



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

**VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO
TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA**

Luis Fernando Barrera Rivera

Asesorado por el Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila

Guatemala, septiembre de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO
TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS FERNANDO BARRERA RIVERA
ASESORADO POR EL ING. MARIO RODOLFO CORZO ÁVILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. GlendaPatricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero Spínola de López
VOCAL III	Ing. Miguel ÁngelDávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortíz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo OrtízHenricx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Renzo Ricardo GraziosoSierra
EXAMINADOR	Ing. Evelyn MaribelMorales Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
SECRETARIA	Inga. Marcia IvónneVéliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**Validación del sistema constructivo prefabricado tipo poste
pretensado placa ensamblada,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,
el 13 de octubre de 2009.



Luis Fernando Barrera Rivera

Guatemala, 26 de Mayo del 2010

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

Estimado Ing. Montenegro.

Atentamente me dirijo a usted para exponer lo siguiente:

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Fernando Barrera Rivera, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante Barrera Rivera, satisface los objetivos para los que fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Atentamente,


Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila
No. de Colegiado: 2089

Mario Rodolfo Corzo
INGENIERO CIVIL
Colegiado No. 2089



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



Guatemala,
21 de julio 2010

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 **VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Fernando Barrera Rivera, quien contó con la asesoría del Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Más de 130 Años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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



El Director de la Escuela Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ingeniero Mario Rodolfo Corzo Ávila y del Jefe del Departamento de Estructuras, Ingeniero Ronald Estuardo Galindo Cabrera, al trabajo de graduación del estudiante Luis Fernando Barrera Rivera, titulado VALIDACION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA por este medio su aprobación a dicho trabajo.



Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco

Hugo L. Montenegro Franco
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO NO 3177

Guatemala, septiembre de 2010

PROGRAMA DE
INGENIERIA CIVIL
ACREDITADO POR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
DECANATO

Ref. DTG. 03/09/2010/G

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: **VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA**, presentado por el estudiante universitario **Luis Fernando Barrera Rivera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Una firma manuscrita en tinta que parece decir "Murphy Olympto Paiz Recinos".

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, septiembre de 2010

/gdech.

AGRADECIMIENTOS A:

**LA UNIVERSIDAD DE SAN
CARLOS DE GUATEMALA**

Principalmente a la Facultad de Ingeniería, por mi formación y el orgullo de ser sancarlista.

MIS PADRES

Por su amor y fuente de fortaleza. Que este logro sea una recompensa a todos sus esfuerzos.

MIS HERMANOS

Por su cariño, apoyo y todos los momentos que hemos compartido.

**INGENIERO MARIO
CORZO**

Por instruirme en el campo de la ingeniería civil, y sus enseñanzas “Somos Sabandijas”.

DON FAVIO SÁNCHEZ

Por sus enseñanzas y apoyo hacia los estudiantes.

MIS AMIGOS Y AMIGAS

José Rafael y Fernando Miguel Chinchilla Paiz, Celso Miguel Reyes, Juan Manuel, Erick Joselito Aldana, Héctor Monzón, Pablo Noriega, María José González, Alejandro Hernández, Gustavo Adolfo Campos, Lucía Rosales Meda, Mónica

Venegas, Mónica Rodas, Cristian Lemus (q.e.p.d.) y los amigos de la casa de huéspedes, a mis amigos por compartir conmigo buenos y malos momentos a lo largo de mi carrera.

MIS PRIMOS Y PRIMAS

Con mucho cariño.

**MI FAMILIA Y
AMIGOS EN GENERAL**

ACTO QUE DEDICO A:

- DIOS** Porqué él es quien da la sabiduría; conocimiento, ciencia y bendice el camino que hasta hoy he recorrido.
- MI PAPÁ** Abner Barrera Cáceres por ser una persona recta, noble y fuente de inspiración para mí, y por haberme provisto lo necesario y así finalizar mi carrera.
- MI MAMÁ** Aida Elizabeth Rivera de Barrera por haber estado siempre apoyándome y guiándome, por su gran amor y confianza.
- MIS HERMANOS** Karla Vanessa, a Abner Mariano y Pablo André, por estar siempre conmigo, por su cariño y apoyo brindado.
- MI SOBRINO** Guillermito por ser fuente de alegría y ternura.
- MIS ABUELITAS** Adelaida Cáceres y Albertina López, por orar siempre por mi vida y por el gran cariño que les tengo.
- MI ABUELO** Mariano Rivera por darme sus consejos y su gran amor.

MIS PADRINOS

En especial, a mi padrino Otto Guillermo Zuñiga y mi madrina Rosa Elida Pinto de Zuñiga por preocuparse por mi, ser la mujer más hermosa del mundo y por su amor incondicional.

MIS TÍOS Y TÍAS

En especial a mi Nahum Barrera Cáceres y Marisela Solares por su apoyo, cariño y afecto, a Sergio Barrios por su sabiduría y grandes enseñanzas de las cuales he aprendido y a Ninet Rivera por su gran amor y cariño.

FAMILIA**CHINCHILLA PAIZ**

Por compartir y tomarme en cuenta como parte de su familia y por el gran aprecio que les tengo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XV
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. CONCEPTOS BÁSICOS DE MAMPOSTERÍA	1
1.1. Historia	1
1.2. Definiciones básicas para mampostería	
Según normas y códigos	4
1.2.1. Anclaje	4
1.2.2. Carga muerta	5
1.2.3. Carga de servicio	5
1.2.4. Carga viva	5
1.2.5. Cimentación	5
1.2.6. Columna	5
1.2.7. Columna de amarre	6
1.2.8. Curado	6
1.2.9. Columna en mampostería	6
1.2.10. Costilla	6
1.2.11. Diafragma	6
1.2.12. Mampostería	7

