



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

**DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL SENEGAL,
RÍO HONDO, ZACAPA**

Rossio Alejandra Zometa Herrarte
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL SENEGAL,
RÍO HONDO, ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROSSIO ALEJANDRA ZOMETA HERRARTE
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

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	Br. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL Y UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL SENEGAL, RÍO HONDO, ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha 10 de febrero de 2017.

Rossio Alejandra Zometa Herrarte

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser quien guía cada uno de mis pasos para cumplir mis sueños y metas; por nunca abandonarme en cada momento de mi vida.
- Mis padres** Ronaldo Zometa y Rossana Herrarte de Zometa, su amor, comprensión y apoyo será siempre mi inspiración para salir adelante sobre cualquier circunstancia.
- Mis hermanos** Renata y Ronaldo Zometa Herrarte, siempre he contado con su apoyo para seguir adelante.
- Mis abuelos** Por ser parte de mi guía y enseñanza en mi vida diaria.
- Mi familia** Por el apoyo brindado durante mi carrera y el proceso de EPS.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser quien iluminó mi mente en cada momento de la carrera y por guiarme para culminar mis estudios.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la responsable de darme la oportunidad para adquirir todos los conocimientos acerca de mi carrera.
Mis papás	Por ser quienes me brindaron su apoyo económico y moral a lo largo de mi carrera.
Hugo Roque	Por su apoyo en la finalización de mis estudios y en la realización de mi EPS.
Mis amigos de la Facultad	Michelle Castro, Carmen Medina, Gustavo Recinos, Fernando Gil, Diego Santizo y Diego Herrera.
Mi asesor	Juan Merck, por brindarme las guías necesarias para la realización de mi trabajo de graduación de EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MONOGRAFÍA DEL CASERÍO EL SENEGAL Y EL CASCO URBANO DE RÍO HONDO, ZACAPA	1
1.1. Características físicas.....	1
1.1.1. Ubicación geográfica	1
1.1.2. Demografía	2
1.1.3. Servicios públicos	2
1.1.4. Infraestructura vial	3
1.1.5. Transporte y comunicaciones	3
1.1.6. Clima	3
1.1.7. Topografía	4
1.1.8. Economía.....	4
1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Río Hondo, Zacapa.....	4
1.2.1. Descripción de las necesidades	4
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	5

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1.	Diseño de una edificación de dos niveles para el mercado municipal de Río Hondo, Zacapa	7
2.1.1.	Investigación preliminar.....	7
2.1.1.1.	Descripción del proyecto	7
2.1.1.2.	Descripción de espacio disponible	8
2.1.1.2.1.	Localización del terreno.....	8
2.1.1.2.2.	Topografía del terreno.....	8
2.1.1.3.	Estudio de suelos	8
2.1.2.	Normas para diseño de edificios públicos.	12
2.1.2.1.	Criterios en conjunto	12
2.1.2.2.	Criterios según Conred e Infom	13
2.1.3.	Diseño arquitectónico	13
2.1.3.1.	Distribución de ambientes	14
2.1.3.2.	Alturas del edificio	14
2.1.4.	Análisis estructural	17
2.1.4.1.	Predimensionamiento de elementos estructurales.....	17
2.1.4.1.1.	Losa	17
2.1.4.1.2.	Vigas	19
2.1.4.1.3.	Columnas.....	22
2.1.4.2.	Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos.....	24
2.1.5.	Cargas aplicadas a marcos dúctiles según AGIES	24
2.1.5.1.	Cargas verticales.....	25
2.1.5.1.1.	Cargas vivas	25
2.1.5.1.2.	Cargas muertas.....	27

2.1.5.2.	Cargas horizontales.....	36
2.1.5.2.1.	Carga sísmica.....	36
2.1.6.	Análisis estructural por un método de análisis numérico y comparación por medio de software	57
2.1.7.	Envolvente de momentos	69
2.1.8.	Diagrama de corte	71
2.1.9.	Diseño estructural.....	73
2.1.9.1.	Diseño de losas	74
2.1.9.2.	Diseño de vigas	82
2.1.9.3.	Diseño de columnas	90
2.1.9.4.	Diseño de cimentación	101
2.1.9.5.	Diseño de gradas	119
2.1.10.	Instalaciones.....	124
2.1.10.1.	Agua potable	124
2.1.10.2.	Drenajes	127
2.1.10.3.	Eléctricas	129
2.1.11.	Elaboración de planos	132
2.1.12.	Elaboración de presupuesto	132
2.1.13.	Evaluación de impacto ambiental	134
2.2.	Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Senegal.....	135
2.2.1.	Descripción del proyecto	135
2.2.2.	Localización de fuentes de abastecimiento y aforos.....	135
2.2.3.	Calidad de agua.....	136
2.2.4.	Levantamiento topográfico	137
2.2.4.1.	Planimetría	137
2.2.4.2.	Altimetría	137
2.2.5.	Criterios de diseño.....	138

2.2.5.1.	Periodo de diseño	138
2.2.5.2.	Tasa de crecimiento poblacional	138
2.2.5.3.	Estimación de población futura	139
2.2.5.4.	Dotación	139
2.2.5.5.	Factores de consumo.....	140
2.2.6.	Determinación de caudales	141
2.2.6.1.	Caudal medio diario	141
2.2.6.2.	Caudal máximo diario.....	143
2.2.6.3.	Caudal máximo horario	143
2.2.7.	Parámetros de diseño	144
2.2.8.	Diseño hidráulico del sistema.....	145
2.2.8.1.	Captación	146
2.2.8.2.	Línea de conducción	146
2.2.8.3.	Tanque de almacenamiento	148
2.2.8.4.	Red de distribución.....	164
2.2.8.5.	Obras hidráulicas	167
2.2.8.6.	Sistema de desinfección	168
2.2.9.	Programa de operación y mantenimiento.....	169
2.2.10.	Propuesta de tarifa	170
2.2.11.	Elaboración de planos.....	172
2.2.12.	Elaboración de presupuesto.....	172
2.2.13.	Evaluación de impacto ambiental.....	173
2.2.14.	Evaluación socioeconómica	174
2.2.14.1.	Valor presente neto.....	175
2.2.14.2.	Tasa interna de retorno	176
CONCLUSIONES.....		179
RECOMENDACIONES		181
BIBLIOGRAFÍA.....		183

APÉNDICES	185
ANEXOS.....	201

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica.....	2
2.	Elevación de edificación.....	14
3.	Planta baja	15
4.	Planta alta	16
5.	Área tributaria de columna módulo 2.....	23
6.	Área tributaria.....	28
7.	Carga muerta y carga viva, eje X.....	35
8.	Carga muerta y carga viva, eje Y	35
9.	Cortantes críticos en marcos, módulo 1 (Eje X)	56
10.	Cortantes críticos en marcos, módulo 1 (Eje Y)	56
11.	Diagrama de iteraciones método de Kani, módulo 1 (Eje X).....	63
12.	Diagrama de momentos en vigas debido a carga muerta.....	64
13.	Diagrama de momentos en columnas debido a carga muerta	64
14.	Diagrama de momentos en vigas debido a carga viva.....	65
15.	Diagrama de momentos en columnas debido a carga viva.....	65
16.	Diagrama de momentos en vigas debido a carga sísmica	66
17.	Diagrama de momentos en columnas debido a carga sísmica	66
18.	Diagrama de envolvente de momentos en vigas	70
19.	Diagrama de envolvente de momentos en columnas	70
20.	Diagrama de cortante en vigas	72
21.	Diagrama de cortante en columnas.....	72
22.	Determinación de momentos en losas	75
23.	Momentos en losas 1 y 2, módulo 1	77
24.	Balance de momentos en losas 1 y 2, módulo 1	78

25.	Detalle de vigas, módulo 1, sentido X.....	89
26.	Diagrama de iteración, JC-diseño de concreto	95
27.	Diagrama de iteración, JC-diseño de concreto	96
28.	Detalles de columna	100
29.	Sección crítica por corte	104
30.	Sección crítica por corte punzonante.....	105
31.	Armado de zapata concéntrica	108
32.	Dimensiones de zapata excéntrica	110
33.	Esfuerzo en el suelo	111
34.	Análisis de zapata.....	112
35.	Armado de zapata excéntrica	119
36.	Armado de losa de módulo de gradas	124
37.	Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría.....	126
38.	Determinación de caudales	142
39.	Determinación de momentos en losas.....	150
40.	Muro de tanque de abastecimiento.....	160
41.	Estimación de valor presente neto.....	175

TABLAS

I.	Valor soporte permisible según tipo de suelo	11
II.	Espesor de losa	18
III.	Espesor de losa	19
IV.	Altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas código ACI 318-11	20
V.	Cargas vivas mínimas.....	25
VI.	Integración de cargas en ejes críticos, en sentido X.....	34
VII.	Guía para clasificación de sitio	38
VIII.	Coeficiente de sitio F_a	39

IX.	Coeficiente de sitio F_v	40
X.	Factor N_a para periodos cortos de vibración.....	40
XI.	Factor N_v para periodos cortos de vibración.....	41
XII.	Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismoresistentes.....	43
XIII.	Corte basal.....	44
XIV.	Distribución vertical de las fuerzas sísmicas, módulo 1	45
XV.	Distribución vertical de las fuerzas sísmicas, módulo 2	45
XVI.	Distribución vertical de las fuerzas sísmicas, módulo 3	45
XVII.	Centro de masa de segundo nivel, módulo 1	46
XVIII.	Centro de masa de primer nivel, módulo 1.....	46
XIX.	Centro de masa, módulo 2 y 3	47
XX.	Centro de rigidez de segundo nivel en eje X, módulo 1	49
XXI.	Centro de rigidez de segundo nivel en eje Y, módulo 1	50
XXII.	Centro de rigidez de primer nivel en eje X, módulo 1.....	50
XXIII.	Centro de rigidez de primer nivel en eje Y, módulo 1.....	51
XXIV.	Centro de rigidez, módulo 2 y 3	51
XXV.	Excentricidades directas, módulo 2 y 3.....	52
XXVI.	Excentricidades accidentales, módulo 2 y 3.....	53
XXVII.	Cortantes por sismo y torsión en eje X, nivel 1, módulo 1.....	54
XXVIII.	Cortantes por sismo y torsión en eje Y, nivel 1, módulo 1.....	55
XXIX.	Resumen de cortantes totales en módulo 1	55
XXX.	Comparación de método de Kani con E-TABS, eje X, módulo 1	67
XXXI.	Integración de cargas en ejes críticos, en sentido X.....	76
XXXII.	Momentos en losas	81
XXXIII.	Demanda de accesorios.....	125
XXXIV.	Demanda de accesorios según método de Hunter	125
XXXV.	Diámetros de las derivaciones simples para drenaje	127
XXXVI.	Diámetros nominales para drenaje	128
XXXVII.	Presupuesto de edificación de dos niveles para mercado	133

XXXVIII.	Aforo de caudal de la fuente de agua	136
XXXIX.	Límites de velocidades según UNEPAR.....	144
XL.	Cargas y momentos del muro	162
XLI.	Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable.....	173
XLII.	Costo del sistema de abastecimiento de agua	175

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
π	3.14159
@	a cada
\emptyset	Ángulo de fricción interna
\approx	Aproximadamente igual a
A	Área
As máx	Área de acero máxima
As mín	Área de acero mínima
Astemp	Área de acero por temperatura
CM	Carga muerta
CV	Carga viva
CU	Carga última
Q	Caudal
Qc	Caudal de conducción
Qd	Caudal de distribución
Qm	Caudal medio
PVC	Cloruro de polivinilo
Ka	Coefficiente de empuje activo
Kp	Coefficiente de empuje pasivo
Cs	Coefficiente sísmico al límite de cedencia
c_u	Cohesión del suelo
C	Contrahuella
\emptyset	Diámetro
t	Espesor de un elemento

Fdm	Factor día máximo
Fhm	Factor hora máximo
H	Huella
I	Inercia
Io	Índice de sismicidad
kg	Kilogramo
psi	Libra por pulgada cuadrada
l	Litros
l/hab/día	Litros por habitante por día
L	Longitud
M	Momento
Ma	Momento activo
Mp	Momento pasivo
Mr	Momento resultante
m.c.a.	Metros columna de agua
Hf	Pérdida de carga
N	Período de diseño
γ_{agua}	Peso específico del agua
γ_c	Peso específico del concreto
γ_s	Peso específico del suelo
d	Peralte
Ta	Período de vibración empírico
P	Presión
Pa	Población actual
Pf	Población futura
plg	Pulgada
Fy	Resistencia del acero a tensión
F'c	Resistencia del concreto
S	Separación

Σ	Sumatoria
Tc	Tasa de crecimiento de la población
V	Velocidad
Vs	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

ACI	Instituto Americano del Concreto.
Accesorios	Elementos secundarios en las líneas de las tuberías, tales como codos, <i>yees</i> , <i>tees</i> , coplas, entre otras.
Aforo	Medición del volumen de agua que fluye de una fuente por unidad de tiempo.
AGIES	Asociación guatemalteca de ingenieros estructurales.
Agua potable	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
Altimetría	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
Bacteria	Microorganismo unicelular, cuyas diversas especies causan las enfermedades en los seres vivos.
Carga muerta	Peso propio de una estructura y de todas las cargas inmóviles, que permanece constante a través del tiempo.
Carga viva	Carga no permanente en la estructura. Peso variable dado por el personal, maquinaria móvil, entre otros, soportado por un elemento.

Caudal	Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo.
Concreto	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla de cemento, arena, pedrín y agua.
Columna	Miembro que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión.
Corte basal	Fuerza aplicada en la base de un edificio como producto de la acción de un sismo.
Cota piezométrica	Es la altura de presión de agua que se tiene en un punto dado.
Demanda	Cantidad de agua deseada por el usuario.
Desinfectar	Quitar al agua la infección, destruyendo gérmenes nocivos y evitando su desarrollo.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
Excentricidad	Distancia del punto de aplicación de una fuerza al centro de la sección sobre la cual actúa.

Marcos estructurales	Sistema estructural formado por columnas y vigas de concreto armado para soportar cargas verticales y horizontales.
Momento	Magnitud resultante del producto del valor de una fuerza por su distancia a un punto de referencia.
Muro	Placa vertical donde predominan generalmente las cargas verticales que están distribuidas de manera uniforme en toda la longitud del muro.
Losa	Elemento estructural que actúa como diafragma rígido y sirve como soporte para las cargas de ocupación, transmitiéndolas a las vigas.
Presión	Fuerza que actúa sobre una superficie o área.
Sismo	Terremoto o temblores producidos en la corteza terrestre como consecuencia de la liberación repentina de energía en el interior de la tierra.
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie.
Viga	Elementos estructurales diseñados para soportar las cargas transmitidas por la losa.

Zapata

Elemento estructural que tiene por objeto transmitir la carga al subsuelo a una presión adecuada a las propiedades del suelo.

Valor soporte

Máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno, tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo.

RESUMEN

Para la municipalidad de Río Hondo es necesario el diseño de la edificación de dos niveles para el mercado municipal, localizado en la cabecera municipal, actualmente cuentan con un mercado deficiente y no brinda comodidad para la población, por encontrarse deteriorado. El diseño del mercado que se presenta cuenta con una estructura de marcos estructurales, las vigas y columnas soportan todas las cargas del edificio, contará con 24 locales para ventas, 2 oficinas de administración, 6 baños en ambos niveles y 2 módulos de gradas.

El caserío El Senegal no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable y los pobladores del lugar obtienen el agua de una fuente superficial, pero no siempre es constante y pasan varios días sin el vital líquido. Por esta razón surge la necesidad del proyecto, constará con la captación de agua del río Colorado, línea de conducción de aproximadamente 8 km, tanque de almacenamiento de 25 m³ y red de distribución. Con este proyecto se busca abastecer de agua a la población de El Senegal para una población futura de 249 habitantes y un período de diseño de 23 años.

OBJETIVOS

General

Diseñar una edificación de concreto armado de dos niveles para el mercado municipal y un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Senegal, Río Hondo, Zacapa.

Específicos

1. Diseñar el sistema de agua potable para brindar mejores condiciones de salubridad para los pobladores del caserío El Senegal.
2. Diseñar la edificación de dos niveles aplicando los criterios de ACI 318-11, AGIES, Conred y otros.
3. Realizar una investigación monográfica y diagnóstico de necesidades de servicios básicos e infraestructura de la cabecera municipal de Río Hondo y el caserío El Senegal.
4. Capacitar a los miembros del Cocode del Caserío El Senegal, sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de agua potable.

5. Proporcionar a las autoridades municipales planos, presupuestos, memoria de cálculos y cronogramas de los proyectos, para gestionar el financiamiento.

6. Proporcionar nuevos espacios a los vendedores locales, para realizar sus actividades comerciales en un ambiente agradable.

INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo de graduación se realizó a través del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), tomando como fin principal la carencia de servicios básicos y de infraestructura en el municipio de Río Hondo, conjuntamente con las autoridades municipales se priorizaron los proyectos de diseño de una edificación de dos niveles para el mercado municipal y un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Senegal, Río Hondo, Zacapa.

El proyecto de infraestructura consiste en el diseño de una edificación de dos niveles para el mercado municipal de Río Hondo con área de construcción de 508 m², ya que el existente no cumple con las necesidades para brindarle un buen servicio a la población. Así también se incorporará una terminal de buses que tendrá acceso directamente por la carretera CA-9. Esto se tomó como prioridad porque no se cuenta con un área para el acceso de carga y descarga del transporte extraurbano, lo cual es riesgoso para la población debido a que realizan paradas continuas en la carretera, pudiendo provocar accidentes por obstruir la visibilidad de los vehículos que ingresan y egresan de la cabecera municipal.

En el caserío El Senegal existe el problema del suministro del agua potable provocando dificultades a los habitantes por la falta del vital líquido. Es por esta razón que se realizará el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, para que la municipalidad pueda ejecutarlo y proveer a los habitantes. Cuenta con la línea de conducción de aproximadamente 8 km, tanque de almacenamiento de 25 m³ y red de distribución.

1. MONOGRAFÍA DEL CASERÍO EL SENEGAL Y EL CASCO URBANO DE RÍO HONDO, ZACAPA

Se cree que fueron los Toltecas quienes a través del lago de Izabal siguieron el curso del río Motagua y se asentaron en la región que hoy forman los departamentos de Izabal, Zacapa y Chiquimula. El origen del nombre Río Hondo es en honor al río que atraviesa la cabecera municipal. Se mantienen tradiciones y costumbres especialmente religiosas, bailes sociales y actividades ganaderas.

1.1. Características físicas

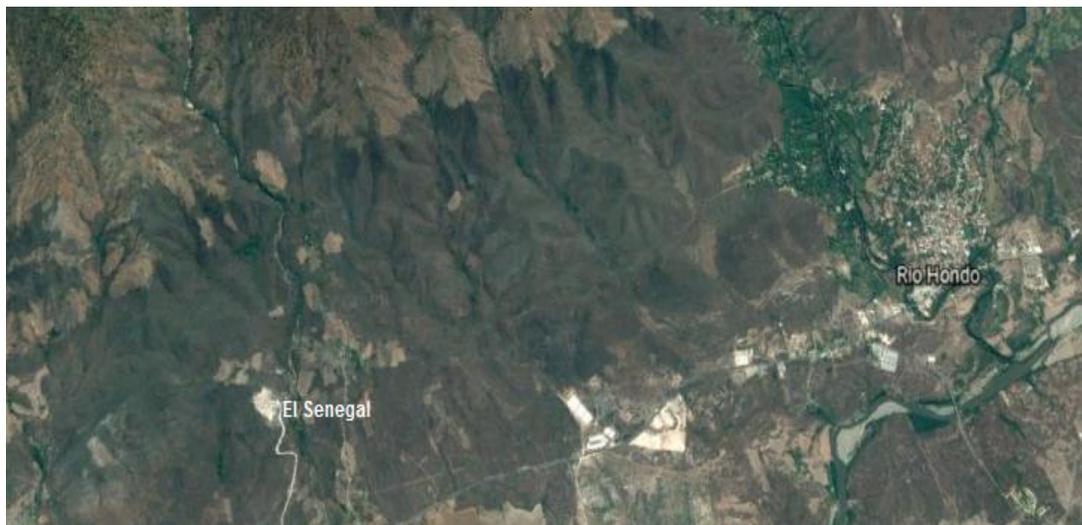
Las características físicas más relevantes de la cabecera municipal de Río Hondo, Zacapa y del caserío El Senegal, son las siguientes:

1.1.1. Ubicación geográfica

El municipio de Río Hondo pertenece al departamento de Zacapa y se localiza a 14 km al este de la cabecera departamental y a 142 km de la ciudad capital. La cabecera municipal tiene coordenadas geográficas de latitud 15° 02' 36" y longitud 89° 35' 06".

El caserío El Senegal tiene coordenadas geográficas de latitud 15° 02' 36" y longitud 89° 35' 06" y está localizado a 5 km de la cabecera municipal.

Figura 1. **Ubicación geográfica**



Fuente: Google Earth. Consulta: 14 de mayo de 2017.

1.1.2. Demografía

El caserío El Senegal cuenta con 49 viviendas y un total de 141 habitantes, siendo el 57 % hombres y 43 % mujeres. En la cabecera municipal de Río Hondo se tiene un estimado de 1 292 viviendas y 3 375 habitantes, siendo el 48 % hombres y 52 % mujeres; según censo realizado en agosto del 2016.

1.1.3. Servicios públicos

La cabecera municipal de Río Hondo cuenta con los siguientes servicios públicos: centros de salud, transporte urbano y extraurbano, energía eléctrica, bancos, mercado, correos, escuelas, institutos, universidad, radios, empresa de cable para televisión, hospital, servicio de drenajes, biblioteca, entre otros. Los habitantes de los poblados cercanos, como el caserío El Senegal acuden a la cabecera municipal para recibir estos servicios.

1.1.4. Infraestructura vial

La cabecera municipal de Río Hondo se comunica con la ciudad capital, Zacapa y Puerto Barrios por carretera asfaltada ruta CA-9. Nueve de los poblados tienen carretera asfaltada y el resto tiene carreteras de terracería y balastadas, sin embargo, existen caseríos que no cuentan con acceso propio. El caserío El Senegal es uno de los que cuenta con carretera de terracería.

1.1.5. Transporte y comunicaciones

La movilidad de transporte se registra con mayor frecuencia en la ruta asfaltada de Río Hondo a Zacapa. Se cuenta con líneas de buses urbanos y moto taxi, además del servicio extraurbano hacia Puerto Barrios y la ciudad capital.

1.1.6. Clima

De acuerdo con la estación meteorológica Pasabien del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se presentan los siguientes parámetros de temperatura, precipitación, humedad y velocidad del viento:

- Temperatura máxima (promedio anual): 39,9 °C
- Temperatura mínima (promedio anual): 13,3 °C
- Temperatura promedio (anual): 26,5 °C
- Precipitación normal anual: 769,4 mm
- Días de lluvia anuales: 70 días
- Humedad relativa: 76 %
- Velocidad del viento: 5,8 km/h con dirección variable.
- Evaporación a la sombra: 3,5 mm

1.1.7. Topografía

La topografía del lugar es variada, en su mayoría las pendientes son mayores del 55 % que corresponden a la parte alta boscosa de la sierra de las minas, en la parte media y baja las pendientes son del 26 y 12 %, que es donde se ubican los centros poblados, en su mayoría plana.

1.1.8. Economía

La población económicamente activa está representada mayormente en el sector de servicios dedicándose al comercio informal un 44 % de la población y el 36 % en el sector agrícola, así como de las remesas que reciben de familiares en Estados Unidos de América.

1.2. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Río Hondo, Zacapa

Cada comunidad presenta distintas necesidades, sin embargo, entre las más comunes son las vías de acceso y la falta o el mal funcionamiento abastecimiento de agua potable.

1.2.1. Descripción de las necesidades

- Agua potable: el caserío El Senegal es uno de los poblados que no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable. Los habitantes obtienen el agua de nacimientos cercanos, pero en época de verano tienden a secarse y es cuando presentan más problemas. Así como el agua que consumen no tiene ningún tratamiento de desinfección lo que genera enfermedades gastrointestinales.

- Mercado municipal: actualmente el municipio de Río Hondo no cuenta con un mercado que cumpla con las necesidades que la población demanda, lo cual tiene impacto en la economía local del municipio.
- Edificaciones escolares: la falta de edificaciones en algunas aldeas hace que los jóvenes tengan que asistir a aldeas cercanas, para recibir la educación secundaria. Algunos deben transportarse hasta 15 km, afectando la educación del municipio.
- Puente vehicular: la aldea Dos Quebradas presenta problemas en época de invierno, porque las quebradas aumentan su cauce y solamente los carros de doble tracción puede cruzar de un lado a otro. Por lo cual es necesario la implementación de un puente para facilitar la movilización a todos los habitantes de la aldea.

1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades

En conjunto con las autoridades municipales y Cocodes, se priorizaron las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la siguiente manera:

- Edificación de dos niveles para mercado municipal.
- Sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Senegal.
- Edificaciones escolares.
- Puente vehicular en la aldea Dos Quebradas.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de una edificación de dos niveles para el mercado municipal de Río Hondo, Zacapa

Para el diseño de la edificación es necesario hacer visitas de campo, levantamientos topográficos y análisis de suelos, luego se determinará las cargas vivas y muertas de cada ambiente y así proceder al diseño de cada elemento.

2.1.1. Investigación preliminar

El diseño del mercado municipal de la cabecera municipal de Río Hondo cuenta con las siguientes partes:

2.1.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto surge como una necesidad prioritaria ya que el municipio de Río Hondo carece de un mercado municipal que cumpla con las necesidades de la población en cuanto al intercambio de productos que se producen en la región. No cuentan con una terminal que facilite la carga y descarga del transporte y de pasajeros que se acercan de los municipios vecinos, lo cual es riesgoso ya que se detienen en la carretera CA-9, pudiendo provocar accidentes por la obstrucción de la visibilidad de los vehículos que ingresan y egresan de la cabecera municipal. El proyecto es una edificación de dos niveles que consiste en marcos estructurales con nudos rígidos, serán tres módulos debido al diseño arquitectónico propuesto.

2.1.1.2. Descripción de espacio disponible

El proyecto constará de una edificación de dos niveles, en la planta baja se encontrarán los puestos de ventas y la planta alta contará con oficinas administrativas y un área de comedores. Los servicios sanitarios se encontrarán dentro de la edificación, teniendo 6 en la planta baja y 6 en la planta alta. En frente del mercado se ubicará la terminal de buses, tendrá acceso directamente de la carretera CA-9. El área del terreno en donde se construirán es de 3 300 m².

2.1.1.2.1. Localización del terreno

El terreno destinado para la construcción del mercado está ubicado en la entrada de la cabecera municipal de Río Hondo a una distancia de 800 metros de la plaza municipal, colinda con la estación de bomberos municipales y las coordenadas geográficas son 15° 2' 31,21" N y 89° 35' 9,11" O.

2.1.1.2.2. Topografía del terreno

La forma geométrica del terreno es un polígono irregular con 3 300 m² es plano en su totalidad.

2.1.1.3. Estudio de suelos

El estudio de suelos se realiza para conocer las características físicas y mecánicas del suelo que soportará la edificación, sirven para calcular el valor soporte y la carga admisible. Para el efecto se tomó una muestra a 1,50 m de profundidad y se le realizó el ensayo de compresión triaxial en el centro de investigaciones de ingeniería. Para obtener los resultados se aplicó el método de Therzaghi.

$$q_d = 1,3 * C_u * N_c + \gamma * Z * N_q + 0,4 * \gamma * B * N_\gamma$$

Donde:

q_d = capacidad de carga límite en T/m²

C_u = cohesión del suelo en T/m²

γ = peso volumétrico del suelo en T/m²

Z = profundidad de desplante de la cimentación en metros

B = ancho de la zapata cuadrada, o dimensión menor de zapata rectangular

N_c = factor debido a la sobrecarga

N_q = factor debido a la cohesión

N_γ = factor debido a peso del suelo

Después de la realización del ensayo de compresión triaxial se obtuvieron las siguientes características (ver apéndice B):

Tipo de ensayo: no consolidado y no drenado.

Descripción del suelo: arcilla limosa color beige con presencia de gravas y pómez.

Dimensión y tipo de la probeta: 2,5" x 5,0"

Ángulo de fricción Interna $\phi = 18,04 = 0,31$ rad

Cohesión $C_u = 2,94$ ton/m²

$\gamma_{suelo} = 1,42$ T/m³

Base (B) = 1,50 m

Para determinar los factores de carga (N_c , N_q y N_γ), se obtienen de las siguientes fórmulas, utilizando el ángulo de fricción interna:

Calculando el factor de capacidad de carga debido a la sobrecarga (N_q):

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - \phi\right) \cdot \tan \phi}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_q = \frac{e^{\left(\frac{3}{2}\pi - 0,31\right) \cdot \tan(18,04^\circ)}}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{(18,04^\circ)}{2}\right)} = 6,07$$

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

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

$$N_c = \cot(18,04^\circ) * (6,07 - 1) = 15,57$$

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

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan \phi$$

$$N_\gamma = 2 * (6,07 + 1) * \tan(18,04^\circ) = 4,61$$

Ahora sabiendo los factores de carga se puede calcular el valor de carga límite del suelo:

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

$$q_d = 1,3 * (2,94 \text{ ton}/m^2) * (15,57) + (1,42 \text{ ton}/m^2) * (1,50 \text{ m}) * (6,07) + 0,4 * (1,42 \text{ ton}/m^2) * (1,50 \text{ m}) * (4,61)$$

$$q_d = 76,36 \text{ ton}/m^2$$

Sustituyendo en la ecuación:

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

Donde:

V_s = valor soporte del suelo

FS = factor de seguridad

Siguiendo la recomendación de Braja M. Das (2001), donde sostiene que “Independientemente del procedimiento por el cual se aplique el factor de seguridad, la magnitud de FS debe depender de las incertidumbres y riesgos implicados en las condiciones encontradas”. (p. 165), y siguiendo la recomendación de utilizar un factor de seguridad mínimo por capacidad de carga última neta comprendido entre 3 y 4, se optó por utilizar un factor $FS = 3$.

$$V_s = \frac{76,36 \text{ ton/m}^2}{3}$$

$$V_s = 25,45 \text{ ton/m}^2$$

Tabla I. **Valor soporte permisible según tipo de suelo**

Material de suelo	T/m ²	Observaciones
Roca sana	645	---
Roca regular	430	---
Roca intermedia	215	---
Roca agrietada y porosa	22-86	---
Suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros

Continuación de la tabla I.

Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. p. 193.

Para el diseño de la cimentación del edificio se tomará un valor soporte del suelo de 25,45 ton/m², ya que se encuentra dentro del rango permitido según el tipo de suelo, como se muestra en la tabla I.

2.1.2. Normas para diseño de edificios públicos.

Se debe tomar en cuenta los siguientes criterios para el diseño de edificios públicos:

2.1.2.1. Criterios en conjunto

El diseño arquitectónico del mercado será conforme a las necesidades que se presenten, teniendo un espacio disponible para cada actividad a la que fue designada. Se tendrá un emplazamiento para que la planta baja del mercado no exceda el 70 % del área total del terreno. La iluminación deberá ser uniformemente distribuida en ambos niveles, por tal razón deberá tener un área de ventanas equivalente al 30 % al área del piso para aprovechar la iluminación natural en su mayoría. Asimismo, deberá considerarse la ventilación del edificio ya que está localizada en un área, donde la mayor parte del año la temperatura es muy elevada, por tal razón se considerará un área de ventilación mínima del 50 % de área de ventanas.

La orientación correcta de los edificios proporciona una iluminación y ventilación óptimas para los ambientes de estos. La orientación ideal para las ventanas es de norte a sur, de preferencia abriéndolas hacia el norte; sin embargo, la orientación será definida en el terreno.

2.1.2.2. Criterios según Conred e Infom

Se utilizaron los criterios arquitectónicos tomando en cuenta los requisitos mínimos que debe cumplir el diseño de una edificación para un mercado minorista según Instituto de Fomento Municipal (INFOM), contemplando las áreas, las actividades que se realicen y su funcionalidad. Se tuvo en consideración la localización del terreno y sus condiciones topográficas, tomando en cuenta que debe ser regular y no exceder pendientes entre el 2 y 5 %. También se debe tener la infraestructura física de los servicios públicos como: drenajes, agua potable, electricidad, área de tratamiento de aguas servidas y vías de acceso adecuadas para su fácil crecimiento.

2.1.3. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico se refiere a distribuir cada uno de los ambientes del edificio de acuerdo a las necesidades que se presenten. Principalmente se debe tomar en cuenta la funcionalidad y comodidad del lugar, rigiéndose a las normas de diseño que existan.

Todos los diseños arquitectónicos están limitados por el espacio disponible del terreno, los recursos y los materiales del lugar en el que se encuentran. Debido a la irregularidad del diseño arquitectónico propuesto, el mercado se dividirá en tres módulos para facilitar el diseño estructural.

2.1.3.1. Distribución de ambientes

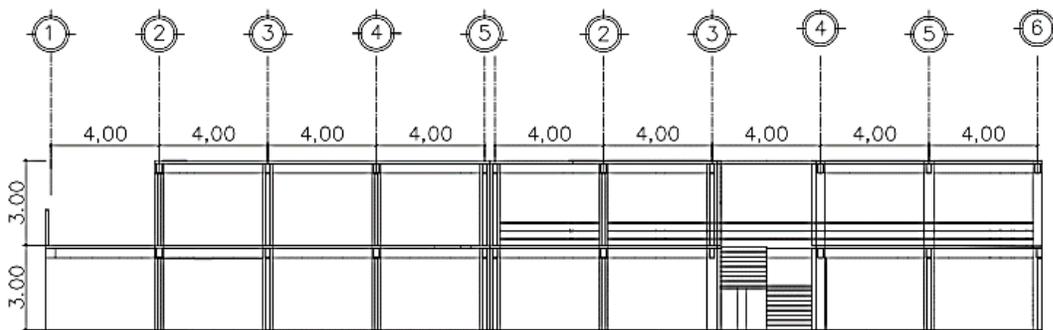
La distribución de los espacios dentro del edificio se hará de forma tradicional para mercados municipales de la región. Se conformará por área de puestos de venta y oficinas con dimensiones distintas en cada módulo.

- Planta baja: se ubicarán todos los puestos de venta de frutas, verduras y carnes.
- Planta alta: será donde se encuentre el área de comedor con 11 locales y oficinas administrativas.

2.1.3.2. Alturas del edificio

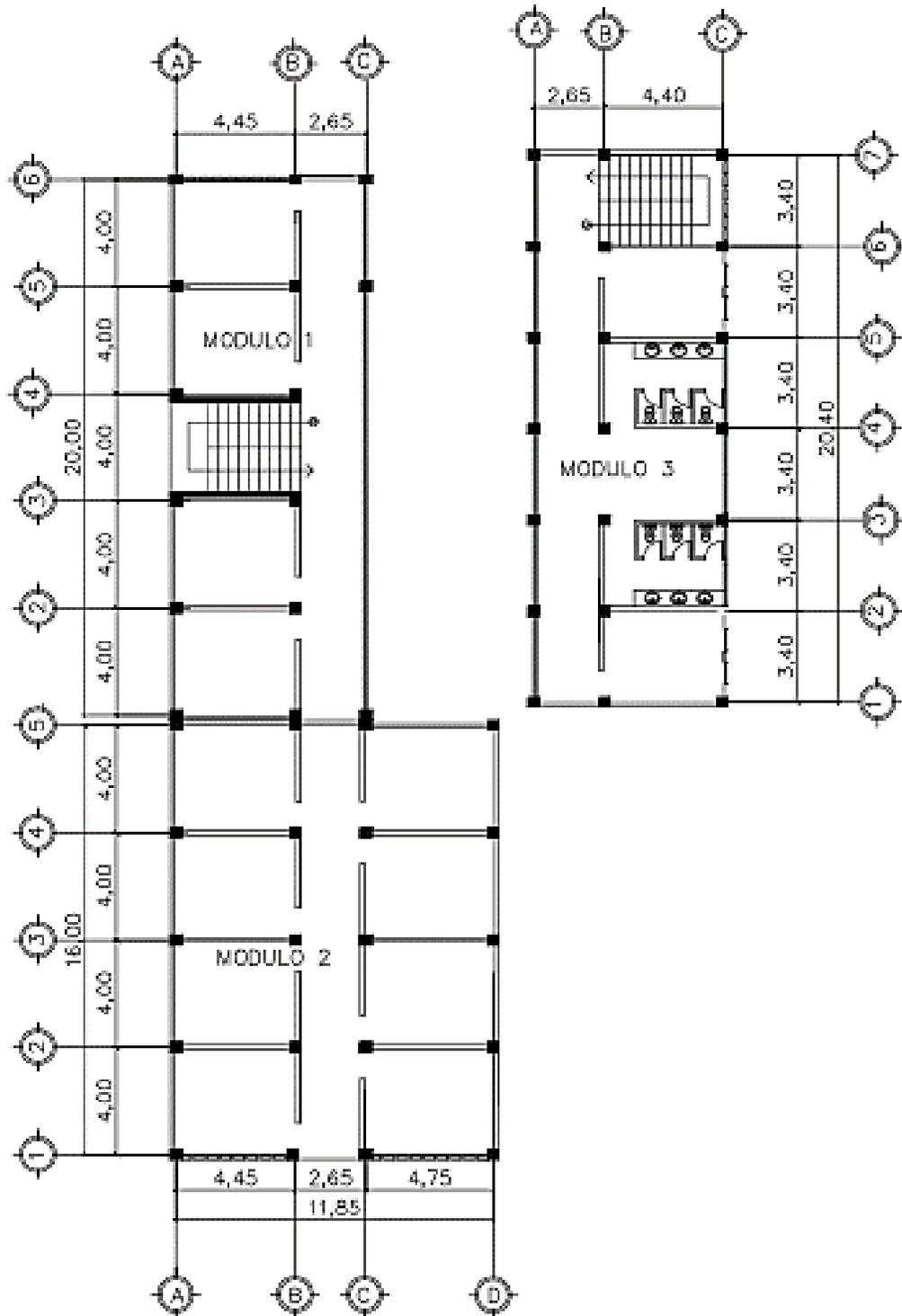
Se tomó en consideración la temperatura elevada del área del departamento de Zacapa para designar la altura de cada uno de los niveles del mercado y aprovechar la mayor ventilación e iluminación natural dentro del edificio. La altura de los niveles del mercado será de 3,00 metros, teniendo una altura total de 6,00 metros aproximadamente, hasta la cubierta del segundo nivel. Esto se encuentra en anexos, en los planos de planta y elevación.

