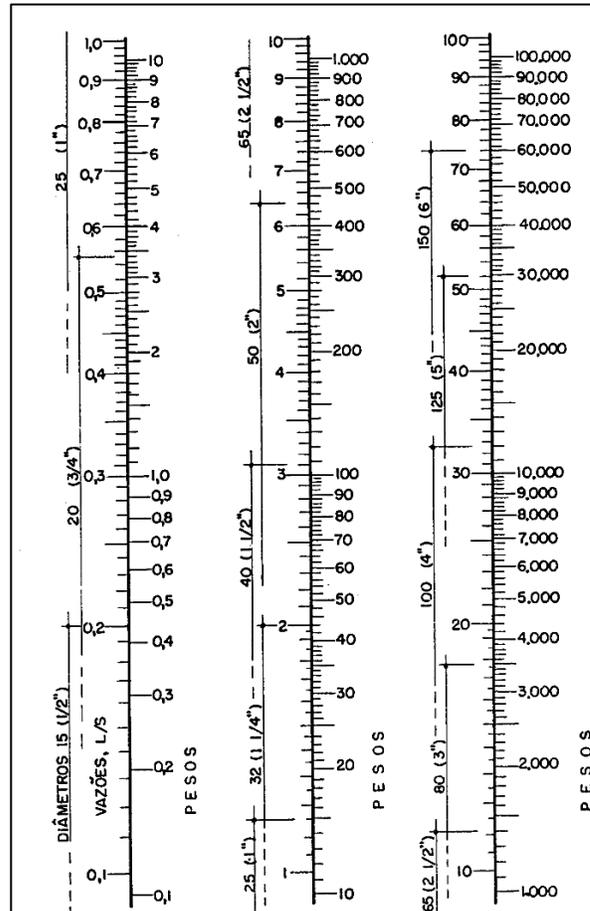
Fuente: elaboración propia.

$$Q = 0,30\sqrt{10,1} = 0,953$$

Con $Q=0,953$ se procede a buscar el dato en el ábaco que se presenta a continuación.

El ábaco muestra el gasto o caudal en la parte izquierda del eje y en la parte derecha se presenta el peso. En la parte izquierda indica que el ramal de alimentación debe ser de 1" de diámetro. Para la tubería de los subramales que alimentan los accesorios deberán ser de 3/4" de diámetro y las conexiones a los accesorios deberán ser de 1/2" como mínimo. La tubería debe cumplir con las normas que regulan la calidad y eficiencia de la misma ASTM D2241 y accesorios serán cédula 40 y cumplir con las Norma ASTM D2466.

Figura 36. **Nomograma para el cálculo de tuberías de agua fría**



Fuente: ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales. Ábaco 1.* p. 128.

- Drenajes: los requisitos mínimos para que el sistema de drenaje pueda cumplir con su función de evacuar los desechos sólidos de la edificación hacia la red municipal, son los siguientes:
 - Deberá dotarse de un sistema separativo de drenajes, que garantice la correcta evacuación y disposición de las aguas negras y pluviales.

- Evacuar las aguas residuales provenientes de sanitarios, cocinas y otros, debiendo diseñarse de acuerdo con los siguientes parámetros.

Tabla XIX. **Diámetros mínimos de tubería por accesorio sanitario**

Artefacto	Diámetro Mínimo en plg.
Inodoro	3
Lavamanos	1,5
Mingitorio	1,5
Pila	2
Reposadera de piso	1,5

Fuente: elaboración propia.

La tubería enterrada debe de tener una pendiente mínima de 2 % y una máxima de 6 %.

Tabla XX. **Unidades de descarga y diámetro mínimo en derivaciones simples y sifones de descarga**

Tipo de mueble o aparato	Unidades de descarga			Diámetro min del sifón y derivacion		
	Clase			clase		
	1ra	2da	3ra	1a	2da	3ra
Lavado	1	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Inodoro	4	5	6	3	3	3
Tina	3	4	4	1 1/4	2	2
Bidet	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Cuarto de baño completo	7	0	0	3	3	3
Regadera	2	3	3	1 1/4	2	2
Urinarios suspendidos	2	2	2	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Urinario vertical	0	4	4	0	2	2
Fregadero de viviendas	3	0	0	1 1/4	0	0
Fregadero de restaurante	0	8	8	0	3	3
Lavadero (ropa)	3	3	0	1 1/4	1 1/4	0
Vertedero	0	8	8	4	4	0
Bebedero	1	1	1	1 1/4	1 1/4	1 1/4
Lavaplatos de casa	2	0	0	1 1/2	0	0
Lavaplatos comercial	0	4	0	0	0	2

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 71.

Con la tabla anterior se le asigna un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada aparato sanitario. Esto depende de la clase de instalación, en este caso es una instalación de primera clase, quedando de la siguiente manera:

Tabla XXI. **Cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje**

Tipo de mueble o aparato	Número de unidades mueble (um)	Diámetro (plg)
lavamanos	1	1 1/4
Inodoro con tanque	4	3
Lavadero de cocina	3	1 1/4
Drenaje de piso	3	3
Pila	3	2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Caudal base de los artefactos sanitarios**

Designación de los aparatos	Caudal base l/s
Bidé, Lavapies	0,5
Lavado	$\frac{3}{4}$
Fregadero, Lavadero	0,75
Ducha	0,5
Bañera	1,5
Urinario	1
Inodoro no sifónico	1,5
Inodoro sifónico	2

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*.

p. 73.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se determina utilizar un diámetro de 3" para todas las derivaciones simples.

Tabla XXIII. **Dimensiones para circuitos horizontales de ventilación**

Diámetro del circuito				
1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Máxima longitud horizontal en pies				
20				
15	40			
10	30			
	20	40	100	
		40	100	
		16	80	
	7	20	52	200
	6	18	50	180
		14	36	140

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 68.

Tabla XXIV. **Diámetros y longitudes para circuitos verticales de ventilación**

Diámetro de desagüe vertical (plg)	Máximo de unidades	Diámetro de tubería requerida						
		1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"
		Máxima longitud horizontal en pies						
2	12	3	75	20				
2	20	2	50	15				
2 1/2	42		30	10	30			
3	10		30	10	20	60		
3	30			60	20	50		
3	6			50	80	40		
4	100			35	10	25	100	
4	200			30	90	25	900	
4	500			20	70	18	700	
5	200				35	80	350	100

Fuente: RODRIGUEZ SOZA, Luis Carlos. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 69.

Se calcula el número de UM por cada nivel del proyecto, con la tabla de cálculo del diámetro de las derivaciones simples para drenaje. De acuerdo con la tabla siguiente se estima un caudal por aparato y por nivel de la siguiente forma:

Tabla XXV. **Cálculo de caudal en derivaciones**

artefacto	cantidad	unidad mueble (um)	Total unidad mueble	caudal base (l/s)	Total de caudal (l/s)
Lavamanos	6	1	6	0,75	4,5
Inodoros con tanque	11	4	44	0,5	22
pila	1	3	3	0,75	2,25
migitorios	3	3	9	0,75	6,75
Total			62	2,75	35,5

Fuente: elaboración propia.

Según las unidades Hunter mostrados en la tabla anterior, la tubería que recibirá los afluentes de los ramales será de 4”.

Tabla XXVI. **Dimensiones de ramales para drenaje**

Diámetro nominal	Máximo de unidades Hunter
1"	1
1 1/2"	3
2"	6
3"	20
4"	160
6"	620

Fuente: ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias residenciales y comerciales*. p. 241.

- Determinado diámetro de la tubería de drenaje pluvial

Datos:

Pendiente = 2"

Área tributaria = 335 mts²

Tiempo para tramo inicial= 12 min

Pvc = 3"

Coefficiente de rugosidad de pvc; n = 0,010

Coefficiente de escorrentía para superficie de concreto c=0,90

Intensidad de lluvia = 122,91 mm/h

- Caudal de diseño:

$$q_{dis} = \frac{C * I * A}{360} = \frac{0,90 * 122,91 * 0,0335}{360} = 0,0168 \frac{m^3}{s} = 16,82 \frac{l}{s}$$

- Velocidad de flujo de sección llena:

$$V = \frac{0,03429 * D^{2/3} * S^{1/2}}{n} = \frac{0,03429 * 8^{2/3} * 0,02^{1/2}}{0,01} = 1,94 m/s$$

- Área de sección de tubería:

$$A = 5,067E^{-4} * D^2 = 5,067E^{-4} * 8^2 = 0,0324 m^2$$

- Caudal de sección llena:

$$Q = A * V = 0,0324 * 1,94 = 0,0621 \frac{m^3}{s} = 62,8 l/s$$

Como $q_{dis} < Q$ el diámetro de la tubería para la conexión al sistema municipal es correcto, para los ramales se utilizó el mismo procedimiento.

2.1.7. Elaboración de planos constructivos

Se elaboraron los siguientes planos:

- Planta amueblada
- Planta acotada
- Planta de cimentación y columnas
- Planta de losas y detalles de vigas
- Corte de muros y detalles estructurales
- Planta de acabados
- Planta instalación hidráulica y de drenajes
- Planta de instalación eléctrica fuerza
- Planta de instalación eléctrica iluminación
- Fachadas y secciones

2.1.8. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró con base en precios unitarios, aplicando un 30 % de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades. Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región y la mano de obra se calculó de acuerdo a los renglones establecidos por la Municipalidad.

Tabla XXVII. Presupuesto de edificio escolar

Construcción de Edificio Escolar del Barrio La Cruz 1 del Municipio de Purulhá del Departamento de Baja Verapaz				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo por Renglón
Preliminares				
Trazo y Estaqueado	ml	176	Q23,25	Q4 092,00
Excavación	m ³	485,13	Q70,00	Q33 959,10
Relleno	m ³	299,41	Q40,00	Q11 976,40
Total				Q50 027,50
Cimentación				
cimiento corrido	ml	176	Q135,72	Q23 886,72
Z1	U	11	Q3 173,42	Q34 907,62
Z2	U	11	Q5 315,39	Q58 469,29
Total				Q117 263,63
Levantados				
Muro de block	m ²	525,95	Q455,43	Q239 533,41
Solera de humedad	ml	176	Q250,00	Q44 000,00
Solera intermedia	ml	176	Q250,00	Q44 000,00
Solera final	ml	176	Q250,00	Q44 000,00
Total				Q371 533,41
Columnas				
Columna C-1	ml	149,16	Q325,00	Q48 477,00
Columna C-2	ml	251,41	Q215,00	Q54 053,15
Total				Q102 530,15
Vigas				
Vigas V-1	ml	66	Q272,50	Q17 985,00
Vigas V-2	ml	22	Q223,75	Q4 922,50
Vigas V-3	ml	66	Q278,50	Q18 381,00
Vigas V-4	ml	22	Q223,75	Q4 922,50
Vigas V-5	ml	120	Q251,00	Q30 120,00
Vigas V-6	ml	120	Q247,00	Q29 640,00
Total				Q105 971,00
Losas				
Entrepiso		320	312,75	Q247,00
Terraza		320	215,45	Q247,00
Total				Q130 465,40
Acabados				
Repello + cernido	m ²	1 233,34	Q125,00	Q154 167,50
Piso de granito	m ²	640	Q225,00	Q144 000,00
Total				Q298 167,50
Puertas				
Puerta metal 1.0 x 2.10	U	11	Q1 500,00	Q16 500,00
Puerta metal 0.7 x 2.10	U	2	Q1 000,00	Q2 000,00
Total				Q18 500,00
Ventanas				
Marco de metal más vidrio	m ²	215	Q743,00	Q159 745,00
Barandas en pasillos	ml	60	Q650,00	Q39 000,00
Total				Q198 745,00

Continuación de la tabla XXVII.

Instalaciones eléctricas, hidráulica y sanitaria				
Red de agua potable	global	1	Q9 320,00	Q9 320,00
Red de drenajes de aguas negras	global	1	Q9 734,76	Q9 734,76
Bajantes de aguas pluviales	global	1	Q2 345,78	Q2 345,78
Instalaciones eléctricas	global	1	Q72 487,46	Q72 487,46
Total			Q93 888,00	
Artefactos sanitarios				
Inodoro	U	11	Q1 200,00	Q13 200,00
Lavamanos	U	6	Q1 000,00	Q6 000,00
mingitorio colectivo	ml	3	Q162,50	Q487,50
Total			Q19 687,50	
Módulo de gradas				
Módulo de gradas	global	1	Q65 245,87	Q75 245,34
Total			Q75 245,34	
COSTO TOTAL DEL PROYECTO			Q1 582 024,43	

Fuente: elaboración propia.

2.1.9. Evaluación de impacto ambiental

La evaluación del riesgo de impacto ambiental puede definirse como el procedimiento técnico-administrativo que sirve para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en un entorno en caso de ser ejecutado, todo ello con el fin de que la administración competente pueda aceptarlo, rechazarlo o modificarlo.

Dentro de las actividades industriales, la construcción es la mayor consumidora, junto con la industria asociada, de recursos naturales y una de las principales causantes de la contaminación atmosférica.

El impacto de las edificaciones, que ocupan cada vez más una mayor parte del territorio, crea un ambiente físico hostil para el desarrollo cotidiano de las actividades de los ciudadanos. En cuanto a los residuos sólidos urbanos, el

mayor volumen no se genera en el período de la construcción de las edificaciones, sino en su utilización diaria durante su vida útil.

Se llevarán a cabo los siguientes métodos de mitigación de riesgos

- Diseñar tratando de adecuarse al entorno existente.
- En el momento de iniciar la construcción, señalar el área.
- Repoblar con árboles nativos de la región, las áreas libres.
- Restringir uso de maquinaria pesada a horas diurnas.
- Utilizar rutas alternas al centro de la población.
- Enterrar las bolsas (envases de cemento y cal) en vez de quemarlas.
- Fundir y trasladar materiales de construcción en días no festivos o días de plaza.
- Después de cada jornada de trabajo, limpiar el área (recoger: estacas de madera, tablas con clavos, restos de mezcla y pedazos de hierro).
- Cuando sea posible, limitar el mover tierra solo durante la estación seca.
- Compactar la tierra removida.
- Establecer letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores.

- Garantizar uso de equipo adecuado de trabajo: (guantes, botas, mascarillas y cascos).
- Incluir botiquín de primeros auxilios.

2.2. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio El Calvario

A continuación se explicará el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable.

2.2.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable conducida con tubería de PVC por gravedad.

El tanque de distribución se ubicará en la cota más alta de la comunidad, las paredes serán de concreto ciclópeo y el techo de concreto reforzado.

Con el proyecto se pretende beneficiar a 1 195 familias. El sistema a utilizar será por ramales abiertos.

La dotación a utilizar será de 150 l/día y el período de diseño será de 20 años. La fuente del proyecto es de brote definido en ladera, por ello, construirán captaciones típicas consistentes en tanque de almacenamiento, válvulas, desagües, rebalse y caja de inspección con tapa sanitaria.

2.2.2. Localización de fuentes de abastecimiento y aforos

La fuente se localiza a 3 kms al nor-este del barrio El Calvario, en la finca el Jute es de tipo superficial de brote definido. El nacimiento se llama Los Chorros. El aforo de la fuente se hizo en el mes de junio del 2010 y dio como resultado 6,2 l/s.

2.2.3. Calidad del agua

Agua potable es aquella que en su estado natural, o después de un tratamiento adecuado, es apta para el consumo humano y no produce ningún efecto perjudicial para la salud. Es limpia, transparente, sin olores o sabores desagradables y está libre de contaminantes.

Hay que tener en cuenta que el agua potable nunca es totalmente pura. Esto tanto en mayor o menor grado contiene sustancias disueltas que son beneficiosas para el organismo. Un agua absolutamente pura no sería agradable de beber.

Las aguas destinadas al consumo público, deberán ser sometidas a una serie de operaciones de tratamiento. Para eliminar los agentes patógenos y reducir los demás contaminantes a niveles insignificantes, no perjudiciales para la salud. Por tanto, al estimar la calidad del agua se deben tener en cuenta diferentes condiciones como son la protección de las fuentes, la eficiencia y la fiabilidad del tratamiento y la protección de la red de distribución.

2.2.3.1. Análisis físicoquímico sanitario

Los análisis de agua son exámenes de muestras que se realizan en laboratorios de química y microbiología. Esto con el fin de definir la cantidad de microorganismos patógenos o sustancias tóxicas que no alteran el color, olor o sabor del agua y que son dañinos para el ser humano.

Este análisis determina las características físicas del agua tales como: el aspecto, el color, el olor, el sabor, PH y dureza. Específicamente para este proyecto, desde el punto de vista físicoquímico, el agua es apta para consumo humano.

Los resultados de Laboratorio Análisis Físico Químico Sanitario se muestran en los anexos 8 y 9.

2.2.3.2. Análisis bacteriológicos

El examen bacteriológico se hace con el fin de establecer la cantidad de contaminación del agua con organismos patógenos, porque son bacterias que producen enfermedades gastrointestinales y respiratorias. Este examen se apoya en métodos estadísticos, los cuales determinan el número más probable de bacterias presentes. Dicho examen es útil como control de calidad, para verificar de alguna eventual contaminación.

Según los resultados de los exámenes de calidad de agua, que se presentan en el cuadro del anexo 8, desde el punto bacteriológico el agua es potable. Para darle mayor seguridad se hace necesaria una desinfección con hipoclorito de sodio para aprovechar los efectos residuales del cloro.

2.2.4. Levantamiento topográfico

Sirve para definir la línea de conducción y red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua potable. Este permite también encontrar los puntos de ubicación de las diferentes obras de arte que componen el acueducto. Los levantamientos topográficos para acueductos contienen las dos acciones principales de la topografía, los cuales son: planimetría y altimetría.

El tamaño y tipo del proyecto, los habitantes que van a ser beneficiados, las características del terreno, los aparatos a emplear y los errores permisibles, son los factores que determinan el tipo de levantamiento a realizar. Los tipos de levantamientos son: de primer, segundo y de tercer orden.

El levantamiento topográfico que se utilizó en este proyecto fue de segundo orden. Utilizando como equipo: un teodolito Wild T-16, dos plomadas, una cinta métrica con longitud de 50 m, una estadia de acero inoxidable de 3 m, una almadana, machetes. La Municipalidad colaboró con personal de la comunidad como apoyo.

El método de levantamiento para planimetría fue el de conservación del azimut y para altimetría fue el de taquimetría.

2.2.5. Criterios de diseño

Se refiere a parámetros que se utilizan para diseñar, a continuación se presentan:

2.2.5.1. Período de diseño

El período de diseño es el tiempo durante el cual la obra construida dará un servicio satisfactorio a la población que la utiliza. Para determinar el período de diseño se deben tomar en cuenta la vida útil de los materiales, los costos, la población de diseño, y otros. Según normas de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (Unepar), se recomiendan los siguientes períodos de diseño.

Tabla XXVIII. Período de diseño

TIPO DE ESTRUCTURA	PERÍODO DE DISEÑO
Obras civiles	20 años
Equipo mecánico	De 5 a 10 años

Fuente: elaboración propia.

En el caso del presente proyecto se adoptó un período de diseño de 20 años.

2.2.5.2. Tasa de crecimiento poblacional

Las proyecciones de la población son pronósticos que se hacen con base en datos estadísticos de censos poblacionales, que se hayan realizado en el pasado. Para realizarlas, existen diversos métodos, dentro de los que se pueden citar:

- Aquellas que se basan en tasas relativas de crecimiento pasado.
- Pronósticos basados en tendencias de distribución geográfica de la población nacional.

- Proyección aritmética.
- Proyección geométrica.
- Proyección exponencial.

Para el diseño del presente proyecto se aplicó el método geométrico, por ser el modelo que mejor se adapta al crecimiento de países en vías de desarrollo. La tasa de crecimiento que se tomó es de 3,81 %, dato tomado del Instituto Nacional de Estadística (INE), para el área rural de Purulhá, Baja Verapaz. La población actual es de 1 215 habitantes.

2.2.6. Estimación de la población de diseño

La fórmula viene dada por:

$$Pf = Pa (1 + i)^n$$

Donde

Pf = población futura

Pa = población actual

I = tasa de crecimiento

n = período de diseño (en años)

Sustituyendo datos en la fórmula anterior se tiene:

$$Pf = 1\ 215 (1 + 0,0381)^{20}$$

$$Pf = 2\ 567 \text{ habitantes}$$

2.2.6.1. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usurario. Se expresa en litros por habitante día.

Se debe tener en consideración para el cálculo de la dotación factores como clima, nivel de vida, actividades productivas, abastecimiento privada, servicios comunales o públicos. Así como factibilidad de drenaje, calidad del agua, medición, administración del sistema y presiones del mismo.

En la estimación de la dotación se tomarán en cuenta estudios de demanda para la población o de poblaciones similares, si los hubiere. A falta de estos se evaluará de acuerdo al tipo de servicio a elaborar. Para los servicios de conexión intradomiciliares, con opción a varios grifos por vivienda, la dotación es de 90 – 170 l/hab/día, según el Infom. Se adoptó 150 l/hab/día.

2.2.6.2. Factores de consumo

Los caudales de diseño son los consumos mínimos de agua requeridos por la población que se va a abastecer en un sistema de agua potable. Los caudales que se utilizan son los siguientes:

- Caudal medio diario
- Caudal máximo diario
- Caudal máximo horario

2.2.7. Determinación de caudales

A continuación se explicará la determinación de caudales.

2.2.7.1. Caudal medio diario

Es la cantidad de agua consumida por la población, durante un día, la cual se obtiene como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se tienen registros de consumos diarios se puede calcular el caudal medio diario como el resultado de multiplicar la dotación por el número de habitantes proyectados, hasta el final del período de diseño.

$$\text{Fórmula utilizada: } Q_m = (\text{dotación} \times \text{población futura}) / 86,400$$
$$Q_m = (150 \times 2\,567) / 86\,400 = 4,45 \text{ l/seg}$$

2.2.7.2. Caudal máximo diario

Es el caudal que se utiliza para diseñar la línea de conducción del proyecto. Se define como el máximo consumo de agua durante 24 horas, observando en el período de un año. Cuando no se tienen datos de consumos diarios, el caudal máximo diario se obtiene incrementando de 20 a 80 % el caudal medio diario. Este factor de incremento depende del tamaño de la población y la capacidad de la fuente, y se denomina Factor de día máximo. Para este proyecto se tomó un factor de 1.3.

$$\text{Fórmula utilizada: } Q_{md} = \text{factor de día máximo} \times Q_m$$
$$Q_{md} = (1,3 \times 4,45) = 5,79 \text{ l/seg}$$
$$Q \text{ aforo} = 6,2 \text{ l/seg} > Q \text{ de conducción} = 5,79 \text{ l/seg}$$

2.2.7.3. Caudal máximo horario

Se utiliza para diseñar la red de distribución. Se define como el máximo consumo de agua observado durante una hora del día. Se determina

multiplicando el consumo medio diario por un factor que varía de 1,8 a 2; este factor está en función del tamaño de la población y se denomina factor de hora máxima. Para este proyecto se tomó un factor de 2,0.

Fórmula utilizada: $Q_{mh} = \text{factor de hora máxima} \times Q_m$

$$Q_{mh} = (2,0 \times 4,45) = 8,90 \text{ litros / segundo}$$

2.2.8. Parámetros de diseño

A continuación, en la tabla XXIX. Se explicarán los parámetros de diseño.

Tabla XXIX. Parámetros de diseño

Tipo de fuente	brote superficial
Tipo de sistema	gravedad
Tipo de distribución	abiertos
Dotación	150 l/día
Tasa de crecimiento	3,81 %
Período de diseño	20 años
Viviendas actuales	250
Población actual	1 215
Población futura	2 567
Conexiones domiciliarias	250
Tubería promedio por conexión domiciliar	20 m
Caudal medio	4,45 l/seg
Caudal máximo diario	5,79 l/seg
Caudal máximo horario	8,90 l/seg
Factor día máximo	1,3
Factor hora máximo	2,0
Constante de fricción de PVC	150

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Diseño de los componentes del sistema

A continuación se explicara el diseño de los componentes del diseño.

2.2.9.1. Captación

Es una estructura que tiene como fin de coleccionar el agua de las fuentes asegurar, bajo cualquier condición de flujo y durante todo el año, la captación del caudal previsto, el tipo de obra que se utilice está en función de las características de la fuente, y según el tipo de esta, se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Fuente de ladera concentrada: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento horizontal del agua en uno o varios puntos definidos.
- Fuente de fondo concentrado: es la captación de una fuente subterránea con afloramiento vertical en un punto definido.
- Fuente de fondo difuso: es la captación de una fuente subterránea con afloramientos verticales en una zona extensa.

La fuente del proyecto es de brote definido en ladera. Por ello, se construirán captaciones típicas consistentes en un tanque de almacenamiento, válvulas, desagües, rebalse y caja de inspección con tapa sanitaria.

Se debe construir siguiendo los siguientes lineamientos:

- Los muros serán de mampostería de piedra bola.
- Colocar filtro de piedra bola (piedra superpuesta), sobre el filtro y los muros se fundirá una losa de concreto reforzado.

- Para el buen funcionamiento, la obra de captación tendrá rebalse y drenaje.
- En losa dejar un ingreso con tapadera.
- La caja de aforo y la de válvula, tendrá paredes de mampostería de piedra bola.
- Se deberá tratar de mantener las condiciones naturales del lugar de captación y el área limpia de malezas, desechos y deberá tenerse cuidado en no deforestar.

2.2.9.2. Línea de conducción

La línea de conducción se hará con tubería de PVC, con diferentes diámetros, dependiendo de los cambios de nivel.

Para la determinación de las pérdidas de carga en las tuberías, se utiliza la fórmula de Hazen Williams. Esta viene dada por:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,852}}{C^{1,852} * D^{4,87}} \text{ (metros)}$$

Donde

Para P.V.C. C = 150

H_f = pérdida de carga en metros

C = coeficiente de fricción interna, que depende del material de la tubería

D = diámetro interno en pulgadas

L = longitud del tramo en metros

Q = caudal en litros por segundo

En cada tramo se ajustará la pérdida de carga a la carga disponible proporcionada por la topografía.

Ejemplo:

De la caja de captación E-1 a la estación E-50, 577.72 m de longitud. Se diseñará la tubería en este tramo. Los datos son los siguientes:

L=577,72 m

Qdm=5,79 l/seg

Cota 1 = 498,267

Cota 2 = 462,968

Adoptando la tubería PVC 125 psi entonces C=150

Por lo que hf = diferencia de nivel entre dos puntos = 35,50 m

- Cálculo del diámetro teórico

$$D^{4,87} = \frac{1\,743,811 * 577,62 * 5,79^{1,852}}{150^{1,852} * 35,50} = 2,38 \approx 2,5plg$$

- El diámetro comercial a utilizar será de 2,50",
- Valor real de la pérdida real (Hf). Utilizar diámetro interno de tubería

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 577,62 * 5,79^{1,852}}{150^{1,852} * 2,655^{4,87}} = 21,044 \text{ m}$$

- Cota piezométrica = cota de salida – hf real = 477,216
- Velocidad = $\frac{1,974*Q}{D^2} = 1.6214 \text{ m/seg}$ el cual cumple con el parámetro $0,4 < V < 3$
- Para calcular presión estática = cota E-1 – cota E-50 = 35,33 m

Presión dinámica = cota piezométrica E-50 – cota E-50 = 14,256 m

El resumen hidráulico total se presenta en el anexo 6.