1.2.13. Muro	7
1.2.14. Recubrimiento	7
1.2.15. Refuerzo	7
1.2.16. Resistencia del hormigón a la compresión ($f'c$)	7
1.2.17. Resistencia a compresión del mamposte ($f'm$)	8
1.2.18. Resistencia de diseño o resistencia última	8
1.2.19. Resistencia nominal	8
1.2.20. Poste	8
1.2.21. Placa	9
1.2.22. Solera	9
1.2.23. Efectos sísmicos	9
1.2.24. Esfuerzo	9
1.2.25. Estribos	9
1.2.26. Factor de reducción de resistencia ϕ	10
1.2.27. Fuerza axial	10
1.2.28. Flexión compuesta	10
1.2.29. Fuerza cortante	10
1.2.30. Hormigón armado o concreto armado	11
1.2.31. Longitud de desarrollo	11
1.2.32. Reglamento para construcciones de edificios de mampostería estructural "SEOPC"	11
1.2.33. ACI	11
1.2.34. AGIES	11
1.2.35. IBC	11
1.2.36. Sismo resistente	12
1.2.37. INSIVUMEH	12
1.2.38. Sismología	12
1.2.39. Geofísica	12
1.2.40. UPGGR	13

1.2.41. Subducción	13
1.2.42. Transcurrencia	13
1.2.43. Convergence	13
1.3. Construcción de la mampostería	14
1.3.1. Muro de mampostería	14
1.3.2. Muro estructural de mampostería	14
1.3.4. Muro no estructural de mampostería	14
1.3.5. Parapeto	14
1.4. Mampostería sometida ante acciones sísmicas	15
1.5. Tipos de sismos	17
1.5.1. Ondas sísmicas	18
1.5.1.1. Ondas primarias	19
1.5.1.2. Ondas secundarias	19
1.5.1.3. Ondas largas o superficiales	19
1.5.2. Marco tectónico para Guatemala	20
1.5.3. Tipos de suelos Guatemala	22
2. SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA	23
2.1. Mampostería simple o tradicional	23
2.2. Mampostería Confinada	25
2.2.1. Columna de confinamiento	27
2.2.2. Vigas de confinamiento	27
2.2.3. Anclajes de refuerzo	27
2.3. Mampostería reforzada	28
2.3.1. Ventajas de la utilización de la Mampostería reforzada	29

2.3.2. Desventajas de la utilización de la mampostería reforzada	30
2.4. Método pretensado	32
2.5. Electromalla	38
2.5.1. Ventajas del uso de electromalla	39
3. SISTEMA PREFABRICADO	41
3.1. Introducción al sistema prefabricado	41
3.2. Elemento reforzado de mampostería	46
3.2.1. Proceso constructivo de la placa	46
3.2.2. Cálculo de la resistencia compresión placa	46
3.3. Poste pretensado	48
3.3.1. Proceso constructivo poste	48
3.3.2. Ensayo a compresión poste pretensado	49
3.3.3. Ensayo a flexión poste pretensado	51
4. MEMORIA DE CÁLCULO	53
4.1. Diseño estructural de muros de mampostería	53
4.1.1. Seleccionar el material a utilizar y determinar las propiedades físicas de la mampostería	53
4.1.2. Determinación de cargas de diseño	54
4.1.3. Integración de cargas soportadas por el muro	55
4.1.3.1. Carga muerta	56
4.1.3.2. Carga viva	56
4.1.3.3. Cargas factorizadas	56
4.1.3.4. Peso propio muro	57
4.1.3.5. Carga total muro	57

4.1.4. Determinación de fuerzas axiales, fuerzas de corte y momentos de volteo	59
4.1.5. Determinación preliminar de refuerzo	59
4.1.6. Cálculo de “j” basado en el refuerzo actual provisto	60
4.2. Determinar esfuerzos para mampostería reforzada	62
4.2.1. Esfuerzo axial actuante de la mampostería (f_a)	62
4.2.2. Esfuerzo compresivo actuante de la mampostería (f_b)	62
4.2.3. Esfuerzo del acero a tensión debido a la flexión (f_s)	62
4.2.4. Esfuerzo cortante (f_v)	63
4.2.5. Esfuerzo compresivo axial permisible (F_a), es el mismo para los seis muros	64
4.2.6. Esfuerzo de volteo permisible (F_b), es el mismo para los seis muros	64
4.2.7. Esfuerzo cortante permisible (F_v), es el mismo para los seis muros	64
4.3. Diseño de refuerzo horizontal	66
4.3.1. Corte basal (V_{BASAL})	66
4.3.2. Momento de volteo (M)	67
4.3.3. Módulo de sección	68
4.3.4. Esfuerzo cortante (f_v)	69
4.3.5. Relación	69
4.3.6. Esfuerzo cortante permisible (F_v)	70
4.3.7. Refuerzo horizontal mínimo	70
4.3.8. Cálculo de la deriva (Δ)	71
4.3.9. Cálculo de la rigidez (k)	72

5. TIPOS Y METODOLOGÍA DEL ENSAYO	77
5.1. Ensayo de muro a escala natural según especificaciones obtenidas	77
5.2. Descripción del ensayo de muros a corte	84
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO	85
6.1. Procedimiento y secuencia de los cálculos obtenidos en laboratorio	85
6.2. Determinación de la carga de diseño de muro	85
6.2.1. Informe de laboratorio	86
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	99
APÉNDICE	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Zonas de actividad sísmica	18
2. Tipos de ondas sísmicas	19
3. Placas tectónicas de la tierra	20
4. Placas tectónicas de Guatemala	21
5. Mapa geológico de Guatemala	22
6. Construcción de mampostería simple de adobe	24
7. Muro de mampostería confinada, sistema placa-poste	26
8. Muro de mampostería reforzada	29
9. Viga simplemente apoyada con carga distribuida	32
10. Deformaciones y tensiones debido a la carga q	33
11. Fuerza de pretensado centrada en los extremos de la viga	34
12. Deformaciones y tensiones: (a) Debidas a la fuerza P ; (b) debidas a $(P + q)$	35
13. Fuerza de pretensado excéntrica	35
14. Deformaciones y tensiones: (a) Debidas a la fuerza P ; (b) debidas a $(P + q)$	36
15. Fuerza de pretensado con cable curvo	37
16. Electromalla	39
17. Montaje de elementos prefabricados, placas horizontales para grandes luces	42
18. Cimiento corrido con diente para evitar el volteo del muro	43
19. Montaje de elementos prefabricados manualmente	45