Figura 2. Elevación de edificación



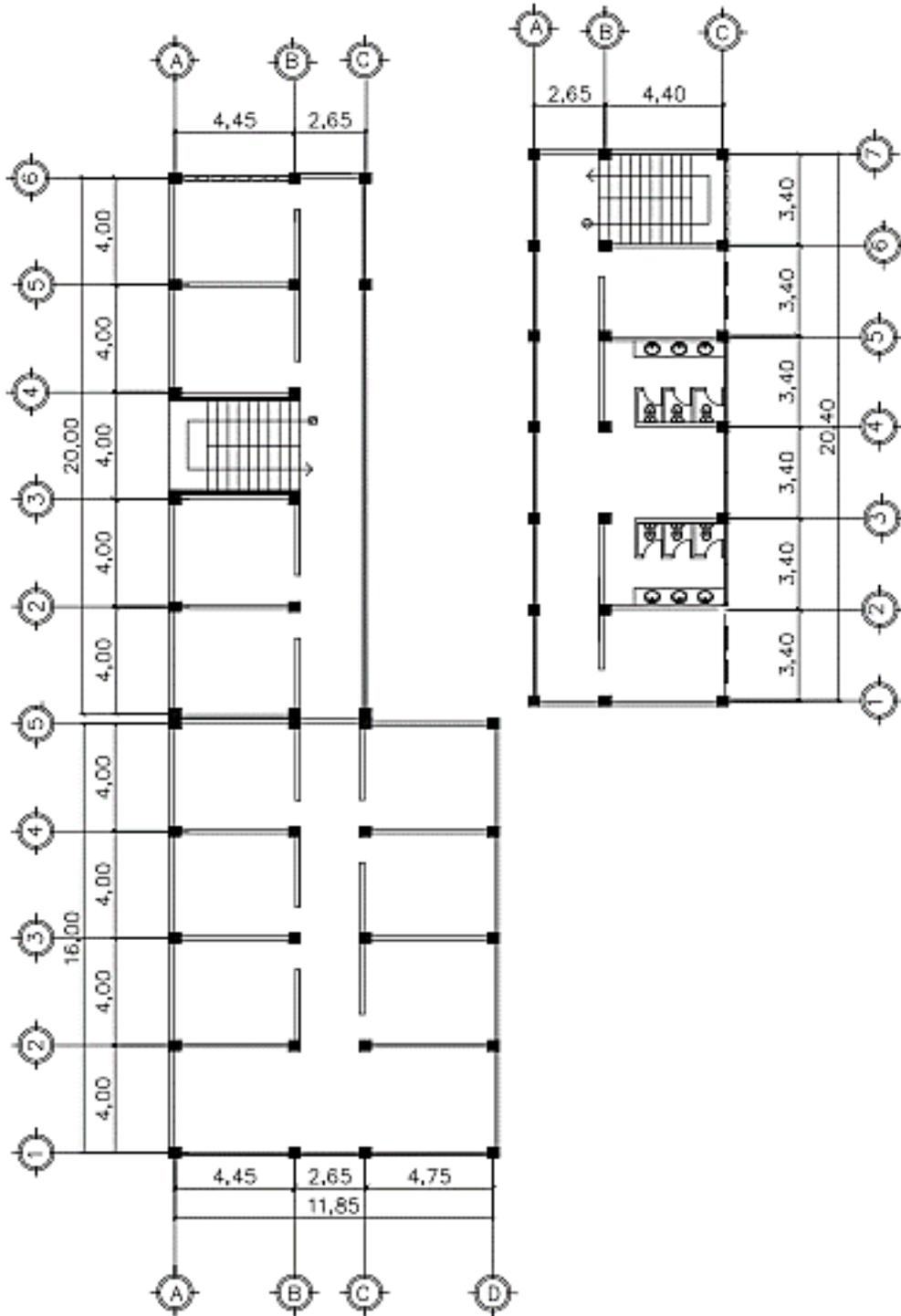
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 3. Planta baja



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 4. Planta alta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.4. Análisis estructural

Se refiere al uso de las ecuaciones de la resistencia de materiales para encontrar los esfuerzos internos, deformaciones y tensiones que actúan sobre una estructura resistente.

2.1.4.1. Predimensionamiento de elementos estructurales

Para realizar un análisis estructural es necesario conocer las dimensiones de todos los elementos estructurales que componen el edificio. Por tal razón se debe hacer un predimensionamiento el cual es un proceso que, conforme al criterio del diseñador y el conocimiento de obras similares, se definen las dimensiones iniciales, ya que en la parte final del diseño se verificará si las secciones propuestas satisfacen las condiciones establecidas por los reglamentos que se utilicen.

2.1.4.1.1. Losa

Es necesario conocer la clasificación, indicando si será una losa armada en una o dos direcciones. Esto está en función de la relación que existe entre el lado corto con el lado largo:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

Si $m < 0,5$ → Losa armada en una dirección

Si $0,5 \leq m \leq 1$ → Losa armada en dos direcciones

Para la clasificación de las losas de esta edificación se tomarán las dimensiones de las losas más críticas en cada uno de los módulos y así definir si será en una o dos direcciones. Ver planta acotada de la figura 5.

Tabla II. **Espesor de losa**

Losa	m	
Módulo 1		
1	0,89	Armada en dos direcciones
2	0,66	Armada en dos direcciones
Módulo 2		
3	0,84	Armada en dos direcciones
4	0,66	Armada en dos direcciones
Módulo 3		
5	0,77	Armada en dos direcciones
6	0,78	Armada en dos direcciones

Fuente: elaboración propia.

El criterio aplicado para calcular el espesor de las losas en dos direcciones es el del perímetro de la losa dividido 180. Esto se realiza para todas las losas y al final se elige la que tenga mayor espesor.

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

Tabla III. **Espesor de losa**

Losa	Espesor (cm)
1	0,090
2	0,074
3	0,097
4	0,074
5	0,086
6	0,067

Fuente: elaboración propia.

Por lo que se propone losa tradicional en dos direcciones con espesor de 12 cm para losa de entrepiso y de 10 cm para la losa final.

2.1.4.1.2. Vigas

Para el cálculo del peralte h de las vigas se recomienda que por cada metro lineal de libre de luz, se aumente ocho centímetros de peralte y la base será la mitad del peralte.

Para esta edificación se calculó la viga crítica o sea la de mayor longitud para cada sentido del edificio y las restantes quedarán con la misma sección.

En el ACI 318-11, capítulo 9, tabla 9.5 (a), muestra diferentes situaciones para el predimensionamiento de vigas y por ser nudos rígidos, tomando un caso crítico se tomó cuando una viga tiene un extremo continuo.

Tabla IV. **Altura o espesores mínimos de vigas no preesforzadas código ACI 318-11**

	Espesor mínimo, <i>h</i>			
	Simplemente apoyados	Con un Extremo continuo	Ambos Extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{l}{20}$	$\frac{l}{24}$	$\frac{l}{28}$	$\frac{l}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{l}{16}$	$\frac{l}{18.5}$	$\frac{l}{21}$	$\frac{l}{8}$

Fuente: ACI 318-11 p. 130.

Se toma la longitud más grande de la edificación en el sentido X, es la viga más crítica y con la que se realizará el cálculo de predimensionamiento. Ver planta acotada de la figura 5.

$$h = 8 \% * l_{viga}$$

- Módulo 1

$$h = 8 \% * 4,45 m = 0,36 m \approx 0,40 m$$

- Módulo 2

$$h = 8 \% * 4,75 m = 0,38 m \approx 0,40 m$$

- Módulo 3

$$h = 8 \% * 4,40 m = 0,35 m \approx 0,40 m$$

Según ACI 318-11, capítulo 9, tabla 9.5 (a):

$$h = \frac{l_{viga}}{18,5}$$

- Módulo 1

$$h = \frac{4,45 \text{ m}}{18,5} = 0,24 \text{ m}$$

- Módulo 2

$$h = \frac{4,75 \text{ m}}{18,5} = 0,26 \text{ m}$$

- Módulo 3

$$h = \frac{4,40 \text{ m}}{18,5} = 0,24 \text{ m}$$

Se tomará el valor más alto para el peralte que es de 40 cm, para la base se tomará este valor y se dividirá dentro de dos.

$$b = \frac{0,40 \text{ m}}{2} = 0,20 \text{ m}$$

Por lo tanto, se propone que las vigas sean con peralte de 40 cm y con una base de 25 cm, ya que según ACI 318-11 la base mínima para una edificación sísmoresistente es de 25 cm.

2.1.4.1.3. Columnas

Es un elemento estructural que se usa principalmente para resistir carga axial de compresión.

Para guardar simetría en las dimensiones de las columnas en toda la estructura se toma la columna crítica del módulo más grande, es decir, la que soporta mayor carga, las dimensiones obtenidas se aplican a todas las columnas de la edificación.

Según el ACI 318-11 capítulo 10, se utiliza la ecuación de la carga puntual para obtener el área gruesa de la columna.

$$P = 0,80 (0,85 * f'c (Ag - As) + fy * As)$$

Donde:

P = carga puntual

Ag = área gruesa

As = área de acero = $\rho * Ag$

f'c = resistencia del concreto

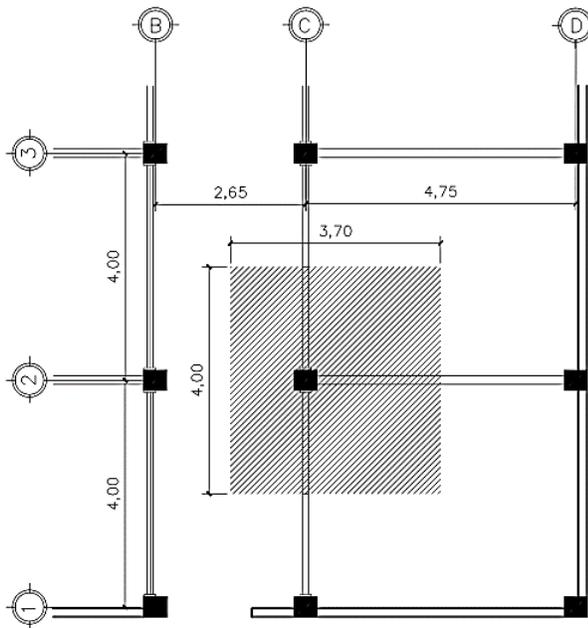
fy = resistencia del acero

Despejando la ecuación para obtener el área gruesa:

$$Ag = \frac{P}{0,80(0,85 * f'c (1 - \rho) + fy * \rho)}$$

La carga puntual se obtiene multiplicando el peso específico del concreto por el área tributaria de la columna más crítica. Y esto se multiplicará por dos, ya que la estructura es de dos niveles.

Figura 5. **Área tributaria de columna módulo 2**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Área tributaria: $4,00 \text{ m} * 3,70 \text{ m} = 14,80 \text{ m}^2$

$$P = \left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) * (3,70 \text{ m} * 4,00 \text{ m}) = 35\,520 \text{ kg}$$

Se utilizarán los siguientes datos para el cálculo del área gruesa:

ρ = cuantía de acero = 1 %

$f'c$ = 210 kg / m²

f_y = 2 810 kg / m²

$$A_g = \frac{35\,520 \text{ kg}}{0,80 \left\{ \left[0,85 * (210 \text{ kg/m}^2) (1 - 0,01) \right] + \left[(2\,810 \text{ kg/m}^2) * 0,01 \right] \right\}}$$

$$A_g = 216,78 \text{ cm}^2$$

Se propone una sección de 30 cm x 30 cm = 900 cm² > 216,78 cm², ya que es la sección mínima para edificios de dos niveles, según el ACI 318-11.

2.1.4.2. Modelos matemáticos para marcos dúctiles con nudos rígidos

Un marco dúctil está formado por vigas y columnas. Los modelos matemáticos de marcos dúctiles son gráficas que representan la forma en como los marcos soportan las cargas sobre ellos. Los marcos se analizan y se dibujan como una línea que pasa por el centroide geométrico de las vigas y las columnas. Las cargas de diseño se distribuyen entre los claros que forman los marcos y se analizan los que a criterio del diseñador se consideran críticos en ambos sentidos.

2.1.5. Cargas aplicadas a marcos dúctiles según AGIES

Las estructuras están sometidas a distintas cargas las cuales se pueden clasificar en cargas horizontales y cargas verticales. Estas se definen según la finalidad y el uso de cada edificio, por lo general existen magnitudes de cargas específicas en los códigos de diseño; en este caso se utilizarán las cargas establecidas por el AGIES.

2.1.5.1. Cargas verticales

Se clasifican en dos tipos siendo, cargas vivas y cargas muertas.

2.1.5.1.1. Cargas vivas

Las cargas vivas son aquellas producidas por el uso y la ocupación de la edificación. Los agentes que producen estas cargas no están rígidamente sujetos a la estructura, pueden cambiar de ubicación, su magnitud y distribución son inciertas en un momento dado, sus máximas intensidades a lo largo de la vida de la estructura no se conocen con precisión. Estos incluyen el mobiliario y su contenido, así como el equipo no fijo.

La tabla V muestra los valores de carga viva para diferentes usos de ocupación, según la Norma AGIES NSD2-10.

Tabla V. Cargas vivas mínimas

TIPO DE OCUPACIÓN O USO	Wv (kg/m ²)
VIVIENDA	
Balcones	500
Habitaciones y pasillos	200
Escaleras	300
OFICINA	
Pasillos y escaleras	300
Oficinas	250
Áreas de cafetería	500
HOSPITALES	
Pasillos	500
Clínicas y encamamiento	250
Farmacia	500
Escaleras	500
Cafetería y cocina	500

Continuación de la tabla V.

HOTELES	
Habitaciones	200
Servicios y áreas públicas	500
EDUCATIVOS	
Aulas	200
Pasillos y escaleras	500
Salones de Lectura de Biblioteca	200
Área de estanterías de Biblioteca	700
REUNIÓN	
Escaleras privadas	300
Escaleras públicas	500
Balcones	500
Vestíbulos públicos	500
Plazas a nivel de la calle	500
Salones con asiento fijo	300
Escenarios y circulaciones	500
GARAJES	
Garajes para automóviles de pasajeros 250	250
Garajes para vehículos de carga	500
Rampas de uso colectivo	750
Corredores de circulación	500
Servicio y reparación	500
INSTALACIONES DEPORTIVAS PÚBLICAS	
Zonas de circulación	500
Zonas de asientos	400
Zonas sin asientos	800
Canchas deportivas	Ver nota ^(a)
ALMACENES	
Minoristas	500
Mayoristas	600
BODEGAS	
Cargas livianas	600
Cargas pesadas	1 200
FÁBRICAS	
Industrias livianas	500
Industrias pesada	1 000
CUBIERTAS PESADAS	
Azoteas de concreto con acceso	200
Azoteas sin acceso horizontal o inclinadas	100
Azoteas con inclinación mayor de 20°	75 ^(b)
Cubiertas usadas para jardín o para reuniones	500

Continuación de la tabla V.

CUBIERTAS LIVIANAS Techos de láminas, tejas, cubiertas plásticas, lonas, etc (aplica a la estructura que soporta la cubierta final)	50 ^(b)
--	-------------------

Nota: (a) carga depende del tipo de cancha
(b) sobre proyección horizontal

Fuente: Normas AGIES NSE 2-10 p. 6.

Las cargas vivas utilizadas para el diseño del edificio serán:

Entrepiso para mercados = 500 kg/m²

Cubierta para mercados con acceso = 200 kg/m²

Escaleras públicas = 500 kg/m²

Balcones = 500 kg/m²

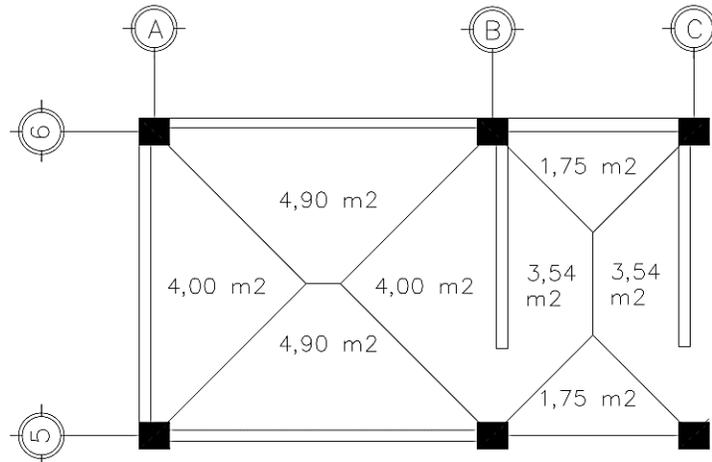
2.1.5.1.2. Cargas muertas

Las cargas muertas son aquellas que se mantienen constantes en magnitud y posición durante la vida de la estructura. Generalmente, la mayor parte de la carga muerta es el peso propio de la estructura, se compone por losas, vigas, columnas, muros, techos, ventanas, puertas, instalaciones, acabados, entre otros. Estas cargas se determinan con bastante exactitud, dependiendo de los materiales que se utilicen, los pesos se determinan a partir de las densidades y tamaños.

A continuación se realizará la integración de cargas verticales para los ejes críticos de cada uno de los módulos, en sentido de Y:

- Módulo 1 (eje A)

Figura 6. Área tributaria



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Sobrecarga y acabados:

Acabados = 25 kg/m²

Tabiques = 70 kg/m²

Instalaciones = 25 kg/m²

Sobrecarga = 30 kg/m²

- Primer nivel:

Sección de viga = 40cm * 25 cm

Peso del concreto (Pc) = 2 400 kg/m³

Espesor de losa (t) primer nivel = 12 cm

Sobrecarga y acabados = 150 kg/m²

Muros = 150 kg/m²

Altura de muros = 3 m

W viva de entrepiso = 500 kg/m²

Área tributaria (según figuras 5 y 7) = 37,7 m²

▪ Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = \frac{37,7\text{m}^2 * 0,12\text{m} * 2\,400\text{ kg/m}^3}{20\text{m}} = 542,88\text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,40\text{ m} - 0,12\text{m}) * 0,25\text{m} * 2\,400\text{ kg/m}^3 = 168\text{ kg/m}$$

$$W_{\text{s y a}} = \frac{37,7\text{m}^2 * 150\text{ kg/m}^2}{20\text{m}} = 282,75\text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muros}} = \frac{30,8\text{ m} * 3\text{ m} * 150\text{ kg/m}^2}{20\text{m}} = 693\text{ kg/m}$$

$$\text{CM Total} = 1\,686,63\text{kg/m}$$

▪ Carga viva:

$$W_{\text{entrepiso}} = \frac{37,7\text{m}^2 * 500\text{ kg/m}^2}{20\text{m}} = 942,50\text{ kg/m}$$

$$\text{CV Total} = 942,50\text{ kg/m}$$

○ Segundo nivel:

Sección de viga = 40cm * 25 cm

Peso del concreto (Pc) = 2 400 kg/m³

Espesor de losa (t) segundo nivel= 10 cm

Sobrecarga y acabados = 150 kg/m²

W viva de cubierta = 200 kg/m²

Área tributaria = 37,7 m²

- Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = \frac{37,7 \text{ m}^2 * 0,10\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3}{20\text{m}} = 452,40 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,40 \text{ m} - 0,10\text{m}) * 0,20\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 180 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sya}} = \frac{37,7\text{m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2}{20\text{m}} = 282,75 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM Total} = 915,15 \text{ kg/m}$$

- Carga viva:

$$W_{\text{entrepiso}} = \frac{37,7\text{m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2}{20\text{m}} = 377 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV Total} = 377 \text{ kg/m}$$

- Módulo 2 (eje A)

- Primer nivel:

Sección de viga = 40cm * 25 cm

Espesor de losa (t) primer nivel = 12 cm

Sobrecarga y acabados = 150 kg/m²

Muros = 150 kg/m²

Altura de muros = 3 m

W viva de entrepiso = 500 kg/m²

Área tributaria = 30,16 m²

- Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = \frac{30,16 \text{ m}^2 * 0,12\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3}{16 \text{ m}} = 542,88 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,40 \text{ m} - 0,12\text{m}) * 0,20\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 168 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{sya}} = \frac{30,16 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2}{16 \text{ m}} = 282,75 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muros}} = \frac{29,3 \text{ m} * 3 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2}{16 \text{ m}} = 824,06 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM Total} = 1817,69 \text{ kg/m}$$

- Carga viva:

$$W_{\text{entrepiso}} = \frac{30,16 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2}{16 \text{ m}} = 942,50 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV Total} = 942,50 \text{ kg/m}$$

- Segundo nivel:

Sección de viga = 40cm * 25 cm

Espesor de losa (t) segundo nivel = 10 cm

Sobrecarga y acabados = 150 kg/m²

W viva de cubierta = 200 kg/m²

Área tributaria = 30,16 m²

- Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = \frac{30,16 \text{ m}^2 * 0,10\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3}{16 \text{ m}} = 452,40 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,40 \text{ m} - 0,12\text{m}) * 0,20\text{m} * 2400 \text{ kg/m}^3 = 180 \text{ kg/m}$$

$$W_{sya} = \frac{30,16 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2}{16 \text{ m}} = 282,75 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM Total} = 915,15 \text{ kg/m}$$

- Carga viva:

$$W_{entrepiso} = \frac{30,16 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2}{16 \text{ m}} = 377 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV Total} = 377 \text{ kg/m}$$

- Módulo 3 (eje C)

- Primer nivel:

Sección de viga = 40cm * 25 cm

Peso del concreto (Pc) = 2 400 kg/m³

Espesor de losa (t) primer nivel = 12 cm

Sobrecarga y acabados = 150 kg/m²

Muros = 150 kg/m²

Altura de muros = 3 m

W viva de entrepiso = 500 kg/m²

Área tributaria = 33,84 m²

- Carga muerta:

$$W_{losa} = \frac{33,84 \text{ m}^2 * 0,12\text{m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3}{20,40 \text{ m}} = 477,74 \text{ kg/m}$$

$$W_{viga} = (0,40 \text{ m} - 0,12\text{m}) * 0,20\text{m} * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 168 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{Sya}} = \frac{33,84 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2}{20,40 \text{ m}} = 248,82 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{muros}} = \frac{32,4 \text{ m} * 3 \text{ m} * 150 \text{ kg/m}^2}{20,40 \text{ m}} = 714,71 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM Total} = 1\ 609,27 \text{ kg/m}$$

- Carga viva:

$$W_{\text{entrepiso}} = \frac{33,84 \text{ m}^2 * 500 \text{ kg/m}^2}{20,40 \text{ m}} = 829,41 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV Total} = 829,41 \text{ kg/m}$$

- Segundo nivel:

Sección de viga = 40cm * 25 cm

Peso del concreto (Pc) = 2 400 kg/m³

Espesor de losa (t) segundo nivel = 10 cm

Sobrecarga y acabados = 150 kg/m²

W viva de cubierta = 200 kg/m²

Área tributaria = 33,84 m²

- Carga muerta:

$$W_{\text{losa}} = \frac{33,84 \text{ m}^2 * 0,10\text{m} * 2\ 400 \text{ kg/m}^3}{20,40 \text{ m}} = 398,12 \text{ kg/m}$$

$$W_{\text{viga}} = (0,40 \text{ m} - 0,10\text{m}) * 0,20\text{m} * 2\ 400 \text{ kg/m}^3 = 180 \text{ kg/m}$$

$$W_{sya} = \frac{33,84 \text{ m}^2 * 150 \text{ kg/m}^2}{20,40 \text{ m}} = 248,82 \text{ kg/m}$$

$$\text{CM Total} = 826,94 \text{ kg/m}$$

- Carga viva:

$$W_{entrepiso} = \frac{33,84 \text{ m}^2 * 200 \text{ kg/m}^2}{20,40 \text{ m}} = 331,76 \text{ kg/m}$$

$$\text{CV Total} = 331,76 \text{ kg/m}$$

De la misma manera se realiza este procedimiento para la integración de cargas en los ejes críticos de todos los módulos, solo que en sentido X:

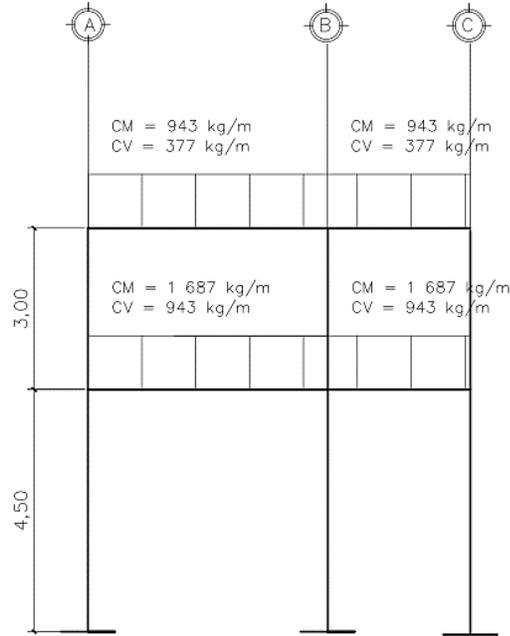
Tabla VI. **Integración de cargas en ejes críticos, en sentido X**

Módulo	Carga Muerta	Carga Viva
1 - primer nivel	1 777,56 kg/m	936,62 kg/m
1 - segundo nivel	910,56 kg/m	374,65 kg/m
2 - primer nivel	2 023,14 kg/m	1 025,32 kg/m
2 - segundo nivel	979,75 kg/m	410,13 kg/m
3 - primer nivel	1 670,67 kg/m	899,29 kg/m
3 - segundo nivel	881,45 kg/m	359,72 kg/m

Fuente: elaboración propia.

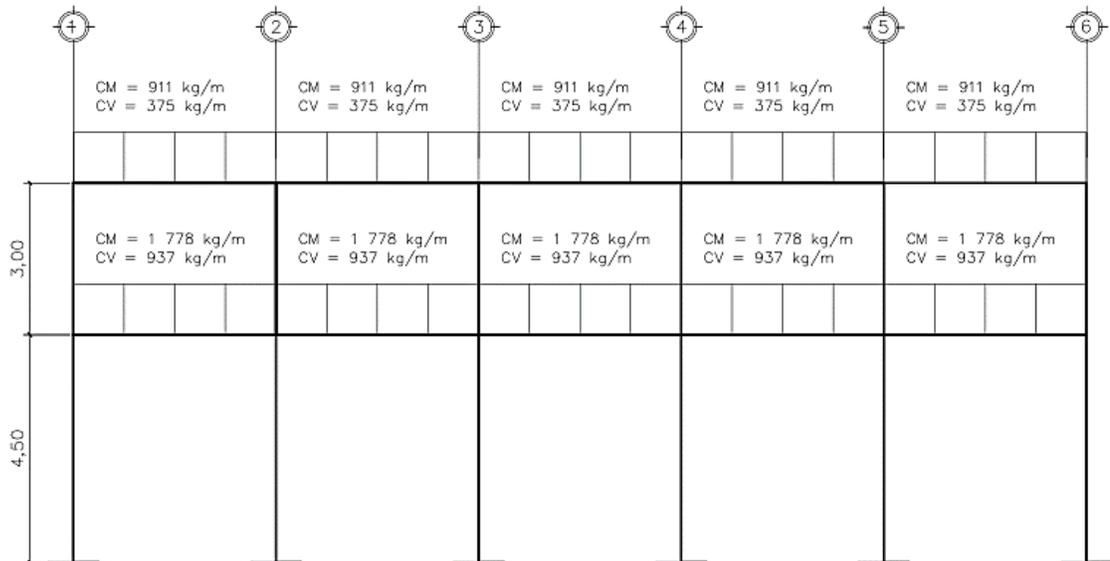
Las figuras 7 y 8 muestran los modelos de carga muerta y viva del módulo 1.

Figura 7. **Carga muerta y carga viva, eje X**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 8. **Carga muerta y carga viva, eje Y**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.5.2. Cargas horizontales

Las cargas horizontales son producidas por el viento o por sismo. En el análisis de la estructura se consideró la fuerza producida por el sismo, puesto que Guatemala, al ser considerado como un lugar con alto grado de sismicidad las cargas por viento no se consideran, además, que en el lugar donde se diseñará la estructura presenta cargas de viento muy bajas.

2.1.5.2.1. Carga sísmica

El edificio se considera fijo en la base y se diseñará en cada dirección de análisis para resistir como mínimo el cortante basal estático equivalente (V_B) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$V_B = C_S * W_S$$

Donde:

C_S = coeficiente sísmico de diseño

W_S = peso de la parte de la edificación capaz de generar fuerzas inerciales que distribuyan al cortante basal

Para obtener el coeficiente sísmico de diseño se deben obtener distintos valores, por medio de la Norma AGIES, los cuales se detallarán a continuación:

- Sistema estructural: según Norma AGIES NSE-3, sección 1.5, esta estructura se clasifica como un sistema de marcos E-1, está integrado por columnas y vigas que soportan toda la carga vertical y además todas las sollicitaciones horizontales. Todos los marcos deben estar unidos entre sí

por diafragmas de piso horizontales. Los marcos pueden ser de concreto reforzado o acero estructural.

- Categoría ocupacional: según Norma AGIES NSE-1, sección 3.1, los mercados se clasifican en la categoría III, la cual es de obras importantes. Estas son las obras que albergan o pueden afectar a más de 300 personas; aquellas donde los ocupantes estén regidos a desplazarse, las que presten servicios importantes a gran número de persona que alberguen valores culturales reconocidos o equipo de alto costo.
- Distancia a la falla: es la distancia horizontal más cercana a la fuente sísmica, en este caso se considera la falla a 15 km de distancia.
- Sismos para el diseño estructural: para el diseño estructural de obras importantes se utilizará el valor del sismo severo, tiene un 5 % de probabilidad de ser excedido en un periodo de 50 años. Esto es según Norma AGIES NSE-2, sección 4.3.
- Periodo de vibración empírico (T_a): se estimará en forma empírica y genérica:

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

Donde:

h_m = altura del edificio, en metros

$K_T = 0,049$, $x = 0,75$ para sistemas estructurales E1, E3, E4 o E5

$$T_a = 0,049 * (7,50 \text{ m})^{0,75}$$

$$T_a = 0,222 \text{ seg}$$

- Clasificación de sitio: el sitio de interés se clasificará con base en las características del perfil de suelo entre los 5 y 30 m bajo los cimientos. Según tabla 4-4 de la Norma AGIES NSE-2, sección 4.5. tiene clase de sitio tipo D, ya que es una arcilla limosa color beige con presencia de gravas y pómez.

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

Clase de Sitio		Vps todo el perfil	Np todo el perfil	Ndc sector no-cohesivo	Sdc sector cohesivo
AB	Roca	750 m/s	No aplica	No aplica	No aplica
C	Suelo muy denso o roca sueva	750 a 360 m/s	≥ 30	≥ 30	≥ 30 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 na o más con índice de plasticidad IP > 20; humedad w ≥ 40% y Suc < 25 Kpa			
F	Suelo con problemas especiales	Véase NSE 2.1 Capítulo 5			

Fuente: Norma AGIES NSE-2, sección 4.5. tabla 4-4, p. 21.

- Índice de sismicidad (I_0): es una medida relativa de la severidad esperada del sismo en una localidad. Para el efecto de esta norma el territorio de la república de Guatemala se divide en macro zonas de amenaza sísmica, teniendo una distribución geográfica por municipios. Se puede encontrar en el anexo A de AGIES NSE-2, página 58, que Río Hondo cuenta con:

$$I_0 = 4$$

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

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

- Ajuste por intensidades sísmicas especiales: los valores S_{cr} y S_{1r} deberán ser adicionalmente ajustados por la posibilidad de intensidades incrementadas de vibración en el sitio. Según Norma AGIES NSE-2, sección 4.3.3.3, se tomarán en cuenta en la forma genérica siguiente:

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

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

Donde:

F_a = coeficiente de sitio para periodos de vibración cortos

F_v = coeficiente de sitio para periodos de vibración largos

N_a = factor que aplique por la proximidad de las amenazas especiales

N_v = factor que aplique por la proximidad de las amenazas especiales

Tabla VIII. **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: Norma AGIES NSE-2, sección 4.3.3.5. tabla 4-2, p. 15.

$F_a = 1.0$

Tabla IX. **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: Norma AGIES NSE-2, sección 4.3.3.5. tabla 4-3, p. 15.

Fv = 1.5

Tabla X. **Factor Na para periodos 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_s que mayor haya salido al cotejar todas las fuentes relevantes

Fuente: Norma AGIES NSE-2, sección 4.6.1.1. tabla 4-6, p. 24.

Na = 1.0

Tabla XI. Factor N_v para periodos cortos 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: Norma AGIES NSE-2, sección 4.6.1.1. tabla 4-7, p. 25.

$N_v = 1.0$

$$S_{cs} = 1,3 * 1 * 1 = 1,3$$

$$S_{1s} = 0,5 * 1,5 * 1 = 0,75$$

- Periodo de transición (T_s): es el periodo en segundos que separa los periodos cortos de los largos.

$$T_s = \frac{S_{1s}}{S_{cs}}$$

$$T_s = \frac{0,75}{1,3} = 0,57 \text{ seg}$$

- Espectro calibrado al nivel de diseño requerido:

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

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

Según los factores de escala de sismos de la Norma AGIES en la sección 4.3.4.1 se puede clasificar como sismo severo, el cual tiene la probabilidad de ser excedido en 50 años y cuenta con un $K_d = 0,80$.

$$S_{cd} = 1,3 * 0,80 = 1,04$$

$$S_{1d} = 0,75 * 0,80 = 0,52$$

Las ordenadas espectrales $S_a(T)$ para cualquier periodo de vibración T , se definen con:

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

$$S_a(T) = S_{1d}/T \quad \text{Si } T_a > T_s$$

Como $0,222 < 0,57$, entonces:

$$S_a(T) = S_{cd} = 1,04$$

- Coeficiente sísmico al límite de cedencia (C_s): es el periodo, en segundos, que separa los periodos cortos de los largos.

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

Donde:

$S_a(T)$ = demanda sísmica de diseño para una estructura

R = factor de reducción

Tabla XII. **Coeficientes y factores para diseño de sistemas sismoresistentes**

	SISTEMA ESTRUCTURAL (sección 1.5)	Sistema Construivo Véase Secc1.5.8	R	Ω_r	C_d	Limite 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	50	30	12	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	4.5	3	4	50	30	12	NP
E1-C	Marcos tipo C								
	De concreto reforzado	NSE 7.1	3	3	3	30	NP	NP	NP
	De acero estructural	NSE 7.5	3.5	3	2.5	30	NP	NP	NP

Fuente: Norma AGIES NSE-3, sección 1.5. tabla 1-1, p. 11.

$$C_s = \frac{1,04}{8} = 0,13$$

- Valores mínimos de C_s :

$$C_s \geq 0,044 * S_{cd}$$

$$C_s \geq 0,5 * \frac{S_{1r}}{R}$$

$$0,13 \geq 0,044 * 1,04 = 0,045$$

$$0,13 \geq 0,5 * \frac{0,5}{8} = 0,031$$

Finalmente se puede conocer el corte basal para cada uno de los módulos de la edificación, obteniendo el peso de cada uno de estos:

$$V_B = C_S * W_S$$

Tabla XIII. **Corte basal**

Módulo	Peso nivel 1 (kg)	Peso nivel 2 (kg)	Ws (kg)	Cs	Vb (kg)
1	219 331,8	114 720,2	334 052,0	0,13	43 426,75
2	270 927,4	144 567,5	415 494,8	0,13	54 014,33
3	233 295,7	120 173,0	353 468,6	0,13	45 950,92

Fuente: elaboración propia.

- Distribución vertical de fuerzas sísmicas: el valor de cortante basal de cedencia se debe distribuir en cada uno de los niveles de todos los módulos.

$$F_x = C_{vx} * V_B$$

Donde:

$$C_{vx} = \frac{W_x * h_x^k}{\sum_i^n (W_i * h_i^k)}$$

F_x = cortante de cedencia en el nivel x.

h_x = altura del nivel x, medido desde la base

$k = 1$	si,	$T \leq 0,5 \text{ s}$
$k = 0,75 + 0,5 T$	si,	$0,5 < T \leq 2,5 \text{ s}$
$k = 2$	si,	$T > 2,5 \text{ s}$

$$k = 0,75 + 0,5 * (0,57 \text{ s})$$

$$k = 1,04 \text{ s}$$

Tabla XIV. **Distribución vertical de las fuerzas sísmicas, módulo 1**

Nivel	WL (kg)	hx (m)	WL * hx ^k	Cvx	Fx (kg)	Fx (TON)
2	114 720,20	7,50	1 293 565,89	0,4601	19 980,58	19,98
1	219 331,76	4,50	1 517 932,96	0,5399	23 446,18	23,45
	334 051,96		2 811 498,85		43 426,75	43,43

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Distribución vertical de las fuerzas sísmicas, módulo 2**

Nivel	WL (kg)	hx (m)	WL * hx ^k	Cvx	Fx (kg)	Fx (TON)
2	144 567,45	7,50	1 643 365,83	0,4652	25 129,65	25,13
1	270 927,36	4,50	1 888 927,24	0,5348	28 884,67	28,88
	415 494,81		3 532 293,07		54 014,33	54,01

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Distribución vertical de las fuerzas sísmicas, módulo 3**

Nivel	WL (kg)	hx (m)	WL * hx ^k	Cvx	Fx (kg)	Fx (TON)
2	120 172,95	7,50	1 357 254,28	0,4562	20 961,48	20,96
1	233 295,66	4,50	1 618 064,79	0,5438	24 989,44	24,99
	353 468,61		2 975 319,07		45 950,92	45,95

Fuente: elaboración propia.

- Centro de masa: para determinar el centro de masa de los módulos, se utilizará el peso de la losa.

$$C_{mx} = \frac{\sum(W_i * x_i)}{\sum W_i}$$

$$C_{my} = \frac{\sum(W_i * y_i)}{\sum W_i}$$

- Segundo nivel:

Tabla XVII. Centro de masa de segundo nivel, módulo 1

Losa	Area	CM	CV	Wtotal	x	y	W*x	W*y	
1	17,8	6408	3560	9968	2,225	2	22178,8	19936	
2	17,8	6408	3560	9968	2,225	6	22178,8	59808	
3	17,8	6408	3560	9968	2,225	10	22178,8	99680	
4	17,8	6408	3560	9968	2,225	14	22178,8	139552	
5	17,8	6408	3560	9968	2,225	18	22178,8	179424	
6	10,6	3816	2120	5936	5,775	2	34280,4	11872	
7	10,6	3816	2120	5936	5,775	6	34280,4	35616	
8	10,6	3816	2120	5936	5,775	10	34280,4	59360	
9	10,6	3816	2120	5936	5,775	14	34280,4	83104	
10	10,6	3816	2120	5936	5,775	18	34280,4	106848	
							79520	282296	795200

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{282\ 296}{79\ 520} = 3,55$$

$$C_{my} = \frac{795\ 200}{79\ 520} = 10,00$$

Tabla XVIII. Centro de masa de primer nivel, módulo 1

Losa	Area	CM	CV	Wtotal	x	y	W*x	W*y
1	17,8	7262,4	8900	16162,4	2,225	2	35961,34	32324,8
2	17,8	7262,4	8900	16162,4	2,225	6	35961,34	96974,4
3	17,8	7262,4	8900	16162,4	2,225	10	35961,34	161624
4	17,8	7262,4	8900	16162,4	2,225	14	35961,34	226273,6

Continuación de la tabla XVIII.

5	17,8	722,4	8900	16162,4	2,225	18	35961,34	290923,2
6	10,6	4324,8	5300	9624,8	5,775	2	55583,22	19249,6
7	10,6	4324,8	5300	9624,8	5,775	6	55583,22	57748,8
8	10,6	4324,8	5300	9624,8	5,775	10	55583,22	96248
9	10,6	4324,8	5300	9624,8	5,775	14	55583,22	134747,2
10	10,6	4324,8	5300	9624,8	5,775	18	55583,22	173246,4
128936							457722,8	1289360

Fuente: elaboración propia.

$$C_{mx} = \frac{457\,722,8}{128\,936} = 3,55$$

$$C_{my} = \frac{1\,289\,360}{128\,936} = 10,00$$

El módulo de gradas no presenta ningún efecto, ya que es independiente a la estructura y existe una junta de construcción. De la misma manera se obtiene el centro de masa de los otros dos módulos. Los cuales se resumen a continuación:

Tabla XIX. Centro de masa, módulo 2 y 3

Módulo - nivel	Cmx	Cmy
Módulo 2 - primer nivel	5,925	8,00
Módulo 2 – segundo nivel	5,925	8,00
Módulo 3 - primer nivel	3,525	10,20
Módulo 3 – segundo nivel	3,525	10,20

Fuente: elaboración propia.

