



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

**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL  
MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

**Cristian David Monterroso Letona**

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, noviembre de 2012



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL  
MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**CRISTIAN DAVID MONTERROSO LETONA**

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCIA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
EXAMINADOR	Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 28 de octubre de 2011  
REF.EPS.DOC.1413.10.11

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Cristian David Monterroso Letona** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200113430**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo  
MRGSdS/ra







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,  
8 de mayo de 2012

Ingeniero  
Hugo Leonel Montenegro Franco  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil  
Facultad de Ingeniería  
Presente


Estimado Ing. Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Cristian David Monterroso Letona, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera  
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO  
DE  
ESTRUCTURAS  
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 29 de mayo de 2012

Ref.EPS.D.546.05.12

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


Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Cristian David Monterroso Letona**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

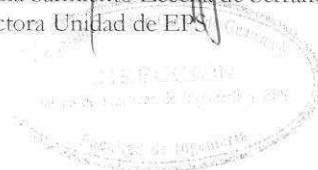
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora - Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano  
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra







UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL  
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Cristian David Monterroso Letona , titulado **DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
DIRECTOR  
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, noviembre 2012

/bbdeb.

Más de **130** Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 574.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**, presentado por el estudiante universitario **Cristian David Monterroso Letona**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno  
Decano en Funciones

Guatemala, 12 de noviembre de 2012

/gdech







## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DEL EDIFICIO ESCOLAR DE DOS NIVELES PARA LA ALDEA CHOACORRAL DEL MUNICIPIO DE SAN LUCAS SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SACATEPÉQUEZ**

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

**Cristian David Monterroso Letona**



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la oportunidad de lograr una meta más en mi vida y guiarme por el buen camino.
<b>Mis padres</b>	Dora Valeria Letona de Monterroso y Rafael Monterroso García. Con todo el amor, por el ejemplo y apoyo incondicional brindado, por estar conmigo siempre y en cada momento.
<b>Mis hermanos</b>	María Valeria y Oscar Rafael Monterroso Letona. Por todo el apoyo.
<b>Mi familia</b>	Por sus consejos brindados.
<b>Mi novia</b>	Edna Lucrecia Letona Garrido. Por la gran ayuda, apoyo y consejos que me motivaron aún más al cumplimiento de esta meta.
<b>Mis amigos</b>	Alfonso Mendoza, Rocael Hurtado, Pablo Rivera, Herbert Castillo, Pedro Ceto, Sindy Paz, Sindy Urizar y demás amigos y compañeros. Por todos los momentos compartidos que forjaron nuestra amistad.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por la vida, sabiduría, inteligencia y oportunidades para poder alcanzar esta gran meta. Gracias por estar siempre a mi lado y ser la base de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Por haberme inculcado los valores y principios que me han llevado por el camino correcto, por enseñarme a tener siempre un espíritu de superación y responsabilidad, y sobre todo por el esfuerzo y apoyo incondicional.
<b>Mis hermanos</b>	Por apoyarme en cada momento y por el cariño brindado.
<b>Mi novia</b>	Por todo el apoyo y amor brindado, que me incentivaron más a cumplir esta meta.
<b>Mis amigos</b>	Por todos los momentos inolvidables compartidos.
<b>Ing. Mayra de Sierra</b>	Por compartir sus conocimientos y apoyo durante el proceso de este trabajo de graduación.
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser la casa de estudios que me lleva a ser un profesional.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez .....	1
1.1.1. Aspectos generales .....	1
1.1.2. Localización del municipio .....	1
1.1.3. Ubicación geográfica .....	2
1.1.4. Aspectos topográficos .....	2
1.1.5. Vías de acceso .....	2
1.1.6. Clima .....	2
1.1.7. Colindancias .....	2
1.1.8. Turismo.....	3
1.1.9. Demografía.....	3
1.1.9.1. Población.....	3
1.1.9.2. Distribución de viviendas .....	3
1.1.9.3. Tipología de viviendas .....	4
1.1.10. Idioma.....	4
1.1.11. Aspectos económicos.....	4
1.1.12. Servicios existentes .....	4
1.1.13. Problemas y necesidades identificados.....	5

2.	SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	7
2.1.	Diseño del edificio escolar de dos niveles para la aldea Choacorrall del municipio de San Lucas Sacatepéquez .....	7
2.1.1.	Descripción del proyecto .....	7
2.1.2.	Levantamiento topográfico .....	7
2.1.3.	Estudio de suelos .....	8
2.1.4.	Diseño arquitectónico .....	10
2.1.4.1.	Requerimiento de áreas .....	11
2.1.4.2.	Distribución de espacios.....	11
2.1.4.3.	Alturas y cotas .....	11
2.1.5.	Diseño estructural .....	11
2.1.5.1.	Selección del sistema estructural a utilizar.....	12
2.1.5.2.	Análisis estructural con programa ETABS y comprobación con método numérico.....	12
2.1.5.3.	Dimensionamiento .....	36
2.1.5.4.	Instalaciones eléctricas .....	82
2.1.5.5.	Instalaciones hidráulicas .....	84
2.1.5.6.	Planos constructivos.....	86
2.1.5.7.	Presupuesto .....	86
2.1.5.8.	Evaluación de impacto ambiental .....	88
	CONCLUSIONES.....	91
	RECOMENDACIONES .....	93
	BIBLIOGRAFÍA.....	95
	APÉNDICES.....	97



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Distribución de columnas y representación de áreas tributarias .....	16
2.	Modelo matemático eje Y .....	17
3.	Modelo matemático eje X .....	17
4.	Cargas verticales en el sentido X, niveles 1 y 2 .....	21
5.	Cargas verticales en el sentido Y, niveles 1 y 2 .....	22
6.	Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco dúctil sentido Y .....	28
7.	Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco típico sentido Y .....	29
8.	Diagrama de momentos (kg-m) – fuerza sísmica – marco típico sentido Y .....	29
9.	Diagrama de momentos (kg-m) – carga muerta – marco típico sentido X .....	30
10.	Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco típico sentido X .....	31
11.	Diagrama de momentos (kg-m) – fuerza sísmica – marco típico sentido X .....	32
12.	Diagrama de momentos últimos – marco dúctil sentido Y .....	33
13.	Diagrama de momentos últimos – marco dúctil sentido X .....	34
14.	Diagrama de cortes últimos – marco dúctil sentido Y .....	35
15.	Diagrama de cortes últimos – marco dúctil sentido X .....	35
16.	Planta típica de distribución de losas, nivel 1 .....	38
17.	Planta de momentos en losas .....	41

18.	Planta de distribución de momentos balanceados para losas nivel 1 .....	44
19.	Planta típica de distribución de losas, nivel 2.....	47
20.	Planta de momentos en losa nivel 2 .....	49
21.	Planta distribución de momentos balanceados para losas nivel 2.....	52
22.	Diagrama de corte y momento último en viga 2, nivel 1 .....	55
23.	Armado final viga nivel 1 .....	58
24.	Sección de columna.....	65
25.	Armado final de columna .....	68
26.	Chequeo por corte simple.....	72
27.	Chequeo por corte punzonante .....	73
28.	Armado de zapata.....	75
29.	Zapata combinada .....	76
30.	Diagrama de cuerpo libre.....	77
31.	Diagramas de corte y momento zapata .....	79
32.	Armado de zapata.....	82

## TABLAS

I.	Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi.....	9
II.	Valor soporte permisible por tipo de suelo.....	10
III.	Altura o espesores mínimos de vigas .....	14
IV.	Peso por nivel y peso total de la estructura (kg) .....	25
V.	Fuerzas por nivel .....	26
VI.	Fuerza por marco por torsión, nivel 2 .....	27
VII.	Fuerza por marco por torsión, nivel 1 .....	28
VIII.	Áreas de acero requeridas en losas típicas .....	46
IX.	Áreas de acero requeridas en losas típicas .....	53
X.	Presupuesto edificio escolar de dos niveles para aldea Choacorrall..	88

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>As</b>	Área de acero de refuerzo
<b>AS<sub>MÁX</sub></b>	Área de acero máximo permitido
<b>AS<sub>MÍN</sub></b>	Área de acero mínimo permitido
<b>Ap</b>	Área de punzonamiento
<b>Av</b>	Área de varilla
<b>Ag</b>	Área gruesa, área total de la sección
<b>Az</b>	Área zapata
<b>P</b>	Carga aplicada a la columna
<b>P'o</b>	Carga axial de resistencia de la columna
<b>PCR</b>	Carga crítica de pandeo de Euler
<b>P'u</b>	Carga de resistencia de la columna
<b>P'ux</b>	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ex
<b>P'uy</b>	Carga de resistencia de la columna a una excentricidad ey
<b>P'</b>	Carga de trabajo que actúa en la columna
<b>CM</b>	Carga muerta
<b>WCM</b>	Carga muerta distribuida
<b>WCV</b>	Carga viva distribuida
<b>Lc</b>	Claro corto, (de los claros cortos de todas las losas se toma el mayor)
<b>C</b>	Coeficiente para el cálculo de momentos en losas, tomado del ACI

<b>VMAX</b>	Corte máximo actuante
<b>A'</b>	Dimensión del claro corto de la losa vista en planta
<b>Di</b>	Distancia del centro de rigidez al eje del marco rígido considerado
<b>E</b>	Esbeltez de la columna
<b>S</b>	Espaciamiento del acero de refuerzo
<b>Si</b>	Espaciamiento del acero de refuerzo en la longitud confinada
<b>SMÍN</b>	Espaciamiento mínimo del acero de refuerzo por cortante
<b>EST</b>	Estación
<b>E</b>	Excentricidad
<b>Ex</b>	Excentricidad en el sentido X
<b>Ey</b>	Excentricidad en el sentido Y
<b>Fcu</b>	Factor de carga última
<b>Fni</b>	Fuerza por nivel, en el nivel i
<b>VC</b>	Fuerza cortante actuante, en columnas
<b>VA</b>	Fuerza cortante actuante, en el elemento
<b>VV</b>	Fuerza cortante actuante en vigas
<b>I o Ig</b>	Inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en cuenta el acero de refuerzo
<b>Lo</b>	Longitud de confinamiento de estribos
<b>L</b>	Longitud del elemento
<b>Lu</b>	Longitud libre de pandeo de la columna
<b>Ln</b>	Longitud no soportada del estribo
<b>Es</b>	Módulo de elasticidad del acero
<b>E<sub>c</sub></b>	Módulo de elasticidad del concreto
<b>EM</b>	Módulo de elasticidad del material
<b>Sx</b>	Módulo de sección en el sentido X
<b>Sy</b>	Módulo de sección en el sentido Y

<b>Md</b>	Momento de diseño (magnificado)
<b>Mdx</b>	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido X
<b>Mdy</b>	Momento de diseño (magnificado) que actúa en el sentido Y
<b>M'x</b>	Momento de trabajo que actúa en el sentido X
<b>M'y</b>	Momento de trabajo que actúa en el sentido Y
<b>Mx</b>	Momento último actuando en el sentido X
<b>My</b>	Momento último actuando en el sentido Y
<b>H</b>	Peralte total del elemento en sección
<b>PVIGAS</b>	Peso de vigas
<b>W</b>	Peso distribuido
<b>Wi</b>	Peso distribuido por nivel
<b>WC</b>	Peso volumétrico del concreto
<b>WS</b>	Peso volumétrico del suelo
<b>q<sub>MÁX</sub></b>	Presión máxima sobre el suelo
<b>q<sub>MÍN</sub></b>	Presión mínima sobre el suelo
<b>q<sub>PROMEDIO</sub></b>	Presión última promedio sobre el suelo
<b>F'c</b>	Resistencia a la compresión del concreto
<b>VR</b>	Resistencia al esfuerzo cortante proporcionado por el concreto
<b>Fy</b>	Resistencia a la fluencia del acero de refuerzo
<b>R</b>	Rigidez de un elemento
<b>Ri</b>	Rigidez total del marco rígido i
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo



## GLOSARIO

<b>ACI</b>	Siglas de American Concrete Institute.
<b>Altimetría</b>	Procedimientos utilizados para definir las diferencias de nivel existentes entre puntos distintos de un terreno o construcción.
<b>Área tributaria</b>	Área de carga que afecta a un elemento estructural.
<b>Axial</b>	Relativo al eje, que forma un eje.
<b>Biaxial</b>	Que posee dos ejes.
<b>CMU</b>	Carga muerta última
<b>CU</b>	Carga última
<b>PU</b>	Carga última de diseño
<b>CV</b>	Carga viva
<b>CVU</b>	Carga viva última
<b>CR</b>	Centro de rigidez

<b>Centroidal</b>	Es la intersección de todos los planos que dividen a un objeto en dos partes de igual volumen con respecto al plano.
<b>Colindancia</b>	Contiguo, el más próximo.
<b>Concéntrico</b>	Figuras geométricas que tiene el mismo centro.
<b>Corte basal</b>	En cálculo estructural, es la fuerza total lateral que se aplica a una edificación, para simular sobre un modelo matemático, los efectos del sismo en la estructural.
<b>Demografía</b>	Es la ciencia que tiene como objetivo el estudio de las poblaciones humanas y que trata de su dimensión, estructura, evolución y características generales, considerados desde un punto de vista cuantitativo.
<b>Estribo</b>	Refuerzo transversal que absorbe los esfuerzos de corte en un elemento estructural.
<b>Iteración</b>	Es repetir una serie de funciones hasta obtener un dato certero.
<b>Losa</b>	Entrepiso o terraza.
<b>Mampostería</b>	Sistema tradicional que consiste en la construcción de muros, mediante la colocación manual de elementos como ladrillos, bloques de cemento prefabricado, piedras, etc.



<b>PCOL</b>	Peso de la columna
<b>PSUELO</b>	Peso del suelo sobre zapata
<b>PCIM</b>	Peso del cimiento
<b>Rigidez</b>	Es la capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
<b>SEAOC</b>	Structural Engineers Association of California Asociación de Ingenieros Estructurales de California.
<b>Simetría</b>	De iguales características o rasgos geométricos.
<b>Viga</b>	Elemento estructural lineal que trabaja principalmente a flexión.
<b>Voladizo</b>	Elemento apoyado en sólo uno de sus extremos mediante un empotramiento.



## **RESUMEN**

San Lucas Sacatepéquez, municipio del departamento de Sacatepéquez se encuentra a 2 062,85 metros sobre el nivel del mar y pertenece al complejo montañoso del altiplano central, a pesar de su cercanía a la ciudad capital tiene deficiencias en ciertos servicios básicos, como educación y salud, por lo que este trabajo de graduación presenta dentro de su contenido las soluciones a la problemática planteada, desarrollándolo de la forma siguiente:

En el capítulo uno se presenta la monografía del municipio San Lucas Sacatepéquez, del departamento de Sacatepéquez; también una investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos y de infraestructura del municipio. La priorización de las necesidades se realizó por medio de una encuesta y entrevistas a los pobladores.

En el capítulo dos se desarrollan los diseños de la edificación escolar de la aldea Choacorrál, mediante la aplicación de normas y herramientas de cálculo apropiadas. El resultado final consiste en un juego de planos para el diseño, los cuales se muestran en el apéndice, así como el presupuesto correspondiente.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Solucionar la necesidad de mejoramiento en la educación de la población para la aldea Choacorrall, del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez.

### **Específicos**

1. Desarrollar una investigación de tipo monográfica y diagnóstica sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la comunidad y poder darle alguna solución.
2. Realizar el diseño de un edificio escolar de dos niveles cuyas áreas satisfagan las necesidades para la cual se utilizará y a la vez brindar comodidad a los estudiantes.
3. Contribuir con la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, para la realización de proyectos de ayuda social, presentando un diseño con el fin de obtener un resultado económico y funcional.



## INTRODUCCIÓN

En el municipio de San Lucas Sacatepéquez, departamento de Sacatepéquez, existen comunidades en donde se han ido construyendo escuelas que cumplan con las dimensiones que el crecimiento de la población exige, así como mejorar el estado de las mismas, ya que muchas de éstas tienen techo de lámina en mal estado, aulas pequeñas y baños en malas condiciones. Esta es la situación de la escuela de la aldea Choacorrall, que a pesar de que es una aldea en la que se encuentran algunas fincas privadas y residenciales, cuenta con algunas necesidades que no han sido cubiertas por parte de las autoridades, convirtiéndose en prioridades, ya que los alumnos que reciben clases en esta escuela deben de utilizar un salón para dos o más secciones, además de soportar las inclemencias del tiempo y el espacio reducido de la misma.

El acceso a la aldea solo se puede hacer con vehículo alto tipo pick up o a pie y lo angosto de las calles no permite que ingrese transporte colectivo, impidiendo la movilización de los estudiantes, de manera que la escuela debe de satisfacer el crecimiento de la población estudiantil.

Por la demanda que se tiene se propone, el diseño de la escuela rural mixta de la aldea Choacorrall, para satisfacer dichas necesidades antes mencionadas.





# **1. INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Monografía del municipio de San Lucas Sacatepéquez**

El municipio de San Lucas Sacatepéquez, se encuentra ubicado a 29,5 kilómetros de la capital de Guatemala. Es conocido por el mercado del monumento, sus churrascos, tostadas, atol de elote, tortillas con carne y demás delicias culinarias.

### **1.1.1. Aspectos generales**

San Lucas Sacatepéquez se considera fundado en el siglo XVI por los españoles, en donde habitaba población indígena de las Verapaces. Tiene su nombre formado de San Lucas, en honor de uno de los apóstoles de Jesús, y Sacatepéquez que es una composición de las voces Náhuatl Zacat que significa hierba y Tepet que significa cerro, siendo el significado “cerros de hierbas”.

Su fiesta patronal es en honor a San Lucas Evangelista y se celebra del 17 al 19 de octubre, siendo el 18 de octubre el día principal.

### **1.1.2. Localización del municipio**

El municipio de San Lucas Sacatepéquez se ubica dentro de la cuenca hidrográfica de los ríos María Linda, Motagua y Achíquate. Ubicado a 29,5 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala y con una extensión territorial de 24,5 kilómetros cuadrados.

### **1.1.3. Ubicación geográfica**

Se encuentra ubicado a 2 062 metros sobre el nivel del mar aproximadamente, con una latitud de 14°36'29" y longitud de 90°30'32".

### **1.1.4. Aspectos topográficos**

En términos generales el territorio del municipio es montañoso, posee varios cerros y montañas, las alturas oscilan entre 2 000 y 2 200 metros sobre el nivel del mar.

### **1.1.5. Vías de acceso**

Se encuentra a 29,5 kilómetros de la ciudad capital por la carretera interamericana CA-1 y a 17 kilómetros de la ciudad de Antigua Guatemala.

### **1.1.6. Clima**

Varía de templado a frío, con temperaturas oscilantes entre 13 y 25 grados Celsius y una humedad del 48 por ciento debido a la zona de vida predominante que es el bosque húmedo bajo subtropical.

### **1.1.7. Colindancias**

Limita al norte con San Bartolomé Milpas Altas, al este con Mixco, al sur con Santa Lucía Milpas Altas y al oeste con Antigua Guatemala.

### **1.1.8. Turismo**

Uno de los principales atractivos turísticos es el Monumento al Caminero, en donde se pueden degustar platillos típicos del lugar, bebidas como el atol del elote y realizar compras de artesanías típicas, así como aprovechar a realizar compras de mercado. Además existe una diversidad de centros comerciales, restaurantes y hoteles que se caracterizan por una buena vista de la ciudad capital.

### **1.1.9. Demografía**

El municipio cuenta con una población variada de ambos géneros, con viviendas de distinto tipo de construcción, así como una gran cantidad de comercios y empresas industriales.

#### **1.1.9.1. Población**

San Lucas Sacatepéquez cuenta con una población de 23 997 habitantes, de los cuales 11 673 son hombres y 12 324 son mujeres.

#### **1.1.9.2. Distribución de viviendas**

El municipio cuenta con una gran cantidad de viviendas en el área donde se encuentra el parque central y sus alrededores, sin embargo debido al crecimiento económico del área, se pueden observar centros comerciales, edificios pequeños, y una gran cantidad de urbanizaciones, incrementando la población en algunos sectores, así como el desarrollo del municipio y aldeas.

### **1.1.9.3. Tipología de viviendas**

El 74,92 por ciento de las viviendas del municipio están construidas con paredes de block, el 5,95 por ciento de madera, el 4,61 por ciento de lámina, el 3,84 por ciento de ladrillo y el 10,68 por ciento de otros materiales (concreto, adobe, bajareque). El 64,3 por ciento de las viviendas posee techo de lámina, el 23 por ciento losa fundida y el 12,7 por ciento otros materiales como teja y láminas de asbesto cemento.

### **1.1.10. Idioma**

En el municipio el 95 por ciento de las personas hablan el idioma español, y solo un 5 por ciento hablan el idioma cakchiquel.

### **1.1.11. Aspectos económicos**

San Lucas Sacatepéquez, es un municipio que se encuentra en crecimiento, por lo que se pueden encontrar centros comerciales, restaurantes, fábricas y empresas, ferreterías, farmacias, viveros, ventas de productos artesanales entre otros.

### **1.1.12. Servicios existentes**

El municipio cuenta con los siguientes servicios:

- Iglesia católica
- Estación de bomberos voluntarios
- Centros educativos privados
- Centro de salud
- Mercado
- Centros comerciales

- Farmacias
- Sistema bancario
- Industrias
- Gasolineras
- Supermercados
- Comercios pequeños

### **1.1.13. Problemas y necesidades identificados**

Durante el recorrido efectuado por el municipio, se pudo detectar que uno de los problemas principales es el mal estado en las que se encuentran algunas escuelas, calles y sistemas de drenaje, así como la presencia de deslizamientos de tierra sobre algunas vías de acceso.



## **2. SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño del edificio escolar de dos niveles para la aldea Choacorrall del municipio de San Lucas Sacatepéquez**

Se diseñará una estructura que cumpla con todos los requerimientos y normas de construcción, así como satisfaga las necesidades de la población, la cual se verá beneficiada.

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

El proyecto a desarrollar consiste en el diseño de un edificio escolar de dos niveles en área rural, la distribución de ambientes será:

En el primer nivel tendrá cuatro aulas y servicios sanitarios.

En el segundo nivel tendrá cuatro aulas, sala de maestros, oficina de dirección y el módulo de gradas.

La estructura será a base de marcos dúctiles y losas de concreto armado, los muros serán tabiques de mampostería reforzada de block pómez, puertas y ventanas de metal y piso cerámico.

#### **2.1.2. Levantamiento topográfico**

Sirve para localizar exactamente la ubicación del edificio escolar a diseñar, el área del terreno así como los desniveles del mismo, calles aledañas,

etc. En este caso se utilizó el método de conservación del azimut, utilizando una estación total marca, estatal, plomada.

### 2.1.3. Estudio de suelos

El tipo de análisis para conocer el valor soporte del suelo fue el ensayo de compresión triaxial, obteniendo los siguientes resultados:

- Descripción del suelo: limo arenoso color café
- Ángulo de fricción interna  $\phi = 31,71^\circ$
- Cohesión  $C_u = 5,78 \text{ ton/m}^2$
- Densidad seca =  $1,40 \text{ ton/m}^3$
- Densidad húmeda =  $1,74 \text{ ton/m}^3$
- Desplante (profundidad que se tomó la muestra) = 2,00 m

Aplicando las fórmulas del Dr. Karl Terzaghi para cimentaciones cuadradas, siguientes:

Para zapatas cuadradas y corte en general:

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

Para zapatas cuadradas y corte local o punzonante:

$$q_d = (1,3 * c' * N'_c) + (\gamma * Z * N'_q) + (0,4 \gamma * B * N'_w)$$

Donde:

$q_d$  = Capacidad de carga

$c$  = cohesión



$\gamma$  = Peso volumétrico del suelo

Z = Profundidad del desplante

B = Ancho de la zapata cuadrada

$N_c$ ,  $N_q$  y  $N_w$  dependen del ángulo de fricción interna y se obtienen de la siguiente tabla.

Tabla I. Factores de capacidad de carga modificados de Terzaghi

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_w$	$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_w$
0	5.70	1.00	0.00	26	15.53	6.05	2.59
1	5.90	1.07	0.005	27	16.30	6.54	2.88
2	6.10	1.14	0.02	28	17.13	7.07	3.29
3	6.30	1.22	0.04	29	18.03	7.66	3.76
4	6.51	1.30	0.055	30	18.99	8.31	4.39
5	6.74	1.39	0.074	31	20.03	9.03	4.83
6	6.97	1.49	0.10	32	21.16	9.82	5.51
7	7.22	1.59	0.128	33	22.39	10.69	6.32
8	7.47	1.70	0.16	34	23.72	11.67	7.22
9	7.74	1.82	0.20	35	25.18	12.75	8.35
10	8.02	1.94	0.24	36	26.77	13.97	9.41
11	8.32	2.08	0.30	37	28.51	15.32	10.90
12	8.63	2.22	0.35	38	30.43	16.85	12.75
13	8.96	2.38	0.42	39	32.53	18.56	14.71
14	9.31	2.55	0.48	40	34.87	20.50	17.22
15	9.67	2.73	0.57	41	37.45	22.70	19.75
16	10.06	2.92	0.67	42	40.33	25.21	22.50
17	10.47	3.13	0.76	43	43.54	28.06	26.25
18	10.90	3.36	0.88	44	47.13	31.34	30.40
19	11.36	3.61	1.03	45	51.17	35.11	36.00
20	11.85	3.88	1.12	46	55.73	39.48	41.70
21	12.37	4.17	1.35	47	60.91	44.45	49.30
22	12.92	4.48	1.55	48	66.80	50.46	59.25
23	13.51	4.82	1.74	49	73.55	57.41	71.45
24	14.14	5.20	1.97	50	81.31	65.60	85.75
25	14.80	5.60	2.25				

Fuente: Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. México, 2004. p. 296.

De donde se obtiene:

$$N_c = 20,83, \quad N_q = 9,59, \quad N_w = 5,31$$

$$q_d = (1,3 \cdot 5,87 \cdot 20,83) + (1,74 \cdot 2 \cdot 9,59) + (0,4 \cdot 1,74 \cdot 1,75 \cdot 5,31)$$

$$q_d = 196,36 \text{ ton/m}^2$$

Terzaghi recomienda un factor de seguridad no menor de tres,  $F_s = 3$

El valor soporte del suelo queda determinado por medio de la expresión siguiente:

$$V_s = q_d / fF = V_s = 196,36 / 3 = 65,45 \text{ ton/m}^2$$

Este valor es muy alto y pudo obtenerse debido a alteraciones al momento de tomar la muestra, transportarla o almacenarla, ya que pudo haber perdido humedad o bien estar expuesta a algún tipo de contaminación, esto provocaría que al momento de diseñar la cimentación el área de acero sea muy pequeña, lo cual haría que la estructura falle por corte, por tal motivo y por seguridad de diseño se asume un valor de 20 toneladas por metro cuadrado, que es el valor promedio por debajo del máximo permisible para suelos de tipo limo arenoso, según la siguiente tabla.

**Tabla II. Valor soporte permisible por tipo de suelo**

Material del suelo	ton/m <sup>2</sup>	Observaciones
Roca sana	645	
Roca regular	430	
Roca intermedia	215	
Roca agrietada o porosa	22-86	
suelos gravillosos	90	Compactados, buena granulometría
Suelos arenosos	32-64	Densos
Arena fina	22-43	Densa
Suelos arcillosos	53	Duros
Suelos arcillosos	22	Solidez mediana
Suelos limosos	32	Densos
Suelos limosos	16	Densidad mediana

Fuente: Crespo Villalaz. Mecánica de suelos y cimentaciones. p. 193.

#### **2.1.4. Diseño arquitectónico**

Los edificios de aulas se deben diseñar de acuerdo a las necesidades que se presenten, dicho diseño se ve restringido por el espacio disponible que se tenga para construir, la topografía del terreno, así como las normas de diseño que existan.

#### **2.1.4.1. Requerimiento de áreas**

El edificio escolar se diseñó considerando las capacidades de alumnos y el área óptima para cada uno, tomando un parámetro de 1,25 metros cuadrados por alumno, según el Ministerio de Educación, por lo que se proponen salones de clases de 8,00 metros x 6,00 metros.