20. Construcción prefabricada, con placas verticales	45
21. Ensayo a compresión de placa	47
22. Sección del poste pretensado	49
23. Ensayo a compresión del poste pretensado, en prensa hidráulica	50
24. Ensayo a flexión del poste pretensado	51
25. Gráfica carga versus desplazamiento	52
26. Área tributaria de losa	55
27. Triángulo para conocer alturas y ancho de losa	55
28. Carga lateral y axial del muro	58
29. Cargas de diseño para el refuerzo horizontal	67
30. Diagrama de esfuerzos combinados	68
31. Armado del refuerzo vertical y horizontal del muro	73
32. Muro 1 Sistema placa-poste	78
33. Detalle vista frontal solera muros de mampostería	78
34. Detalle vista lateral solera muros de mampostería	79
35. Detalle vista lateral cimiento corrido muros de mampostería	79
36. Sección a-a muros de mampostería	80
37. Muro 2 Sistema placa-poste	81
38. Muro 3 Sistema placa-poste	81
39. Muro 4 Sistema placa-poste	82
40. Muro 5 Sistema placa-poste	82
41. Muro 6 Sistema placa-poste	83
42. Ensayo de muros de mampostería a escala natural	84

TABLAS

I.	Carga versus desplazamiento	52
II.	Cargas de diseño	61
III.	Esfuerzos para mampostería reforzada	65
IV.	Diseño de refuerzo horizontal(a)	74
V.	Diseño de refuerzo horizontal (b)	75

LISTA DE SÍMBOLOS

A_s	Área de acero
b	Base menor, ancho de sección
B	Base mayor
cm	Centímetros
cm^2	Centímetros cuadrados
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas
d	Distancia desde la fibra extrema del elemento hacia el centroide del refuerzo a tensión, profundidad
σ	Esfuerzo
ϵ	Deformación
E_m	Módulo de elasticidad de la mampostería
E_s	Módulo de elasticidad del acero
F	Fuerza
f_a	Esfuerzo a compresión actuante debido a la carga axial

F_a	Esfuerzo a compresión permisible debido a la carga axial
f_b	Esfuerzo a compresión actuante debido a la flexión
F_b	Esfuerzo a compresión permisible debido a la flexión
F_H	Fuerza horizontal
F_s	Esfuerzo a compresión o tensión permisible en el refuerzo
f_v	Esfuerzo cortante actuante en la mampostería
F_v	Esfuerzo cortante permisible en la mampostería
F_V	Fuerza vertical
f_y	Esfuerzo de fluencia del acero
FHA	Fomento de Hipotecas Aseguradas
f'_c	Esfuerzo a compresión del concreto
f'_m	Esfuerzo a compresión de la mampostería
h	Altura
IBC	Código Internacional de la construcción (por sus siglas en inglés)

j	Relación de distancia entre el centroide de las fuerzas de flexo-compresión y el centroide de las fuerzas de tracción a la profundidad d
k	Relación de profundidad del eje neutro desde la cara a compresión del miembro de la profundidad total
kg	Kilogramo
ℓ	Longitud
L	Carga viva
lb	Libra
M	Momento
m	Metro
m²	Metro cuadrado
mm	Milímetro
MSJC	Comisión de Normas de Mampostería (por sus siglas en inglés)
n	Relación entre el módulo de elasticidad del acero y el módulo de elasticidad de la mampostería
P	Carga axial
P_s	Presión debido al viento

P_{TOTAL}	Carga total
P.U.	Peso unitario
plg^2	Pulgada cuadrada
psi	Libra por pulgada cuadrada
q	Carga distribuida
R	Rigidez
r	Radio de giro
SC	Sobre carga
gt	Espesor
t_r	Espesor real
v	Velocidad
V	Fuerza cortante
W	Carga gravitacional
Δ	Deriva
ρ	Cuantía de acero
ρ_{min}	Cuantía de acero mínima

GLOSARIO

Acústico	Producción, control, transmisión y recepción de los sonidos.
Aislante térmico	Es un material usado en la construcción y caracterizado por su alta resistencia térmica. Establece una barrera al paso del calor entre dos medios que naturalmente tenderían a igualarse en temperatura.
Concreto	Producto resultante de la mezcla de un aglomerante (generalmente cemento, arena, grava o piedra machacada y agua) que al fraguar y endurecer adquiere una resistencia similar a la de las mejores piedras naturales.
Empírico	Es el conocimiento basado en la experiencia y, en último término, en la percepción, pues dice qué es lo que existe y cuáles son sus características, pero no dice que algo deba ser necesariamente así y no de otra forma; tampoco da verdadera universalidad.
Esfuerzo	Fuerza que actúa sobre un cuerpo y que tiende a estirarla (tracción), aplastarla (compresión), doblarla (flexión), cortarla (corte) o retorcerla (torsión).

Módulo de elasticidad	Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material.
Mortero	Es un material que se utiliza en la obra de albañilería obtenido mezclando uno o más elementos aglomerantes, arena, agua y eventualmente algún aditivo.
Recubrimiento	La menor distancia entre la superficie del refuerzo longitudinal o transversal y la superficie exterior de la sección de concreto.
Rigidez	Capacidad de un objeto sólido o elemento estructural para soportar esfuerzos sin adquirir grandes deformaciones o desplazamientos.
Súbita	Es un tipo de falla repentina e imprevista en la construcción.
Tracción	Esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo; tensión.

RESUMEN

La búsqueda de sistemas y métodos constructivos accesibles a una sociedad carente con altos índices de déficit habitacional, motivó a la evaluación del sistema tipo poste pretensado placa.

En el presente trabajo de graduación se analizó un nuevo sistema constructivo en mampostería, denominado placa-poste, el cual viene a ser un sistema alternativo a los ya existentes, que es el sistema tradicional de construcción de viviendas en mampostería.

Los factores que se consideraron y desarrollaron, se basaron en el comportamiento sísmico de Guatemala, donde se evaluaron las características físicas y mecánicas del sistema constructivo de los elementos que lo conforman, y la aplicación de códigos de reconocimiento en el ámbito nacional e internacional.

Posteriormente se hicieron las evaluaciones correspondientes de los elementos y del sistema tipo poste pretensado placa, donde se hicieron las comparaciones fundamentadas en los principios teóricos y reglamentaciones de los códigos.