Con base en el diseño de la línea de conducción, el sistema cumplirá con las demandas de la población.

2.2.9.3. Tanque de almacenamiento

A continuación se describe el tanque de almacenamiento.

2.2.9.3.1. Volumen de almacenamiento

Según normas, en sistemas por gravedad y poblaciones con menos de 1 000 habitantes, el volumen de almacenamiento de un tanque debe estar entre el 20 % y 30 % del caudal medio diario. Esto sin considerar reservas para eventualidades.

En este proyecto, por solicitud de las autoridades municipales se calculó el volumen del tanque, considerando el periodo de tiempo nocturno en el cual el

consumo es menor. El volumen obtenido es del 40% del caudal medio diario, siendo este porcentaje mayor con respecto a los mencionados en el párrafo anterior.

$$V_{Total} = \frac{Q_{con} * minutos * segundos * horas}{1\ 000}$$

$$V_{Total} = \frac{4,45 * 40 * 60 * 60 * 9}{1\ 000 * 100} = 57,67m^3$$

El tanque estará semienterrado. Los muros serán de concreto ciclópeo y tendrá losa de concreto reforzado. Las dimensiones internas del tanque serán:

Ancho = 5,00 m

Largo = 5,00 m

Alto = 2,40 m

- Diseño estructural del tanque

La losa se diseñó con el método 3 del ACI. Las características son:

Espesor $t = 0,12$

Utilizar $A_s \text{ min} = 4,52 \text{ cm}^2$

Espaciamiento $S = 15 \text{ cms}$

El espesor de la losa se calcula con la fórmula

$$T = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

Las dimensiones de la losa son $a=5,0$ m y $b=5,0$ m

Integración de cargas

$$C_u = 1,7CV + 1,4CM = 699,2 \text{ kg/m}^2$$

Calcular los momentos con el método 3 del ACI, los momentos son:

$$M_{a-} = 786,60 \text{ kg/m}$$

$$M_{a+} = 352,89 \text{ kg/m}$$

$$M_{b+} = 352,89 \text{ kg/m}$$

$$M_{b-} = 786,60 \text{ kg/m}$$

El $A_{smin} = 4,52 \text{ cms}^2$

Este soporta el momento máximo de la losa por lo que se tomará el A_{smin} para el armado.

El espaciamiento del armado para un área de $0,71 \text{ cms}^2$ es de 15 cms

El chequeo por corte da como resultado lo siguiente

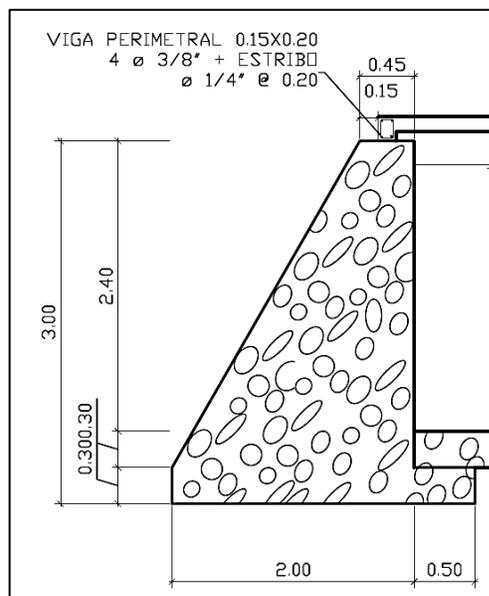
$$V_c > V_{max}$$

$$7\,825,34 \text{ kg} > 1\,748 \text{ km}$$

Ver armado final en planos.

Para las paredes de concreto ciclópeo se utilizó el criterio de $b = 1/2 h$ cumpliendo con los chequeos de deslizamiento y volteo siendo F_{sv} y $F_{sd} > 1,5$. Las presiones máximas bajo las bases del muro cumplen con $q_{max} < V_s$ y $q_{min} > 0$.

Figura 37. **Detalle de muro de tanque de distribución**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Datos de diseño:

Peso del concreto ciclópeo $W_{cc} = 2\,700 \text{ kg/m}^3$

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

Peso del suelo $W_s = 1\,400 \text{ kg/m}^3$

Capacidad soporte del suelo = $16\,000 \text{ kg/m}^3$

- Carga uniformemente distribuida:

$$W_{losa} + W_{viga\ de\ apoyo} = 766,84\ kg/m$$

- Carga Puntual "P"

$$P = 766,84\ \frac{kg}{m} * 1,0m = 766,84kg$$

Coeficiente activo:

$$Ka = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi} = \frac{1 - \text{sen}(30^0)}{1 + \text{sen}(30^0)} = 1/3$$

- Fuerza activa del agua:

$$Pa = 1/2 * Ka * \gamma_a * h^2$$

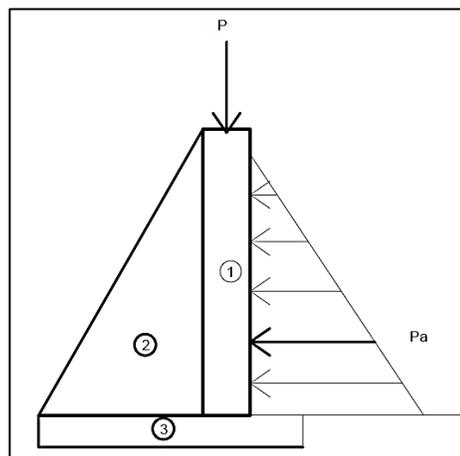
$$Pa = 1/2 * 1/3 * 1\ 000\ k/m^3 * (2,40)^2 = 960\ k/m$$

- Momento respecto al punto "A"

Momento de "P" = P * l = 766,84 * 1,775 = 1 361,141 kg-m

Momento de agua = 960 * (1/3 * 2,40 + 0,60) = 1 344 kg-m

Figura 38. Diagrama de muro de tanque de distribución



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Tabla XXX. **Momento estabilizante del muro**

	área	peso volumen	peso estructura	brazo	momento
Sección	(m ²)	kg/m ³	(kg)	(m)	(kg-m)
1	1,08	2 700	2 916	1,78	5175,9
2	1,86	2 700	5 022	1,03	5189,4
3	0,75	2 700	2 025	1,25	2 531,25
			9 963	kg	12 896,55

Fuente: elaboración propia.

Carga total (W)

$$W = \Sigma w + P = 9\,963 + 766,84 = 10\,729,84 \text{ kg}$$

- Chequeos del muro

- Volteo (v):

$$V = \frac{\Sigma Mr}{\Sigma Mact} = \frac{12\,896,55 + 1361}{1344} = 10 > 1,5; \text{OK}$$

- Deslizamiento (D)

$$D = \frac{\Sigma Fr}{\Sigma Fact} = \frac{\beta \Sigma w}{F agua} = \frac{0,90(\tan 30^\circ) 9\,963}{960} = 4,76 > 1,5; \text{OK}$$

- Presiones:

$$a = \frac{Mr - Mp - Mact}{Wt} = \frac{12\,896,55 - 1\,361,14 - 1\,344}{10\,729,84} = 0,94; 3a = 2,81 > 1,5 \text{ OK}$$

$$P = \frac{Wt}{l * b} \pm \frac{Wt * e}{S}; e = \frac{b}{2} - a = \frac{2,50}{2} - 0,94 = 0,31m$$

$$S = \frac{l^2}{6} * 1 = \frac{(2,50)^2}{6} * 1 = 1,04m^2$$

$$P = \frac{10\,729}{1,50 * 1} \pm \frac{10\,729(0,31)}{1,04} =$$

Pmax = 10 350,72 < Vs; OK

Pmin = 3 954,6 > 0; OK

Se concluye que las dimensiones propuestas para el muro cumplen, ya que resiste a las cargas a las cuales está sujeto.

2.2.9.4. Red de distribución

La red de distribución es por ramales abiertos. Debido a que las casas se hallan muy dispersas, se utilizarán los siguientes criterios:

- El diseño se hará con el caudal de hora máximo (Qhmax)
- Para la verificación de redes debe tomarse en cuenta lo siguiente:
 - El caudal que entra es igual al caudal que sale, en cada nudo.
 - La presión dinámica estará entre 10 y 40 m.c.a., excepto en puntos donde exista poco desnivel, se puede tener un mínimo de 7 m.c.a.
 - La línea de conducción se hará a través de tubería P.V.C., con diferentes diámetros, dependiendo de los cambios de nivel.

Para la determinación de las pérdidas de carga en las tuberías se aplica la fórmula de Hazen Williams, descrita en el apartado 2.1.8.2.

Ejemplo:

Del tanque de distribución estación E-82 a estación E-112 1127,88 metros de longitud. Los datos son los siguientes:

L=1 127,88

Q_{hm}=8,90 lts/seg

Cota 1 = 413,87

Cota 2 = 390,37

Se utiliza tubería PVC 125 psi entonces C=150

h_f disponible: 23,5 m

Diámetro teórico

$$D^{4,87} = \frac{1\,743,811 * 1\,127,88 * 8,90^{1,852}}{150^{1,852} * 23,50} = 3,50 \text{ plg}$$

Diámetro comercial inmediato superior: 4.

Cálculo de la pérdida real en este tramo. Utilizar diámetro interno de tubería

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 1\,127,88 * 8,90^{1,852}}{150^{1,852} * 4,1514^{4,87}} = 10,29 \text{ m}$$

Cálculo de presiones:

Cota piezométrica = cota de salida – h_f real = 403,583

Velocidad = $\frac{1,974 * Q}{D^2} = 1,02 \text{ m/seg}$, cumple con el parámetro $0,4 < V < 3$

Presión estática = cota E-82 – Cota E-112 = 23,50m

Presión dinámica = cota piezométrica E-112 – Cota E-112 = 13.21m

El resumen del cálculo se encuentra en la tabla del anexo 7.

2.2.9.5. Obras hidráulicas

- Válvulas de aire: tienen la función de expulsar el aire acumulado en la tubería, evitando con ello la formación de burbujas que bloquean el libre paso de agua. Al igual que las válvulas de limpieza, estas solo se colocarán en la línea de conducción, donde sea necesario. Deben estar protegida por una caja de mampostería de piedra bola o de concreto reforzado para evitar mal uso de las mismas. Se ubicaron en las partes altas de la tubería, en los estacionamientos E-50, E-65, y E-81
- Válvula de limpieza: son aquellas que se usan para extraer los sedimentos que se acumulan en la tubería, se colocan únicamente en la línea de conducción, ya que en la distribución los chorros realizaran esta actividad. Es importante hacer notar que en la red se colocarán en puntos o ramales muertos que quedarán provistos para futuras conexiones, ya que en estos el agua permanecerá estancada por largo tiempo. Se ubicaron en los puntos bajos de la tubería, en los estacionamientos E-45, E-60.

2.2.9.6. Sistema de desinfección

No se necesitan los resultados de laboratorio porque el agua es potable, pero se dejará provisto para brindar mayor seguridad. Por ello, es necesario inyectar una demanda de 0,2 mg/l de cloro.

El flujo de cloro (fc) en gr/hora se calcula con la siguiente fórmula.

$$F_c = Q * D_c * 0,06 \quad (1)$$

Donde Q = caudal de agua conducida en l/min. Dc = demanda de cloro en mg/litro o PPM. En la gráfica del clorinador mostrado en el anexo 10, se plotea el fc, determinando el flujo de solución de cloro (Sc). Regularmente este flujo es muy pequeño, debe obtenerse mediante la calibración de la válvula que se coloca en el ingreso del clorinador. Por lo tanto, se debe calcular el tiempo, en segundos, que se necesita para llenar un recipiente de un litro. (fórmula 2)

$$t = 60/S_c \quad (2)$$

Donde t = tiempo de llenado de un recipiente de un litro en segundos.
Sc = flujo de solución de cloro en l/min.

Ejemplo:

Proyecto: barrio El Calvario

Utilizando un hipoclorador modelo PPG 3015

Qm = 4,45 L/seg = 267 L/min.

- Por ser un manantial o nacimiento que provee agua que no necesita desinfección, se estima una demanda de cloro de 0,2 mg/l.
- De la fórmula (1) $F_c = 267 \text{ l/min} * 2 \text{ PPM} * 0,06 = 32,04 \text{ gr/hora}$.

- Al plotear el Fc de 15,12 gr/hora en la gráfica del clorinador modelo 3 015, resulta un flujo $Sc = 12$ l/min.
- De acuerdo a lo anterior se procede a la calibración del flujo de solución de cloro, de la formula (2).
 - $T_{tt} = 60/7 = 8,57$ segundos, que es el tiempo en que un recipiente de un litro debe llenarse completamente. El modelo propuesto tiene capacidad para 5 tabletas las cuales serán de 7 cms de diámetro. El mantenimiento está relacionado con la erosión de las tabletas, se deberá realizar inspecciones semanalmente para asegurarse que el hipoclorador no se quede sin reserva.

2.2.10. Programa de operación y mantenimiento

A continuación se explicará el programa de operación y mantenimiento.

- Tanque de almacenamiento

La limpieza interior de las paredes y piso se debe realizar dos veces por año, aplicando una solución compuesta por un bote de cinco galones de agua limpia y un vaso de cloro líquido. La limpieza nunca debe realizarse utilizando jabon en polvo. Utilizar como herramientas de aseo un cepillo metálico, escobas, botas y guantes de hule.

Es recomendable, al limpiar el tanque, cerrar las válvulas de compuerta en la entrada como en la salida del tanque y abrir el desagüe para vaciar el tanque. Esto sin interrumpir el flujo del agua utilizando un *bypass* para no incrementar la presión estática en el sistema. Abrir la escotilla, entrar al tanque y limpiar con el cepillo las paredes, el fondo y las esquinas del tanque, limpiando luego con agua limpia proveniente de la conducción.

Abrir la válvula de entrada al tanque para poner a funcionar el sistema otra vez. Se deben recubrir con pintura anticorrosiva los escalones de entrada al tanque para evitar la corrosión de los mismos y contaminación del agua.

- Red de distribución

Observar si hay fugas, deslizamientos o hundimientos de tierra que puedan afectar la línea. Cualquier área húmeda sobre la conducción o distribución debe ser explorada por posible rotura del tubo.

Limpiar de polvo las cajas de válvulas de compuerta y revisar si estas están funcionando bien, haciéndolas girar lentamente. Estas deben abrir y cerrar fácilmente, en caso contrario se deberá colocar aceite en los vástagos, cambiar empaques o en último caso cambiar toda la válvula. Las válvulas de aire son automáticas, sin embargo, se debe revisar que funcionen correctamente.

Pintar con pintura anticorrosiva las válvulas y accesorios que están vistos en la conducción y en la distribución. Todo lo anterior se debe de revisar y reparar según sea el caso.

- Mantenimiento correctivo

Cuando se necesite cambiar un tramo de tubería por problemas de fugas, destrucción del tubo o si se quiere colocar un accesorio, se deben seguir los siguientes pasos y en el mismo orden:

- Cerrar la válvula de control o compuerta más próxima al lugar de trabajo con el fin de trabajar sin molestias del agua.
- Excavar una longitud de zanja necesaria para trabajar con un ancho mínimo de 0,40 m y una profundidad adecuada.
- Cortar el tramo de tubería PVC que produce problemas con sierra de metal, tratando de que el corte sea lo más recto posible, quitando la rebaba con lija.
- Revisar la tubería o accesorios que se van a ensamblar para verificar que no estén tapados, perforados o quebrados. Cortar un pedazo de tubo de longitud deseada, a escuadra, eliminando las rebabas externas e internas.
- Limpiar con un trapo limpio o con lija el polvo o cualquier suciedad que tenga el tubo o accesorio. Verificar que el pegamento que se va a usar sea especial para PVC.
- Untar el pegamento sobre el extremo del tubo y en el accesorio o niple con campana, girando $\frac{1}{4}$ de vuelta se ajusta en la posición deseada y se sostienen durante 30 segundos, limpiando el exceso de pegamento.
- Abrir la válvula de control o compuerta más próxima al lugar de trabajo y verificar si se trabajó correctamente.
- Rellenar la zanja terminados los trabajos, colocando primero la tierra más fina, hasta cubrir 20 cms por encima del tubo y compactar. Luego se continúa agregando capas de 0,20 m compactando hasta cubrir totalmente la zanja.

- **Gastos de operación**

Se tiene contemplado la contratación de un fontanero, quien tendrá a su cargo la operación del servicio de agua. Él mantiene una constante supervisión de los accesorios de este sistema para mantenerlo operando eficientemente y a la vez deberá supervisar el correcto funcionamiento del sistema de cloración. Estos costos de operación se detallan en la tabla de resumen de gastos.

- **Gastos de mantenimiento**

Se tiene contemplado para los gastos de mantenimiento la compra de accesorios como tubos, pegamento, codos, llaves, uniones y otros, esto durante el proceso de operación del proyecto. Estos gastos se detallan en la tabla de resumen de gastos, los cuales están en función del cronograma de mantenimiento.

- **Gastos de desinfección**

Para mantener el sistema de desinfección funcionando, es necesario tener una dotación constante de pastillas de tricloro (hipoclorito de calcio) de 300 mg. Además, se determinó que en un mes serán necesarias 12 tabletas para cumplir la demanda de cloro requerida. Estos gastos de cloración se detallan en la tabla de resumen de gastos.

Tabla XXXI. **Resumen de gastos**

Actividad	Cantidad	Unidad	Precio Unit (Q)	Costo (Q)
Fontanero	1	mes	1 800,00	1 800,00
Materiales de servicio	1	global	635,00	635,00
Pastilla de 3" 300 mg	12	unidad	25,00	300,00
Total de gasto mantenimiento mensual				2 735,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Propuesta de tarifa

Según estudio socioeconómico económico realizado por la Municipalidad se establece una cuota mensual de Q. 30,00 por vivienda. Esto servirá para pagar los gastos de fontanero y materiales de servicio. De estos se deberá destinar una cantidad de Q.15,00 por vivienda específicamente a la desinfección del agua.

2.2.12. Elaboración de planos

Se elaborarán los siguientes:

- Planta general del sistema
- Planta perfil conducción
- Planta perfil de ramales
- Planta perfil distribución
- Obras de arte

Ver planos en apéndice

2.2.13. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se realizó con base en los precios unitarios tomando como referencia los precios de materiales que se cotizan en el área de Purulhá. Para la mano de obra calificada y no calificada, se asignó el salario que la municipalidad tiene para casos similares. Respecto al costo indirecto se asignó el 40 %.

Tabla XXXII. Presupuesto del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio El Calvario

REGLON	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	PU	COSTO TOTAL	MONTO
1	TRABAJOS PRELIMINARES					
1.1	Limpieza general	3 555,42	m ²	Q8,50	Q30 221,07	
1.2	Bodega provicional	50,00	m ²	Q488,66	Q24 433,00	
1.4	Levantamiento topográfico	4 844,28	ml	Q9,05	Q43 840,73	
					subtotal	Q98 494,80
2	MOVIMIENTO DE TIERRA					
2.1	Excavación	1 937,712	m ³	Q53,50	Q103 667,59	
2.2	Relleno	1 937,712	m ³	Q62,75	Q121 591,43	
					subtotal	Q225 259,02
3	TUBERÍA DE CONDUCCIÓN					
3.1	Tubería principal Ø 2 1/2" PVC 125 PSI	1 430	ml	Q45,00	Q64 350,00	
					subtotal	Q64 350,00
4	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN					
4.1	Tubería principal Ø 4" PVC 125 PSI	1 180	ml	Q105,94	Q125 009,20	
4.2	Tubería principal Ø 2 1/2" PVC 125 PSI	170	ml	Q72,50	Q12 325,00	
4.3	Tubería principal Ø 2" PVC 125 PSI	200	ml	Q40,10	Q8 020,00	
4.4	Tubería principal Ø 1 1/4" PVC 125 PSI	60	ml	Q35,00	Q2 100,00	
4.5	Tubería principal Ø 1 1/2" PVC 125 PSI	120	ml	Q35,00	Q4 200,00	
					subtotal	Q151 654,20
5	TUBERÍA SECUNDARIA					
5.1	Tubería secundaria Ø 1 1/2" PVC 125 PSI	170	ml	Q35,00	Q5 950,00	
5.2	Tubería secundaria Ø 1 1/4" PVC 125 PSI	622	ml	Q35,00	Q21 770,00	
5.3	Tubería secundaria Ø 1" PVC 125 PSI	802	ml	Q26,00	Q20 852,00	
5.4	Tubería secundaria Ø 3/4" PVC 125 PSI	90	ml	Q26,00	Q2 340,00	
					subtotal	Q50 912,00
6	CAJA Y VÁLVULAS DE COMPUERTA					
6.1	Caja y válvula de compuerta Ø 4"	3	unidad	Q2 628,87	Q7 886,61	
6.2	Caja y válvula de compuerta Ø 2"	13	unidad	Q1 196,91	Q15 559,83	
					subtotal	Q23 446,44
7	CONEXIONES PREDIALES					
7.1	Conexión predial Ø 1/2" PVC 315 PSI	250	unidad	Q525,30	Q131 325,00	
					subtotal	Q131 325,00
8	LEVANTADO Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO					
8.1	Levantado de pavimento	67,34	m ²	Q137,15	Q9 235,68	
8.2	Reposición de pavimento	67,34	m ²	Q295,81	Q19 919,85	
					subtotal	Q29 155,53
9	SISTEMA DE DESINFECCIÓN DE AGUA POTABLE					
9.1	Hipoclorador a base de pastillas al 90%	1,00	global	Q4 160,51	Q4 160,51	
					subtotal	Q4 160,51
					Costo total directo	Q778 757,50
					Costo indirecto 39 %	Q303 715,43
					Monto del Proyecto	Q1 082 472,93

Fuente: elaboración propia.

2.2.14. Evaluación de impacto ambiental (EIA)

La evaluación de impacto ambiental, conocida también por sus siglas como EIA, es una forma estructurada de obtener y evaluar información ambiental antes de su uso en la toma de decisiones, como parte del proceso de desarrollo.

Esta información consiste básicamente de predicciones de cómo se espera que el ambiente cambie, si ciertas alternativas de acción se implementan, y de consejos para saber cuáles son las operaciones más favorables, que no provoquen cambios ambientales. El EIA es entonces un instrumento de acción con insumos técnicos, no es una ayuda técnica a la cual se agregan aspectos administrativos.

- **Influencia del proyecto**

No será necesaria ningún tipo de fuente energética que suministre energía, ya que el agua se conducirá a través de la fuerza de gravedad.

El suelo removido durante el zanjeo, se aprovechará para cubrir la tubería.

Los materiales a emplear serán cal, cemento, tubería PVC, hierro, arena, pedrín, cemento solvente, agua, piedra bola y madera, no se empleará ningún material tóxico o perjudicial para el ambiente.

- **Control ambiental**

Durante el proceso de construcción será generado suelo suelto y polvo, el cual será remojado para minimizar dicho impacto. Tanto en la etapa de

construcción como en la de operación, no se generará ningún tipo de emisión de gases, ni humo a la atmósfera. En la construcción de las diferentes obras que requieran concreto, se tendrá que llevar un control adecuado y ordenado de todos los sobrantes de desechos sólidos no biodegradables, ni orgánicos. Estos son como bolsas vacías de cemento y sobrantes de otros materiales como lo son tubos, clavos, envases plásticos y , los que serán llevados hacia otro lugar donde se podrán arrojar a la basura o reutilizarlos si se pudiera.

En cuanto a la contaminación auditiva, los únicos ruidos que se pueden generar son los hechos por los trabajadores, en el momento de realizar el zanjeo, colocación de tubería, colocación de accesorios o fundición de alguna obra de concreto. Estos niveles de ruido y vibración se encuentran por debajo de los 80 decibeles, con lo cual se determina que no representará ningún impacto al ambiente.

La contaminación visual se generará por la acumulación del material suelto, el cual al rellenar las zanjas se reutilizará y el resto se recogerá y depositará en un lugar adecuado. Con ello, la contaminación desaparecerá. Los desperdicios de material generarán contaminación visual la que será eliminada antes de la entrega del proyecto.

Debido a la instalación de la tubería será necesario cortar la vegetación existente, que tenga el mismo recorrido que la tubería. El 60 % del recorrido de la tubería será por carretera, por lo que se reduce la tala de árboles.

- Plan de mitigación

Previo a realizar excavaciones se humedecerá el suelo para evitar que se genere polvo. Al estar excavados los primeros metros y ya colocada la tubería, se procederá a rellenar las zanjas lo antes posible. Esto para evitar accidentes y contaminación visual. Inmediatamente después de rellenada la zanja, se tendrá que retirar, del área de trabajo, el material sobrante del proyecto ejecutado. Dotar al personal encargado de la construcción, del equipo adecuado como cascos, botas, guantes y otros para evitar accidentes. Se procederá a reforestar las áreas que por razones de uso de maquinaria, almacenamiento de materiales y excavación se hubiera deforestado.

2.2.15. Evaluación socioeconómica

A continuación se explicará la evaluación socioeconómica.

2.2.15.1. Valor presente neto (VPN)

Al investigar diferentes situaciones económicas se observa que el tiempo es un factor continuo indispensable. Las escalas de tiempo son frecuentemente necesarias para visualizar el flujo previsto de efectivo, resultante de una inversión propuesta. Así las cantidades que se indiquen, sobre la escala de tiempo, se consideran como desembolsos o ingresos. Es decir, que el valor del dinero cambia conforme el tiempo, debido a diferentes factores tales como inflación, mercado y otros.

El razonamiento del VPN, para este proyecto, servirá para tener una idea clara de la cantidad aproximada de ingresos. Esto serían requeridos para

obtener una recuperación del capital invertido en la ejecución y mantenimiento anual del proyecto al final de su vida útil.

El VP está representado por el siguiente modelo matemático:

$$VP = -IC - CO * \left(\frac{P}{A}, i, n\right) + IG \left(\frac{P}{A}, i, n\right)$$

En donde

VP = valor presente

IC = inversión Inicial= Q.1 027 710,40

CO = costo anual de operaciones y mantenimiento = Q.32 820,00

IG = cuota fija anual de ingresos = Q.90 000.00

n = vida útil del proyecto =Q.20,00

i = interés =12 %

$$VP = -1\ 027\ 710,40 - 32\ 820 * \left(\frac{P}{A}, i, n\right) + 90\ 000 \left(\frac{P}{A}, i, n\right)$$
$$VP = -601\ 147,60$$

En este caso el VPN será negativo, ya que la inversión inicial es muy alta y los ingresos anuales son muy bajos. Como se describió anteriormente este proyecto es de carácter social, con lo cual no se estima ganancia de capital alguno por el desembolso del costo del proyecto.

2.2.15.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como una cifra que indica el porcentaje de ganancia relativo al capital invertido. Es la tasa de descuento que hace que el valor presente de una oportunidad de inversión sea igual a cero. De tal modo que los costos sean equivalentes a los ingresos.

Para que en este proyecto el VPN sea cero y para determinar la tasa interna de retorno, se tendría que estimar una vida útil de 80 años. Esto según los ingresos fijos que se van a dar. En el análisis siguiente se muestra que aunque la tasa interna fuera 0 %, no se recuperaría el costo del proyecto.