- Centro de rigidez: es el punto central de los elementos verticales de un sistema que resiste a las fuerzas laterales. También llamado centro de resistencia.

$$CR_x = \frac{\sum(K_{ix} * x_i)}{\sum K_{ix}}$$

$$CR_y = \frac{\sum(K_{iy} * y_i)}{\sum K_{iy}}$$

Para encontrar las rigideces en las columnas en todos los módulos, se tienen las siguientes condiciones:

- Voladizo: esta condición se utiliza para el último nivel de la estructura.

$$K = \frac{1}{\frac{P * h^3}{3E_c * I} + \frac{1,2 * P * h}{AG}}$$

- Doblemente empotrado: se utiliza para los entrepisos de la estructura.

$$K = \frac{1}{\frac{P * h^3}{12E_c * I} + \frac{1,2 * P * h}{AG}}$$

Donde:

P = carga asumida de 10 000 kg

h = altura de columna en cm

Ec = módulo de elasticidad de concreto = $E_c = 15\ 100 * \sqrt[2]{f'c}$

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

A = sección transversal de columna

G = módulo de rigidez = G = 0,4 Ec

Para el módulo 1:

- Segundo nivel:

$$K = \frac{1}{\frac{(10\,000) * (300)^3}{3(15\,100 * \sqrt{280}) * \left(\frac{1}{12} * 30 * 30^3\right)} + \frac{1,2 * (10\,000) * (300)}{(30 * 30) * (0,4 * 15\,100 * \sqrt{280})}}$$

$$K = 0,18809$$

Para encontrar la rigidez en los ejes se debe multiplicar la rigidez de la columna por la cantidad de columnas que tiene el marco.

$$K(\text{marco } 1) = 0,18809 * 3 = 0,56427$$

Tabla XX. **Centro de rigidez de segundo nivel en eje X, módulo 1**

Marco	K marco	Xi	K * Xi
A	0,56427	0	0
B	0,56427	4,45	2,5110
C	0,56427	7,1	4,006
	1,69281		6,5173

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Centro de rigidez de segundo nivel en eje Y, módulo 1

Marco	K marco	Yi	K * Yi
1	1,12854	0	0
2	1,12854	4	4,51416
3	1,12854	8	9,02832
4	1,12854	12	13,54248
5	1,12854	16	18,05664
6	1,12854	20	22,5708
	6,77124		67,7124

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{6,5173}{1,69281} = 3,85$$

$$CR_y = \frac{67,7124}{6,77124} = 10$$

- Primer nivel:

$$\frac{1}{\frac{(10\,000) * (300)^3}{12(15\,100 * \sqrt{280}) * \left(\frac{1}{12} * 30 * 30^3\right)} + \frac{1,2 * (10\,000) * (300)}{(30 * 30) * (0,4 * 15\,100 * \sqrt{280})}}$$

$$K = 0,735936$$

Tabla XXII. Centro de rigidez de primer nivel en eje X, módulo 1

Marco	K marco	Xi	K * Xi
A	2,207808	0	0
B	2,207808	4,45	9,8247456
C	2,207808	7,1	15,675437
	6,623424		25,500182

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Centro de rigidez de primer nivel en eje Y, módulo 1

Marco	K marco	Yi	K * Yi
1	4,415616	0	0
2	4,415616	4	17,662464
3	4,415616	8	35,324928
4	4,415616	12	52,987392
5	4,415616	16	70,649856
6	4,415616	20	88,31232
	26,493696		264,93696

Fuente: elaboración propia.

$$CR_x = \frac{25,500182}{6,623424} = 3,85$$

$$CR_y = \frac{264,93696}{26,493696} = 10$$

Asimismo, se obtiene el centro de rigidez de los otros dos módulos. Los cuales se resumen a continuación:

Tabla XXIV. Centro de rigidez, módulo 2 y 3

Módulo - nivel	CRx	CRy
Módulo 2 - primer nivel	5,85	8,00
Módulo 2 – segundo nivel	5,85	8,00
Módulo 3 - primer nivel	3,23	10,20
Módulo 3 – segundo nivel	3,23	10,20

Fuente: elaboración propia.

- Excentricidades directas:

$$e_x = C_{mx} - CR_x$$

$$e_y = C_{my} - CR_y$$

Para el módulo 1:

- Segundo nivel:

$$e_x = 3,55 - 3,85 = -0,30$$

$$e_y = 10,00 - 10,00 = 0$$

- Primer nivel:

$$e_x = 3,55 - 3,85 = -0,30$$

$$e_y = 10,00 - 10,00 = 0$$

Tabla XXV. **Excentricidades directas, módulo 2 y 3**

Módulo - nivel	e_x	e_y
Módulo 2 - primer nivel	0,075	0
Módulo 2 – segundo nivel	0,075	0
Módulo 3 - primer nivel	0,292	0
Módulo 3 – segundo nivel	0,292	0

Fuente: elaboración propia

- Excentricidades accidentales:

$$e1_{x,y} = |C_{mx,y} - CR_{x,y}| + 0,05 * b$$

$$e2_{x,y} = |C_{mx,y} - CR_{x,y}| - 0,05 * b$$

Donde:

b = distancia perpendicular al eje considerado.

Para el módulo 1:

- Segundo nivel:

$$e1_x = |-0,3| + 0,05 * 20 = 1,3$$

$$e2_x = |-0,3| - 0,05 * 20 = -0,7$$

$$e1_y = |0| + 0,05 * 4,45 = 0,355$$

$$e2_y = |0| - 0,05 * 4,45 = -0,355$$

- Primer nivel:

$$e1_x = |-0,3| + 0,05 * 20 = 1,3$$

$$e2_x = |-0,3| - 0,05 * 20 = -0,7$$

$$e1_y = |0| + 0,05 * 4,45 = 0,355$$

$$e2_y = |0| - 0,05 * 4,45 = -0,355$$

Tabla XXVI. **Excentricidades accidentales, módulo 2 y 3**

Módulo - nivel	e1_x	e2_x	e1_y	e2_y
Módulo 2 - primer nivel	0,875	-0,725	0,5925	-0,5925
Módulo 2 – segundo nivel	0,875	-0,725	0,5925	-0,5925
Módulo 3 - primer nivel	1,312	-0,728	0,3525	-0,3525
Módulo 3 – segundo nivel	1,312	-0,728	0,3525	-0,3525

Fuente: elaboración propia.

- Integración de los cortantes por sismo y por torsión:

Cortantes por sismo:

$$V_s = \frac{K_m * F_x}{\sum K_m}$$

Cortantes por torsión:

Tabla XXVII. Cortantes por sismo y torsión en eje X, nivel 1, módulo 1

EJE	Excentricidad		Fx (kg)	Km	di	Km*Fx	Km*di	Km* di ²	Vs	Vt	VT (Kg)
1	e1x	1,3	23446,18	4,415616	-10	103529,32	-44,15616	441,5616	3907,6963	-1088,573	2819,1238
	e2x	-0,7								586,15445	4493,8508
2	e1x	1,3	23446,18	4,415616	-6	103529,32	-26,4937	158,96218	3907,6963	-653,1435	3254,5528
	e2x	-0,7								351,69267	4259,389
3	e1x	1,3	23446,18	4,415616	-2	103529,32	-8,831232	17,662464	3907,6963	-217,7145	3689,9818
	e2x	-0,7								117,23089	4024,9272
4	e1x	1,3	23446,18	4,415616	2	103529,32	8,831232	17,662464	3907,6963	217,71451	4125,4108
	e2x	-0,7								-117,2309	3790,4654
5	e1x	1,3	23446,18	4,415616	6	103529,32	26,493696	158,96218	3907,6963	653,14353	4560,8399
	e2x	-0,7								-351,6927	3556,0037
6	e1x	1,3	23446,18	4,415616	10	103529,32	44,15616	441,5616	3907,6963	1088,5725	4996,2689
	e2x	-0,7								-586,1544	3321,5419
				26,493696				1236,3725			

Fuente: elaboración propia.

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

Cortantes totales:

$$V_T = V_s + V_t$$

Tabla XXVIII. Cortantes por sismo y torsión en eje Y, nivel 1, módulo 1

EJE	Excentricidad		Fx (kg)	Km	di	Km*Fx	Km*di	Km* di ²	Vs	Vt	VT (Kg)
A	e1y	0,355	23446,18	2,207808	-3,55	51764,659	-7,837718	27,8239	7815,3927	-1135,808	6679,5846
	e2y	-0,355								1135,808	8951,2007
B	e1y	0,355	23446,18	2,207808	0,9	51764,659	1,9870272	1,7883245	7815,3927	287,95133	8103,344
	e2y	-0,355								-287,9513	7527,4413
C	e1y	0,355	23446,18	2,207808	3,55	51764,659	7,8377184	27,8239	7815,3927	1135,808	8951,2007
	e2y	-0,355								-1135,808	6679,5846
				6,623424				57,436125			

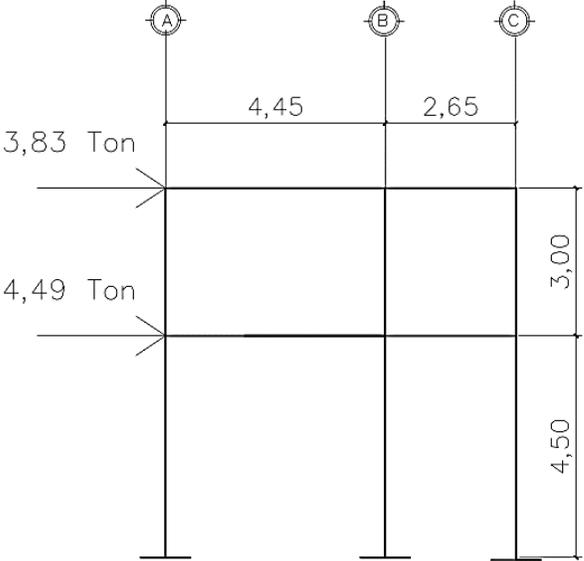
Fuente: elaboración propia

Tabla XXIX. Resumen de cortantes totales en módulo 1

Marco	Nivel	F (kg)	F (Ton)
1	2	3829,6	3,83
	1	4493,9	4,49
2	2	3629,8	3,63
	1	4259,4	4,26
3	2	3430,0	3,43
	1	4024,9	4,02
4	2	3515,6	3,52
	1	4125,4	4,13
5	2	3886,7	3,89
	1	4560,8	4,56
6	2	4257,8	4,26
	1	4996,3	5,00
A	2	7628,1	7,63
	1	8951,2	8,95
B	2	6905,6	6,91
	1	8103,3	8,10
C	2	7628,1	7,63
	1	8951,2	8,95

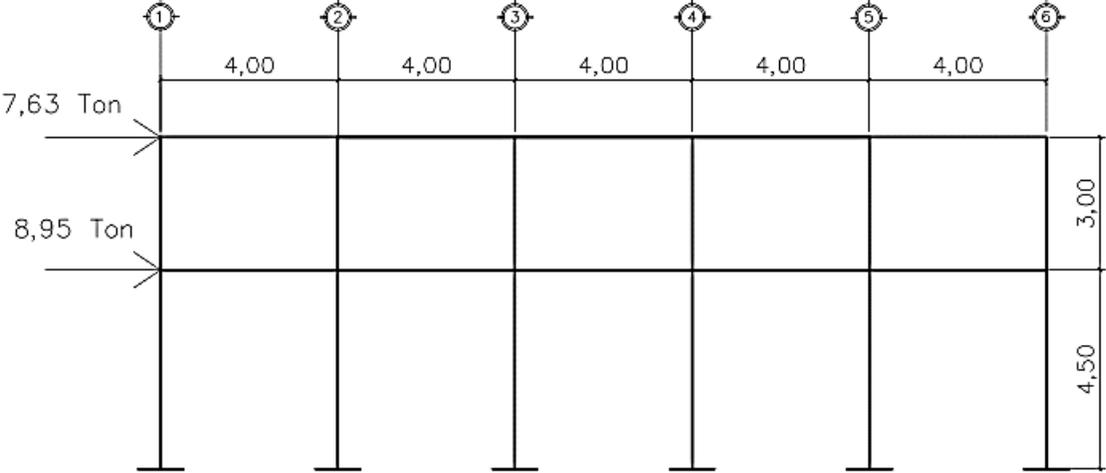
Fuente: elaboración propia

Figura 9. Cortantes críticos en marcos, módulo 1 (Eje X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 10. Cortantes críticos en marcos, módulo 1 (Eje Y)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.6. Análisis estructural por un método de análisis numérico y comparación por medio de software

Para el análisis estructural se utilizó el método de Kani, se basa en la distribución de momentos desarrollado a través de aproximaciones sucesivas, por lo que en cada iteración se va eliminando el error posible y se logra obtener las respuestas con la exactitud deseada.

Como comparación se utilizó el *software* ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building System*), el cual es un programa de análisis y diseño estructural para edificaciones basado en el método de elementos finitos.

A continuación se muestran los pasos para realizar el método de Kani y así obtener los diagramas de momentos para cargas vivas, muertas y sísmicas en vigas y columnas. Estos resultados varían un 16 % con lo obtenido por medio de ETABS, lo cual es aceptable. Para el diseño estructural, se utilizaron los resultados obtenidos por el método de Kani.

- Momentos fijos o de empotramiento perfecto (M_{ik}): en los elementos que se hallan sometidos a cargas intermedias surgen unos momentos para anular los giros que producirían tales cargas si los extremos pudiesen rotar libremente, estos son los momentos de empotramiento y se calculan de la siguiente manera:

$$M_{ik} = \frac{WL^2}{12}$$

Donde:

W = carga distribuida

L = longitud del tramo

- Momentos de sujeción (M_i): se aplica en los nudos donde concurren varios momentos fijos y se encuentra sumando algebraicamente todos los momentos que convergen en el nudo.

$$M_i = \sum M_{ik}$$

- Momento de piso o de nivel (M_r):

$$M_r = \frac{Q_r * h_r}{3}$$

Donde:

Q_n = fuerza cortante en el piso r

h_r = altura de la columna del piso r

- Coeficiente de rigidez relativa (k_{ik}): es la medida de la capacidad de un elemento de oponerse al giro en uno de sus extremos cuando se le aplica un momento.

$$k_{ik} = \frac{I}{L}$$

Donde:

I = inercia del elemento ($b * h^3$) / 12

L = longitud del elemento.

- Factor de giro o coeficiente de reparto (μ_{ik}): se dan en todos los elementos

$$\mu_{ik} = \frac{1}{2} \left(\frac{k_{ik}}{\sum k_{ik}} \right)$$

Nota: en las zapatas, por definición, $\mu_{ik} = 0$.

- Factor de corrimiento (V_{ik}): se encuentra únicamente en las columnas.

$$v_{ik} = -\frac{3}{2} \left(\frac{k_{ik}}{\sum k_{ik}} \right)$$

- Momentos finales (MF_{ik}):

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} \quad \text{Sin ladeo}$$
$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{Con ladeo}$$

Donde:

M'_{ik} = momento en el extremo i debido al giro del mismo

M'_{ki} = momento en el extremo k debido al giro del mismo

M''_{ik} = momento debido al desplazamiento de la columna en el extremo i de la barra ik

A continuación se presenta el proceso del análisis estructural para el módulo 1, aplicado al marco dúctil típico del eje X, bajo la carga vertical muerta:

- Momentos fijos o de empotramiento perfecto (M_{ik}):

$$M_{ad} = -\frac{(910,56 \text{ kg/m})(4,45\text{m})^2}{12} = -1\,502,62 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{da} = \frac{(910,56 \text{ kg/m})(4,45\text{m})^2}{12} = 1\,502,62 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{dg} = -\frac{(910,56 \text{ kg/m})(2,65\text{m})^2}{12} = -532,87 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_{gd} = \frac{(910,56 \text{ kg/m})(2,65\text{m})^2}{12} = 532,87 \text{ kg} * m$$

$$M_{be} = -\frac{(1\,777,56 \text{ kg/m})(4,45\text{m})^2}{12} = -2\,933,35 * m$$

$$M_{eb} = \frac{(1\,777,56 \text{ kg/m})(4,45\text{m})^2}{12} = 2\,933,35 \text{ kg} * m$$

$$M_{eh} = -\frac{(1\,777,56 \text{ kg/m})(2,65\text{m})^2}{12} = -1\,040,25 \text{ kg} * m$$

$$M_{he} = \frac{(1\,777,56 \text{ kg/m})(2,65\text{m})^2}{12} = 1\,040,25 \text{ kg} * m$$

- Momentos de sujeción (Mi):

$$\text{Nudo } a = M_{ab} = -1\,502,62 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nudo } d = M_{da} + M_{dg} = 1\,502,62 - 532,87 = 969,75$$

$$\text{Nudo } g = M_{gd} = 532,87 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nudo } b = M_{gh} = -2\,933,35 \text{ kg} * m$$

$$\text{Nudo } e = M_{eb} + M_{eh} = 2\,933,35 - 1\,040,25 = 1\,893,11$$

$$\text{Nudo } a = M_{he} = 1\,040,25 \text{ kg} * m$$

- Coeficiente de rigidez relativa (k_{ik}):

$$k_{ad} = k_{be} = \frac{\frac{(0,20 \text{ m})(0,40 \text{ m})^3}{12}}{4,45 \text{ m}} = 0,000300 \text{ m}^3$$

$$k_{ad} = k_{be} = \frac{\frac{(0,20 \text{ m})(0,40 \text{ m})^3}{12}}{2,65 \text{ m}} = 0,000503 \text{ m}^3$$

$$k_{ab} = k_{gh} = \frac{(0,30 \text{ m})^3}{3,00 \text{ m}} = 0,000225 \text{ m}^3$$

$$k_{bc} = k_{hi} = \frac{(0,30 \text{ m})^3}{4,50 \text{ m}} = 0,000150 \text{ m}^3$$

- Factor de giro o coeficiente de reparto (μ_{ik}):

Nudo a:

$$\mu_{ad} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,000240}{0,000240 + 0,000225} \right) = -0,286$$

$$\mu_{ab} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,000225}{0,000240 + 0,000225} \right) = -0,214$$

Nudo b:

$$\mu_{be} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,000240}{0,000240 + 0,000150 + 0,000225} \right) = -0,222$$

$$\mu_{ba} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,000150}{0,000240 + 0,000150 + 0,000225} \right) = -0,167$$

$$\mu_{bc} = -\frac{1}{2} \left(\frac{0,000225}{0,000240 + 0,000150 + 0,000225} \right) = -0,111$$

Nudo c, f, i:

$$\mu = 0 \quad \text{por estar empotrado}$$

De la misma manera se obtiene el factor de giro en los nudos restantes.

- Factor de corrimiento (V_{ik}):

- Segundo nivel:

$$v_{ab} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,000225}{5 * 0,000225} \right) = -0,500$$

- Primer nivel:

$$v_{bc} = -\frac{3}{2} \left(\frac{0,000150}{3 * 0,000150} \right) = -0,500$$

- Momentos finales (MF_{ik}):

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

$$M_{ik} = MF_{ik} + 2M'_{ik} + M'_{ki} + M''_{ik} \quad \text{Con ladeo}$$

Donde:

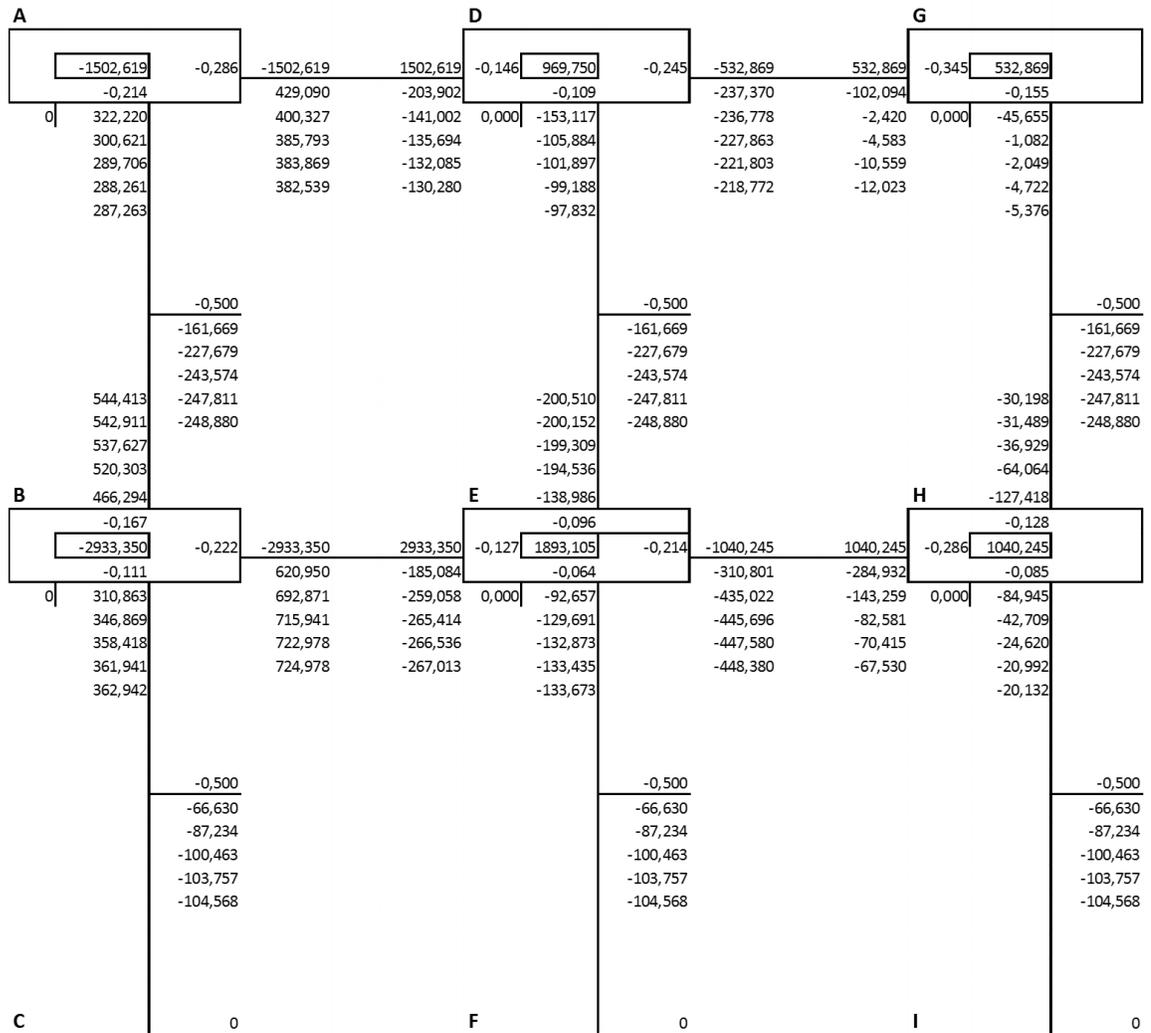
M'_{ik} = momento en el extremo i debido al giro del mismo

M'_{ki} = momento en el extremo k debido al giro del mismo

M''_{ik} = momento debido al desplazamiento de la columna en el extremo i de la barra ik.

Adoptando la convención de los signos en positivo a favor de las agujas del reloj y negativo en contra del sentido de las agujas del reloj.

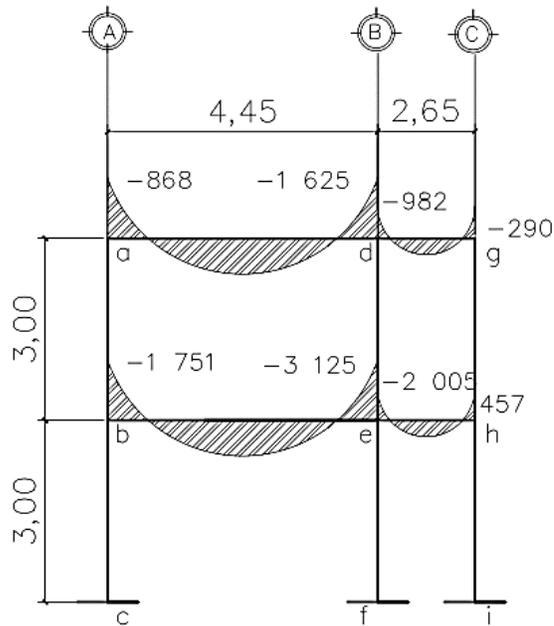
Figura 11. Diagrama de iteraciones método de Kani, módulo 1 (Eje X)



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

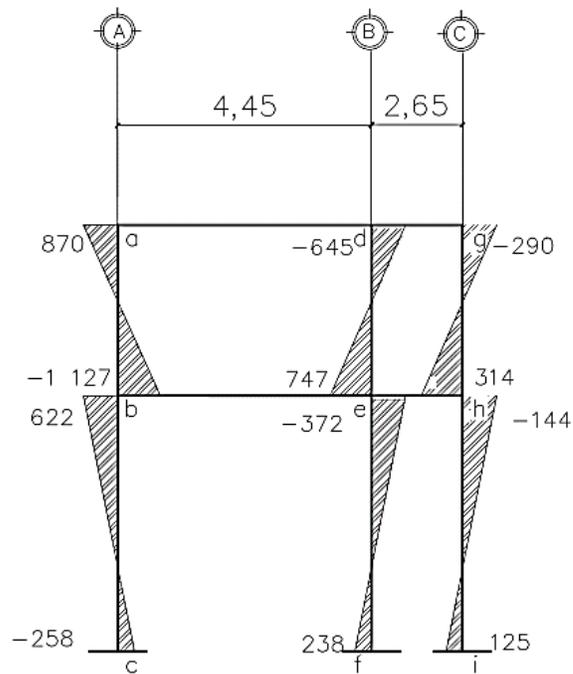
- Resultados del análisis estructural del marco típico en sentido X, para el módulo 1:

Figura 12. Diagrama de momentos en vigas debido a carga muerta



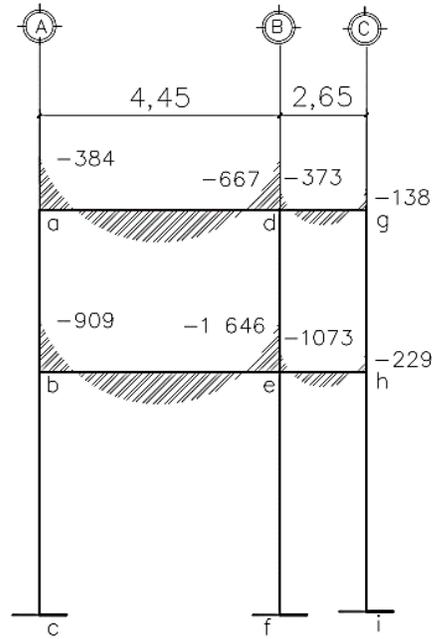
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 13. Diagrama de momentos en columnas debido a carga muerta



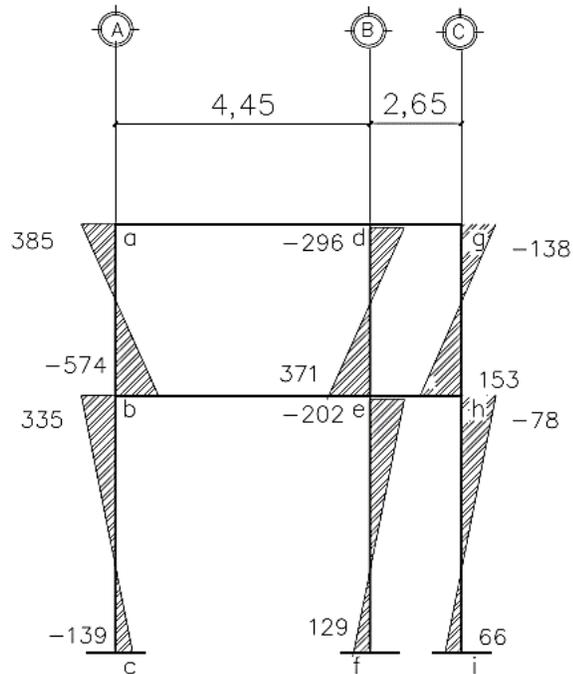
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 14. Diagrama de momentos en vigas debido a carga viva



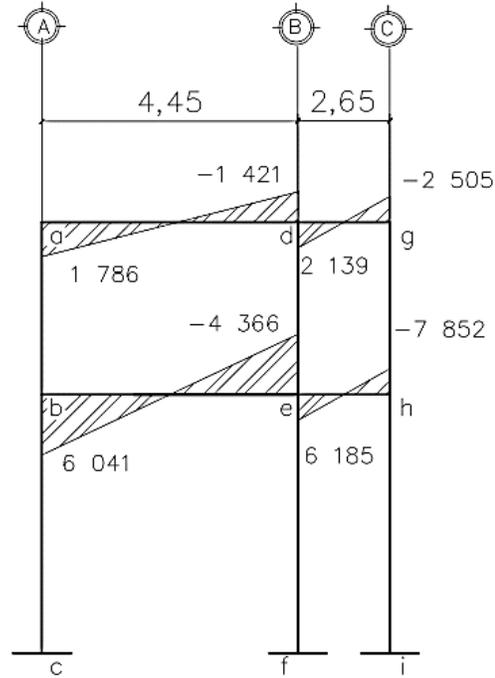
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 15. Diagrama de momentos en columnas debido a carga viva



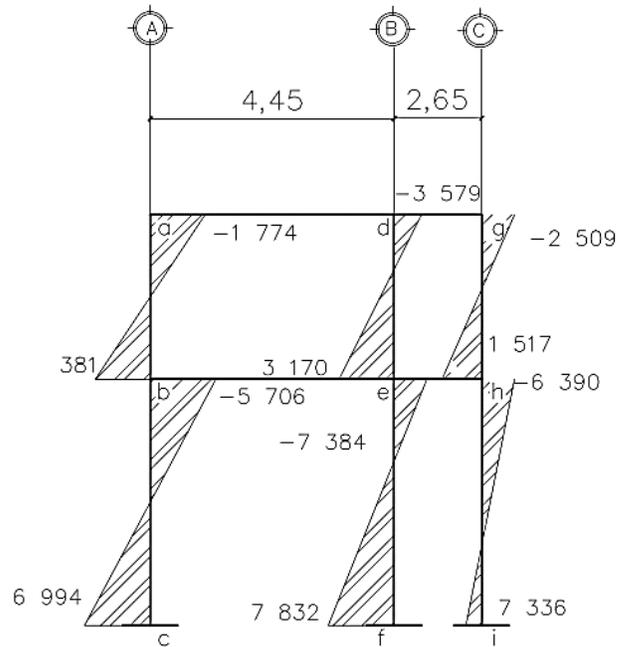
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 16. Diagrama de momentos en vigas debido a carga sísmica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 17. Diagrama de momentos en columnas debido a carga sísmica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Tabla XXX. Comparación de método de Kani con E-TABS, eje X, módulo 1

		Kani (kg-m)	E-TABS (kg-m)
Carga muerta			
Viga	ad	-868	-759
	dg	-982	-917
	be	-1 750	-1 686
	eh	-2 005	-1 941
	da	-1 625	-1 508
	gd	-290	-256
	eb	-3 124	-3 026
	he	-457	-401
Columna	ab	870	766
	de	-645	-588
	gh	-290	-226
	bc	621	557
	ef	-372	-337
	hi	-145	-111
	ba	-1 127	-1029
	ed	748	692
	hg	315	269
	cb	-258	-213
	fe	238	203
	ih	125	104
Carga viva			
Viga	ad	-385	-275
	dg	-374	-309
	be	-909	-845
	eh	-1 073	-1 009
	da	-668	-551
	gd	-138	-104
	eb	-1 646	-1 548
	he	-230	-174
Columna	ab	385	281
	de	-296	-239

Continuación de la tabla XXX.

	gh	-138	-74
	bc	335	271
	ef	-201	-166
	hi	-78	-44
	ba	-573	-475
	ed	371	315
	hg	153	107
	cb	-140	-95
	fe	129	94
	ih	67	46
Carga sísmica			
Viga	ad	1 786	1 695
	dg	2 139	2 104
	be	6 041	6 005
	eh	6 185	6 149
	da	-1 421	-1 304
	gd	-2 504	-2 470
	eb	-4 366	-4 268
	he	-7 851	-7 795
Columna	ab	-1 774	-1 678
	de	-3 579	-3 522
	gh	-2 508	-2 444
	bc	-5 707	-5 791
	ef	-7 384	-7 349
	hi	-6 390	-6 356
	ba	381	479
	ed	3 170	3 114
	hg	1 517	1 471
	cb	6 994	7 039
	fe	7 833	7 798
	ih	7 336	7 315

Fuente: elaboración propia.

2.1.7. Envolverte de momentos

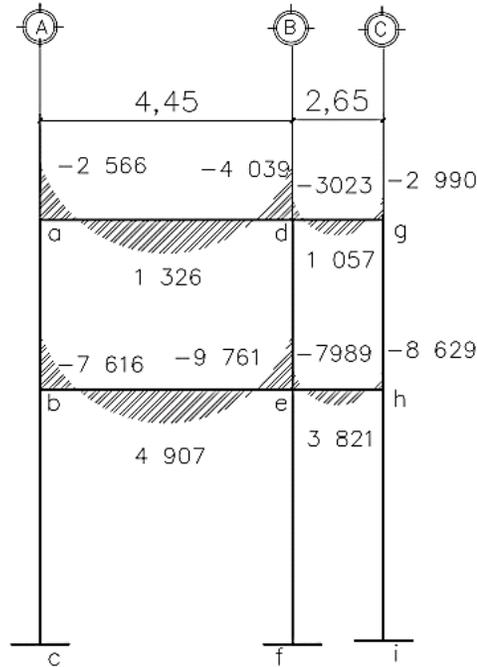
La envolverte de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que ocurren al superponer los efectos de las cargas muerta, viva, y sismo. Las cuales se realizaron con los momentos de análisis de estructural del método de Kani, ver tabla XXX. Las combinaciones que se usan son del código ACI para concreto reforzado. La fuerza de corte y momentos flectores, se toman a rostro para el diseño estructural. Para diseño se toman los valores máximos.

- $M = 0,75 (1,4MCM + 1,7MVC + 1,87MS)$
- $M = 0,75 (1,4MCM + 1,7MVC - 1,87MS)$
- $M = 1,4MCM + 1,7MVC$
- $M = 0,9MCM + 1,43MS$
- $M = 0,9MCM - 1,43MS$

Debe utilizarse el más crítico de los casos de todas las combinaciones. Este procedimiento se realizó en todas las vigas de la edificación.

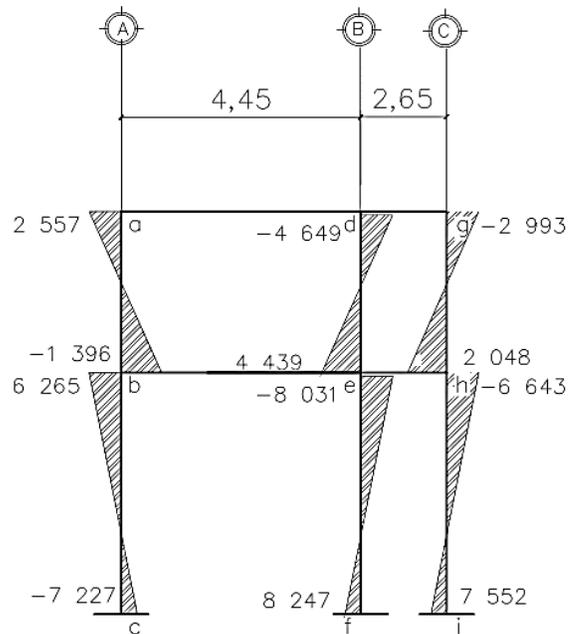
En las figuras 18 y 19 se muestran los diagramas obtenidos de la envolverte para el sentido X del módulo 1:

Figura 18. Diagrama de envolvente de momentos en vigas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 19. Diagrama de envolvente de momentos en columnas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.8. Diagrama de corte

Los cortes en las vigas de los marcos se calculan de la siguiente manera:

$$V_v = 0,75 \left(\frac{1,4 * W_{CM} * L}{2} + \frac{1,7 * W_{CV} * L}{2} + \frac{1,87 * \sum Ms}{L} \right)$$

Corte en viga ad del módulo 1, sentido X:

$$V_{ad} = 0,75 \left(\frac{1,4 * 910,56 * 4,45}{2} + \frac{1,7 * 374,65 * 4,45}{2} + \frac{1,87 * \sum 1\,785,7 - 1\,421,2}{4,45} \right)$$
$$V_{ad} = 4\,200,88 \text{ kg}$$

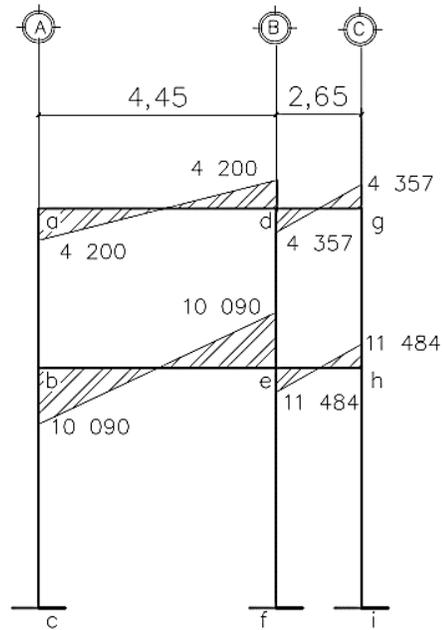
Para el cálculo de corte en columnas se utiliza la siguiente fórmula:

$$V_{col} = \frac{\sum M_{col}}{L}$$

Se realizó el cálculo de corte en la columna ab del módulo 1, sentido X, de la cual se obtuvo lo siguiente:

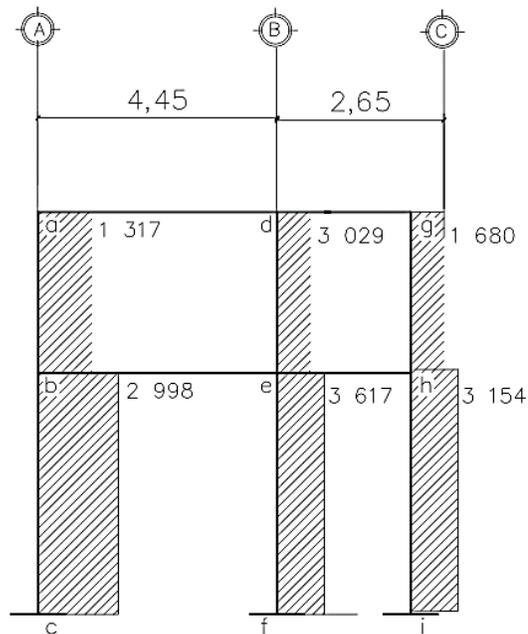
$$V_{col} = \frac{(2\,557 + 1\,395)}{3} = 1\,317,53 \text{ kg}$$

Figura 20. **Diagrama de cortante en vigas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Figura 21. **Diagrama de cortante en columnas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.9. Diseño estructural

Se realiza por medio de una serie de cálculos con el objetivo de dimensionar los elementos de la estructura de manera que las resistencias sean adecuadas para soportar fuerzas resultantes, utilizando cargas considerablemente mayores que las cargas que se espera que actúen en la realidad durante la existencia del edificio.