OBJETIVOS

GENERAL

Implementar un sistema prefabricado tipo poste pretensado placa de construcción de vivienda mínima y económica de mampostería, por medio de ensayos realizados, a cargas de sismo, antes empleado para muro perimetral.

ESPECÍFICOS

1. Evaluar el comportamiento de un sistema tipo poste pretensado placa.
2. Establecer los parámetros para la construcción del sistema.
3. Validar el sistema por medio de ensayos de muros, los cuales ayudan a ver el sistema como un todo.
4. Instruir en nuevos sistemas de construcción, con el fin de dar a conocer las ventajas y desventajas de los mismos.

INTRODUCCIÓN

La mampostería es uno de los sistemas más antiguos y utilizados en el mundo de la construcción, por su fácil y económico uso; ya sea, en el uso de viviendas o edificaciones pequeñas. Por ésto cada día se buscan nuevos métodos o sistemas para acelerar éste proceso y economizar a la hora de construir, siempre viendo la seguridad de los habitantes en ella, teniendo así mayores alternativas para construir.

Por lo antes dicho el tema a sugerir es: VALIDACIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO PREFABRICADO TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA, éste sistema podría ser una solución a los problemas de la construcción, agilizando el proceso de construcción por ser material prefabricado, aumentando el rendimiento constructivo de vivienda mínima o popular.

El tiempo de ejecución en obra se ve reducido al no existir la necesidad de fundir columnas, ni el uso de sabieta o mortero para unir placas, lo cual hace a este sistema favorable para los constructores.

El fin de éste trabajo de graduación es valorar el sistema propuesto, desde el punto de vista estructural para garantizar su comportamiento ante acciones sísmicas.

1. CONCEPTOS BÁSICOS DE MAMPOSTERÍA

1.1. Historia

La mampostería es uno de los materiales con un mayor abanico de aplicaciones en la construcción de obras civiles. Su uso se remonta a las primeras civilizaciones que poblaron la tierra. Las ruinas de Jericó (Medio Oriente, 7350 a.c), las pirámides de Egipto (2500 a.c), las pirámides de Tikal de Guatemala (700 a.c.), la gran muralla China (200 a.c a 220 d.c), las pirámides de Yucatán en México (500 d.c), las murallas de piedra del Machu Pichu en Perú (1200 a 1400 d.c) y la Taj Majal en India (1600 d.c) son solo algunos ejemplos de construcciones que dan testimonio del uso y durabilidad de este material.

Han sido muchos los materiales utilizados a lo largo de la historia como elementos componentes de la mampostería. Con el transcurso de los años los procesos de fabricación han ido evolucionando, sin embargo, la forma de colocación de este material continúa siendo a mano, y es ésta una de las variables que más incide en el comportamiento final de la mampostería. Esta variable resulta difícil de controlar y, por consiguiente, puede decirse que es uno de los principales limitantes dentro de la calidad de la obra de fábrica.

Los muros de mampostería no sólo se utilizan para estructuras, también para hacer subdivisiones de espacios, protección contra fuego, aislamiento térmico y acústico y apariencia estética.

Por lo tanto, puede decirse que la mampostería es apreciada por su color, forma, textura, disponibilidad, durabilidad, por su capacidad de aislamiento térmico y por su bajo costo, en comparación con otros materiales.

Todas las construcciones en mampostería en el pasado fueron realizadas a partir de reglas empíricas y, diseñadas solo para soportar acciones gravitacionales, usando la carga muerta para estabilizar las estructuras frente a cargas laterales producidas por vientos y sismos. No es hasta mediados del siglo XX, que aparecen las primeras normativas y reglamentaciones de diseño.

La aplicación de los principios de ingeniería estructural ha significado un avance importante en el conocimiento de las propiedades y del comportamiento de la mampostería no reforzada. Consecuentemente, ésta ha sido re-adoptada como un material ingenieril.

Los sismos fuertes, que han tenido lugar hasta la fecha, han mostrado en la mayoría de los casos, que las estructuras de mampostería no reforzada han sido las más afectadas y han producido pérdidas de vidas humanas considerables, comparadas con otros sistemas estructurales, como la mampostería estructural, la cual es utilizada para zonas con mayor índice de sismicidad. El modo de fallo de este tipo de estructuras ha puesto en evidencia un comportamiento con muy poca ductilidad; debido a que el colapso se presenta de forma súbita. En la mayoría de los casos, este tipo de fallo ha estado relacionado con las deficiencias características de esta tipología constructiva, como son: malas conexiones, diafragmas de piso excesivamente flexibles y morteros de mala calidad, entre otros. Por otra parte, ante sismos menos intensos, las estructuras solo se han visto afectadas ligeramente sin presentar daños de consideración. Esto, podría indicar que para zonas con una amenaza sísmica baja y moderada, utilizando una técnica adecuada de

reforzamiento, podría garantizarse un buen desempeño de estas estructuras, y por tanto, reducir el riesgo al que se encuentran expuestas.

El amplio uso que se le ha dado a este material, tanto en países desarrollados donde la mayoría de edificios históricos y de viviendas corresponden a este tipo de sistema constructivo, como en países subdesarrollados (Latinoamérica), donde un gran porcentaje de los centros urbanos han sido construidos con este sistema y sin ningún tipo de supervisión técnica (sistema de auto construcción), exige un mejor entendimiento de su respuesta sísmica y el desarrollo de métodos de diseño que incorporen características propias de estas estructuras de tal manera que, su comportamiento ante acciones sísmicas sea adecuado.