#### **2.1.4.2. Distribución de espacios**

En el primer nivel se distribuyeron cuatro aulas y los servicios sanitarios, en el segundo nivel se ubican cuatro aulas y un ambiente para dirección y sala de profesores, cada uno de los niveles cuenta con su respectivo módulo de gradas y pasillo frente a las aulas.

#### **2.1.4.3. Alturas y cotas**

Se propone hacer el edificio de dos niveles, para aprovechar el área disponible y tener un espacio para recreación de los alumnos.

La altura del edificio será de 6 metros, todos los ambientes serán de 3.00 metros del nivel del piso a cielo raso, marcos de 4 y 6 metros. La longitud total del edificio es de 30 metros.

#### **2.1.5. Diseño estructural**

Se procede a utilizar todos los métodos, normas y reglamentos de diseño para el presente edificio, garantizando así, una estructura segura estructuralmente.

### **2.1.5.1. Selección del sistema estructural a utilizar**

Para la estructura del edificio se contempla utilizar un sistema de marcos dúctiles con marcos rígidos y losas de concreto armado, con tabiques de mampostería de block de pómez.

### **2.1.5.2. Análisis estructural con programa ETABS y comprobación con método numérico**

Por medio del análisis estructural, se busca determinar las fuerzas que actúan en una estructura, y que, como consecuencia de estas, en la estructura se presentan deformaciones.

Debido a esto es necesario determinar los momentos actuantes en cada uno de los marcos de la estructura y así tomar las consideraciones necesarias para el diseño.

En este proyecto se realizó el análisis estructural por medio del *Software* ETABS, cuyos resultados fueron comparados con un método numérico, en este caso el método de Kani.

- Predimensionamiento estructural

El predimensionamiento de los elementos estructurales consiste en dar a los mismos, las dimensiones que se creen que aportarán a la funcionalidad del edificio y soportarán los esfuerzos y cargas a los cuales serán sometidos, es un punto de partida para tomar consideraciones a lo largo del análisis y diseño

estructural, pues estas dimensiones pueden sufrir variaciones cuando así se considere necesario, ya sea con objetivos visuales o propiamente de trabajo.

El código ACI 318-05 propone reglas para determinar las dimensiones mínimas de los elementos estructurales que permiten una rigidez adecuada, sin provocar grandes deflexiones.

- Columnas: el método que se utiliza para predimensionar columnas, calcula la sección y se basa en la carga aplicada a ésta. En este caso en particular se desea guardar simetría en las dimensiones de las columnas, por tal razón se toma la columna crítica, o sea la que soporta mayor carga. La sección resultante se aplica a todas las demás.

$$\text{Fórmula: } P=0,8(0,225*f'_c * A_g + f_y * A_s)$$

Donde:

$$P = \text{Área tributaria} * \text{Peso del concreto}$$

$$P = 24 \text{ m}^2 * 2\,400 \text{ kg/m}^2$$

$$P = 57\,600 \text{ kg}$$

ACI 2005-10.9.1, el área de acero longitudinal para elementos sometidos a compresión no debe ser menor que  $0,01A_g$  ni mayor que  $0,08 A_g$ .

$$1\%A_g \leq A_s \leq 8\%A_g$$

Con  $A_s = 1\%A_g$ ,  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f_y = 2\,810 \text{ kg/cm}^2$ , tenemos:

$$57\,600 \text{ kg} = 0,8*(0,225*210 \text{ kg/cm}^2*A_g + 2\,810 \text{ kg/cm}^2*0,01*A_g)$$

$$57\,600 \text{ kg} = 60,28 \text{ kg/cm}^2*A_g$$

$$A_g = 955,54 \text{ cm}^2,$$

Se propone una columna de sección cuadrada de 900 centímetros cuadrados, con dimensiones:

$$b = 30 \text{ cm y } h = 30 \text{ cm}$$

- Vigas: para predimensionar vigas, el método utilizado calcula el peralte o altura de la viga, dependiendo ésta de la luz que cubre la viga. La base de la viga queda a criterio del diseñador, usando en éste caso el ancho de las columnas. Para éste diseño se calcula la viga crítica, o sea la de mayor longitud, quedando las otras con igual sección.

Tabla III. **Altura o espesores mínimos de vigas**

<b>Alturas o espesores mínimos de vigas no pretensadas o losas armadas en una dirección a menos que se calculen las deformaciones*.</b>				
	Espesor Mínimo, h			
	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 por grandes deformaciones.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18.5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

\* La luz  $\ell$  está en mm.

Fuente: código ACI.

$$t_{\text{viga}} = L/21$$

$$t_{\text{viga}} = 6/21$$

$$t_{\text{viga}} = 0,29 \text{ m}$$

Se sugiere una sección de viga de 0,30 x 0,40 m

- Losas: para lasas es necesario saber si ésta necesitará refuerzo en una sola dirección o en las dos, esto se determina por medio de la siguiente relación:

$$m = \text{lado menor} / \text{lado corto}$$

Si  $m < 0,5$ ; refuerzo en una dirección,

Si  $m \geq 0,5$ ; refuerzo en dos direcciones,

$$m = 4,00 / 6,00$$

$m = 0,67$ , por lo tanto las lasas necesitaran refuerzo en dos direcciones.

Para lasas armadas en dos direcciones, la tabla 9,5 (b) del código ACI 2005 recomienda un espesor de losa (t) de la siguiente manera:

$$t = \text{perímetro de losa} / 180$$

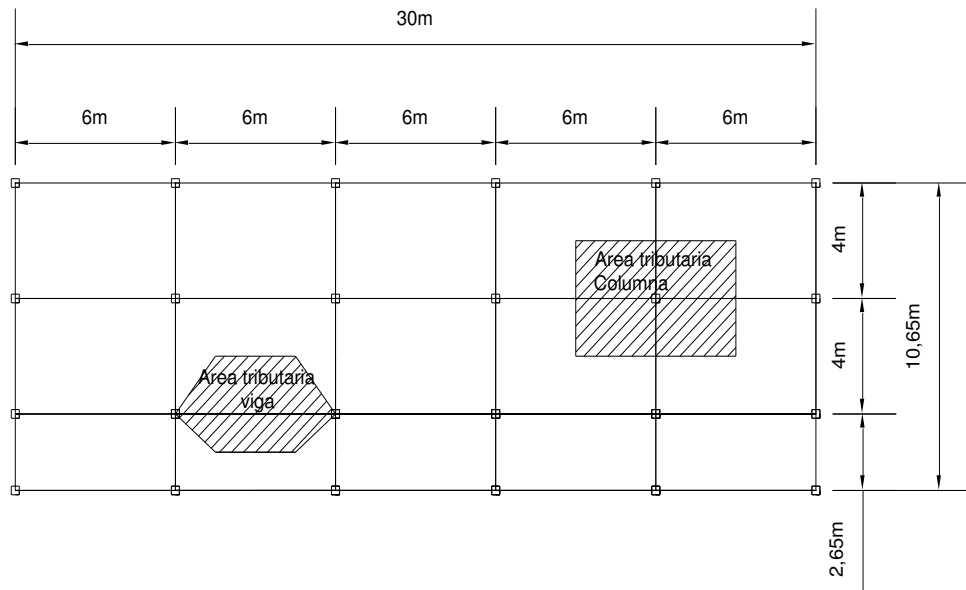
$$t = (6,00+6,00+4,00+4,00) / 180$$

$$t = 0,11 \text{ m}$$

Se utilizará una losa con un espesor de 0,11m

Los cimientos se dimensionarán en la sección de diseño de cimientos.

Figura 1. **Distribución de columnas y representación de áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia.

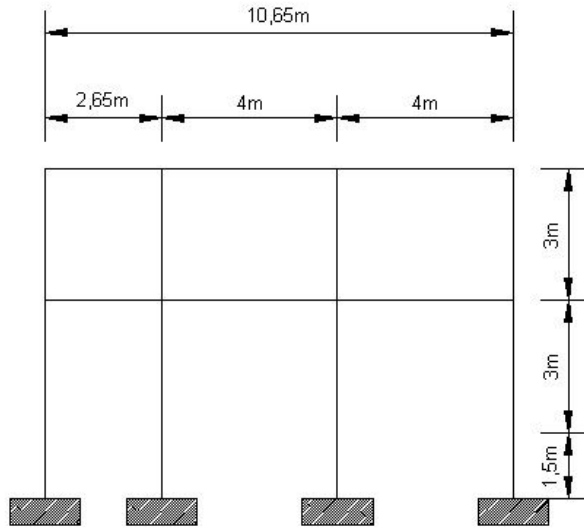
- Modelos matemáticos de marcos dúctiles con nudos rígidos

Un marco dúctil se define como un sistema estructural que consta de vigas y columnas. Así también, su modelo matemático define la forma y las cargas que soporta. Este método se utiliza para el análisis estructural.

Los modelos matemáticos empleados en el diseño de este edificio escolar, tanto en el sentido X como en el sentido Y de los ejes más críticos se muestran en las figuras 2 y 3, la integración de sus cargas se detallan en las secciones siguientes.

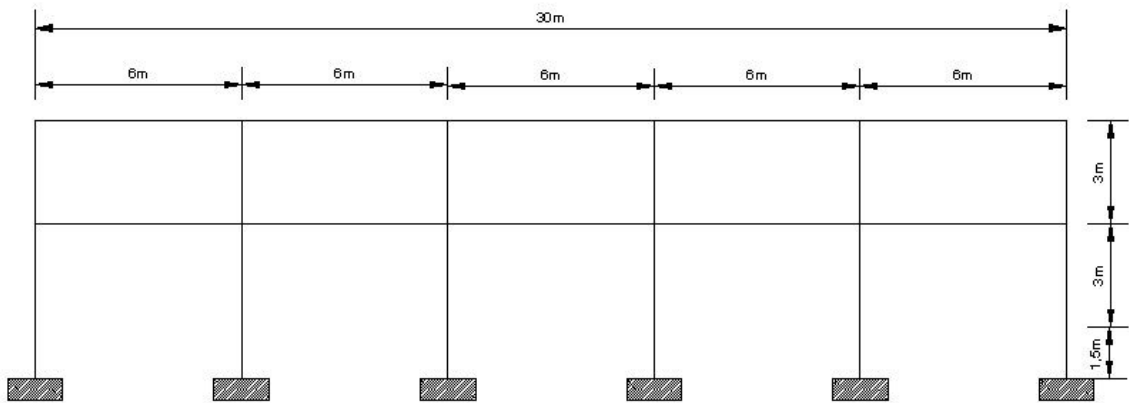


Figura 2. **Modelo matemático eje Y**



Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Modelo matemático eje X**



Fuente: elaboración propia.

- Cargas verticales y horizontales aplicadas a marcos dúctiles

Las aulas estructuralmente hablando, están sometidas a cargas de diferente índole y se clasifican de acuerdo a la dirección de su aplicación.

- Cargas verticales en marcos dúctiles

#### CARGA MUERTA

Peso concreto: 2 400 kg/m<sup>3</sup>

Peso muros: 150 kg/m<sup>2</sup>

Peso acabados: 90 kg/m<sup>2</sup>

#### CARGA VIVA

Techos: 100 kg/m<sup>2</sup>

Aulas: 300 kg/m<sup>2</sup>

Pasillos: 500 kg/m<sup>2</sup>

Con estos valores se realiza la integración de cargas, que consiste en calcular la distribución de las mismas sobre los diferentes marcos del edificio, para esto se considera el marco con las distribuciones más críticas, para asegurar que el análisis cubrirá los casos extremos.

Cargas aplicadas sobre el marco 3 del eje X

Nivel 2:

Carga muerta = (área tributaria \* [(peso específico del concreto \* espesor de losa + peso acabados)] / longitud) + peso de la viga

$$CM = (15,95 * [2\,400 * 0,11 + 90]) / 6 + (0,30 * 0,40 * 2\,400)$$

$$CM = 1\,229,05 \text{ Kg/m}$$

Carga viva = (área tributaria \* carga viva techos) / longitud

$$CV = (15,95 * 100) / 6$$

$$CV = 265,83 \text{ kg/m}$$

Nivel 1:

Carga muerta = [área tributaria \* (peso del concreto \* espesor de losa + peso acabados)] / longitud + peso de viga + peso muros

$$CM = [(15,95) * (2\ 400*0,11+ 90)] / 6 + (0,30*0,40*2\ 400) + (150*2,70)$$

$$CM = 1\ 634,05 \text{ kg/m}$$

Carga viva = carga viva aulas + carga viva pasillos

$$CV = (300*8) / 6 + (500*7,95) / 6$$

$$CV = 1\ 062,50 \text{ kg/m}$$

Cargas aplicadas sobre el marco del eje Y

Nivel 2:

Vigas de 4 m

Carga muerta = (área tributaria \* [(peso específico del concreto \* espesor de losa + peso acabados)] / longitud) + peso de la viga

$$CM = (8*[2\ 400*0,11+ 90]) / 4 + (0,30*0,40*2\ 400)$$

$$CM = 996,00 \text{ kg/m}$$

Carga viva = (área tributaria \* carga viva techos) / longitud

$$CV = (8*100) / 4$$

$$CV = 200 \text{ kg/m}$$

Vigas de 2,65 m

Carga muerta = (área tributaria \* [(peso específico del concreto \* espesor de losa + peso acabados)] / longitud) + peso de la viga

$$CM = (3,5 * [2\ 400 * 0,11 + 90]) / 2,65 + (0,30 * 0,40 * 2\ 400)$$

$$CM = 755,55 \text{ kg/m}$$

Carga viva = (área tributaria \* carga viva techos) / longitud

$$CV = (3,5 * 100) / 2,65$$

$$CV = 132,07 \text{ kg/m}$$

Nivel 1:

Vigas de 4m

Carga muerta = [área tributaria \* (peso del concreto \* espesor de losa + peso acabados)] / longitud + peso de viga + peso muros

$$CM = [(8) * (2\ 400 * 0,11 + 90)] / 4 + (0,30 * 0,40 * 2\ 400) + (150 * 2,7)$$

$$CM = 1\ 401 \text{ kg/m}$$

Carga viva = (área tributaria \* carga viva aulas) / longitud

$$CV = (8 * 300) / 4$$

$$CV = 600 \text{ kg/m}$$

Vigas de 2,65m

Carga muerta = [área tributaria \* (peso del concreto \* espesor de losa + peso acabados)] / longitud + peso de viga + peso muros

$$CM = [(3,5) * (2\,400 * 0,11 + 90)] / 2,65 + (0,30 * 0,40 * 2\,400) + (150 * 2,7)$$

$$CM = 1\,160,54 \text{ kg/m}$$

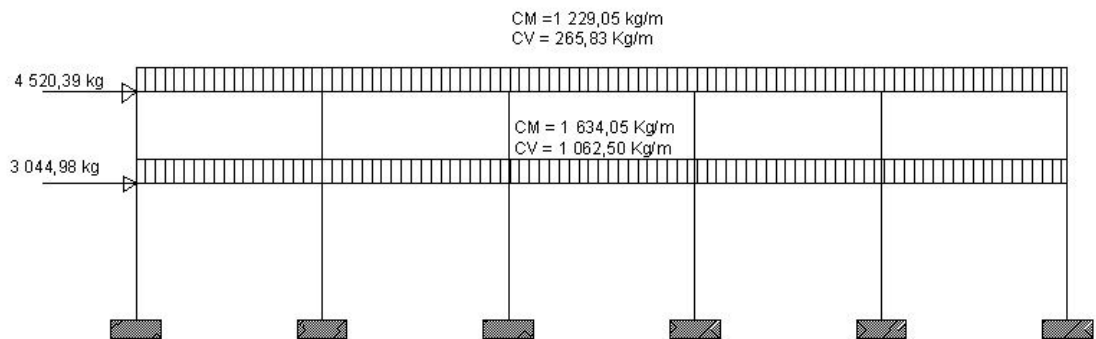
Carga viva = (área tributaria \* carga viva pasillos) / longitud

$$CV = (3,5 * 500) / 2,65$$

$$CV = 660,37 \text{ kg/m}$$

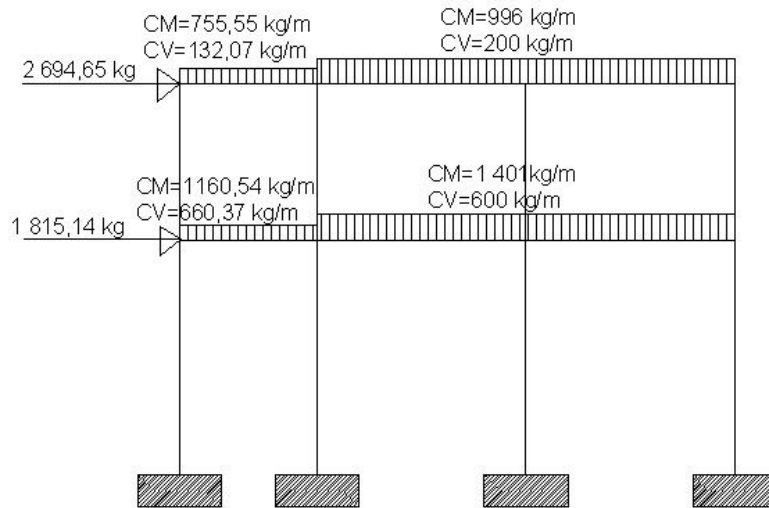
Los resultados de las cargas verticales en el sentido X, niveles 1 y 2 se presentan en la figura 4. Las cargas verticales en el sentido Y, niveles 1 y 2 se presentan en la figura 5.

Figura 4. **Cargas verticales en el sentido X, niveles 1 y 2**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Cargas verticales en el sentido Y, niveles 1 y 2**



Fuente: elaboración propia.

- **Cargas horizontales en marcos dúctiles**

Las fuerzas debidas al viento, temblores o empujes de tierras, deben considerarse como cargas horizontales o paralelas a la superficie terrestre, y son a las que están expuestos los edificios, pero nunca se integran ambas, ya que los fenómenos naturales que las provocan no se presentan simultáneamente. Guatemala está en una zona de gran actividad sísmica; por tanto, se tomó en cuenta este fenómeno para el diseño del edificio. Utilizando el método estático equivalente SEAOC, se encontraron las fuerzas sísmicas o laterales aplicadas al edificio de aulas.

## Método SEAO

- Corte Basal (V): fuerza constante V en la base de una construcción debido a las fuerzas sísmicas.

$$V = Z * I * C * S * K * W$$

Donde:

Z = Coeficiente de riesgo sísmico, que depende de la zona. Para Sacatepéquez Z=0,4

I = Depende de la importancia o la utilidad que se le vaya a dar a la después del sismo, y su rango es de  $1 \leq I \leq 1,5$

C = Depende de la flexibilidad de la estructura y se mide con base en el período de vibración, donde t es el intervalo de tiempo que se necesita en la estructura para completar una vibración.

$$C = \frac{1}{(15 * t^{1/2})} \gg t = \frac{0,0906 * \text{altura del edificio}}{\text{base}^{1/2}}$$

Altura del edificio = 7,50 m

S = Coeficiente que depende del tipo de suelo, si se desconoce usar 1,5. Si C\*S es mayor que 0,14, entonces usar 0,14

K = Coeficiente que depende del sistema estructural; en este caso es usado 0,67 para edificios con marcos dúctiles (estructura con vigas y columnas)

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

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

Solución:

$$Z = 0,4$$

I = 1,5 se utilizará el valor máximo ya que la escuela será utilizada como albergue en caso de desastre natural.

$$K = 0,67 \text{ (marcos dúctiles)}$$

$$S = 1,5$$

Para C

$$t_x = (0,09 * 7,50) / 40^{1/2} = 0,12$$

$$C_x = 1 / (15 * 0,12^{1/2}) = 0,19$$

$$t_y = (0,09 * 7,50) / 10,65^{1/2} = 0,21$$

$$C_y = 1 / (15 * 0,21^{1/2}) = 0,14$$

Chequeando si  $C * S > 0,14$ , entonces utilizar  $C * S = 0,14$

$$C_x S_x = 0,19 * 1,5 = 0,28 > 0,14 \text{ usar } 0,14 \quad C_x S_x = 0,14 \quad S_x = 0,14 / 0,19 = 0,74$$

$$C_y S_y = 0,14 * 1,5 = 0,21 > 0,14 \text{ usar } 0,14 \quad C_y S_y = 0,14 \quad S_y = 0,14 / 0,14 = 1$$

W = peso de la estructura más el 25% de las cargas vivas

$$W = W \text{ primer nivel} + W \text{ segundo nivel}$$

$$\text{Donde } W_{\text{nivel}} = W_{\text{losa}} + W_{\text{viga}} + W_{\text{columna}} + W_{\text{muro}} + W_{\text{acabados}} + 0,25CV$$



Tabla IV. **Peso por nivel y peso total de la estructura (kg)**

NIVEL	W LOSA	W VIGA	W COL	W MURO	W ACA.	0.25CV	W TOTAL
1	84 348,00	52 963,20	15 552,00	41 681,25	25 008,75	34 734,38	254 287,58
2	84 348,00	52 963,20	15 552,00	41 681,25	25 008,75	6 946,87	226 500,07
						<b>PESO TOTAL</b>	480 787,65

Fuente: elaboración propia.

Puesto que el corte basal  $V = V_x = V_y$ , entonces:

$$V_{x,y} = 0,4 * 1,5 * 0,14 * 0,67 * 480\ 787,65$$

$$V_{x,y} = 27\ 058,73\ \text{kg}.$$

Fuerzas por nivel (Fni):

$$F_{ni} = (V - F_t) * \frac{W_{hi}}{\sum W_{ihi}}$$

Donde:

Fni = fuerza por nivel

V = corte basal

Ft = fuerza adicional de cúspide del edificio, cuando t (período natural de vibración) es menor que 0,25 segundos, entonces Ft = 0, de lo contrario Ft = 0,07 \* V \* T

W = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas

Wi = peso propio de la estructura + 25% de las cargas vivas por nivel

hi = altura tomada desde la base de la estructura al centro de cada nivel de piso de la estructura.

Como  $t_x = 0,12$  y  $t_y = 0,21 < 0,25$ , entonces Ft = 0

Tabla V. Fuerzas por nivel

NIVEL	W	hi	Whi	V	Fni
1	254 287,58	4,50	114 4294,10	27 058,73	10 890,84
2	226 500,07	7,50	169 8750,50	27 058,73	16 167,89
		$\Sigma Wih_i$	<b>2 843 044,60</b>		

Fuente: elaboración propia.

Fuerzas por marco (FM)

Eje Y

$$F_{mi} = F_{ni} + F_t / \text{No. de marcos}$$

$$F_{m_2} = 16\ 167,89 / 6 = 2\ 694,65 \text{ kg}$$

$$F_{m_1} = 10\ 890,84 / 6 = 1\ 815,14 \text{ kg}$$

Fuerzas por marco

Las fuerzas por nivel deben distribuirse entre los marcos que componen el mismo, estas se calculan de la siguiente manera:

$$FM = FM' \pm FM'' \quad FM' = K_i \cdot F_{ni} / \Sigma K_i \quad FM'' = e \cdot F_{ni} / E_i$$

$$E_i = \Sigma K_i \cdot d_i^2 / K_i \cdot d_i^2 \quad e = |C_m - CR| \quad CR = \Sigma K_i \cdot d_i / \Sigma K_i$$

Donde:

FM' = fuerza proporcional a la rigidez

FM'' = fuerza de torsión

K<sub>i</sub> = rigidez de marco K = 1 si los elementos son simétricos

E<sub>i</sub> = módulo de rigidez

e = excentricidad,  $e_{\min} = 0,05 \cdot (\text{altura total del edificio})$

CR = centro de rigidez

Cm = centro de masa ( $C_{mx} = x/2$  y  $C_{my} = y/2$ )

di = distancia del CR al marco considerado

Marco típico sentido X

$$C_{mx} = x/2 = 30/2 = 15$$

$$CR_x = (1 \cdot 10,65 + 1 \cdot 6,65 + 1 \cdot 2,65 + 1 \cdot 0) / 4 = 4,98$$

$$C_{mx} = (2,65 + 4 + 4) / 2 = 5,32$$

$$e_x = |5,32 - 4,98| = 0,34$$

Marco típico sentido Y

$$C_{my} = y/2 = 10,65/2 = 5,32$$

$$CR_y = (1 \cdot 0 + 1 \cdot 6 + 1 \cdot 12 + 1 \cdot 18 + 1 \cdot 24 + 1 \cdot 30) / 6 = 15$$

$$C_{my} = (30) / 2 = 15$$

$$e_y = |15 - 15| = 0, \text{ no existe torsión en Y}$$

Tabla VI. **Fuerza por marco por torsión, nivel 2**

MARCO	Km	di	Km*di	(Km*di) <sup>2</sup>	Ei	Fi'	Fi''	Fm
4	1	5.67	5.67	32.15	11.49	4 041.97	478.42	4 520.39
3	1	1.67	1.67	2.79	39.02	4 041.97	140.88	4 182.85
2	1	-2.33	-2.33	5.43	-27.97	4 041.97	-196.53	3 845.44
1	1	-4.98	-4.98	24.80	-13.09	4 041.97	-419.95	3 622.02
	4			65.17				

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Fuerza por marco por torsión, nivel 1

MARCO	Km	di	Km*di	(Km*di) <sup>2</sup>	Ei	Fi'	Fi''	Fm
4	1	5.67	5.67	32.15	11.49	2 722.71	322.27	3 044.98
3	1	1.67	1.67	2.79	39.02	2 722.71	94.89	2 817.60
2	1	-2.33	-2.33	5.43	-27.97	2 722.71	-132.39	2 590.32
1	1	-4.98	-4.98	24.80	-13.09	2 722.71	-282.88	2 439.83
	4			65.17				

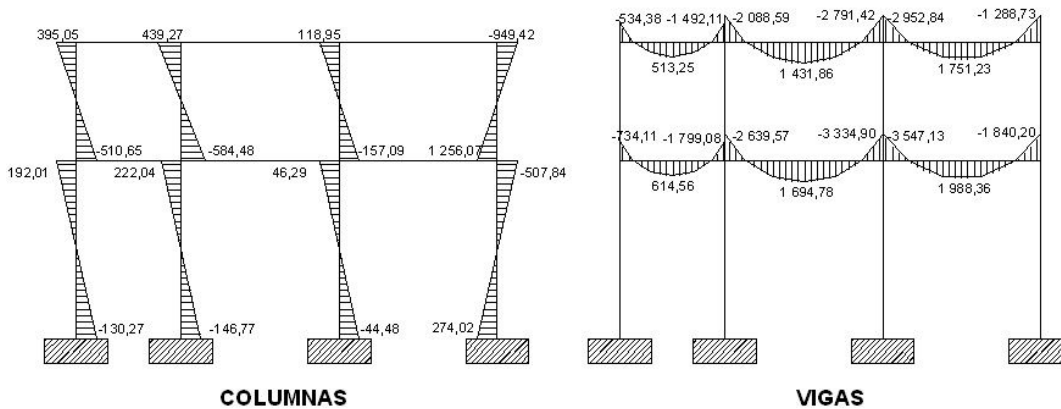
Fuente: elaboración propia.

- Fuerzas internas halladas con método estructural

Para hallar las fuerzas internas se utilizó el método de Kanni, el cual se confrontó con los resultados obtenidos en Etabs.