Para el diseño de todos los elementos se utilizarán las siguientes propiedades de materiales:

- Concreto:

$$f'_c \text{ (resistencia máxima a la compresión)} = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c \text{ (módulo de elasticidad)} = 15\,100 \sqrt{f'_c}$$

$$Y_c \text{ (peso específico)} = 2\,400 \text{ kg/m}^3$$

- Acero:

$$f_y \text{ (resistencia a la fluencia)} = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s \text{ (módulo de elasticidad)} = 2,10 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

2.1.9.1. Diseño de losas

Las losas según su transmisión de cargas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Losas en una dirección: se dan cuando las losas son rectangulares y solamente cuenta con dos apoyos, entonces se diseñan como losas unidireccionales.
- Losas en dos direcciones: se da cuando la losa se sustenta en dos direcciones, se desarrollan esfuerzos y existe deformaciones en ambas direcciones.

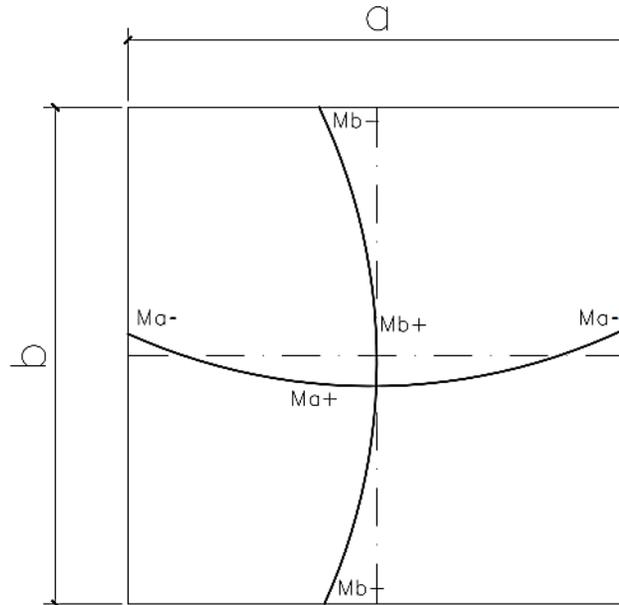
En el capítulo 2.1.4.1.1. se realizó el predimensionamiento de la losa y se determinó que estas trabajarán en dos direcciones con un espesor de 12 cm para la losa de entrepiso y 10 cm para la losa del segundo piso. Se utilizará el método 3 del ACI, el cual es aplicable para losas rectangulares que están soportadas por 4 vigas monolíticas.

Se debe obtener la carga última o carga de diseño de cada una de las losas, como ejemplo se realizará el cálculo para la losa 1 del primer nivel:

$$\begin{aligned}CU &= 1,4CM + 1,7CV \\CU &= 1,4 \left(\left(2\,400 \frac{kg}{m^3} * 0,12m \right) + 150 \frac{kg}{m^2} \right) + 1,7 \left(500 \frac{kg}{m^2} \right) \\CU &= 613,2 + 850 \\CU &= 1\,463,2\end{aligned}$$

- Cálculo de momentos actuantes según coeficientes:

Figura 22. **Determinación de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Negativos:

$$M_{(a-)} = C_a * C_U * a^2$$

$$M_{(b-)} = C_b * C_U * b^2$$

Positivos:

$$M_{(a+)} = C_a * C_{M_u} * a^2 + C_a * C_{V_u} * a^2$$

$$M_{(b+)} = C_b * C_{M_u} * b^2 + C_b * C_{V_u} * b^2$$

Donde:

M = momento actuante

C_a = coeficiente de momentos de ACI para el método 3

C_b = coeficiente de momentos de ACI para el método 3

CM_u = carga muerta

CV_u = carga viva

CU = carga última

a, b = lado corto y largo de la losa

- Momentos actuantes de la losa 1 (caso 9, ACI):

Tabla XXXI. Integración de cargas en ejes críticos, en sentido X

	Coefficiente	Momento (kg-m)
M(a-)	0,068	1 591,96
M(b-)	0,025	721,38
M(a+)	0,026	744,69
M(b+)	0,015	552,45

Fuente: elaboración propia.

En las losas sin continuidad el momento negativo es igual:

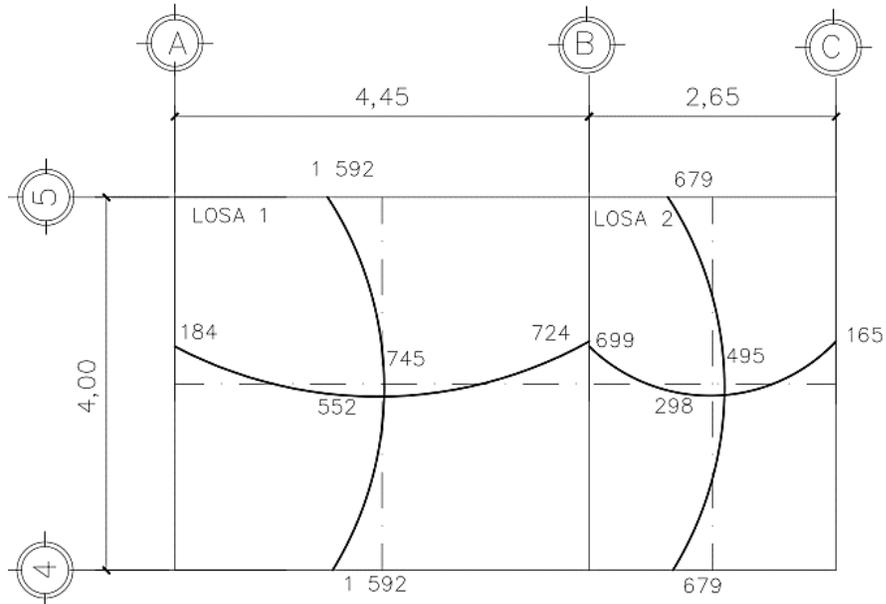
$$M_{(a-)} = 1/3 * M_{(a+)}$$

$$M_{(b-)} = 1/3 * M_{(b+)}$$

- Momentos en losas sin continuidad:

$$M_{(b-)} = 1/3 * 552,45 \text{ kg-m} = 184,15 \text{ kg-m}$$

Figura 23. **Momentos en losas 1 y 2, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

○ Balance de momentos:

- Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} \leq M_{\text{menor}}$; entonces $M_B = (M_{\text{mayor}} + M_{\text{menor}}) / 2$
- Si $0,8 \cdot M_{\text{mayor}} > M_{\text{menor}}$; entonces $M_B =$ proporcional a su rigidez y se procede de la siguiente manera:

$$k_1 = \frac{1}{L_1} \quad k_2 = \frac{1}{L_2} \quad D_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} \quad D_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2}$$

Donde:

k_1, k_2 = rigideces de losas a y b

L_1, L_2 = longitudes de losas

D_1, D_2 = factores de distribución de losas 1 y 2

$dM = M_2 - M_1$

D1	D2
$M1 + D1(dM)$	$M2 - D2(dM)$
M_B	M_B

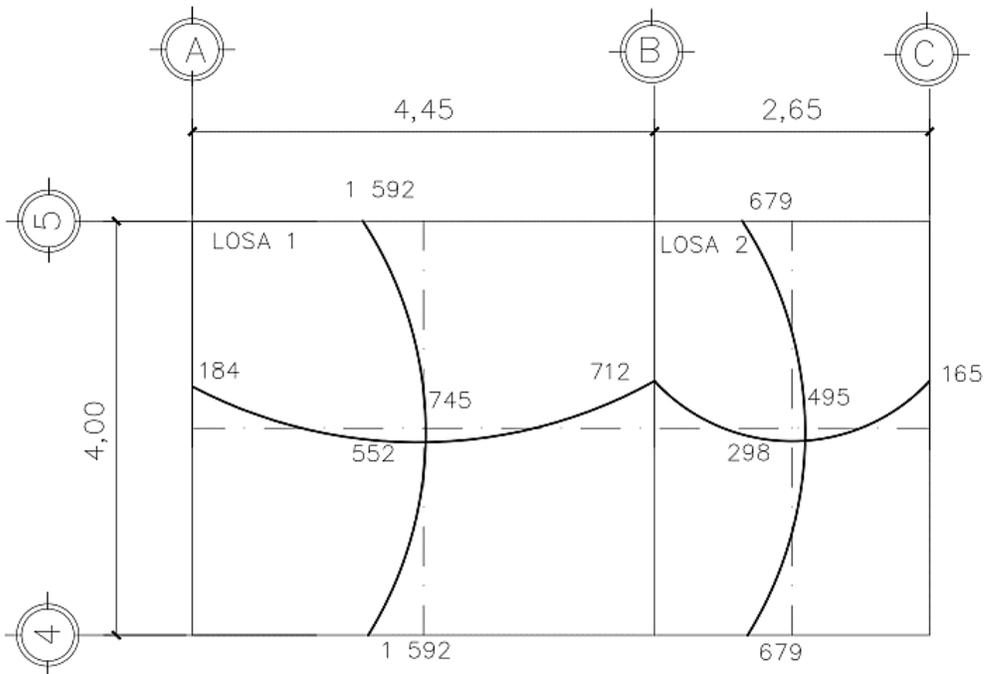
A continuación se realizará el balance de momentos para la 1 y 2 del módulo 1:

$$M_2 = 724,38 \text{ kg-m}$$

$$M_1 = 698,72 \text{ kg-m}$$

$$M = \frac{724,38 + 698,72}{2} = 711,55 \text{ kg - m}$$

Figura 24. **Balance de momentos en losas 1 y 2, módulo 1**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

- Diseño de armado de losa:

Se debe establecer el acero mínimo y el momento que resiste, para después calcular el acero de refuerzo para los momentos mayores al mínimo. Para esto se toma una franja unitaria de $b = 100 \text{ cm}$ y se determina el peralte (D) efectivo de estas:

$$D = (\text{espesor}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diámetro de la varilla}}{2} \right)$$

Para la losa Núm. 1 en el primer nivel, se calcula de la siguiente forma:

$$D = (12\text{cm}) - (2,5 \text{ cm}) - \left(\frac{0,953 \text{ cm}}{2} \right) = 9,024 \text{ cm}$$

- Acero mínimo:

Según la sección 10.5.1 del ACI 318-11 indica que existen dos ecuaciones para obtener el acero mínimo que requiere el elemento, las cuales son las siguientes:

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80\sqrt{f'c}}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80\sqrt{210}}{2810} \right) * (100 \text{ cm}) * (9,024 \text{ cm}) = 3,72 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{2810 \text{ kg/cm}^2} \right) * (100 \text{ cm}) * (9,024 \text{ cm}) = 4,53 \text{ cm}^2$$

De estas se utiliza la mayor, la cual es 4,53 cm² y se calcula el espaciamiento de las varillas.

Espaciamiento considerando una varilla núm. 3:

$$\begin{array}{lcl} 4,53 \text{ cm}^2 & \text{-----}> & 100\text{cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 & \text{-----}> & S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres para espaciamiento con varilla núm. 3:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{4,53 \text{ cm}^2} \quad 15,67 \approx 16$$

Según ACI 318-11, la separación máxima permitida es de 2t

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

- Acero máximo:

$$As_{max} = 0,5 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * f_c * 6\ 115}{f_y (6\ 115 + f_y)} \right) * b * d$$

$$As_{max} = 0,5 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 6\ 115}{2\ 810 \text{ kg/cm}^2 (6\ 115 + 2\ 810 \text{ kg/cm}^2)} \right) * 100 * 9,024 = 16,69 \text{ cm}^2$$

Luego se calcula el momento que resiste el acero mínimo:

$$MAS_{min} = \phi \left(As * f_y \left(d - \frac{As * f_y}{1,7 * b * f_c} \right) \right)$$

$$MAs_{min} = 0,953 \left(4,53 * 2\,810 \left(9,024 - \frac{4,53 * 2\,810}{1,7 * 100 * 210} \right) \right) = 1\,050,407 \text{ kg} - m$$

Para los momentos menores a MAs_{min} , se armarán con As_{min} y $S = 16 \text{ cm}$, para momentos mayores se armarán según indique el cálculo, como se muestra en la tabla XXXII.

Tabla XXXII. **Momentos en losas**

Losa	M (-)	M (+)	M As_{min}	As (cm ²)	As (cm ²) para bastones
Módulo 1					
1	1 592	745	1 050	7,46	2,93
2	699	495	1 050	4,53	
3	1 405	495	1 050	6,53	2,00
4	832	538	1 050	4,53	
Módulo 2					
1	1 592	745	1 050	7,46	2,93
2	760	422	1 050	4,53	
3	1 686	683	1 050	7,94	3,41
4	1 405	854	1 050	6,53	2,00
5	832	441	1 050	4,53	
6	1 545	938	1 050	7,23	2,70
Módulo 3					
1	699	495	1 050	4,53	
2	1 269	618	1 050	5,86	1,33
3	832	538	1 050	4,53	
4	1 201	748	1 050	5,53	1,00

Fuente: elaboración propia.

Para efectos de armado se utilizará varillas núm. 3 @ 16 cm en todos los momentos positivos y en los momentos negativos que sean cubiertos por el

Asmín, para los momentos negativos que requieran más del Asmín se colocará un bastón intermedio, como lo indica la tabla XXXII. La propuesta de armado para todas las losas se encuentra adjunta en anexos, en el plano de losas.

- Chequeo por corte:

El corte debe ser resistido únicamente por el concreto, por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado.

$$V_{max} = \frac{Cu * L}{2} = \frac{1\,463,2 * 4}{2} = 2\,926,3 \text{ kg}$$

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 100 * 9,024 * \sqrt{210} = 5\,891,03 \text{ kg}$$

Como $V_{res} > V_{m\acute{a}x}$, el espesor de la losa es el adecuado, en caso contrario sería necesario aumentar el espesor.

2.1.9.2. Diseño de vigas

Las vigas son elementos estructurales que trabajan a flexocompresión y corte y soportan el peso de la losa, así como su propio peso para luego transmitirla a las columnas. A continuación, se diseñará la viga a-d del módulo 1, en el sentido x:

- Acero mínimo:

Al igual que en la losa, en la sección 10.5.1 del ACI 318-11 indica que existen dos ecuaciones para obtener el acero mínimo que requiere el elemento y se coloca la que mayor área tenga:

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{14,1}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{f'_c}}{f_y} \right) * b * d$$

Donde:

$$D = (\text{altura}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diámetro de la varilla}}{2} \right)$$

$$D = (40\text{cm}) - (3,5\text{ cm}) - \left(\frac{1,27}{2} \right) = 36\text{ cm}$$

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{14,1}{2\ 810\ \text{kg/cm}^2} \right) * (25\text{ cm}) * (36\text{ cm}) = 4,52\text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{210}}{2\ 810} \right) * (25\text{ cm}) * (36\text{ cm}) = 3,71\text{ cm}^2$$

- Acero máximo:

$$A_{S_{max}} = 0,50 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * f_c * 6\ 115}{f_y (6\ 115 + f_y)} \right) * b * d$$

$$A_{s_{max}} = 0,50 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * 6\ 115}{2\ 810 \text{ kg/cm}^2 (6\ 115 + 2\ 810 \text{ kg/cm}^2)} \right) * 25 * 36 = 13,32 \text{ cm}^2$$

- Acero longitudinal, para viga a-d del segundo nivel, sentido x, módulo 1:

Calculando A_s para el momento actuante en la viga, ver figura 19:

$$A_s = \frac{0,85 * f_c}{f_y} \left((b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f_c}} \right)$$

- Calculando para $M(-) = 2\ 556 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left((25 * 36) - \sqrt{(25 * 36)^2 - \frac{2\ 556 * 20}{0,003825 * 210}} \right) = 2,88 \text{ cm}^2$$

- Calculando para $M(+) = 1\ 326 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left((25 * 36) - \sqrt{(25 * 36)^2 - \frac{1\ 326 * 20}{0,003825 * 210}} \right) = 1,48 \text{ cm}^2$$

- Calculando para $M(-) = 4\ 039 \text{ kg-m}$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2\ 810} \left((25 * 36) - \sqrt{(25 * 36)^2 - \frac{4\ 039 * 20}{0,003825 * 210}} \right) = 4,62 \text{ cm}^2$$

Según ACI 318-11 se debe cumplir con los siguientes requerimientos:

- Cama superior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones:

$$A_{s\text{mín}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$33 \% A_{s(-)} \text{ mayor} = 1,53 \text{ cm}^2$$

En este caso, se utilizará $4,52 \text{ cm}^2$ que equivale a colocar 4 núm. 4 corridas, $A_s = 5,15 \text{ cm}^2$

Para cubrir los momentos negativos, la diferencia entre A_s requerido y el A_s corrido, se coloca como bastones adicionales al armado existente.

$M(-) = 2\,556 \text{ kg-m}$, requiere $A_s = 2,88 \text{ cm}^2$, las barras corridas equivalen a colocar el A_s mín el cual es 4 núm. 4 corridas, $A_s = 5,15 \text{ cm}^2$.

$M(-) = 4\,039 \text{ kg-m}$, requiere $A_s = 4,62 \text{ cm}^2$, las barras corridas equivalen a colocar el A_s mín el cual es 4 núm. 4 corridas, $A_s = 5,15 \text{ cm}^2$.

- Cama inferior:

Colocar 2 varillas como mínimo, con el área mayor de las opciones:

$$A_{s\text{mín}} = 4,52 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_s (+) = 0,74 \text{ cm}^2$$

$$50 \% A_s (-) \text{ mayor} = 2,31 \text{ cm}^2$$

Para este caso será necesario utilizar A_s mín, colocando 4 núm. 4 corridas, equivalentes a un área de acero de $5,15 \text{ cm}^2$, lo cual cubre al acero requerido por el M (+).

- Diseño a corte:

El refuerzo transversal en una viga, tiene como objetivo mantener en su posición al refuerzo longitudinal y resistir los efectos del corte en el elemento, si la sección de concreto no es capaz de contrarrestar este efecto.

Según ACI 318-11 en la sección 21.12.4.2, en ambos extremos del elemento se debe colocar, en una longitud de confinamiento mínima a $2h$ medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, refuerzo transversal mínimo, con el menor valor de los siguientes:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo
- 30 cm

De estas se debe colocar la menor.

- Confinamiento mínimo en los extremos de la viga según ACI:

$$L = 2 \cdot h$$

$$L = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm}$$

- Cálculo de longitud de confinamiento:

$$\frac{Vu}{L/2} = \frac{Vres}{x}$$

$$x = \frac{4\,700,42\text{ kg} * (2\text{m})}{9\,278,71\text{ kg}} = 1,01\text{m}$$

$$L \text{ confinamiento} = L/2 - x$$

$$L \text{ confinamiento} = 1,825 - 1,01 = 0,82 \text{ m} \approx 0,85 \text{ m}$$

Debido a que la longitud de confinamiento calculada, es mayor a la que permite el ACI 318-11, se podrá utilizar esta.

- Espaciamiento de estribos en longitud de confinamiento:
- Teórico:

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

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2\,810 * 36}{9\,278,71} = 15,54 \text{ cm}$$

- Según ACI:
 - $d/4 = 9,00 \text{ cm}$
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal = 15,84 cm
 - 24 veces el diámetro de la barra del estribo = 22,86 cm
 - 30 cm

- Espaciamiento de estribos en longitud no confinada:

$$d/2 = 36/2 = 18 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 9,00 cm en la zona de confinamiento y a cada 18 cm en la zona no confinada.

- Cálculo de corte resistente

Si $V_{res} > V_u$, la sección de la viga resiste los efectos del corte. y necesita estribos solo por armado, $S=d/2$.

Si $V_{res} < V_u$, diseñar estribos por corte

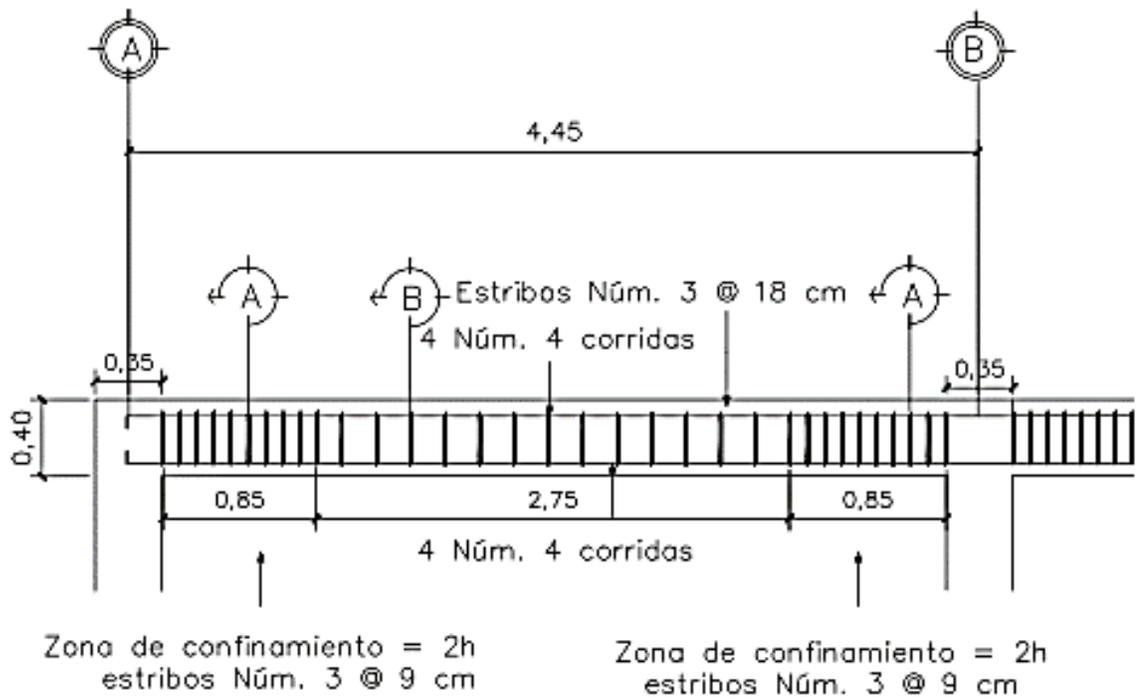
$$V_u = 4\,200,88 \text{ kg}$$

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$

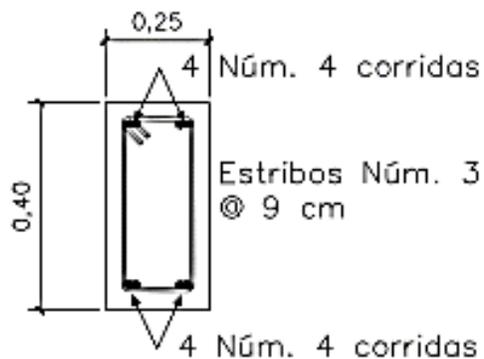
$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 25 * 36 * \sqrt{210} = 5\,875,53 \text{ kg}$$

El mismo criterio se utilizó para las vigas de los tres módulos, se realizó una tabla de resumen para todas las vigas la cual se encuentra en los apéndices del 13 al 15.

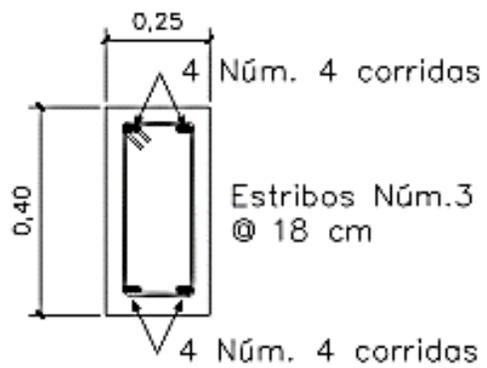
Figura 25. Detalle de vigas, módulo 1, sentido X



Sección A



Sección B



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.9.3. Diseño de columnas

Las columnas son elementos estructurales que están sometidas a carga axial y momentos flexionantes.

Los momentos flexionantes son tomados del análisis estructural para diseñar la columna, se toma el mayor de los dos momentos actuantes en extremos de ésta. Para este caso se diseñan por cada nivel únicamente las columnas críticas, es decir, las que están sometidas a mayores esfuerzos. El diseño resultante para cada columna es aplicado a todas las columnas del nivel analizado. A continuación, se describe el proceso de diseño para la columna f-e, que es la más crítica del primer nivel, módulo 1, los siguientes valores se pueden encontrar en los apéndices 1-9.

Sección de la columna = 30 cm * 30 cm

Longitud de la columna = 3,0 m

$M_y = 6\,832,68$ kg-m

$M_x = 8\,247,24$ kg-m

$V_y = 2\,868,26$ kg

$V_x = 3\,617,45$ kg

Área tributaria = 14,2 m²

- Carga axial:

La carga axial P_u que resiste la columna es el peso que existe sobre la columna que se analizará, incluyendo el área tributaria de las columnas por encima de la que se está analizando.

$$CM = ((2\ 400 * 0,12) + 150 + 150) = 588 \text{ kg/m}^2$$

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

$$CU = 1,4(588 \text{ kg/m}^2) + 1,7(500 \text{ kg/m}^2) = 1\ 673,2 \text{ kg/m}^2$$

- Factor de carga última:

$$FCU = \frac{CU}{CV + CM}$$

$$FCU = \frac{1\ 673,2}{500 + 588} = 1,54 \text{ kg/m}^2$$

- Carga axial última:

$$PU_1 = (CU * At) + (Pv * FCU) + PU_2$$

Donde:

PU_1 = carga axial última de primer nivel

PU_2 = carga axial última de segundo nivel

Pv = carga de la viga

At = área tributaria

$$Pu_1 = (1\ 673,2 * 14,2) + ((2\ 400 * 0,25 * 0,40 * 7,55) * 1,54) + 18\ 247$$

$$Pu_1 = 44\ 793 \text{ kg} = 44,79 \text{ ton}$$

○ Esbeltez:

La esbeltez de una columna es la relación que existe entre la altura y la sección transversal de la misma, se pueden clasificar en cortas, intermedias y largas, tomando como base los siguientes parámetros:

- Columnas cortas ($E < 22$): diseñarlas con los datos originales del diseño estructural.
- Columnas intermedias ($22 < E < 100$): diseñarlas magnificando los momentos actuantes.
- Columnas largas ($E > 100$): no construirlas.

Grado de empotramiento a la rotación:

$$\psi = \frac{\sum k_{columna}}{\sum k_{viga}} \quad k = \frac{I}{L} \quad I = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$I_{viga} = \frac{0,25 \cdot 0,40^3}{12} = 0,001333$$

$$I_{columna} = \frac{0,30^3}{12} = 0,000675$$

Sentido X:

$$k_{viga\ 1} = \frac{0,001333}{4,45} = 0,000299 \quad k_{viga\ 2} = \frac{0,001333}{2,65} = 0,000503$$

$$k_{col\ 1} = \frac{0,000675}{4,5} = 0,00015 \quad k_{col\ 2} = \frac{0,000675}{3} = 0,000225$$

$$\psi_a = \frac{0,00015+0,000225}{0,000299+0,000503} = 0,4671 \quad \psi_b = 0 \text{ (cimentación)}$$

$$\psi_{prom} = \frac{0,5839+0}{2} = 0,2335$$

Factor de longitud efectiva K:

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

$$k = 0,90 * \sqrt{1 + \psi_{prom}} \quad \text{para } \psi_{prom} > 2$$

$$k = \frac{20 - 0,2335}{20} \sqrt{1 + 0,2335} = 1,09$$

Factor de esbeltez E:

$$E = \frac{k - lu}{r} ; r = 0,3 * (l \text{ menor de la columna})$$

$$E = \frac{1,09 - 3,0}{0,30 * 0,30} = 36,58 ; \text{intermedia}$$

De la misma manera se realizó para el sentido Y, donde se obtuvo una esbeltez de 36,58. Con estos resultados se clasifica la columna como intermedia, por lo que se deben magnificar momentos con las siguientes expresiones.

Factor de flujo plástico:

$$\beta_d = \frac{CMU}{CU} = \frac{1,4 * 588}{1\ 673,2} = 0,4920$$

Factor EI:

$$EI = \frac{0,4 * Ec * Ig}{1 + \beta_d} = \frac{0,4 * 15\ 100\sqrt{210} * \frac{30^4}{12}}{1 + 0,4920} = 3,96 * 10^9 \text{ kg} - \text{cm}^2$$

$$EI = 395,99 \text{ ton} - \text{m}^2$$

Carga crítica de pandeo de Euler:

$$P_{crx} = \frac{\pi^2 * EI}{(k * Lu)^2} = \frac{\pi^2 * 395,99}{(1,097 * 3,0)^2} = 360,40 \text{ ton}$$

Amplificador de momentos:

$$\delta_x = \frac{1}{1 - \left(\frac{Pu}{0,75 P_{cr}}\right)} = \frac{1}{1 - \left(\frac{44,79}{0,75 * 360,40}\right)} = 1,1986$$

○ Momento de diseño:

$$M_d = \delta * M_u$$

$$M_{dx} = 1,1986 * 8\ 247,24 = 9\ 885,40 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 1,1086 * 6\ 832,68 = 8\ 244,98 \text{ kg-m}$$

- Refuerzo longitudinal:

Según ACI 318-11, el área de acero en una columna debe estar dentro de los siguientes límites $1 \% A_g < A_s < 6 \% A_g$, en zona sísmica.

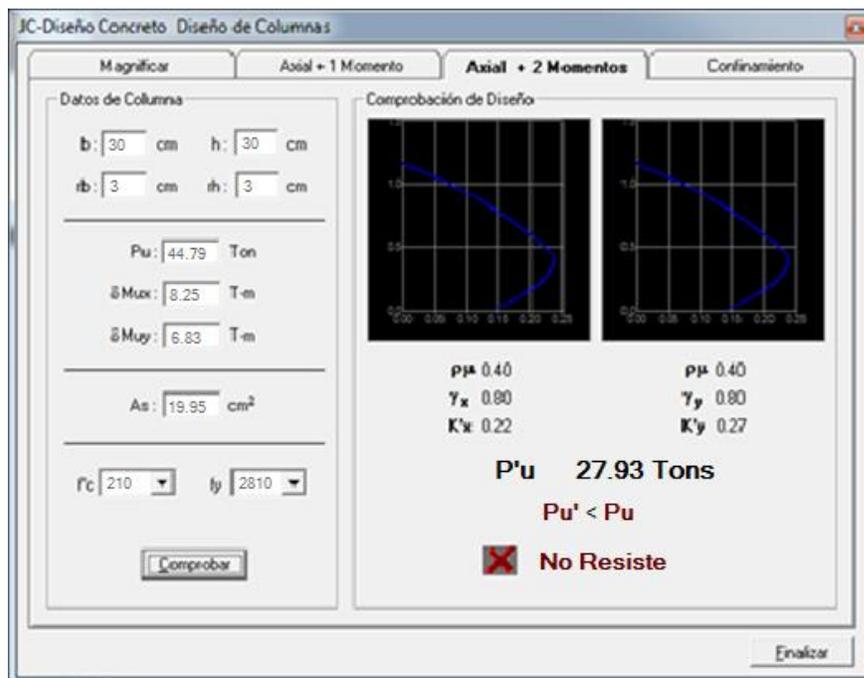
$$A_{s\text{mín}} = 0,01 (30 \times 30) = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = 0,06 (30 \times 30) = 54 \text{ cm}^2$$

Armado propuesto: 4 varillas núm. 6 + 4 varillas núm. 5 = 19,95 cm²

Para este método se usan los diagramas de interacción para diseño de columnas. Los datos se obtuvieron del programa: JC-diseño de concreto, versión 1.0.1, Julio Corado Franco. De los cuales se obtuvieron los siguientes valores:

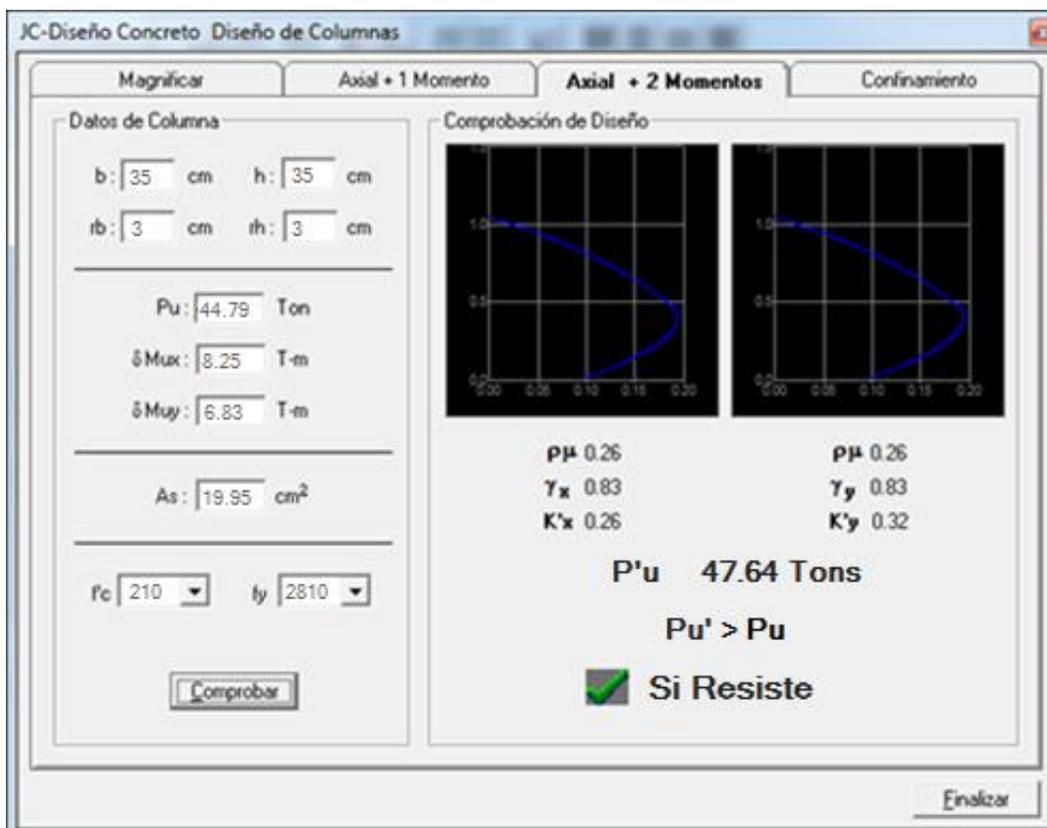
Figura 26. Diagrama de iteración, JC-diseño de concreto



Fuente: JC-Diseño de Concreto.

Según el diagrama de interacción, la columna propuesta no resiste, por tal razón se deberá hacer el procedimiento anterior con dimensiones de columna más grandes para que esta pueda resistir los momentos actuantes. Se propuso nuevamente una columna de 35 cm * 35 cm y el mismo armado, comprobando que estas dimensiones son correctas para que la columna resista.

Figura 27. Diagrama de iteración, JC-diseño de concreto



Fuente: JC-Diseño de Concreto.

$$k_x = 0,26; k_y = 0,32$$

- Cargas:

Carga resistente de la columna a una excentricidad ex:

$$P'_{ux} = kx * f'c * b * h$$

$$P'_{ux} = 0,26 * 210 * 35 * 35 = 66\ 885\ kg$$

Carga resistente de la columna a una excentricidad ey:

$$P'_{uy} = ky * f'c * b * h$$

$$P'_{uy} = 0,32 * 210 * 35 * 35 = 82\ 320\ kg$$

Carga axial resistente de la columna:

$$P'o = \phi * (0,85 * f'c(Ag - As) + As * fy)$$

$$P'o = 0,70 * (0,85 * 210 * (1\ 225 - 19,36) + 19,26 * 2\ 810)$$

$$P'o = 188\ 725,84\ kg$$

Carga resistente de la columna:

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{P'_{ux}} + \frac{1}{P'_{uy}} - \frac{1}{P'o}}$$

$$P'u = \frac{1}{\frac{1}{66\ 885} + \frac{1}{82\ 320} - \frac{1}{188\ 725,84}} = 50\ 874,29\ kg = 50,87\ ton$$

$$P'u = 50,87\ ton > Pu = 47,64\ ton$$

La carga axial última que resiste la columna, es mayor que la carga actuante última, por lo tanto, el armado propuesto es adecuado para resistir las cargas de la columna.

- Refuerzo transversal:

Se coloca refuerzo transversal con el objetivo de mantener el refuerzo longitudinal en su lugar e incrementar la ductilidad de la columna y la capacidad que tiene para absorber los efectos de un sismo. El procedimiento para proveer refuerzo transversal a las columnas se describe a continuación:

Si $V_{res} > V_{act}$ se colocan estribos solo por armado $s = d/2$

Si $V_{res} < V_{act}$ se diseñan los estribos por corte

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

$$V_{res} = 0,85 * 0,53\sqrt{210} * 35 * 32$$

$$V_{res} = 7\,311,77 \text{ kg}$$

$V_{res} = 7\,311,77 \text{ kg} > V_u = 3\,523,61 \text{ kg}$, por lo tanto, se colocan estribos núm. 3 a $S = d/2 = 32/2 = 16 \text{ cm}$.

Según ACI 318-11 en la sección 21.12.5.2, recomienda que en ambos extremos de la columna se coloque una longitud de confinamiento que no debe ser menor a la mayor de las siguientes condiciones:

- Una sexta parte de la luz libre del elemento = $4,4/6 = 0,733 \text{ m}$
- La mayor dimensión de la sección transversal del elemento = $0,35 \text{ m}$
- $0,45 \text{ m}$

Se toma la mayor de las anteriores para la longitud de confinamiento en ambos extremos, la cual sería de 0,73 metros.

- Relación volumétrica:

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

$$\rho_s = 0,45 * \left(\frac{35 * 35}{29 * 29} - 1 \right) \left(\frac{0,85 * 210}{2810} \right) = 0,01305$$

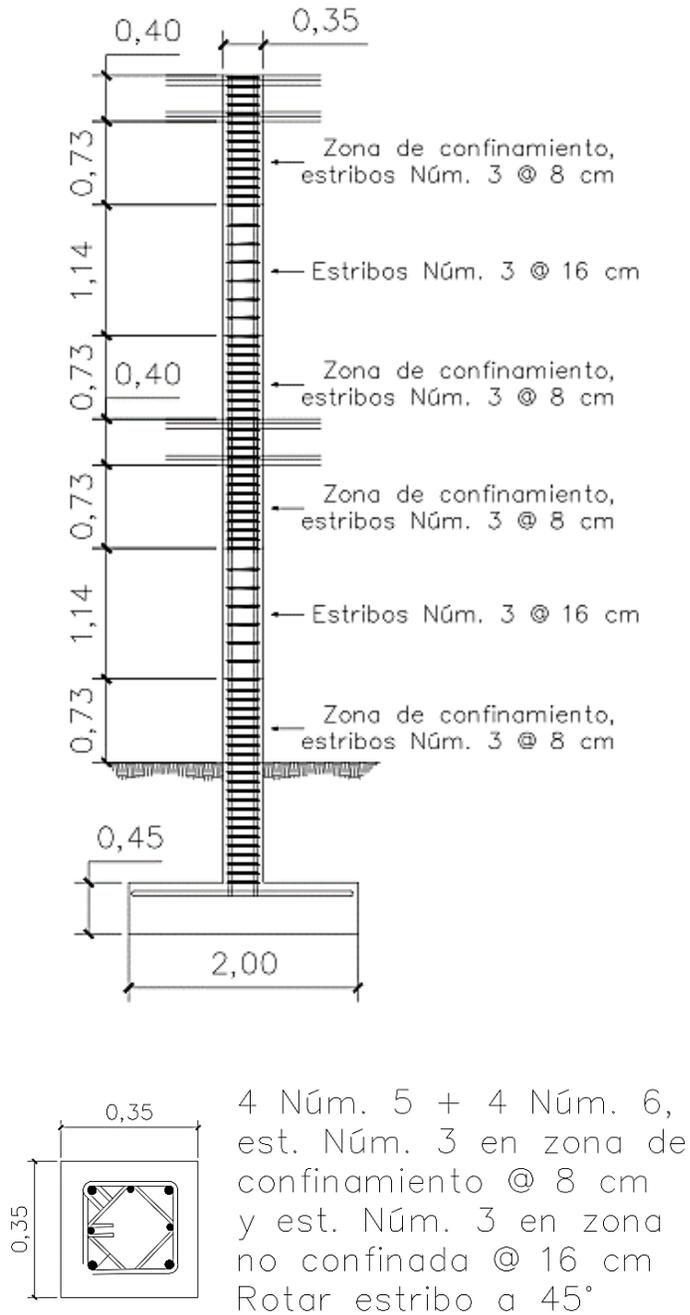
$$S_s = \frac{4 * Av}{\rho_s * L}$$

Calculando el espaciamiento en función de la cuantía volumétrica, utilizando varillas núm. 3:

$$S_s = \frac{4 * 0,71}{0,01305 * 29} = 7,53 \approx 8 \text{ cm}$$

Por lo tanto, para el refuerzo longitudinal se colocan 4 varillas núm. 6 + 4 varillas núm. 5 y para el transversal, estribos núm. 3 @ 8 cm en la zona de confinamiento y núm. 3 @ 16 cm en el resto de la columna. Este procedimiento se aplicó a las columnas de los otros módulos, los cuales se encuentran adjuntos en los planos.