CONCLUSIONES

1. Con la realización de los proyectos diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el barrio El Calvario y el edificio escolar de dos niveles para el barrio La Cruz I, la Municipalidad de Purulhá, Baja Verapaz, logrará satisfacer dos de las necesidades más prioritarias de la población en educación y salud. Mejorando así la calidad de vida de los habitantes, por cuanto se beneficiarán a 250 familias del sector este del casco urbano y a 200 alumnos de primaria como beneficiarios directos.
2. A través del proyecto de agua potable, del sector este del casco urbano del municipio de Purulhá, se presentará el servicio necesario a la comunidad. En donde los beneficiarios podrán hacer uso de agua de calidad, limpia, y con un flujo constante, ya que, se comprobó que el caudal proporcionado por el nacimiento Los Chorros cumple con la demanda de consumo de los beneficiarios. Se determinó que la calidad del agua es apta para el consumo con base en el análisis bacteriológico realizado por lo cual los beneficiarios gozarán de agua de calidad. Se garantiza el flujo constante, ya que la tubería se diseñó para abastecer a todos los beneficiarios hasta por un período de 20 años.
3. La edificación escolar se diseñó para cumplir con los parámetros necesarios para una edificación escolar, logrando el confort y la seguridad de la población estudiantil, así como los criterios sísmicos para que pueda resistir ante un evento de esta naturaleza ya que el edificio escolar está ubicado dentro de un área de alto riesgo sísmico. Las fuerzas horizontales ejercen una gran carga sobre la estructura,

afectando de esta manera a cada elemento que la compone. Por ello las fuerzas horizontales sísmicas son parte fundamental del análisis estructural de los edificios, especialmente en esta zona, en particular ya que está considerada como zona altamente sísmica.

4. Todos los elementos que componen un proyecto de agua potable deben tener una evaluación sanitaria, estructural y de abastecimiento continuamente. Esto porque en caso de mal funcionamiento o deterioro del sistema pueden ocasionar pérdidas de presiones, falta completa del abastecimiento de agua y posibles infiltraciones de organismos contaminantes.

5. El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) es una práctica que contribuye a que el estudiante obtenga experiencias de campo elementales para su desarrollo profesional, y aún más importante es el hecho de permitirle servir de ayuda a comunidades que no cuentan con personas capacitadas técnicamente. A través de esta se crea una conciencia social al sentir la problemática de pobreza y olvido en la cual se encuentra sumergida la población en el área rural. Por esta razón, por la cual la Facultad de Ingeniería deberá promocionar, fortalecer y apoyar el programa por beneficios que aporta a la formación académica.

RECOMENDACIONES

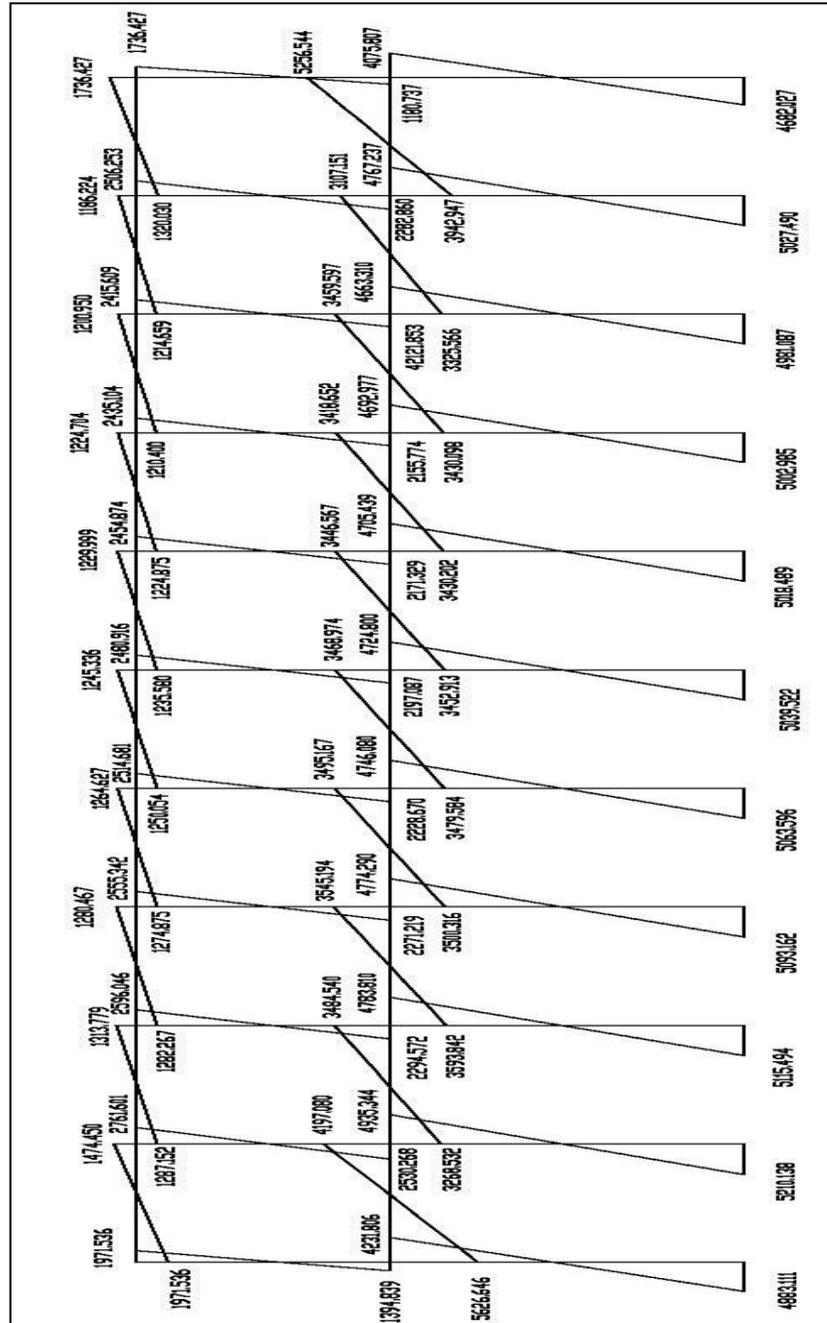
A la Municipalidad de Purulhá

1. Que el abastecimiento de las captaciones sea agua sanitariamente segura, aplicando el sistema de desinfección al proyecto de agua potable para garantizar su potabilidad.
2. Realizar campañas de educación sanitaria, en las cuales se eduque a los usuarios del sistema de agua potable, sobre la necesidad del cuidado del recurso hídrico y la protección del medio ambiente.
3. Mantener reforestada la cuenca donde se ubican los nacimientos de agua. Esto con el fin de protegerlos de deslaves, erosiones y otros factores dañinos para el nacimiento que provoca la tala inmoderada de los árboles.
4. Desarrollar un programa de capacitación en administración, operación y mantenimiento al sistema de agua potable en general, desde la captación, tubería de conducción, tubería de distribución obras de arte y sistema de desinfección. Con ello se puede garantizar el buen funcionamiento del mismo y que sirva de enlace entre la estructura física de la obra y de los operadores y administradores del sistema.
5. Aplicar la desinfección al sistema de abastecimiento de agua potable, propuesto en este trabajo, para evitar posibles contaminaciones futuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ ÁLVAREZ, Henry. *Diseño de dos edificaciones escolares de dos niveles para las aldeas Chajabal y Palomora, del municipio de San Andrés Xecul, Totonicapán*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería 2005.
2. American Concrete Institute. *Reglamento para las construcciones de concreto estructural y comentarios*. ACI 318-08.
3. FREDERICK S. MERRITT, M. Kent; LOFTIN, Jonathan T. RICKETTS. *Manual del ingeniero civil*. 4a ed. México: McGraw Hill. 2007. 180 p.
4. NILSON, Arthur H. Darwin. *Diseño de estructuras de concreto*. 4a ed. México: McGraw-Hill 1999. 120 p.
5. TETZAGUIC CAR, Carlos. Encarnación. *diseño del sistema de agua potable para los caseríos El Rosario y La Granadilla Conguaco, Jutiapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 180 p.

Apéndice 3. Diagrama de momentos de CS. Sentido X. Momentos en kilogramo por metro



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 6.

Cálculo hidráulico línea de conducción de Proyecto de agua potable Barrio El Calvario

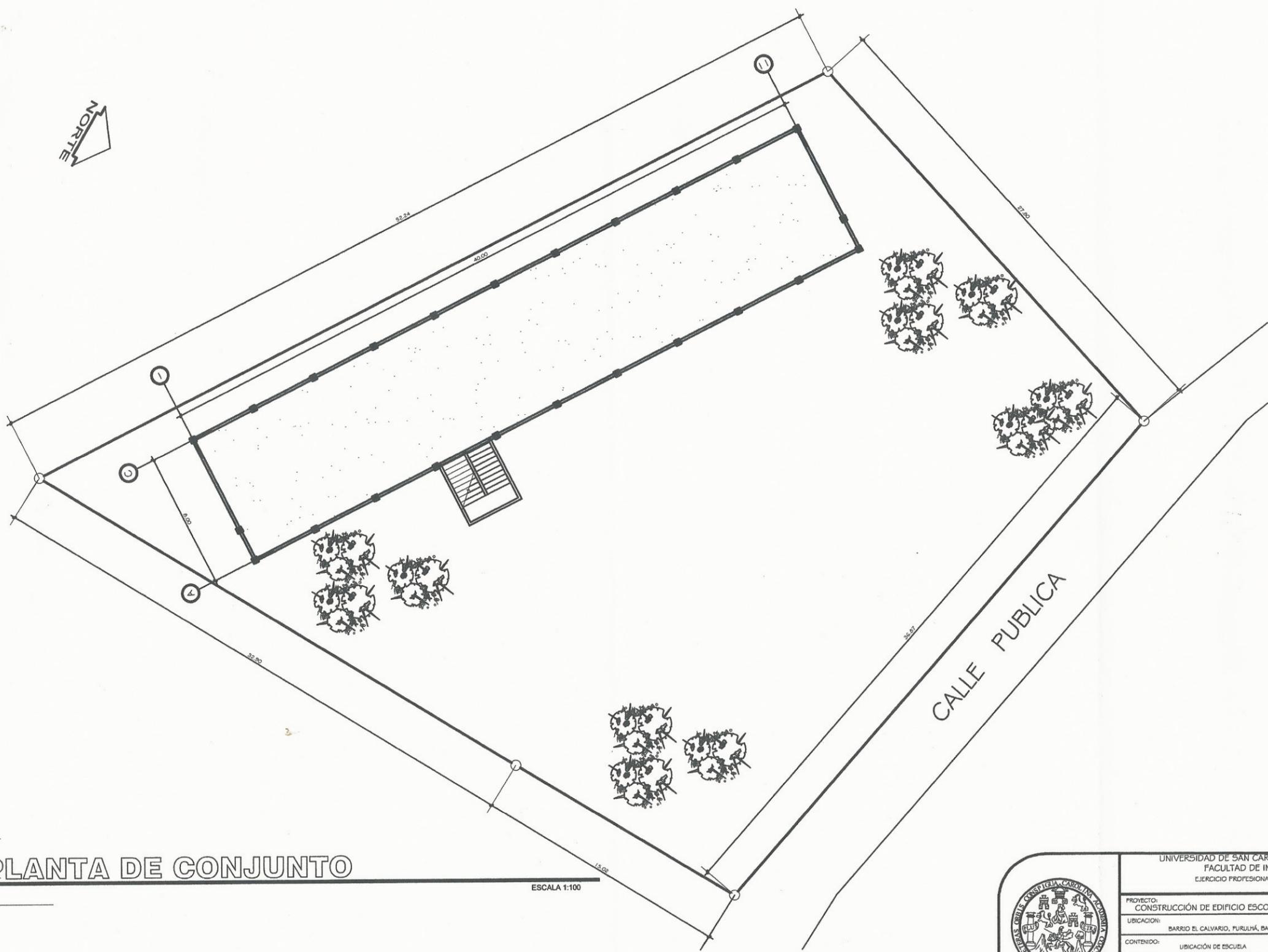
Cálculo Hidráulico de la Red de Distribución															
Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO															
Municipio: Purulhá		Departamento: Baja Verapaz													
Est PO	Cota Terreno		distancia (m)	Qm l/s	Q dm l/s	C	Hf disp	Ø teórico (plg)	Ø comercial (plg)	Hf real (m)	Piezométrica		Velocidad m/s		
	Inicial	Final									C. Inicial	C. Final		P. Inicial	P. Final
1 50	498.3	462.97	577.62	4.45	5.79	150	35.3	2.38	2 1/2	21.044	498.26	477.216	0	14.256	1.62
50 65	463	448.81	397.46	4.45	5.79	150	28.405	2.311	2 1/2	14.48	477.216	462.736	14.256	13.925	1.62
65 82	448.8	413.87	458.64	4.45	5.79	150	48.863	2.12	2	42.49	462.739	420.346	13.925	6.473	2.38

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Cálculo hidráulico línea de Distribución de Proyecto de agua potable barrio El Calvario

Calculo Hidraulico de la Red de Distribucion																			
Proyecto: DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL BARRIO EL CALVARIO																			
Municipio: Purulhá		Departamento: Baja Verapaz																	
Est PO	Cota Terreno		distancia (m)	Qm l/s	Q hm l/s	Q l/s	C	Hf dis	Ø teorico (plg)		Ø comercial (plg)	Hf real (m)	Piezométrica		P. Estatica		P. Dinamica		Velocidad m/s
	Inicial	Final							C. Inicial	C. Final			C. Inicial	C. Final	P. Inicial	P. Final			
82	112	413,873	390,37	1127,88	4,45	8,9	8,9	150	23,5	3,506	4	10,29	413,87	403,58	0,000	23,500	0	13,21	1,02
112	129	390,373	378,62	427,15	4,45	8,9	0,6	150	24,97	1,017	1	11,38	403,58	392,2	23,500	35,258	13,21	13,588	0,827
112	113	390,373	388,15	80,15	4,45	8,9	8,2	150	15,43	2,149	2 1/2	5,515	403,58	398,07	23,500	25,723	13,21	9,918	2,287
113	127	388,15	382,15	208,01	4,45	8,9	1,1	150	15,92	1,224	1 1/4	5,34	398,07	392,73	25,723	31,723	9,918	10,578	0,95
127	127	382,15	383,05	92,54	4,45	8,9	0,4	150	9,678	0,768	1	1,12	392,73	391,61	31,723	30,823	10,578	8,558	0,54
127	127	382,15	379,65	99,53	4,45	8,9	0,3	150	13,11	0,67	1	0,84	392,73	391,88	31,723	34,223	10,578	12,23	0,45
113	114	388,15	386,37	51,69	4,45	8,9	8,8	150	11,69	2,138	2 1/2	4,07	398,07	394,00	25,723	27,501	9,918	7,626	2,46
114	125	386,372	382,27	172,03	4,45	8,9	1,8	150	11,73	1,496	1 1/2	1,754	394	392,24	27,501	31,601	7,626	9,972	1,15
125	125	382,272	380,77	82,85	4,45	8,9	0,2	150	11,37	0,926	1/2	1,3	392,24	390,94	31,601	33,101	9,972	10,172	0,926
125	125	382,272	381,12	87,31	4,45	8,9	0,4	150	11,12	0,754	1	1,18	392,24	391,06	31,601	32,753	9,972	9,944	0,57
114	115	386,372	384,37	148,8	4,45	8,9	2,9	150	9,605	1,803	2	3,71	394	390,29	27,501	29,500	7,626	5,915	1,17
115	122	384,373	382,97	77,49	4,45	8,9	1,3	150	7,315	1,234	1 1/4	2,55	390,29	387,74	29,500	30,900	5,915	4,765	1,08
122	124	382,973	382,27	81,07	4,45	8,9	0,4	150	5,466	0,821	1	0,88	387,74	386,86	30,900	31,601	4,765	4,586	0,51
122	122	382,973	381,62	74	4,45	8,9	0,5	150	6,115	0,857	1	1,21	387,74	30,900	30,900	32,250	4,765	4,905	0,64
115	117	384,373	384,12	102,16	4,45	8,9	1,2	150	6,165	1,324	1 1/2	1,57	390,29	387,74	29,500	29,750	5,915	4,595	0,78
117	121	384,123	382,97	74	4,45	8,9	0,4	150	5,745	0,798	1	0,8	388,72	387,92	29,750	30,900	4,595	4,945	0,51
117	129	384,123	378,62	381,33	4,45	8,9	0,6	150	9,303	1,254	1 1/4	3,48	388,72	385,24	29,750	35,258	4,595	6,623	0,54

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

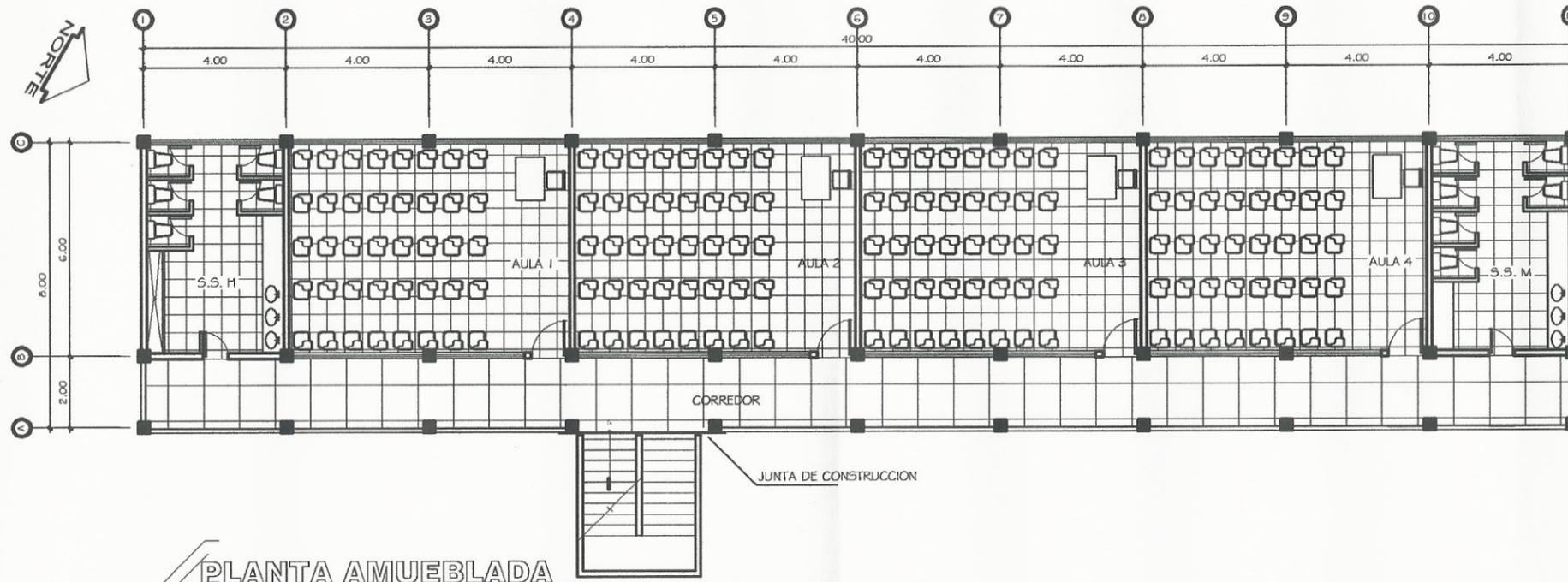


PLANTA DE CONJUNTO

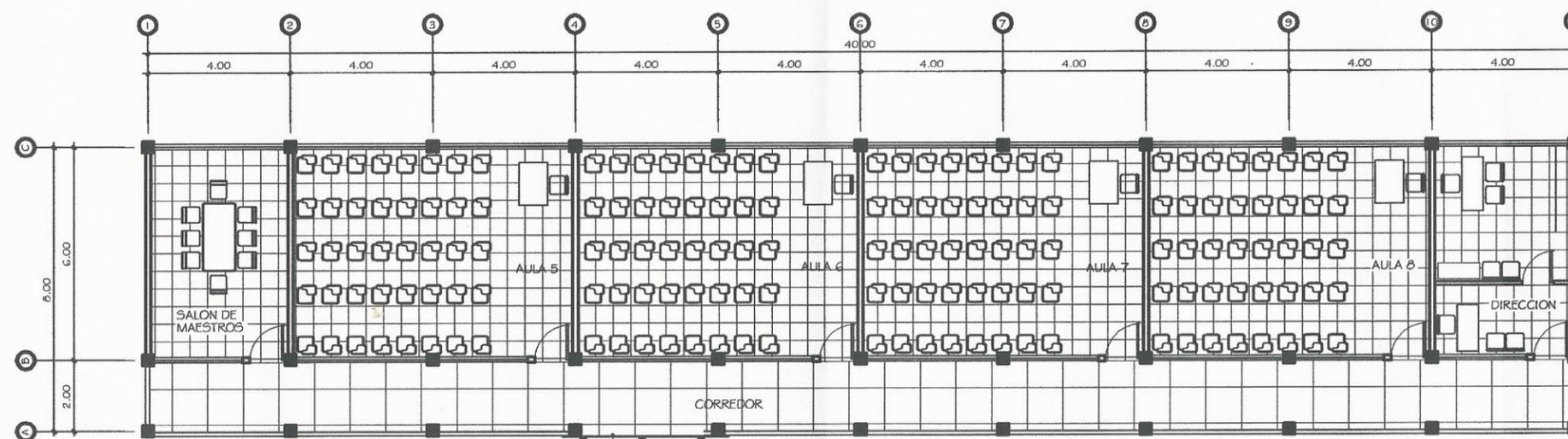
ESCALA 1:100

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		OCTUBRE 2011
	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, FURULHÁ, BAJA VERAPAZ		DIBUJO: SIS LÓPEZ
	CONTENIDO: UBICACIÓN DE ESCUELA		DISEÑO: SIS LÓPEZ
<p style="text-align: right;">No. 1 17</p>			<p style="text-align: right;">CÁLCULO: SIS LÓPEZ</p>

Vo. Bn. Ing. Juan María
Ramos

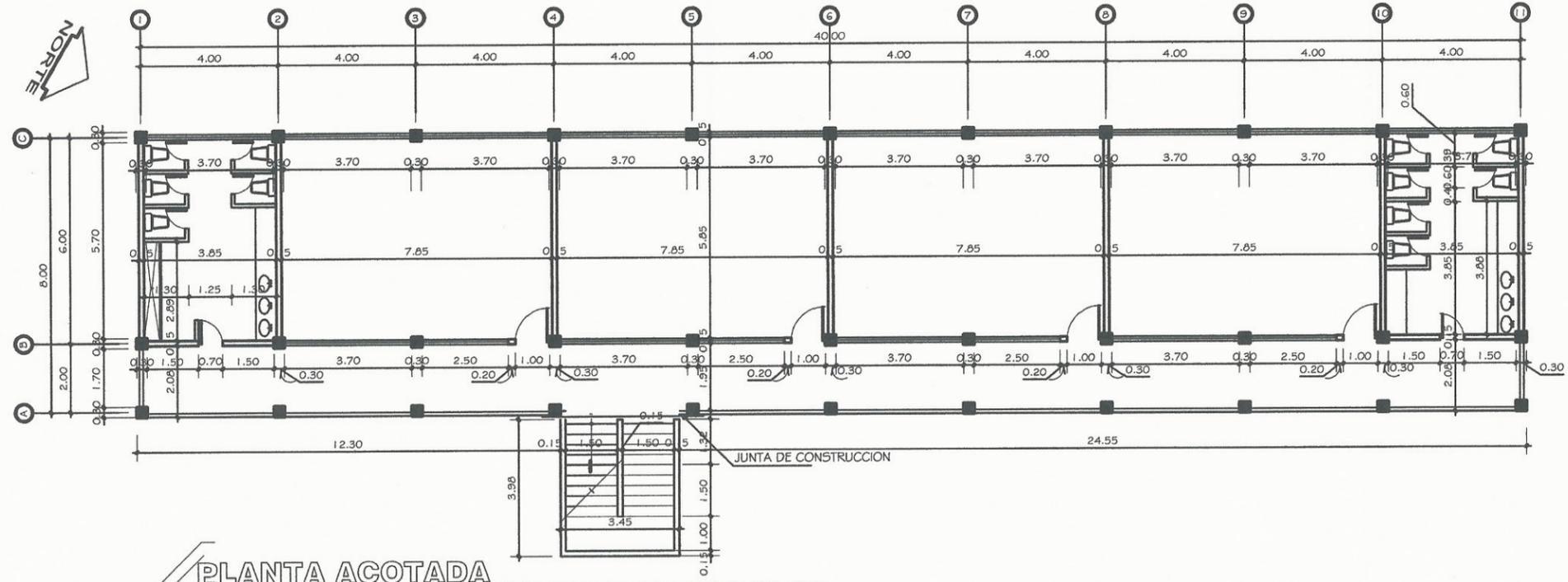


PLANTA AMUEBLADA
PLANTA BAJA
 ESCALA 1/75



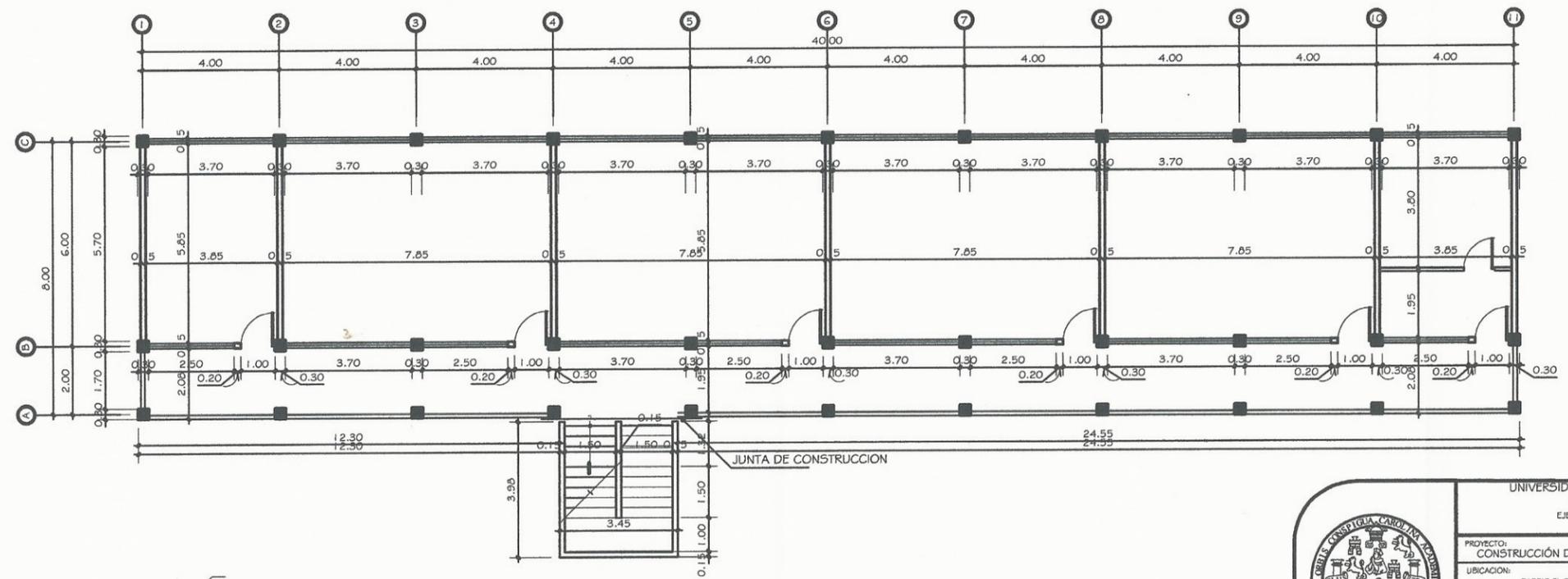
PLANTA AMUEBLADA
PLANTA ALTA
 ESCALA 1/75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		FECHA: 2011
	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURUHIA, BA. A. VERAPAZ		DISEÑO: S/S LÓPEZ
	CONTENIDO: PLANTA AMUEBLADA		CALCULO: S/S LÓPEZ
No. 2			No. 17