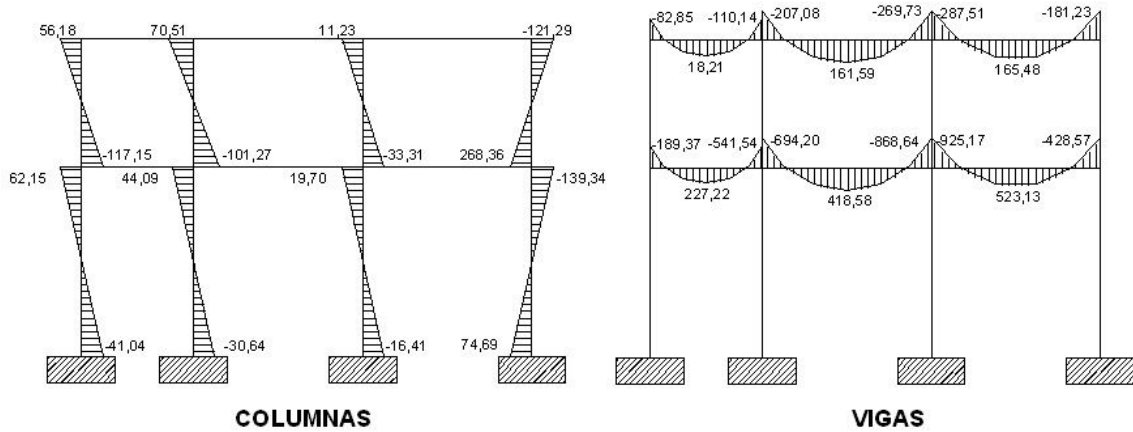
A continuación se presentan los resultados del análisis estructural de la carga muerta, la carga viva y la fuerza de sismo por separado, del marco dúctil típico sentido Y, que se observa en las figuras 6,7, y 8.

Figura 6. Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco dúctil sentido Y



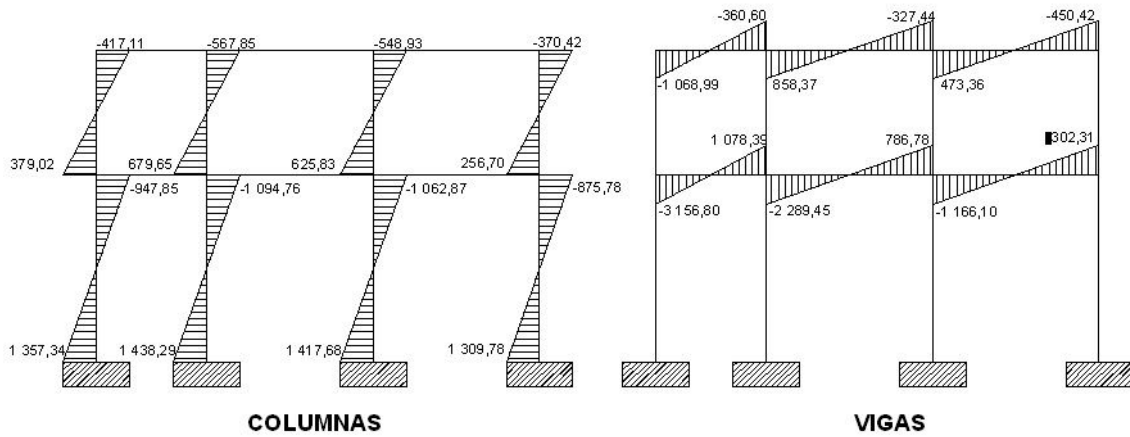
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco típico sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

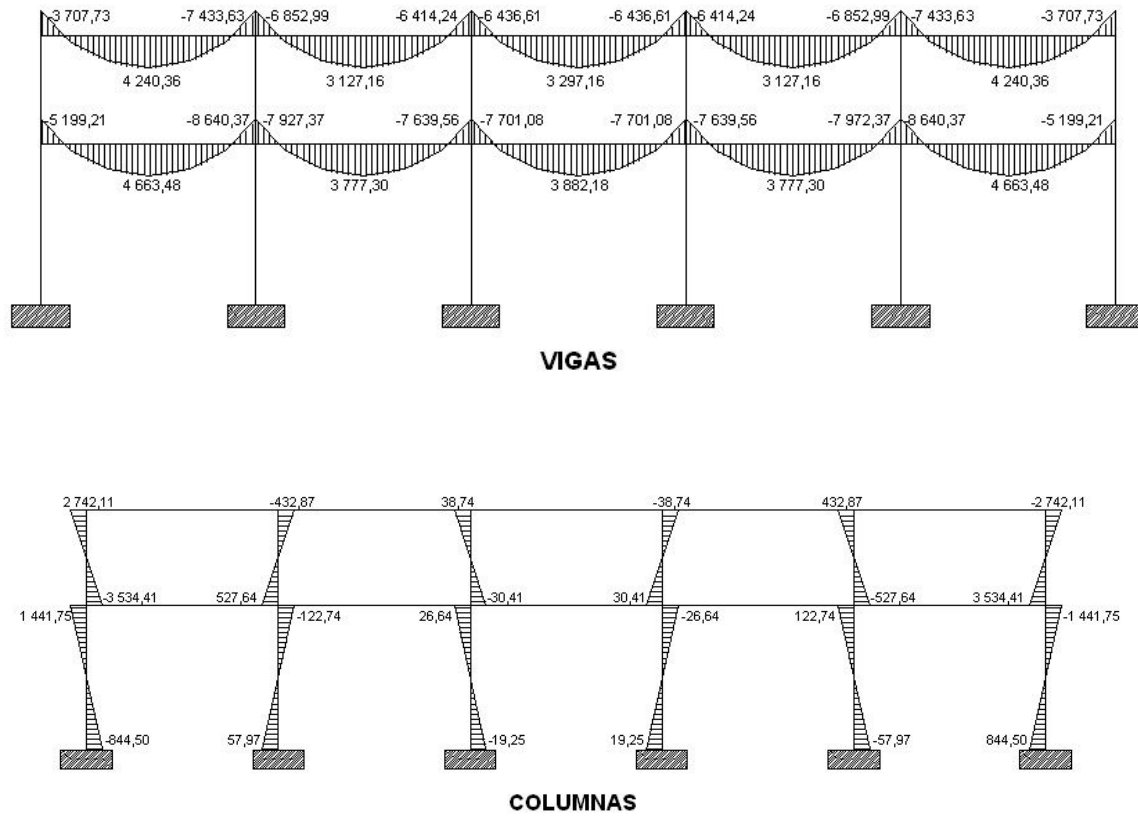
Figura 8. **Diagrama de momentos (kg-m) – fuerza sísmica – marco típico sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

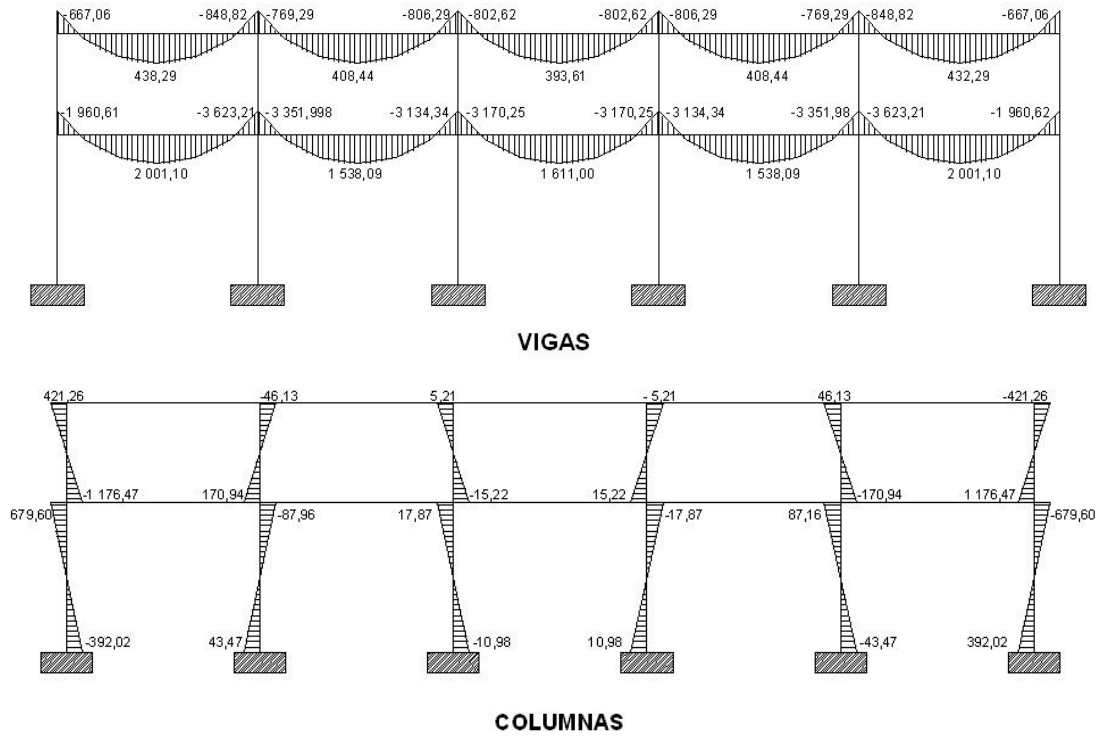
A continuación se presentan los resultados del análisis estructural de la carga muerta, la carga viva y la fuerza de sismo por separado, del marco dúctil sentido X, que se observa en las figuras 9,10, y 11.

Figura 9. **Diagrama de momentos (kg-m) – carga muerta – marco típico sentido X**



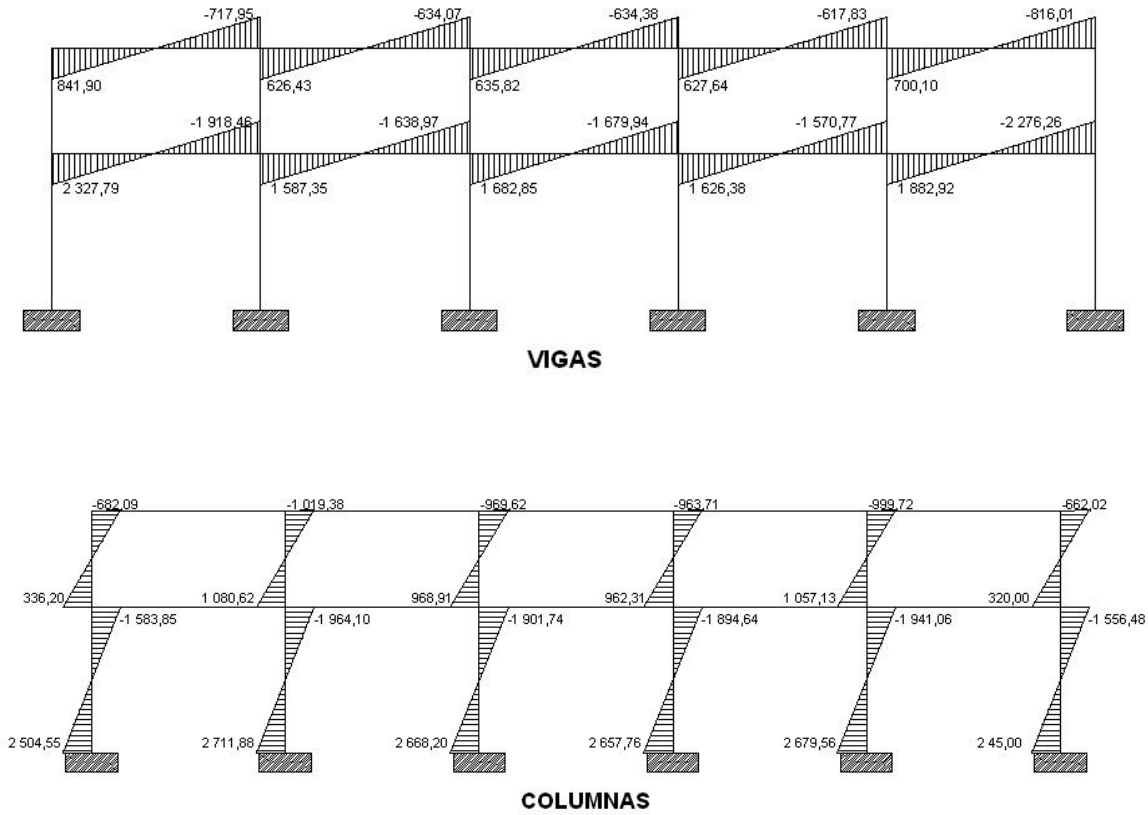
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Diagrama de momentos (kg-m) – carga viva – marco típico sentido X**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Diagrama de momentos (kg-m) – fuerza sísmica – marco típico sentido X**



Fuente: elaboración propia.

- Momentos últimos por envolvente de momentos

La envolvente de momentos es la representación de los esfuerzos máximos que pueden ocurrir al superponer los efectos de la carga muerta, la carga viva y la carga sísmica, tanto en vigas como en columnas. Las diferentes combinaciones que recomienda el ACI son:



Para momentos últimos negativos en vigas

$$M_{(-)} = 0,75 * (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} + 1,87 * M_S)$$

$$M_{(-)} = 0,75 * (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} - 1,87 * M_S)$$

Para momentos últimos positivos en vigas

$$M_{(+)} = 1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV}$$

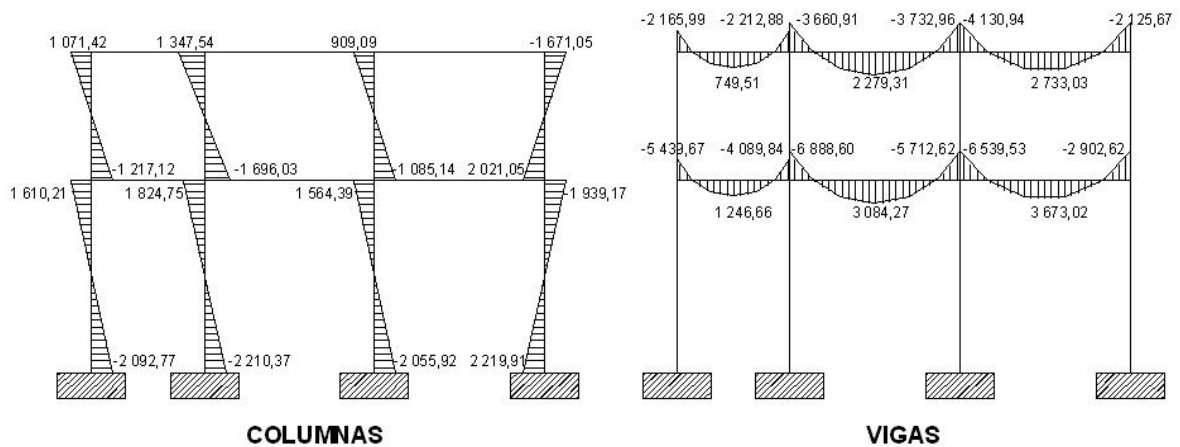
Para momentos últimos en columnas

$$M_C = 0,75 * (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} + 1,87 * M_S)$$

$$M_C = 0,75 * (1,4 * M_{CM} + 1,7 * M_{CV} - 1,87 * M_S)$$

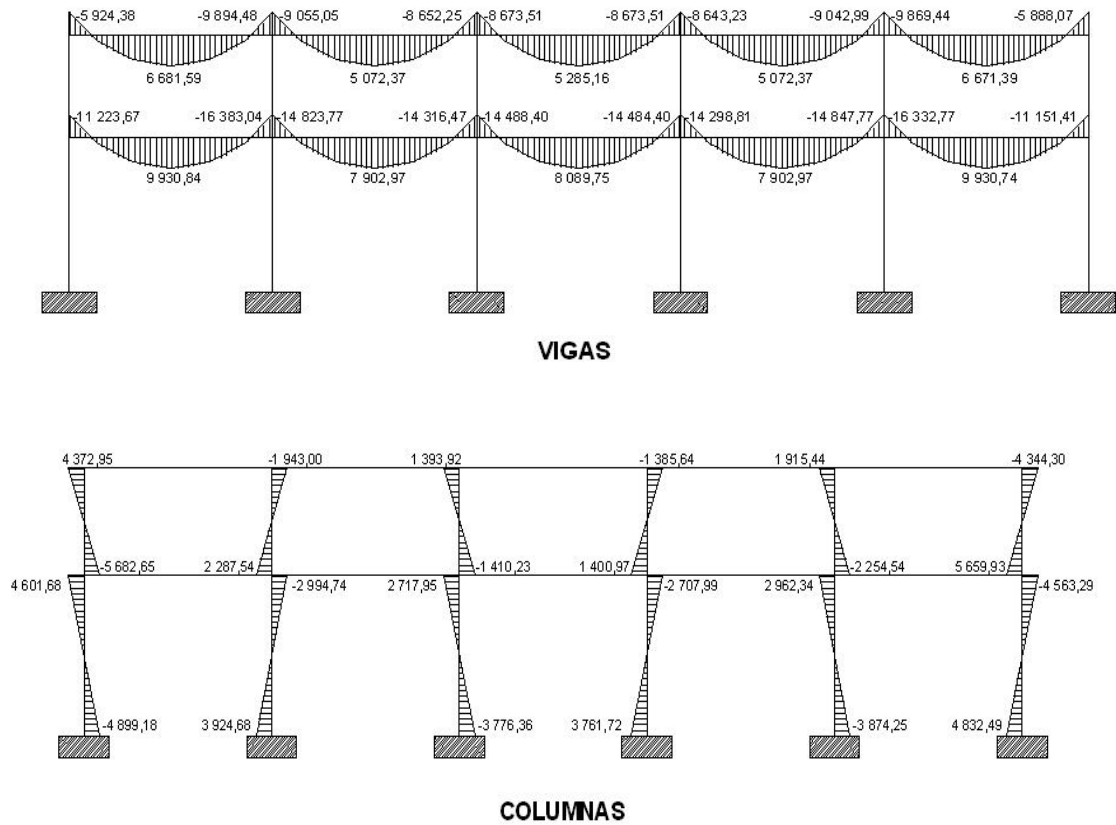
Empleando las combinaciones de las ecuaciones anteriores, se calculan todas las envolventes de momentos para marcos rígidos sentido X y Y, cuyos resultados pueden observarse en las figuras 12 a la 15.

Figura 12. **Diagrama de momentos últimos – marco dúctil sentido Y**



Fuente: elaboración propia.

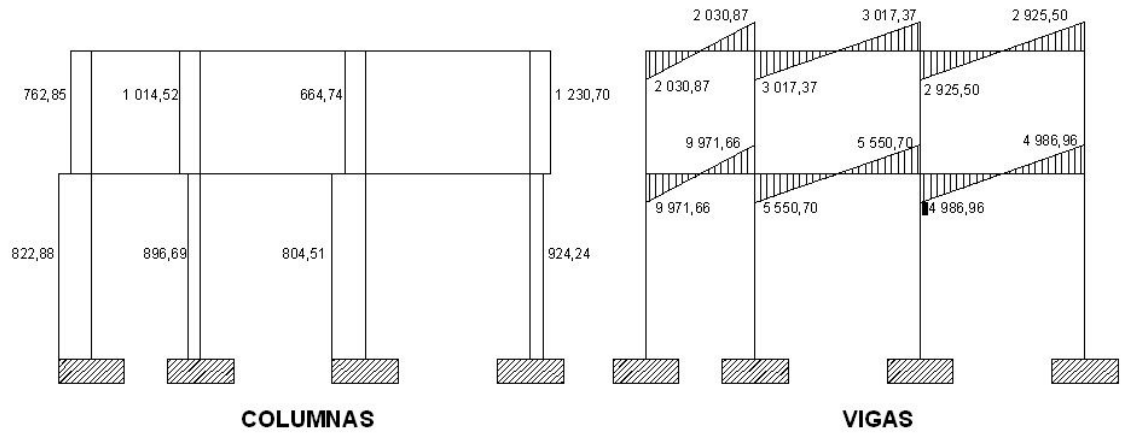
Figura 13. Diagrama de momentos últimos – marco dúctil sentido X



Fuente: elaboración propia.

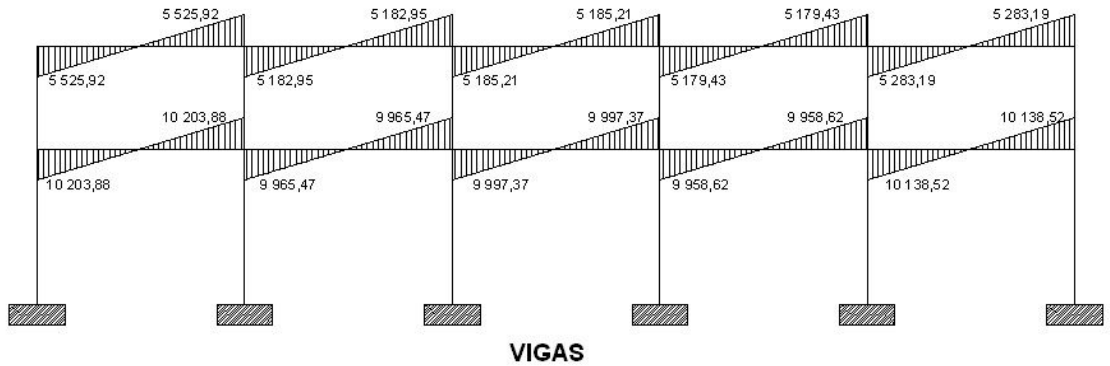
- Diagramas de cortes últimos

Figura 14. Diagrama de cortes últimos – marco dúctil sentido Y

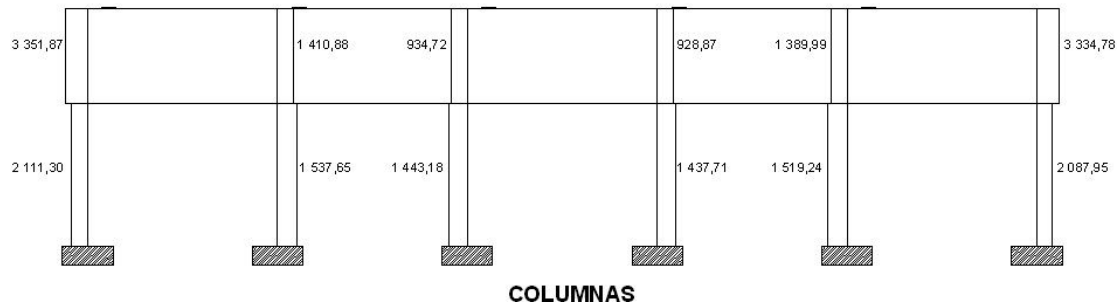


Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de cortes últimos – marco dúctil sentido X



Continuación de la figura 15.



Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.3. Dimensionamiento

El dimensionamiento es la actividad que se realiza por medio de una serie de cálculos, con el fin de definir las características detalladas de los distintos elementos que componen una estructura, esta parte de la edificación es la que se destina para soportar las cargas que se presentan en su vida útil.

Para el diseño estructural de este edificio, se usarán los siguientes datos:

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

$$f_c = \text{resistencia a la compresión del concreto} = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma_c = \text{peso específico del concreto} = 2\,400 \text{ kg/cm}^3$$

$$E_s = \text{módulo de elasticidad del acero} = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_c = \text{módulo de elasticidad del concreto} = 15\,100 \sqrt{f_c} \text{ kg/cm}^2$$

Se usaron los siguientes recubrimientos en:

$$\text{Vigas} = 0,04 \text{ m}$$

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

Columnas = 0,03 m

Cota cimiento = 1,50 m

Losas = 0,025 m

- Diseño de losas

Las losas son elementos estructurales que pueden servir como cubiertas que protegen de la intemperie, como entresijos para transmitir cargas verticales, o como diafragmas para transmitir cargas horizontales.

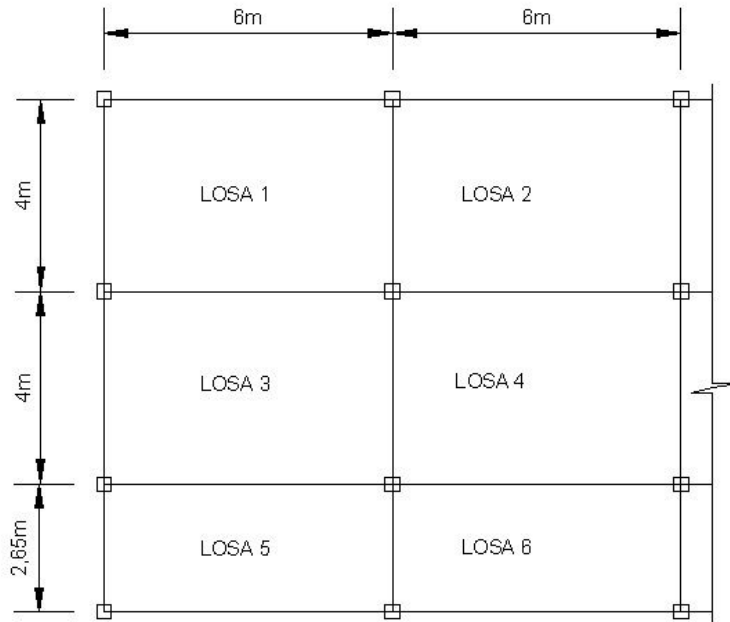
El método que se utilizará para el diseño de losas del edificio escolar será el método 3 de ACI. Para este método, el código ACI 318-99, proporciona tablas de coeficientes de momentos para una variedad de condiciones de apoyos y bordes. Estos coeficientes se basan en un análisis elástico, y una distribución inelástica.

Los momentos al centro de ambas direcciones de losa son mayores que en las regiones cerca de los bordes. El método define que, si la relación  $m = a/b$  es mayor de 0,5, se considera la losa como reforzada en dos direcciones, y solo se puede usar en losas rectangulares, los apoyos en todos los bordes de la losa deben ser rígidos (muros y vigas), el método no considera el efecto de torsión en las vigas de borde exterior.

- Losas nivel 1

En la figura 16 se muestra la planta de distribución de losas que se utilizó en ambos niveles.