Figura 28. **Detalles de columna**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.9.4. Diseño de cimentación

- Zapata concéntrica:

Los cimientos son los elementos estructurales que reciben las cargas propias y de la edificación para transmitir las al suelo. El tipo de cimentación depende principalmente del tipo de estructura, la naturaleza de las cargas y las condiciones del suelo. Para este caso se diseñarán zapatas concéntricas de forma cuadrada.

Datos:

$$M_x = 8,25 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 6,83 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 44,79 \text{ ton}$$

$$\text{Desplante} = 1,5 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,54$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,42 \text{ ton/m}^3$$

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

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

$$V_s = 25,45 \text{ ton/m}^2$$

- Cargas de trabajo:

Para la determinación del área de la base de la zapata, el código ACI establece que se deben obtener las cargas de trabajo por medio de las cargas últimas:

$$P_t = \frac{P_U}{FCU} = \frac{44,79}{1,54} = 29,13 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{FCU} = \frac{8,25}{1,54} = 5,36 \text{ ton}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{FCU} = \frac{6,83}{1,54} = 4,44 \text{ ton}$$

- Predimensionamiento:

$$A_z = \frac{1,5 * P_t}{V_s} = \frac{1,5 * 29,13}{25,24} = 1,72 \text{ m}^2$$

Se propone utilizar una zapata cuadrada con dimensiones de 2,00 * 2,00 m.

- Integración de cargas:

$$P_z = P_t + P_{columna} + P_{cimiento} + P_{suelo}$$

$$P_z = 29,13 + (0,35 * 0,35 * 7,5 * 2,4) + (2 * 2 * 0,45 * 2,4) + (2 * 2 * 1,5 * 1,42)$$

$$P_z = 45,02 \text{ Ton}$$

- Revisión de presión sobre el suelo:

Esta es definida por medio de la siguiente expresión:

$$q = \frac{P_z}{A_z} \pm \frac{M_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{S_y}$$

El valor de q_{\min} no debe ser negativo y q_{\max} tampoco debe ser mayor al valor soporte del suelo (V_s).

$$S_x = S_y = \frac{b * h^2}{6} = \frac{1,75 * 1,75^2}{6} = 1,333$$

$$q_{max} = \frac{41,81}{1,75^2} + \frac{5,36}{0,893} + \frac{4,44}{0,893} = 18,61 < V_s$$

$$q_{min} = \frac{41,81}{1,75^2} - \frac{5,36}{0,893} - \frac{4,44}{0,893} = 3,90 > 0$$

Las dimensiones de la zapata son correctas debido a que la presión que ejerce la estructura sobre el suelo, es menor que la que este soporta y es mayor a cero.

- Presión última:

$$q_u = q_{max} * F_{cu}$$

$$q_u = 18,61 * 1,54 = 28,62 \text{ ton}/m^2$$

- Peralte de zapata:

La zapata debe tener una altura sobre el refuerzo inferior, mayor a 15 centímetros y un recubrimiento mayor a 7,5 centímetros de acuerdo con lo especificado en ACI 318-11 secciones 15.7 y 7.7.1 inciso (a) respectivamente. Para este caso se asumirá un peralte de 45 cm.

Peralte efectivo (d):

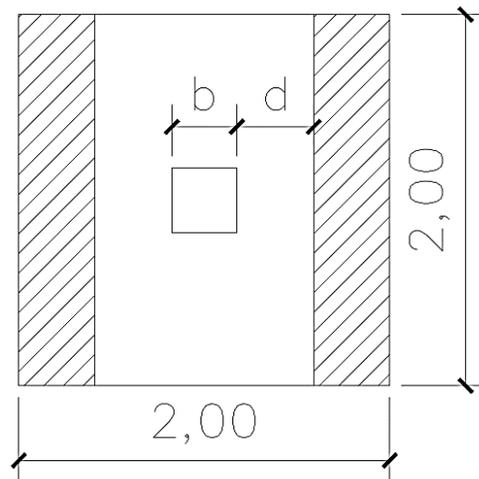
$$d = t - \text{rec} - \emptyset/2$$

$$d = 0,45 - 0,075 - 0,0198/2 = 0,3651 \text{ m}$$

- Chequeo corte simple:

En la zapata ocurre una falla por corte simple a una distancia igual al peralte efectivo del borde de la columna, por lo que se debe de comparar si el corte resistente es mayor al corte actuante.

Figura 29. **Sección crítica por corte**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{2}{2} - \frac{0,35}{2} - 0,3651 = 0,4599 \text{ m}$$

Corte resistente:

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

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} * 200 * 36,51$$

$$V_{res} = 47\ 670,12 \text{ kg}$$

Corte actuante:

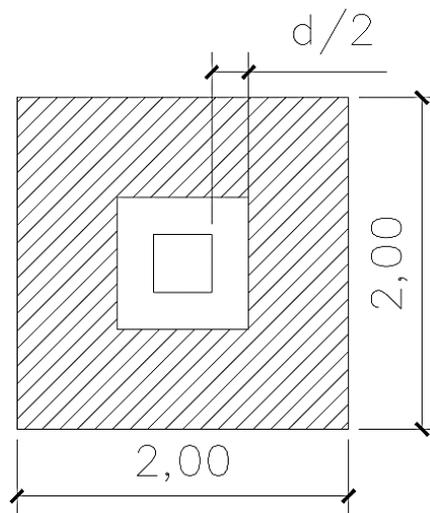
$$V_{act} = Area * q_u$$

$$V_{act} = 0,4599 * 28,62 = 26\ 324,72\ kg = 26,32\ ton$$

$V_{res} > V_{act}$, esto quiere decir que el espesor propuesto si resiste el corte simple.

- Corte por punzonamiento:

Figura 30. **Sección crítica por corte punzonante**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

La columna tiende a punzonar la zapata debido a los esfuerzos de corte producidos en el perímetro de la columna; el límite donde ocurre la falla está a una distancia $d/2$, del perímetro de la columna.

$$d + \text{sección de columna} = 36,51 + 35 = 71,51\ cm$$

$$\text{Área} = 3,87\ m^2$$

Corte actuante:

$$V_{act} = Area * q_u$$
$$V_{act} = 3,87 * 28,62 = 110\,900,72 \text{ ton}$$

Corte resistente:

$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d \quad \text{donde } b_o = 4(b_{col} + d)$$
$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 4(35 + 36,51) * 36,51$$
$$V_{res} = 136\,355,62 \text{ kg}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte punzonante, las dimensiones son adecuadas.

○ Diseño a flexión:

$$M_u = \frac{q_u * L^2}{2}$$

$$M_u = \frac{28,62 * 0,825^2}{2} = 9,74 \text{ ton} - m = 9\,739,76 \text{ kg} - m$$

○ Acero:

Acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{f'c}}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{210}}{2\,810} \right) * (100 \text{ cm}) * (36,51 \text{ cm}) = 15,06 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{2810 \text{ kg/cm}^2} \right) * (100 \text{ cm}) * (36,51 \text{ cm}) = 18,31 \text{ cm}^2$$

Usando varilla núm. 6:

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{18,31 \text{ cm}^2} 15,55 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$$

Acero requerido:

$$A_s = \frac{0,85 * f_c}{f_y} \left((b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f_c}} \right)$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} \left((100 * 36,51) - \sqrt{(100 * 36,51)^2 - \frac{1885,36 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 10,8 \text{ cm}^2$$

Debido a que le $A_s \text{ min} > A_s \text{ requerido}$, utilizar $A_s \text{ min}$

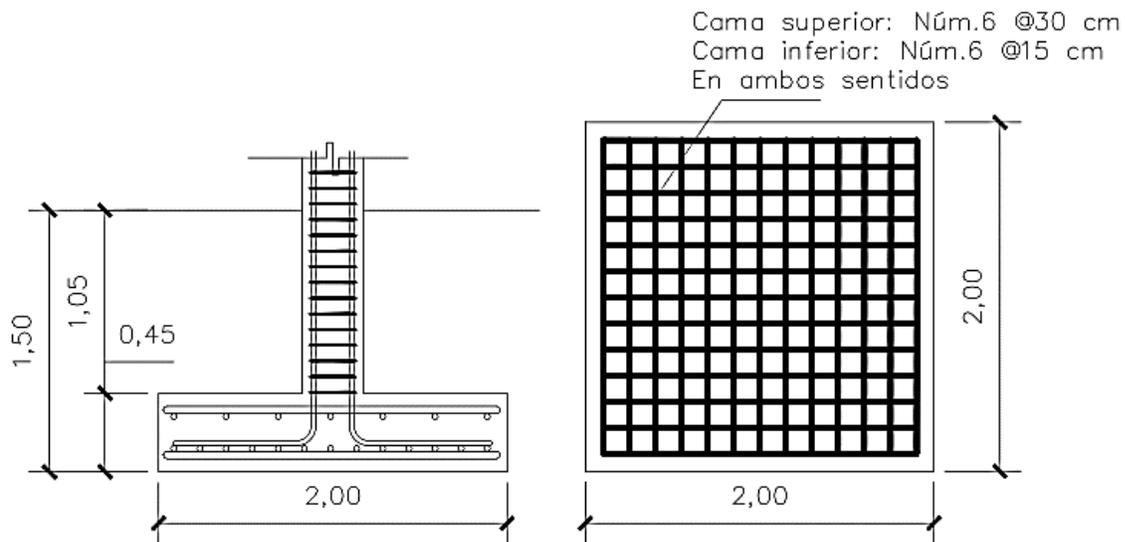
Acero por temperatura:

$$A_s = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 0,45 = 9,0 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{9,00 \text{ cm}^2} 31,66 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Colocar varillas núm. 6 @ 15 cm en ambos sentidos de la zapata en la cama inferior. Para el acero por temperatura en cama superior se colocarán varillas núm. 6 con un espaciamiento es de 30 cm en ambos sentidos.

Figura 31. **Armado de zapata concéntrica**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

- Zapata excéntrica:

Las zapatas excéntricas se deben diseñar para contrarrestar el momento de volteo, que se produce debido a que las cargas que actúan, no reaccionan en su centro de masa. A continuación, se presenta el cálculo del diamante, que va sobre una zapata de base cuadrada:

Nota: por efectos de diseño se tomó los datos de la zapata concéntrica para que la estructura sea más resistente.

Datos:

$$M_x = 8,25 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 6,83 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 44,79 \text{ ton}$$

$$\text{Desplante} = 1,5 \text{ m}$$

$$F_{cu} = 1,54$$

$$\gamma \text{ concreto} = 2,40 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma \text{ suelo} = 1,42 \text{ ton/m}^3$$

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

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

$$V_s = 25,45 \text{ ton/m}^2$$

Cargas de trabajo:

Para la determinación del área de la base de la zapata, el código ACI establece que se deben obtener las cargas de trabajo por medio de las cargas últimas:

$$P_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{44,79}{1,54} = 29,13 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{FCU} = \frac{8,25}{1,54} = 5,36 \text{ ton}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{FCU} = \frac{6,83}{1,54} = 4,44 \text{ ton}$$

Integración de cargas:

$$P_z = P_t + (P_t * 0,05)$$

$$P_z = 29,13 + (29,13 * 0,05)$$

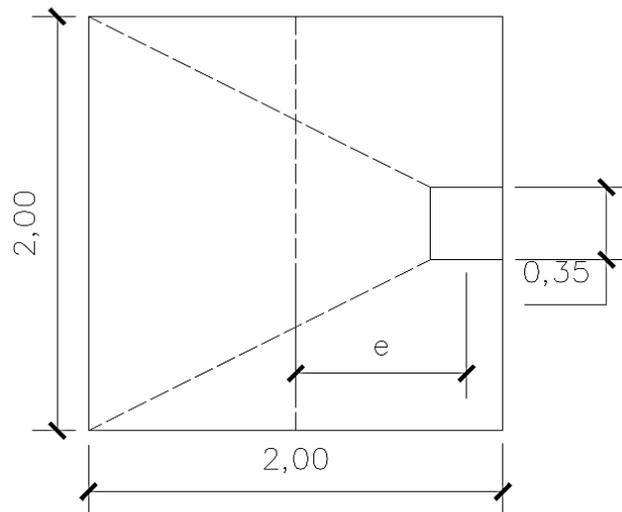
$$P_z = 30,58 \text{ ton}$$

Predimensionamiento:

$$A_z = \frac{1,5 * P_t}{V_s} = \frac{1,5 * 29,386}{25,24} = 1,76 \text{ m}^2$$

Se propone utilizar una zapata cuadrada con dimensiones de 2m * 2m

Figura 32. Dimensiones de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

La carga $P't$, centrada en la columna, se encuentra a una distancia del centro de:

$$e = \frac{2,00 - 0,35}{2} = 0,825 \text{ m}$$

Si se aplicarán dos fuerzas iguales a $P't$, de sentido contrario en el centro de gravedad de la base, combinadas con $P't$ de la columna, provocan los esfuerzos siguientes en el terreno:

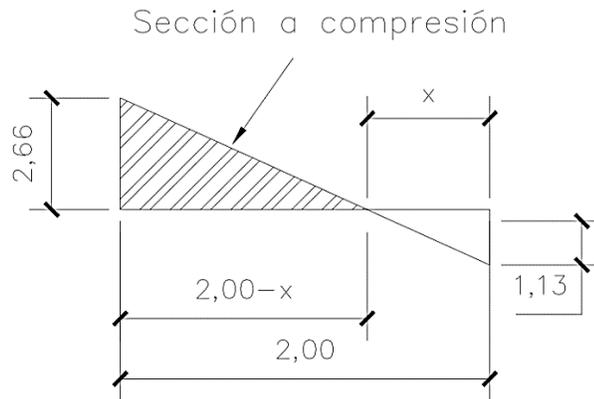
Compresión máxima:

$$\sigma_c = \frac{Pz}{A} \left(1 + \frac{6 * e}{L} \right) = \frac{30\,583}{40\,000} \left(1 + \frac{6 * 82,5}{200} \right) = 2,66 \text{ kg/cm}^2$$

Tensión mínima:

$$\sigma_t = \frac{Pz}{A} \left(1 - \frac{6 * e}{L} \right) = \frac{30\,583}{40\,000} \left(1 - \frac{6 * 82,5}{200} \right) = -1,13 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 33. **Esfuerzo en el suelo**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Punto donde cambia el esfuerzo de compresión al de tensión, el cual se encuentra a una distancia X, aplicando triángulos semejantes:

$$\frac{2,66}{2,00 - x} = \frac{1,13}{x} \quad x = 0,6$$

Para el cálculo de la zapata se considera la parte del diagrama que se encuentra a compresión.

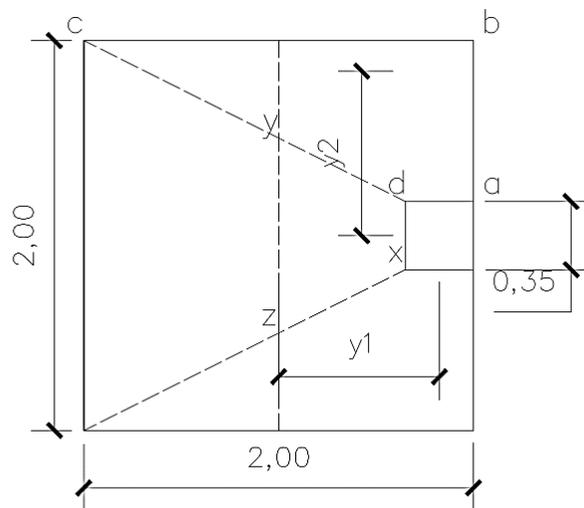
Esfuerzo en eje neutro:

$$\sigma_{neutro} = \frac{\sigma_c * \frac{L}{2} - x}{L - x} = \frac{2,66 * \frac{2,00}{2} - 0,60}{2,00 - 0,60} = 0,76 \text{ kg/cm}^2$$

Altura del diamante, asumiendo un ángulo de inclinación de 15°:

$$h = \tan(\phi) * (L - col) = \tan(15) * (2,00 - 0,35) = 0,44 \text{ m}$$

Figura 34. Análisis de zapata



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Fuerza resultante en el trapecio xdyz:

$$P_1 = \sigma_{neutro} * \frac{xd + yz}{2} * h = 0,76 * \frac{35 + 100}{2} * 44 = 2\ 265,42 \text{ kg}$$

La fuerza P_1 es aplicada en el centro de gravedad de este trapecio, la cual tiene una distancia xd de:

$$y_1 = \frac{h}{3} * \frac{(2 * yz) + xd}{yz + xd} = \frac{44}{3} * \frac{(2 * 100) + 35}{100 + 35} = 25,65 \text{ cm} = 0,256 \text{ m}$$

Momento M_1 respecto al centro de la columna:

$$M_1 = P_1 * y_1 = 2\,265,42 * 0,256 = 581,16 \text{ kg}$$

Esfuerzo en dirección perpendicular a y 1:

$$\sigma = \frac{\sigma_c}{2} = \frac{2,65}{2} = 1,328 \text{ kg/cm}^2$$

Este esfuerzo se reparte en el área adcb:

$$A = ad * \frac{B - dx}{2} + \frac{(B - dx) + (B - yz)}{4} * h$$

$$A = 35 * \frac{200 - 35}{2} + \frac{(200 - 35) + (200 - 100)}{4} * 44 = 5\,816,53 \text{ cm}^2$$

La resultante P_2 se aplica sobre el centro de gravedad de la superficie de la zapata:

$$P_2 = \sigma * A = 1,328 * 5\,816,53 = 7\,726,96 \text{ kg}$$

$$y_2 = \frac{ab}{3} * \frac{(2 * B) + ad}{B + ad} = \frac{82,5}{3} * \frac{(2 * 200) + 35}{200 + 35} = 50,90 \text{ cm} = 0,509 \text{ m}$$

$$M_2 = P_2 * y_2 = 7\,726,96 * 0,509 = 3\,933,35 \text{ kg}$$

El refuerzo de acero en la base de la zapata con diamante, se calcula con la diferencia de los momentos del análisis estructural y los momentos obtenidos en el diamante.

Datos:

$$M_x = 8,25 - 0,581 = 7,66 \text{ ton-m}$$

$$M_y = 6,83 - 3,933 = 2,90 \text{ ton-m}$$

$$P_u = 30,58 \text{ ton}$$

Cargas de trabajo:

$$P_t = \frac{P_u}{FCU} = \frac{30,58}{1,54} = 19,89 \text{ ton}$$

$$M_{tx} = \frac{M_{ux}}{FCU} = \frac{7,66}{1,54} = 4,98 \text{ ton}$$

$$M_{ty} = \frac{M_{uy}}{FCU} = \frac{2,89}{1,54} = 1,89 \text{ ton}$$

Integración de cargas:

$$P_z = P_t + P_{columna} + P_{cimiento} + P_{suelo}$$

$$P_z = 19,89 + (0,4 * 0,4 * 7,5 * 2,4) + (2 * 2 * 0,45 * 2,4) + (2 * 2 * 1,5 * 1,42)$$

$$P_z = 35,30 \text{ ton}$$

Comprobación $e < k$:

$$k = \frac{2,00}{6} = 0,33$$

$$e_x = \frac{7,66}{35,30} = 0,217 < k; \text{ cumple}$$

$$e_y = \frac{2,90}{35,30} = 0,082 < k; \text{ cumple}$$

Revisión de presión sobre el suelo:

$$q = \frac{P_z}{A_z} \pm \frac{M_x}{S_x} \pm \frac{M_y}{S_y}$$

El valor de q no debe ser negativo y tampoco debe ser mayor al valor soporte del suelo (V_s).

$$S_x = S_y = \frac{b * h^2}{6} = \frac{2 * 2^2}{6} = 1,333$$
$$q_{max} = \frac{35,30}{4,00} + \frac{7,66}{1,333} + \frac{2,90}{1,333} = 16,75 < V_s$$
$$q_{min} = \frac{35,30}{4,00} - \frac{7,66}{1,333} - \frac{2,90}{1,333} = 0,90 > 0$$

Las dimensiones de la zapata son correctas debido a que la presión que ejerce la estructura sobre el suelo es menor que la que este soporta y es mayor a cero.

Presión última:

$$q_u = q_{max} * F_{cu}$$
$$q_u = 16,75 * 1,54 = 25,75 \text{ ton/m}^2$$

Peralte de zapata:

Peralte efectivo (d):

$$d = t - \text{rec} - \emptyset/2$$

$$d = 0,40 - 0,075 - 0,0198/2 = 0,3151 \text{ m}$$

- Chequeo corte simple:

$$x = \frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d$$

$$x = \frac{2}{2} - \frac{0,35}{2} - 0,3151 = 0,5099 \text{ m}$$

Corte resistente:

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

$$V_{res} = 0,85 * 0,53 \sqrt{210} * 200 * 31,51$$

$$V_{res} = 41\ 141,75 \text{ kg}$$

Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área} * q_u$$

$$V_{act} = 2 * 0,5099 * 25,75 = 26,269 \text{ kg} = 26\ 269 \text{ ton}$$

$V_{res} > V_{act}$, esto quiere decir que el espesor propuesto si resiste el corte simple.

- Corte por punzonamiento:

$$\text{Área} = 3,55 \text{ m}^2$$

Corte actuante:

$$V_{act} = \text{Área} * q_u$$

$$V_{act} = 3,55 * 25,75 = 91,64 \text{ Ton} = 91\ 642 \text{ ton}$$

Corte resistente:

$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d \quad \text{donde } b_o = 4(b_{col} + d)$$

$$V_{res} = 0,85 * 1,06 * \sqrt{210} * 4 * (35 + 31,51) * 31,51$$

$$V_{res} = 109\,453,53 \text{ kg}$$

$V_{res} > V_{act}$, el espesor resiste el corte punzonante, las dimensiones son adecuadas.

Diseño a flexión:

$$M_{ux} = \frac{25,75 * 0,825^2}{2} = 8,766 \text{ ton} - m = 8\,766 \text{ kg} - m$$

$$M_{uy} = \frac{25,75 * 0,68^2}{2} = 5,966 \text{ ton} - m = 5\,966 \text{ kg} - m$$

○ Acero:

Acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{f'c}}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{210}}{2\,810} \right) * (100 \text{ cm}) * (31,51 \text{ cm}) = 12,99 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{2\,810 \text{ kg/cm}^2} \right) * (100 \text{ cm}) * (31,51 \text{ cm}) = 15,81 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{15,81 \text{ cm}^2} = 18,02 \text{ cm} \approx 18 \text{ cm}$$

Acero requerido:

$$A_{sx} = \frac{0,85 * 210}{2810} \left((100 * 31,51) - \sqrt{(100 * 31,51)^2 - \frac{8627 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 11,13 \text{ cm}^2$$

$$A_{sy} = \frac{0,85 * 210}{2810} \left((100 * 31,51) - \sqrt{(100 * 31,51)^2 - \frac{5872 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 7,51 \text{ cm}^2$$

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{11,13 \text{ cm}^2} 25,59 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}$$

Acero por temperatura:

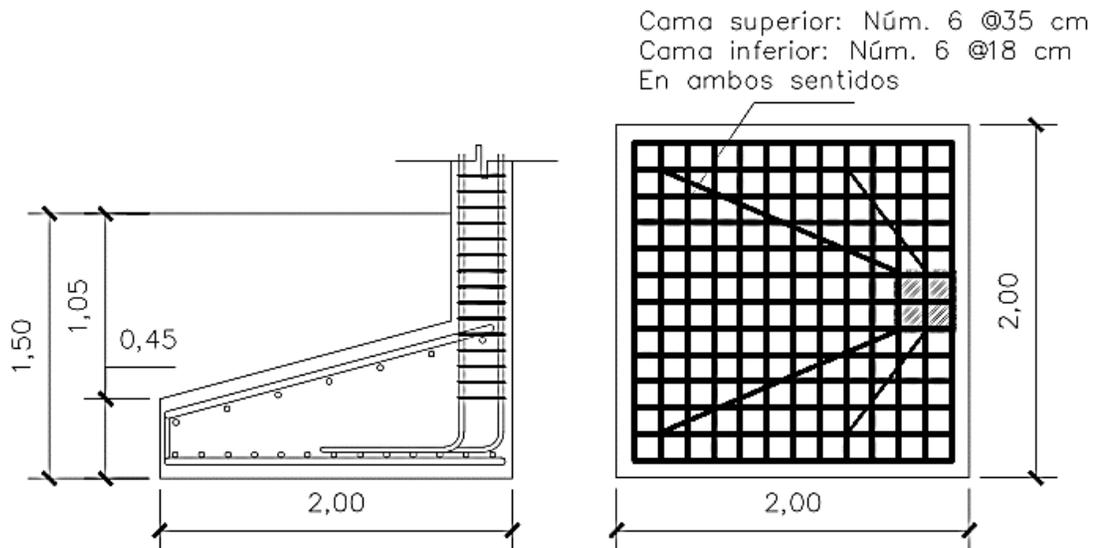
$$A_s = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 0,4 = 8,0 \text{ cm}^2$$

Separación para varillas núm. 6:

$$S = \frac{(2,85 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{8,00 \text{ cm}^2} 35,62 \text{ cm} \approx 35 \text{ cm}$$

Colocar varillas núm. 6 @ 18 cm en ambos sentidos de la zapata en la cama inferior. Para el acero por temperatura, en la cama superior se colocarán varillas núm. 6 con un espaciamiento es de 35 cm en ambos sentidos.

Figura 35. Armado de zapata excéntrica



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.9.5. Diseño de gradas

El módulo de gradas se diseñará como una estructura independiente, 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.

Las siguientes relaciones garantizan la comodidad del módulo de gradas:

- $C < 20 \text{ cm}$
- $H > C$
- $2C + H \leq 64 \text{ cm}$ (valor cercano)
- $C + H = 45 \text{ a } 48 \text{ cm}$
- $C * H = 480 \text{ a } 500 \text{ cm}^2$

Donde:

C = contrahuella

H = huella

- Número de escalones:

$$\frac{h}{c} = \frac{3,12 \text{ m}}{0,16} = 19,5 \approx 20 \text{ escalones}$$

Esto quiere decir que se tomarán 10 contrahuellas antes del descanso.

$$\text{Núm. huellas} = 10 - 1 = 9 \text{ huellas}$$

Ahora se debe realizar el chequeo:

- C = 16 cm < 20 cm
- H = 30 cm > C = 16 cm
- 2C + H = 62 ≤ 64 cm
- C + H = 46 cm; entre 45 a 48 cm
- C * H = 480 cm² = 480 a 500 cm²

Como todas chequean, se tienen 10 contrahuellas de 16 cm y 9 huellas de 30 cm.

- Integración de cargas:

Peso propio de las gradas:

$$W_e = \gamma \left(t + \frac{c}{2} \right)$$

$$W_e = 2\,400 \left(0,12 + \frac{0,16}{2} \right) = 480 \text{ kg/m}^2$$

CM = W_e + sobrecarga y acabados

$$\text{CM} = 480 + 150 = 630 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{CU} = 1,4(630) + 1,7(500) = 1\,732 \text{ kg/m}^2$$

Tomando en cuenta que la longitud de la losa está inclinada se calcula la longitud de la siguiente manera:

$$L = \sqrt{1,6^2 + 2,7^2} = 3,13 \text{ m}$$

- Espesor:

$$t = \frac{L}{24} = \frac{3,13}{24} = 0,13 \text{ m}$$

El espesor de la losa será de 13 cm.

- Momentos actuantes:

La losa se considera armada en una dirección, apoyada únicamente en los extremos, por lo que el cálculo de los momentos actuantes se realiza de la siguiente manera:

$$M_{(+)} = \frac{W * L^2}{9} = \frac{1\,732 * 3,13^2}{9} = 1\,885,36 \text{ kg} - \text{m}$$

$$M_{(-)} = \frac{W * L^2}{14} = \frac{1\,732 * 3,13^2}{14} = 1\,212,07 \text{ kg} - \text{m}$$

Para efectos de diseño se tomará el momento mayor, el cual es $M(+)$ = 1 885,36 kg-m.

- Acero:

Para esto se toma una franja unitaria de $b = 100$ cm y se determina el peralte (D) efectivo de estas:

$$D = (\text{espesor}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diametro de la varilla Núm. 4}}{2} \right)$$

$$D = (13\text{cm}) - (2,5\text{ cm}) - \left(\frac{1,27}{2} \text{cm} \right) = 9,865\text{ cm}$$

- Acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80\sqrt{f'_c}}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,80\sqrt{210}}{2810} \right) * (100\text{ cm}) * (9,865\text{ cm}) = 4,07\text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14.1}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14.1}{2810\text{ kg/cm}^2} \right) * (100\text{ cm}) * (9,865\text{ cm}) = 4,95\text{cm}^2$$

- Acero requerido por $M(+)$:

$$A_s = \frac{0,85 * f_c}{f_y} \left((b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f_c}} \right)$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2 * 810} \left((100 * 9,865) - \sqrt{(100 * 9,865)^2 - \frac{1 * 885,36 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 8,07 \text{ cm}^2$$

Separación de refuerzo para varilla núm. 4:

$$S = \frac{(1,27 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{8,07 \text{ cm}^2} = 15,72 \text{ cm}$$

Para efectos de armado, se debe colocar barras núm. 4 @ 15 cm.

- Acero por temperatura:

$$A_s = 0,002 * b * t = 0,002 * 100 * 12 = 2,40 \text{ cm}^2$$

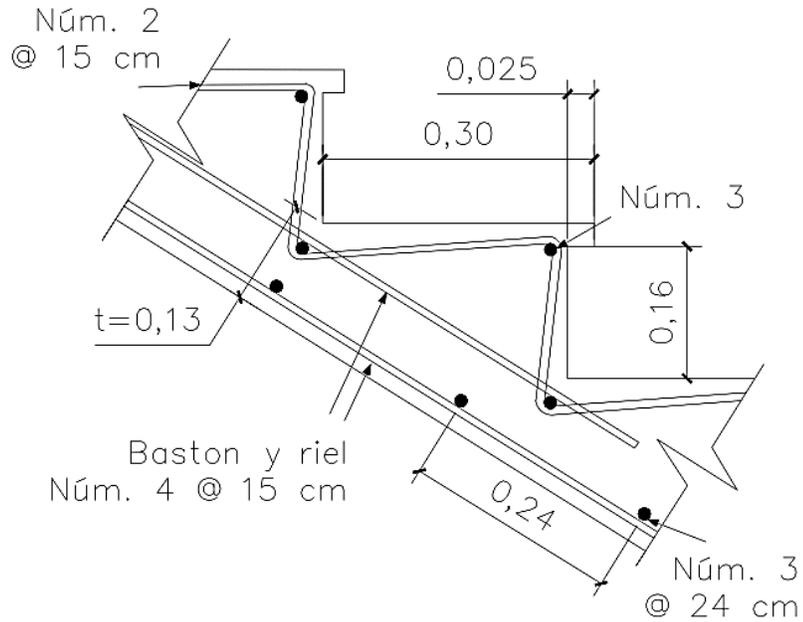
Separación de refuerzo para varilla núm. 3:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{2,4 \text{ cm}^2} = 29,58 \text{ cm}$$

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

Para efectos de armado de acero por temperatura, se debe colocar barras núm. 3 @ 24 cm en el sentido transversal. Los detalles del módulo de gradas se pueden observar en los anexos.

Figura 36. **Armado de losa de módulo de gradas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.1.10. Instalaciones

Toda edificación debe contar con las instalaciones necesarias para brindar el servicio para la cual ha sido diseñada, por lo que deben de estar contempladas y especificadas para minimizar los errores a la hora del funcionamiento de la edificación.

2.1.10.1. Agua potable

El sistema de agua potable está diseñado como circuito cerrado para mantener la presión en cada área del edificio. El servicio de agua potable será continuo durante las 24 horas del día, con una dotación mínima de 200 litros/persona/día.

Para alimentar todos los accesorios se diseñó un circuito basado en el método de Hunter, donde se deben tomar en cuenta las demandas de agua de los artefactos a ser usados en el edificio. Se debe encontrar el caudal de la siguiente manera:

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

Tabla XXXIII. **Demanda de accesorios**

Accesorio	Demanda
Inodoro con caja de descarga	0,30
Lavamanos	0,50
Lavaplatos	1,00
Pila	0,50
Grifos	0,50

Fuente: ENRIQUEZ HARPER, Gilberto. *Cálculo de instalaciones hidráulicas y sanitarias, residenciales y comerciales*. Tabla 6, p. 126.

Tabla XXXIV. **Demanda de accesorios según método de Hunter**

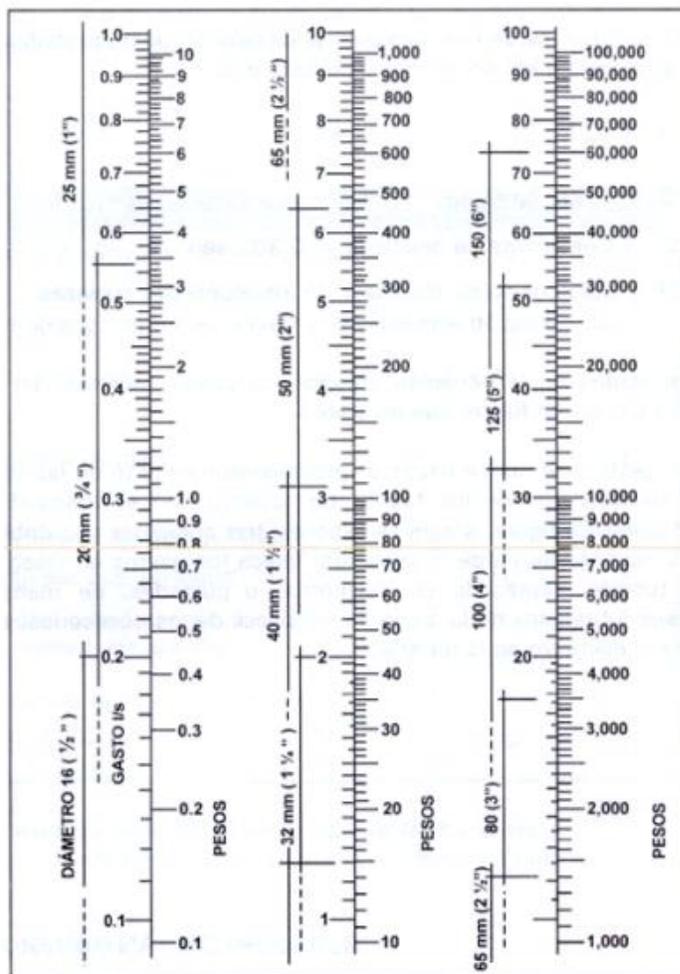
Accesorio	Cantidad	Demanda	Parcial
Inodoro con caja de descarga	12	0,30	3,60
Lavamanos	12	0,50	6,00
Lavaplatos	34	1,00	34,00
Pila	1	0,50	0,50
Grifos	3	0,50	1,50
Total			45,60

Fuente: elaboración propia

$$Q = 0,30 * \sqrt{45,60} = 2,02$$

Con el caudal obtenido se procede a definir el diámetro de la tubería, según la figura 38, indica que para el caudal que se obtuvo, se debe poner una tubería de 1 ½ pulgadas de diámetro. Para los subramales que alimentan los accesorios deberá ser la tubería de ½ pulgada de diámetro como mínimo. La tubería utilizada debe cumplir con la Norma ASTM D2241 y los accesorios serán cédula 40 y cumplir con la Norma ASTM D2466.

Figura 37. **Ábaco para el cálculo de tuberías de agua fría**



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

2.1.10.2. Drenajes

- Sanitario:

Para el diseño de las instalaciones sanitarias se debe asignar un número de unidades mueble (UM) y un diámetro de tubería a cada uno de ellos. Se debe considerar que para las tuberías enterradas se debe tener un mínimo de 2 % y un máximo de 6 % de pendiente, por lo que se utilizará una del 2 %. El edificio cuenta con 12 servicios sanitarios, 12 lavamanos y 34 lavaplatos.

En la tabla XXXV se muestran los diámetros de las derivaciones simples para drenaje, según el tipo de artefacto que se esté utilizando:

Tabla XXXV. **Diámetros de las derivaciones simples para drenaje**

Accesorio	Diámetro
Servicio sanitario con caja de descarga	3 “
Lavamanos	1 ½ “
Lavaplatos	1 ½ “
Pila	1 ½ “

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 105.

La tabla XXXVI presenta los diámetros nominales para drenaje que se debe escoger, según la cantidad de artefactos que existan en el edificio.

Tabla XXXVI. **Diámetros nominales para drenaje**

Máximo de unidades	Diámetro
1	1 “
3	1 ½ “
6	2 “
20	3 “
160	4 “

Fuente: RODRÍGUEZ SOZA, Luis. *Guía para las instalaciones sanitarias en edificios*. p. 105.

Para los ramales de drenaje de aguas negras se utilizará tubería PVC de 4 pulgadas de diámetro para los ramales secundarios y 6 pulgadas para la tubería principal ya que recibirá un total de 59 artefactos.

- Pluvial:

Este drenaje debe estar diseñado para evacuar las aguas provenientes de precipitaciones pluviales.

La intensidad de lluvia se calculará con la siguiente fórmula para un periodo de retorno de 20 años y un tiempo de concentración $t = 5$ minutos.

$$I = \frac{1160}{(t + 5)^{0,705}}$$

$$I = \frac{1160}{(5 + 5)^{0,705}} = 228,8 \text{ mm/h}$$

El caudal a drenar será determinado con la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

C = coeficiente de escorrentía del concreto = 0,9

I = intensidad de lluvia

A = área de la superficie a drenar

$$Q = \frac{0,9 * 228,8 * 0,0141}{360} = 8,06$$

Se calcula el diámetro de la tubería por medio de la ecuación de Manning. Como se tiene tubería de PVC se utiliza un coeficiente de rugosidad $n = 0,009$ y una pendiente de 1 %.

$$\phi = \left(\frac{69\ 100 * Q * n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Se utilizará tubería de 4" para el drenaje pluvial en cada uno de los módulos.

2.1.10.3. Eléctricas

El sistema eléctrico está constituido por 13 circuitos de iluminación, cada circuito tiene un máximo de 8 lámparas y 13 circuitos de fuerza, con un máximo de 9 unidades por circuito.

- Iluminación:

La instalación eléctrica cuenta con 2 tableros de control en cada edificio, uno en cada nivel, la iluminación se basó en dos lámparas fluorescentes de 2 x 40 watts para cada local, quedando de la siguiente manera:

- Módulo 1:

Primer nivel: 15 lámparas fluorescentes en 2 circuitos.