PLANTA ACOTADA
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



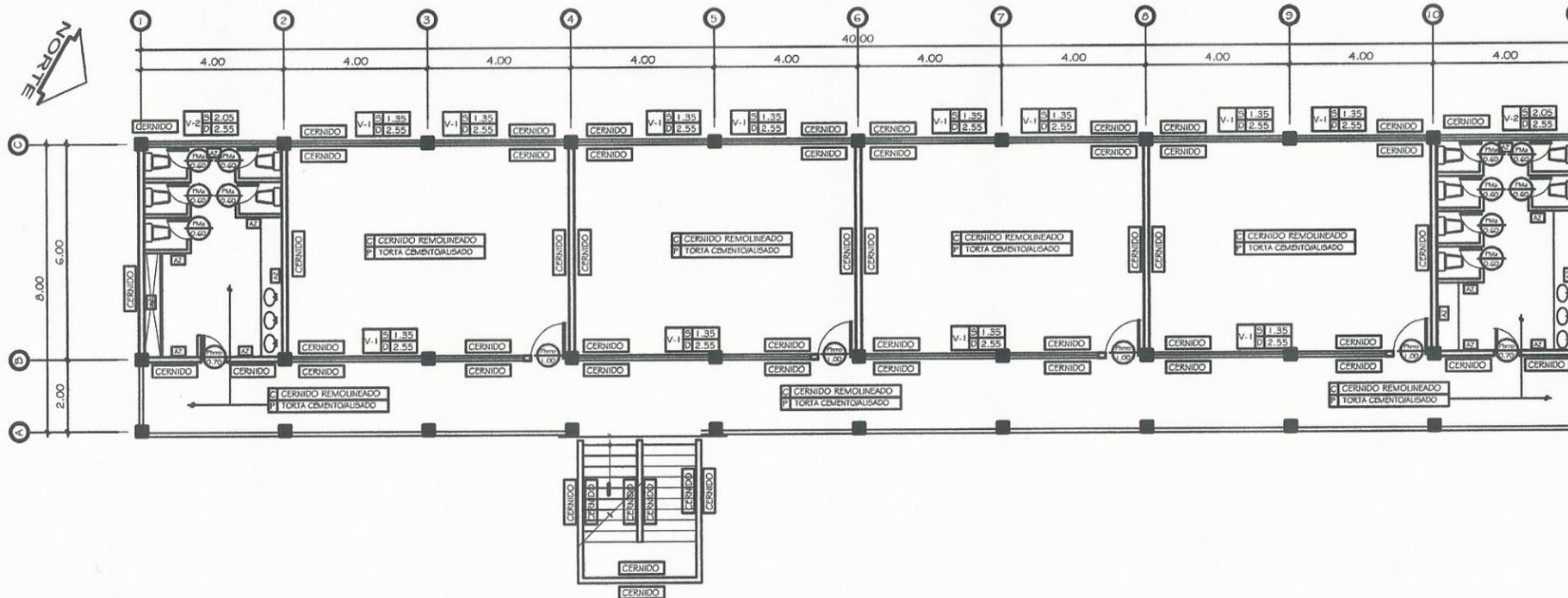
PLANTA ACOTADA
PLANTA ALTA

ESCALA 1:75



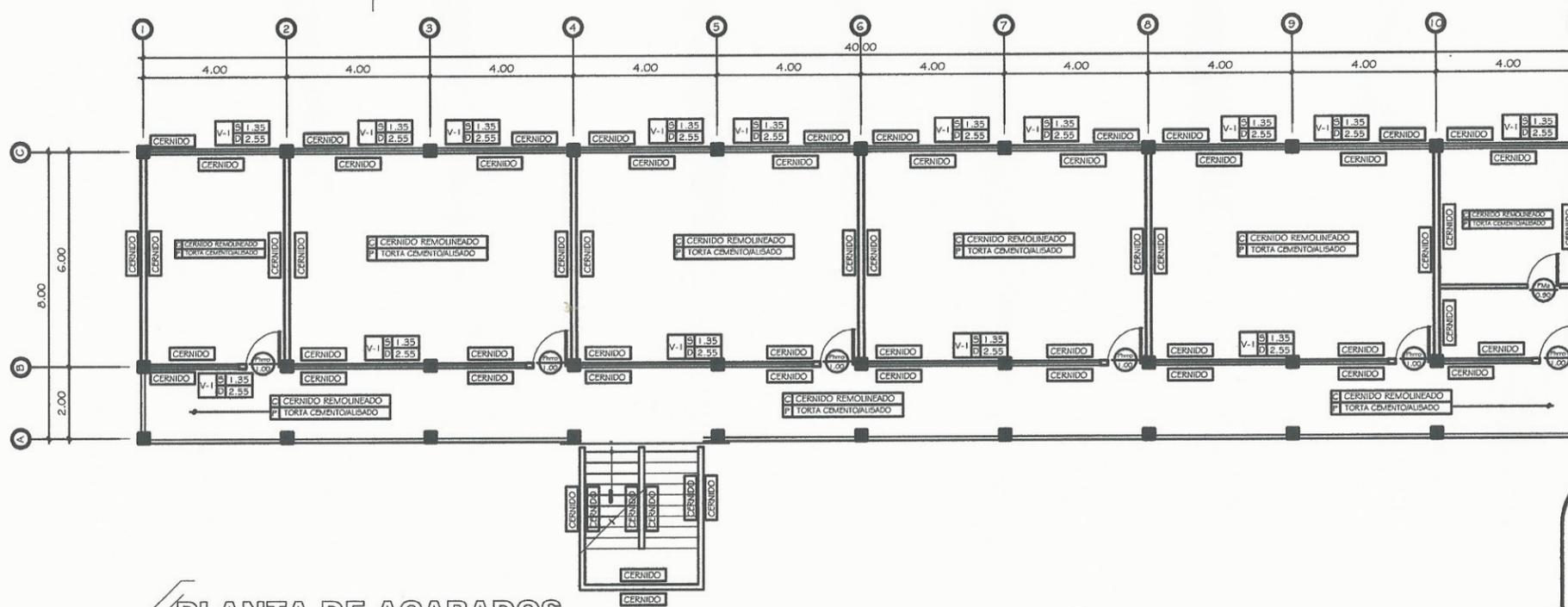
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		OCTUBRE 2011
UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ		DISEÑO: SIS LÓPEZ
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA		CALCULO: SIS LÓPEZ
		No. 3
		No. 17

Vo. Bo. Ing. Juan María
Rojas



PLANTA DE ACABADOS
PLANTA BAJA

ESCALA 1/75



PLANTA DE ACABADOS
PLANTA ALTA

ESCALA 1/75

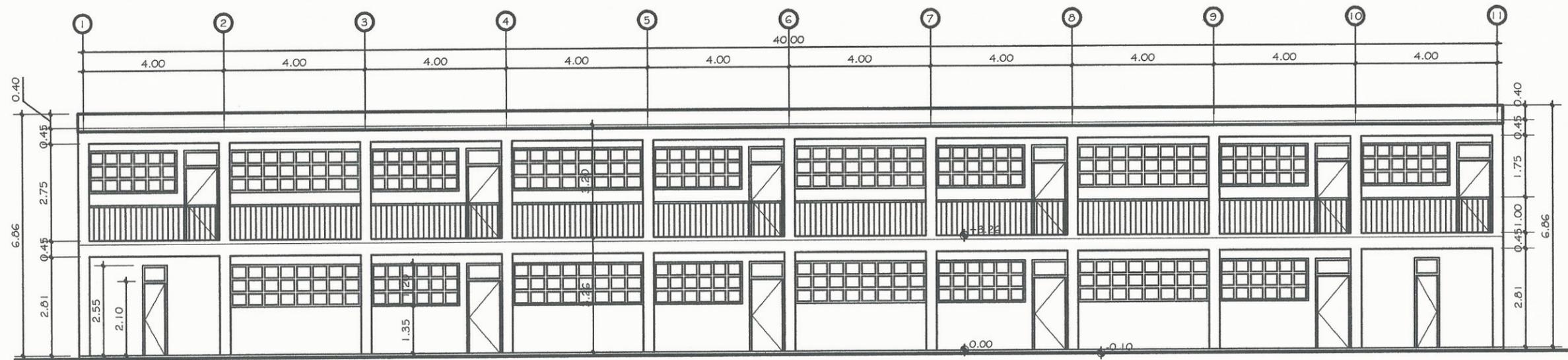
TIPO	SILLAR	DINTEL	OBSERVACIONES
V-1	1.35	2.55	MARCO HIERRO
V-2	2.05	2.55	MARCO HIERRO

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	CERNIDO VERTICAL
	BLANQUEADO
	PIEDRA LAJA (ASTILLA)
	LADRILLO VISTO
	TIPO DE VENTANA
	SILLAR
	DINTEL
	ALTO
	ALTO
	CIELO
	CERNIDO REMOLINADO
	TORTA CEMENTOALISADO
	PUERTA DE MADRELA
	ANCHO DE LA PUERTA
	PUERTA DE HIERRO
	ANCHO DE LA PUERTA
	PUERTA CORREDEZA
	ANCHO DE LA PUERTA
	ASILLADO DE NIVEL
	DE PISO A CIELO
	ASILLADO DE NIVEL
	DE PISO A 1.20 Mts.



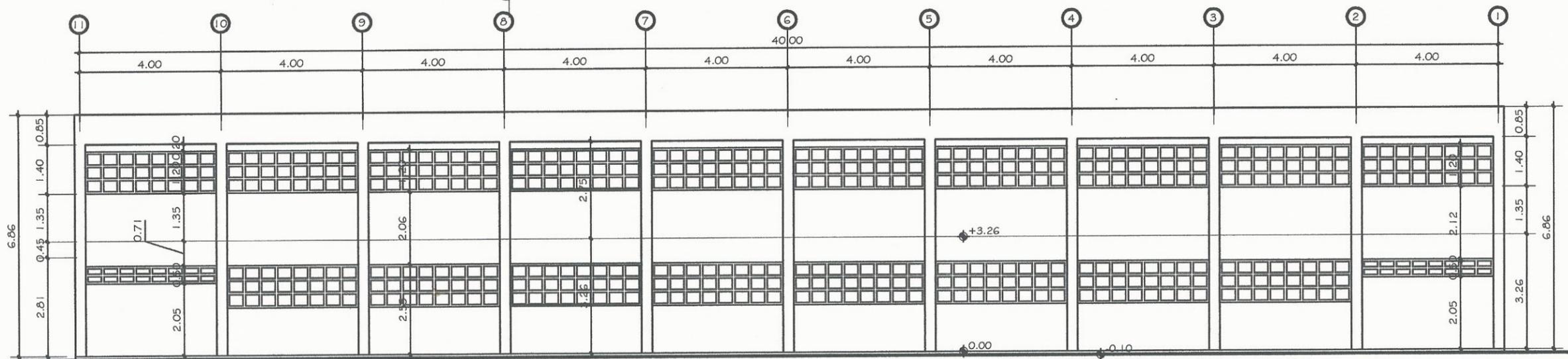
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		DIBUJO: SIS LÓPEZ
UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURUHÚ, BAJA VERAPAZ		DISEÑO: SIS LÓPEZ
CONTENIDO: PLANTA DE ACABADOS		CALCULO: SIS LÓPEZ
		No. 4
		17

Vs. Bto. Ing. Juan María
Asesor.



ELEVACION FRONTAL
ELEVACIONES

ESCALA 1:75

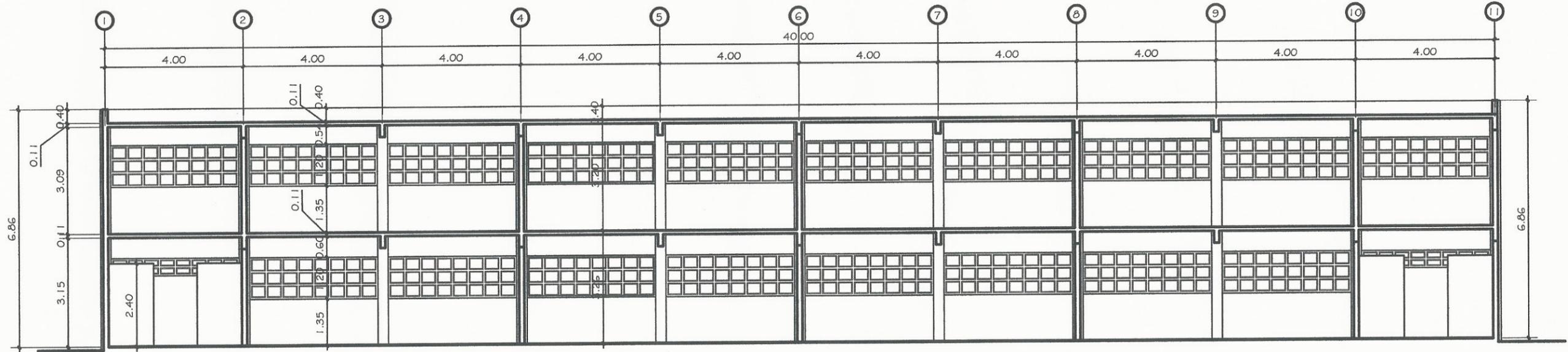


ELEVACION POSTERIOR
ELEVACIONES

ESCALA 1:75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA:
	FACULTAD DE INGENIERIA		INDICADA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		OCTUBRE 2011
	PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES	DIBUJO:
	UBICACION:	BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ	DISEÑO:
CONTENIDO:	ELEVACIONES	CALCULO:	
			5
			17

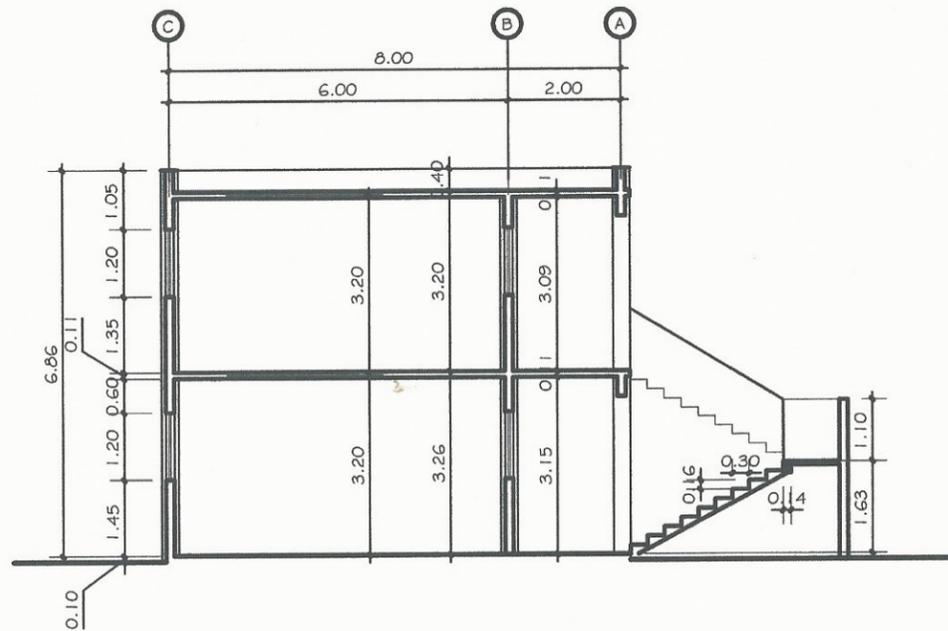
Vo. Do. Ing. Juan Merck
Arquitecto



SECCION LONGITUDINAL

SECCIONES

ESCALA 1:75



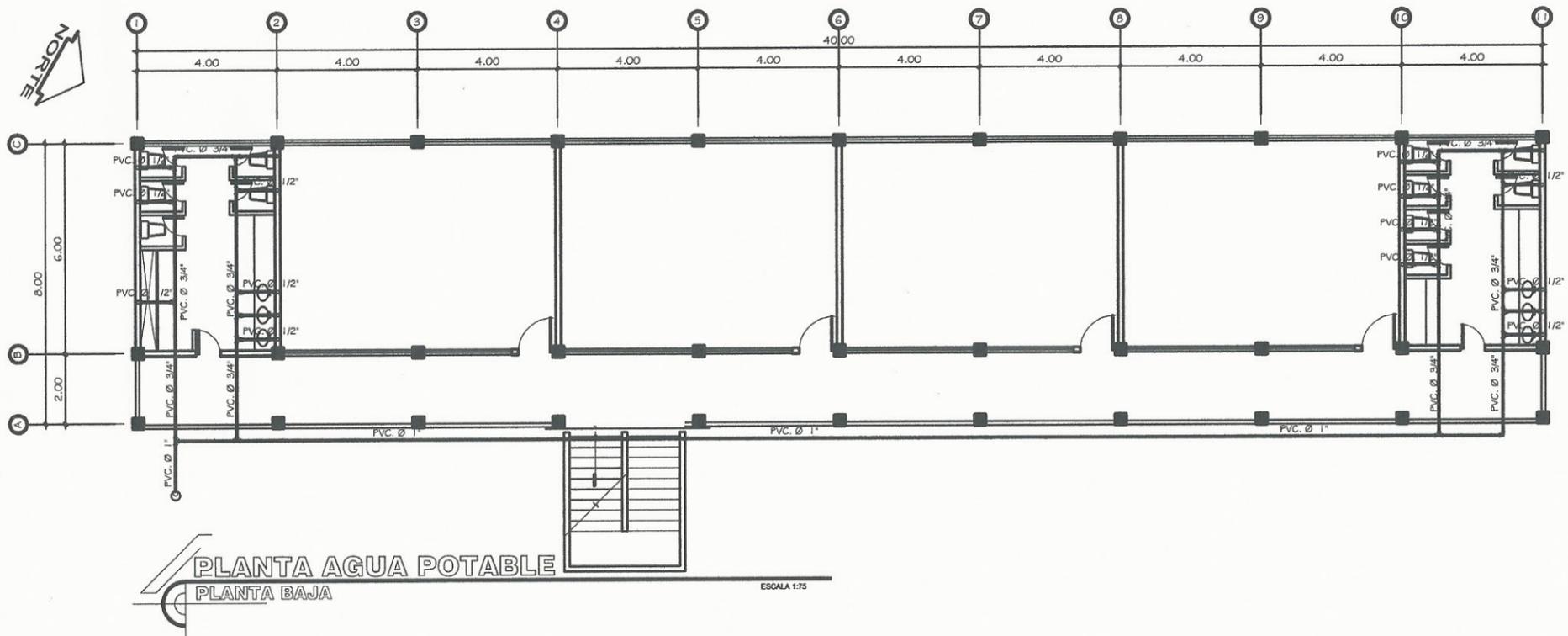
SECCION TRANSVERSAL

SECCIONES

ESCALA 1:75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		DIBUJO: SIS LÓPEZ
	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ		DISEÑO: SIS LÓPEZ
	CONTENIDO: SECCIONES		CALCULO: SIS LÓPEZ
No.			6 17

Vd. Bg. Ing. Juan Mendez
 Autor



PLANTA AGUA POTABLE
PLANTA BAJA

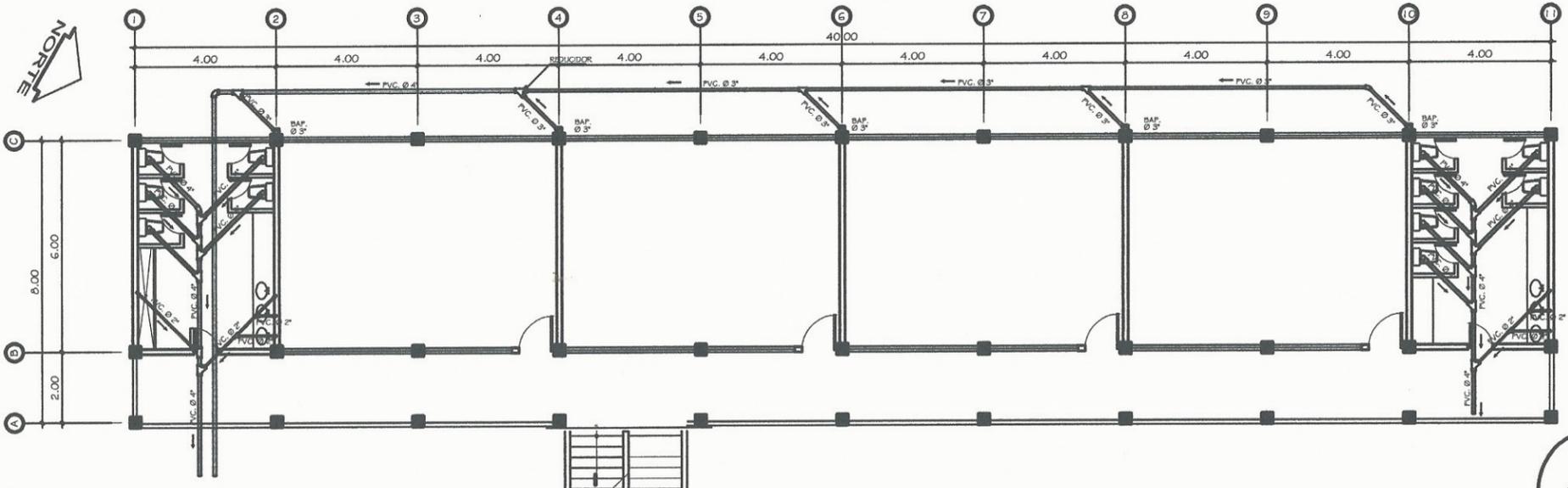
ESCALA 1:75

SIMBOLOGÍA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TEE DE PVC O TC. Ø INDICADO.
	TEE DE PVC O TC. Ø INDICADO.
	CODO PVC O TC. A 90° Ø INDICADO.
	CODO PVC O TC. A 90° Ø INDICADO, SUBE A 2do. NIVEL.
	CODO PVC O TC. A 90° Ø INDICADO.
	CODO PVC O TC. A 45° Ø INDICADO.
	YEE PVC O TC. A 45° Ø INDICADO.
	GRIFO PARA MANGUERA
	TUBO PVC Ø INDICADO*
	TUBERIA DE AGUA CALIENTE
	LLAVE DE COMPUERTA
	TUBERIA DE COBRE PARA AGUA CALIENTE
	REDUCTOR DE TUBERIA

SIMBOLOGÍA DE DRENAJES	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TUBO DE DRENAJE AGUA FLUVIAL
	TUBO DE DRENAJE AGUAS NEGRAS
	SIFÓN TERMINAL
	TEE.
	TEE.
	TEE.
	YEE.
	YEE.
	CODO 90°.
	CODO 90°.
	CODO 45°.
	CODO 90°.
	REDUCTOR DE 4" A 2"
	INDICA SENTIDO DE PENDIENTE 2%.
	BAJADAS DE AGUAS FLUVIALES
	BAJADAS DE AGUAS NEGRAS
	CAJA DE TRAMPA DE GRASA
	CAJA TIPO REPOSADORA



DETALLE DE BAP



PLANTA DE DRENAJES
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES

UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ

CONTENIDO: AGUA POTABLE Y DRENAJES

ESCALA: INDICADA

OCTUBRE 2011

DIBUJO: SIS LÓPEZ

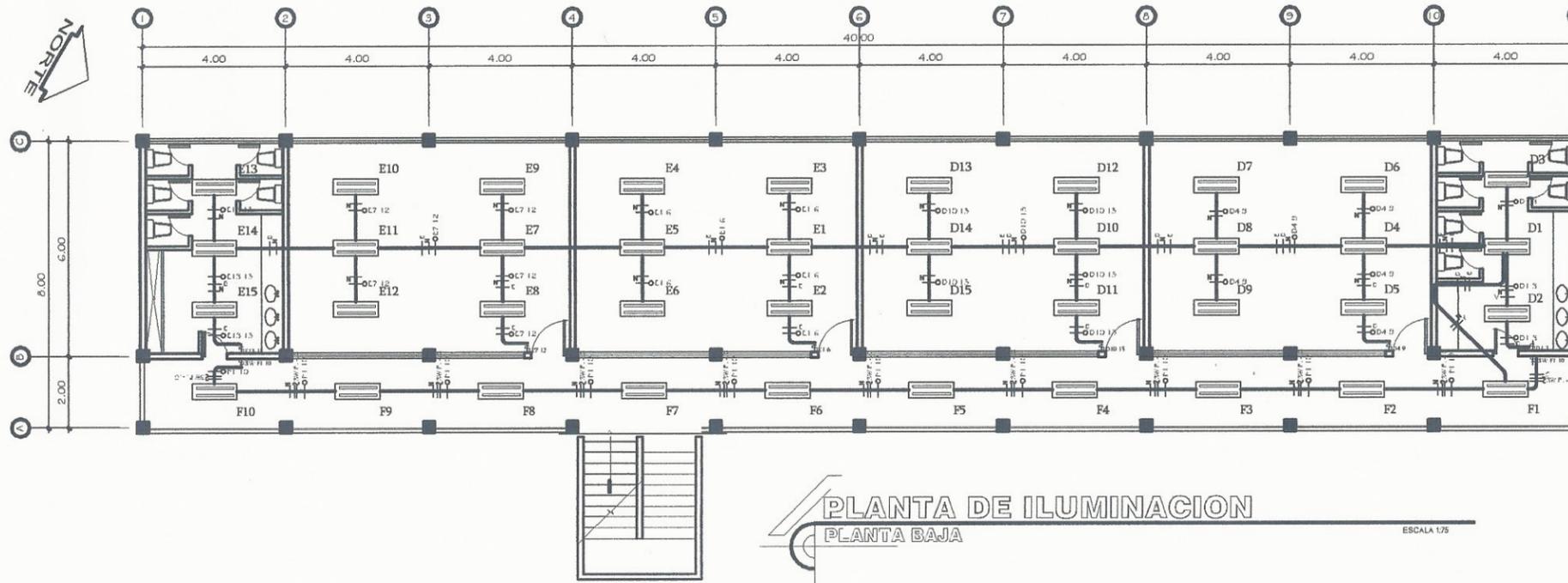
DISEÑO: SIS LÓPEZ

CALCULO: SIS LÓPEZ

7

17

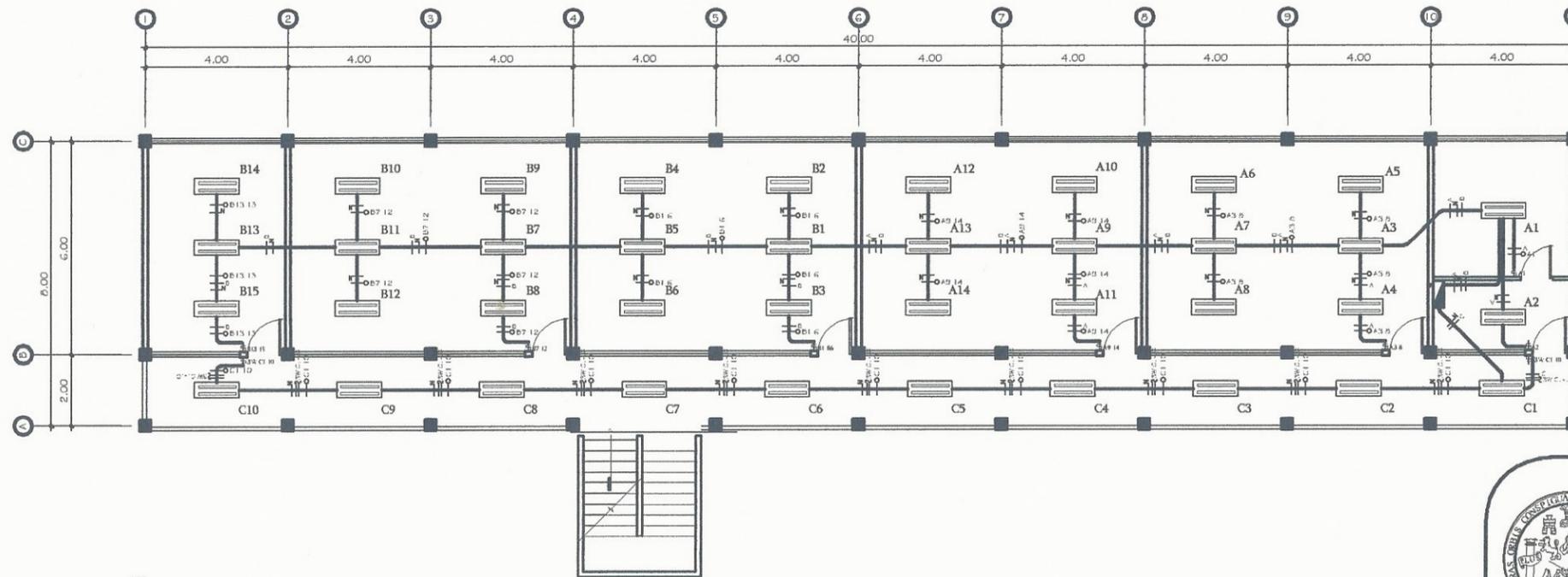
Vc. Do. Ing. Juan Menchú
Autor



PLANTA DE ILUMINACION
PLANTA BAJA

ESCALA 1/75

SIMBOLOGIA DE ILUMINACION	
SIMBOLO	SIGNIFICADO
	ILUMINACION EN OBL
	ILUMINACION EN PARED
	ILUMINACION PARA REFLECTORES DOBLE
	ILUMINACION PARA REFLECTORES SIMPLE
	ILUMINACION DE TECHO TIPO OJO DE BUEY
	LINEA NEUTRAL
	LINEA DE FUENTE
	LINEA VIVA
	LINEA DE RETORNO
	INTERRUPTOR SIMPLE
	INTERRUPTOR DOBLE
	INTERRUPTOR TRIPLE
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	TUBO EMPOTRADO EN LOSA
	TUBO EMPOTRADO EN PISO
	ILUMINACION EN PARED ALTURA = 2.40
	TUBO EMPOTRADO EN OBL