Figura 16. **Planta típica de distribución de losas, nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

Espero de losa  $t = 0,11 \text{ m}$

$m = a/b = 4/6 = 0,67 > 0,5$  trabaja en 2 sentidos, losas 1, 2, 3 y 4

$m = a/b = 2,65/6 = 0,44 < 0,5$  trabaja en 1 sentido, losas 5 y 6

$$CU = 1,4 \cdot CM + 1,7 \cdot CV$$

Para losas 1, 2, 3 y 4

$CM = \text{peso losa} + \text{sobre carga}$

$$CM = (2400 \cdot 0,11) + 90$$

$$CM = 354 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4 \cdot 354 + 1,7 \cdot 300$$

$$CU = 1\ 005,6 \text{ kg/m}^2$$

Para losas 5 y 6

$CM = \text{peso losa} + \text{sobre carga}$

$$CM = (2400 \cdot 0,11) + 90$$

$$CM = 354 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4 \cdot 354 + 1,7 \cdot 500$$

$$CU = 1\ 345,6 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos actuantes:

Para los momentos se considera franjas unitarias de un metro de ancho, calculando los momentos positivos y negativos, por la simetría en planta solo se calcularán seis losas por nivel.

momentos negativos

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

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

momentos positivos

$$M_{b(+)} = C_{b+} * CV_u * b^2 + C_{b+} * CM_u * b^2$$

$$M_{a(+)} = C_{a+} * CV_u * b^2 + C_{a+} * CM_u * a^2$$

Donde:

C = coeficiente de tablas ACI 318-99

CV<sub>u</sub>, CM<sub>u</sub> = carga viva y carga muerta últimas

a = lado corto

b = lado largo

Losa 1

Caso 4

$$M_{a(-)} = 0,081 * (1\ 005,6) * (4)^2 = 1\ 303,26 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,019 * (1\ 005,6) * (6)^2 = 687,83 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,057 * (510) * (4)^2 + 0,046 * (495,6) * (4)^2 = 829,88 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,014 * (510) * (6)^2 + 0,011 * (495,6) * (6)^2 = 453,29 \text{ kg.m}$$

Losa 2

Caso 8

$$M_{a(-)} = 0,068 * (1\ 005,6) * (4)^2 = 1\ 094,09 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,029 * (1\ 005,6) * (6)^2 = 1\ 049,85 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,054 * (510) * (4)^2 + 0,040 * (495,6) * (4)^2 = 757,82 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,014 * (510) * (6)^2 + 0,011 * (495,6) * (6)^2 = 453,29 \text{ kg.m}$$

### Losa 3

#### Caso 9

$$M_{a(-)} = 0,081 \cdot (1\ 005,6) \cdot (4)^2 = 1\ 303,26 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,011 \cdot (1\ 005,6) \cdot (6)^2 = 398,21 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,050 \cdot (510) \cdot (4)^2 + 0,033 \cdot (495,6) \cdot (4)^2 = 669,68 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,011 \cdot (510) \cdot (6)^2 + 0,006 \cdot (495,6) \cdot (6)^2 = 309,00 \text{ kg.m}$$

### Losa 4

#### Caso 2

$$M_{a(-)} = 0,074 \cdot (1\ 005,6) \cdot (4)^2 = 1\ 190,63 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,017 \cdot (1\ 005,6) \cdot (6)^2 = 615,43 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,049 \cdot (510) \cdot (4)^2 + 0,030 \cdot (495,6) \cdot (4)^2 = 637,72 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,012 \cdot (510) \cdot (6)^2 + 0,007 \cdot (495,6) \cdot (6)^2 = 345,21 \text{ kg.m}$$

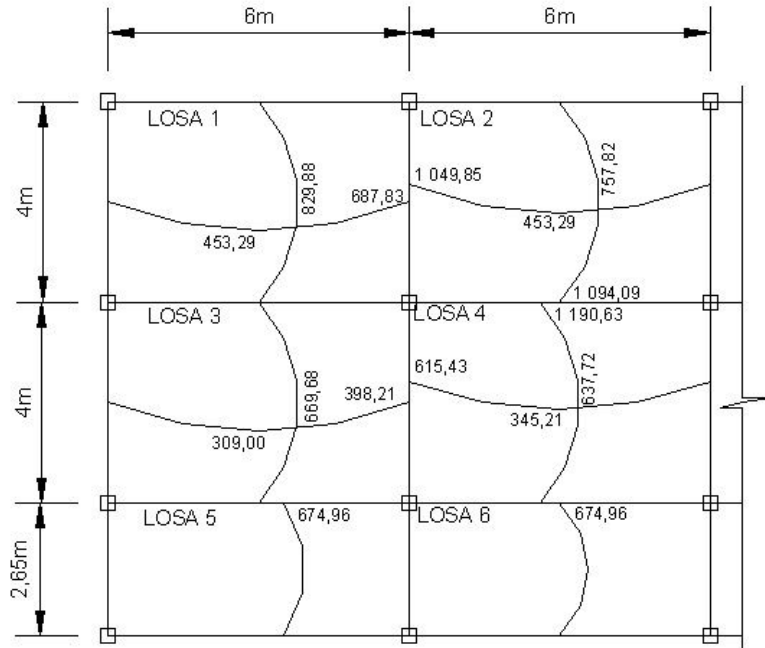
### Losas 5 y 6

$$M_{a(-)} = 1\ 345,60 \cdot (2,65)^2 / 14 = 674,96 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 1\ 345,60 \cdot (2,65)^2 / 14 = 674,96 \text{ kg.m}$$



Figura 17. **Planta de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia.

### Balance de momentos

Cuando dos losas comparten un lado en común y en el mismo ambas presentan diferencia de momentos actuantes, deben balancearse, aplicando el siguiente criterio:

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

### Balance losas 1 y 2

$M_{\text{mayor}} = 1\,049,85 \text{ kg.m}$        $M_{\text{menor}} = 687,83 \text{ kg.m}$

$0,8 \cdot 1\,049,85 = 839,88 \text{ kg.m} > 687,83 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$K_1 = K_2 = 1/L = 1/6 = 0,17$

$$D_1 = D_2 = K_1 / (K_1 + K_2) = 0,17 / (0,17 + 0,017) = 0,50$$

$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_1)$$

$$M_{B1} = 1\,049,85 - ((1\,049,85 - 687,83) * 0,5)$$

$$M_{B1} = 868,84 \text{ kg.m}$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_2)$$

$$M_{B2} = 687,83 - ((1\,049,85 - 687,83) * 0,5)$$

$$M_{B2} = 868,84 \text{ kg.m}$$

Balance losas 2 y 4

$$M_{\text{mayor}} = 1\,190,63 \text{ kg.m} \quad M_{\text{menor}} = 1\,094,09 \text{ kg.m}$$

$0,8 * 1\,190,63 = 952,50 \text{ kg.m} < 1\,094,09 \text{ kg.m}$ , entonces por promedio de momentos

$$M_B = (1\,190,63 + 1\,094,09) / 2$$

$$M_B = 1\,142,36 \text{ kg.m}$$

Balance losas 3 y 4

$$M_{\text{mayor}} = 615,43 \text{ kg.m} \quad M_{\text{menor}} = 398,21 \text{ kg.m}$$

$0,8 * 615,43 = 492,34 \text{ kg.m} > 398,21 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$$K_1 = K_2 = 1/L = 1/6 = 0,17$$

$$D_1 = D_2 = K_1 / (K_1 + K_2) = 0,17 / (0,17 + 0,017) = 0,50$$

$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_1)$$

$$M_{B1} = 615,43 - ((615,43 - 398,21) * 0,5)$$

$$M_{B1} = 506,82 \text{ kg.m}$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_2)$$

$$M_{B2} = 398,21 - ((615,43 - 398,21) * 0,5)$$

$$M_{B2} = 506,82 \text{ kg.m}$$

Balance losas 3 y 5

$$M_{\text{mayor}} = 1\,303,26 \text{ kg.m} \quad M_{\text{menor}} = 674,96 \text{ kg.m}$$

$0,8 * 1303,26 = 1\,042,60 \text{ kg.m} > 674,96 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$$K_1 = 1/L = 1/4 = 0,25 \quad D_2 = 0,25/0,63 = 0,40$$

$$K_2 = 1 / 2,65 = 0,38 \quad D_1 = 0,38/0,63 = 0,60$$

$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_1)$$

$$M_{B1} = 1\,303,26 - ((1\,303,26 - 674,96) * 0,60)$$

$$M_{B1} = 926,28 \text{ kg.m}$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_2)$$

$$M_{B2} = 674,96 - ((1\,303,26 - 674,96) * 0,40)$$

$$M_{B2} = 926,28 \text{ kg.m}$$

Balance losas 4 y 6

$$M_{\text{mayor}} = 1\,190,63 \text{ kg.m} \quad M_{\text{menor}} = 674,96 \text{ kg.m}$$

$0,8 * 1\,190,63 = 952,60 \text{ kg.m} > 674,96 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$$K_1 = 1/L = 1/4 = 0,25 \quad D_2 = 0,25/0,63 = 0,40$$

$$K_2 = 1 / 2,65 = 0,38 \quad D_1 = 0,38/0,63 = 0,60$$

$$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_1)$$

$$M_{B1} = 1\,190,63 - ((1\,190,63 - 674,96) * 0,60)$$

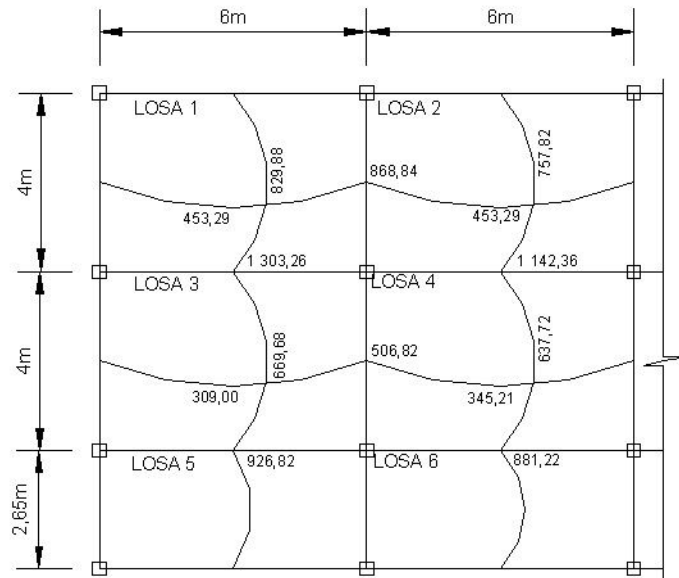
$$M_{B1} = 881,22 \text{ kg.m}$$

$$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) * D_2)$$

$$M_{B2} = 674,96 - ((1\,190,63 - 674,96) * 0,40)$$

$$M_{B2} = 881,22 \text{ kg.m}$$

Figura 18. **Planta distribución de momentos balanceados para losas nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

### Diseño del acero de refuerzo

El refuerzo en las losas se calcula como si fuera una viga, usando el ancho unitario de 1,00 metro, el procedimiento seguido es el siguiente:

Peralte  $d = t - \text{recubrimiento}$

$$d = 11 - 2,5 = 8,50 \text{ cm}$$

Calculo de acero mínimo

$$A_{s\text{mín}} = 0,4 * (14,1 / 2810) * b*d$$

$$A_{s\text{mín}} = 0,4 * (14,1 / 2810) * 100*8,5$$

$$A_{s\text{mín}} = 1,71 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento (S) entre varillas con  $A_{s\text{mín}}$   $S = Av/As$

$$S = 0,71/1,71 = 0,42$$

$$S_{\text{máx}} = 2t = 2*0,11 = 0,22$$

Por lo tanto se colocará hierro No.3 @ 0,20 m

Calculando  $A_s$  con espaciamiento máximo se tiene:

$$A_s = A_v * 100 / S_{\text{máx}}$$

$$A_s = 0,71 * 100 / 20$$

$$A_s = 3,55 \text{ cm}^2$$

Cálculo de momento soportado usando  $A_s$

$$M_{AS} = \phi * [A_{s\text{mín}} * f_y * (d - ((A_{s\text{mín}} * f_y) / (1,7 * f_c * b)))]$$

$$M_{AS} = 0,90 * [3,55 * 2810 * (8,5 - ((3,55 * 210) / (1,7 * 2810 * 100)))]$$

$$M_{AS} = 762,98 \text{ kg.m}$$

Cálculo de áreas de aceros

Se calcula con la formula siguiente:

$$A_s = (b * d - [(b * d)^2 - ((M * b) / (0,003825 * f_c)) * ((0,85 * f_c) / f_y)])$$

Tabla VIII. **Áreas de acero requeridas en losas típicas**

<b>SENTIDO X</b>				
<b>M</b>	<b>As</b>	<b>No. varilla</b>	<b>A varilla</b>	<b>S</b>
829,83	3,87	4	1,29	33
868,84	4,05	4	1,29	32
<b>SENTIDO Y</b>				
<b>M</b>	<b>As</b>	<b>No. varilla</b>	<b>A varilla</b>	<b>S</b>
1 303,26	6,08	3	0,71	12
926,28	4,32	3	0,71	16
1 142,36	5,33	3	0,71	13
881,22	4,11	3	0,71	17

Fuente: elaboración propia.

Se diseña con el espaciamiento menor y tomando en cuenta el momento mayor en los sentidos X y Y, en los sentidos X se utiliza No.4 @ 0,20 metros y en sentido Y No.3 @ 0,12 metros.

#### Revisión de 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. El procedimiento es el siguiente:

Corte máximo actuante  $V_{m\acute{a}x}$

$$V_{m\acute{a}x} = (C_{uu} * L) / 2$$

$$V_{m\acute{a}x} = (1345,60 * 4) / 2 = 2691,20 \text{ kg.}$$

Corte máximo resistente  $V_r$

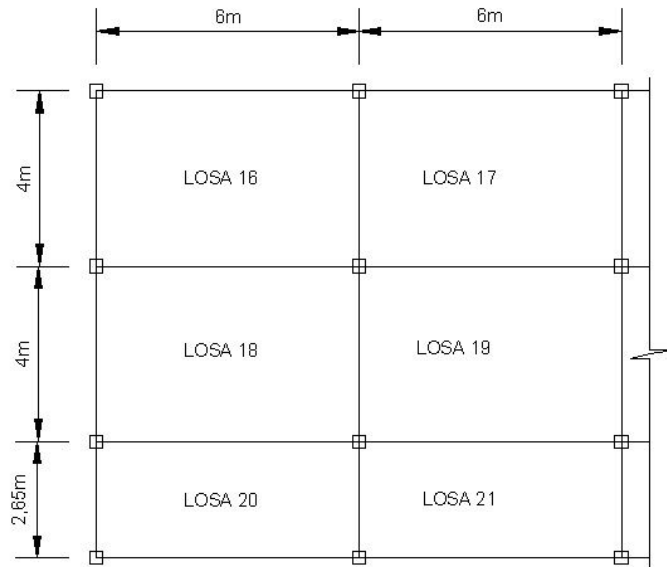
$$V_r = 45 * \sqrt{f'_c} * t$$

$$V_r = 45 * (\sqrt{210}) * 11 = 7173,23 \text{ kg}$$

Como  $V_r > V_{m\acute{a}x}$  el espesor es el adecuado.

- Losas nivel 2

Figura 19. **Planta típica de distribución de losas, nivel 2**



Fuente: elaboración propia.

Espesor de losa  $t = 0,11$  m

$m = a/b = 4/6 = 0,67 > 0,5$  trabaja en 2 sentidos, losas 16, 17, 18 y 19

$m = a/b = 2,65/6 = 0,44 < 0,5$  trabaja en 1 sentido, losas 20 y 21

$$CU = 1,4 \cdot CM + 1,7 \cdot CV$$

Para losas 16, 17, 18, 19, 20 y 21

CM = peso losa + sobre carga

$$CM = (2400 \cdot 0,11) + 90$$

$$CM = 354 \text{ kg/m}^2$$

$$CU = 1,4 \cdot 354 + 1,7 \cdot 100$$

$$CU = 665,60 \text{ kg/m}^2$$

Cálculo de momentos actuantes:

momentos negativos

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

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

momentos positivos

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

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

Donde:

C = coeficiente de tablas ACI 318-99

$C_{V_u}$ ,  $C_{M_u}$  = carga viva y carga muerta últimas

a = lado corto

b = lado largo

Losa 16

Caso 4

$$M_{a(-)} = 0,081 * (665,6) * (4)^2 = 862,61 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,019 * (665,6) * (6)^2 = 455,27 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,057 * (170) * (4)^2 + 0,046 * (495,6) * (4)^2 = 519,80 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,014 * (170) * (6)^2 + 0,011 * (495,6) * (6)^2 = 281,94 \text{ kg.m}$$

Losa 17

Caso 8

$$M_{a(-)} = 0,068 * (665,60) * (4)^2 = 724,17 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,029 * (665,60) * (6)^2 = 694,88 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,054 * (170) * (4)^2 + 0,040 * (495,6) * (4)^2 = 464,06 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,014 * (170) * (6)^2 + 0,011 * (495,6) * (6)^2 = 281,94 \text{ kg.m}$$

Losa 18

Caso 9

$$M_{a(-)} = 0,081 * (665,60) * (4)^2 = 862,61 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,011 * (665,60) * (6)^2 = 263,58 \text{ kg.m}$$



$$M_{a(+)} = 0,050 \cdot (170) \cdot (4)^2 + 0,033 \cdot (495,6) \cdot (4)^2 = 397,68 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(+)} = 0,011 \cdot (170) \cdot (6)^2 + 0,006 \cdot (495,6) \cdot (6)^2 = 174,37 \text{ kg.m}$$

Losa 19

Caso 2

$$M_{a(-)} = 0,074 \cdot (665,60) \cdot (4)^2 = 788,07 \text{ kg.m}$$

$$M_{b(-)} = 0,017 \cdot (665,60) \cdot (6)^2 = 407,34 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 0,049 \cdot (170) \cdot (4)^2 + 0,030 \cdot (495,6) \cdot (4)^2 = 371,16 \text{ kg.m}$$

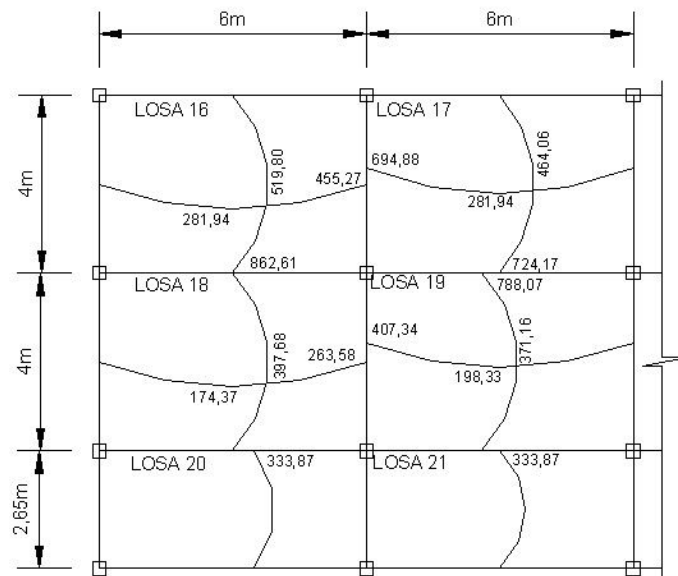
$$M_{b(+)} = 0,012 \cdot (170) \cdot (6)^2 + 0,007 \cdot (495,6) \cdot (6)^2 = 198,33 \text{ kg.m}$$

Losas 20 y 21

$$M_{a(-)} = 665,60 \cdot (2,65)^2 / 14 = 333,87 \text{ kg.m}$$

$$M_{a(+)} = 665,60 \cdot (2,65)^2 / 14 = 333,87 \text{ kg.m}$$

Figura 20. **Planta de momentos en losas nivel 2**



Fuente: elaboración propia.

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

Balance losas 16 y 17

$M_{\text{mayor}} = 694,88 \text{ kg.m}$                        $M_{\text{menor}} = 455,27 \text{ kg.m}$

$0,8 \cdot 694,88 = 555,90 \text{ kg.m} > 455,27 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$K_1 = K_2 = 1/L = 1/6 = 0,17$

$D_1 = D_2 = K_1 / (K_1 + K_2) = 0,17 / (0,17 + 0,17) = 0,50$

$M_{B1} = M_{\text{mayor}} - ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) \cdot D_1)$

$M_{B1} = 694,88 - ((694,88 - 455,27) \cdot 0,5)$

$M_{B1} = 575,07 \text{ kg.m}$

$M_{B2} = M_{\text{menor}} + ((M_{\text{mayor}} - M_{\text{menor}}) \cdot D_2)$

$M_{B2} = 455,27 - ((694,88 - 455,27) \cdot 0,5)$

$M_{B2} = 575,07 \text{ kg.m}$

Balance losas 17 y 19

$M_{\text{mayor}} = 788,07 \text{ kg.m}$                        $M_{\text{menor}} = 724,17 \text{ kg.m}$

$0,8 \cdot 788,07 = 630,45 \text{ kg.m} < 724,17 \text{ kg.m}$ , entonces por promedio de momentos

$M_B = (788,07 + 724,17)/2$

$M_B = 756,12 \text{ kg.m}$

Balance losas 18 y 19

$M_{\text{mayor}} = 407,34 \text{ kg.m}$                        $M_{\text{menor}} = 263,58 \text{ kg.m}$

$0,8 \cdot 407,34 = 325,87 \text{ kg.m} > 263,58 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$K_1 = K_2 = 1/L = 1/6 = 0,17$

$D_1 = D_2 = K_1 / (K_1 + K_2) = 0,17 / (0,17 + 0,17) = 0,50$

$M_{B1} = 407,34 - ((407,34 - 263,58) \cdot 0,5)$

$M_{B1} = 335,46 \text{ kg.m}$

$$M_{B2} = 263,58 - ((407,34 - 263,58) * 0,5)$$

$$M_{B2} = 335,46 \text{ kg.m}$$

Balance losas 18 y 20

$$M_{\text{mayor}} = 862,61 \text{ kg.m} \quad M_{\text{menor}} = 333,87 \text{ kg.m}$$

$0,8 * 862,61 = 690,08 \text{ kg.m} > 333,87 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$$K_1 = 1/L = 1/4 = 0,25 \quad D_2 = 0,25/0,63 = 0,40$$

$$K_2 = 1 / 2,65 = 0,38 \quad D_1 = 0,38/0,63 = 0,60$$

$$M_{B1} = 862,61 - ((862,61 - 333,87) * 0,60)$$

$$M_{B1} = 545,37 \text{ kg.m}$$

$$M_{B2} = 333,87 - ((862,61 - 333,87) * 0,40)$$

$$M_{B2} = 545,37 \text{ kg.m}$$

Balance losas 19 y 21

$$M_{\text{mayor}} = 788,07 \text{ kg.m} \quad M_{\text{menor}} = 333,87 \text{ kg.m}$$

$0,8 * 788,07 = 630,45 \text{ kg.m} > 333,87 \text{ kg.m}$ , entonces por rigideces,

$$K_1 = 1/L = 1/4 = 0,25 \quad D_2 = 0,25/0,63 = 0,40$$

$$K_2 = 1 / 2,65 = 0,38 \quad D_1 = 0,38/0,63 = 0,60$$

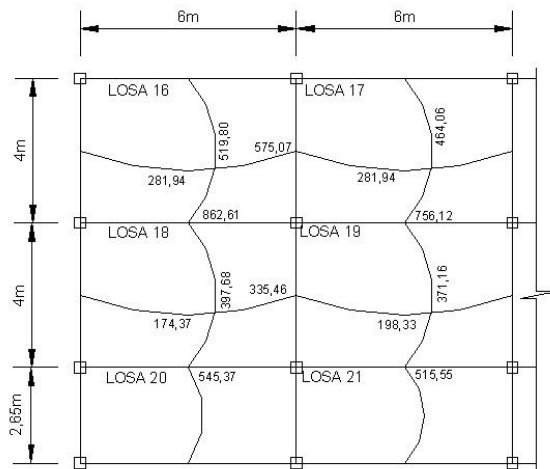
$$M_{B1} = 788,07 - ((788,07 - 333,87) * 0,60)$$

$$M_{B1} = 515,55 \text{ kg.m}$$

$$M_{B2} = 333,87 - ((788,07 - 333,87) * 0,40)$$

$$M_{B2} = 515,55 \text{ kg.m}$$

Figura 21. **Planta distribución de momentos balanceados para losas nivel 2**



Fuente: elaboración propia.

### Diseño del acero de refuerzo

El refuerzo en las losas se calcula como si fuera una viga, usando el ancho unitario de 1,00 metro, el procedimiento seguido es el siguiente:

Peralte  $d = t - \text{recubrimiento}$

$$d = 11 - 2,5 = 8,50 \text{ cm}$$

Cálculo de acero mínimo

$$A_{smín} = 0,4 * (14,1 / 2 810) * b*d$$

$$A_{smín} = 0,4 * (14,1 / 2 810) * 100*8,5$$

$$A_{smín} = 1,71 \text{ cm}^2$$

Cálculo del espaciamiento (S) entre varillas con  $A_{smín}$   $S = Av/As$

$$S = 0,71/1,71 = 0,42$$

$$S_{máx} = 2t = 2*0,11 = 0,22$$

Por lo tanto se colocará hierro No.3 @ 0,20 m

Calculando  $A_s$  con espaciamiento máximo se tiene:

$$A_s = A_v \cdot 100 / S_{\text{máx}}$$

$$A_s = 0,71 \cdot 100 / 20$$

$$A_s = 3,55 \text{ cm}^2$$

Cálculo de momento soportado usando  $A_s$

$$M_{AS} = \phi \cdot [A_{s\text{mín}} \cdot f'_y \cdot (d - ((A_{s\text{mín}} \cdot f_y) / (1,7 \cdot f'_c \cdot b)))]$$

$$M_{AS} = 0,90 \cdot [3,55 \cdot 2810 \cdot (8,5 - ((3,55 \cdot 210) / (1,7 \cdot 2810 \cdot 100)))]$$

$$M_{AS} = 762,98 \text{ kg.m}$$

Cálculo de áreas de aceros

Se calcula con la fórmula siguiente:

$$A_s = (b \cdot d - [(b \cdot d)^2 - ((M \cdot b) / (0,003825 \cdot f'_c)) \cdot ((0,85 \cdot f'_c) / f_y)])$$

Tabla IX. **Áreas de acero requeridas en losas típicas**

<b>SENTIDO Y</b>				
<b>M</b>	<b><math>A_s</math></b>	<b>No. varilla</b>	<b>A varilla</b>	<b>S</b>
862,61	4,02	3	0,71	18

Fuente: elaboración propia.

Se diseña con el espaciamiento menor y tomando en cuenta el momento mayor en los sentidos X y Y, en los sentidos X se utiliza No.4 @ 0,20 metros y en sentido Y No.3 @ 0,18 metros.

### Revisión de 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. El procedimiento es el siguiente:

#### Corte máximo actuante $V_{max}$

$$V_{max} = (C_{uu} * L) / 2$$

$$V_{max} = (665.60 * 4) / 2 = 1,331.20 \text{ kg.}$$

#### Corte máximo resistente $V_r$

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

$$V_r = 45 * (\sqrt{210}) * 11 = 7,173.23 \text{ kg}$$

Como  $V_r > V_{max}$  el espesor es el adecuado.

- Diseño de vigas

Se utilizará el método de fórmula cuadrática para encontrar  $A_s$ . Consiste en diseñar las secciones de los miembros de las estructuras tomando en cuenta las deformaciones inelásticas para alcanzar la resistencia máxima, cuando se aplica una carga máxima a la estructura, igual a la suma de carga de servicio multiplicada por su factor respectivo de carga. Los datos necesarios para su diseño son los momentos y cortes últimos actuantes, que se toman del análisis estructural.

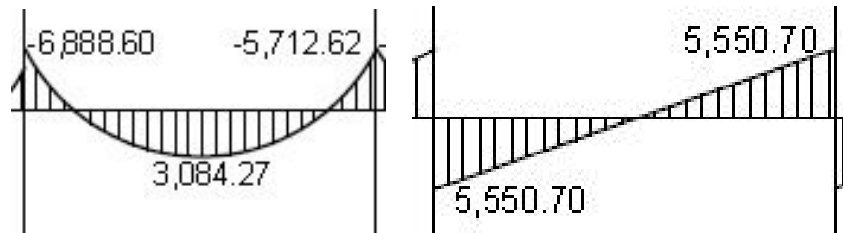
#### Método de fórmula cuadrática para encontrar $A_s$

$$\text{Datos: } b = 30 \text{ cm} \quad d = 36 \text{ cm} \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad f_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Fórmula: } M_u = \phi * [A_s * f_y * (d - ((A_s * f_y) / (1.7 * f'_c * b)))]$$

Utilizando el diagrama de corte y momentos últimos para la viga con momentos máximos, se tiene de la viga del marco 2 del primer nivel:

Figura 22. Diagrama de corte y momentos últimos en viga 2, nivel 1



Fuente: elaboración propia.

Hallando  $A_s$

$$6\,888.60 \cdot 100 = 0.90 \cdot [A_s \cdot (2\,810) \cdot (36 - ((A_s \cdot 2\,810) / (1.7 \cdot 210 \cdot 30)))]$$

$$A_s = 8.04 \text{ cm}^2$$

Límites requeridos:

$$\rho = A_s / b \cdot d = 8.04 / (30 \cdot 36) = 0.007$$

$$\rho_{\text{mín}} = 14.5 / f_y = 0.005$$

$$\rho_{\text{bal}} = \beta \cdot (0.85) \cdot (6120 / (6120 + f_y)) \cdot (f'_c / f_y) = 0.037$$

$$\rho_{\text{máx}} = \phi \cdot \rho_{\text{bal}} = 0.5 \cdot 0.037 = 0.185 \quad \phi = 0.5 \text{ en zona sísmica}$$

$$A_{s\text{mín}} = (14.5 / f_y) \cdot b \cdot d = (14.5 / 2\,810) \cdot 30 \cdot 36 = 5.57 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\text{máx}} = (0.50 \cdot 0.037) \cdot b \cdot d = 19.98 \text{ cm}^2$$

Chequeando límites

$$A_{s\text{mín}} \leq A_s \leq A_{s\text{máx}}$$

$5.57 \leq 8.04 \leq 19.98$ , el armado es correcto.