En literatura, pocos resultados experimentales están disponibles para estructuras de mampostería no reforzada, especialmente bajo cargas sísmicas (cíclicas). Esto se debe principalmente a que estas estructuras son normalmente considerada poco adecuadas en zonas con una amenaza sísmica elevada como Guatemala y, por otra parte su desempeño sísmico bastante variable, esto es, en algunos casos ha resultado catastrófico y en otros se han comportado de manera excelente. La razón de esta variabilidad se explica a partir de la relación carga-deformación: inicialmente la mampostería es rígida, mostrando poco efecto de carga, sin embargo, una vez se alcanza la deformación pico, suele fallar de manera frágil. Considerando que no existe ningún tipo de refuerzo, la redistribución de los esfuerzos máximos no es posible y el fallo local rápidamente se convierte en un fallo global de la estructura. Así, el sistema pierde resistencia y puede colapsar. Sin embargo, cuando la respuesta de la estructura ante un movimiento sísmico, cae dentro del primer intervalo, esto es, dentro del rango elástico, su desempeño es

bastante bueno. Las estructuras diseñadas para satisfacer este requerimiento, deben ser de proporciones masivas para cualquier movimiento sísmico, es decir, que tengan una gran cantidad de muros de gran espesor en ambas direcciones en planta. Esto explica, el porque varias estructuras antiguas de esta tipología se han comportado adecuadamente frente a sismos de diferente intensidad, con daños leves.

Modernamente, se aprovechan los ladrillos de arcilla y los bloques de concreto de gran resistencia, unidos mediante morteros de cemento. El muro así ensamblado se considera un elemento monolítico, siempre y cuando, las uniones de las juntas puedan garantizar la transmisión de esfuerzos entre las piezas individuales, sin fallas o deformaciones considerables.

1.2. Definiciones básicas para mampostería según normas y códigos

De acuerdo con el Código de Mampostería “SEOPC” y Norma de la Asociación Guatemala de Ingenieros Estructurales y Sísmicos “AGIES NR-9:2000”.

1.2.1. Anclaje

Barra de metal, alambre o fleje metálico que asegura la mampostería a su soporte estructural.

1.2.2. Carga muerta

Se considerarán como cargas muertas los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen un peso que no cambia sustancialmente con el tiempo, incluyendo muros y particiones divisorias de espacio y el peso de equipos permanentes.

1.2.3. Carga de servicio

Todas las cargas, permanentes o transitorias, que actúan sobre la estructura o parte de ésta, sin estar afectadas por ningún coeficiente de carga.

1.2.4. Carga viva

Carga debida al uso y ocupación del edificio, sin incluir viento, sismo o carga muerta.

1.2.5. Cimentación

Conjunto de los elementos estructurales destinados a transmitir las cargas de una estructura al suelo o roca de apoyo.

1.2.6. Columna

Elemento estructural cuya sollicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de momentos flexores, torsión o fuerzas cortantes y con una relación de longitud a su menor dimensión de la sección de tres o más.

1.2.7. Columna de amarre

Es un elemento vertical que se considera unido íntegramente a la pared de mampostería.

1.2.8. Curado

Proceso mediante el cual el se mantiene a una temperatura estable y en condiciones de humedad por lo menos durante los primeros siete días después del vaciado.

1.2.9. Columna en mampostería

Elemento vertical aislado cuya dimensión horizontal medida en ángulo recto a su espesor, no excede tres veces su espesor y cuya altura es al menos cuatro veces superior su espesor.

1.2.10. Costilla

Soporte vertical empleado para alinear o reforzarlas puertas y ventanas.

1.2.11. Diafragma

Sistema de piso o techo diseñado para transmitir fuerzas laterales a muros de corte u otros elementos resistentes a fuerzas laterales.

1.2.12. Mampostería

Se entiende que la mampostería es la unión de bloques o unidades con mortero para conformar un sistema monolítico tipo muro que pueden resistir acciones, excitaciones externas (pueden ser cargas horizontales o laterales y gravitacionales).

1.2.13. Muro

Elemento vertical con una relación longitud horizontal-espesor mayor a tres, usado para cerrar espacios. Elemento cuyo espesor es mucho menor en relación con sus otras dos dimensiones, usualmente vertical y que resiste cargas que actúan en dirección normal o fuera a su plano.

1.2.14. Recubrimiento

La menor distancia entre la superficie del refuerzo longitudinal o transversal y la superficie exterior de la sección de hormigón o del mamposte.

1.2.15. Refuerzo

Barras de acero colocadas en el hormigón para que en conjunto puedan resistir fuerzas de tracción, de compresión, de corte o de torsión.

1.2.16. Resistencia del hormigón a la compresión ($f'c$)

Resistencia nominal especificada a los 28 días, que se utiliza en el diseño para determinar la resistencia nominal de los elementos de hormigón armado.

1.2.17. Resistencia a compresión del mamposte ($f'm$)

Resistencia que opone la mampostería ante acciones externas como cargas laterales y gravitacionales, su valor va depender siempre del tipo de construcción, se recomienda que este tenga $f'm = 30 \text{ kg/cm}^2$ o mayor.

1.2.18. Resistencia de diseño o resistencia última

Proporcionada por un elemento, sus conexiones con otros elementos, así como sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deben tomarse como la resistencia nominal calculada de acuerdo con los requisitos y suposiciones de este reglamento, multiplicada por los factores ϕ de reducción de resistencia.

1.2.19. Resistencia nominal

Resistencia de un elemento, o sección de él, calculada analíticamente de acuerdo con los requisitos y suposiciones del método de diseño a la rotura y sin incluir ningún coeficiente de reducción de resistencia.

1.2.20. Poste

Es un elemento prefabricado y preesforzado de concreto armado que actúa como columna al soportar esfuerzos de flexión y compresión y como elemento confinante vertical de muros, del sistema placa-poste.

1.2.21. Placa

Plancha prefabricada de concreto, simple o reforzado con electromalla, su función es cubrir mayores áreas de construcción. Este material de construcción puede ser utilizado en el interior como el exterior, de viviendas, edificios, etc.

1.2.22. Solera

En mampostería, se define como una estructura que cumple la función de una viga, ubicando en ésta el refuerzo longitudinal necesario para soportar esfuerzos cortantes y flexionantes. Para edificaciones de un nivel: solera hidrófuga, solera intermedia y solera corona o de techo. Si la altura libre del muro es mayor que 2.80 m, se deberá colocar más de una solera intermedia.

1.2.23. Efectos sísmicos

Las solicitaciones de flexión, torsión, fuerzas cortantes, cargas axiales y deformaciones ocasionadas a los elementos estructurales por la acción de un temblor en una estructura cualquiera.

1.2.24. Esfuerzo

Intensidad de fuerza por unidad de área.