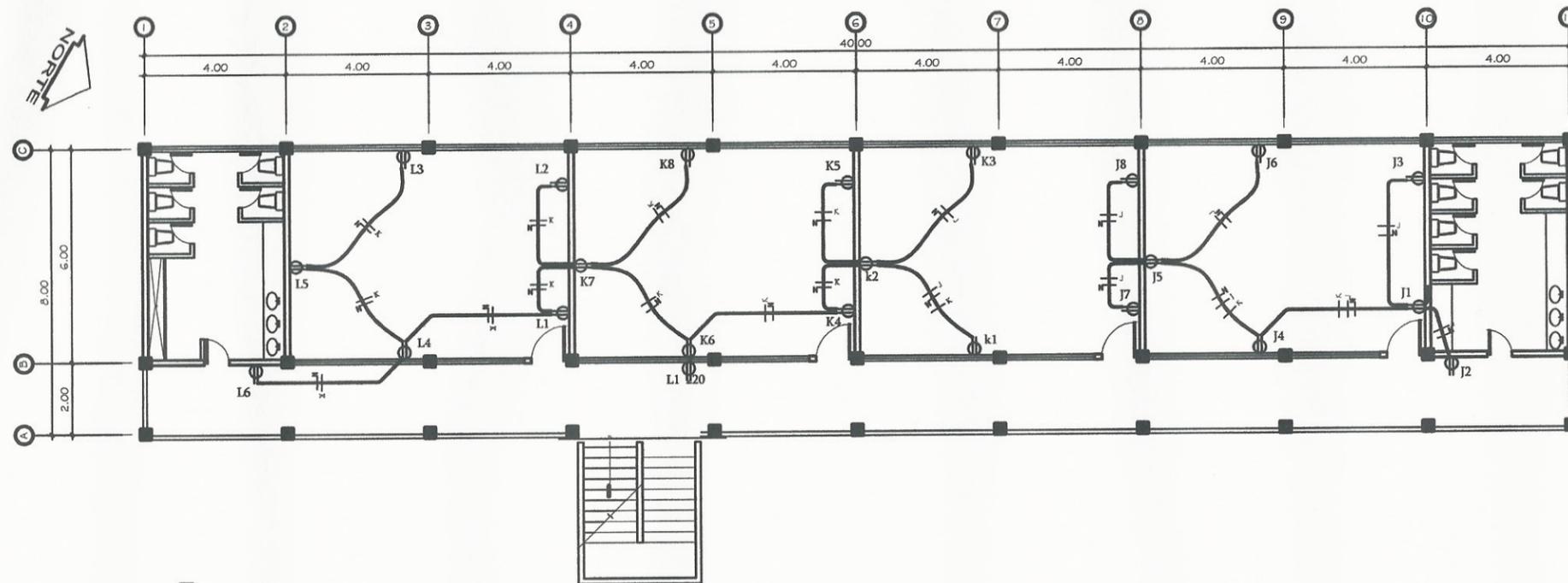


PLANTA DE ILUMINACION
PLANTA ALTA

ESCALA 1/75

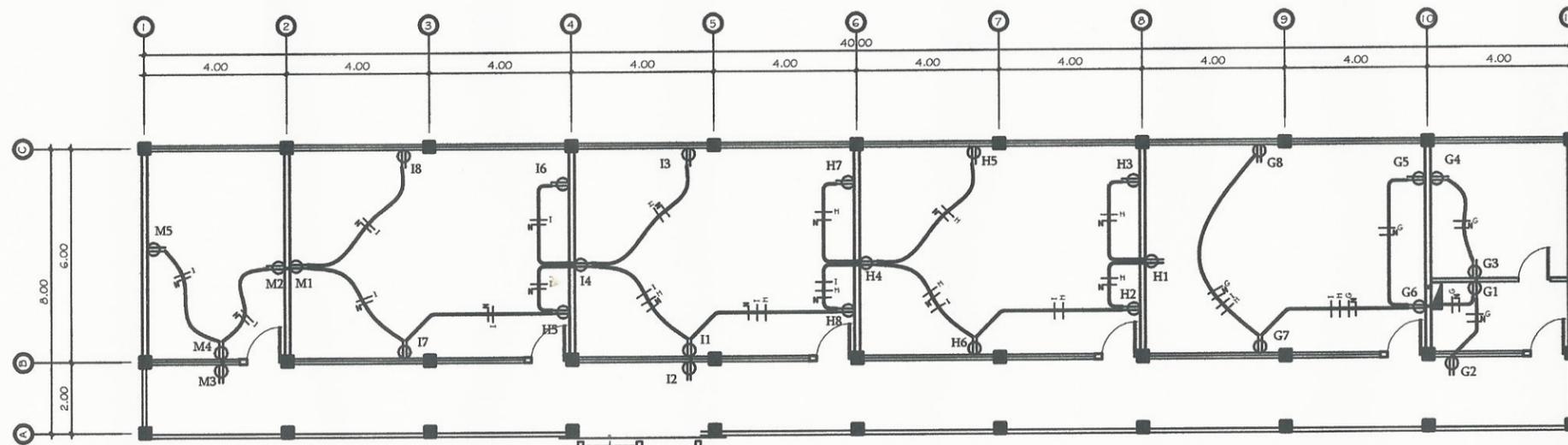


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
PROYECTO: CONSTRUCCION DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		FECHA: OCTUBRE 2011
UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURUBAJ, CA. A. VIZAMPAZ		PROFESOR: S/S LÓPEZ
CONTENIDO: ILUMINACION		ALUMNO: S/S LÓPEZ
		No. 8
		No. 17



PLANTA DE FUERZA
PLANTA BAJA

ESCALA 1/75



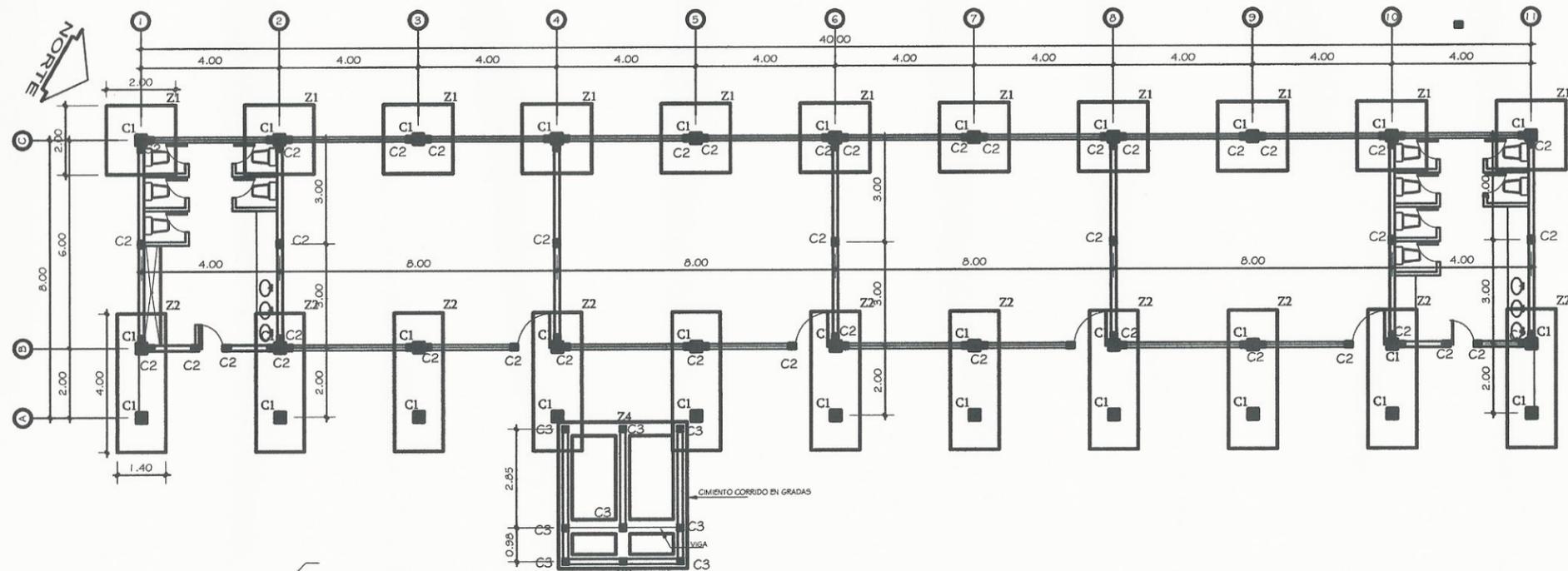
PLANTA DE FUERZA
PLANTA ALTA

ESCALA 1/75

SIMBOLOGÍA DE FUERZA	
SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	TOMACORRIENTE DOBLE
	TOMACORRIENTE A UNA ALTURA DE 1.20
	TOMACORRIENTE A UNA ALTURA DE 1.80
	TOMACORRIENTE SIMPLE
	TOMACORRIENTE 220 V.
	TOMACORRIENTE CORRIENTE REGULADA
	TABLERO DE DISTRIBUCION
	LINEA NEUTRA
	LINEA VIVA
	FOLIDUCTO EMPOTRADO EN PISO.
	ENTRADA DE TELEFONO.
	ENTRADA DE TELEVISION
	BOCINA BASE
	BOCINA
	INTERCOMUNICADOR
	TIMBRE
	TOMACORRIENTE EN PISO



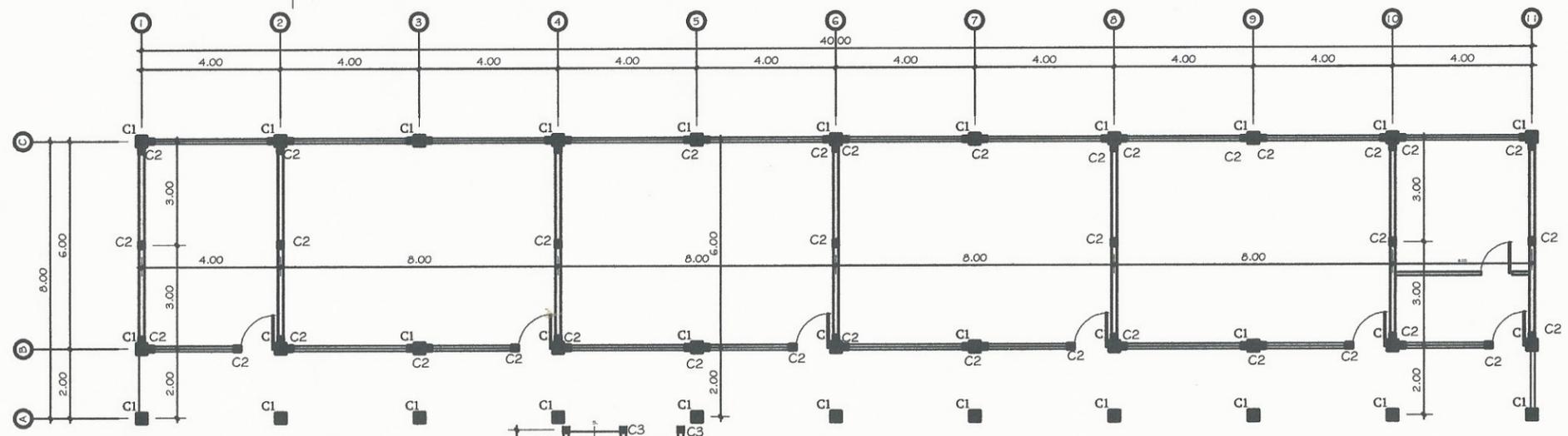
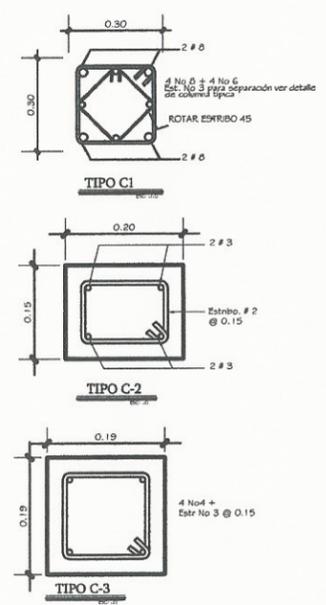
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES	DIBUJO:
UBICACION:	BARRIO EL CALVARIO, FURULUHÁ, BAJA VERAPAZ	DISEÑO:
CONTENIDO:	FUERZA	CALCULO:
		9
Vo. Bo. Ing. Juan María Pérez		17



PLANTA DE CIMENTACION

PLANTA BAJA

ESCALA 1:75

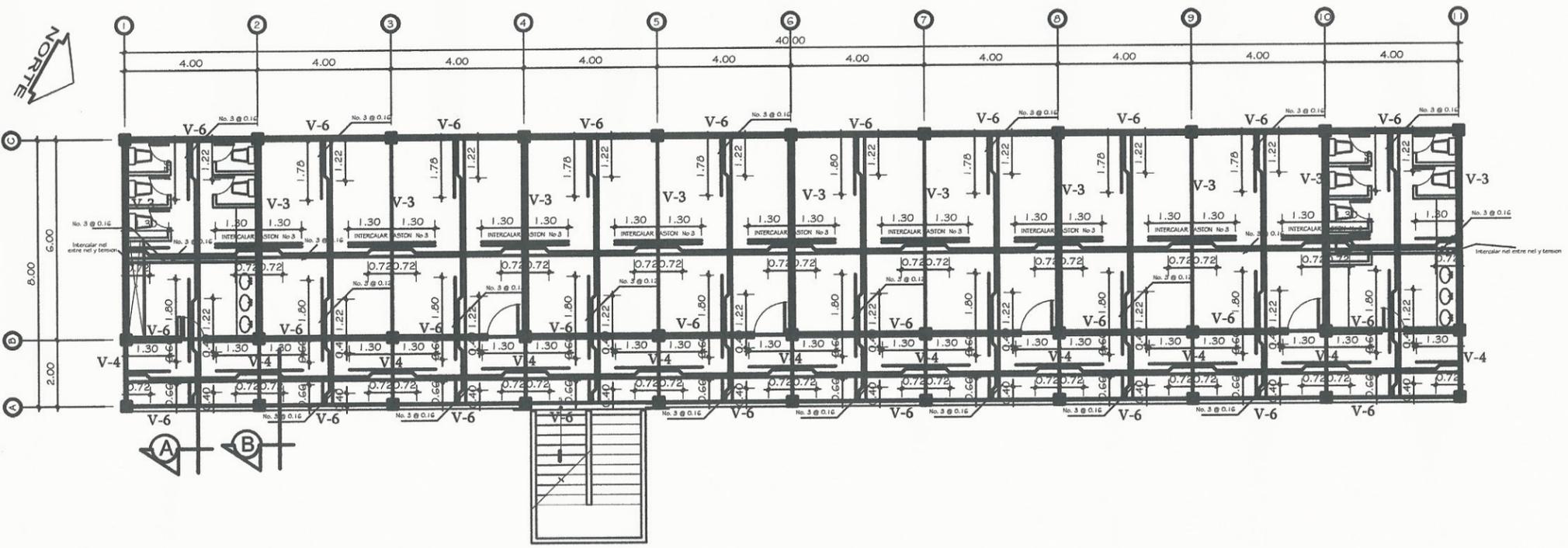


PLANTA DE CIMENTACION

PLANTA ALTA

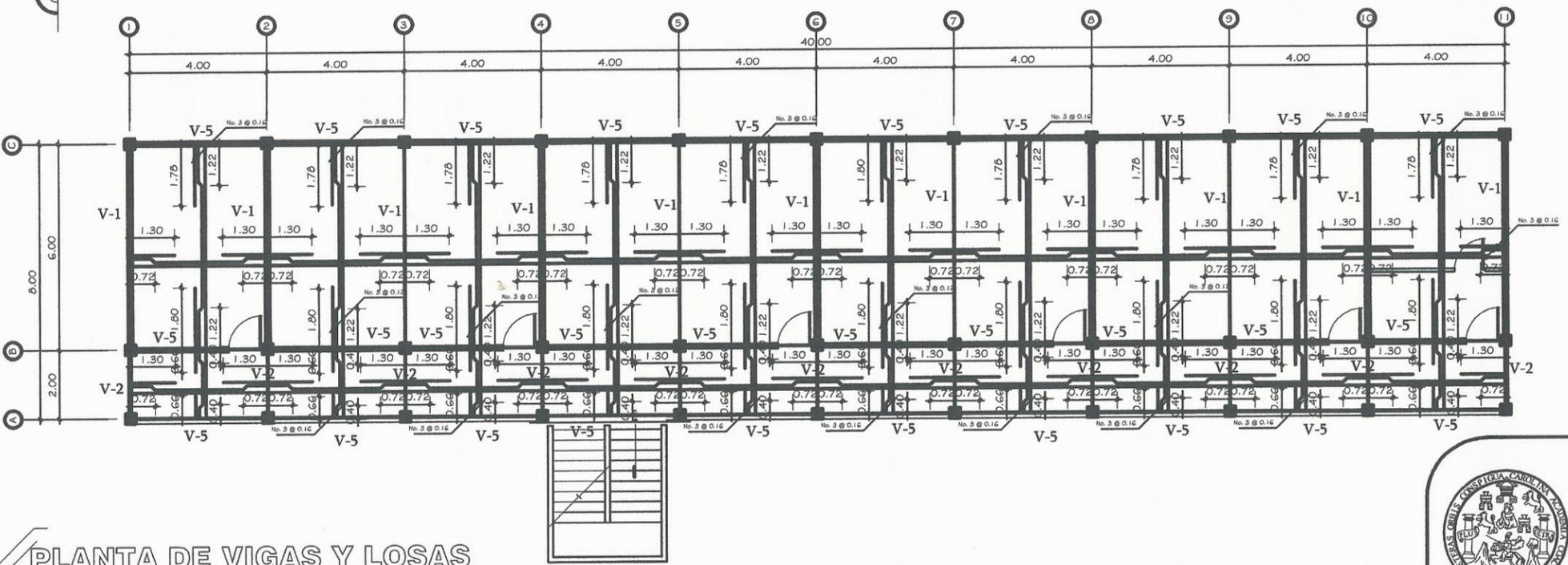
ESCALA 1:75

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA: INDICADA
	FACULTAD DE INGENIERIA		OCTUBRE 2011
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		
	PROYECTO: CONSTRUCCION DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		DIBUJO: SIS LÓPEZ
UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ		DISEÑO: SIS LÓPEZ	
CONTENIDO: CIMENTACION		CALCULO: SIS LÓPEZ	
			No. 10
Vo. Bto. Ing. Juan Marco Pérez			17



PLANTA VIGAS Y LOSAS ENTEPISO
PLANTA BAJA

ESCALA 1:75



PLANTA DE VIGAS Y LOSAS
PLANTA ALTA

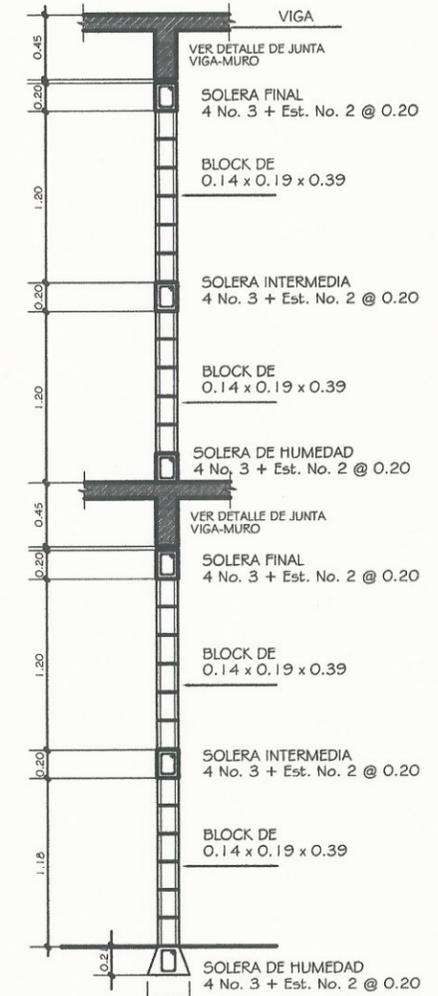
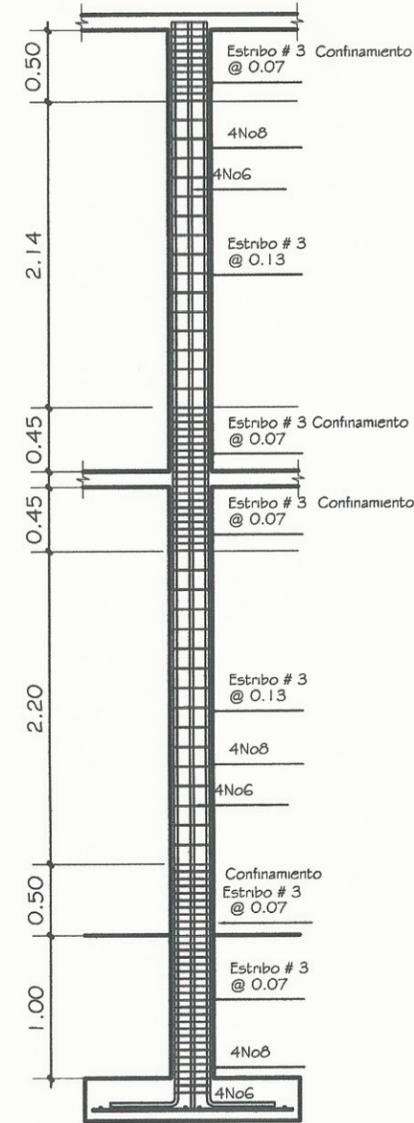
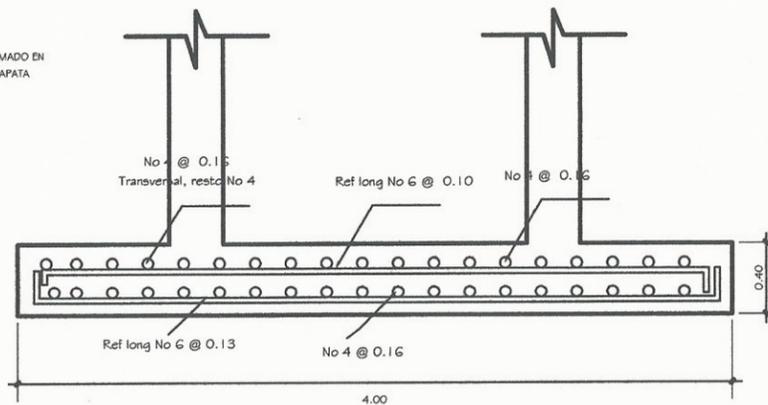
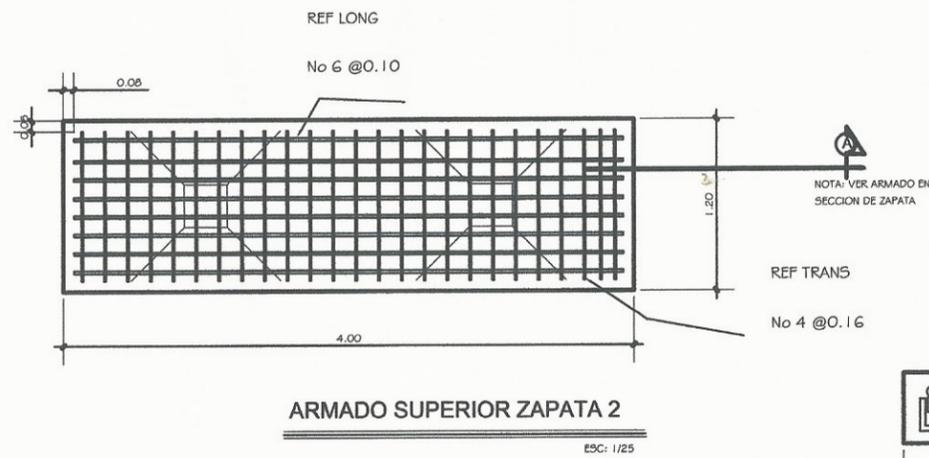
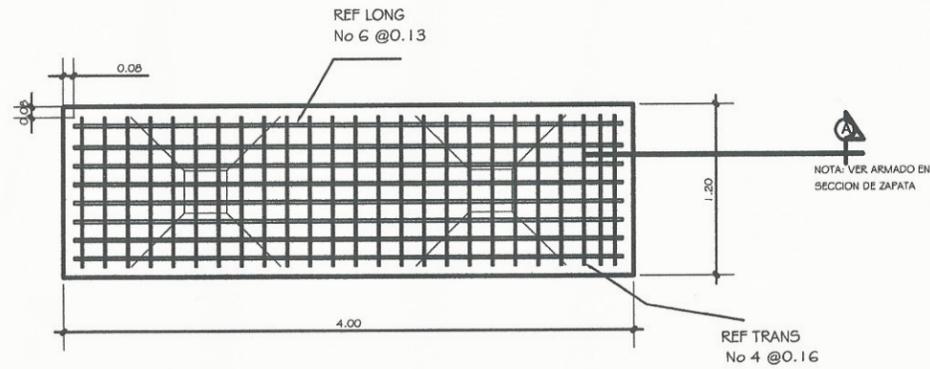
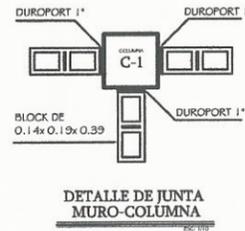
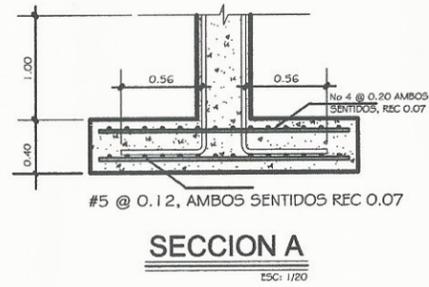
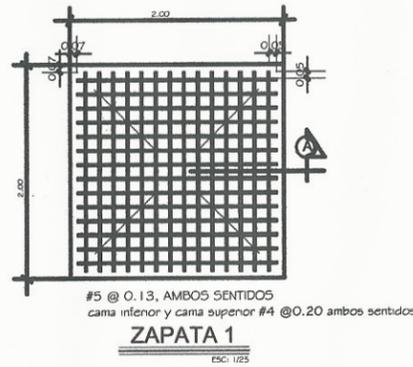
ESCALA 1:75

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
MATERIALES:	
1) $f_y = 2610 \text{ kg/cm}^2$	
2) $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	
3) Recubrimiento mínimo en vigas y columnas no menores a 0.05 m	
4) Doblez mínimo refuerzo de varas 0.25 m	
5) Traslape mínimo 0.60 m	
6) No se permiten traslapes en zona de confinamiento de estribos tanto para vigas como en columnas	
7) Utilizar agregado para fundaciones de 3/4 de p/g.	
8) Los traslapes deben desfasarse, no trasladar las varillas en la misma ubicación.	
9) doblajes en estribos a 45 y longitud mínima de 0.075 m	
10) Todas las dimensiones lineales corresponden a metros.	
11) $V_s = 25 \text{ ton/m}^2$ (ensayo compresión lateral)	
Nota: Verificar el valor soporte del suelo a través de un ensayo dinámico previo a la construcción.	