### Refuerzo longitudinal

Del diagrama de la figura 22 se tiene:

Momentos negativos:

$$M_{(-)} = 6\,888,20 \text{ kg.m} \quad A_s = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$M_{(-)} = 5\,712,62 \text{ kg.m} \quad A_s = 6,59 \text{ cm}^2$$

Momento positivo

$$M^{(+)} = 3\,084,27 \text{ kg.m} \quad A_s = 3,47 \text{ cm}^2$$

### Requisitos sísmicos para armado

Para la cama superior: se deben colocar como mínimo dos varillas de acero en forma continua o tomar el mayor de los siguientes valores:

- $A_{s\text{mín}} = 5,57 \text{ cm}^2$
- $33\% A_{s(-)\text{mayor}} = 0,33*(8,04) = 2,65 \text{ cm}^2$

Usar el mayor,  $A_{s\text{mín}} = 5,57 \text{ cm}^2$ , usar 2 No. 6

Para la cama inferior, usar el mayor de los siguientes:

- $50\% A_{s(-)\text{mayor}} = 0,50*8,04 = 4,02 \text{ cm}^2$
- $50\% A_{s+} = 0,5*3,47 = 1,73 \text{ cm}^2$
- $A_{s\text{mín}} = 5,57 \text{ cm}^2$

Usar  $A_{s\text{mín}} = 5,57 \text{ cm}^2$ , usar 2 No 6.

Acero de refuerzo transversal (estribos)



Se deben colocar estribos en las siguientes zonas de los elementos:

- En una longitud igual a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del elemento de apoyo hasta la mitad del claro, en ambos extremos del elemento en flexión.

$$L_o = 2 \cdot h = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm}$$

- En longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento en ambos lados de una sección donde puede ocurrir fluencia por flexión en conexión con desplazamientos laterales inelásticos del marco.

El primer estribo debe estar situado a no más de 5 centímetros de la cara del elemento en apoyo. El espaciamiento máximo de los estribos no debe de exceder de:

- $d/4$
- ocho veces el diámetro de la varilla de diámetro más pequeño
- 24 veces el diámetro de la varilla del estribo
- 30 según el reglamento ACI 318-99 sección 21.3.3.1, 21.3.3.2

Cuando no se requieren estribos, los estribos deben estar situados a no más de  $d/2$  a lo largo de la longitud del elemento, según el Reglamento ACI 318-99 sección 21.3.3.4.

Utilizando el corte máximo se tiene:

$$V_{\text{máx}} = 5\,550,70 \text{ kg}$$

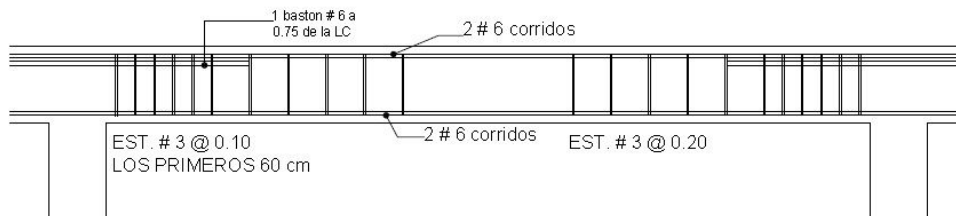
$$\text{Corte máximo del concreto } V_c = \phi \cdot 0,53 \cdot (f'_c)^{1/2} \cdot b \cdot d$$

$$V_c = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (210)^{1/2} \cdot 30 \cdot 36 = 7\,050,36 \text{ kg.}$$

Comparando  $V_{m\acute{a}x} < V_c$  no necesita refuerzo transversal (estribos) utilizando estribos No. 3 @  $d/2 = 36/2 = 18$  centímetros. En el centro del elemento y  $d/4 = 36/4 = 9$  centímetros, en los extremos por requisitos sísmicos.

Entonces usar No. 3 @ 10 cm y No.3 @ 20 cm

Figura 23. **Armado final viga nivel 1**



Fuente: elaboración propia.

- **Diseño de columnas**

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

Área de acero longitudinal

$A_{s\acute{m}in} = 0,01 A_g$

$A_g$  = área gruesa

$A_{s\acute{m}ax.} = 0,06 A_g$  (zona sísmica)

La columna deberá tener como mínimo 4 varillas de acero longitudinal  
 El lado más pequeño de una columna estructural será de 20 centímetros  
 La sección mínima deberá ser de 400 centímetros cuadrados  
 El refuerzo transversal (estribos) nunca podrá ser menor que # 3

Procedimiento a seguir para el diseño de columnas:

Carga axial:

$$\text{Área tributaria} = 24 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga última} = 1,4\text{CM} + 1,7\text{CV}$$

$$\text{Nivel 1: } \text{CM} = (0,11 \cdot 2\,400) + 90 + 150 = 504 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{CU} = 1,4 \cdot 504 + 1,7 \cdot 500$$

$$\text{CU} = 1\,555,60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CT} = \text{CM} + \text{CV} = 504 + 500 = 1\,004,00 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{FCU} = \text{CU}/\text{CT} = 1\,555,60 / 1\,004 = 1,55$$

$$\text{Nivel 2: } \text{CM} = (0,11 \cdot 2\,400) + 90 = 354 \text{ kg/m}^2$$

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

$$\text{CU} = 1,4 \cdot 354 + 1,7 \cdot 100 = 665,60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{CT} = \text{CM} + \text{CV} = 354 + 100 = 454 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{FCU} = 665,60 / 454 = 1,47$$

Carga axial

Fórmula:

$$\text{Pc2} = \text{At} \cdot \text{Cu nivel2} + \text{Av} \cdot \text{Lv} \cdot \text{Wc} \cdot \text{FCU}$$

$$\text{Pc} = \text{Pc2} + (\text{Ac} \cdot \text{hc} \cdot \text{Wc} \cdot \text{FCU}) \text{ Col2} + (\text{Av} \cdot \text{Lv} \cdot \text{Wc} \cdot \text{FCU}) + \text{At} \cdot \text{Cu nivel 1}$$

Donde:

At = área tributaria de columna

Ac = área de columna

Av = área de viga

FCU = factor de carga última

Wc = peso específico

hc = altura de columna

Lv = longitud de viga

$$Pc \text{ nivel2} = (24 \cdot 665,60) + (0,30 \cdot 0,40 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,47) = 18 \, 514,56 \text{ kg.}$$

$$Pc \text{ nivel1} = 18 \, 514,56 + (0,30 \cdot 0,30 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,47) + (0,30 \cdot 0,4 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 400 \cdot 1,55) + 24 \cdot (1 \, 555,60) = 59 \, 479,92 \text{ kg}$$

Chequeo de columnas:

En el diseño de columnas es necesario hacer varios chequeos y ver cómo funciona la columna, es decir si se trata de una columna corta, esbelta o larga.

Lo cual involucra la esbeltez de las columnas, clasificándolas así:

Columnas cortas:  $E < 22$  no se magnifica

Columnas esbeltas  $22 < E < 100$  se magnifica

Columnas largas  $E > 100$  no es aconsejable construirlas porque fallan por pandeo. ACI 318-99, sección 10.13.2

$$\text{Fórmula: } E = (K \cdot Lu) / r$$

Donde:

E = esbeltez

Lu = longitud entre apoyos

K = factor de pandeo

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

$$K = ((20 - \psi_{\text{prom}}) / 20) * (1 + \psi_{\text{prom}})^{1/2} \quad \text{para } \psi_{\text{prom}} < 2$$

$$K = 0,90 * (1 + \psi_{\text{prom}})^{1/2} \quad \text{para } \psi \geq 2$$

El factor K se determina por medio de la fórmula de Jackson, basándose en la relación de rigidez ( $\psi$ ), donde:

$$\Psi = \frac{\sum \text{rigideces de columnas que se unen en el nodo considerado}}{\sum \text{Rigideces de vigas que se unen en el nodo considerado}}$$

$$\text{Inercia de vigas} = (b \cdot h^3) / 12 = (30 \cdot (40)^3) / 12 = 160\,000 \text{ cm}^4$$

$$\text{Inercia de columnas} = (b \cdot h^3) / 12 = (30 \cdot (30)^3) / 12 = 67\,500 \text{ cm}^4$$

Sentido X

$$\Psi_A = \frac{(67\,500 / 300) + (67\,500 / 450)}{(160\,000 / 300) + (160\,000 / 300)} = 0,35 \quad \Psi_B = 0$$

$$\Psi_{\text{prom}} = 0,35 / 2 = 0,175 < 2$$

$$K = ((20 - 0,175) / 20) * (1 + 0,175)^{1/2}$$

$$K = 1,07$$

$$E = (1,07 \cdot 4,50) / (0,3 \cdot 0,3) = 53,2 \quad \text{Columna Esbelta}$$

Sentido Y

$$\Psi_A = \frac{(67\,500 / 300) + (67\,500 / 450)}{(160\,000 / 200) + (160\,000 / 200)} = 0,23 \quad \Psi_B = 0$$

$$\Psi_{\text{prom}} = 0,23 / 2 = 0,12 < 2$$

$$K = ((20 - 0,12) / 20) * (1 + 0,12)^{1/2}$$

$$K = 1,05$$

$$E = (1,05 \cdot 4,50) / (0,3 \cdot 0,3) = 52,2 \quad \text{Columna Esbelta}$$

De acuerdo a los valores de esbeltez obtenidos en sentido X, Y, la columna se clasifica dentro de las esbeltas, por lo que se deben de magnificar los momentos actuantes.

Magnificador de momentos

Fórmulas:

$$M_d = \delta * M_a \quad EI = \frac{(E_c * I_g)}{2,5} \quad P_{cr} = \frac{\pi^2 * EI}{(k * L_u)^2} \quad \delta = 1 / (1 - (P_u / \phi * P_{cr})) < 1$$

Donde:

$P_u$  = carga de diseño última

$P_{cr}$  = carga crítica de pandeo de Euler

$\beta_d$  = factor de flujo plástico = 504/1 004 = 0,50

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto

$I_g$  = momento de inercia de la sección total del concreto respecto al eje centroidal, sin tomar en consideración el esfuerzo.

$\delta$  = factor de amplificación de momentos

El magnificador de momentos ( $\delta$ ) es un factor de seguridad por el cual deben de multiplicarse los momentos últimos en columnas para evitar pandeo.

$$\delta = 1 / (1 - (P_u / \phi * P_{cr})) < 1 \quad \phi = 0,70 \text{ si se usan estribos}$$
$$\phi = 0,75 \text{ si se usan zunchos}$$

Cálculo del magnificador de momentos en el sentido X:

$$E_c = 15,100 * (210)^{1/2} = 218 819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_d = 0,50$$

$$EI = \frac{(218 819,79 * 67 500)}{2,5} = 3,94 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2$$
$$(1 + 0,50)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * (3,94 \times 10^9)}{(1,07 * 450)^2} = 167 727,16 \text{ kg}$$

$$\delta = 1 / (1 - (59479,92 / (0,70 * 167 727,16))) = 2,02$$

$$M_{dx} = \delta * M_x = 2,02 * 4\,899,18 = 9\,896,34 \text{ kg-m}$$

Cálculo del magnificador de momentos en el sentido Y:

$$E_c = 15,100 * (210)^{1/2} = 218\,819,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta_d = 0,50$$

$$EI = \frac{(218\,819,79 * 67\,500)}{2,5} = 3,94 \times 10^9 \text{ kg-cm}^2$$
$$(1 + 0,50)$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * (3,94 \times 10^9)}{(1,05 * 450)^2} = 174\,177,62 \text{ kg}$$

$$\delta = 1 / (1 - (59\,479,92 / (0,70 * 174\,177,62))) = 1,95$$

$$M_{dx} = \delta * M_x = 1,95 * 2\,219,91 = 4\,328,82 \text{ kg-m}$$

Diseño de columna tipo A, nivel 1

Datos:

Sección = 30\*30 cm

$M_x$  = momento crítico en el sentido X = 4 899,18 kg-m

$M_y$  = momento crítico en el sentido Y = 2 219,91 kg-m

$L_u$  = longitud efectiva = 300 cm

Refuerzo longitudinal

Cuando en una estructura existen carga axial y flexión biaxial, hay varios métodos para calcular el acero longitudinal en columnas. En este caso se utilizará el método de carga inversa desarrollado por Bresler, que es un método de aproximación del perfil de la superficie de falla. La idea fundamental es

aproximar el valor  $1/P'u$  (de la superficie de falla). Este valor se aproxima por un punto plano determinado por los tres valores siguientes:

- La carga axial pura ( $P'o$ )
- La carga de falla para una excentricidad  $e_x$ , ( $P'x_o$ )
- La carga de falla para una excentricidad  $e_y$ , ( $P'o_y$ )

Cada punto en la superficie de falla es aproximado por un plano distinto, es decir, para aproximar toda la superficie, se necesita un conjunto infinito de planos. Es uno de los métodos más utilizados, porque es sencillo y produce resultados satisfactorios, comprobados con ensayos de laboratorio.

La ecuación de carga inversa se define como:

$$1/P'u = 1/P'x_o + 1/P'o_y - 1/P'o$$

Donde:

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

$P'x_o$  =  $K_x \cdot f'_c \cdot$  sección del elemento = carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad "e<sub>y</sub>", ( $e_x=0$ )

$P'o_y$  =  $K_y \cdot f'_c \cdot$  sección del elemento = carga última que resiste la columna cuando se encuentra presente la excentricidad "e<sub>x</sub>", ( $e_y=0$ )

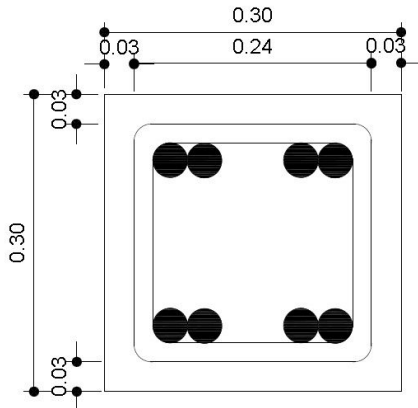
$P'o$  =  $0,70[(0,85 \cdot f'_c \cdot (\text{área gruesa} - \text{área de acero}) + \text{área de acero} \cdot f_y)]$  = carga última axial que resiste la columna o la carga concéntrica que resiste la misma, ( $e_x=0$ ,  $e_y=0$ ).

$K_x$  y  $K_y$  son coeficientes que se obtienen del diagrama de interacción para diseño de columnas.



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

Figura 24. **Sección de columna**



Datos:

$$P_u = 15\,514,56 \text{ kg}$$

$$M_{dx} = 9\,896,34 \text{ kg-m}$$

$$M_{dy} = 4\,328,82 \text{ kg-m}$$

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

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

Recubrimiento de 3 cm

Fuente: elaboración propia.

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

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

Se propone utilizar 8 varillas No. 6, con área de acero de  $A = 22,80 \text{ cm}^2 = 2,5\%$

$A_g$

Para el diseño de columnas, el método Bresler utiliza los diagramas de iteración. Los valores a utilizar son:

- Valor de la gráfica

$$\gamma_x = (h - 2 \cdot d) / h = (30 - 2 \cdot 3) / 30 = 0,8$$

$$\gamma_y = 0,8$$

- Valor de la curva

$$P_\mu = (A_s \cdot f_y) / (0,85 \cdot f'_c \cdot A_g) = (22,80 \cdot 2\,810) / (0,85 \cdot 210 \cdot 30 \cdot 30) = 0,40$$

- Excentricidades  
 $Ex = Mdx / Pu = 9\ 896,34 / 15\ 514,56 = 0,53$   
 $Ey = Mdy / Pu = 4\ 328,82 / 15\ 514,26 = 0,23$
- Valor de diagonals  
 $ex/hx = 0,53/0,30 = 1,77$   
 $ey/hy = 0,23/0,30 = 0,77$

con lo que se tiene que  $Kx = 0,21$  y  $Ky = 0,50$

Cálculo de cargas:

$$P'x = Kx * f'c * b * h = 0,21 * 210 * 30 * 30 = 3\ 960\ \text{kg}$$

$$P'y = Ky * f'c * b * h = 94\ 500\ \text{kg}$$

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

$$P'o = 0,7 * [0,85 * 210 * (900 - 22,80) + (22,80 * 2,810)] = 154\ 453,74\ \text{kg}$$

Cálculo de  $P'u$

$$1/P'u = 1/39\ 690 + 1/94\ 500 - 1/154\ 453,74$$

$$P'u = 34\ 126,38\ \text{kg}.$$

Como  $P'u > Pu$ , el área de acero que se propuso sí soporta los esfuerzos a los que está sometido el elemento. En caso contrario, se debe aumentar el área de acero.

Refuerzo transversal

Refuerzo por corte

$$\text{Corte resistente } Vr = 0,85 * 0,53 * (f'c)^{1/2} * b * d$$

$$Vr = 0,85 * 0,53 * (210)^{1/2} * 30 * 27$$

$$V_r = 5\,287,98 \text{ kg}$$

Del diagrama de corte último se tiene  $V_a = 3\,351,87 \text{ kg}$ , y comparando  $V_r$  y  $V_a$

Si  $V_r > V_a$  se colocan estribos a  $S_{\max} = d/2$

Si  $V_r < V_a$  se diseñarán los estribos por corte

Considerando por requisito que la varilla mínima permitida es la No.3

Como  $V_r > V_a$  se colocan estribos a  $S_{\max} = d/2 = 27/2 = 13,5 \text{ cm}$

Cálculo del espaciamiento del estribo en zona confinada

Fórmulas

$$S_o = 2 \cdot A_v / (\rho_s \cdot L_n) \quad \rho_s = 0,45 \cdot ((A_g/A_{ch}) - 1) \cdot (0,85 \cdot f'_c / f_y)$$

Donde:

$A_v$  = área transversal que se utiliza como estribo

$L_n$  = longitud no soportada del estribo

$S_o$  = espaciamiento entre estribos zona confinada

$\rho_s$  = relación volumétrica de la columna  $\geq 0,12 \cdot (f'_c/f_y)$

$A_g$  = área gruesa

$A_{ch}$  = área chica

Calculando  $S_o$  para las columnas se tiene:

$$\rho_s = 0,45 \cdot ((30 \cdot 30)/(24 \cdot 24) - 1) \cdot ((0,85 \cdot 210)/(2 \cdot 810)) = 0,014 \geq 0,12 \cdot (210/2 \cdot 810) = 0,008$$

Suponiendo un estribo No. 3  $A_v = 0,71 \text{ cm}^2$ , se tiene:

$$S_o = 2 \cdot 0,71 / (0,014 \cdot 24) = 4,22 \text{ cm}$$

Entonces colocar el estribo No. 3 a cada 0,04 m en la longitud de confinamiento.

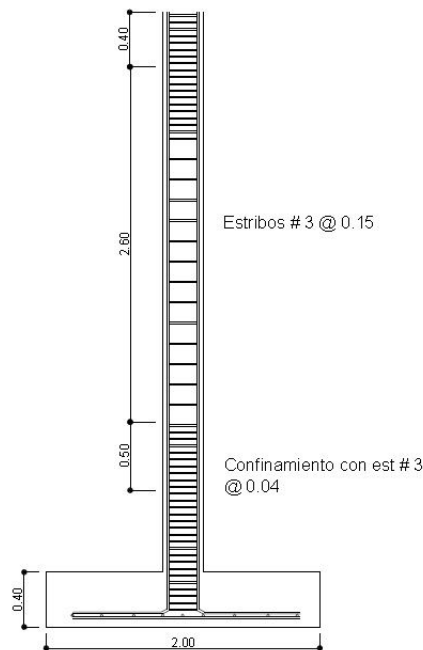
Longitud de confinamiento  $L_o$

La longitud  $L_o$  no debe ser menor de lo que sea mayor de:

- Sexta parte del claro libre ( $L_u$ ) del elemento. Claro libre del elemento  $L_u = 300$  cm, entonces  $L_o = 300/6 = 50$  cm.
- Mayor dimensión de la sección transversal del elemento,  $L_o = 30$  cm.
- 50 cm., Según el Reglamento ACI 318-99 sección 21.10.5.1

Por lo que la longitud de confinamiento será de 50 cm.

Figura 25. **Armado final de columna**



Detalle de sección de columna

Fuente: elaboración propia.

- Diseño de cimientos

Se procede a diseñar la cimentación de acuerdo a normas, reglamentos y códigos, determinando así las dimensiones apropiadas de los mismos, los cuales soportaran el peso total de la estructura.

Para zapata tipo 1

Para el diseño se tienen los siguientes datos:

$$P_u = 59\,479,92 \text{ kg} \qquad F_y = 2\,810 \text{ kg/m}^2$$

$$M_{ux} = 4\,899,18 \text{ kg-m} \qquad FCU = 1,47$$

$$M_{uy} = 2\,219,91 \text{ kg-m} \qquad f'_c = 210 \text{ kg/m}^2$$

$$W_c = 2\,400 \text{ kg/m}^3 \qquad W_s = 1\,500 \text{ kg/m}^3$$

$$V_s = 20\,000 \text{ kg/m}^2$$

Área de zapata

Las zapatas deben dimensionarse para soportar las cargas de servicio y las reacciones inducidas. Para lograrlo, los cálculos a desarrollar son:

Cálculo de cargas de trabajo

$$P' = P_u / FCU = 59\,479,92 / 1,47 = 40\,462,53 \text{ kg}$$

$$M_{tx} = M_{ux} / FCU = 4\,899,18 / 1,47 = 3\,332,78 \text{ kg}$$

$$M_{ty} = M_{uy} / FCU = 2\,219,91 / 1,47 = 1\,510,14 \text{ kg}$$

Predimensionamiento del área de zapata

$$A_z = 1,5 * P' / V_s = 1,5 * 40\,462,53 / 20\,000 = 3,03 \text{ m}^2$$

Área de 1,74 \* 1,74 metros, se determina utilizar un área de 2,00 x 2,00 metros para mejores resultados, por lo que  $A_z = 4$  metros cuadrados.

## Chequeo de presión sobre el suelo

Una vez determinada el área de zapata, se debe calcular la carga admisible ( $q_{max}$ ), la cual debe ser menor que el valor soporte ( $V_s$ ), si se supone que las presiones resultantes están linealmente distribuidas, siempre que la excentricidad  $e = M/p$  no supere la distancia  $K$  del núcleo de la zapata, es decir  $e < K=L/6$ , cuyo valor se define por la fórmula de la flexión normal:

$$q_{m\acute{a}x/m\acute{i}n} = P/Az \pm Mtx/Sx \pm Mty/Sy \quad S = 1/6*b*h^2$$

Lo cual permite la determinación de las presiones en los bordes extremos.

La superficie necesaria de la zapata se halla teniendo en cuenta que  $q_{max} < V_s$  y  $q_{min} > 0$ . Si la excentricidad es superior al núcleo ( $e \geq L/6$ ), la ecuación de  $q_{min}$  da como resultado un valor menor a cero ( $q_{min} < 0$ ), creando presiones de tensión en la zapata, y lo cual no es recomendable, ya que la zapata es diseñada para resistir esfuerzos de presión.

$$S_x = S_y = 1/6 * 2 * (2)^2 = 1,33 \text{ m}^3$$

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

$$P = 40\,462,53 + (4*1*1\,500) + (0,30*0,30*4*2\,400) + (2\,400*4*0,50)$$

$$P = 52\,126,53 \text{ kg}$$

$$q_{m\acute{a}x/m\acute{i}n} = 52\,126,53/4 \pm 3\,332,78/1,33 \pm 1\,510,14/1,33$$

$$q_{m\acute{a}x} = 16\,672,92 \text{ kg/m}^2 < V_s, \text{ sí cumple}$$

$$q_{m\acute{i}n} = 9\,390,34 > 0, \text{ sí cumple, solo compresiones en el suelo.}$$

## Presión última

Tomando en cuenta que la presión debajo de la zapata en un punto, es distinta de la localizada en cualquier otro, por motivos de diseño se trabaja con una presión constante debajo de la zapata, la cual debe ser un valor que se encuentre entre  $q_{\max}$  y  $q_{\min}$ , entonces se utiliza  $q_{\text{diseño}} \text{ último } (q_{\text{diseño}} U)$ .

$$q_{\text{diseño}} U = q_{\max} * FCU = 16\,672,92 * 1,47 = 24\,509,19 \text{ kg/m}^2$$

## Espesor de zapata

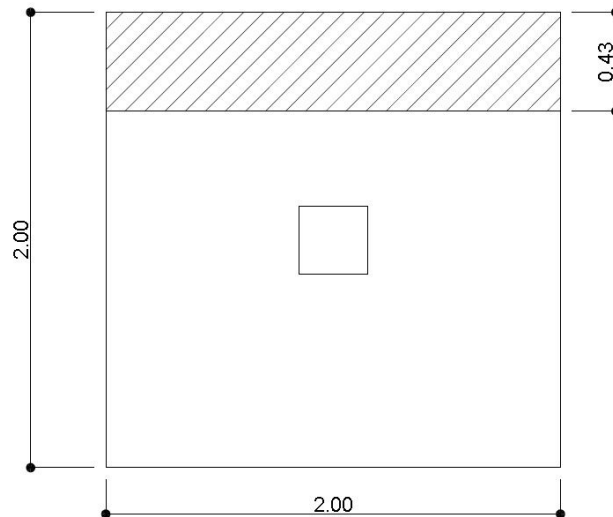
Para determinar el espesor de la zapata es necesario que resista tanto el corte simple o corte flexionante como el punzonamiento causado por la columna y las cargas actuantes.

Considerando lo anterior, se acepta  $t = 0,50$  metros, con un recubrimiento de  $0,075$  metros.

## Chequeo por corte simple

La falla de las zapatas por esfuerzo cortante ocurre a una distancia igual a  $d$  (peralte efectivo) del borde de la columna. Por tal razón, se debe comparar en este límite si el corte resistente es mayor que el actuante. Esto se hace chequeando de la siguiente forma:

Figura 26. **Chequeo por corte simple**



Fuente: elaboración propia.

$$d = t - \text{recubrimiento} - \phi/2 = 50 - 7,5 - 1\ 905/2 \quad \text{asumiendo varilla No. 6}$$

$$d = 41,55 \text{ cm}$$

$$V_{act} = \text{Área} \cdot q_{\text{diseño}}$$

$$V_{act} = 0,4345 \cdot 2,00 \cdot 24\ 509,19$$

$$V_{act} = 21\ 298,50 \text{ Kg}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (f'c)^{1/2} \cdot b \cdot d$$

$$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot (210)^{1/2} \cdot 200 \cdot 41,55$$

$$V_r = 54\ 250,71 \text{ kg}$$

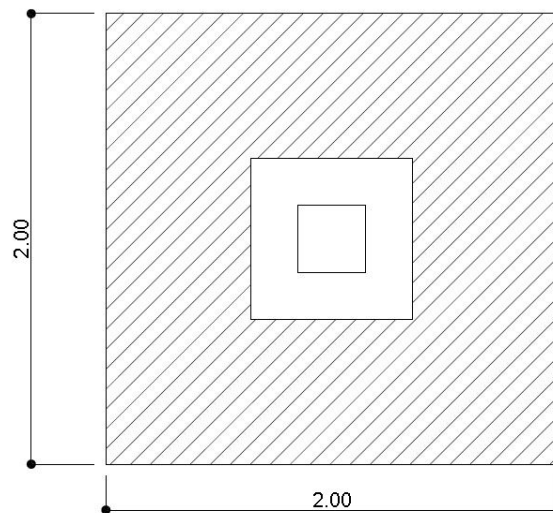
$V_r > V_{act}$  por lo tanto si chequea.