1.2.25. Estribos

Elementos que corresponden a una forma de refuerzo transversal, utilizados para resistir fuerzas cortantes, torsión y para proveer confinamiento al

núcleo del elemento consistentes en: barras corrugadas, barras lisas, alambres o malla electro-soldada, de una o varias ramas, doblados en forma de L, U, C o rectangulares y colocados perpendicularmente al refuerzo longitudinal o formando un ángulo con el.

1.2.26. Factor de reducción de resistencia ϕ

Coeficiente que multiplica la resistencia nominal para convertirla en resistencia de diseño.

1.2.27. Fuerza axial

Fuerza (tracción o compresión) que actúa en el centro de gravedad de una sección, paralela al eje longitudinal del elemento.

1.2.28. Flexión compuesta

Fuerza axial (tracción o compresión) simultánea con flexión respecto a uno de los ejes principales de inercia de una sección.

1.2.29. Fuerza cortante

Fuerza que actúa en el centro de gravedad de una sección, perpendicular eje longitudinal del elemento, en un plano que contiene uno de los ejes principales de la sección.

1.2.30. Hormigón armado o concreto armado

Material constituido por hormigón que tiene un refuerzo de barras de acero dispuestas convenientemente en su interior.

1.2.31. Longitud de desarrollo

Es la longitud requerida que debe tener el refuerzo embebido en el hormigón requerida para desarrollar la resistencia de diseño del refuerzo en una sección crítica.

1.2.32. Reglamento para construcciones de edificios de mampostería estructural “SEOPC”

Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana.

1.2.33. ACI

Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute).

1.2.34. AGIES

Asociación Guatemalteca de Ingenieros Estructurales y Sísmicos.

1.2.35. IBC

Código Internacional de la Edificación. Estados Unidos de América. International Code Council, Inc. 2006.

1.2.36. Sismo resistente

Es cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes.

1.2.37. INSIVUMEH

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.

1.2.38. Sismología

Es una de las ramas de la geofísica que se utiliza para estudiar la Tierra y en especial el fenómeno de los terremotos. La Sismología utiliza el registro del movimiento del suelo producido por un temblor para estudiar el origen y propagación de la onda sísmica.

1.2.39. Geofísica

Es la ciencia que se encarga del estudio de la Tierra desde el punto de vista de la física. Su objeto de estudio abarca todos los fenómenos relacionados con la estructura, condiciones físicas e historia evolutiva de la Tierra. Al ser una disciplina experimental usa para su estudio métodos cuantitativos físicos como la física de reflexión y refracción de ondas mecánicas, y una serie de métodos basados en la medida de la gravedad, de campos electromagnéticos, magnéticos o eléctricos y de fenómenos radiactivos. En algunos casos dichos métodos aprovechan campos o fenómenos naturales (gravedad, magnetismo

terrestre, mareas, terremotos, tsunamis, etc.) y en otros son inducidos por el hombre (campos eléctricos y fenómenos sísmicos).

1.2.40. UPGGR

Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo de la República de Guatemala.

1.2.41. Subducción

Es cuando dos secciones de la corteza de la Tierra chocan, una placa de corteza puede ser forzada hacia abajo, hacia las regiones profundas de la Tierra.

1.2.42. Transcurrencia

Es cuando dos bloques de la corteza terrestre se desplazan uno con respecto al otro en la dirección horizontal.

1.2.43. Converge

Son límites en los que una placa choca contra otra, formando una zona de subducción (la placa oceánica se hunde bajo de la placa continental) o un cinturón orogénico (si las placas chocan y se comprimen).

1.3. Construcción de la mampostería

1.3.1. Muro de mampostería

Elemento estructural de longitud o altura considerable con relación a su espesor, elaborado únicamente con unidades de mampostería.

1.3.2. Muro estructural de mampostería

Muro que soporta; en su plano adicional a la de su propio peso, elaborado únicamente con unidades de mampostería.

1.3.4. Muro no estructural de mampostería

Muro que no tiene que soportar, en su plano, carga diferente a la de su propio peso, que por lo general; está dispuesto sólo para separar espacios, elaborado únicamente con unidades de mampostería.

1.3.5. Parapeto

Es un elemento o sistema que puede trabajar o no estructuralmente; se considera como parapeto cuando forma parte de un gran conjunto de edificaciones por ejemplo un deposito aéreo de agua se calcula como parapeto, es decir que es un elemento pequeño comparado con la edificación completa.

1.4. Mampostería sometida ante acciones sísmicas

El estudio de los sismos es útil para disminuir los daños que éstos producen y aún cuando no es posible saber cuándo y dónde ocurrirá el próximo sismo, sí se está seguros que habrán más, según lo demuestra la evidencia geológica los registros históricos y la información instrumental.

La forma más eficaz y económica ante cualquier tipo de amenazas es la prevención. Las medidas preventivas contemplan una gran cantidad de acciones, entre las que se puede mencionar: educación a nivel escolar, códigos o normas de construcción con base en la geología del lugar, uso adecuado del suelo y sus recursos ya sea un estudio de suelos, planes de emergencia, etc. Se puede apreciar que ésta es una tarea multidisciplinaria que involucra a toda la sociedad, por ello el desarrollo de sistemas constructivos de mampostería que cumplan lineamientos de códigos y normas constructivas reconocidas en Guatemala.

El papel de las ciencias de la Tierra entre ellas. La Sismología, es estudiar el fenómeno natural e identificar los factores que pueden producir daños en determinado lugar. Esto último se conoce como evaluación de la amenaza o peligro, que en el caso de los terremotos se denomina evaluación de la amenaza sísmica.