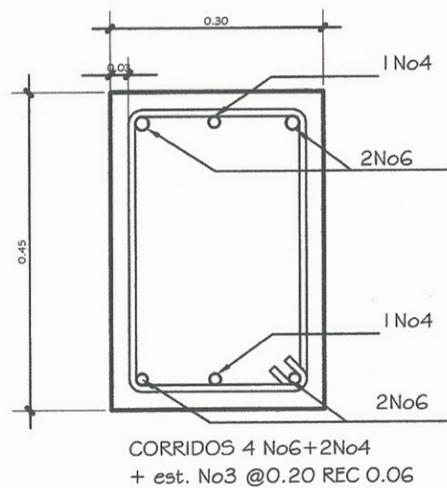
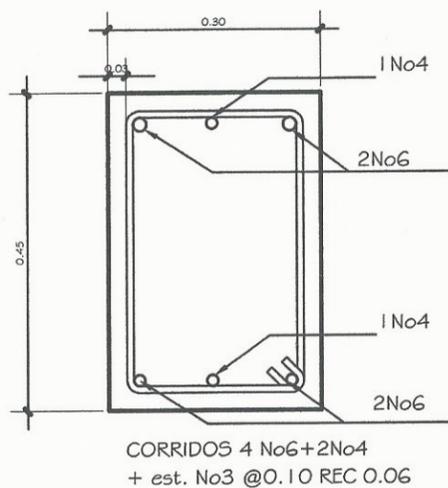
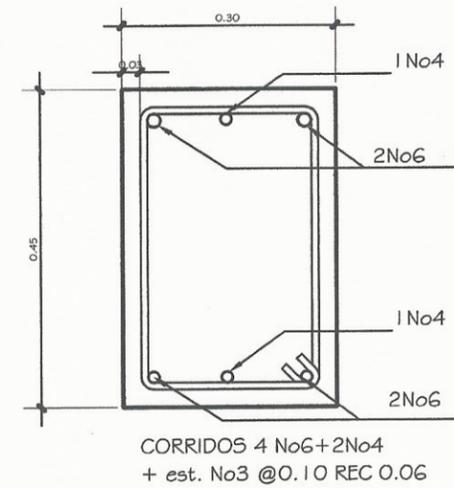
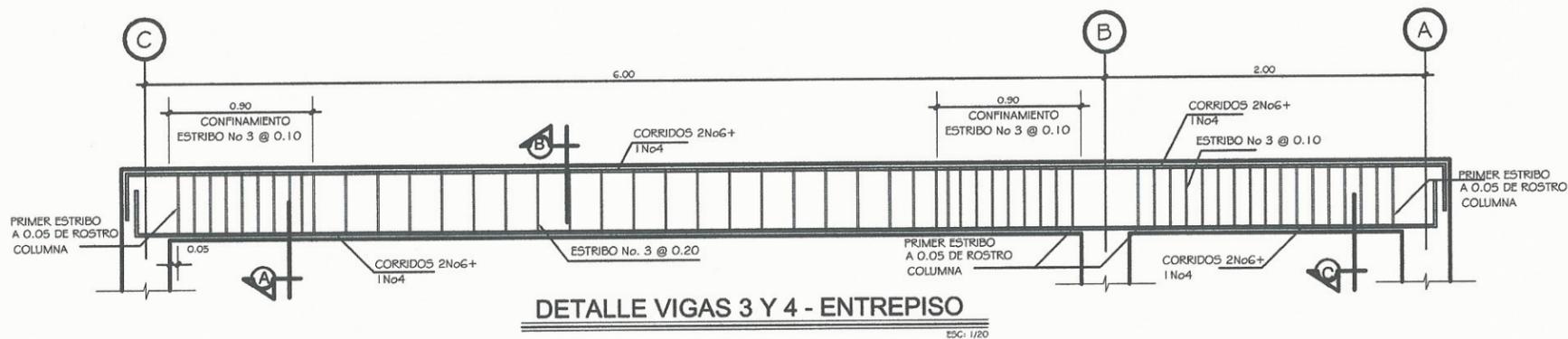
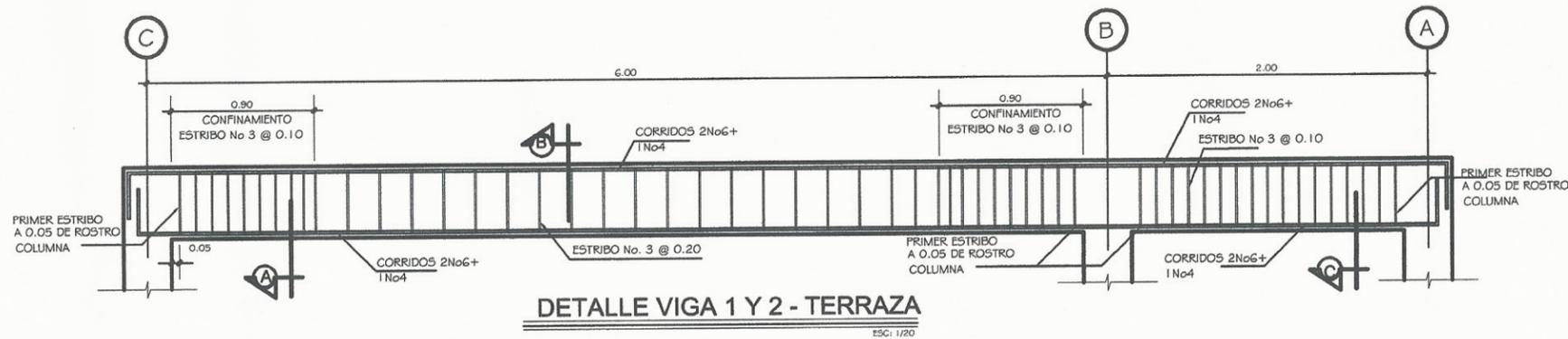


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ	OCURRE 2011 DIBUJO: SIS LÓPEZ DISEÑO: SIS LÓPEZ CALCULO: SIS LÓPEZ
CONTENIDO: VIGAS Y LOSAS		No 11 17

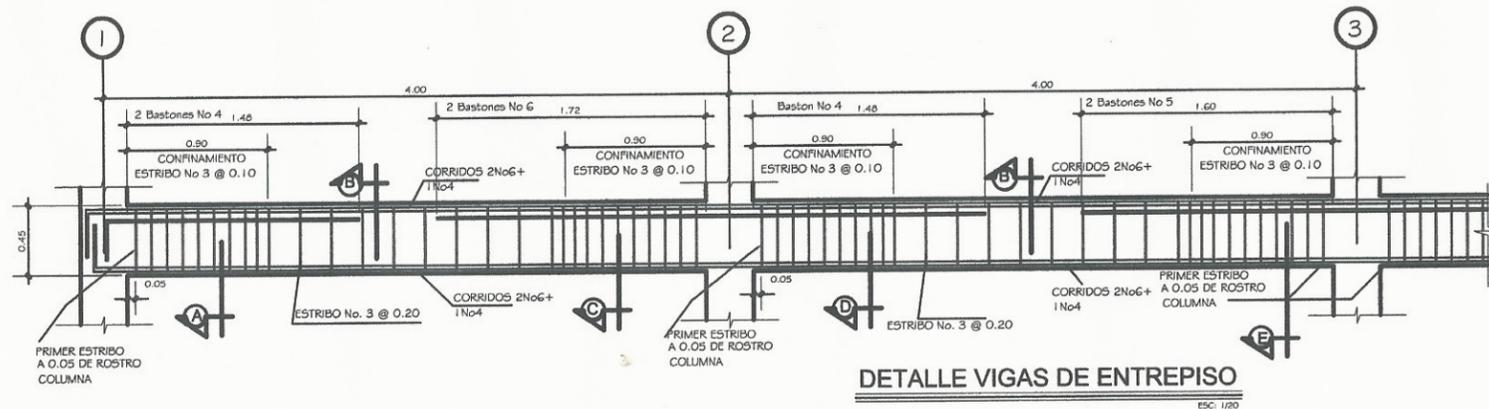
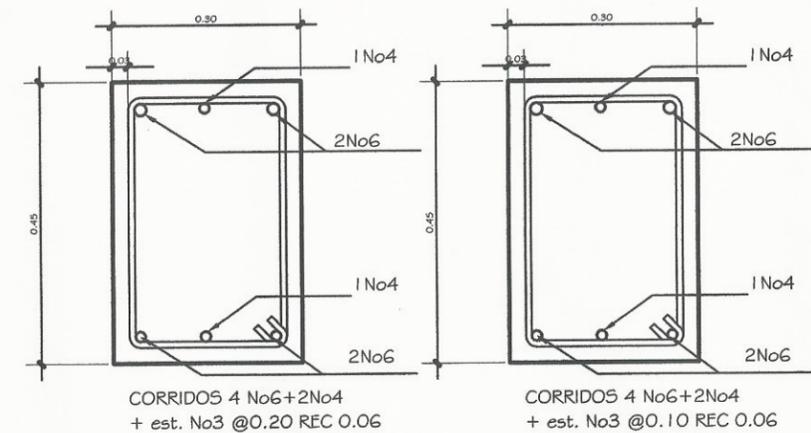
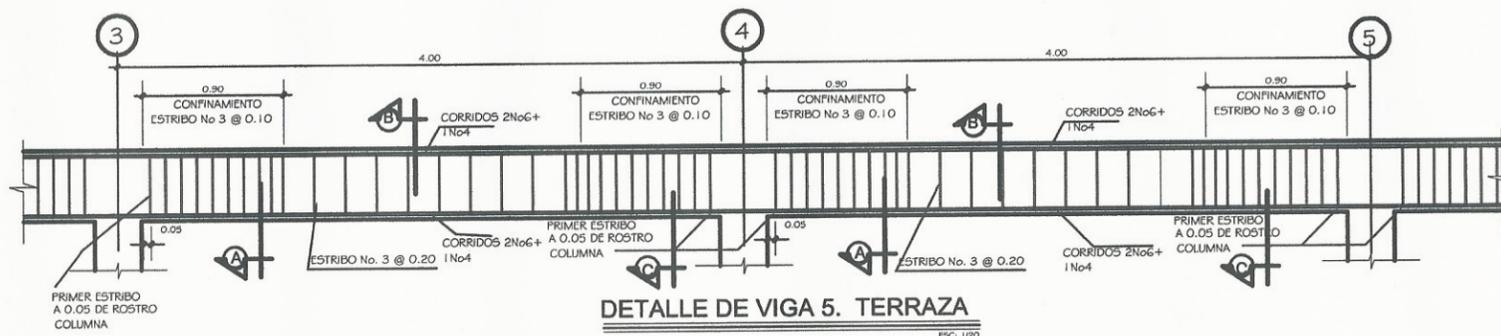
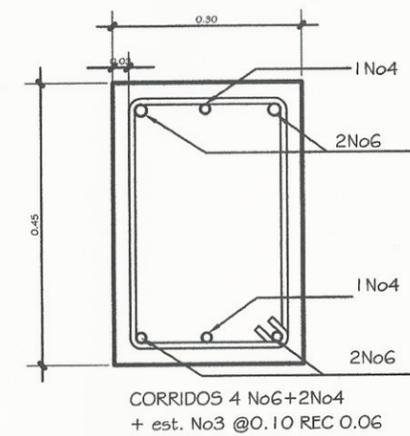
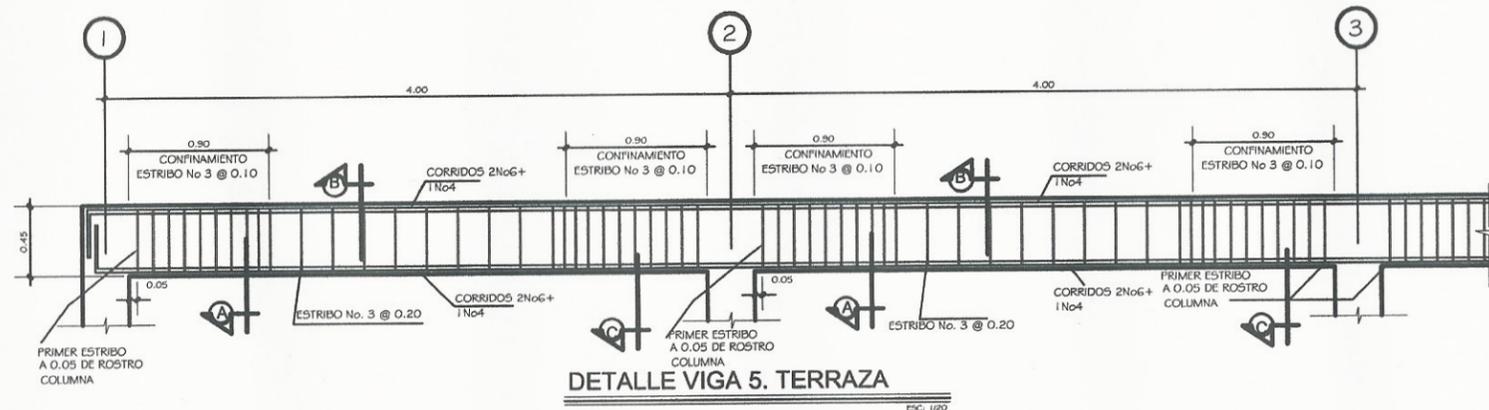
No. De Ing. Juan Manuel López



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA INDICADA
	FACULTAD DE INGENIERIA		OCTUBRE 2011
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		DIBUJO: SIS LÓPEZ
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		DISEÑO: SIS LÓPEZ
UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ		CALCULO: SIS LÓPEZ	12
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES		17	
Va. Bn. Ing. Juan Merck Asesor			

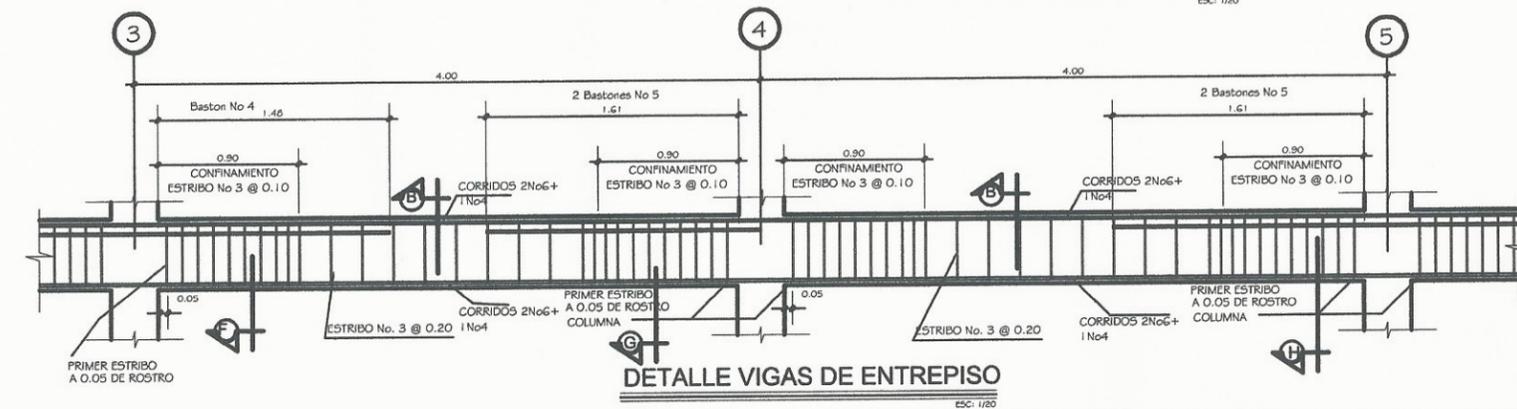


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA: INDICADA
	FACULTAD DE INGENIERÍA		OCTUBRE 2011
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		DIBUJO: SIS LÓPEZ
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		DISEÑO: SIS LÓPEZ
UBICACIÓN: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ		CALCULO: SIS LÓPEZ	No. 13 17
CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES			
Vb. Bn. Ing. Juan Mendez Asesor			



**SECCION DE VIGAS SEGUNDO NIVEL
EJES NUMERICOS**

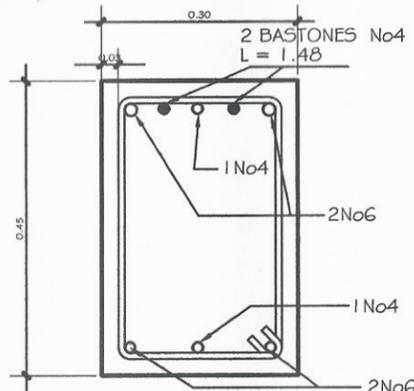
ESC: 1/5



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		FECHA: OCTUBRE 2011
	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHA, BAJA VERAPAZ		DISEÑO: SIS LÓPEZ
	CONTENIDO: DETALLE ESTRUCTURALES		CALCULO: SIS LÓPEZ
			No. 14 17

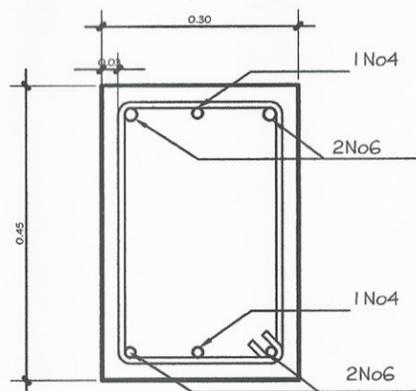
SECCION DE VIGAS PRIMER NIVEL EJES NUMERICOS

ESC: 1/10



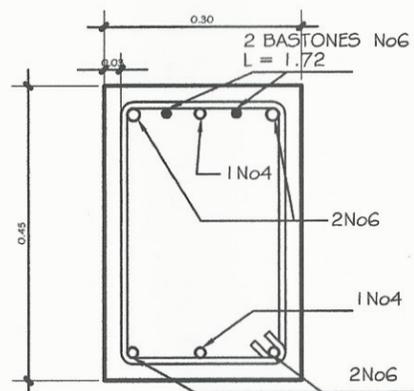
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION A-A



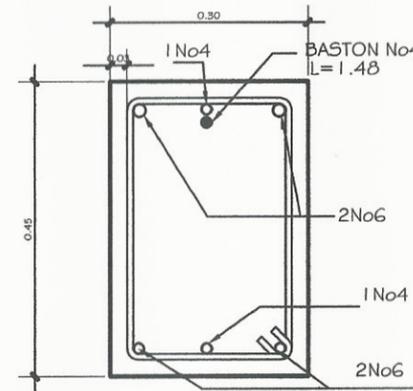
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.20 REC 0.06

SECCION B-B



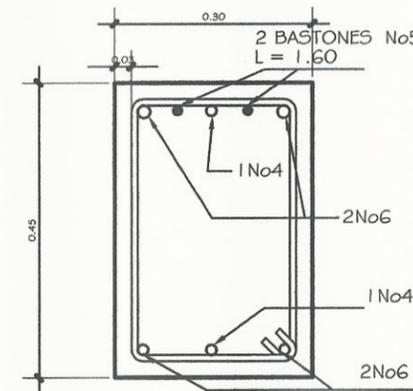
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION C-C



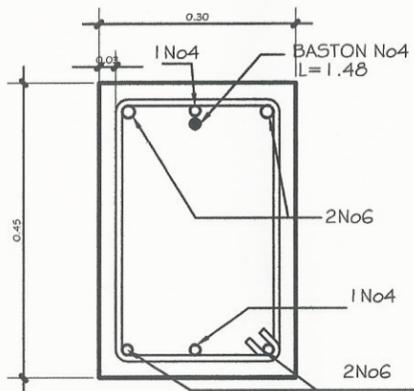
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION D-D



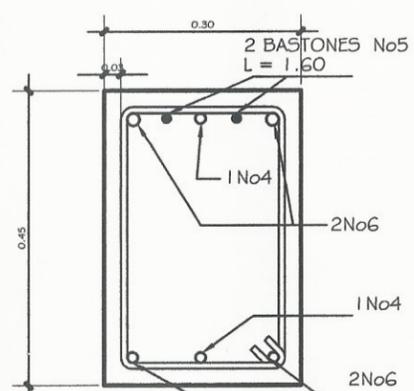
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION E-E



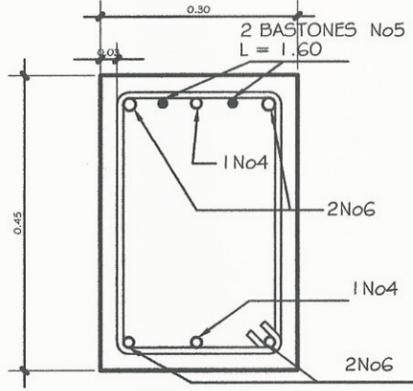
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION F-F



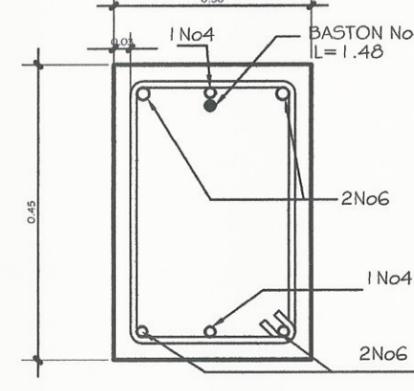
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION G-G



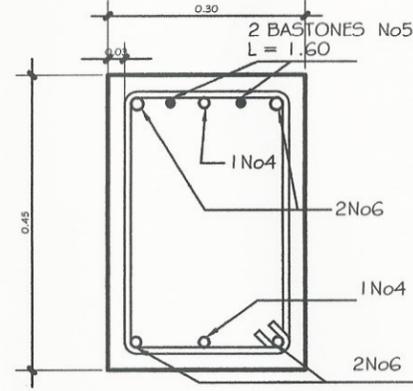
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION H-H



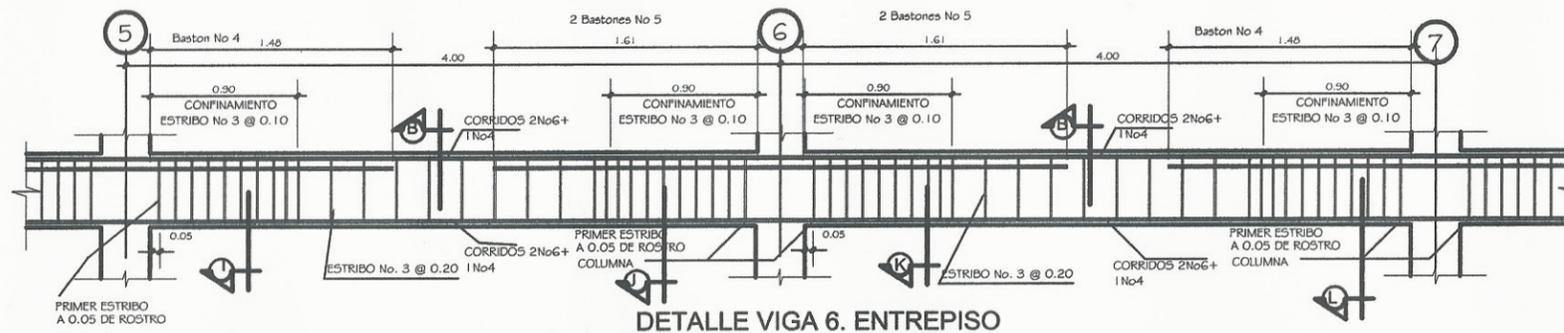
CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

SECCION I-I



CORRIDOS 4 No6+2No4
+ est. No3 @0.10 REC 0.06

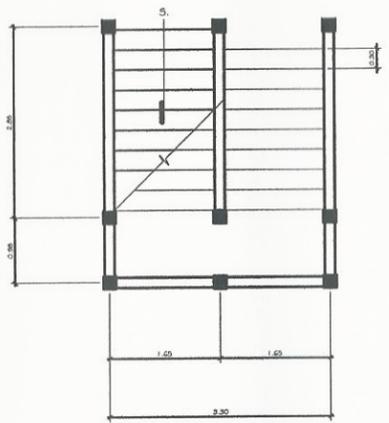
SECCION J-J



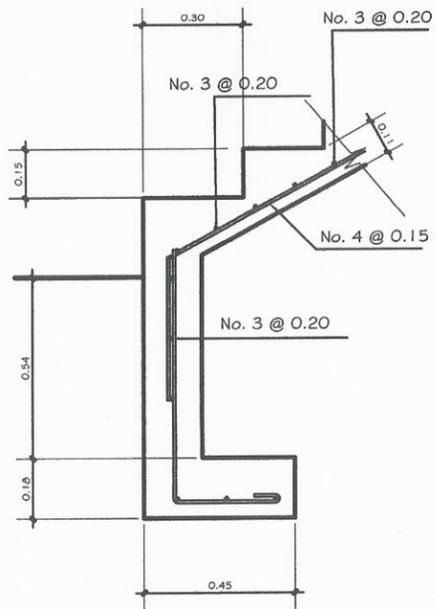
DETALLE VIGA 6. ENTREPISO

ESC: 1/20

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES		OCTUBRE 2011
UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ		DISEÑO: SIS LÓPEZ	DISEÑO: SIS LÓPEZ
CONTENIDO: DETALLE ESTRUCTURALES		CALCULO: SIS LÓPEZ	No 15
Vo. Bo. Ing. Juan Merck Alvarado			No 17