## Chequeo por corte punzonante

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

Figura 27. **Chequeo por corte punzonante**



Fuente: elaboración propia.

$$V_{act} = \text{Área} \cdot q_{\text{diseño}}$$

$$V_{act} = (4 - (0,7155 \cdot 0,7155)) \cdot (24\ 509,19)$$

$$V_{act} = 85\ 489,52 \text{ kg}$$

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot (f'_c)^{1/2} \cdot b \cdot d$$

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot (210)^{1/2} \cdot 286 \cdot 41,55$$

$$V_r = 155\ 157,04 \text{ kg}$$

$$V_r > V_{act} \text{ , sí chequea}$$

## Diseño de refuerzo por flexión

El empuje hacia arriba del suelo produce un momento flector en la zapata. Por tal razón, es necesario reforzarla con acero para resistir los esfuerzos inducidos. Se calcula de la siguiente manera:

Sentido X

Momento último: se define como una losa en voladizo y su fórmula es:

$$M_u = q_u \cdot L^2 / 2$$

$$M_u = 24\,509,19 \cdot (0,85)^2 / 2 = 8\,853,94 \text{ kg-m}$$

$$A_s = [b \cdot d - [(b \cdot d)^2 - (M_u \cdot b / (0,003825 \cdot f'c))]^{1/2} \cdot 0,85 \cdot (f'c / f_y)$$

$$A_s = 8,56 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 14,5 \cdot b \cdot d / f_y = 14,5 \cdot 100 \cdot 41,55 / 2\,810 = 21,44 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_{s_{\text{mín}}}$ , utilizar  $A_{s_{\text{mín}}}$

Espaciamiento entre varillas

$$S = A_v / A_s \quad \text{donde } A_v = 2,84 \text{ cm}^2$$

$$S = 2,84 / 21,44 = 0,13 \text{ m}$$

Colocar varillas No. 6 @ 0,13 m en sentido X

Sentido Y

$$M_u = q_u \cdot L^2 / 2$$

$$M_u = 24\,509,19 \cdot (0,85)^2 / 2 = 8\,853,94 \text{ kg-m}$$

$$d_y = d_x - \phi_x / 2 - \phi_y / 2$$

$$d_y = 41,55 - 1\,905 / 2 - 1\,905 / 2$$

$$d_y = 39,64 \text{ cm}$$

$$A_s = [b \cdot d - [(b \cdot d)^2 - (M_u \cdot b / (0,003825 \cdot f'c))]^{1/2} \cdot 0,85 \cdot (f'c / f_y)$$

$$A_s = 8,99 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 14,5 \cdot b \cdot d / f_y = 14,5 \cdot 100 \cdot 39,64 / 2810 = 20,45 \text{ cm}^2$$

Como  $A_s < A_{s_{\min}}$ , utilizar  $A_{s_{\min}}$

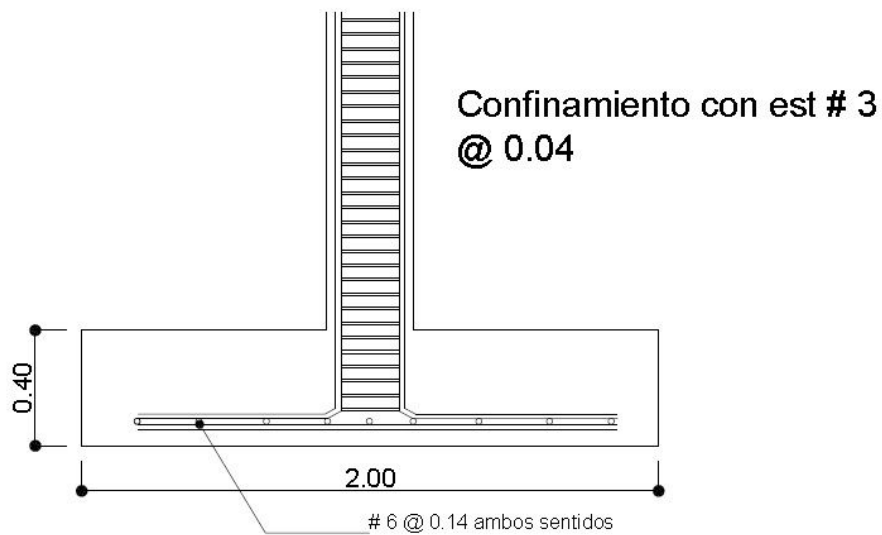
Espaciamiento entre varillas

$$S = A_v / A_s \quad \text{donde } A_v = 2,84 \text{ cm}^2$$

$$S = 2,84 / 20,45 = 0,14 \text{ m}$$

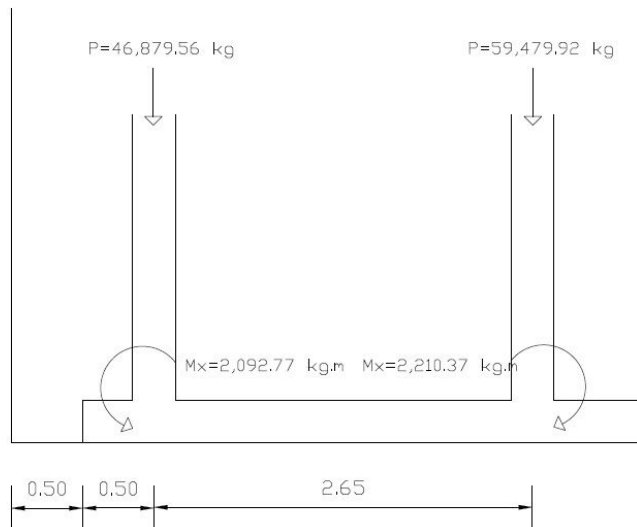
Colocar varillas No. 6 @ 0,14 m en sentido Y

Figura 28. Armado de zapata



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Zapata combinada



Fuente: elaboración propia.

Para el diseño se tienen los siguientes datos:

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

$$FCU = 1.47$$

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

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

$$W_s = 1\,500 \text{ kg/m}^3$$

$$V_s = 20\,000 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{col} = 0.30 \times 0.30 \times 4 \times 2\,400 = 864 \text{ kg}$$

Calculando cargas y momentos de servicio:

$$P' = P_u / FCU$$

$$P'_1 = 31\,890.85 \text{ kg}$$

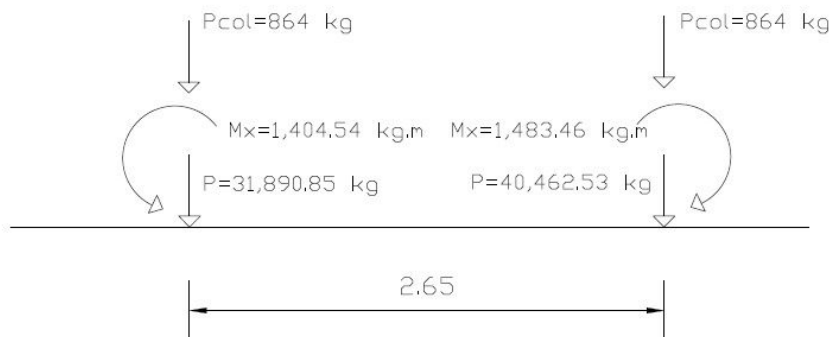
$$P'_2 = 40\,462.53 \text{ kg}$$

$$M'_{1x} = 1\,404,54 \text{ kg.m}$$

$$M'_{2x} = 1\,483,46$$

Diagrama de cuerpo libre

Figura 30. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: elaboración propia.

$$R = \sum P = 2 \cdot 864 + 31\,890,85 + 40\,462,53 = 74\,081,38 \text{ kg}$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$R(x) = 2,65 \cdot (864 + 40\,462,53) - 1\,404,54 + 1\,483,46$$

$$X = 1,48 \text{ m}$$

La longitud del cimientó se escoge de manera que el centro de gravedad de las cargas coincida con el centro geométrico del cimientó, por tanto:

$$L = 2 \cdot (0,50 + X) = 2 \cdot (0,5 + 1,48) = 3,96 \text{ m}$$

$$q_d = V_s = \sum P / A_z \text{ en donde } A_z = B \cdot L$$

$$B = \sum P / L \cdot V_s = 74\,081,38 / 3,96 \cdot 20\,000$$

$$B = 0,94 \text{ m}$$

$$A_z = 0,94 \cdot 3,96 = 3,72 \text{ m}^2$$

Chequeando si cumple el área de zapata

$$P_s = A_z \cdot \text{desp} \cdot \gamma$$

$$P_s = 3,72 \cdot 1 \cdot 1\,500 = 5\,580 \text{ kg}$$

$$P_{cim} = 3,72 \cdot (0,50 \cdot 2\,400) = 4\,464 \text{ kg}$$

Las cargas equivalentes en el centro geométrico serán:

$$P_{cg} = \sum F_v = 84\,125,38$$

$$\sum M_{cg} = 0$$

$$M_{cg} = -1\,404,54 - 32\,754,85 \cdot 1,48 + 41\,326,53 \cdot 1,17 + 1\,483,46$$

$$M_{cg} = 0$$

Presión sobre el terreno

$$q = P_{cg} / A_z \pm M_{cg}/S$$

$q = 84\,125,38 / 3,72 = 22\,614,34 \text{ kg/m}^2 > V_s$  por lo que se debe de aumentar el área de zapata.

Asumiendo  $B = 1,25 \text{ m}$ , tenemos que  $A_z = 4,95 \text{ m}^2$

Repitiendo el procedimiento anterior encontramos que  $q = 17\,665,93 \text{ kg/m}^2 < V_s$

Las presiones sobre el suelo y cimiento serán:

$$q_s = 1 \cdot 1\,500 = 1\,500 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{cim} = 0,50 \cdot 2\,400 = 1\,200 \text{ kg/m}^2$$

Las presiones últimas serán:

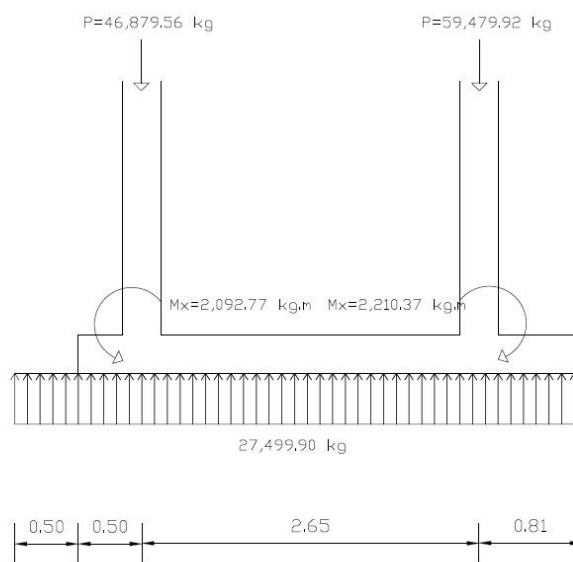
$$q_{\text{disu}} = F_{\text{cu}} * q = 1,47 * 14\ 965,93 = 21\ 999,91 \text{ kg/m}^2$$

Presiones últimas por metro lineal:

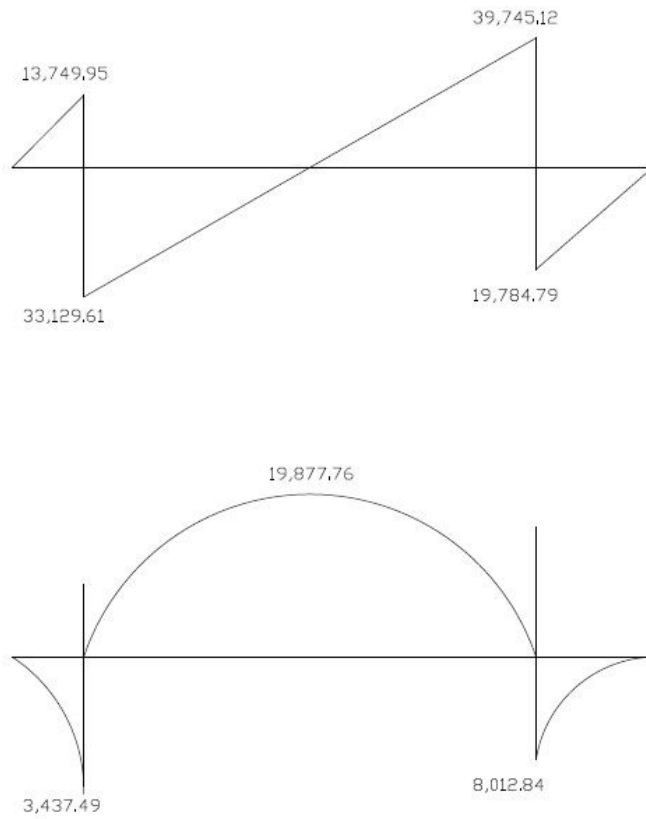
$$W = b * q_{\text{disu}} = 27\ 499,89 \text{ kg/m}$$

Cargas últimas sobre el cimiento:

Figura 31. **Diagramas de corte y momento zapata**



Continuación de la figura 31.



Fuente: elaboración propia.

Diseño estructural del cimiento

t asumido = 0,50 m

d = t – recubrimiento –  $\varnothing/2$  , utilizando No. 6

d = 41,55 cm

$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$

$V_r = 0,85 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{210} \cdot 125 \cdot 41,55$

$V_r = 33\,906,70 \text{ kg} < V_{\text{critico}}$  , aumentamos d = 50 cm, con lo que se tiene

$V_r = 40\,802,28 > V_{\text{critico}}$



Chequeo por corte punzonante

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$V_r = 0,85 \cdot 1,06 \cdot \sqrt{210} \cdot 320 \cdot 50$$

$$V_r = 208\,907,69 \text{ kg}$$

Mientras el corte punzonante actuante es:

$$V_{pz} = P_u - q \cdot A_{pz}$$

$$V_{pz} = 59\,479,92 - 21\,999,91 \cdot (0,30 + 0,50)^2$$

$$V_{pz} = 45\,399,98 \text{ kg}$$

Por lo que  $V_r > V_{pz}$ , sí resiste punzonamiento

Chequeo por flexión

Sentido x-x

$$A_{s_{\min}} = 14,5 \cdot b \cdot d / f_y$$

$$A_{s_{\min}} = 14,5 \cdot 100 \cdot 50 / 2\,810 = 25,80 \text{ cm}^2, \text{ colocar \#6 @ 0,11 m}$$

Momento resistente con  $A_{s_{\min}}$

$$M_r = 0,9 \cdot f_y \cdot A_s \cdot (d - A_s \cdot f_y / 1,7 \cdot f'_c \cdot b)$$

$$M_r = 0,9 \cdot 2\,810 \cdot 25,80 \cdot (50 - 25,80 \cdot 2\,810 / 1,7 \cdot 210 \cdot 100)$$

$$M_r = 3\,129\,906,80 \text{ kg.m}$$

Chequeando, colocar #6 @ 0,15 m

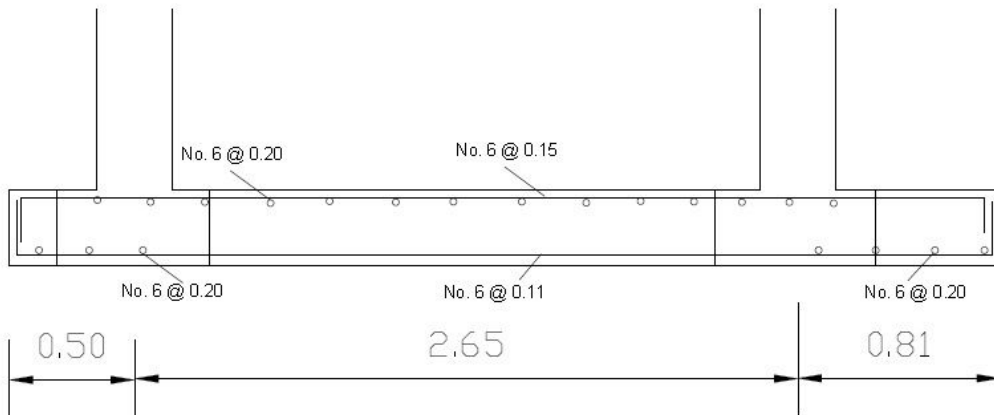
Para el sentido transversal usar  $A_s$  por temperatura

$$A_{s_{temp}} = 0,002 \cdot b \cdot t$$

$$A_{s_{temp}} = 0,002 \cdot 100 \cdot (50 + 7,5 + 1,905/2)$$

$$A_{s_{temp}} = 11,69 \text{ cm}^2, \text{ colocar \#6 @ 0,20 m}$$

Figura 32. Armado de zapata



Fuente: elaboración propia.

#### 2.1.5.4. Instalaciones eléctricas

Se diseñaron 18 circuitos identificados de la A a la R, distribuidos de la siguiente manera: 6 circuitos (A-F) de iluminación en el primer nivel, 5 circuitos (G-K) de iluminación en el segundo nivel, 3 circuitos (L-N) de fuerza (110V) en el primer nivel y 4 circuitos (O-R) de fuerza (110V) en el segundo nivel. Cada circuito consta de 8 lámparas de 2x40W, 6 en el aula y 2 en el pasillo.

Las instalaciones eléctricas se dividen principalmente en circuitos de fuerza e iluminación, definiendo como circuitos de fuerza los destinados a llevar corriente a las terminales con el fin de conectar aparatos, y los circuitos de iluminación como los destinados a conectar las lámparas.

Para el presente diseño se tiene:

A= 6 m , B = 8 m y C = 2,88 m

Reflejo en cielo de 80 por ciento , reflejo en paredes de 50 por ciento y reflejo en piso de 20 por ciento.

Densidad de potencia (DP) = 10,09 *watts/m<sup>2</sup>*

$$10,09 * 8 * 6 = 480,34 \text{ watts}$$

Utilizando 6 lámparas por aula, se tiene:

6 \* 80 = 480 watts, por lo cual si es adecuado ya que es igual al valor multiplicado por la densidad de potencia.

Para el cálculo del diámetro del conducto de la línea viva, neutra y de retorno se procede de la siguiente manera:

Total de lámparas por aula = 6\*80 = 480 w

Total de lámparas por corredor = 10 \* 80 = 800 w

En total se tiene 1 280 *watts*

Con un voltaje nominal de 120V y con una caída de voltaje permitida del 3 por ciento se tiene:

$$0,03 * 120 = 3,6 \text{ V}$$

Potencia del circuito

$$P = V * I \text{ en donde } I = P / V$$

$$I = 1\,280 / 120 = 10,67 \text{ amperios}$$

Eligiendo cable calibre 12 AWG = 20 A en ductos empotrados, esto es calculado al 80 por ciento de su capacidad. Por norma WEL, se chequea si cumple:

$$U = 2 * P * L / \gamma * V * \zeta$$

En donde,

P = potencia total

L = longitud

$\gamma$  = resistividad (cobre = 56)

V = voltaje nominal

$\zeta$  = sección del conducto (12 AWG = 3.309 mm<sup>2</sup>)

$$U = (2 * 1280 * 30) / (56 * 120 * 3,309)$$

$$U = 3,62 \text{ V}$$

El cálculo de caída de tensión es 3,62 V > 3,6 V lo cual indica utilizar calibre 12 para línea viva y neutra, y 14 para retorno para mejorar la seguridad y la economía.

#### **2.1.5.5. Instalaciones hidráulicas**

Las instalaciones de agua potable serán de tubería de pvc de ¾ pulgadas de 250 psi para el circuito principal y de ½ pulgada para abasto de los artefactos, al igual que sus accesorios y cuya dotación será abastecida de la red municipal. Las instalaciones de drenajes serán de tubería pvc de 3 pulgadas para aguas negras, con una pendiente del 2 por ciento, las cuales serán conducidas a una fosa séptica y de 4 pulgadas para aguas pluviales, lo anterior se diseña de la siguiente manera:

Para escuelas tenemos un consumo de agua de 50 litros/estudiante/día y una dotación de 100 litros/estudiante/día. Para el cálculo de subramales tenemos según tablas de diseño:

Lavamanos  $\varnothing = \frac{1}{2}$  pulgada

Inodoro con tanque  $\varnothing = \frac{1}{2}$  pulgada

Para el drenaje pluvial tenemos que por ser una superficie impermeable de techos se estima una C (relación entre la esorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área) de 1, debido a que se tiene 0 por ciento de infiltraciones.

Ocurrimiento de 20 años, en tiempo de concentración de  $t = 5$  min,

$$I = 6\,889,10 / t + 39,5 = 154,81 \text{ mm/hora}$$

El área a drenar por cada bajada será de:

$$30 \times 10,65 = 319,5 \text{ m}^2 / 6 \text{ bajadas} = 53,25 \text{ m}^2 = 0,005325 \text{ hectáreas}$$

$$Q = C \cdot I \cdot A / 360$$

$$Q = 1 \cdot 154,81 \cdot 0,005325 / 360 = 0,0023 \text{ m}^3/\text{seg} = 2,3 \text{ lt/s}$$

Calculando el diámetro de la tubería por Manning

$$D = (691\,000 \cdot Q \cdot n / S^{1/2})^{3/8} \quad \text{para tubería PVC } n = 0,009 \text{ y una pendiente de } 2\%$$

$$D = (691\,000 \cdot 0,0023 \cdot 0,009 / 0,002^{1/2})^{3/8} = 5,65 \text{ cm} = 2,25 \text{ pulgadas, usar diámetro de } 3 \text{ pulgadas.}$$

### **2.1.5.6. Planos constructivos**

Los planos elaborados para el edificio de aulas comprenden: planta amueblada, planta acotada, sección y elevación, planta de acabados, planta de electricidad, planta de drenajes, planta de instalaciones hidráulicas, planta de cimientos y distribución de columnas, planta de losas y vigas y detalles estructurales. Se pueden ver en los anexos.

### **2.1.5.7. Presupuesto**

Es un documento que permite establecer prioridades y evaluar las consecuencias de los objetivos. Debe incluirse en la planificación de cualquier proyecto de ingeniería, ya que da a conocer la factibilidad del mismo.

- **Materiales**

Los materiales deberán ajustarse en dimensiones y características a las especificaciones y normas técnicas que los complementen. El concreto será de 210 kilogramos por centímetro cuadrado y debe ser elaborado en mezcladora y colocado sin contaminación del suelo, el acero de refuerzo debe ser corrugado de grado 40, los elementos de mampostería (block) que servirán para formar los muros de carga y de división de la edificación será de 0,15\*0,20\*0,40 metros, con una resistencia de 25 kilogramos por centímetro cuadrado, la forma y dimensiones de los muros, se indican en los planos del proyecto. El agregado grueso o pedrín triturado debe ser de diámetro de ½ pulgada libre de sustancias arcillosas y residuos vegetales. El agregado fino o arena debe ser de río, libre de materias arcillosas y residuos vegetales, el agua deberá estar libre de sustancias químicas y dañinas.

- Mano de obra

La mano de obra calificada estará a cargo de la municipalidad de San Lucas Sacatepéquez y la no calificada será proporcionada por la comunidad.

- Costo total del proyecto

Para poder obtener este valor, es necesario desglosar el proyecto por renglones de trabajo los cuales separan cada uno de los componentes por unidades de ejecución tratando de ordenarlos siguiendo la secuencia lógica de ejecución. El precio unitario es la medida o unidad de pago que se obtiene por medio de la integración del costo directo y el costo indirecto.

- Costo directo: en este caso se incluyen los precios de los materiales, los cuales se cotizaron en el municipio, y de la mano de obra calificada y no calificada, necesarios en cada unidad de ejecución. En cuanto a la mano de obra calificada, se asignaron los salarios que se registran en la municipalidad.
- Costo indirecto: es la suma de todos los gasto técnicos-administrativos. Se valoriza como un porcentaje del costo directo, porcentaje que se basa en la experiencia en obras similares, cuyo valor en este caso es el 36 por ciento, tomando en cuenta imprevistos, supervisión, gasto administrativos e impuestos.

Luego se obtiene el costo total por renglón multiplicando la cantidad de trabajo por el precio unitario de cada renglón y la sumatoria de todos los costos totales por renglones del proyecto da el costo total.

Estos datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla X. **Presupuesto edificio escolar de dos niveles para la aldea Choacorrall**

PRESUPUESTO					
ESCUELA ALDEA CHOACORRAL					
No.	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT.	P.U.	TOTAL
1	Trazo	m2	320	Q12.00	Q3,840.00
2	Zapata Z-1	UD	24	Q3,900.00	Q93,600.00
3	Cimiento corrido	ML	154	Q395.00	Q60,830.00
4	Vigas	ML	318	Q380.00	Q120,840.00
5	Columnas	ML	180	Q875.00	Q157,500.00
6	Losa entrepiso	m2	319.5	Q475.00	Q151,762.50
7	Levantado de block visto	m2	495	Q425.00	Q210,375.00
8	Losa final	m2	319.5	Q300.00	Q95,850.00
9	Acabados	m2	1132	Q120.00	Q135,840.00
10	Instalación de drenaje pluvial, bajadas y canal	Global	1	Q15,000.00	Q15,000.00
11	Instalación de drenaje sanitario	Global	1	Q5,700.00	Q5,700.00
12	Caja de flipones de 12 circuitos	UD	1	Q850.00	Q850.00
13	Módulo de gradas más cubierta de losa	UD	1	Q67,500.00	Q67,500.00
14	Piso cerámico nacional 0.33*0.33	m2	640	Q220.00	Q140,800.00
15	Ventanas de aluminio mil finish + vidrio 5mm	m2	188	Q560.00	Q105,280.00
16	Puerta de 2.10*0.90	UD	13	Q1,500.00	Q19,500.00
17	Puerta de 1.70*0.70	UD	8	Q1,100.00	Q8,800.00
18	Instalacion eléctrica de iluminación de lamparas 2*40	UD	80	Q780.00	Q62,400.00
19	Instalacion eléctrica de fuerza (110V)	UD	40	Q375.00	Q15,000.00
20	Instalacion de agua potable	Global	1	Q4,200.00	Q4,200.00
21	instalacion eléctrica iluminación de plafonera	UD	4	Q500.00	Q2,000.00
22	suministro e instalación de inodoros	UD	8	Q1,350.00	Q10,800.00
23	suministro e instalacion de lavamanos	UD	8	Q1,200.00	Q9,600.00
24	Limpieza final	Global	1	Q3,000.00	Q3,000.00
				<b>TOTAL</b>	<b>Q1,500,867.50</b>

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.5.8. Evaluación de impacto ambiental

Se identifican los impactos al ambiente que puede causar la realización del proyecto, tomando en cuenta que la aldea Choacorrall, es considerada área protegida por el ministerio del medio ambiente.



Algunos de los elementos afectados durante la construcción y operación del proyecto que tienen impactos negativos pero mitigables son:

- Uso del suelo y actividades
- Ruido
- Polvo
- Ingreso de maquinaria y transporte de materiales
- Flora y fauna

Los factores y elementos que no se mencionan, tienen impactos positivos o su impacto negativo es casi inexistente. Evaluando el proyecto en conjunto, se harán algunas mitigaciones necesarias, con las cuales se hará que tenga un impacto equilibrado y por consiguiente aceptable.

Se recomienda que el supervisor verifique que la edificación se ejecute de acuerdo a las especificaciones y planos, además de velar por la implementación de un plan de seguridad que consistirá en evitar lo siguiente:

- No usar recipientes inadecuados para almacenamiento de líquidos combustibles.
- Evitar la exposición directa de vapores a altas temperaturas, malos olores y derrame de materiales, por tanto será necesario que haya orden y limpieza en el área de trabajo, así como almacenamiento adecuado de herramientas y materiales.

Como parte del plan de seguridad, se debe proporcionar al trabajador el equipo adecuado de protección personal, un botiquín de primeros auxilios, así como integrar una brigada para casos de accidentes o emergencias.

Los impactos críticos se dan en el proceso constructivo, tanto por el movimiento de tierra así como en el proceso de construcción del edificio, sin embargo cabe mencionar que en el área no se cortará o derribará ningún árbol, ni se obstaculizará el ingreso a la comunidad. También se generará gran cantidad de ripio, por lo que será necesario movilizarlo hacia las áreas destinadas a dicho uso.

Adicional a esto se generará basura y sobrantes de materiales, para lo que se deberá de realizar la disposición final de manera adecuada en recipientes seguros. Los hábitos higiénicos de los trabajadores deberán de controlarse, para no contaminar el lugar de trabajo, ni las áreas aledañas al proyecto.

El agua es un recurso necesario para el proceso de construcción, lo que significa que debe de optimizarse su uso, para no caer en desperdicios y desabastecer a la comunidad.

Luego de terminada la construcción del edificio escolar, se debe de realizar un recorrido al área, revisando que todos los huecos, zanjas o cualquier otro tipo de excavación hayan sido rellenados correctamente, así como reforestar si fuera necesario y realizar una limpieza general del área.