Segundo nivel: 15 lámparas fluorescentes en 2 circuitos.

- Módulo 2:

Primer nivel: 14 lámparas fluorescentes en 2 circuitos.

Segundo nivel: 14 lámparas fluorescentes en 2 circuitos.

- Módulo 3:

Primer nivel: 22 lámparas fluorescentes en 3 circuitos.

Segundo nivel: 17 lámparas fluorescentes en 2 circuitos.

Circuitos de iluminación:

$$I = \frac{P}{V}$$

Donde:

I = corriente (A)

P = potencia (Watts)

V = voltaje (V)

Consta de 8 luminarias de 2 x 40 watts que consumirán 640 watts de potencia.

$$I = \frac{640}{120} = 5,33 A$$

Se utilizarán flipones de 15 amperios para los circuitos de iluminación y la instalación se hará con conductores de cobre calibre 12.

- Fuerza:

Para las instalaciones de fuerza se pondrá tomacorrientes de 180 watts quedando de la siguiente manera:

- Módulo 1:

Primer nivel: 18 tomacorrientes en 2 circuitos.

Segundo nivel: 18 tomacorrientes en 2 circuitos.

- Módulo 2:

Primer nivel: 31 tomacorrientes en 4 circuitos.

Segundo nivel: 27 tomacorrientes en 3 circuitos.

- Módulo 3:

Primer nivel: 18 tomacorrientes en 2 circuitos.

Segundo nivel: 18 tomacorrientes en 2 circuitos.

Consta de 9 tomacorrientes con capacidad de 180 watt, los cuales consumirán 1 620 watts.

$$I = \frac{1\ 620}{120} = 13,5\ A$$

Se utilizarán flipones de 20 amperios para los circuitos de fuerza y la instalación se hará con conductores de cobre calibre 12.

2.1.11. Elaboración de planos

Se elaboraron los siguientes planos:

- Plano de cimentaciones y columnas
- Plano de losas
- Plano de vigas
- Plano de instalaciones hidráulicas
- Plano de instalaciones sanitarias
- Plano de instalaciones eléctricas - fuerza
- Plano de instalaciones eléctricas - iluminación
- Plano de módulo de gradas

2.1.12. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró con base a los 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 salarios establecidos por la municipalidad.

Tabla XXXVII. Presupuesto de edificación de dos niveles para mercado

 PRESUPUESTO DE DISEÑO DE UNA EDIFICACIÓN DE DOS NIVELES PARA EL MERCADO MUNICIPAL, CABECERA MUNICIPAL DE RÍO HONDO, ZACAPA 					
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Total
1	DEMOLICIÓN EXISTENTE	GLOBAL	1	Q2 511,20	Q2 511,20
2	TRABAJOS PRELIMINARES	GLOBAL	1	Q9 165,45	Q9 165,45
3	CIMENTACIÓN				
3,1	ZAPATAS Z-1 2,00x2,00x0,45 concreto 3000 PSI	UNIDAD	52	Q5 021,90	Q261 138,80
3,2	ZAPATAS Z-2 2,00x2,00x0,45 concreto 3000 PSI	UNIDAD	7	Q4 926,35	Q34 484,45
3,3	CIMENTO CORRIDO	ML	330,9	Q900,00	Q297 810,00
4	COLUMNAS				
4,1	COLUMNA C-1 0,35x0,35 concreto 3000 PSI	UNIDAD	59	Q2 490,31	Q146 928,44
4,2	COLUMNA C-2 0,35x0,35 concreto 3000 PSI	UNIDAD	59	Q2 178,31	Q128 520,44
5	LEVANTADO DE MURO				
5,1	MURO BLOCK (0,14x0,19x0,39) 25 kgf/cm2	M2	1043,4	Q316,50	Q330 234,01
5,2	ACABADO EN PAREDES (repello + cernido vertical)	M2	1043,4	Q68,08	Q71 035,72
6	SOLERAS				
6,1	SOLERA DE HUMEDAD 0,15x0,20	ML	330,9	Q727,16	Q240 617,24
6,2	SOLERA INTERMEDIA 0,15x0,20	ML	330,9	Q903,83	Q299 075,69
6,3	SOLERA INTERMEDIA - SILLAR 0,10x0,15	ML	52,26	Q159,22	Q8 320,80
6,4	SOLERA DE CORONA 0,15x0,20	ML	330,9	Q884,33	Q292 623,14
7	PISO DE CONCRETO CEMENTO ALISADO	M2	946,8	Q327,56	Q310 134,75
8	PUERTAS				
8,1	PUERTAS P-1	UNIDAD	6	Q1 200,00	Q7 200,00
8,2	PUERTAS P-2	UNIDAD	12	Q800,00	Q9 600,00
8,3	PERCIANAS	UNIDAD	23	Q3 000,00	Q69 000,00
9	VENTANAS				
9,1	VENTANAS V-1	UNIDAD	52	Q877,50	Q45 630,00
9,2	VENTANAS V-2	UNIDAD	4	Q1 500,00	Q6 000,00
10	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	GLOBAL	1	Q85 608,90	Q85 608,90
11	INSTALACIÓN DE SISTEMA DE AGUA POTABLE	GLOBAL	1	Q63 659,70	Q63 659,70
12	INSTALACIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE	GLOBAL	1	Q21 746,32	Q21 746,32
13	MÓDULOS DE GRADAS				
13,1	ZAPATAS Z-3 0,40x0,40x0,20 Concreto 3000 PSI	UNIDAD	10	Q1 047,02	Q10 470,20
13,2	CIMENTO CORRIDO	ML	23,5	Q900,00	Q21 150,00
13,3	COLUMNA C-3 0,15x0,15 concreto 3000 PSI	UNIDAD	10	Q2 178,31	Q21 783,13
13,4	SOLERA DE HUMEDAD 0,15x0,20	ML	23,5	Q727,16	Q17 088,26
13,5	SOLERA INTERMEDIA 0,15x0,20	ML	23,5	Q903,83	Q21 239,89
13,6	SOLERA DE CORONA 0,15x0,20	ML	23,5	Q884,33	Q20 781,64
14	LOSA	M2	899,4	Q1 151,93	Q1 036 045,84
15	BARANDA	ML	65,55	Q160,00	Q10 488,00
16	LIMPIEZA	GLOBAL	1	Q3 000,00	Q3 000,00
TOTAL					Q3 903 092,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.13. Evaluación de impacto ambiental

Para la construcción del mercado de Río Hondo se llevará a cabo actividades que afectarán al ambiente, por tal razón se busca minimizar el impacto que se producirá y afectará al entorno.

Impacto ambiental que será producido:

- Movimiento de tierra (corte y relleno), que ocasione residuos de partículas en suspensión y polvo en las áreas circundantes al proyecto.
- Emanación de gases provenientes de solventes y de los vehículos utilizados en la construcción para transporte de materiales.
- Generación de ruido por la actividad realizada.
- Generación de desechos propios de la actividad.

Medidas de mitigación

- Manejo adecuado y ordenado del volumen de terreno extraído.
- Coordinación de horarios de trabajo en horas hábiles para generar el menor ruido posible.
- Mantener limpia el área de trabajo después de cada jornada (recoger todo tipo de desechos que ponga en riesgo al ambiente y la seguridad de los trabajadores tales como: tablas con clavos, restos de hierro, basura, entre otros).
- Proveer a los trabajadores del equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
- Dotar de una cantidad necesaria de letrinas temporales para la cuadrilla de trabajadores.

2.2. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Senegal.

El diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable debe considerar tecnologías simples, adaptadas a la necesidad de las comunidades y con especial atención debe darse a la facilidad de la operación y mantenimiento del mismo.

2.2.1. Descripción del proyecto

Este proyecto surge de la necesidad de que el caserío El Senegal no cuenta con abastecimiento de agua y las personas que habitan el lugar obtienen el agua de un nacimiento natural, pero no siempre es constante y pasan varios días sin agua. Por lo que obtienen el agua del río Colorado, el cual se encuentra aproximadamente a 8 km de la región.

El proyecto constará de: captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y red de distribución para el caserío, con un tratamiento a base de pastilla de hipoclorito de calcio. Se busca abastecer de agua a la población de El Senegal beneficiando a los 141 habitantes.

2.2.2. Localización de fuentes de abastecimiento y aforos

La fuente de abastecimiento es un nacimiento de brote definido en ladera, que se ubica en la estación E-0 a una distancia de aproximadamente 8 km del tanque de distribución.

El caudal de aforo se obtuvo por medio del método volumétrico, en el cual se realizaron cinco pruebas donde se obtuvo un promedio de 1,95 l/s, como se puede observar en la tabla XXXVIII.

Tabla XXXVIII. **Aforo de caudal de la fuente de agua**

No.	Volumen (l)	Tiempo (s)
1	18,75	9,8
2	18,75	9,5
3	18,75	9,2
4	18,75	9,9
5	18,75	9,7
Promedio	18,75	9,62

Fuente: elaboración propia.

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo promedio}}$$

$$Q = \frac{18,75 \text{ l}}{9,62} = 1,95 \text{ l/s}$$

2.2.3. Calidad de agua

Un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con que la calidad de agua, que se utilizará en él, sea apta para el consumo humano. Por esta razón, previo al diseño, se debe hacer una prueba para determinar las características físicas, químicas y bacteriológicas que contenga.

Conforme a los resultados de las pruebas que se realizaron en el centro de salud de Río Hondo, indica que el agua es potable y apta para el consumo

humano, ya que los resultados están dentro de los límites máximos aceptables y permisibles según la Norma COGUANOR NGO 29 001 de agua potable. Ver informe en apéndice A.

2.2.4. Levantamiento topográfico

Se utiliza para definir captación, línea de conducción, tanque de distribución y la red de distribución de un sistema de abastecimiento de agua potable. Permite 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, las cuales son la planimetría y la altimetría.

La dimensión y tipo de proyecto, las características del terreno, los aparatos por emplearse y los errores permisibles son los factores que determinan el tipo de levantamiento que se debe realizar.

2.2.4.1. Planimetría

Se obtiene la planimetría con el fin de determinar, la longitud del proyecto; pudiendo localizar accidentes geográficos y todas aquellas características que puedan influir en el desarrollo del proyecto. El método que se aplicó para realizar la planimetría de este proyecto, fue el de conservación del azimut. El equipo a utilizar es un teodolito marca Wild T-1, estatal y plomada.

2.2.4.2. Altimetría

Se encarga de medir las diferencias que existen en los niveles del terreno, que son los que influirán directamente en el diseño hidráulico del proyecto, las

cuales representan distancias verticales, medidas a través de un plano horizontal de referencia. El método que se aplicó fue el taquimétrico, con el equipo que se utilizó en la planimetría.

2.2.5. Criterios de diseño

Se debe tomar en cuenta ciertos criterios para el diseño del sistema de un abastecimiento de agua potable, los cuales se describen a continuación:

2.2.5.1. Periodo de diseño

El período de diseño indica el tiempo en el cual el sistema brindará el servicio de forma satisfactoria dependiendo del crecimiento de la población y el mantenimiento que se le brinde. El periodo de diseño recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 20 años, sin embargo, se debe tomar en cuenta el tiempo para diseño, gestión y construcción de la obra el cual regularmente toma entre 2 y 3 años. Por dicha razón se tomará un periodo de diseño de 23 años.

2.2.5.2. Tasa de crecimiento poblacional

Actualmente el caserío El Senegal cuenta con 49 viviendas, teniendo un total de 141 habitantes. Según los datos de población del Instituto Nacional de Estadística se reporta para el departamento de Zacapa una tasa del 2,50 % de crecimiento, lo que se ha tomado en cuenta para estimar la población futura.

2.2.5.3. Estimación de población futura

Existen dos métodos para la estimación de población futura, utilizando los datos de la población actual, estos son:

- Método de crecimiento geométrico o exponencial.
- Método de crecimiento aritmético o lineal.

La población futura de El Senegal, que cubrirá el sistema de abastecimiento de agua se calculará según la ecuación de crecimiento geométrico siguiente:

$$Pf = Pa (1 + i)^n$$

Donde:

Pf = población futura

Pa = población actual según censo

I = tasa de crecimiento

n = período de diseño en años

$$Pf = 141 (1 + 0,025)^{23}$$

$$Pf = 249 \text{ habitantes}$$

2.2.5.4. Dotación

Para el diseño de este sistema de abastecimiento de agua se consideró que el área es rural con clima cálido, y haciendo un análisis del consumo diario de los pobladores de acuerdo a sus actividades, se propuso elegir una dotación de 120 litros por habitante al día.

2.2.5.5. Factores de consumo

El factor de consumo de agua depende de aspectos como el clima de la región o de las instalaciones que tenga la vivienda, así como de las costumbres que tenga la población. Este también varía según el tiempo, generalmente el consumo aumenta al medio día y disminuye en la madrugada, lo cual conlleva a la aplicación de factores que garanticen el funcionamiento del sistema a toda hora, en cualquier época del año, estos factores de consumo se describen a continuación:

- **Factor de día máximo (FDM)**

Es un incremento que se hace cuando no se cuenta con un estudio de consumo máximo diario, por lo que se recomienda lo siguiente:

- Para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes usar un factor comprendido entre $1,2 \leq \text{FDM} \leq 1,5$.
- Para poblaciones futuras mayores a 1 000 habitantes $\text{FDM} = 1,2$.

Por lo que en este proyecto se tomó un valor de $\text{FDM} = 1,5$, ya que se contará con menos de 1 000 habitantes.

- **Factor de hora máxima (FHM)**

Al igual que el anterior, se hace uso de este factor cuando no se cuenta con datos de consumo máximo horarios y se recomienda:

- Para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes usar un factor comprendido entre $2 \leq \text{FHM} \leq 3$.

- Para poblaciones futuras mayores a 1 000 habitantes FHM = 2 en este proyecto se tomó un valor de FHM = 2.

Debido a que se tendrá una población futura menor a 1 000 habitantes, se elige un factor de hora máxima de 3.

2.2.6. Determinación de caudales

Lo más importante a tomar en cuenta al momento de diseñar un sistema de agua potable, es satisfacer las demandas en el consumo de agua de los habitantes de la comunidad. Es por esto que se deben determinar los caudales que la población demanda.

2.2.6.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario se define como la cantidad de agua que va a ser consumida por la población en un día, es decir, durante 24 horas o al promedio del consumo diario durante el período de un año.

Ya que no se cuenta con registros del consumo diario de la población, se puede calcular a través de la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{Dot * P_f}{86\ 400}$$

Donde:

Q_m = caudal medio diario (l/s)

Dot = dotación (l/hab/día)

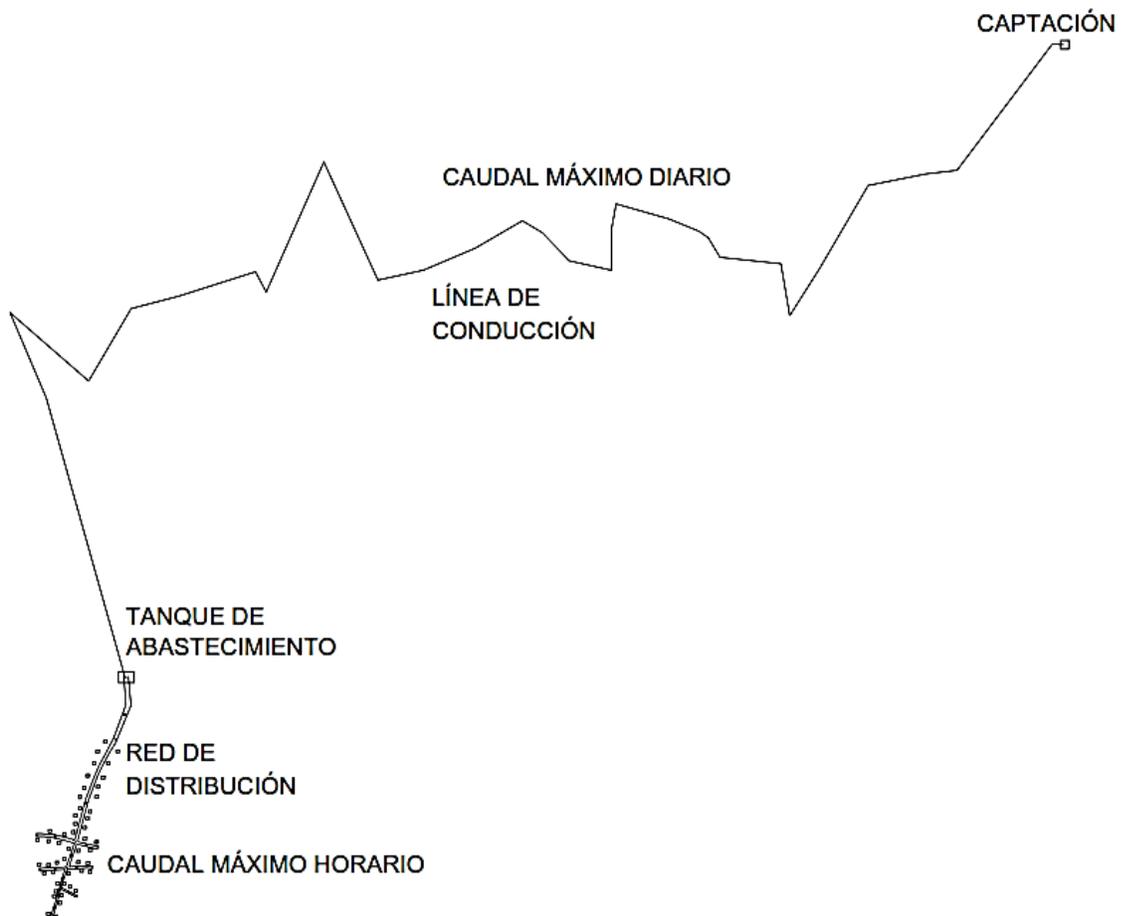
P_f = población futura (habitantes)

Para este caso el valor del caudal medio diario es el siguiente:

$$Q_m = \frac{249 \text{ hab} * 120 \text{ l/hab/d}}{86\,400 \text{ s/d}}$$

$$Q_m = 0,346 \text{ l/s}$$

Figura 38. **Determinación de caudales**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

2.2.6.2. Caudal máximo diario

Se define como el máximo consumo de agua en 24 horas dentro de un período de un año, se utiliza para hacer el diseño hidráulico de la línea de conducción, está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{md} = FDM * Q_m$$

Donde:

FDM = factor de día máximo

Q_m = caudal medio diario

$$Q_{md} = 1,5 * 0,346$$

$$Q_{md} = 0,518 \text{ l/s}$$

2.2.6.3. Caudal máximo horario

Este caudal es el mayor consumo durante una hora al día, en el período de un año, se utiliza para el diseño hidráulico de la red de distribución, está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = FHM * Q_m$$

Donde:

FHM = factor de hora máximo

Q_m = caudal medio diario

$$Q_{mh} = 3 * 0,346$$

$$Q_{mh} = 1,037 \text{ l/s}$$

2.2.7. Parámetros de diseño

- Velocidades:

La velocidad a la que se debe de conducir el agua dentro de la tubería, se debe encontrar dentro de los límites establecidos por Unepar:

Tabla XXXIX. Límites de velocidades según UNEPAR

	Velocidad mínima	Velocidad máxima
Conducción	0,40	3,00
Distribución	0,30	3,00

Fuente: Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales. Unepar.

- Presiones:

El diseño hidráulico de este proyecto se hará por medio de la pérdida de presiones en la tubería, por lo cual es necesario conocer conceptos básicos de presión, que ayuden a comprender de mejor manera el diseño:

- Presión estática:

Se produce cuando el agua en la tubería se encuentra en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua. La máxima presión estática a la que puede estar sometida una tubería por motivos de seguridad está comprendida entre el 90 y 95 % de la presión de trabajo proporcionada por el fabricante, si se sobrepasa

este valor es necesario colocar tubería con mayor resistencia o colocar una caja rompedora de presión.

- Presión dinámica:

La presión dinámica se produce cuando hay movimiento del agua en la tubería, que se ocasiona por el cambio de presión de un punto a otro, disminuyendo el valor de la presión estática.

2.2.8. Diseño hidráulico del sistema

Tiene la finalidad de determinar todos los elementos necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema, garantizando que el agua captada llegue a los consumidores de manera continua y libre de agentes contaminantes.

Para el cálculo hidráulico se debe utilizar la tubería adecuada y se deben determinar los diámetros que, para este caso, se obtendrán por medio de la ecuación de Hazen & Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde:

H_f = pérdida de carga (m)

L = longitud de tubería (m)

Q = caudal en la tubería (l/s)

C = coeficiente de rugosidad de la tubería

D = diámetro (pulg)

2.2.8.1. Captación

Es una estructura de obra civil capaz de captar el agua provista por la fuente de abastecimiento. En este caso es una captación para una fuente de brote defino en ladera, la cual consiste en un muro de concreto ciclópeo, provista con un filtro formado por rocas de distintos tamaños, así como las válvulas para realizar la limpieza del mismo. Ver plano de captación en anexos.

2.2.8.2. Línea de conducción

Se le llama línea de conducción al conjunto de tuberías que inicia desde la obra de captación hasta el tanque de distribución; estas tuberías están diseñadas para trabajar a presión. La capacidad de la tubería de conducción debe ser suficiente para transportar el caudal de día máximo, si se trata de un sistema por gravedad o transportar su equivalente en un determinado periodo de bombeo.

Tramo E-0 a E-61:

$L = 4\,966,00\text{ m}$

$Q_{md} = 0,518\text{ l/s}$

Cota Inicial = 582

Cota final = 408

$C = 150$

- Diámetro de la tubería (\emptyset)

$$\Delta H = H_o - H_f$$

$$\Delta H = 582 - 408 = 174$$

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{\Delta H * C^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\emptyset = \left(\frac{1\,743,811 * 4\,966 * 0,518^{1,85}}{174 * 150^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,07''$$

Debido a que se obtuvo un diámetro de 1,07 pulgadas, se utilizará tubería 1 ½", la cual tiene un diámetro interno de 1,75".

- Pérdida de carga en cada tubería

Tubería $\emptyset = 1\, \frac{1}{2}''$

$$Hf = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1\,743,811 * 4\,966 * 0,518^{1,85}}{150^{1,85} * 1,754^{4,87}} = 15,66\, m$$

- Cálculo de cota piezométrica (CP)

$$CP = \text{Cota inicial del terreno} - Hf$$

$$CP = 582 - 15,66 = 566,34\, m$$

No se obtuvo ningún problema, por tal razón se utilizará tubería con diámetros de 1" y 1 ½" para la línea de conducción.

2.2.8.3. Tanque de almacenamiento

En todo sistema de abastecimiento debe diseñarse un tanque de distribución, con el fin de garantizar las siguientes funciones:

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.
- Almacenar agua en horas de poco consumo como reserva para contingencias.
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Según las Normas de Unepar, en sistemas por gravedad el volumen del tanque estará comprendido del 25 al 40 % del consumo máximo horario. Por lo que para este caso se tomará el 30 % del consumo medio diario.

$$Vol = 0,3 * Qmd$$

$$Vol = \frac{0,3 * 0,518 * 86\ 400}{1\ 000} = 13,44\ m^3$$

Se utilizará un tanque de almacenamiento con capacidad de 25 m³ para que el sistema siempre cuente con agua suficiente, este será a base de muros de gravedad de concreto ciclópeo y cubierta de losa plana de concreto reforzado.

- Diseño estructural del tanque

Para el diseño de la losa del tanque de distribución se aplicó el método 3 del ACI. A continuación, se presentan las dimensiones del tanque:

Largo = 4 m

Ancho = 4 m

Alto = 1,8 m

Para determinar si será una losa en una o dos direcciones, se utilizará la siguiente relación:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

a = lado corto de la losa.

b = lado largo de la losa.

Si $m < 0,5$ → Losa armada en una dirección

Si $0,5 \leq m \leq 1$ → Losa armada en dos direcciones

$$m = \frac{4}{4} = 1$$

Por lo tanto se clasifica como una losa en dos direcciones.

- Espesor de losa:

$$t = \frac{2(4 \text{ m}) + 2(4 \text{ m})}{180} = 0,088 \text{ m}$$

Se propone una losa tradicional en dos direcciones con espesor de 10 cm.

- Integración de carga última:

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

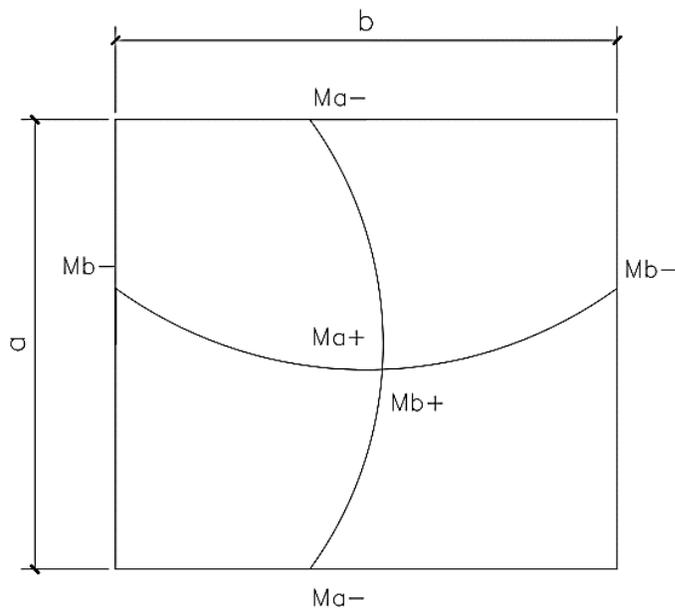
$$CU = 1,4 \left(\left(2\,400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0,10\text{m} \right) + 120 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1,7 \left(200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$$

$$CU = 504 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 340 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$CU = 844 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo de momentos actuantes, según coeficientes:

Figura 39. **Determinación de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Positivos:

$$M_{(a+)} = C_a * CM_u * a^2 + C_a * CV_u * a^2$$

$$M_{(b+)} = C_b * CM_u * b^2 + C_b * CV_u * b^2$$

Donde:

M = momento actuante

C_a, = coeficiente de momentos de ACI para el método 3

C_b = coeficiente de momentos de ACI para el método 3

CM_u = carga muerta

CV_u = carga viva

CU = carga última

a, b = lado corto y largo de la losa, respectivamente

Momentos actuantes de la losa (caso 1, método 3 de ACI):

$$M_{(a+)} = 0,036 * 504 * (4)^2 + 0,036 * 340 * (4)^2 = 486,14 \text{ kg-m}$$

$$M_{(b+)} = 0,036 * 504 * (4)^2 + 0,036 * 340 * (4)^2 = 486,14 \text{ kg-m}$$

En las losas sin continuidad el momento negativo es igual:

$$M_{(a-)} = 1/3 * M_{(a+)}$$

$$M_{(b-)} = 1/3 * M_{(b+)}$$

○ Momentos en losas sin continuidad:

$$M_{(a-)} = M_{(b-)} = 1/3 * 486,14 \text{ kg-m} = 162,05 \text{ kg-m}$$

- Diseño de armado de losa:

Para hacer el diseño de armado de losa, se tomará una franja unitaria de $b = 100 \text{ cm}$ y se determina el peralte (d) efectivo de esta:

$$d = (\text{espesor}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diámetro de la varilla}}{2} \right)$$

$$d = (10 \text{ cm}) - (2,5 \text{ cm}) - \left(\frac{0,953 \text{ cm}}{2} \right) = 7,02 \text{ cm}$$

- Acero mínimo:

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,25\sqrt{f'c}}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{0,25\sqrt{210}}{2810} \right) * (100 \text{ cm}) * (7,02 \text{ cm}) = 0,91 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{s_{min}} = \left(\frac{14,1}{2810 \text{ kg/cm}^2} \right) * (100 \text{ cm}) * (7,02 \text{ cm}) = 3,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento considerando una varilla núm. 3:

$$\begin{array}{l} 3,52 \text{ cm}^2 \quad \text{----->} \quad 100 \text{ cm} \\ 0,91 \text{ cm}^2 \quad \text{----->} \quad S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{3,52 \text{ cm}^2} = 20 \text{ cm}$$

Según ACI, la separación máxima permitida es de 2t

$$S_{max} = 2 * 10 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Por lo que está dentro del rango, entonces sí se puede utilizar la separación propuesta.

- Momento último que resiste el acero mínimo:

$$MAS_{min} = \phi \left(As * f_y \left(d - \frac{As * f_y}{1,7 * b * f_c} \right) \right)$$

$$MAS_{min} = 0,71 \left(3,52 * 2\,810 \left(7,02 - \frac{3,52 * 2\,810}{1,7 * 100 * 210} \right) \right) = 636,38 \text{ kg} - m$$

En este caso los momentos actuantes son menores al momento que resiste el acero mínimo, por lo que se armará con varillas núm. 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Chequeo por corte:

El corte debe ser resistido únicamente por el concreto, por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado.

$$V_{max} = \frac{Cu * L}{2} = \frac{844 * 3}{2} = 1\ 266\ kg$$

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 100 * 7,02 * \sqrt{210} = 4\ 585,36\ kg$$

Como $V_{res} > V_{m\acute{a}x}$ el espesor de la losa es el adecuado, por lo que no es necesario aumentar el espesor.

- Dise\~no de viga de 0,20 x 0,35 cm:
 - Integraci3n de carga:

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

$$CU = 1,4 \left(\left(2\ 400 \frac{kg}{m^3} * 0,10m \right) + 120 \frac{kg}{m^2} \right) + 1,7 \left(200 \frac{kg}{m^2} \right)$$

$$CU = 504 \frac{kg}{m^2} + 340 \frac{kg}{m^2}$$

$$CU = 844 \frac{kg}{m^2}$$

$$Wlosa = \frac{Cu * a}{b}$$

$$Wlosa = \frac{844 \frac{kg}{m^2} * 4}{4} = 844 \frac{kg}{m^2}$$

- Momento:

$$M = \frac{Wlosa * b^2}{8}$$

$$M = \frac{844 * 4^2}{8} = 1\ 688 \frac{kg}{m}$$

- Acero mínimo:

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{14,1}{f_y} \right) * b * d$$

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{f'c}}{f_y} \right) * b * d$$

Donde:

$$D = (\text{altura}) - (\text{recubrimiento}) - \left(\frac{\text{diámetro de la varilla}}{2} \right)$$

$$D = (25\text{cm}) - (3,5\text{ cm}) - \left(\frac{0,953}{2} \right) = 21\text{ cm}$$

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{14,1}{2\ 810\ \text{kg/cm}^2} \right) * (20\text{ cm}) * (31\text{ cm}) = 3,11\text{ cm}^2$$

$$A_{S_{min}} = \left(\frac{0,80 \sqrt{210}}{2\ 810} \right) * (20\text{ cm}) * (31\text{ cm}) = 2,56\text{ cm}^2$$

- Acero máximo:

$$A_{S_{max}} = 0,50 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * f_c * 6\ 115}{f_y (6\ 115 + f_y)} \right) * b * d$$

$$A_{S_{max}} = 0,50 * \left(\frac{0,85 * 0,85 * 210\ \text{kg/cm}^2 * 6\ 115}{2\ 810\ \text{kg/cm}^2 (6\ 115 + 2\ 810\ \text{kg/cm}^2)} \right) * 20 * 31 = 11,47\text{ cm}^2$$

- Acero longitudinal:

Calculando A_s para el momento actuante en la viga:

$$A_s = \frac{0,85 * f_c}{f_y} \left((b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f_c}} \right)$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} \left((20 * 31) - \sqrt{(20 * 31)^2 - \frac{1688 * 20}{0,003825 * 210}} \right) = 2,22 \text{ cm}^2$$

Para este caso será necesario utilizar A_s mín, colocando 2 núm. 5 corridas, equivalentes a un área de acero de 3,96 cm², lo cual cubre al acero requerido por el momento.

- Cálculo de corte resistente
 - Si $V_{res} > V_u$, la sección de la viga resiste los efectos del corte. y necesita estribos solo por armado, $S=d/2$.
 - Si $V_{res} < V_u$, diseñar estribos por corte.

$$V_u = 9606,09 \text{ kg}$$

$$V_{res} = 0,53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$

$$V_{res} = 0,53 * 0,85 * 20 * 31 * \sqrt{210} = 4047,59 \text{ kg}$$

- Diseño a corte:

Según ACI 318-11 en la sección 21.12.4.2, en ambos extremos del elemento se debe colocar, en una longitud de confinamiento mínima a $2h$ medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz, refuerzo transversal mínimo, con el menor valor de los siguientes:

- $d/4$
- 8 veces el diámetro de la barra longitudinal
- 24 veces el diámetro de la barra del estribo
- 30 cm

De estas se debe colocar la menor.

- Confinamiento mínimo en los extremos de la viga según ACI:

$$L = 2 \cdot h$$

$$L = 2 \cdot 35 = 70 \text{ cm}$$

- Cálculo de longitud de confinamiento:

$$\frac{V_u}{L/2} = \frac{V_{res}}{x}$$

$$x = \frac{4\,047,59 \text{ kg} \cdot (2\text{m})}{9\,606,09 \text{ kg}} = 0,84 \text{ m}$$

$$L \text{ confinamiento} = L/2 - x$$

$$L \text{ confinamiento} = 2,00 - 0,84 = 1,15 \text{ m}$$

Debido a que la longitud de confinamiento calculada es mayor a la que permite el ACI, se podrá utilizar esta.

- Espaciamiento de estribos en longitud de confinamiento:
- Teórico:

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

$$S = \frac{2 * 0,71 * 2810 * 31}{9606,09} = 15,5 \text{ cm}$$

- Según ACI:
 - $d/4 = 9,00 \text{ cm}$
 - 8 veces el diámetro de la barra longitudinal = 15,84 cm
 - 24 veces el diámetro de la barra del estribo = 22,86 cm
 - 30 cm
- Espaciamiento de estribos en longitud no confinada:

$$d/2 = 36/2 = 18 \text{ cm}$$

Colocar estribos a cada 9,00 cm en los 1,15 m de la zona de confinamiento de cada extremo y a cada 18,00 cm en la zona no confinada.

- Muros del tanque:

Datos:

$$\gamma_{\text{agua}} = 1,00 \text{ Ton/ m}^3$$

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1,42 \text{ Ton/m}^3$$

$$\gamma_{\text{concreto}} = 2,40 \text{ Ton/ m}^3$$

$$H_{\text{muro}} = 1,80 \text{ m}$$

$$h_a = 1,50 \text{ m}$$

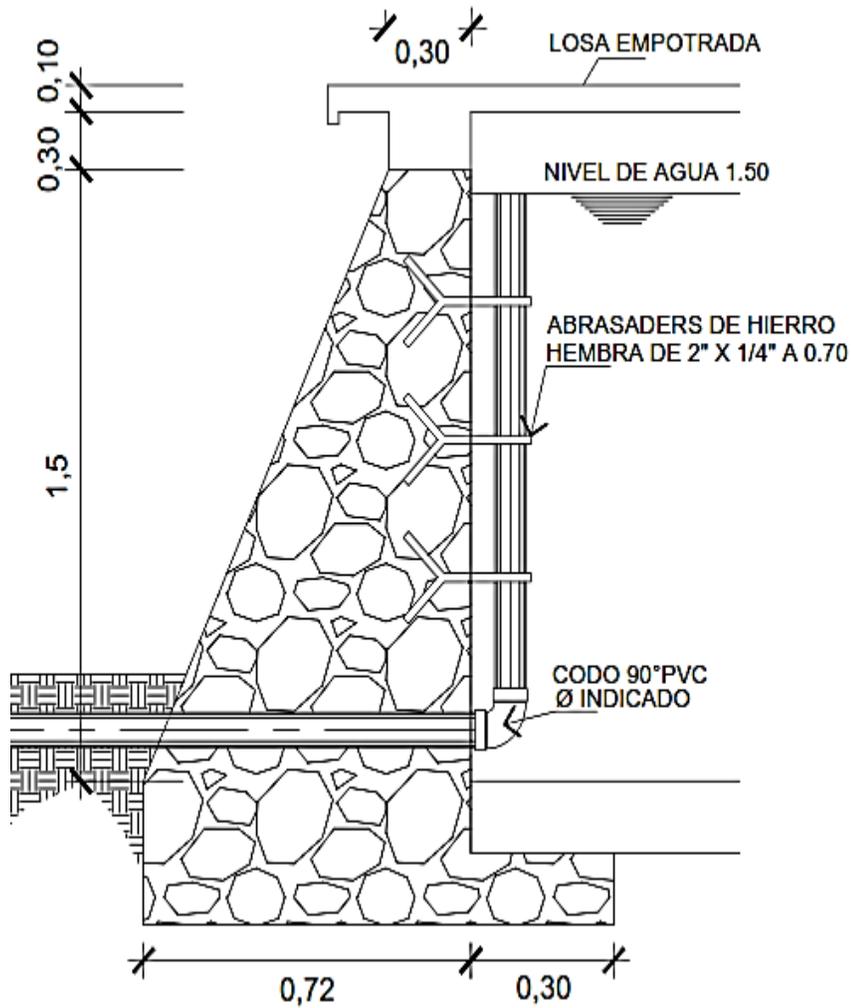
$$\mu = \text{coeficiente de fricción suelo-muro} = 0,25$$

$$\Phi (\text{ángulo de fricción interna del suelo}) = 18^\circ$$

$$V_s = 25 \text{ Ton/m}^2 \text{ (asumido)}$$

Para el diseño de los muros del tanque de distribución se realizó según las especificaciones de la Dirección General de Caminos. En la figura 41, se presentan las dimensiones del tanque:

Figura 40. Muro de tanque de abastecimiento



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

- Coeficiente de empuje activo (k_a)

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}(0,31415)}{1 + \text{sen}(0,31415)} = 0,5278$$

- Coeficiente de empuje pasivo (Kp)

$$Kp = \frac{1 - \text{sen}\phi}{1 + \text{sen}\phi}$$

$$Kp = \frac{1 + \text{sen}(0,31415)}{1 - \text{sen}(0,31415)} = 1,8944$$

- Cálculo de cargas totales de los diagramas

Carga pasiva (Ppy)

$$Ppy = \frac{1}{2} (Kp * \gamma s * H^2)$$

$$Ppy = \frac{1}{2} (1,8944 * 1,42 * 1,8^2) = 4,3579$$

Carga activa (Pay)

$$Pay = \frac{1}{2} (Ka * \gamma agua * ha^2)$$

$$Pay = \frac{1}{2} (0,52785 * 1 * 1,8^2) = 0,5938$$

- Momentos debido a las cargas totales de los diagramas de presión

Momento pasivo (Mpy)

$$Mpy = Ppy * \frac{h}{3}$$

$$Mpy = 4,35 * \frac{1,8}{3} = 2,6147$$

Momento activo (May)

$$May = Pay * \frac{a}{3}$$

$$May = 0,5938 * \frac{1,8}{3} = 0,2969$$

Tabla XL. **Cargas y momentos del muro**

Figura	Área	Densidad	Peso	Brazo	Momento
1	0,4860	2,4	1,1664	0,4238	0,4943
2	0,1296	2,4	0,3110	0,2625	0,0816
3	0,0273	2,4	0,0656	0,3600	0,0236
4	0,2369	1,42	0,3364	0,6469	0,2176
			1,8795		0,8172

Fuente: elaboración propia.

- Revisión de estabilidad

Por volteo:

$$FSV = \frac{\sum Mr}{\sum Mact}$$

$$FSV = \frac{0,8171}{0,2969} = 2,7520$$

- Presión máxima bajo la base del muro

$$a = \frac{Mpy + Mw - May}{\sum W}$$

$$a = \frac{2,6147 + 0,8171 - 0,2969}{1,8795} = 1,6680$$

Si $3a > L$, entonces no existirá tensión, como en este caso.