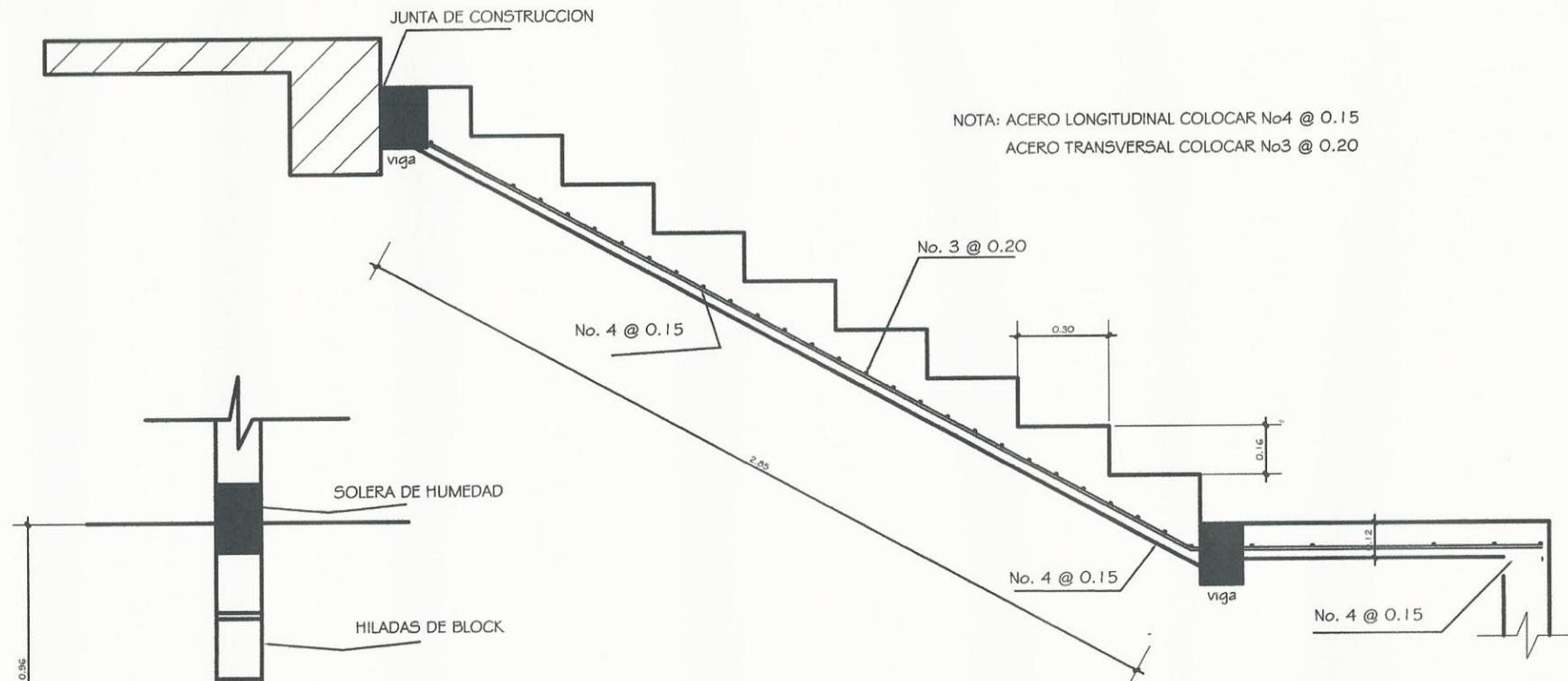


MODULO DE GRADAS
ESC: 1/10



DETALLE DE CIMENTACION DE GRADAS

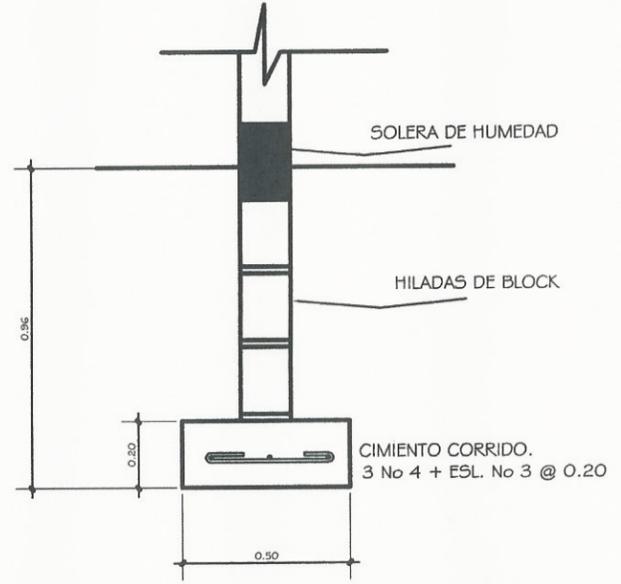
ESC: 1/10



NOTA: ACERO LONGITUDINAL COLOCAR No4 @ 0.15
ACERO TRANSVERSAL COLOCAR No3 @ 0.20

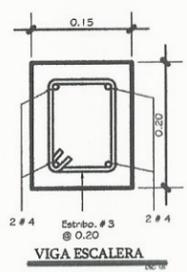
DETALLE TIPICO DE GRADAS

ESC: 1/10

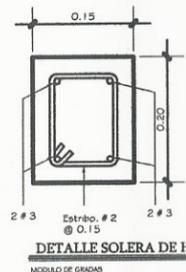


CIMENTO CORRIDO

MODULO DE GRADAS ESC: 1/10



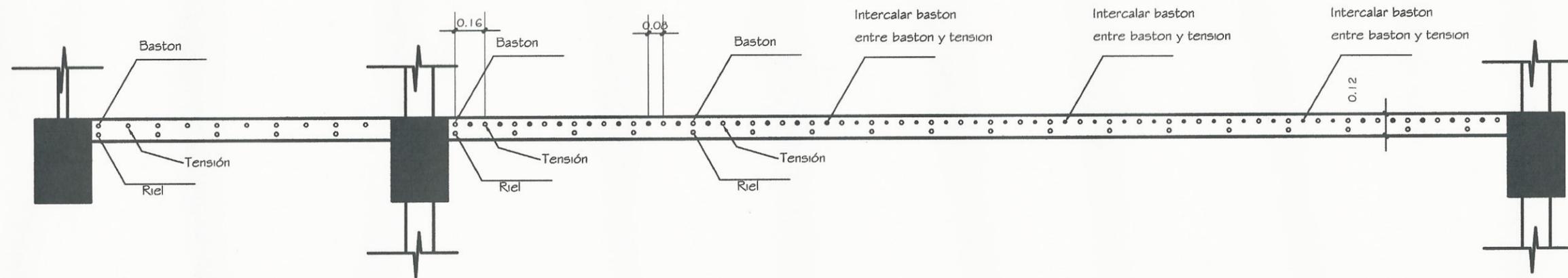
VIGA ESCALERA



DETALLE SOLERA DE HUMEDAD

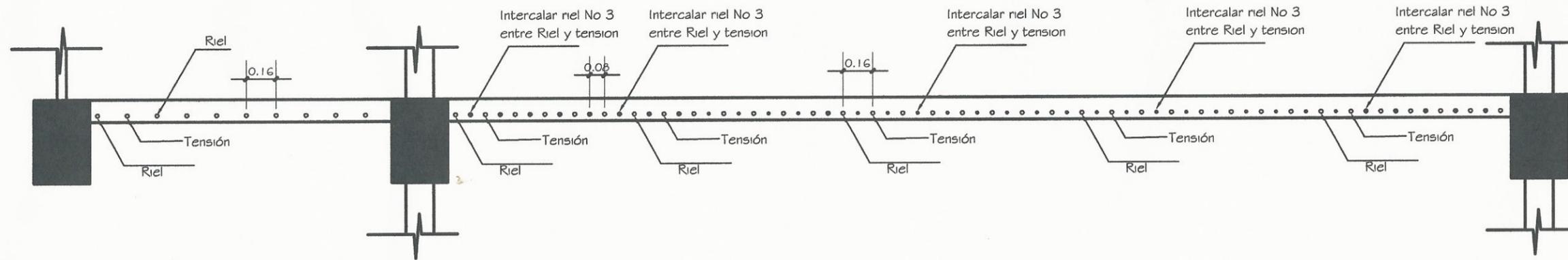


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA OCTUBRE 2011
PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ	DISEÑO: SIS LÓPEZ
CONTENIDO: DETALLE ESTRUCTURALES		CALCULO: SIS LÓPEZ
Vc. Dc. Ing. Juan March Alonso		No. 16 17



SECCION B DE LOSAS

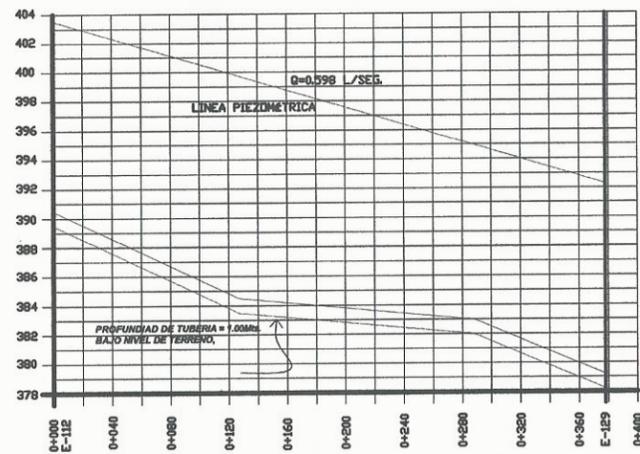
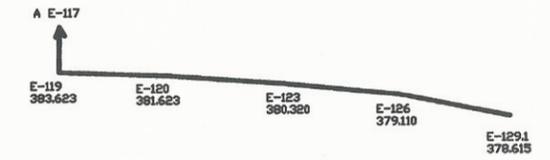
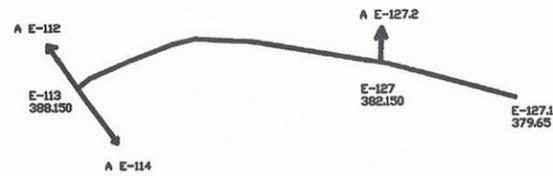
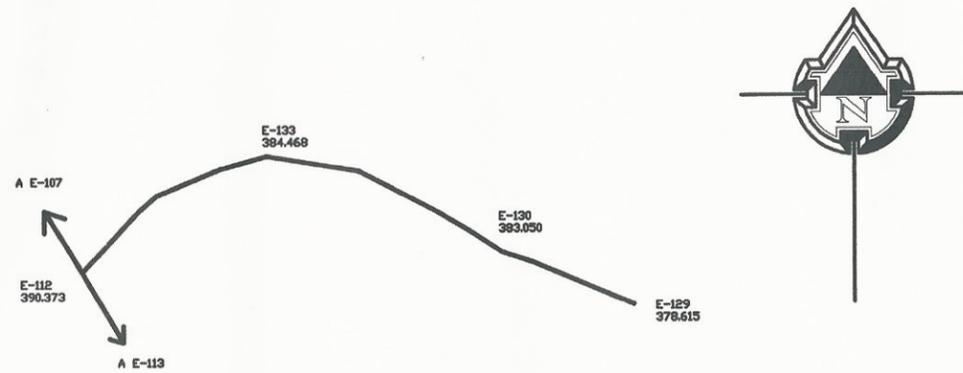
ESC: 1/20



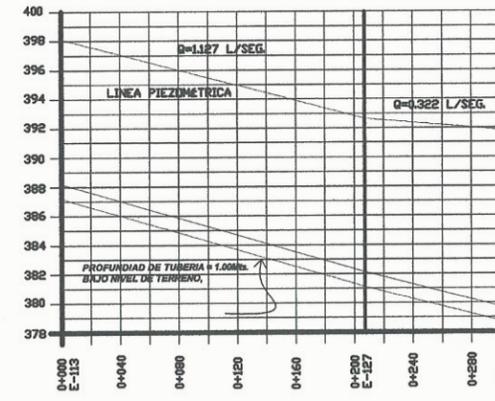
SECCION A DE LOSAS

ESC: 1/20

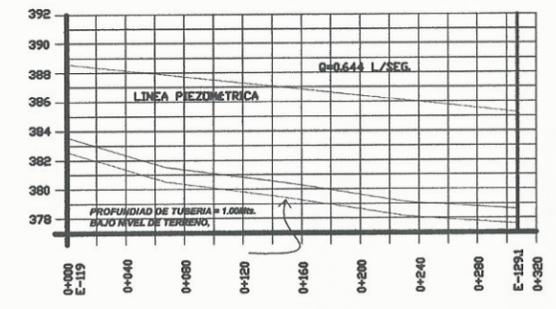
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		ESCALA:
	FACULTAD DE INGENIERÍA		INDICADA
	EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		OCTUBRE 2011
	PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES	DIBUJO:
	UBICACION:	BARRIO EL CALVARIO, PUEBLA, BAJA VERAPAZ	DISEÑO:
CONTENIDO:	DETALLE ESTRUCTURALES	CALCULO:	
Vo. Bo. Ing. Juan Merch Pérez			No 17



72 TUBOS PVC DE 160 PSI DE ϕ 1"



35 TUBOS PVC DE 160 PSI DE ϕ 1 1/4" 17 TUBOS PVC DE 160 PSI DE ϕ 1"

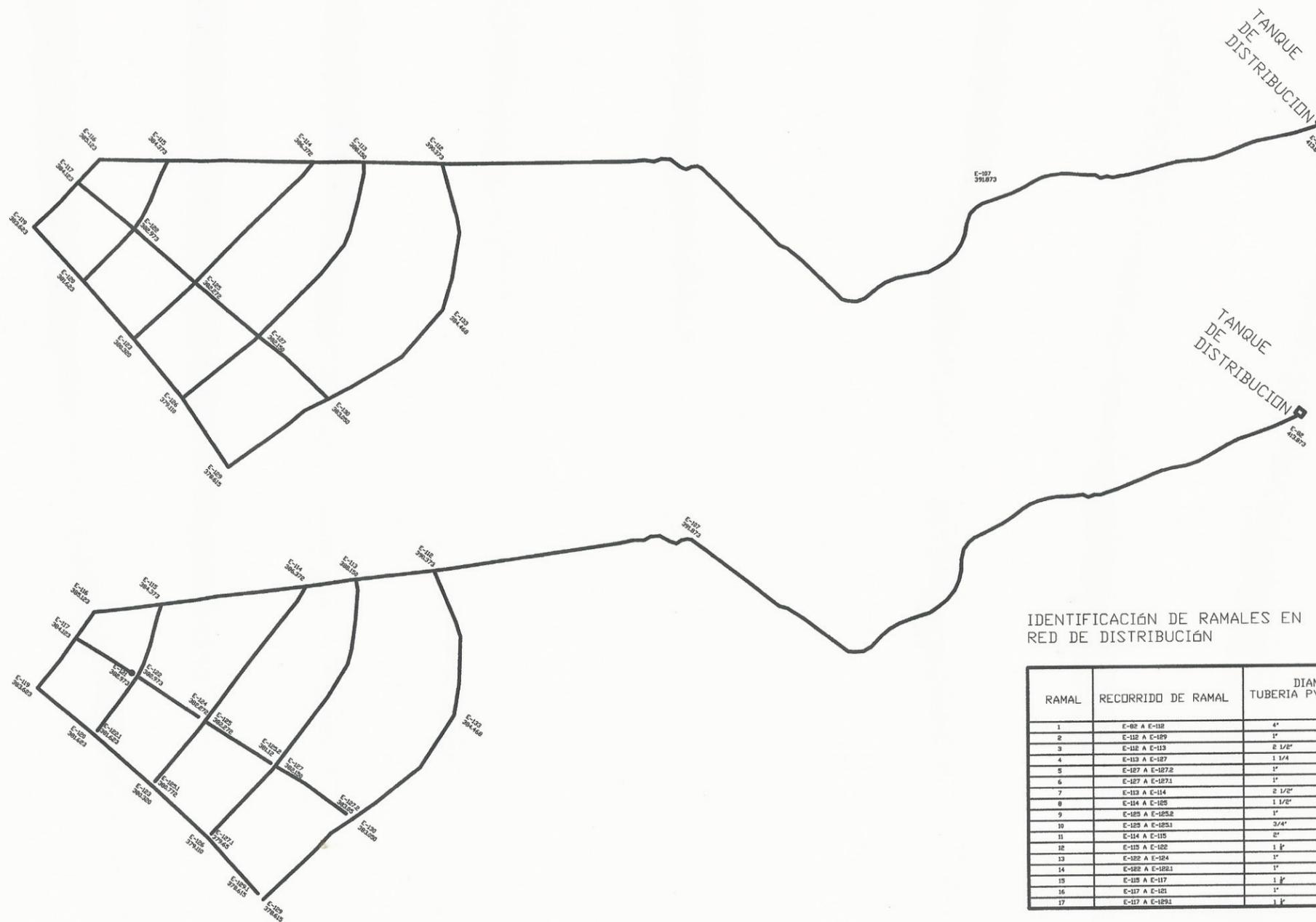


64 TUBOS PVC DE 160 PSI DE ϕ 1 1/4"

PERFILES DE RAMALES

ESCALA HORIZONTAL 1:2500
 ESCALA VERTICAL 1:250

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO: AGUA POTABLE BARRIO EL CALVARIO	DIBUJO: SIS LÓPEZ	
	UBICACIÓN: BARRIO EL CALVARIO, PURULHÁ, BAJA VERAPAZ	DISEÑO: SIS LÓPEZ	
	CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE RED DE DISTRIBUCIÓN	CÁLCULO: SIS LÓPEZ	
Vo. Bn. Ing. Juan Heredia			No. 2 7



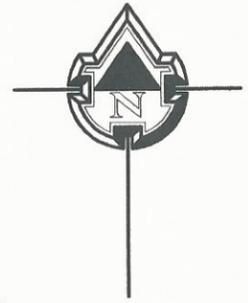
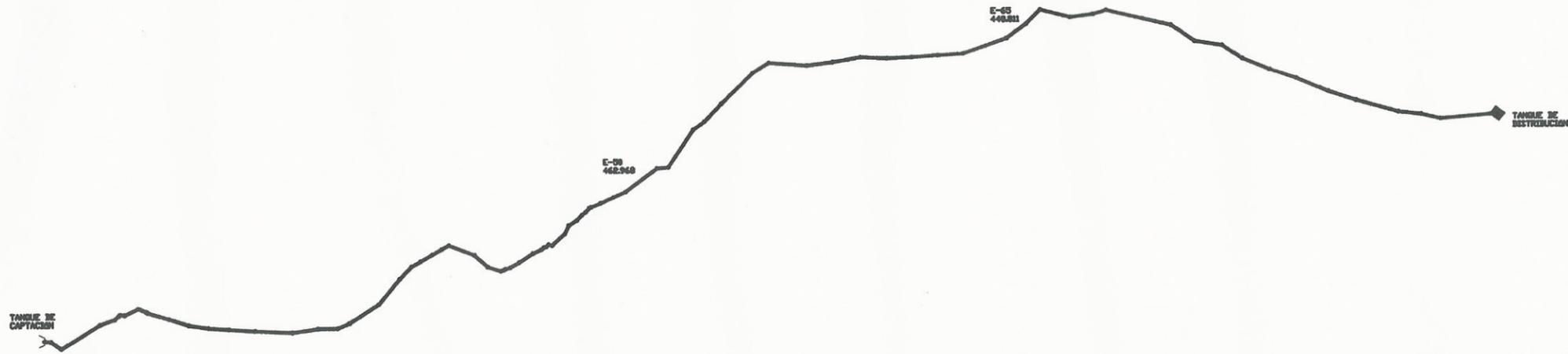
IDENTIFICACIÓN DE RAMALES EN RED DE DISTRIBUCIÓN

RAMAL	RECORRIDO DE RAMAL	DIAMETRO TUBERIA PVC EN PLG
1	E-09 A E-119	4"
2	E-112 A E-129	1"
3	E-112 A E-113	2 1/2"
4	E-113 A E-127	1 1/4"
5	E-127 A E-127.2	1"
6	E-127 A E-127.1	1"
7	E-113 A E-114	2 1/2"
8	E-114 A E-125	1 1/2"
9	E-125 A E-125.2	1"
10	E-125 A E-125.1	3/4"
11	E-114 A E-115	2"
12	E-115 A E-122	1 1/2"
13	E-122 A E-124	1"
14	E-122 A E-122.1	1"
15	E-115 A E-117	1 1/2"
16	E-117 A E-121	1"
17	E-117 A E-124.1	1 1/2"

RED DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA HORIZONTAL 1:2500

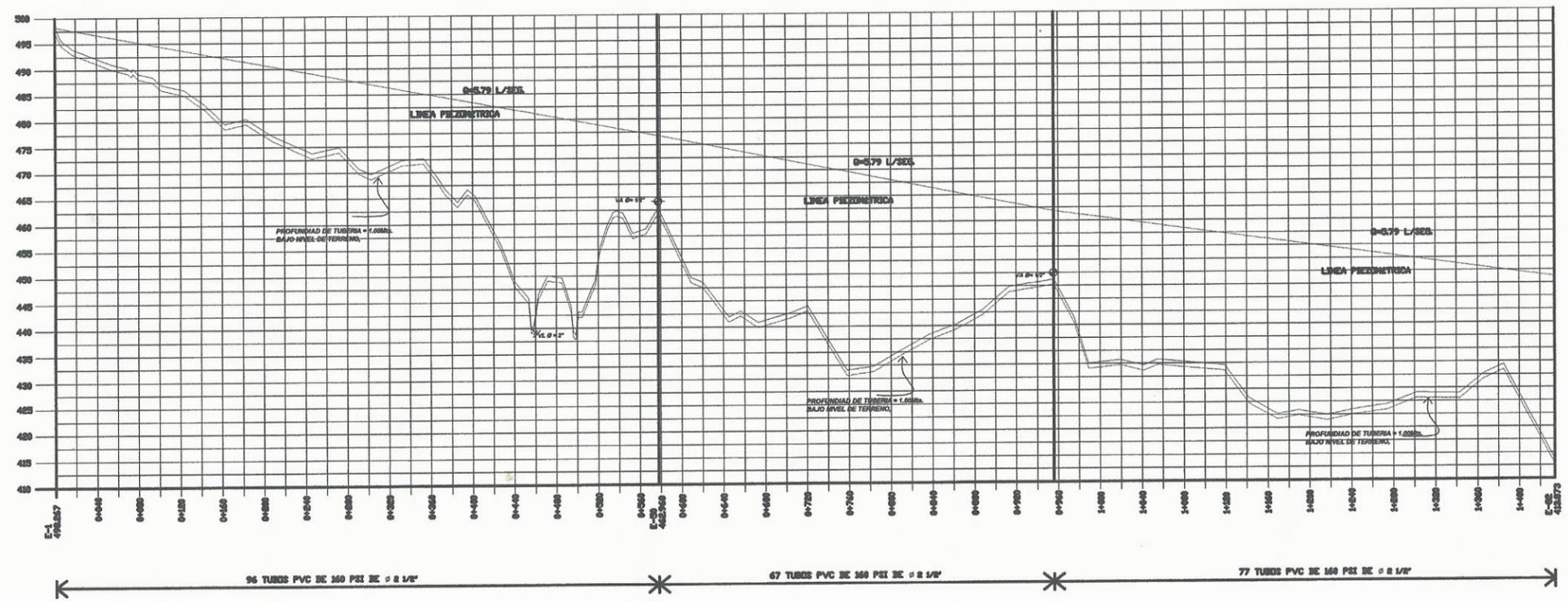
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA
	PROYECTO:	AGUA POTABLE BARRIO EL CALVARIO	DIAMETRO: SIS LOPEZ
	UBICACION:	BARRIO EL CALVARIO, PURULHA, BAJA VERAPAZ	DISEÑO: SIS LOPEZ
	CONTENIDO:	PLANTA DE RED DE DISTRIBUCIÓN	CALCULO: SIS LOPEZ
Vo. Bn. Ing. Juan Heredia <small>Asesor</small>			No. 3 7



NOMENCLATURA

Símbolo	Descripción
[Solid line]	TUBERIA DE CONDUCCION
[Crossed lines]	VENTILACION DE LINEA
[Circle with cross]	VENTILACION DE AIRE
[Circle with dot]	TUBERIA DE OPOSICION
CP =	CODO PERDIDA
ELEV =	ELEVACION DE TERRENO
Q =	CANTIDAD DE LITROS POR SEGUNDO