La mampostería ante acciones sísmicas ha sido perjudicada debido al mal empleo de la misma, en su mayoría las fallas se han presentado por seguir empíricamente procesos constructivos sin tomar en cuenta, un diseño estructural anteriormente, un estudio de suelos, la calidad de materiales, falta de supervisión. Si bien es cierto que la mampostería por ser un material de baja resistencia a tensión y de comportamiento frágil, es particularmente sensible a

los efectos sísmicos también, está demostrado que con refuerzo y confinamiento adecuados se pueden superar estos inconvenientes y proyectar construcciones sismoresistentes, especialmente aprovechando la alta densidad de muros que se tiene en construcciones a base de muros de carga de este material, por ejemplo en edificios o viviendas multifamiliares. Así mismo, los ingenieros deben tomar en cuenta varios aspectos al construir estructuras de mampostería ya sea, una edificación o una vivienda sismoresistente, como:

- Geología de lugar
- Estudio de suelos
- Emplear códigos de construcción
- Materiales de buena calidad (mampostería, acero, cemento, cal, etc).
- Mano de obra calificada
- Supervisión

El amplio uso de la mampostería a lo largo de la historia ha hecho de esta uno de los sistemas constructivos más utilizados en Guatemala y el mundo, existen tres tipos de mampostería:

- Mampostería simple o tradicional
- Mampostería confinada
- Mampostería reforzada

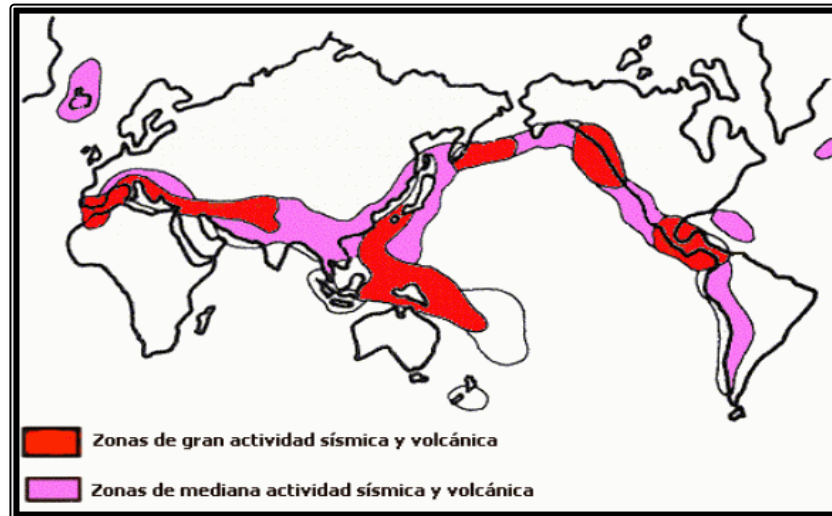
Por lo tanto, se emplea un sistema alternativo tipo placa-poste antes utilizado en muros perimetrales y ahora en viviendas unifamiliares. Con este sistema de mampostería confinada se trata de ampliar la gama de sistemas constructivos.

1.5. Tipos de sismos

Los sismos pueden agruparse tomando en cuenta su origen en tectónicos, volcánicos y de colapso. Estos últimos son producidos principalmente por el derrumbamiento de techos de cavernas o minas y sólo son percibidos en áreas reducidas. Los sismos llamados tectónicos son aquellos producidos por rupturas de grandes dimensiones en la zona de contacto entre placas tectónicas (sismos interplaca) o bien en zonas internas de éstas (sismos intraplaca). Por otra parte, como resultado del movimiento de fluidos, y gases así como de la generación de fracturas o bien; del colapso de cavidades ocasionadas por salidas de magma, se originan los sismos volcánicos. En las etapas previas a episodios de actividad volcánica mayor, éstos eventos se presentan en número reducido (algunos sismos por día o por mes). Sin embargo; poco antes y sobre todo durante una erupción la actividad sísmica aumenta hasta presentar decenas o cientos de sismos en unas horas.

Los sismos volcánicos según indican las estadísticas mundiales, muy pocas veces han rebasado los seis grados en la escala de magnitud. Por tanto; la probabilidad de que un volcán pueda llegar a ocasionar daños por la actividad sísmica asociada a la erupción no es muy común.

Figura 1. Zonas de actividad sísmica



Fuente:INSIVUMEH

Al considerar la intensidad con que ocurren los sismos se clasifican en dos tipos: microsismos y macrosismos.

- Microsismos: que solo registran mediante aparatos.
- Macrosismos: los que se detectan mediante los sentidos; la mayor parte de los que se presentan en el mundo.

1.5.1. Ondas sísmicas

Al ocurrir un temblor se genera energía que se libera en forma de ondas, las cuales se desplazan a través de los materiales rocosos. Estos vibran rápidamente de una parte a otra, por tal motivo se transmite el movimiento ondulatorio. Hay tres tipos de ondas sísmicas:

1.5.1.1. Ondas primarias

Son de presión o longitudinales y pueden pasar a través de los sólidos, líquidos y gaseosos, en las rocas sólidas y en las profundidades donde la roca es más elástica se deben a que viajan rápidamente por las cuencas oceánicas y las masas continentales.

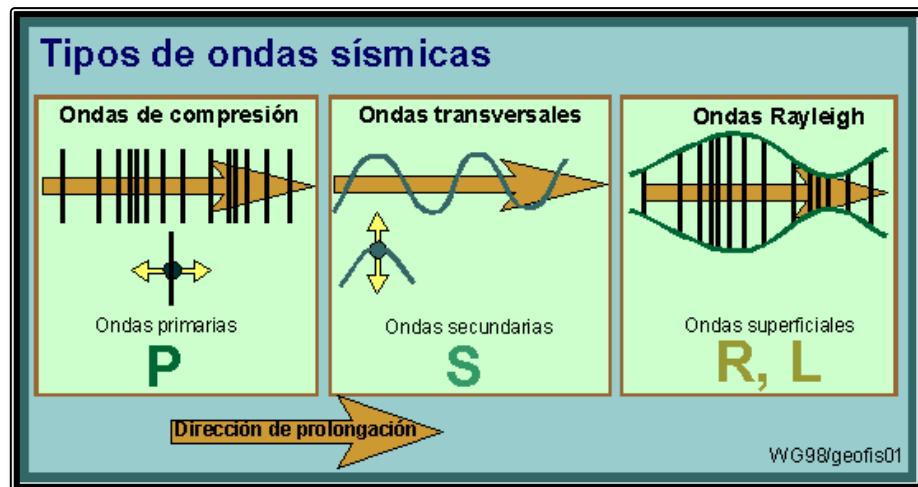
1.5.1.2. Ondas secundarias

Son por sacudimiento y transversales, no se admiten a través de los líquidos, son lentas y su velocidad es proporcional a la rigidez del material que atraviesan.