- Coordenadas resultantes

$$X = \frac{MR - May}{\Sigma W}$$

$$X = \frac{0,8171 - 0,2969}{1,8795} = 0,2768 \text{ m}$$

- Excentricidad

$$E = \frac{base}{2} - X$$

$$E = \frac{0,72}{2} - 0,2768 = 0,0832 \text{ m}$$

- Presión máxima

$$P_{max} = \frac{W}{base} + \frac{6WE}{base^2}$$

$$P_{max} = \frac{1,8795}{0,72} + \frac{6 * 1,8795 * 0,0832}{0,72^2} = 4,42 \frac{ton}{m^2} < 25 \frac{ton}{m^2}$$

- Presión mínima

$$P_{min} = \frac{W}{base} - \frac{6WE}{base^2}$$

$$P_{min} = \frac{1,8795}{0,72} - \frac{6 * 1,8795 * 0,0832}{0,72^2} = 0,8004 \frac{ton}{m^2} > 0 \frac{ton}{m^2}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos, las dimensiones propuestas resisten las cargas aplicadas sobre el muro.

2.2.8.4. Red de distribución

Un sistema de distribución de agua debe ofrecer un suministro seguro de agua potable en cantidad suficiente y a una presión adecuada para usos domésticos.

La elección del sistema idóneo, dependerá de las características del lugar poblado, ubicación del tanque de agua potable, entre otras. Desde el punto de vista sanitario es preferible optar por la red mallada o circuito cerrado; ya que ocasiona menos problemas de contaminación, porque no permite el estancamiento del agua. Sin embargo, la distribución de viviendas de este proyecto no permite realizarlo de esta manera, por lo que se optó realizar ramales abiertos que tienen un buen funcionamiento.

Se debe tomar en cuenta que en el diseño se utilizará el caudal máximo horario con el fin de asegurar su correcto funcionamiento en el período de diseño. Se debe verificar en las redes lo siguiente:

- El caudal que entra en cada nudo es igual al caudal que sale.
- La presión dinámica estará entre 10 y 60 metros columna de agua.
- Caudal unitario de vivienda = $Q_{mh} / \text{Núm. viviendas}$.
- Caudal instantáneo $q = k\sqrt{n - 1}$;

Donde:

$k = 0,15$ si servicio por llenacantaros

$k = 0,20$ si $n \geq$ conexiones prediales y domiciliarias

$n =$ número de viviendas a futuro.

Se considera el número de viviendas que serán abastecidas por ese ramal y se calcula el caudal de consumo, así como el caudal instantáneo; utilizando el mayor de los dos y el criterio de continuidad, se determina el caudal de distribución en cada punto.

$$q = k\sqrt{n - 1}$$

$$q = 0,20\sqrt{87 - 1}$$

$$q = 1,85 \text{ l/s}$$

Se utilizará el caudal instantáneo ya que $q = 1,85 \text{ l/s} > Q_{mh} = 1,037$.

A continuación se hará el cálculo del tramo que va del tanque de distribución a la estación E-87:

Datos:

$$Q = 1,85 \text{ l/s}$$

$$Cota_1 = 420 \text{ m}$$

$$Cota_2 = 395 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 356 \text{ m}$$

- Carga disponible:

$$\Delta H = H_o - H_f$$

$$\Delta H = 420 - 395 = 25 \text{ m}$$

- Diámetro teórico:

$$\varnothing = \left(\frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{\Delta H * C^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\varnothing = \left(\frac{1\,743,811 * 356 * 1,85^{1,85}}{25 * 150^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,51" \approx 2"$$

- Pérdida de carga real:

Se utilizará un diámetro de 2,19 pulgadas debido a que es el diámetro interno de la tubería de PVC.

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$H_f = \frac{1\,743,811 * 356 * 1,85^{1,85}}{150^{1,85} * 2,19^{4,87}} = 2,234 \text{ m}$$

- Cálculo de cota piezométrica (CP):

$$CP = \text{Cota inicial piezométrica} - H_f$$

$$CP = 395 + 25 - 2,234 = 417,766 \text{ m}$$

- Velocidad:

$$V = \frac{1,974 * Qd}{\varnothing^2}$$

$$V = \frac{1,974 * 0,85}{2,19^2} = 0,76 \text{ m/s}$$

En el apéndice M se encuentra el resumen de toda la red de distribución.

2.2.8.5. Obras hidráulicas

Las obras hidráulicas son las construcciones necesarias para captar el agua desde la fuente, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular y segura. Entre estas obras están los túneles, puentes, sifones, cajas rompepresiones, cámaras de desagüe, válvulas de aire, entre otros.

Se utilizarán obras hidráulicas en este proyecto, dependiendo de la necesidad que se presente, ya que estas sirven para salvar depresiones en el terreno y para aliviar la presión estática en la tubería. A continuación, se describen las obras hidráulicas utilizadas:

- Válvulas de compuerta: las características principales de esta válvula de compuerta son: cierra el orificio con un disco vertical de cara planamente que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento. Se utiliza para abrir o cerrar total el flujo, no es utilizada para regular el caudal de agua y no debe de ser usada frecuentemente.
- Válvulas de aire: tienen como fin liberar el aire atrapado en la tubería en los puntos más altos del sistema, que restringe el paso del agua reduciendo el área de flujo, ocasionando con ello mayores pérdidas y una reducción de caudal, estas válvulas se instalan únicamente en la línea de conducción, ya que en la red de distribución los chorros cumplen con esta función.
- Válvulas de limpieza: el agua proveniente de las captaciones no siempre está libre de sólidos, estos se sedimentan en las partes bajas del sistema, ocasionando obstrucciones en la tubería. Para contrarrestar este fenómeno en estos puntos se deben de colocar válvulas de limpieza.

2.2.8.6. Sistema de desinfección

La desinfección del agua se hace para la eliminación de las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. Uno de los mejores métodos de desinfección es la cloración del agua, ya que es confiable en los tratamientos de agua potable y que exitosamente evita la reaparición de bacterias en las tuberías.

- Cloro gaseoso: hoy en día, todos los cloradores operan generalmente bajo el principio de vacío total y solamente son usados para la cloración directa. En el tratamiento de agua, la cloración indirecta significa que una solución de cloro es producida en el sitio utilizando cloro gaseoso y agua. Esta solución sirve como desinfectante.
- Hipoclorito de calcio: es un compuesto sólido de cloro, disponible en el comercio en forma de tabletas o de gránulos.
 - Alimentación de cloro: se hará con tabletas de hipoclorito de calcio $[\text{Ca}(\text{OCl})]$ al 90 % de ingrediente activo y con las siguientes dimensiones para cada tableta: diámetro 3/8 pulgada, alto 1 ¼ pulgada, peso 300 gramos.
 - Funcionamiento: deberá ser automático, sin partes móviles, sin requerir energía eléctrica para su funcionamiento, debe permitir el flujo de agua a través de las tabletas de hipoclorito de calcio para formar la solución.

- Ubicación del clorador: deberá instalar el clorador en una caja instalada en la tubería de entrada al tanque y deberá graduarse el flujo para permitir que la cantidad de cloro residual, en el punto más alejado oscile entre 0,7 y 1,5 partes por millón.

Se realizará el cálculo de las tabletas de hipoclorito de calcio que se utilizarán, según el manual de tratamiento y desinfección de agua para consumo humano del ministerio de salud pública y atención social.

$$G = \frac{C * M * D}{\%CL}$$

Donde:

- G = gramos de tricloro
- C = gramos por litro deseados = 0,15 %
- M = litros de agua a tratarse por día = 25 000 l/d
- D = número de días = 30 días
- % CL = concentración de cloro = 90 %

$$G = \frac{0.0015 * 25\ 000 * 30}{0,90} = 1\ 250,00$$

Se deduce que se necesitan 4 tabletas de hipoclorito de calcio por mes para el tratamiento del agua en el sistema.

2.2.9. Programa de operación y mantenimiento

El proyecto debe contar con las medidas necesarias de operación y mantenimiento que permitan el buen funcionamiento del sistema y sus

componentes; estos deben estar al cuidado de una persona responsable del sistema, preferiblemente un fontanero, pero si hay falta de uno, es la comunidad la encargada de la conservación del mismo.

El mantenimiento para el tanque de distribución consiste en la limpieza del piso y las paredes interiores con una solución a base de cloro y agua limpia, teniendo una medida de un vaso de cloro por cada cinco galones de agua, se debe tomar en cuenta que nunca debe hacerse con jabón; se debe realizar 2 veces al año.

Se debe reparar las fugas que se presenten en la red y la línea de conducción lo más pronto posible, siempre hay que limpiar y alimentar el sistema de desinfección, limpieza y chapeo alrededor de todas las estructuras adicionales y revisiones periódicas de cada componente.

2.2.10. Propuesta de tarifa

Para utilizar el servicio de agua potable es necesario proponer una tarifa, tendrá que ser aprobada por la comunidad y autorizada por la municipalidad. A continuación se hace un desglose de los gastos necesarios para el funcionamiento del sistema:

- Costo de desinfección (D):

$$D = Ct * Nm$$

Donde:

Ct = costo por tableta de cloro

Nm = número de tabletas a utilizar

$$D = Q 30,00 * 4$$

$$D = Q 120,00/mes$$

- Operación y mantenimiento

Para esto se deberá contratar a un fontanero, así tener un mejor mantenimiento del sistema. El deberá revisarlo una vez a la semana (52 días al año) contratado por servicios personales, no se aplica prestaciones laborales.

$$F = \frac{Q 70,00 * 52 \text{ semanas al año}}{12 \text{ meses}}$$

$$F = Q 303,33/mes$$

También se debe tomar en cuenta la compra de repuestos y herramientas, para cuando se encuentre una falla en el sistema:

$$R = \frac{0,015 * CP * (1 + I)}{12}$$

Donde:

CP = costo del proyecto

I = porcentaje del 6 % debido a la inflación.

$$R = \frac{0,015 * 1\ 116\ 323,38 * (1 + 0,06)}{12}$$

$$R = Q 1\ 479,13$$

- Propuesta de tarifa:

$$PT = \frac{F + R + D}{N}$$

Donde:

N = número de casas

$$PT = \frac{303,33 + 120 + 1\,479,13}{49}$$
$$PT = Q\,38,82$$

Tomando en cuenta que el sistema beneficiará a 49 viviendas de la comunidad, se estableció una cuota de Q. 39,00 por vivienda que servirá para pagar los gastos.

2.2.11. Elaboración de planos

Los planos constructivos para este sistema de agua potable se presentan en los anexos; el cual está conformado por:

- Planta, perfil y detalles de captación.
- Planta y perfil de línea de conducción y obras hidráulicas.
- Planta de red de distribución y domiciliarias.
- Planta, perfil y detalles de tanque de abastecimiento y clorador.

2.2.12. Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró aplicando los criterios del edificio para mercado, en cuanto a mano de obra, materiales y el 30 % de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades.

Tabla XLI. Presupuesto sistema de abastecimiento de agua potable

 DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL CASERÍO EL SENEGAL, RÍO HONDO, ZACAPA 					
No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Total
1	TRAZO Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO	UNIDAD	1	Q26 487,50	Q26 487,50
2	CAPTACIÓN	UNIDAD	1	Q35 000,00	Q35 000,00
3	LÍNEA DE CONDUCCIÓN				
3,1	EXCAVACIÓN Y RELLENO	M3	1 477	Q187,20	Q276 494,40
3,2	TUBERÍA DE 1" C.160	ML	1 344	Q54,31	Q76 352,64
3,3	TUBERÍA DE 1" C.250	ML	978	Q56,81	Q55 560,18
3,4	TUBERÍA DE 1 1/2 " C.160	ML	1 242	Q67,16	Q92 466,90
3,5	TUBERÍA DE 1 1/2 " C.250	ML	3 054	Q74,45	Q227 370,30
3,6	TUBERÍA DE 1 1/2 " C.315	ML	696	Q82,67	Q57 538,32
3,7	VÁLVULA DE LIMPIEZA	UNIDAD	2	Q3 108,30	Q6 216,60
3,8	VÁLVULA DE AIRE	UNIDAD	4	Q3 108,30	Q12 433,20
3,9	VÁLVULA DE COMPUERTA	UNIDAD	4	Q3 556,80	Q14 227,20
4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO (100 M3)	UNIDAD	1	Q48 645,13	Q48 645,13
5	SISTEMA DE DESINFECCIÓN				
5,1	DOSIFICADOR DE HIPOCLORITO	UNIDAD	1	Q8 000,85	Q8 000,85
6	RED DE DISTRIBUCIÓN				
6,1	EXCAVACIÓN Y RELLENO	M3	385	Q187,20	Q72 072,00
6,2	TUBERÍA DE 1/2 " C.160	ML	279	Q47,61	Q13 283,19
6,3	TUBERÍA DE 3/4 " C.160	ML	104	Q49,97	Q5 196,88
6,4	TUBERÍA DE 1 1/2 " C.160	ML	56	Q74,45	Q4 169,20
6,5	TUBERÍA DE 2 " C.160	ML	356	Q93,31	Q33 218,36
7	CONEXIÓN DOMICILIAR	UNIDAD	49	Q1 454,06	Q71 248,94
	TOTAL				Q1 135 981,79

Fuente: elaboración propia.

2.2.13. Evaluación de impacto ambiental

Las actividades que se llevarán a cabo con la construcción del sistema de abastecimiento de agua, son procesos que buscan establecer las consecuencias sobre el ambiente, por lo que se busca minimizar los impactos negativos que afecten al entorno.

Impacto ambiental que será producido:

- Movimiento de tierra (corte y relleno) que ocasione residuos de partículas en suspensión y polvo en las áreas circundantes al proyecto.
- Emanación de gases provenientes de solventes y de los vehículos utilizados en la construcción para transporte de materiales.
- Generación de ruido por la actividad realizada.
- Generación de desechos propios de la actividad.

Medidas de mitigación

- Manejo adecuado y ordenado del volumen de terreno extraído.
- Coordinación de horarios de trabajo en horas hábiles para generar el menor ruido posible.
- Verificación constante del nivel del acuífero y reforestación del área circundante para permitir la recarga hídrica.
- Proveer a los trabajadores del equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
- Manejo adecuado de los productos químicos a utilizar.

2.2.14. Evaluación socioeconómica

Los proyectos de sistemas de agua potable tienen una gran importancia social, pero se deben considerar los efectos indirectos y de valorización social de beneficio y costo que tiene la instalación y el mantenimiento de este mismo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto podría indicar la viabilidad que tiene para su realización. La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros, es de utilidad para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los siguientes métodos:

2.2.14.1. Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, para determinar si es rentable al término del período de funcionamiento.

Tabla XLII. **Costo del sistema de abastecimiento de agua**

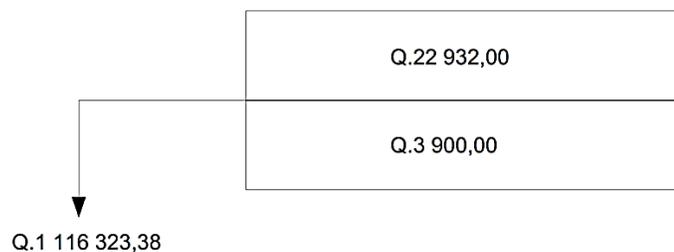
Inversión inicial	Q. 1 116 323,38
Mantenimiento anual	Q. 3 900,00
Ingresos anuales	Q. 22 932,00

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta un periodo de diseño de 23 años y una tasa del 11% se realiza el cálculo del VPN:

$$VP = CA \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n} \right]$$

Figura 41. **Estimación de valor presente neto**



Fuente: elaboración propia.

Costo de operación y mantenimiento:

$$VP = 3\,900,00 \left[\frac{(1 + 0,11)^{23} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{23}} \right] = Q\,32\,239,08$$

Tarifa poblacional:

$$VP = 22\,932,00 \left[\frac{(1 + 0,11)^{23} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{23}} \right] = Q\,189\,565,80$$

El valor presente neto está dado por la sumatoria de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

$$VPN = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$VPN = Q\,189\,565,80 - Q\,32\,239,08$$

$$VPN = Q\,157\,326,72$$

Con la tarifa propuesta el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento.

2.2.14.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno de una inversión es la de rendimiento requerida que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento. Por eso se llama tasa interna de rentabilidad; el número

es interno o inherente al proyecto y no depende de nada, excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido, de lo contrario la inversión no es provechosa. Debido a que este proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno atractiva; para este tipo de inversión, en el municipio se realiza un análisis socioeconómico de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

$$\text{Costo} = \text{Inversión inicial} - \text{VPN}$$

$$\text{Costo} = 1\,116\,323,38 - 157\,326,72$$

$$\text{Costo} = 958\,996,65$$

La tasa interna de retorno se obtiene dividiendo el costo dentro de la cantidad de habitantes beneficiados por el sistema.

$$TIR = \frac{\text{costo}}{\text{habitantes}}$$

$$TIR = \frac{Q\,958\,996,65}{141} = Q\,6\,801,39/\text{hab}$$

Se concluye que el proyecto podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales para su financiamiento.

CONCLUSIONES

1. Los proyectos objeto del trabajo de graduación son el resultado de la priorización de las necesidades de servicios básicos e infraestructura del municipio de Río Hondo. Por los beneficios que presentan los proyectos, la municipalidad deberá ejecutarlo a la menor brevedad posible.
2. Los presupuestos de los proyectos se elaboraron con base a precios unitarios, tomando en cuenta el costo de los materiales, así como los salarios que se manejan en el área de Río Hondo, por lo que previo a la contratación o licitación de los mismos, la municipalidad deberá actualizarlos.
3. El caserío El Senegal carece de un sistema de abastecimiento de agua, por lo que el sistema propuesto brindará una mejora a la calidad de vida a los habitantes, al abastecerse del vital líquido a toda hora, libre de agentes patógenos o contaminantes perjudiciales evitando de esta manera riesgos a la salud.
4. El diseño de la edificación de dos niveles para el mercado municipal de Río Hondo se desarrolló a base de los criterios de ACI 318-11, AGIES y Conred, por lo que es importante seguir a cabalidad las especificaciones contenidas en los planos, para brindar la seguridad estructural del edificio.
5. Es fundamental la sostenibilidad del abastecimiento de agua potable, ya que así se puede garantizar el correcto funcionamiento, razón por la cual se capacitaron a los miembros del Cocode del caserío El Senegal, sobre

la operación y mantenimiento del sistema y también se propuso una tarifa mensual para que no dependa del presupuesto municipal y pueda ser funcional durante el periodo de diseño.

6. La construcción del mercado en la cabecera municipal beneficiará al municipio y principalmente a los vendedores locales, ya que tendrán un lugar adecuado en donde realizar sus actividades comerciales, brindándole a cada uno un puesto de venta específico; debido a la importancia que el proyecto conlleva, es necesario gestionar ante las instancias correspondientes, el financiamiento para su construcción.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Río Hondo:

1. Seguir correctamente las especificaciones contenidas en los planos de los proyectos ya que alterarlas o modificarlas, cambiará completamente el diseño.
2. Garantizar la supervisión técnica por un profesional de la ingeniería civil, para que los proyectos se construyan conforme lo especificado en planos.
3. Para el sistema de abastecimiento de agua potable, proveer el mantenimiento periódico para evitar el deterioro y lograr el debido funcionamiento para el que fue diseñado.
4. Aplicar la cloración del sistema propuesto para la potabilidad del agua, de lo contrario causaría daños a la salud de los consumidores.
5. Evitar la deforestación del área donde se ubican las fuentes de captación, para evitar disminución en el caudal.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 169 p.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S-11)*. Michigan, EE.UU.: ACI, 2011. 541 p.
3. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES NSE-2, 2010. 66 p.
4. Ingenieros Consultores de Centro América S.A. *Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes*. Guatemala, 2001. 807 p.
5. Instituto de Fomento Municipal Guatemala. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM, 1997. 63 p.
6. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.

7. ORTIZ ARGUETA, Francisco Rafael. *Diseño de la edificación de dos niveles para la estación de bomberos, carretera hacia la reserva de la biosfera Itzá, municipio de San José, departamento de Petén.* Trabajo de graduación de Ing. Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 108 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Resumen de envolventes de momentos módulo 1, eje Y

VIGA	CM	CV	CS	1.4CM+1.7CV	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ad	-711,84	-324,77	1678,93	-1548,69	1193,19	-3516,22	1760,21	-3041,53
dh	-1298,76	-525,55	1241,69	-2711,70	-292,31	-3775,24	606,73	-2944,50
gj	-1211,98	-500,93	1292,93	-2548,36	-97,93	-3724,60	758,11	-2939,67
jm	-1192,81	-493,56	1266,78	-2508,98	-105,08	-3658,40	737,96	-2885,03
mp	-1409,27	-573,14	1449,22	-2947,32	-177,95	-4243,02	804,05	-3340,73
be	-1319,27	-720,05	5767,33	-3071,05	5785,39	-10391,97	7059,94	-9434,62
eh	-2391,12	-1341,33	3744,00	-5627,83	1030,08	-9471,83	3201,91	-7505,92
hk	-2234,87	-1247,90	4080,13	-5250,25	1784,70	-9660,07	3823,20	-7845,98
kn	-2198,23	-1227,21	3916,31	-5163,78	1619,78	-9365,45	3621,91	-7578,72
nq	-2596,21	-1454,75	4665,35	-6107,76	1962,34	-11123,98	4334,87	-9008,04
da	-1409,39	-573,22	-1446,26	-2947,62	-4239,10	-182,33	-3336,61	799,70
gd	-1193,05	-493,69	-1269,77	-2509,54	-3663,02	-101,30	-2889,52	742,04
gj	-1212,39	-501,20	-1288,00	-2549,38	-3718,45	-105,61	-2932,99	750,69
mj	-1298,82	-525,56	-1250,49	-2711,80	-3787,66	-280,04	-2957,14	619,27
pm	-712,22	-325,03	-1664,25	-1549,66	-3496,35	1171,86	-3020,87	1738,87
ed	-2596,53	-1454,96	-4673,44	-6108,57	-11135,92	1973,07	-9019,89	4346,14
he	-2198,48	-1227,38	-3908,45	-5164,41	-9354,91	1608,29	-7567,71	3610,45
kh	-2235,22	-1248,12	-4087,36	-5251,11	-9670,86	1794,19	-7856,62	3833,24
nk	-2391,28	-1341,43	-3738,02	-5628,23	-9463,74	1021,40	-7497,51	3193,22
qn	-1319,85	-720,42	-5770,98	-3072,50	-10398,17	5789,42	-9440,36	7064,64

COLMUNA	CM	CV	CS					
ab	712,46	325,14	-1656,27	997,45	1446,43	1251,35	-476,17	2297,49
de	-111,18	-48,15	-2708,75	-155,65	-221,57	-192,68	-2890,31	2608,69
gh	20,26	8,01	-2559,82	28,37	39,16	34,36	-2527,49	2578,06
jk	-20,00	-8,00	-2561,60	-28,00	-38,80	-34,00	-2593,60	2543,60
mn	111,14	47,95	-2703,93	155,59	221,20	192,43	-2522,62	2803,96
pq	-711,99	-324,98	-1667,36	-996,79	-1445,56	-1250,57	-2846,73	1026,57
bc	453,44	262,45	-5248,05	634,81	1009,40	851,92	-4441,47	5656,14
ef	-70,26	-42,04	-6232,55	-98,36	-158,60	-133,38	-6358,91	6169,32
hi	12,47	7,80	-6084,55	17,45	28,68	24,00	-6061,79	6095,77
kl	-12,36	-7,79	-6078,04	-17,31	-28,53	-23,86	-6100,66	6066,91
no	70,28	41,99	-6238,50	98,39	158,55	133,36	-6112,17	6301,75
qr	-453,19	-262,35	-5243,43	-634,46	-1008,91	-851,49	-6049,61	4835,57
ba	-866,35	-457,83	542,60	-1212,89	-1858,78	-1584,08	-954,84	-1322,32
ed	134,63	71,38	2176,41	188,49	289,22	246,40	2409,35	-2055,24
hg	-24,16	-12,77	1935,44	-33,82	-51,84	-44,17	1893,68	-1957,18
kj	23,91	12,77	1929,01	33,47	51,51	43,85	1970,47	-1907,49
nm	-134,63	-71,21	2180,69	-188,49	-288,96	-246,23	1947,92	-2301,86
qp	865,83	457,64	542,96	1212,16	1857,81	1583,22	2039,60	236,29
cb	-226,72	-131,21	6277,23	-317,41	-504,67	-425,95	5873,96	-6481,28
fe	35,13	21,04	6769,48	49,18	79,33	66,70	6832,68	-6737,87
ih	-6,23	-3,88	6695,48	-8,73	-14,32	-11,99	6684,12	-6701,09
lk	6,18	3,91	6692,23	8,65	14,29	11,95	6703,55	-6686,66
on	-35,14	-20,98	6772,46	-49,19	-79,25	-66,66	6709,31	-6804,08

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Resumen de envolventes de momentos módulo 1, eje X

VIGA	CM	CV	CS	1.4CM	1.3CM+1.6CV	1.3CM+1CV	1.2CM+1CV+CS	0.9CM-CS
ad	-867,82	-383,50	1785,79	-1214,95	-1741,77	-1511,67	360,90	-2566,83
be	-1750,41	-909,34	6041,18	-2450,57	-3730,48	-3184,87	3031,35	-7616,55
da	-1624,60	-667,86	-1421,21	-2274,44	-3180,56	-2779,84	-4038,59	-40,93
eb	-3124,30	-1645,79	-4366,26	-4374,02	-6694,85	-5707,38	-9761,21	1554,39
dg	-982,44	-373,62	2139,19	-1375,41	-1874,96	-1650,79	586,65	-3023,38
eh	-2004,54	-1073,22	6185,43	-2806,35	-4323,05	-3679,12	2706,77	-7989,51
gd	-290,05	-138,05	-2504,05	-406,07	-597,95	-515,12	-2990,17	2243,01
he	-456,81	-229,95	-7851,46	-639,53	-961,77	-823,80	-8629,58	7440,33

COLMUNA	CM	CV	CS	1.4CM	1.3CM+1.6CV	1.3CM+1CV	1.2CM+1CV+CS	0.9CM-CS
ab	870,06	384,79	-1774,11	1218,08	1746,73	1515,86	-345,25	2557,16
de	-645,05	-295,83	-3579,44	-903,08	-1311,90	-1134,40	-4649,33	2998,89
gh	-289,83	-137,84	-2508,09	-405,76	-597,33	-514,62	-2993,73	2247,24
bc	621,32	335,36	-5706,54	869,84	1344,29	1143,07	-4625,60	6265,73
ef	-371,92	-201,41	-7383,57	-520,68	-805,75	-684,90	-8031,28	7048,84
hi	-144,83	-78,03	-6390,20	-202,77	-313,13	-266,31	-6642,02	6259,85
ba	-1127,21	-573,15	380,94	-1578,09	-2382,41	-2038,52	-1544,86	-1395,43
ed	747,73	371,03	3170,25	1046,82	1565,70	1343,08	4438,56	-2497,29
hg	314,65	153,23	1517,04	440,51	654,21	562,28	2047,85	-1233,85
cb	-258,37	-139,72	6994,17	-361,72	-559,44	-475,61	6544,40	-7226,71
fe	238,24	128,67	7832,68	333,54	515,58	438,38	8247,24	-7618,26
ih	124,70	66,97	7336,00	174,58	269,27	229,08	7552,61	-7223,77

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Resumen de envolventes de momentos módulo 2, eje Y

VIGA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ad	-727,68	-324,60	1423,25	-1570,58	818,18	-3174,04	1380,33	-2690,16
dg	-1298,34	-526,70	1079,26	-2713,07	-521,14	-3548,47	374,84	-2711,86
gj	-1180,91	-490,58	1099,58	-2487,26	-323,28	-3407,61	509,58	-2635,22
jm	-1407,40	-573,52	1242,54	-2945,34	-466,35	-3951,66	510,16	-3043,49
be	-1411,29	-719,35	5320,11	-3198,69	5062,44	-9860,48	6337,61	-8877,92
eh	-2590,20	-1347,21	3462,66	-5916,53	418,98	-9293,78	2620,42	-7282,78
hk	-2340,03	-1211,33	3648,82	-5335,30	1116,00	-9118,95	3111,79	-7323,85
kn	-2804,23	-1457,25	4296,69	-6403,24	1223,68	-10828,54	3620,46	-8668,07
da	-1407,76	-573,64	-1242,77	-2946,06	-3952,53	-466,56	-3044,15	510,18
gd	-1181,30	-490,71	-1096,24	-2488,02	-3403,49	-328,55	-2630,79	504,45
jj	-1298,44	-526,72	-1085,95	-2713,24	-3557,97	-511,88	-2721,51	384,32
mj	-728,61	-324,95	-1412,75	-1572,47	-3160,73	802,03	-2675,98	1364,49
eb	-2804,78	-1457,43	-4297,67	-6404,32	-10830,73	1224,25	-8669,98	3621,37
he	-2340,30	-1211,38	-3650,08	-5335,77	-9121,07	1117,42	-7325,89	3113,35
kh	-2590,68	-1347,37	-3460,14	-5917,49	-9290,96	414,73	-7279,61	2616,38
nk	-1411,69	-719,43	-5321,93	-3199,40	-9863,55	5064,46	-8880,88	6339,84

Continuación del apéndice 3.

COLMUNA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ab	728,45	324,90	-1402,67	1572,16	-788,13	3146,36	-1350,21	2661,43
de	-109,23	-46,85	-2336,47	-232,58	-3451,33	3102,46	-3439,46	3242,84
gh	-0,01	0,00	-2187,04	-0,02	-3067,34	3067,31	-3127,48	3127,45
jk	108,95	46,78	-2332,80	232,05	-3097,72	3445,79	-3237,85	3433,96
mn	-728,08	-324,73	-1410,98	-1571,36	-3157,42	800,38	-2672,97	1362,43
bc	492,98	262,15	-4990,29	1135,84	-6147,01	7850,76	-6692,43	7579,80
ef	-75,02	-40,75	-5910,49	-174,30	-8420,19	8158,73	-8519,52	8384,48
hi	-0,04	-0,02	-5741,81	-0,08	-8052,94	8052,82	-8210,82	8210,75
kl	75,15	40,81	-5911,62	174,58	-8160,11	8421,99	-8385,99	8521,25
no	-492,99	-262,18	-4988,91	-1135,89	-7848,86	6145,03	-7577,83	6690,44
ba	-918,79	-457,36	336,44	-2063,82	-1076,01	-2019,71	-345,81	-1308,02
ed	139,05	69,28	1838,55	312,45	2812,91	-2344,23	2754,28	-2503,98
hg	0,09	0,03	1574,07	0,18	2207,77	-2207,50	2251,00	-2250,85
kj	-138,97	-69,29	1838,00	-312,36	2343,53	-2812,06	2503,26	-2753,42
nm	918,70	457,33	339,03	2063,63	2023,22	1072,23	1311,64	342,01
cb	-246,47	-131,07	5941,68	-567,88	7907,29	-8759,11	8274,77	-8718,42
fe	37,53	20,38	6401,77	87,19	9043,88	-8913,10	9188,32	-9120,76
ih	0,04	0,01	6317,43	0,08	8860,26	-8860,14	9033,97	-9033,89
lk	-37,55	-20,40	6402,34	-87,25	8913,84	-9044,72	9121,55	-9189,14
on	246,52	131,09	5940,98	567,98	8758,22	-7906,24	8717,47	-8273,74

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Resumen de envolventes de momentos módulo 2, eje X

VIGA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ad	-1147,21	-510,86	1987,69	-2474,56	931,81	-4643,65	1809,90	-3874,88
dg	-928,53	-375,87	2042,67	-1938,92	1410,65	-4319,03	2085,34	-3756,69
gj	-1780,24	-744,63	1581,68	-3758,20	-600,34	-5036,96	659,59	-3864,02
be	-2248,91	-1124,80	6655,19	-5060,62	5538,44	-13129,37	7492,90	-11540,94
eh	-2103,59	-1075,91	5387,73	-4774,08	3975,73	-11136,84	5811,22	-9597,68
hk	-3039,91	-1532,84	6348,39	-6861,71	3757,34	-14049,90	6342,28	-11814,12
da	-1516,91	-634,46	-1585,76	-3202,26	-4625,72	-177,67	-3632,85	902,41
gd	-986,96	-389,11	-2097,40	-2043,23	-4474,02	1409,18	-3887,54	2111,01
jg	-1306,26	-581,95	-1962,70	-2818,08	-4866,26	639,13	-3982,30	1631,03
eb	-3244,43	-1644,78	-5216,11	-7338,33	-12819,34	1811,85	-10379,03	4539,06
he	-1490,84	-759,23	-4432,88	-3377,87	-8750,52	3683,71	-7680,77	4997,26
kh	-2757,00	-1383,90	-6856,32	-6212,43	-14275,31	4956,67	-12285,83	7323,24

Continuación del apéndice 4.

COLMUNA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ab	1151,01	513,00	-1970,85	2483,51	-901,49	4626,76	-1782,41	3854,23
de	-593,24	-261,17	-3655,16	-1274,52	-6082,25	4170,47	-5760,79	4692,96
gh	798,08	358,13	-3681,05	1726,12	-3868,09	6457,27	-4545,64	5982,18
jk	-1307,62	-582,62	-1973,19	-2821,12	-4883,23	651,56	-3998,51	1644,81
bc	791,44	411,15	-6156,85	1806,98	-7279,75	9990,22	-8092,00	9516,60
ef	-393,90	-204,01	-7597,73	-898,28	-11329,52	9982,10	-11219,26	10510,23
hi	544,41	281,90	-7697,52	1241,41	-9864,71	11726,83	-10517,48	11497,42
kl	-985,47	-511,44	-6234,80	-2249,11	-10431,14	7057,47	-9802,69	8028,84
ba	-1460,03	-715,09	542,91	-3259,71	-1683,35	-3206,21	-537,67	-2090,39
ed	745,61	364,05	3006,05	1662,73	5463,03	-2968,93	4969,69	-3627,60
hg	-1005,66	-492,25	3131,26	-2244,74	2708,04	-6075,15	3572,61	-5382,79
kj	1768,31	870,63	631,77	3955,71	3852,84	2080,73	2494,91	688,05
cb	-412,04	-213,98	7507,58	-940,62	9823,92	-11234,85	10365,00	-11106,68
fe	180,63	93,61	8228,02	412,01	11848,81	-11230,79	11928,63	-11603,50
ih	-288,53	-149,35	8277,91	-657,83	11116,40	-12103,15	11577,74	-12097,09
lk	476,42	247,32	7546,56	1087,43	11399,62	-9768,47	11220,35	-10362,80

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Resumen de envolventes de momentos módulo 3, eje Y

VIGA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ad	-441,58	-193,84	1474,86	-947,74	1357,68	-2779,29	1711,62	-2506,46
dg	-854,70	-337,58	1065,06	-1770,47	165,89	-2821,60	753,81	-2292,26
gj	-786,49	-317,06	1114,61	-1640,10	333,17	-2793,31	886,05	-2301,74
jm	-801,52	-320,78	1108,43	-1667,46	303,98	-2805,17	863,68	-2306,43
mp	-775,11	-312,49	1091,14	-1616,39	318,02	-2742,61	862,73	-2257,92
ps	-926,83	-368,04	1258,43	-1923,23	322,52	-3207,37	965,40	-2633,70
be	-845,47	-427,14	5357,09	-1909,80	6080,97	-8945,67	6899,72	-8421,56
eh	-1667,23	-862,03	3343,79	-3799,57	1839,98	-7539,34	3281,11	-6282,12
hk	-1529,67	-787,59	3678,39	-3480,45	2548,60	-7769,27	3883,39	-6636,80
kn	-1560,44	-804,64	3649,57	-3552,49	2454,15	-7782,89	3814,49	-6623,28
nq	-1507,20	-776,02	3529,25	-3429,31	2377,79	-7521,76	3690,35	-6403,31
qt	-1806,92	-933,22	4253,51	-4116,17	2878,43	-9052,67	4456,29	-7708,75
da	-926,79	-368,05	-1256,70	-1923,19	-3204,92	320,13	-2631,20	962,98
gd	-775,16	-312,50	-1091,56	-1616,47	-2743,27	318,57	-2258,58	863,29
ig	-801,71	-320,90	-1111,15	-1667,93	-2809,34	307,44	-2310,49	867,41
mj	-786,75	-317,18	-1109,16	-1640,65	-2786,09	325,12	-2294,18	878,03
pm	-854,48	-337,48	-1072,37	-1769,99	-2831,49	176,51	-2302,52	764,47
sp	-441,99	-194,07	-1463,24	-948,70	-2763,72	1340,67	-2490,23	1694,64
eb	-1807,25	-933,39	-4258,79	-4116,92	-9060,65	2885,26	-7716,60	4463,55
he	-1507,16	-776,01	-3527,08	-3429,24	-7518,66	2374,80	-6400,17	3687,28
kh	-1560,69	-804,77	-3646,39	-3553,07	-7778,87	2449,27	-6618,96	3809,72
nk	-1529,66	-787,60	-3684,74	-3480,44	-7778,18	2557,52	-6645,87	3892,48
qn	-1667,43	-862,13	-3338,59	-3800,02	-7532,39	1832,36	-6274,87	3273,50
tq	-845,69	-427,28	-5359,09	-1910,33	-8948,87	6083,37	-8424,62	6902,38

Continuación del apéndice 5.

COUMNA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ab	442,20	194,17	-1455,48	949,18	-1329,43	2753,19	-1683,36	2479,31
de	-72,77	-30,78	-2335,96	-154,20	-3391,83	3160,53	-3405,91	3274,93
gh	11,63	4,67	-2200,38	24,22	-3067,86	3104,20	-3136,07	3157,00
jk	0,02	0,02	-2222,70	0,06	-3117,29	3117,38	-3178,44	3178,48
mn	-11,66	-4,72	-2201,68	-24,35	-3106,11	3069,60	-3158,90	3137,91
pq	72,56	30,68	-2332,60	153,75	-3156,16	3386,78	-3270,31	3400,92
st	-441,95	-194,05	-1463,25	-948,62	-2763,67	1340,74	-2490,20	1694,69
bc	293,90	155,37	-4820,72	675,58	-6254,37	7267,75	-6629,12	7158,14
ef	-48,67	-26,29	-5660,92	-112,84	-8024,07	7854,81	-8138,92	8051,31
hi	7,83	4,34	-5520,70	18,34	-7729,03	7756,53	-7887,55	7901,64
kl	0,05	0,02	-5545,17	0,11	-7777,02	7777,19	-7929,55	7929,64
no	-7,93	-4,39	-5518,27	-18,56	-7753,29	7725,45	-7898,26	7883,99
qr	48,76	26,33	-5664,12	113,02	-7859,17	8028,69	-8055,81	8143,57
tu	-293,90	-155,36	-4818,35	-675,57	-7264,42	6251,06	-7154,76	6625,74
ba	-551,73	-271,87	544,67	-1234,60	-162,05	-1689,85	282,33	-1275,44
ed	-91,15	-44,97	-1930,14	-204,07	-2860,07	2553,97	-2842,13	2678,06
hg	14,61	7,21	-1704,60	32,72	-2366,16	2415,24	-2424,42	2450,72
kj	0,06	0,03	-1743,29	0,14	-2444,87	2445,07	-2492,86	2492,96
nm	-14,76	-7,30	-1702,51	-33,07	-2412,58	2362,97	-2447,88	2421,31
qp	91,12	44,96	-1932,06	203,99	-2556,72	2862,71	-2680,84	2844,85
ts	-551,62	-271,81	-545,90	-1234,35	-1691,38	-160,14	-1277,09	284,17
cb	146,94	77,68	-5643,78	337,77	-7662,07	8168,73	-7938,36	8202,86
fe	-24,34	-13,15	-6063,88	-56,44	-8546,92	8462,27	-8693,26	8649,44
ih	3,91	2,16	-5993,77	9,15	-8399,40	8413,13	-8567,58	8574,61
lk	0,02	0,01	-6006,01	0,04	-8423,40	8423,46	-8588,58	8588,61
on	-3,97	-2,20	-5992,56	-9,30	-8411,53	8397,59	-8572,93	8565,78
rq	24,37	13,16	-6065,48	56,49	-8464,47	8549,21	-8651,71	8695,57
ut	-146,96	-77,69	-5642,60	-337,80	-8167,10	7660,39	-8201,18	7936,66

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Resumen de envolventes de momentos módulo 3, eje X**

VIGA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ad	-811,66	-358,70	1628,11	-1746,11	973,84	-3593,01	1597,71	-3058,69
be	-1604,23	-849,65	5540,40	-3690,32	5002,67	-10538,15	6478,96	-9366,58
da	-1539,71	-627,65	-1297,02	-3222,61	-4236,02	-597,89	-3240,48	468,99
eb	-2875,45	-1547,39	-4003,92	-6656,19	-10607,64	623,36	-8313,51	3137,70
dg	947,85	355,43	-1935,24	1931,22	-1265,76	4162,59	-1914,33	3620,46
eh	1857,19	1017,64	-5625,22	4330,05	-4641,84	11136,91	-6372,60	9715,54
gd	-274,62	-131,57	-2266,68	-608,15	-3635,13	2722,91	-3488,51	2994,19
he	-432,32	-221,21	-7153,56	-981,30	-10768,84	9296,89	-10618,68	9840,51

Continuación del apéndice 6.