Como impacto positivo se puede mencionar una estructura adecuada, en buenas condiciones, lo cual evita la acumulación de basura, desorden, contaminación. Así como da un mejor aspecto a la comunidad y mejora el nivel de vida de la población.

## CONCLUSIONES

1. La edificación escolar, fue diseñada para cumplir con los parámetros arquitectónicos mínimos necesarios para un establecimiento escolar, logrando el confort y la seguridad de la población estudiantil, así como los criterios sísmicos para que pueda resistir ante un evento de esta naturaleza.
2. La investigación diagnóstica realizada, permitió seleccionar los proyectos a solucionar, de acuerdo a la importancia de los mismos y los criterios que tanto autoridades municipales como comités de desarrollo expusieron.
3. Al llevar a cabo este proyecto, la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez, logrará satisfacer una de las necesidades más importantes de la población en cuanto a la educación, aumentando así la calidad de vida de los habitantes, por lo tanto se beneficiarán a más de 200 alumnos de primaria.



## RECOMENDACIONES

### **A la Municipalidad de San Lucas Sacatepéquez:**

1. Garantizar la supervisión técnica durante la ejecución del proyecto, siendo ésta realizada por un profesional de la ingeniería civil, para asegurar que sea construido de acuerdo a las especificaciones contenidas en los planos.
2. Aumentar la participación de estudiantes de ingeniería civil para la realización del Ejercicio Profesional Supervisado, para el diseño de proyectos que ayudan a las comunidades.
3. Los materiales de construcción deberán ser sometidos a pruebas de laboratorio, para garantizar la calidad y condiciones óptimas de éstos. Por tanto, deberá considerarse la supervisión técnica de la obra por medio de profesionales de la ingeniería civil y cumplir con lo establecido en los planos.
4. Actualizar los precios presentados en los presupuestos, antes de su contratación, porque los precios de los materiales están sujetos a cambios por variaciones en la economía.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. *Normas estructurales de diseño y construcción recomendados para la República de Guatemala*. Guatemala: AGIES, 2002. 45 p.
2. CABRERA SEIS, Jadenon Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de Cimentaciones 1*. Trabajo de graduación Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 178 p.
3. Comité ACI-318. *Reglamento de las construcciones de concreto reforzado (ACI 318-99)*. México: Limusa, 1999. 576 p.
4. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 4<sup>a</sup> ed. México: Limusa, 1999. 651 p.
5. H. NILSON, Arthur. *Diseño de estructuras de concreto*. 12<sup>a</sup> ed. Colombia: McGraw Hill, 2003. 722 p.





## **APÉNDICES**





**ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL, DIAGRAMA DE MOHR**

INFORME No.: 0232 S.S. O.T.: 28,216

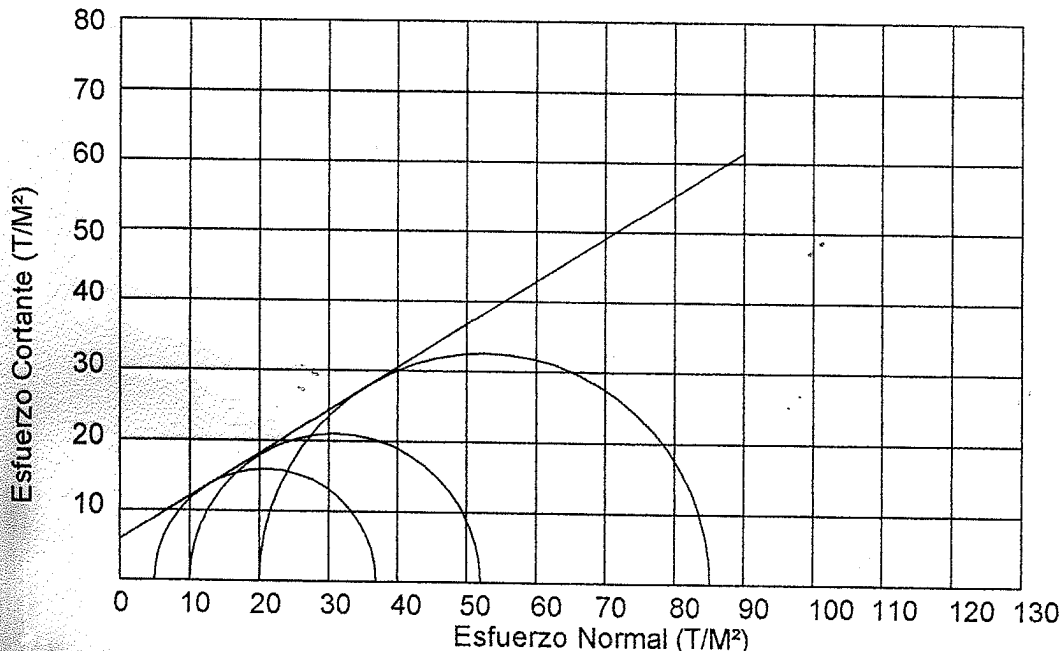
INTERESADO: Cristian David Monterroso Letona

PROYECTO: EPS-Diseño de Edificio Escolar de los Niveles para La Aldea Choacorrál Del Municipio de San Lucas Sacatepequez.

Ubicación: Municipio de San Lucas Sacatepequez.

Fecha: 28 de junio de 2011.

pozo: 1 Profundidad: 2.00 m Muestra: 1



**PARAMETROS DE CORTE:**

<b>ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA : <math>\phi = 31.71^\circ</math></b>	<b>COHESIÓN: <math>C_u = 5.78 \text{ T/m}^2</math></b>
---------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

TIPO DE ENSAYO: No consolidado y no drenado.

DESCRIPCION DEL SUELO: Limo arenoso color café.

DIMENSION Y TIPO DE LA PROBETA: 2.5" X 5.0"

OBSERVACIONES: Muestra proporcionada por el interesado.

PROBETA No.	1	1	1
PRESION LATERAL (T/m <sup>2</sup> )	5	10	20
DESVIADOR EN ROTURA q(T/m <sup>2</sup> )	31.84	42.01	65.16
DEFORMACION EN ROTURA Er (%)	2.5	4.0	8.0
DENSIDAD SECA (T/m <sup>3</sup> )	1.40	1.40	1.40
DENSIDAD HUMEDA (T/m <sup>3</sup> )	1.74	1.74	1.74
HUMEDAD (%H)	25.0	25.0	25.0



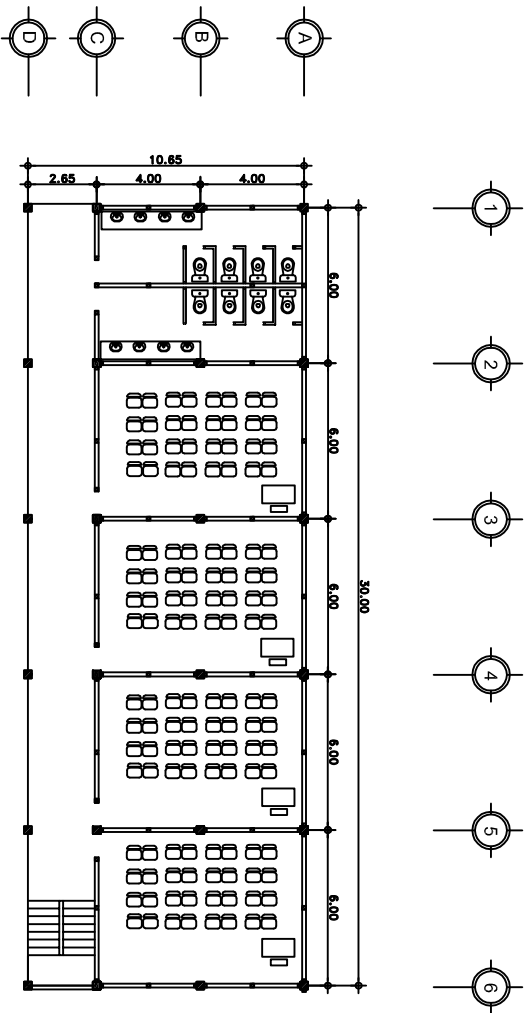
Vo. Bo.

Inga. Telma Maricela Cano Morales  
DIRECTORA CII/USAC



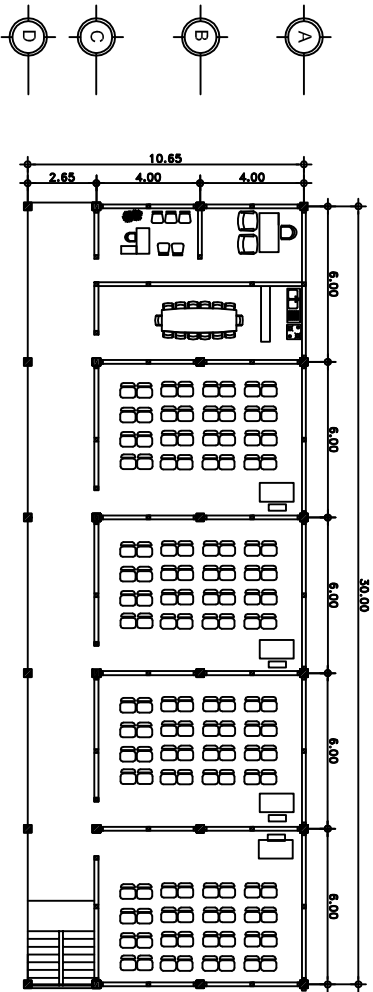
Atentamente,

Ing. Omar Enrique Medrano Méndez  
Jefe Sección Mecánica de Suelos



PLANTA AMUEBLADA PRIMER NIVEL

ESC: 1:100



PLANTA AMUEBLADA SEGUNDO NIVEL

ESC: 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
MUNICIPIO DE SAN LUIS CANTON DE SACATEPEQUEZ

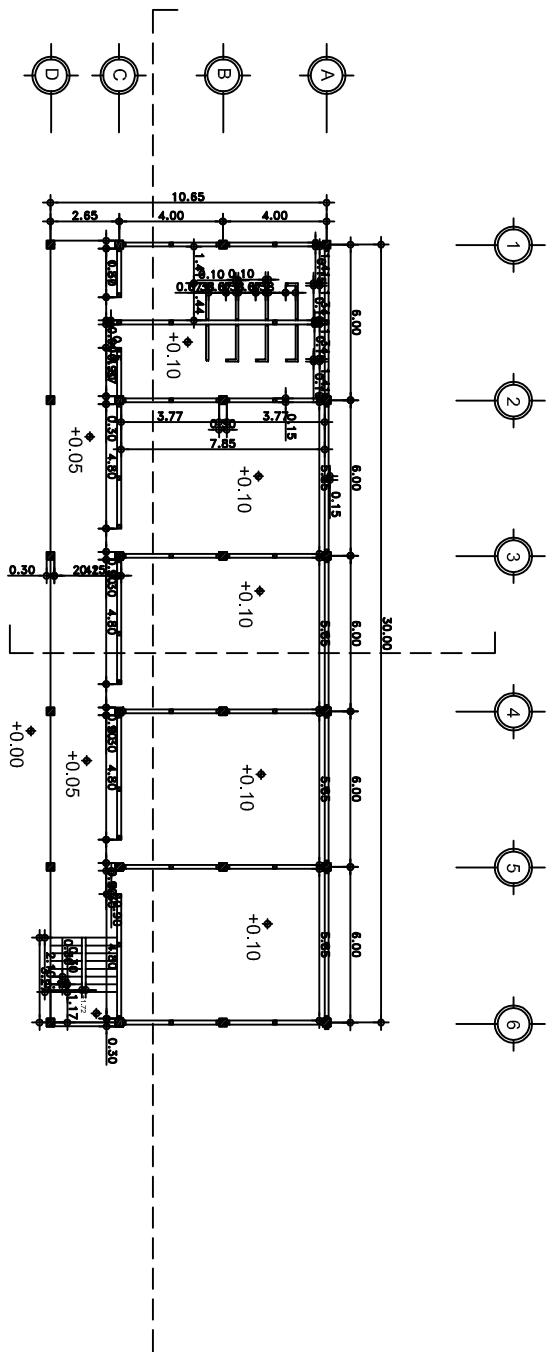
ESQUEMA ALDEA CHIOCORRAL  
SAN LUIS SACATEPEQUEZ

ESQUEMA AMUEBLADA



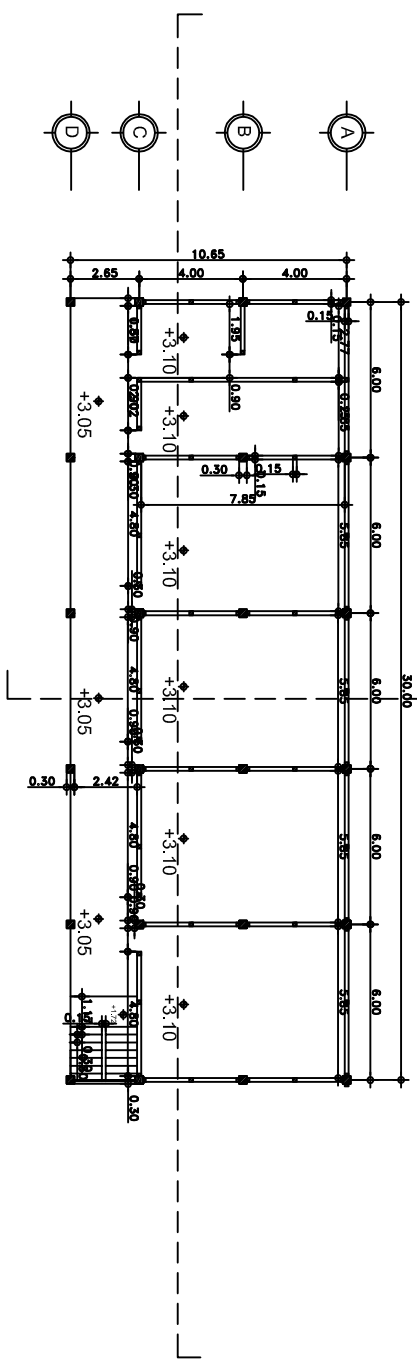
ESQUEMA AMUEBLADA

PROYECTANTE	CONTRATANTE	FECHA	ESCALA
			1/1



PLANTA DE COTAS PRIMER NIVEL

ESC: 1:100



PLANTA DE COTAS SEGUNDO NIVEL

ESC: 1:100

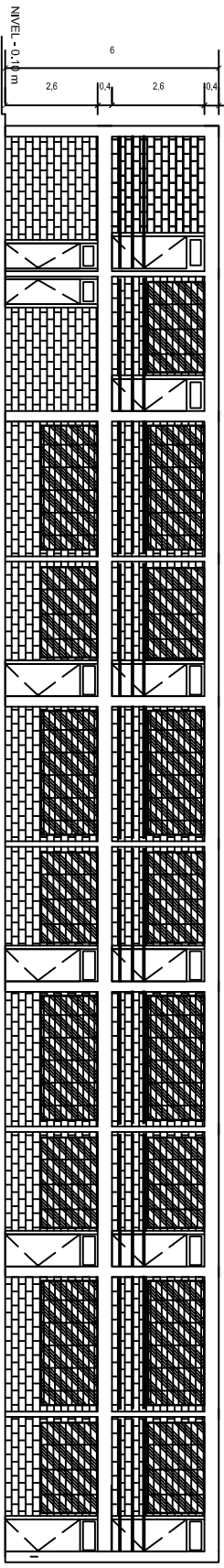


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Instituto de San Carlos de San Carlos de Guatemala

PROYECTO: ESCUELA ALDEA CHOXCORRAL  
SAN LUIS SACHTEBOQUE

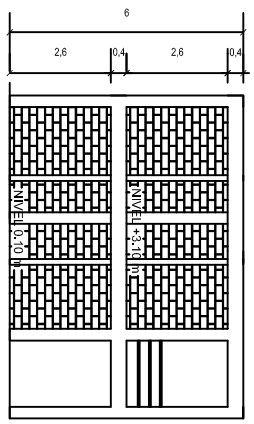
PROYECTISTA: CRISTINA MONTEROSA  
DISEÑO: CRISTINA MONTEROSA

CONTENIDO: PLANTA ACOTADA  
FECHA: JUNIO 2011  
Escala: 1/100



SECCION LONGITUDINAL

ESCC 1:100



SECCION TRANSVERSAL

ESCC 1:100



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Instituto de San Carlos de San Carlos de Guatemala

PROYECTO: ESCUELA ALDEA CHOACORRAL  
SAN LUIS SACHTEPEQUE

CLIENTE: ESCUELA ALDEA CHOACORRAL  
SAN LUIS SACHTEPEQUE

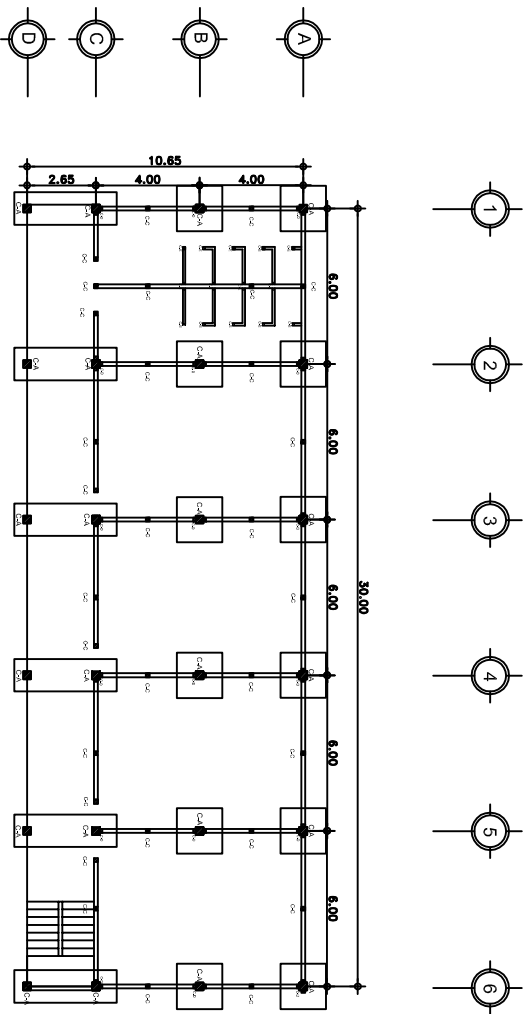
CONTENIDO: SECCION Y ELEVACION



MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

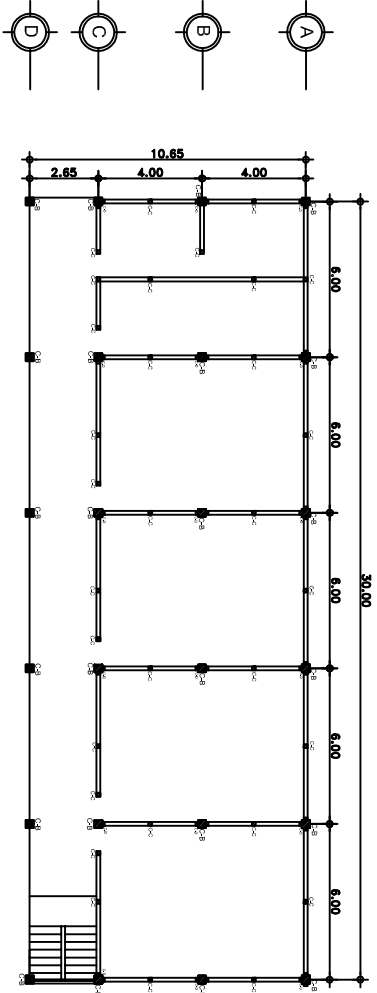
FECHA: JUNIO 2011  
PROYECTO: ESCUELA ALDEA CHOACORRAL  
SAN LUIS SACHTEPEQUE

ESCALA: 3/1



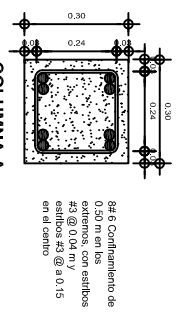
PLANTA DE CIMENTOS Y DISTRIBUCION DE COLUMNAS PRIMER NIVEL

ESC: 1:100



PLANTA DE CIMENTOS Y DISTRIBUCION DE COLUMNAS SEGUNDO NIVEL

ESC: 1:100



COLUMNA A

ESCALA 1:7.5

4#6 Confinamiento de extremos, con estijos #3 @ 0.04 m y estijos #3 @ a 0.15 en el centro

COLUMNA B

ESCALA 1:7.5

4#6 Confinamiento de extremos, con estijos #3 @ 0.04 m y estijos #3 @ a 0.15 en el centro

COLUMNA C

ESCALA 1:7.5

4#3 + EST #2 @ 0.15

COLUMNA D


ESCALA 1:7.5

2#3 + EST #2 @ 0.15

COLUMNA E

ESCALA 1:7.5

2#3 + EST #2 @ 0.10



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Instituto de San Carlos Centro de San Carlos

PROYECTADA POR:  
ESQUEMA ARCHITECTONICO  
SAN LUIS ANTONIO TORRES

CONTENIDO:  
PLANTA DE CIMENTACION Y DISTRIBUCION DE COLUMNAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

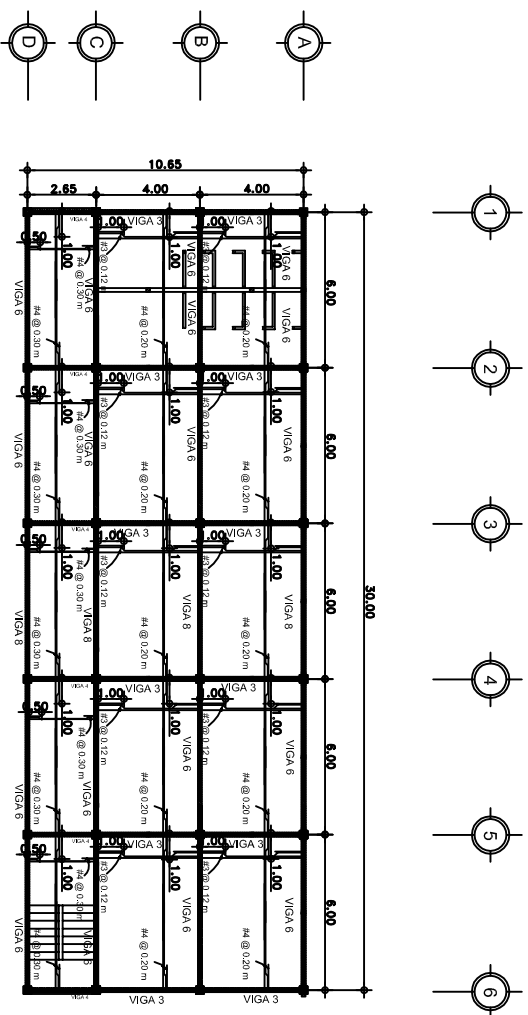
PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

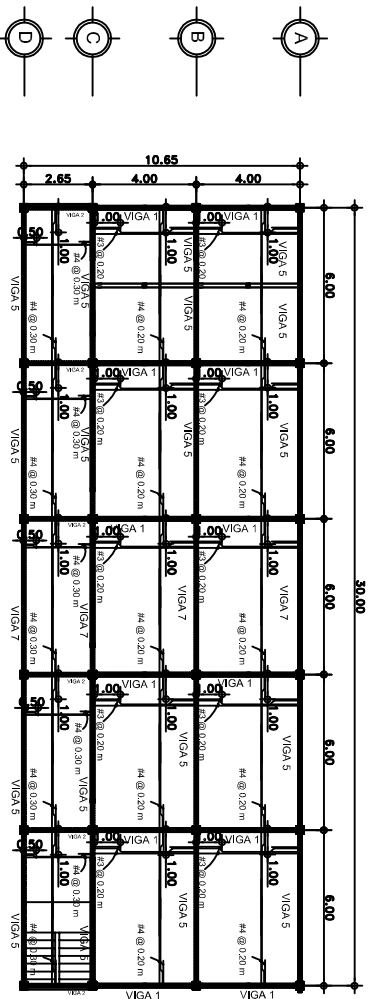
PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA



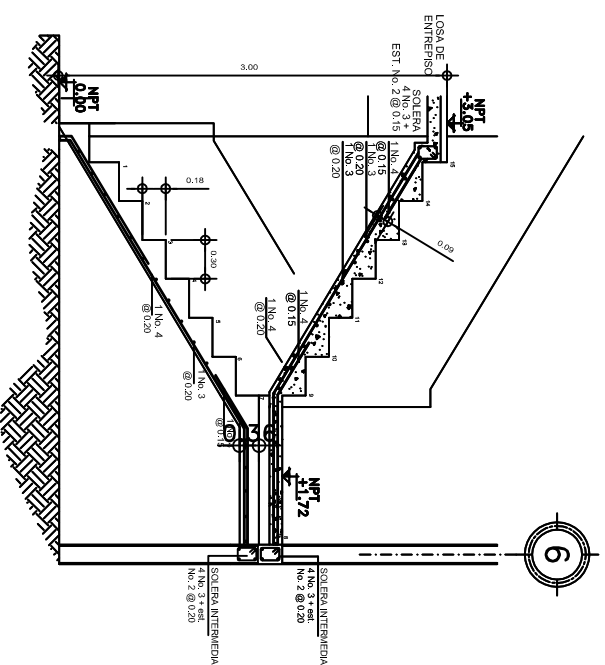
PLANTA DE LOSA PRIMER NIVEL

ESC 1:100



PLANTA DE LOSA SEGUNDO NIVEL

ESC 1:100



DETALLE DE ARMADO DE GRADAS

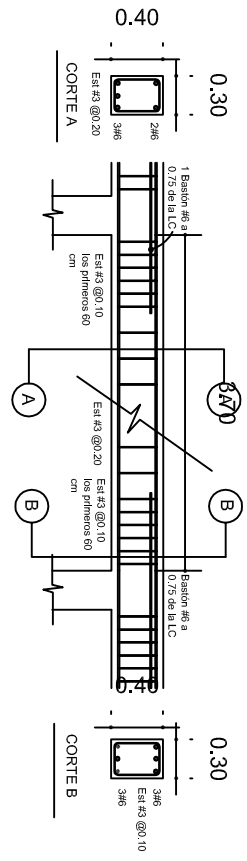
ESC 1:20

NOTA:  
 Salvo se indique lo contrario, el recubrimiento sera el siguiente:  
 Cilindros = 0,075 m  
 Columnas = 0,03 m  
 Vigas = 0,04 m  
 Losas, soleras y columnas en mamposteria = 0,025 m  
 Dimensiones dadas en metros (m)

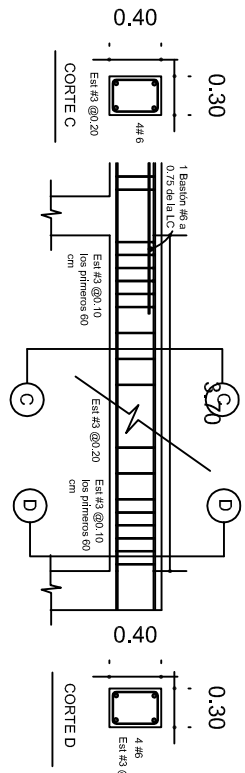
MATERIALES  
 Acero de refuerzo Grado 40 (2810 kg/cm<sup>2</sup>)  
 Concreto 3000 psi (210 kg/cm<sup>2</sup>)

<p>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA          FACULTAD DE INGENIERIA          Instituto de San Carlos de San Carlos de Guatemala</p>		<p>ESCUELA INGENIERIA          ESCUELA ALBA CHOCORRAL          SAN LUIS SANCHEZ</p>	
<p>PROFESOR          CRISTINA MONTENEGRO          CRISTINA MONTENEGRO</p>		<p>CONTENIDO          PLANTA DE          LOSAS Y VIGAS</p>	
<p>FECHA: MAR 2011</p>		<p>FECHA: MAR 2011</p>	
<p>PROFESOR: CRISTINA MONTENEGRO</p>		<p>PROFESOR: CRISTINA MONTENEGRO</p>	
<p>ESTUDIANTE: [Blank]</p>		<p>ESTUDIANTE: [Blank]</p>	
<p>FECHA: [Blank]</p>		<p>FECHA: [Blank]</p>	
<p>FECHA: [Blank]</p>		<p>FECHA: [Blank]</p>	