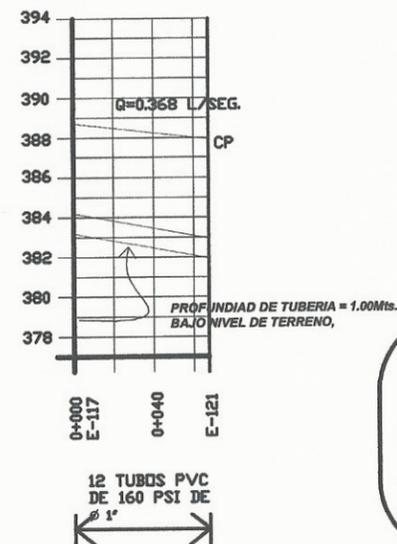
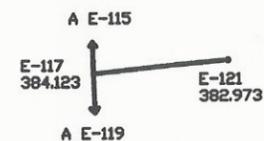
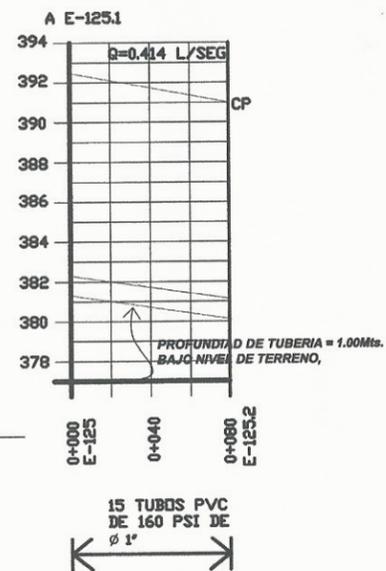
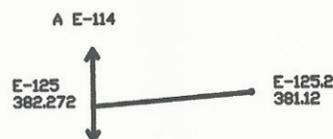
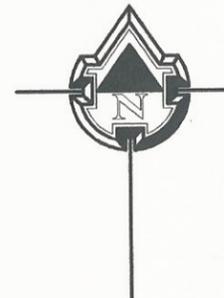
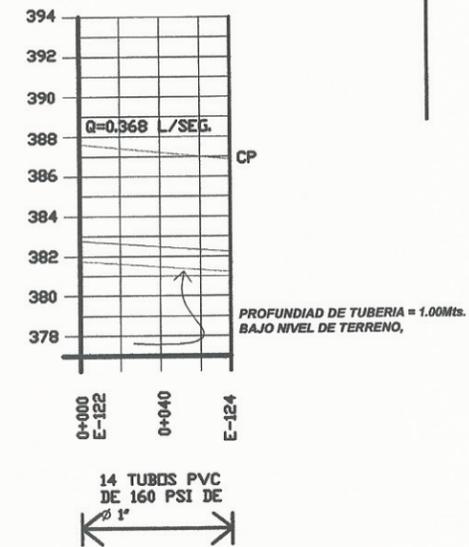
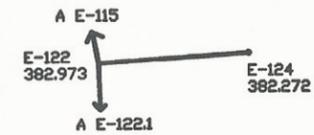
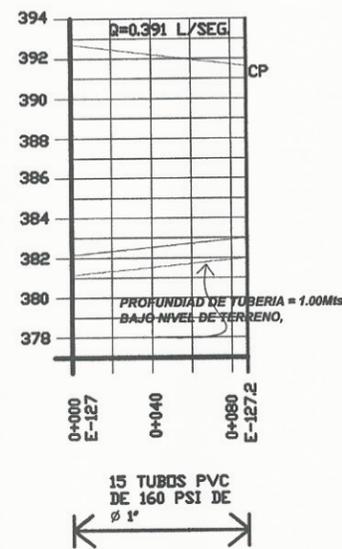
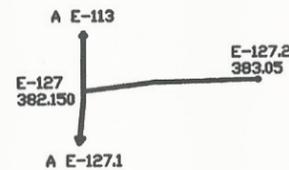
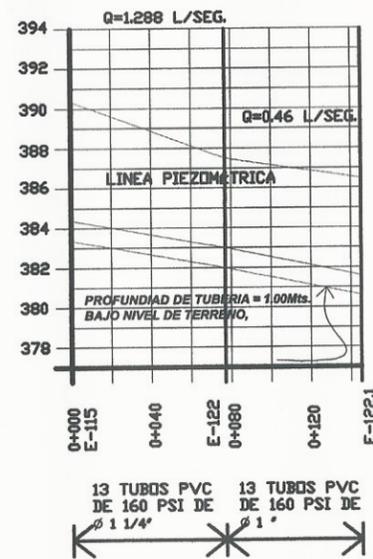
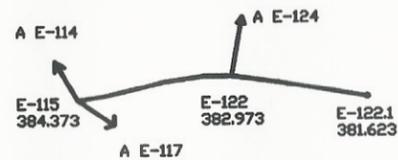
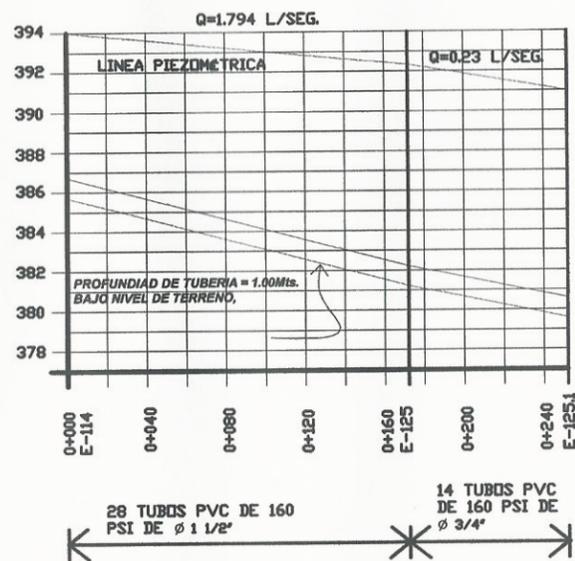
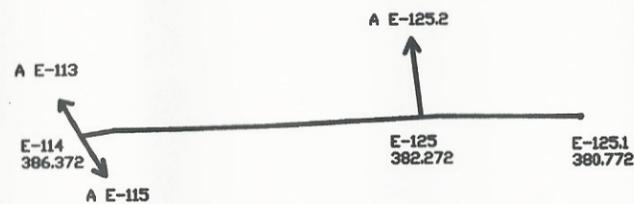
PLANTA E-1 - E-82
ESCALA: 1:2500



PLANTA PERFIL LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA HORIZONTAL 1:2500

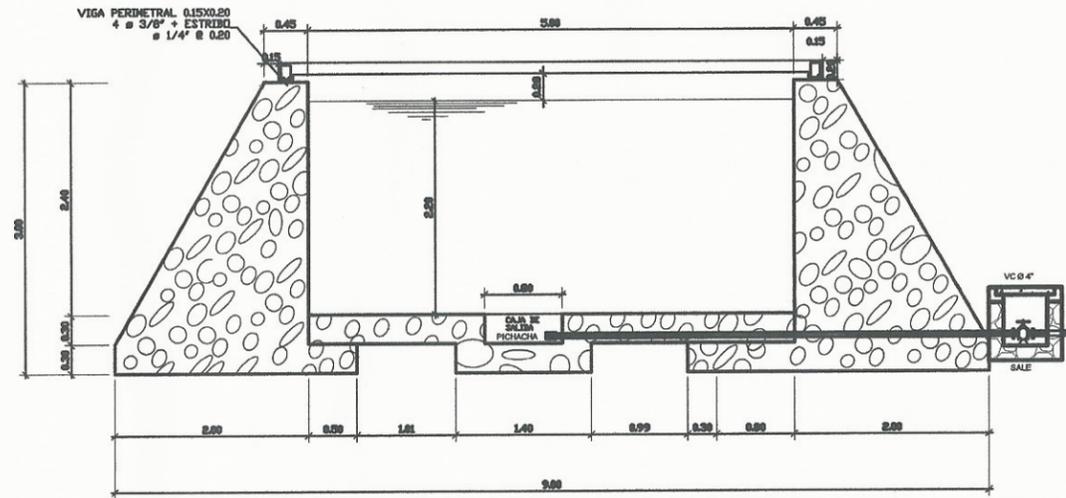
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: INDICADA OCTUBRE 2011
	PROYECTO: AGUA POTABLE BARRIO EL CALVARIO	DISEÑADO: SIS LÓPEZ	
	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHA, BAJA VERAPAZ	REVISADO: SIS LÓPEZ	
	CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE LINEA DE CONDUCCION	CALCULADO: SIS LÓPEZ	
Vo. Sr. Ing. Juan Herold			No. 4 7



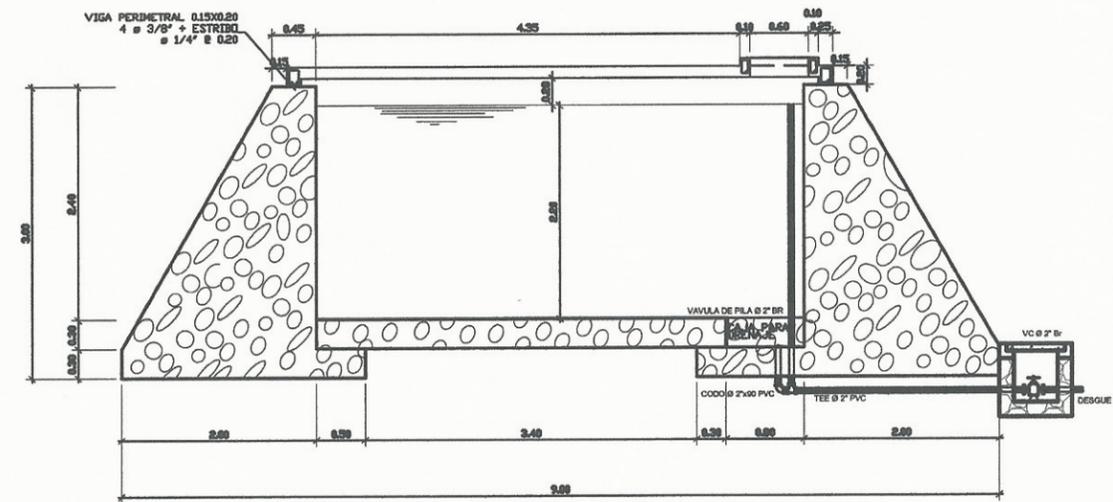
PERFILES DE RAMALES

ESCALA HORIZONTAL 1:2500
ESCALA VERTICAL 1:250

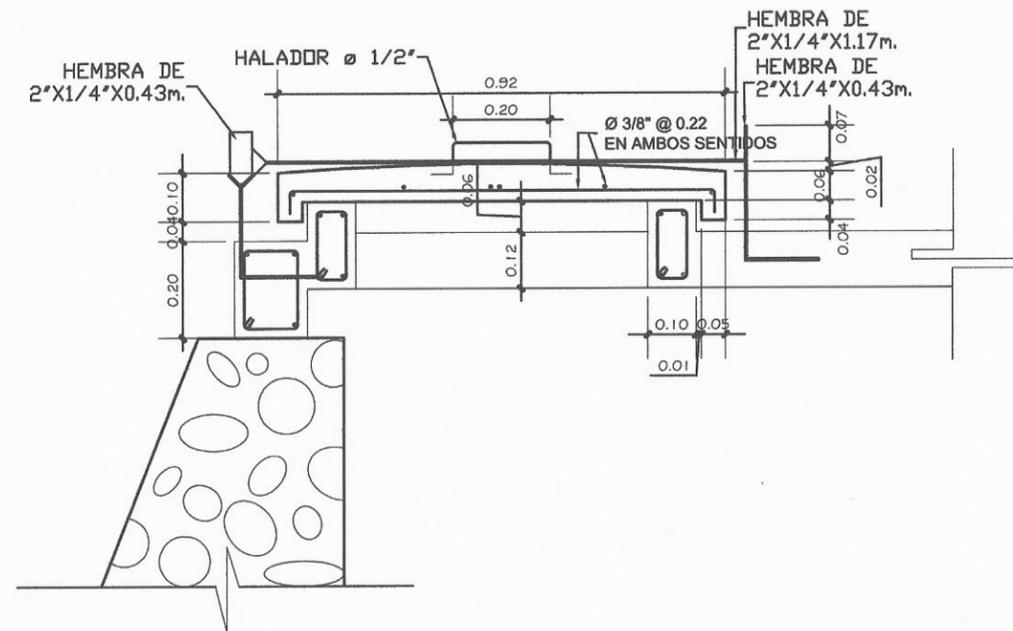
	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA INDICADA
	PROYECTO: AGUA POTABLE BARRIO EL CALVARIO	FECHA: OCTUBRE 2011	REVISOR: SIS LAPEZ
	UBICACION: BARRIO EL CALVARIO, PURULHA, BAJA VERAPAZ	REVISOR: SIS LAPEZ	CALCULO: SIS LAPEZ
	CONTENIDO: PLANTA PERFIL DE RED DE DISTRIBUCION	REVISOR: SIS LAPEZ	No. 5
No. 10. Ing. Ana Heredia			7



SECCION E-E
ESCALA 1:50



SECCION C-C
ESCALA 1:50



DETALLE DE TAPADERA

ESCALA 1:10

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERIA EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO		ESCALA: Dedicada
	PROYECTO:	AGUA POTABLE BARRIO EL CALVARIO	FECHA: OCTUBRE 2011
	UBICACION:	BARRIO EL CALVARIO, PURULHA, BAJA VERAPAZ	DISEÑO: SIS LOPEZ
	CONTENIDO:	DETALLE DE LOSA, TANGUE DE DISTRIBUCION	CALCULO: SIS LOPEZ
Vc. Ing. Juan Heredia			No. 7

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de Laboratorio Análisis Físico Químico Sanitario

LABORATORIO DE REFERENCIA
ANÁLISIS QUÍMICOS E INDUSTRIALES



SE CREA 17-09-2004, 10, OMBIA 38788 8088
PSE: 2402-7001
Avenida Peten 20-20 Zona 10
Edificio "La Cruz Vieja"
Teléfono: 2442-0220 • Telefax: 2442-0328

No. de Referencia:
887

Fecha Informe de Resultado:
17/01/2009

Página: 02

INFORME DE RESULTADOS

Con atención a:
EMPRESA IIPRO
MUNICIPALIDAD DE PURULHA, BAJA VERAPAZ

TEL: 7920 0158 / 7941 7403

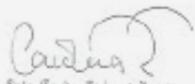
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Fecha y hora de muestreo:	17/01/2009 11:30 AM
Responsable del muestreo:	Edm Casasola
Lugar de muestreo:	Nacimiento El Chorro
Tipo de muestra:	Agua
Recepción de Muestra en el Laboratorio:	17/01/2009 0:13 pm

ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO

ANÁLISIS	RESULTADO MUESTRA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE Agua Potable
pH	7.30	6.5 - 8.5
Color	4.0	< 35.0 u
Turbidez	1.2	15.0 NTU
Oxígeno	99.0	100.0 mg/L
Cloro residual libre	0.22	1 mg/L
Cobre	< 0.05	1.6 mg/L
Conductividad eléctrica	248	Menor de 1800 uS/cm
Dureza total (CaCO ₃)	142.0	650 mg/L
Hierro	0.08	1.0 mg/L
Manganeso	0.08	0.5 mg/L
Nitritos	5.9	10 mg/L
Nitros	0.06	1 mg/L
Sólidos totales disueltos	247.0	1000 mg/L

* Metodología según COQUAYOR No. 02507 y Standard Methods for the Examination of water and wastewater. APHA.



Edmundo Casasola
Químico S. C. O. S. C. O.
Colegiado: 1.042

E-mail: biolab@intelnett.com

info@biolab.com.gt

www.biolab.com.gt

Fuente: BIOLAB.

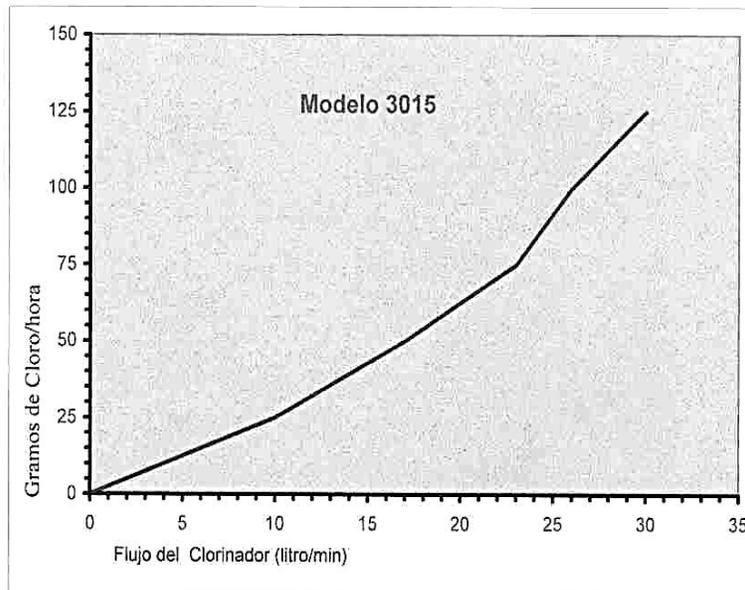
Anexo 2. **Resultados de Laboratorio Análisis Bacteriológico**

LABORATORIO DE REFERENCIA ANALISIS CLINICOS E INDUSTRIALES				90 Calle 17-60 Zona 12 - Colonia Santa Rosa P.B.X. 2442-3981 Avenida Petapa 29-98 Zona 12 Edificio "La Gran Via" Telefono: 2442-2225 • Telex: 2442-3926	
No. de Referencia: 887		Fecha Informe de Resultado: 17/01/2009		Página 1(2)	
INFORME DE RESULTADOS					
Con atención a: EMPRESA IIPRO MUNICIPALIDAD DE PURULHA, BAJA VERAPAZ				7920 0198 / 7941 7403	
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:					
Fecha y hora de muestreo:		17/01/2009 11:30 AM			
Responsable del muestreo:		Edin Casasola			
Lugar de muestreo:		Nacimiento El Chorro			
Tipo de muestra:		Agua			
Recepción de Muestra en el Laboratorio:		17/01/2009 6:15 pm			
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUA					
ANÁLISIS	RESULTADOS MUESTRA	ESPECIFICACION¹ (Agua potable)			
Recuento total de bacterias aeróbicas mesófilas	30 UFC/ml	Menor de 500 UFC/ml*			
Coliformes totales	1 UFC/ml	Menor de 1 UFC/ml			
<i>Escherichia coli</i>	AUSENCIA	AUSENCIA			
¹ Especificaciones según COGUANOR 2900 (Agua Potable) ² Metodologías según COGUANOR 29 001 y Standard Methods for the Examination of water and wastewater: APHA ³ UFC: Unidades Formadoras de Colonias por mililitro					
					
Licda. Cecilia Ricketts de Donato QUÍMICO BIÓLOGO Colegiado 1,042					

Fuente: BIOLAB.

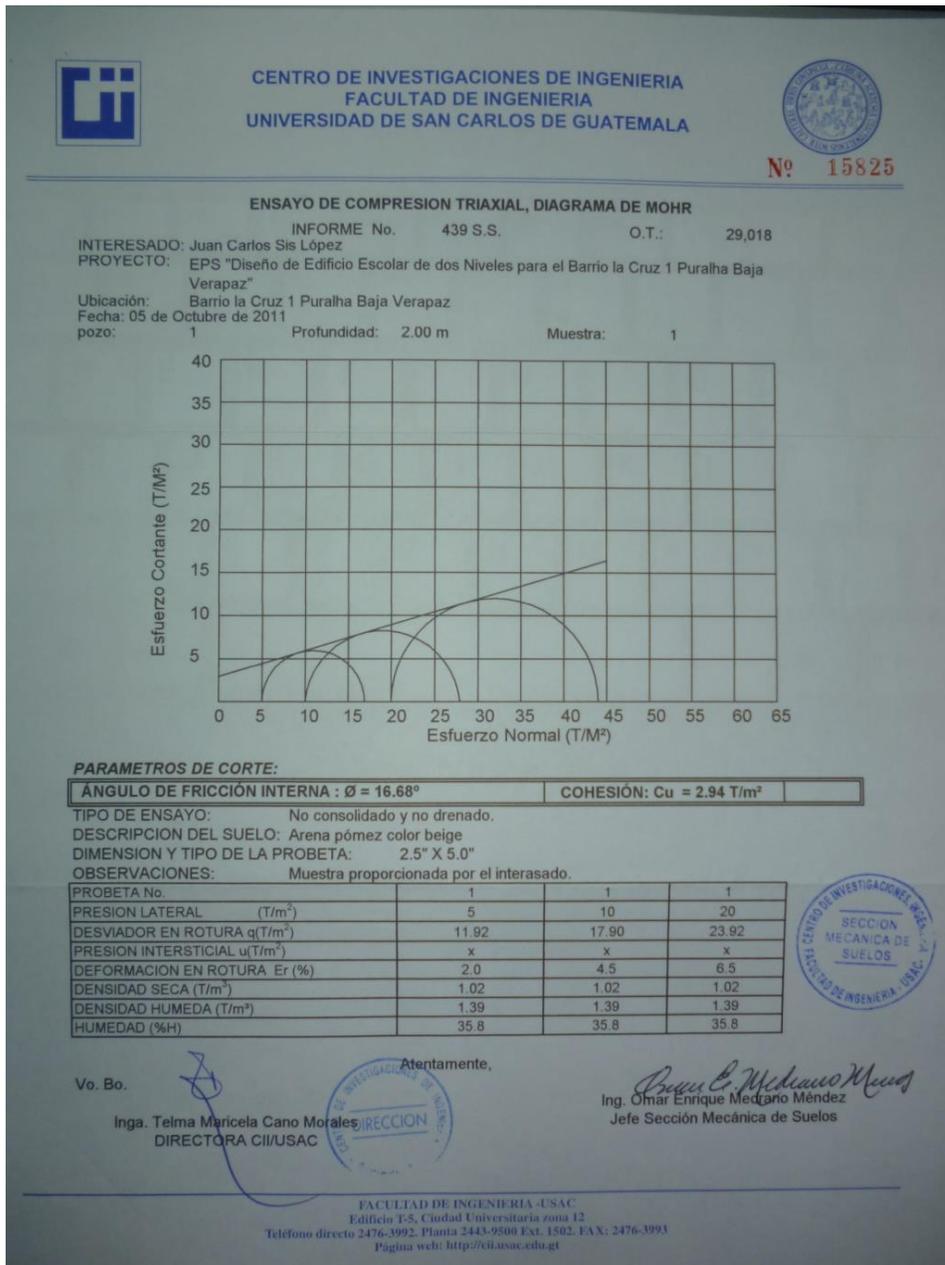
Anexo 3. Clorinadores

Unidad clorinador	Lbs Cl ₂ /hora	Kg/hora	Capacidad (kg)
3015	0.05 - 00.5	0.02 - 00.2	6.8 kg
3075	0.20 - 02.0	0.09 - 00.9	34.0 kg
3150	1.00 - 12.0	0.45 - 05.4	68.0 kg
3550	3.00 - 24.0	1.40 - 11.0	250.0 kg



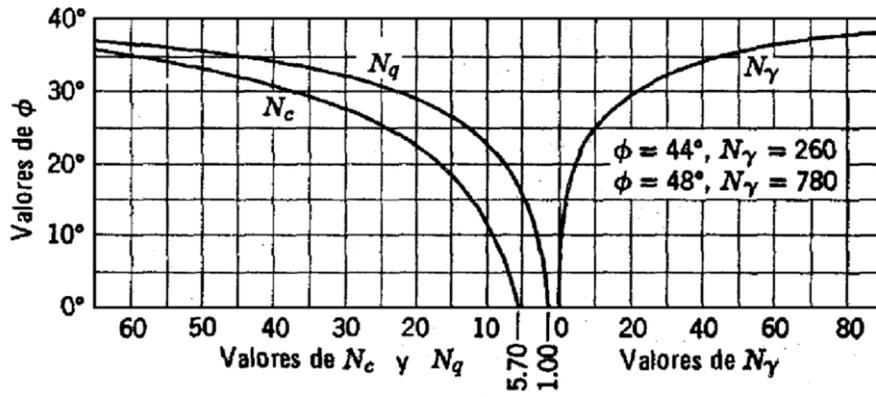
Fuente: BIOLAB.

Anexo 4. **Resultados de Ensayo triaxial para Edificio Escolar Barrio La Cruz 1**



Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala.

Anexo 5. Factores de capacidad de carga

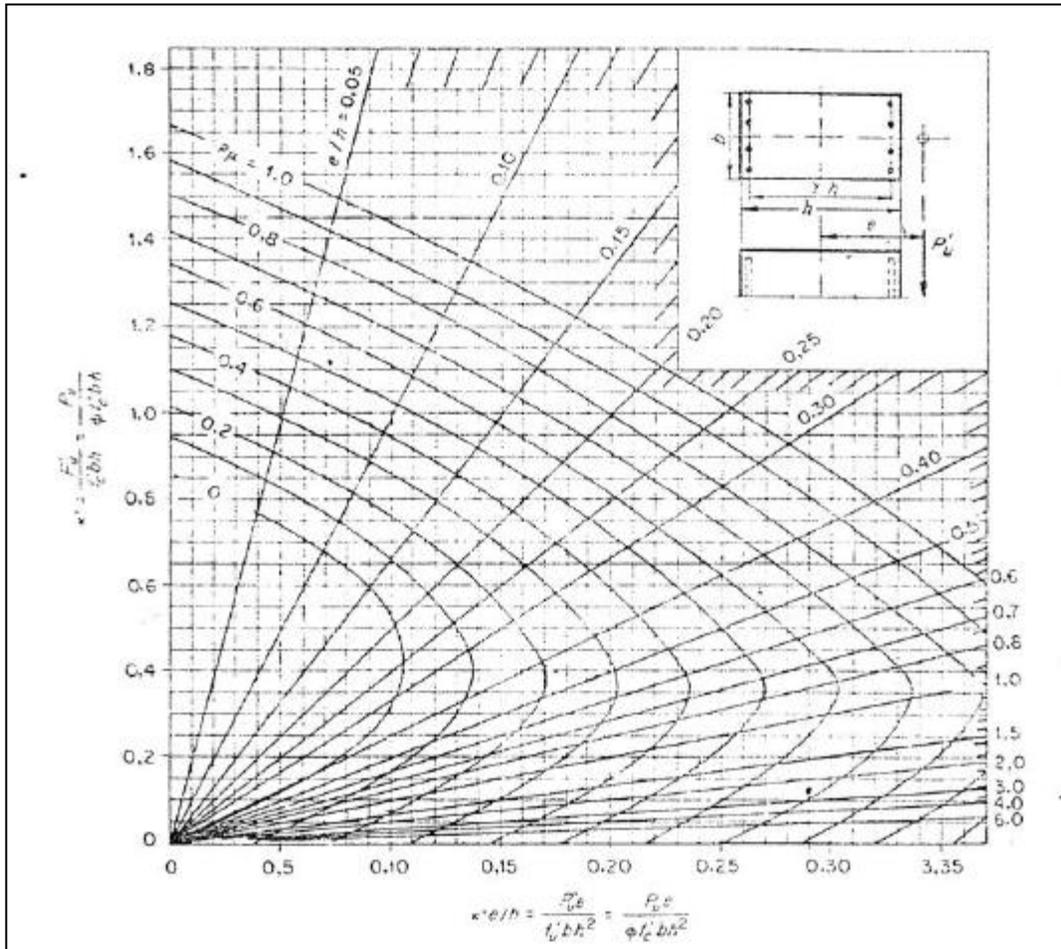


ϕ	N_c	N_q	N_γ	ϕ	N_c	N_q	N_γ
0	5.70	1.00	0.00	26	27.09	14.21	9.84
1	6.00	1.1	0.01	27	29.24	15.90	11.60
2	6.30	1.22	0.04	28	31.61	17.81	13.70
3	6.62	1.35	0.06	29	34.24	19.98	16.18
4	6.97	1.49	0.10	30	37.16	22.46	19.13
5	7.34	1.64	0.14	31	40.41	25.28	22.65
6	7.73	1.81	0.20	32	44.04	28.52	26.87
7	8.15	2.00	0.27	33	48.09	32.23	31.94
8	8.60	2.21	0.35	34	52.64	36.50	38.04
9	9.09	2.44	0.44	35	57.75	41.44	45.41
10	9.61	2.69	0.56	36	63.53	47.16	54.36
11	10.16	2.98	0.69	37	70.01	53.80	65.27
12	10.76	3.29	0.85	38	77.50	61.55	78.61
13	11.41	3.63	1.04	39	85.97	70.61	95.03
14	12.11	4.02	1.26	40	95.66	81.27	115.31
15	12.86	4.45	1.52	41	106.81	93.85	140.51
16	13.68	4.92	1.82	42	119.67	108.75	171.99
17	14.60	5.45	2.18	43	134.58	126.50	211.56
18	15.12	6.04	2.59	44	151.95	147.74	261.60
19	16.56	6.70	3.07	45	172.28	173.28	325.34
20	17.69	7.44	3.64	46	196.22	204.19	407.11
21	18.92	8.26	4.31	47	224.55	241.80	512.84
22	20.27	9.19	5.09	48	258.28	287.85	650.67
23	21.75	10.23	6.00	49	298.71	344.63	831.99
24	23.36	11.40	7.08	50	347.50	415.14	1072.80
25	25.13	12.72	8.34				

*Según Kumbhojkar (1993)

Fuente: Braja M. Das, Principios de ingeniería de cimentaciones 1, p. 168.

Anexo 6. Diagrama de Interacción para columna rectangular



Fuente: Winter, George y Arthur Nilson. Proyecto de estructuras de hormigón, p. 704.