COLMUNA	CM	CV	CS	1.4CM+1.	0.75(1.4CM+1.7CV+1.87CS)	0.9CM+1.43CS	0.9CM-1.43CS	
ab	813,69	359,90	-1617,33	1751,00	-955,06	3581,56	-1580,47	3045,11
de	-594,49	-273,70	-3249,84	-1297,59	-5531,10	3584,71	-5182,32	4112,23
gh	-274,42	-131,37	-2269,96	-607,53	-3639,26	2727,97	-3493,02	2999,06
bc	566,33	313,28	-5231,23	1325,43	-6342,73	8330,88	-6970,97	7990,36
ef	-335,58	-186,35	-6752,35	-786,61	-10060,13	8880,21	-9957,88	9353,83
hi	-136,37	-75,27	-5841,08	-318,86	-8431,26	7952,96	-8475,47	8230,01
ba	-1036,19	-535,61	350,71	-2361,19	-1279,02	-2262,76	-431,05	-1434,08
ed	682,56	343,28	2878,22	1539,16	5191,07	-2882,33	4730,15	-3501,55
hg	298,40	147,15	1363,09	667,91	2412,67	-1410,81	2217,79	-1680,66
cb	-235,97	-130,81	6398,92	-552,74	8559,93	-9389,04	8938,08	-9362,83
fe	214,98	119,01	7159,48	503,29	10418,63	-9663,70	10431,53	-10044,57
ih	115,37	63,46	6703,84	269,41	9604,19	-9200,08	9690,33	-9482,66

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Resumen de corte módulo 1**

MÓDULO 1, EJE Y

Y			
VIGA	Vv=	COLUMNA	V=
ad	3978,94	ab	1385,42
dh	3763,75	de	1766,55
gj	3788,10	gh	1511,75
jm	3765,78	jk	1521,36
mp	3974,83	mn	1701,94
be	9606,09	pq	1568,18
eh	8628,44	bc	2697,21
hk	8809,03	ef	2868,26
kn	8629,09	hi	2843,75
nq	9604,54	kl	2834,13
		no	2912,41
		qr	2423,68

MÓDULO 1, EJE X

X			
VIGA	Vv=	COLUMNA	V=
ad	4200,88	ab	1317,53
be	10090,00	de	3029,30
dg	4357,16	gh	1680,53
eh	11484,29	bc	2998,32
		ef	3617,45
		hi	3154,36

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Resumen de corte módulo 2**

MÓDULO 2, EJE Y

Y			
VIGA	Vv=	COLUMNA	V=
ad	3817,94	ab	1328,16
dh	3645,95	de	1529,70
gj	3649,47	gh	1253,68
jm	3814,17	jk	1464,64
be	9592,77	mn	1511,81
eh	8714,43	bc	2577,22
hk	8713,11	ef	2779,66
kn	9593,06	hi	2679,86
		kl	2758,98
		no	2713,46

MÓDULO 2, EJE X

X			
VIGA	Vv=	COLUMNA	V=
ad	4578,65	ab	1873,30
dh	4247,04	de	2321,07
gj	4731,69	gh	2164,76
be	11376,71	jk	2605,59
eh	9744,35	bc	2816,53
hk	12048,86	ef	3736,18
		hi	3716,68
		kl	3620,97

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Resumen de corte módulo 3**

MÓDULO 3, EJE X

X			
VIGA	Vv=	COLUMNA	V=
ad	3977,53	ab	1517,89
be	6087,40	de	2759,17
dg	4057,85	gh	1532,99
eh	8597,12	bc	2744,94
		ef	3306,19
		hi	2885,72

Continuación del apéndice 9.

MÓDULO 3, EJE Y

Y			
VIGA	Vv=	COLUMNA	V=
ad	3321,96	ab	1001,90
dg	3084,80	de	1512,85
gj	3113,32	gh	1309,53
jm	3109,95	jk	1322,02
mp	3087,64	mn	1315,97
ps	3317,88	pq	1470,66
be	8636,85	st	1222,43
eh	7504,53	bc	2413,61
hk	7691,77	ef	2633,75
kn	7695,70	hi	2561,12
nq	7503,28	kl	2566,93
qt	8635,50	no	2562,60
		qr	2621,20
		tu	2494,01

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. Resumen de red de distribución

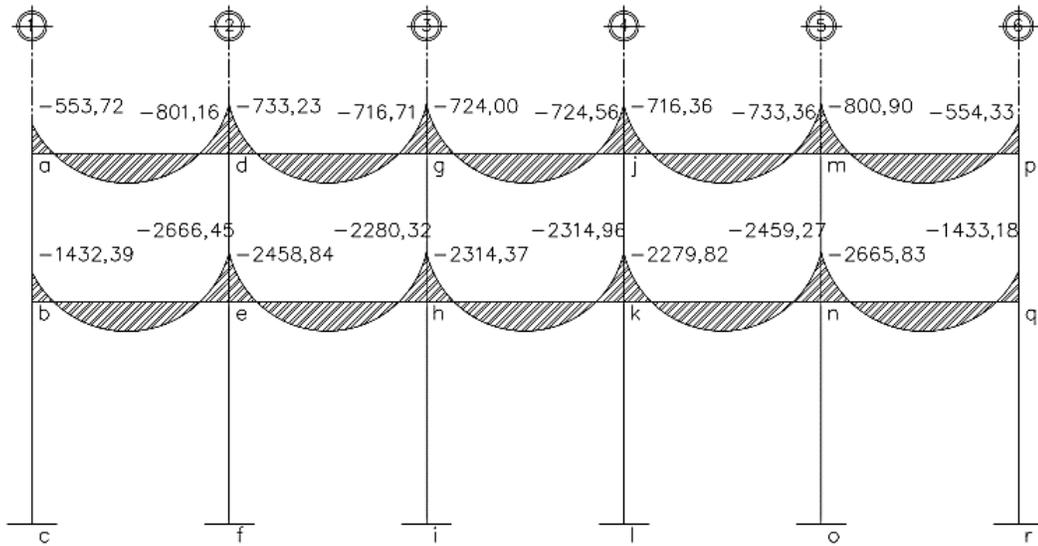
RED DE DISTRIBUCIÓN												
Est.	Po	cota 1 (m)	cota 2 (m)	Hf disponible	Distancia (m)	Caudal (l/s)	Diametro teorico	Velocidad m/s	Perdida (m)	Diametro comercial	Cot. Piez. Inicial	Cot. Piez. Final
Tanque	87	420	395	25,00	356,00	1,84	1,50	0,91	2,23	2	420,00	417,77
	87	88	395	392	25,77	81,00	0,19	0,72	0,66	3/4	417,77	416,76
	87	89	395	393	24,77	48,00	0,11	0,58	0,89	1/2	417,77	416,90
	87	90	395	394	23,77	56,00	0,86	1,49	0,76	1/2	417,77	416,49
	90	91	394	390	26,49	57,00	0,19	0,63	0,66	3/4	416,49	415,55
	90	92	394	392	24,49	56,00	0,15	0,67	0,53	3/4	416,49	415,63
	90	93	394	390	26,49	42,00	0,41	0,80	1,19	3/4	416,49	415,30
	93	94	390	388	27,30	37,00	0,08	0,47	0,59	1/2	415,30	414,60
	93	95	390	386	29,30	62,00	0,23	0,69	0,79	3/4	415,30	414,28

Fuente: elaboración propia.

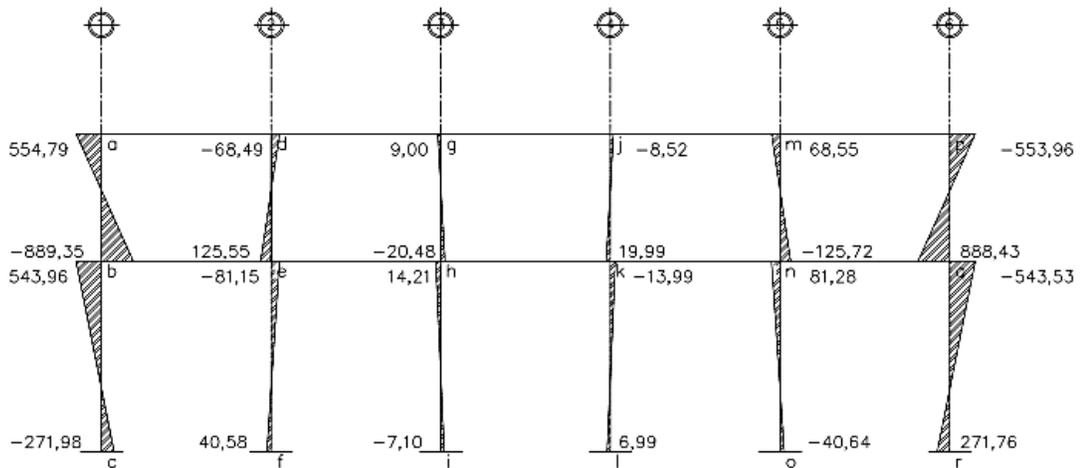
Apéndice 11. Diagramas de momentos

MÓDULO 1, EJE Y

CARGA MUERTA EN VIGAS:



CARGA MUERTA EN COLUMNAS:

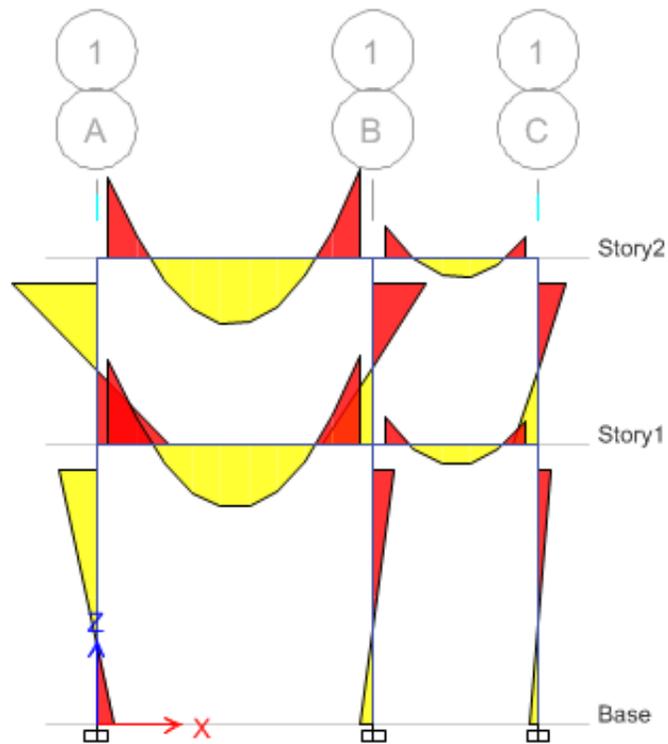


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

Apéndice 12. **Diagramas de momentos E-TABS**

MÓDULO 1, EJE X

CARGA MUERTA:

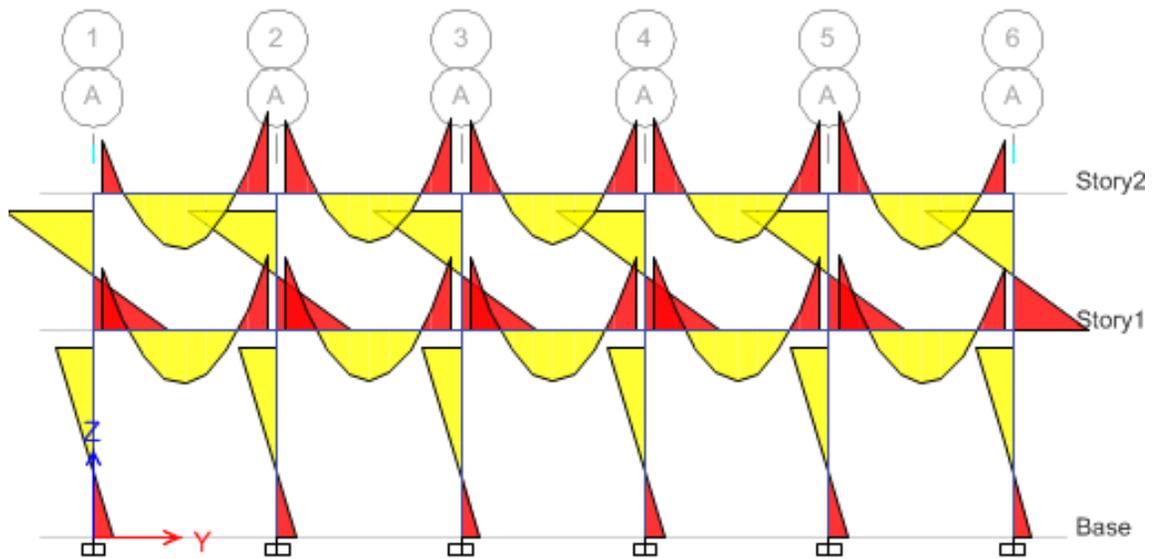


Fuente: elaboración propia, empleando E-TABS 2016.

Continuación del apéndice 12.

MÓDULO 1, EJE Y

CARGA MUERTA:



Fuente: elaboración propia, empleando E-TABS 2016.

Apéndice 13. Resumen de armado de vigas módulo 1

Sentido Y

AD	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2319,59	2,6072	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,35		3978,94
M(+)	1488,597	1,6591	1,40	0,83	2 # 5	3,96	-2,30		36,2320278
M(-)	-3710,76	4,2324		2,12	2 # 5	3,96	0,27		
DG	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2410,57	2,712	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,25		3763,75
M(+)	1150,72	1,2782	1,20	0,64	2 # 5	3,96	-2,68		38,3035803
M(-)	-3195,12	3,6243		1,81	2 # 5	3,96	-0,34		
GJ	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2383,71	2,6811	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,28		3788,10
M(+)	1208,25	1,3429	1,21	0,67	2 # 5	3,96	-2,62		38,0572827
M(-)	-3244,06	3,6817		1,84	2 # 5	3,96	-0,28		
JM	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2340,31	2,6311	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,33		3765,78
M(+)	1150,94	1,2784	1,25	0,64	2 # 5	3,96	-2,68		38,2828607
M(-)	-3334,63	3,7882		1,89	2 # 5	3,96	-0,17		
MP	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2717,57	3,0672	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-0,89		3974,83
M(+)	1488,28	1,6588	1,06	0,83	2 # 5	3,96	-2,30		36,2695062
M(-)	-2843,94	3,214		1,61	2 # 5	3,96	-0,75		

Sentido X

AD	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	2556,00	2,88	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,08		4200,88
M(+)	1326,00	1,4755	1,53	0,74	2 # 5	3,96	-2,48		34,317811
M(-)	4039,00	4,6233		2,31	2 # 5	3,96	0,66	2 # 3	
DG	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-3023,38	3,4233	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-0,54		4357,16
M(+)	1081,53	1,2005	1,12	0,60	2 # 5	3,96	-2,76		33,086932
M(-)	-2990,17	3,3845		1,69	2 # 5	3,96	-0,58		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. Resumen de armado de vigas módulo 2

Sentido Y

AD	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2078,17	2,3301	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,63		3817,94
M(+)	1479,15	1,6484	1,32	0,82	2 # 5	3,96	-2,31		37,759887
M(-)	-3505,73	3,9898		1,99	2 # 5	3,96	0,03		
DG	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2247,77	2,5246	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,44		3645,95
M(+)	1160,09	1,2887	1,12	0,64	2 # 5	3,96	-2,67		39,5411186
M(-)	-3004,51	3,4012		1,70	2 # 5	3,96	-0,56		
GJ	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2162,40	2,4266	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,53		3649,47
M(+)	1160,37	1,2891	1,19	0,64	2 # 5	3,96	-2,67		39,5030145
M(-)	-3170,80	3,5958		1,80	2 # 5	3,96	-0,36		
JM	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2509,20	2,8259	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,13		3814,17
M(+)	1478,61	1,6478	0,97	0,82	2 # 5	3,96	-2,31		37,7971545
M(-)	-2612,03	2,9448		1,47	2 # 5	3,96	-1,02		

Sentido X

AD	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-3020,18	3,4195	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-0,54		4578,65
M(+)	2129,10	2,3884	1,53	1,19	2 # 5	3,96	-1,57		31,4863536
M(-)	-4040,52	4,6251		2,31	2 # 5	3,96	0,67	1 # 3	
DG	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2878,34	3,2541	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-0,71		4247,04
M(+)	-162,98	0,1793	1,38	0,09	2 # 5	3,96	-3,78		33,9448123
M(-)	-3670,86	4,1851		2,09	2 # 5	3,96	0,23	1 # 3	
GJ	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-3183,90	3,6111	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-0,35		4731,69
M(+)	2375,36	2,6714	1,55	1,34	2 # 5	3,96	-1,29		30,4679922
M(-)	-4112,17	4,7108		2,36	2 # 5	3,96	0,75	1 # 3	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. Resumen de armado de vigas módulo 3

Sentido Y

AD	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-1872,28	2,09483	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,87		3321,96
M(+)	981,49	1,0884	1,02	0,54	2 # 5	3,96	-2,87		48,2195276
M(-)	-2736,90	3,08962		1,54	2 # 5	3,96	-0,87		
DG	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-1834,29	2,05154	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,91		3084,80
M(+)	740,98	0,81975	0,87	0,41	2 # 5	3,96	-3,14		46,7340211
M(-)	-2334,25	2,62409		1,31	2 # 5	3,96	-1,34		
GJ	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-1822,45	2,03806	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,92		3113,32
M(+)	777,74	0,86073	0,89	0,43	2 # 5	3,96	-3,10		46,305896
M(-)	-2394,11	2,69305		1,35	2 # 5	3,96	-1,27		
JM	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-1829,80	2,04642	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,91		3109,95
M(+)	777,71	0,86069	0,88	0,43	2 # 5	3,96	-3,10		46,3560743
M(-)	-2370,44	2,66577		1,33	2 # 5	3,96	-1,29		
MP	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-1788,73	1,99966	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,96		3087,64
M(+)	741,24	0,82003	0,90	0,41	2 # 5	3,96	-3,14		46,6910156
M(-)	-2435,23	2,74046		1,37	2 # 5	3,96	-1,22		
PS	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2092,58	2,34658	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,61		3317,88
M(+)	981,03	1,08788	0,81	0,54	2 # 5	3,96	-2,87		43,4509426
M(-)	-2187,70	2,45564		1,23	2 # 5	3,96	-1,50		

Sentido X

AD	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-2358,60	2,65214	4,52	4,52	2 # 5	3,96	-1,31		3977,53
M(+)	1848,38	2,06759	1,42	1,03	2 # 5	3,96	-1,89		36,2448316
M(-)	-3772,33	4,30553		2,15	2 # 5	3,96	0,35		
DG	M	As	Superior	Inferior	V corrida	A corrida	A baston	V baston	Corte
M(-)	-6984,21	8,26929	4,52	4,52	2 # 5	3,96	4,31	2 # 5	4057,85
M(+)	3908,57	4,46762	3,61	2,23	2 # 5	3,96	0,51		35,527384
M(-)	-9001,85	10,9327		5,47	2 # 5	3,96	6,97	2 # 7	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Planos del diseño de una edificación de dos niveles para el mercado municipal y un sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Senegal, Río Hondo, Zacapa**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2015.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis fisicoquímico sanitario

LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL			RESULTADO DE ANÁLISIS QUÍMICO SANITARIO		Pag. 1 de 1	RT.06.02	
					OCTUBRE 2016 Versión 04		
1	Datos del Cliente		Identificación de la muestra				
Atención a: Municipalidad de Río Hondo No. de orden de servicio: 26,151 Empresa: AGUATESA, S.A. Dirección del Cliente: Municipalidad de Río Hondo Lugar de Captación: Río Panaluya, Río Hondo, Zacapa Fecha de Captación: 03 de octubre del 2016 Hora de Captación: 10:00 horas Fecha de Ingreso: 03 de octubre del 2016		Hora de Ingreso: 14:00 horas Fecha de Inicio de análisis: 03 de octubre del 2016 Fecha de Reporte: 17 de octubre del 2016 Tipo de Muestra: Agua Tipo de envase: Plástico No. de Muestras: 1 Muestra captada por: Cliente Análisis Solicitado: Físico químico, microbiología Transcripción: Dayana González					
No. De Laboratorio: 4,310		Identificación: NACIMIENTO DE AGUA					
2	Análisis Físico Químicos		Resultados de los análisis		Límite (COGUANOR NTG 29001)		
	Parámetro	Dimensionales	Método de análisis	Laboratorio	Campo	Aceptable	Permisible
	pH*	Unidades de PH	SMEWW ¹ -4500H+B	7.61	-	7.0-7.5	6.5-8.5
	Conductividad*	µSiemens/cm	SMEWW ¹ -2510B	739	-	750	<1500
	Salinidad ⁴	0/00	SMEWW ¹ -2520B	0.1	-	-	-
	Temperatura	°C	SMEWW ¹ -2550B	22.9	-	15-25	34
	Apariencia	-	SMEWW ¹ -2110	Turbia	-	-	-
	Color	Unidades de color	SQM ³ -Color	2.0	-	5.0	35.0
	Turbiedad	UNT	SQM ³ -Turbidez	10	-	5.0	15.0
	Cloro residual	mg/L (ppm)	DPD	-	-	0.5	1
	Cloro total	mg/L	OTO ²	ND	-	-	-
	Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	SMEWW ¹ -1030E	320	-	500.0	1000.0
	Hierro total	mg/L	SQM ³ -14761	0.90	-	0.3	-
	Manganeso	mg/L	SQM ³ -14770	<0.010	-	0.1	0.4
	Nitritos	mg/L	SQM ³ -14776	0.113	-	-	3.0
	Sulfatos	mg/L	SQM ³ -14791	119	-	100	250
	Nitratos	mg/L	SQM ³ -14773	2.3	-	-	50.0
	Silice ⁴	mg SiO2/L	SQM ³ -14794	158.81	-	-	-
	Fluoruros ⁴	mg/L	SMQ ³ -14598	<0.10	-	-	1.7
	Dureza total	mg CaCO3/L	SMEWW ¹ -2340C	477.12	-	100	500
	Calcio	mg/L	SMEWW ¹ -3500CaB	30.27	-	75	150
	Magnesio	mg/L	SMEWW ¹ -3500MgB	109.03	-	50	100
	Cloruros	mg/L	SMEWW ¹ -4500-Cl B	26.52	-	100.0	250.0
	Alcalinidad de carbonatos pH 8.3 ⁴	mg CaCO3/L	SMEWW ¹ -2320B	18.0	-	-	-
	Alcalinidad de bicarbonatos pH 4.0 ⁴	mg CaCO3/L	SMEWW ¹ -2320B	338.0	-	-	-
3	Microbiología						
	Coliformes Totales	NMP/100 mL	SMEWW ¹ -9221B	9	-	-	ND
	Coliformes Fecales ⁴	NMP/100 mL	SMEWW ¹ -9221E	ND	-	-	ND
	Escherichia coli	NMP/100 mL	SMEWW ¹ -9223B	ND	-	-	ND

LMA: Límite máximo aceptable LMP: permisible NMP: Número más Probable UFC: Unidades formadoras de colonia gr: gramo L: litro mL: mililitro ND: No detectable
PPM: Partes por millón mg: miligramo o/oo: Partes por mil COGUANOR NTG 29001

1. Stándar Methods For the Examination of Water and Wastewater 21th ed. 2. OTO: o-tolidina. 3. Spectroquant Merck 4. Parametros Adicionales a la Norma COGUANOR NTG 29001

*Metodo en proceso acreditación norma ISO 17025.

Metodo de muestreo: SMEWW1-1060/9060 A Resultados NO REPRODUCIBLES sin previa autorización del laboratorio y válidos para la muestra tal y como fue recibida.

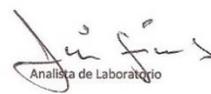
Los registros se almacenan 4 años.



Gerente Técnico de Laboratorio
EDGAR ALEJANDRO ARANA VALENZUELA
INGENIERO QUÍMICO
COLEGIADO No. 1919



LABORATORIO BIOLÓGICO INDUSTRIAL



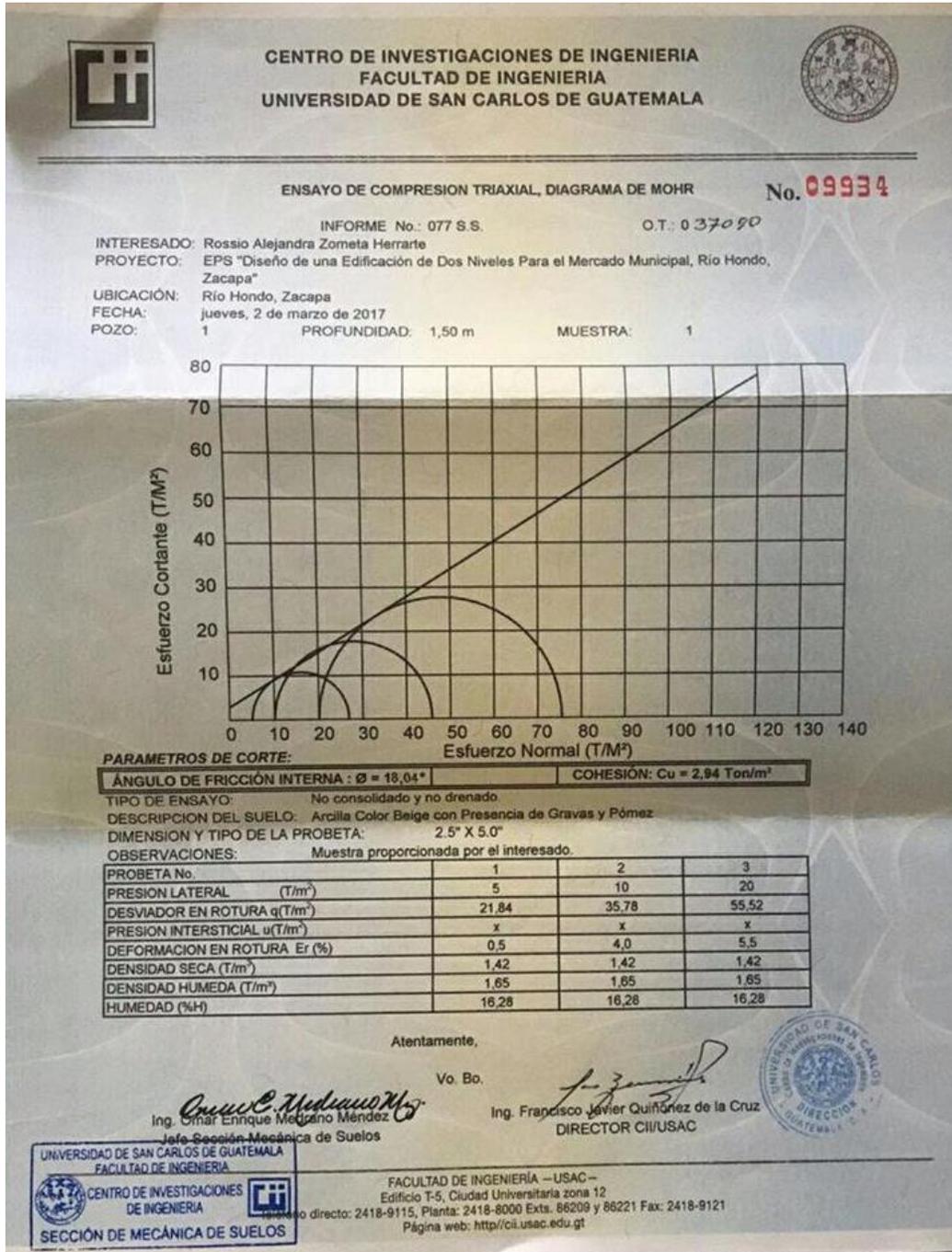
Analista de Laboratorio



BOMBAS PARA AGUA, VENTA, INSTALACION, SERVICIO A EQUIPOS, SUBMERSIBLES,
CENTRIFUGAS, EQUIPOS CONTRA INCENDIOS,
PERFORACION DE POZOS MECANICOS, EXTRACCION E INSTALACION, MANTENIMIENTO A
POZOS MECANICOS, TURBINA MECANICA, PISCINAS, EQUIPOS SOLARES, AEROMOTORES
PLANTAS ELÉCTRICAS DIESEL
AGUATESA TU SOLUCION EN PROYECTOS PARA AGUA, TEL: 502 681 8817, 302 6671845
302 5706645
Email: yml@aguatesa.com yml@aguatesa.com aguatesa@aguatesa.com
www.aguatesa.com

Fuente: Laboratorio Biológico Industrial.

Anexo 2. Ensayo de compresión triaxial



Fuente: Universidad San Carlos De Guatemala, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Anexo 3. **Coefficientes para momentos positivos debido a carga viva**

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00	$C_{a,II}$ 0.036	$C_{a,II}$ 0.027	$C_{a,II}$ 0.027	$C_{a,II}$ 0.032	$C_{a,II}$ 0.032	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.032	$C_{a,II}$ 0.028	$C_{a,II}$ 0.030
	$C_{b,II}$ 0.036	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.035	$C_{b,II}$ 0.030	$C_{b,II}$ 0.028
0.95	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.030	$C_{a,II}$ 0.031	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.034	$C_{a,II}$ 0.038	$C_{a,II}$ 0.036	$C_{a,II}$ 0.031	$C_{a,II}$ 0.032
	$C_{b,II}$ 0.033	$C_{b,II}$ 0.025	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.024	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.032	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.025
0.90	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.034	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.039	$C_{a,II}$ 0.037	$C_{a,II}$ 0.042	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.035	$C_{a,II}$ 0.036
	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.027	$C_{b,II}$ 0.026	$C_{b,II}$ 0.021	$C_{b,II}$ 0.025	$C_{b,II}$ 0.029	$C_{b,II}$ 0.024	$C_{b,II}$ 0.022
0.85	$C_{a,II}$ 0.050	$C_{a,II}$ 0.037	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.043	$C_{a,II}$ 0.041	$C_{a,II}$ 0.046	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.040	$C_{a,II}$ 0.039
	$C_{b,II}$ 0.026	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.024	$C_{b,II}$ 0.023	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.026	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.020
0.80	$C_{a,II}$ 0.056	$C_{a,II}$ 0.041	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.048	$C_{a,II}$ 0.044	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.044	$C_{a,II}$ 0.042
	$C_{b,II}$ 0.023	$C_{b,II}$ 0.017	$C_{b,II}$ 0.022	$C_{b,II}$ 0.020	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.023	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.017
0.75	$C_{a,II}$ 0.061	$C_{a,II}$ 0.045	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.052	$C_{a,II}$ 0.047	$C_{a,II}$ 0.055	$C_{a,II}$ 0.056	$C_{a,II}$ 0.049	$C_{a,II}$ 0.046
	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.019	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.013	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.020	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.013
0.70	$C_{a,II}$ 0.068	$C_{a,II}$ 0.049	$C_{a,II}$ 0.057	$C_{a,II}$ 0.057	$C_{a,II}$ 0.051	$C_{a,II}$ 0.060	$C_{a,II}$ 0.063	$C_{a,II}$ 0.054	$C_{a,II}$ 0.050
	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.012	$C_{b,II}$ 0.016	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.013	$C_{b,II}$ 0.017	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011
0.65	$C_{a,II}$ 0.074	$C_{a,II}$ 0.053	$C_{a,II}$ 0.064	$C_{a,II}$ 0.062	$C_{a,II}$ 0.055	$C_{a,II}$ 0.064	$C_{a,II}$ 0.070	$C_{a,II}$ 0.059	$C_{a,II}$ 0.054
	$C_{b,II}$ 0.013	$C_{b,II}$ 0.010	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.010	$C_{b,II}$ 0.014	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009
0.60	$C_{a,II}$ 0.081	$C_{a,II}$ 0.058	$C_{a,II}$ 0.071	$C_{a,II}$ 0.067	$C_{a,II}$ 0.059	$C_{a,II}$ 0.068	$C_{a,II}$ 0.077	$C_{a,II}$ 0.065	$C_{a,II}$ 0.059
	$C_{b,II}$ 0.010	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.008	$C_{b,II}$ 0.011	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007
0.55	$C_{a,II}$ 0.088	$C_{a,II}$ 0.062	$C_{a,II}$ 0.080	$C_{a,II}$ 0.072	$C_{a,II}$ 0.063	$C_{a,II}$ 0.073	$C_{a,II}$ 0.085	$C_{a,II}$ 0.070	$C_{a,II}$ 0.063
	$C_{b,II}$ 0.008	$C_{b,II}$ 0.006	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.006	$C_{b,II}$ 0.009	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.006
0.50	$C_{a,II}$ 0.095	$C_{a,II}$ 0.066	$C_{a,II}$ 0.088	$C_{a,II}$ 0.077	$C_{a,II}$ 0.067	$C_{a,II}$ 0.078	$C_{a,II}$ 0.092	$C_{a,II}$ 0.076	$C_{a,II}$ 0.067
	$C_{b,II}$ 0.006	$C_{b,II}$ 0.004	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.004	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.007	$C_{b,II}$ 0.005	$C_{b,II}$ 0.004

Fuente: ACI 318-11, método 3.

Anexo 4. **Coefficients para momentos negativos debido a carga muerta**

Relación $m = \frac{l_a}{l_b}$	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
1.00		0.045	0.076	0.050	0.075	0.071	0.071	0.033	0.061
		0.045	0.076	0.050	0.075	0.071	0.071	0.061	0.033
0.95		0.050	0.072	0.055	0.079	0.075	0.067	0.038	0.065
		0.041	0.072	0.045	0.079	0.075	0.067	0.056	0.029
0.90		0.055	0.070	0.060	0.080	0.079	0.062	0.043	0.068
		0.037	0.070	0.040	0.080	0.079	0.062	0.052	0.025
0.85		0.060	0.065	0.066	0.082	0.083	0.057	0.049	0.072
		0.031	0.065	0.034	0.082	0.083	0.057	0.046	0.021
0.80		0.065	0.061	0.071	0.083	0.086	0.051	0.055	0.075
		0.027	0.061	0.029	0.083	0.086	0.051	0.041	0.017
0.75		0.069	0.056	0.076	0.085	0.088	0.044	0.061	0.078
		0.022	0.056	0.024	0.085	0.088	0.044	0.036	0.014
0.70		0.074	0.050	0.081	0.086	0.091	0.038	0.068	0.081
		0.017	0.050	0.019	0.086	0.091	0.038	0.029	0.011
0.65		0.077	0.043	0.085	0.087	0.093	0.031	0.074	0.083
		0.014	0.043	0.015	0.087	0.093	0.031	0.024	0.008
0.60		0.081	0.035	0.089	0.088	0.095	0.024	0.080	0.085
		0.010	0.035	0.011	0.088	0.095	0.024	0.018	0.006
0.55		0.084	0.028	0.092	0.089	0.096	0.019	0.085	0.086
		0.007	0.028	0.008	0.089	0.096	0.019	0.014	0.005
0.50		0.086	0.022	0.094	0.090	0.097	0.014	0.089	0.088
		0.006	0.022	0.006	0.090	0.097	0.014	0.010	0.003

Fuente: ACI 318-11, método 3.

Anexo 5. **Coeficientes para momentos positivos debido a carga última**

Relación	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
l_b	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.00	$C_{a,dl}$ 0.036 $C_{b,dl}$ 0.036	0.018 0.018	0.018 0.027	0.027 0.027	0.027 0.018	0.033 0.027	0.027 0.033	0.020 0.023	0.023 0.020
0.95	$C_{a,dl}$ 0.040 $C_{b,dl}$ 0.033	0.020 0.016	0.021 0.025	0.030 0.024	0.028 0.015	0.036 0.024	0.031 0.031	0.022 0.021	0.024 0.017
0.90	$C_{a,dl}$ 0.045 $C_{b,dl}$ 0.029	0.022 0.014	0.025 0.024	0.033 0.022	0.029 0.013	0.039 0.021	0.035 0.028	0.025 0.019	0.026 0.015
0.85	$C_{a,dl}$ 0.050 $C_{b,dl}$ 0.026	0.024 0.012	0.029 0.022	0.036 0.019	0.031 0.011	0.042 0.017	0.040 0.025	0.029 0.017	0.028 0.013
0.80	$C_{a,dl}$ 0.056 $C_{b,dl}$ 0.023	0.026 0.011	0.034 0.020	0.039 0.016	0.032 0.009	0.045 0.015	0.045 0.022	0.032 0.015	0.029 0.010
0.75	$C_{a,dl}$ 0.061 $C_{b,dl}$ 0.019	0.028 0.009	0.040 0.018	0.043 0.013	0.033 0.007	0.048 0.012	0.051 0.020	0.036 0.013	0.031 0.007
0.70	$C_{a,dl}$ 0.068 $C_{b,dl}$ 0.016	0.030 0.007	0.046 0.016	0.046 0.011	0.035 0.005	0.051 0.009	0.058 0.017	0.040 0.011	0.033 0.006
0.65	$C_{a,dl}$ 0.074 $C_{b,dl}$ 0.013	0.032 0.006	0.054 0.014	0.050 0.009	0.036 0.004	0.054 0.007	0.065 0.014	0.044 0.009	0.034 0.005
0.60	$C_{a,dl}$ 0.081 $C_{b,dl}$ 0.010	0.034 0.004	0.062 0.011	0.053 0.007	0.037 0.003	0.056 0.006	0.073 0.012	0.048 0.007	0.036 0.004
0.55	$C_{a,dl}$ 0.088 $C_{b,dl}$ 0.008	0.035 0.003	0.071 0.009	0.056 0.005	0.038 0.002	0.058 0.004	0.081 0.009	0.052 0.005	0.037 0.003
0.50	$C_{a,dl}$ 0.095 $C_{b,dl}$ 0.006	0.037 0.002	0.080 0.007	0.059 0.004	0.039 0.001	0.061 0.003	0.089 0.007	0.056 0.004	0.038 0.002

Fuente: ACI 318-11, método 3.