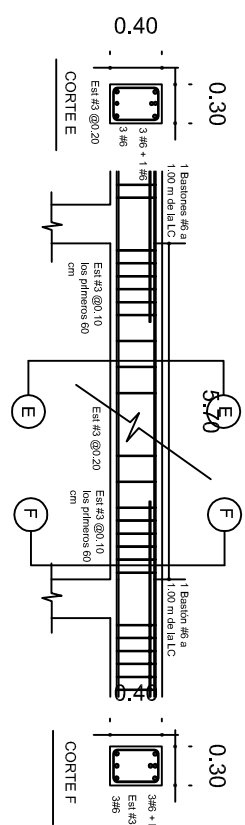




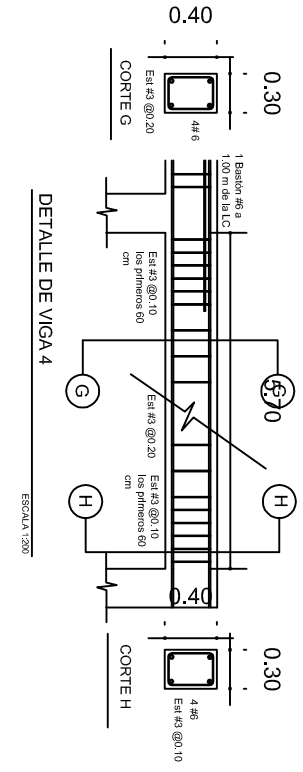
DETALLE DE VIGA 1  
ESCALA 1:200



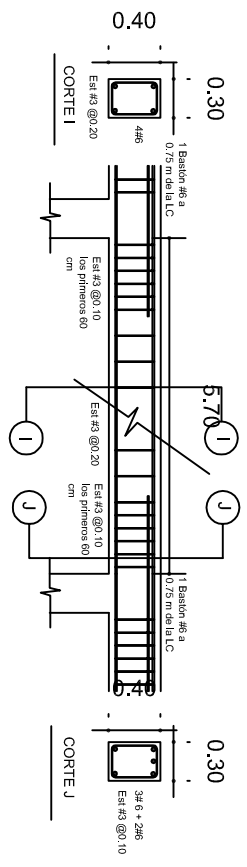
DETALLE DE VIGA 2  
ESCALA 1:200



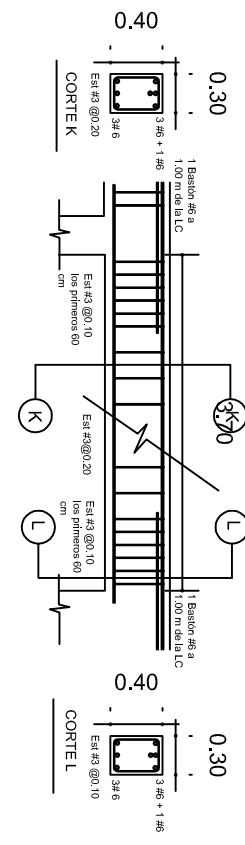
DETALLE DE VIGA 3  
ESCALA 1:200



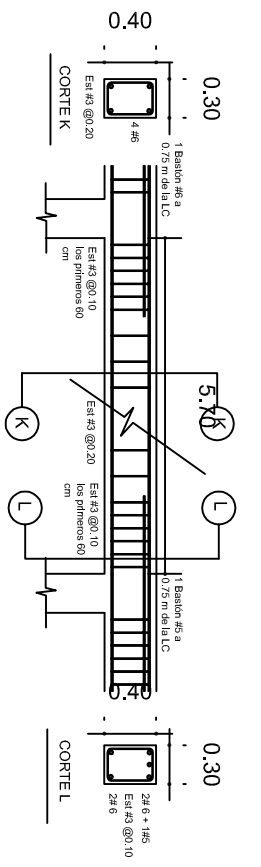
DETALLE DE VIGA 4  
ESCALA 1:200



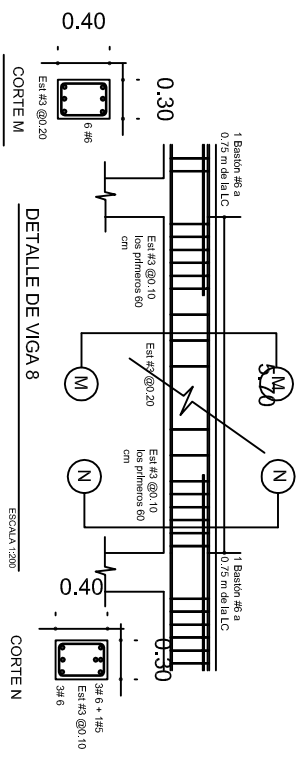
DETALLE DE VIGA 5  
ESCALA 1:200



DETALLE DE VIGA 6  
ESCALA 1:200



DETALLE DE VIGA 7  
ESCALA 1:200



DETALLE DE VIGA 8  
ESCALA 1:200

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**ESCUELA ALDEA CHOCYO CORRAL**  
 Instituto de Estudios de Ingeniería y Arquitectura

**ESCUELA AMERICANA**  
 FERIA DE JUNIO 2011  
 INSTITUTO TECNOLÓGICO

CARR. ICAHO 2011  
 CONSTRUIR AVANZANDO  
 CONSTRUIR CONVIRTIÉNDOSE  
 CONSTRUIR CONVIRTIÉNDOSE

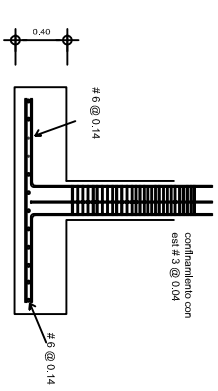
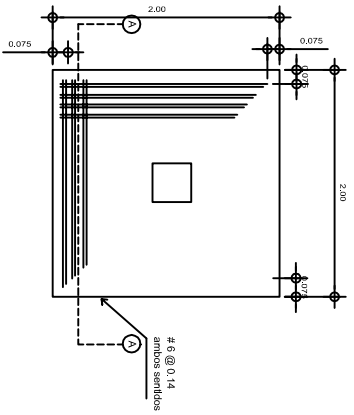
**CONTENIDO**  
 DETALLES  
 ESTRUCTURALES

PROYECTO No. / FECHA No. / 6/11

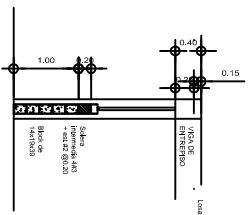
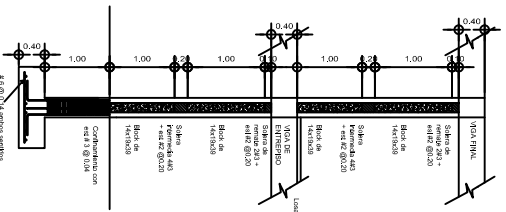
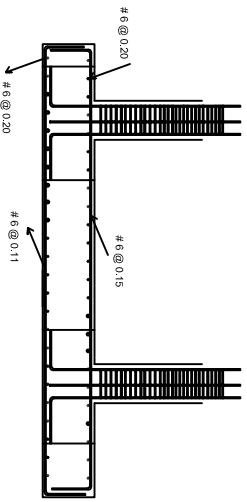
ZAPATA TIPO 1

ESCALA 1:20

Planta

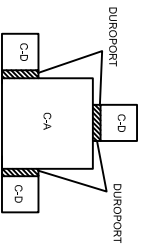


CIMIENTO COMBINADO  
ESCALA 1:10

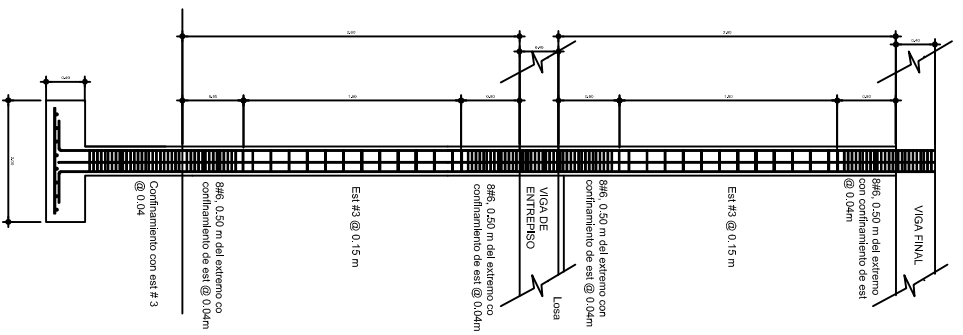


DETALLES DE MUROS

ESCALA 1:40

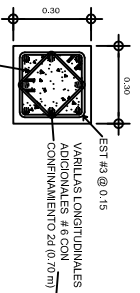


DETALLES DE JUNTA DE COLUMNAS

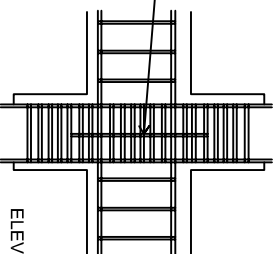


DETALLE SECCIÓN DE COLUMNA

ESCALA 1:20



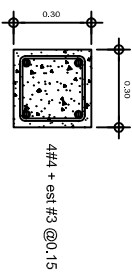
PLANTA



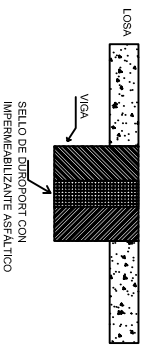
ELEVACIÓN

DETALLE DE NUDO

ESCALA 1:10

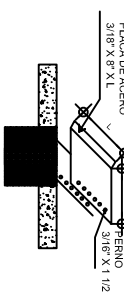


#4 + est #3 @ 0.15



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION

SIN ESCALA



ISOMÉTRICO

SIN ESCALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INstituto de San Carlos Centro de Ingeniería

PROYECTO: ESCUELA ALBA CHOYCORRAL  
SIN LUJOS SACHTEBOZ

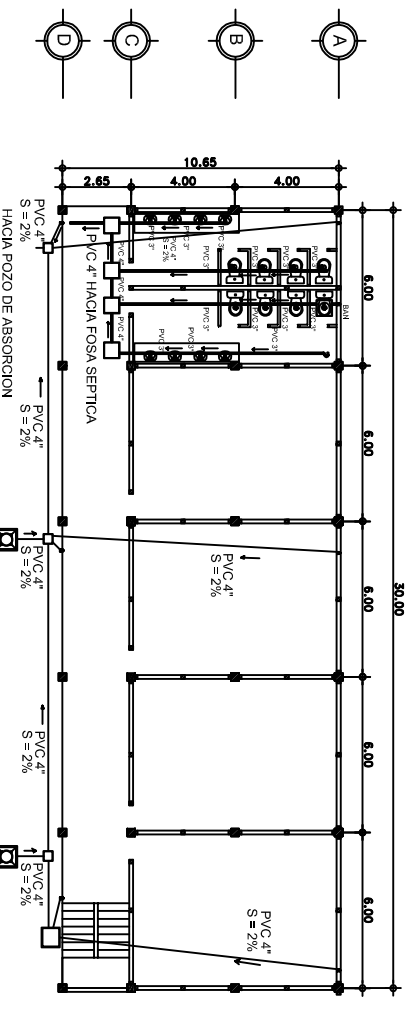
ESCALA: INGENIERIA  
FECHA: JUNIO 2011  
LUGAR: PATZUN, GUATEMALA, G.T.

CONTENIDO: DETALLES ESTRUCTURALES

PROFESOR: CRISTIAN MONTENEGRO  
DISEÑO: CRISTIAN MONTENEGRO  
CRISTIAN MONTENEGRO

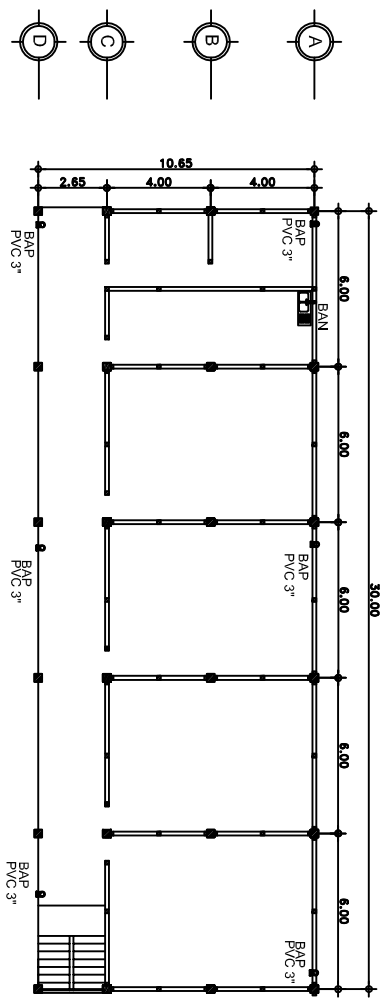
FECHA: JUNIO 2011

HOJA NO. 7/1



PLANTA DE DRENAJE PRIMER NIVEL

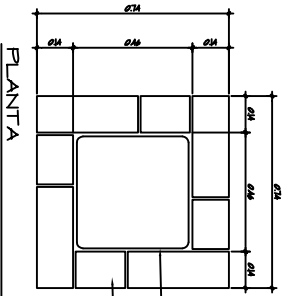
ESC 1:100



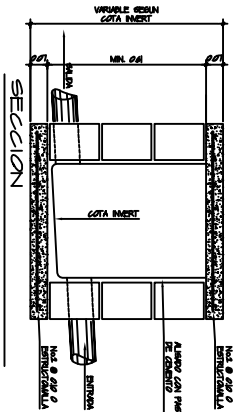
PLANTA DE DRENAJE SEGUNDO NIVEL

ESC 1:100

CAJA DE UNION



ESC 1:10



ESC 1:10

NOMENCLATURA DRENAJES	
	Caja Union
	Tubería de Aguas negras (diámetro Indicado)
	BAP
	Bajada de agua pluvial
	Sentido de la pendiente
	Yee de PVC diámetro indicado
	Codo horizontal a 45° de PVC diámetro indicado
	Codo vertical de PVC diámetro indicado
	Tee de PVC
	Sifon
	Caja Reposadora
	Tubería agua pluvial

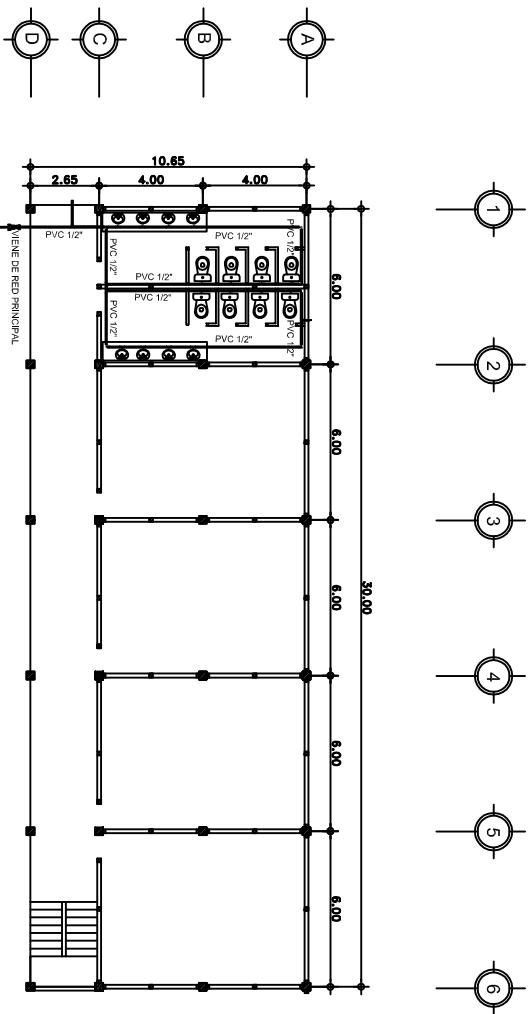


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Instituto de San Carlos de San Carlos de Guatemala

PROYECTADA POR: ESCUELA ALDEA CHOQUICORRAL  
SAN LUIS/SAN CLEMENTE/QUEZ  
DISEÑADA POR: ESCUELA INGENIERIA  
MONTENEGRO/SAN CARLOS DE GUATEMALA

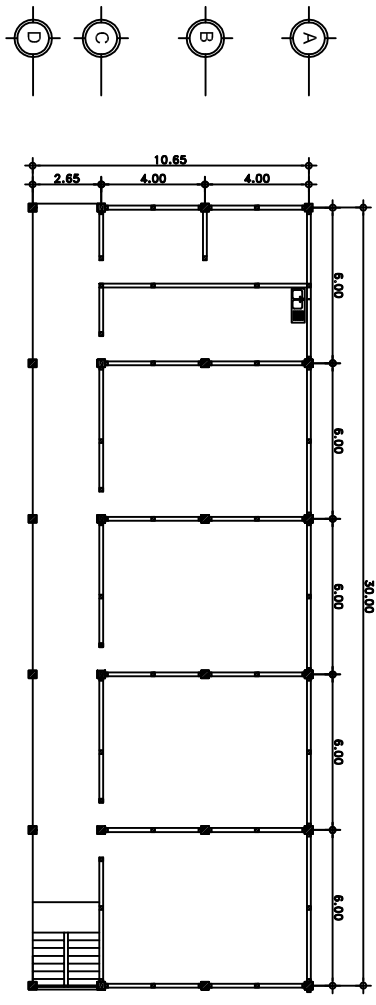
CONTENIDO: PLANTA DE DRENAJES

FECHA: JUNIO 2011  
PROYECTO: PLAN DE DRENAJE DE LA ESCUELA ALDEA CHOQUICORRAL  
AUTOR: INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL  
MONTENEGRO/SAN CARLOS DE GUATEMALA



PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA PRIMER NIVEL


ESC: 1:100



PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA SEGUNDO NIVEL

ESC: 1:100

NOMENCLATURA HIDRAULICA	
	Tubería PVC 1/2"
	Codo 90° vertical
	Codo 90° horizontal
	Chorro
	Llave de piso
	Válvula de compuerta
	Llave de cheque
	Tee a 90° horizontal
	Tee a 90° vertical
	Contador



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Escuela de San Carlos de San Juan Chortón

<p>PROYECTISTA <b>ESQUELA ALBA CHOCORRAL</b> S.M. LUJAN SANCHEZ</p>	<p>ESPECIALIDAD INGENIERIA EN HIDRAULICA</p>
<p>FECHA: JUNIO 2011</p> <p>CONTENIDO PROYECTO DE INSTALACION HIDRAULICA PRIMERO Y SEGUNDO NIVEL</p>	<p>PLANTAS DE INSTALACION HIDRAULICAS</p>

PROYECTO DE INGENIERIA

PROYECTO DE INGENIERIA

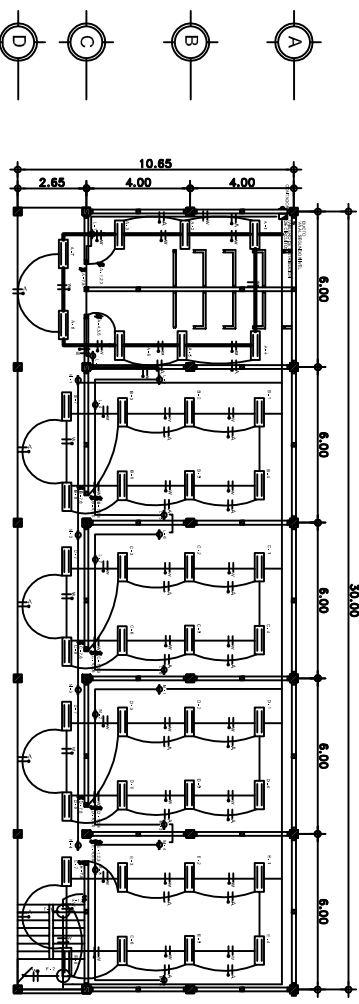
PROYECTO DE INGENIERIA

9/11



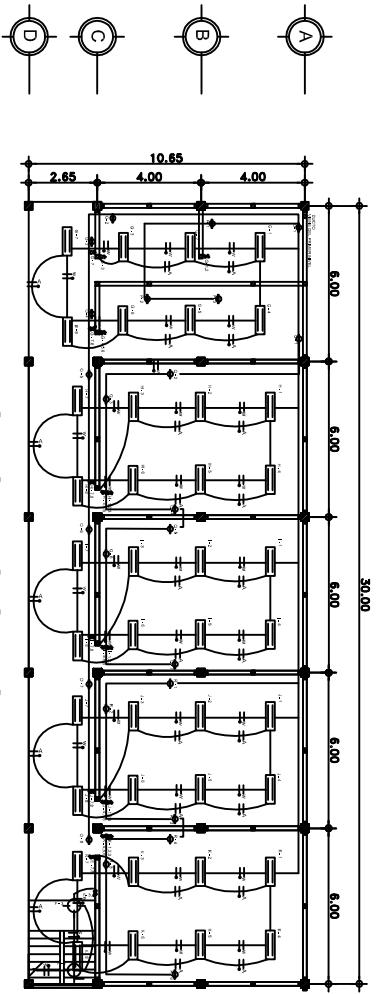
PLANTA DE ELECTRICIDAD PRIMER NIVEL

ESC: 1:100



PLANTA DE ELECTRICIDAD SEGUNDO NIVEL

ESC: 1:100



NOMENCLATURA	
	Tubo de distribución de ductos
	Interruptor doble, I=1:50
	Interruptor simple, I=1:50
	Contador 110 W
	Lampara de 110 W
	Tomacorriente doble de 110 V, I=2:40 m
	Tubería en cielo, será rigida de $\frac{3}{4}$ "
	Tubería en piso o pared
	Lampara fluorescente de dos tubos tipo Industrial
	Alambre retorno No. 14 AWG
	Conductor neutro No. 12 AWG
	Conductor positivo No. 12 AWG

PLANILLA DE CIRCUITOS		
CIRCUITO	UNIDADES	ENERGIA NIVEL
A	8	110 V PRIMER NIVEL
B	8	110 V PRIMER NIVEL
C	8	110 V PRIMER NIVEL
D	8	110 V PRIMER NIVEL
E	8	110 V PRIMER NIVEL
F	4	110 V PRIMER NIVEL
G	8	110 V SEGUNDO NIVEL
H	8	110 V SEGUNDO NIVEL
I	8	110 V SEGUNDO NIVEL
J	8	110 V SEGUNDO NIVEL
K	8	110 V SEGUNDO NIVEL
L	8	110 V PRIMER NIVEL
M	8	110 V PRIMER NIVEL
N	4	110 V PRIMER NIVEL
O	8	110 V SEGUNDO NIVEL
P	3	110 V SEGUNDO NIVEL
Q	7	110 V SEGUNDO NIVEL
R	8	110 V SEGUNDO NIVEL



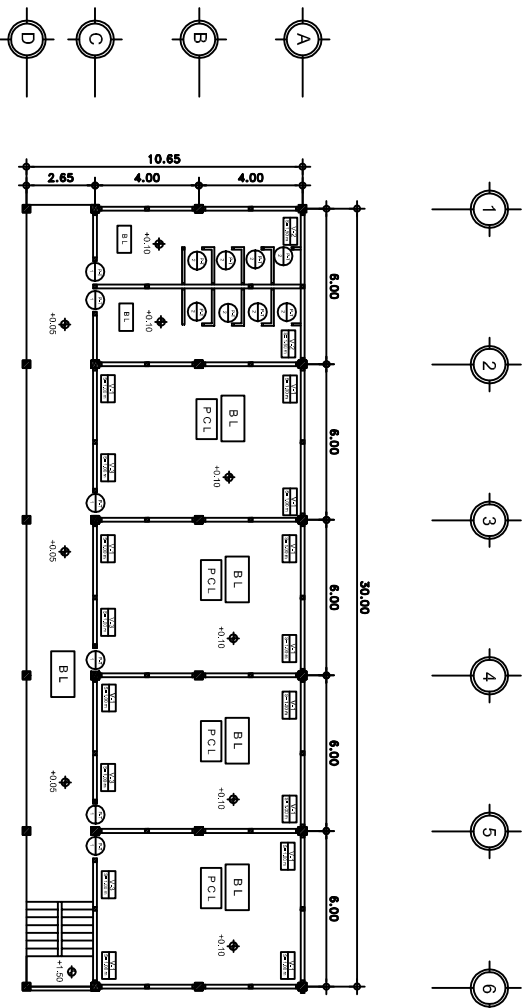
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Municipio de San Lucas Peten, Guatemala

PROYECTO: ESCUELA ADESA CHOCORRAL  
SAN LUCAS SACATEPEQUEZ

FECHA: ABRIL 2011  
CONTRATADO: PLANTA DE ELECTRICIDAD

ESCALA: 1/1





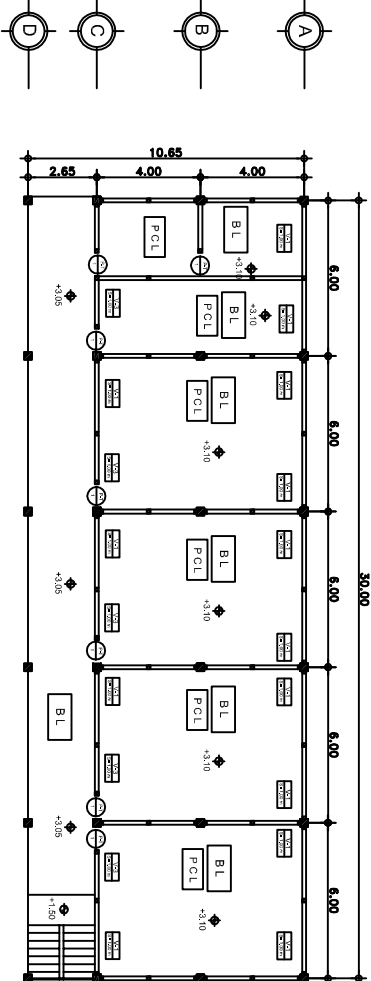
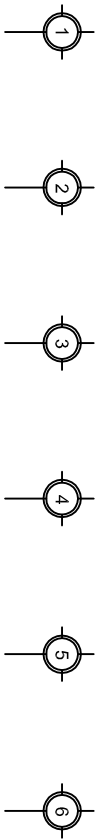
PLANTA DE ACABADOS PRIMER NIVEL

ESC 1:100

NOMENCLATURA	
	PIEDRA TIPO
	PLOCK LINDHO (Vehlo en ambas caras)
	PRO DE CEMENTO LEJILPO 0.250.2
	PRO DE VENTANAY ALUJAY SILLAR
	NIVEL DE PROY. LOSA

NOTA:  
En el primer nivel de taller se tomará desde el nivel + -0.00 el nivel de la losa.  
En el segundo nivel de taller se tomará del nivel + -5.00 el nivel de la losa.  
Los muros serán de bloques de OLMACOR 259 m.  
Los muros de los baños serán de OLMACOR 259 m.

PLANILLA DE PLETERAS			
TIPO	ANCHO	ALTO	UNIDADES
P-1	0.90	2.10	15
P-2	0.70	1.70	8



PLANTA DE ACABADOS SEGUNDO NIVEL

ESC 1:100

PLANILLA DE VENTANAS			
TIPO	ANCHO	SILLAR	UNIDADES
V-1	2.50	1.00	2.60
V-2	2.10	1.50	2.60
V-3	2.55	1.00	2.60



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO:  
ESCUELA ALDEA CHOCORRAL  
SAN LUIS SANTIAGO DE LOS RIOS

CONTENIDO:  
PLANTA DE ACABADOS

FECHA: JUNIO 2011  
DISEÑO: OSWALDO MONTENEGRO  
DISEÑO: OSWALDO MONTENEGRO  
DISEÑO: OSWALDO MONTENEGRO

1/1