1.5.1.3. Ondas largas o superficiales

Son las que llegan a la superficie terrestre; se propagan en círculos en forma análoga a los que producen en el agua al arrojar la piedra sobre ésta.

Figura 2. Tipos de ondas sísmicas

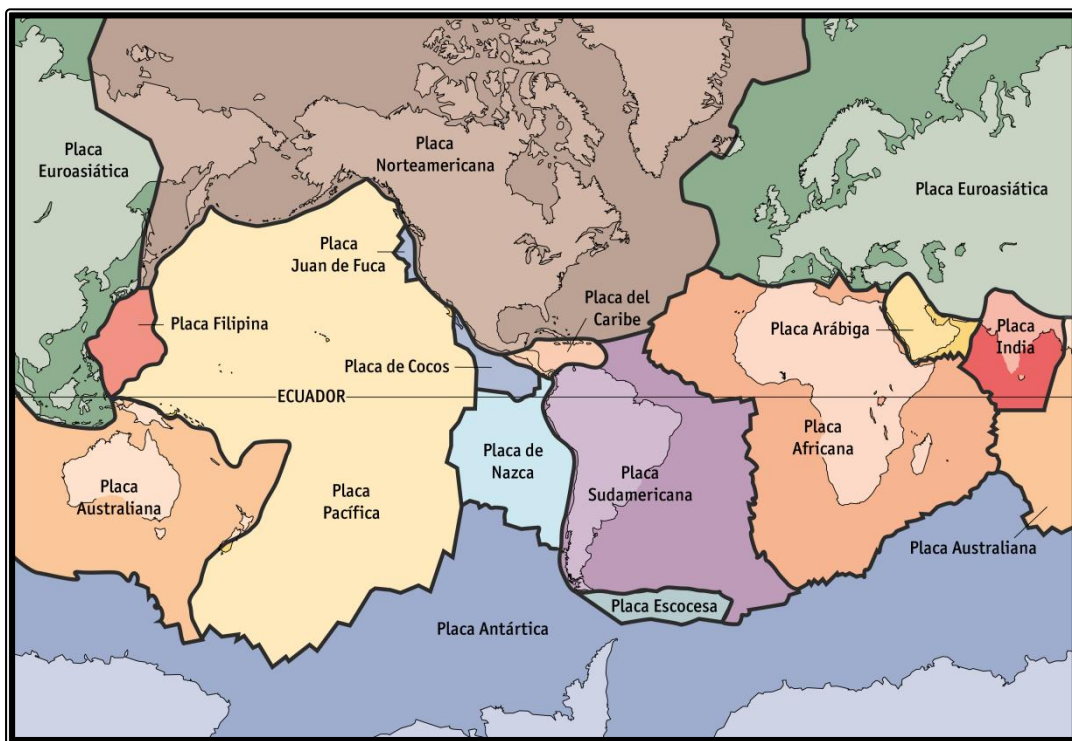


Fuente:INSIVUMEH

1.5.2. Marco tectónico para Guatemala

El territorio nacional está repartido en tres placas tectónicas: Norteamérica, Caribe y Cocos. Los movimientos relativos entre éstas determinan los principales rasgos topográficos del país y la distribución de los terremotos y volcanes.

Figura 3. Placas tectónicas de la tierra



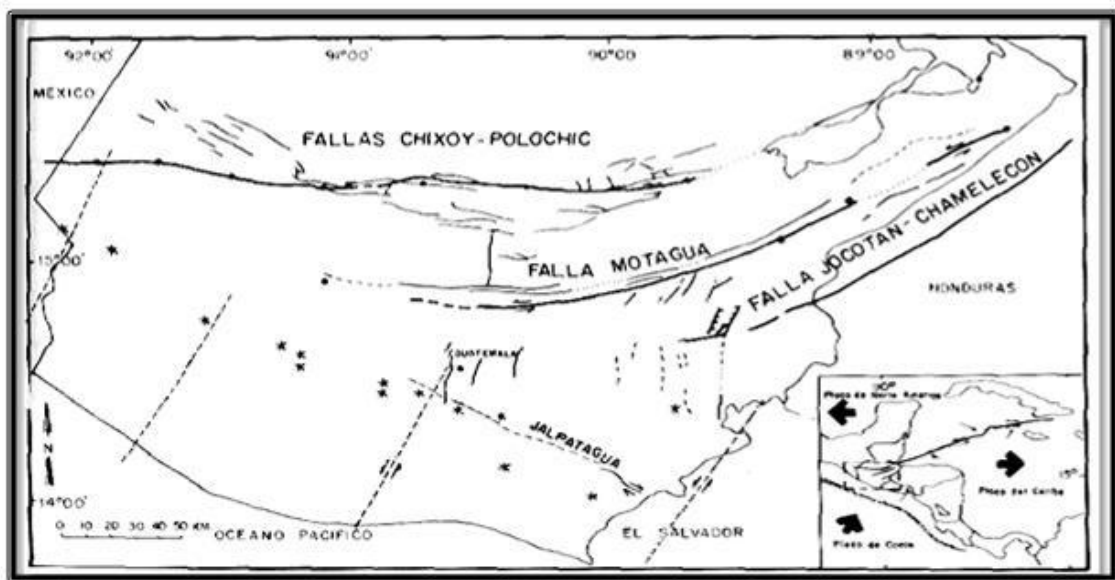
Fuente: INSIVUMEH

El contacto entre las placas de Norteamérica y Caribe es de tipo transcurrente. Su manifestación en la superficie son las fallas de Chixoy-Polochic y Motagua.

El contacto entre las placas de Cocos y del Caribe es de tipo convergente, en el cual la Placa de Cocos se mete por debajo de la Placa del Caribe (fenómeno conocido como subducción). Este proceso da origen a una gran cantidad de temblores y formación de volcanes. El contacto entre estas dos placas está aproximadamente a 50 Km. frente a las costas del Océano Pacífico.

A su vez, estos dos procesos generan deformaciones al interior de la Placa del Caribe, produciendo fallas secundarias como: Jalpatagua, Mixco, Santa Catarina Pínula, etc.

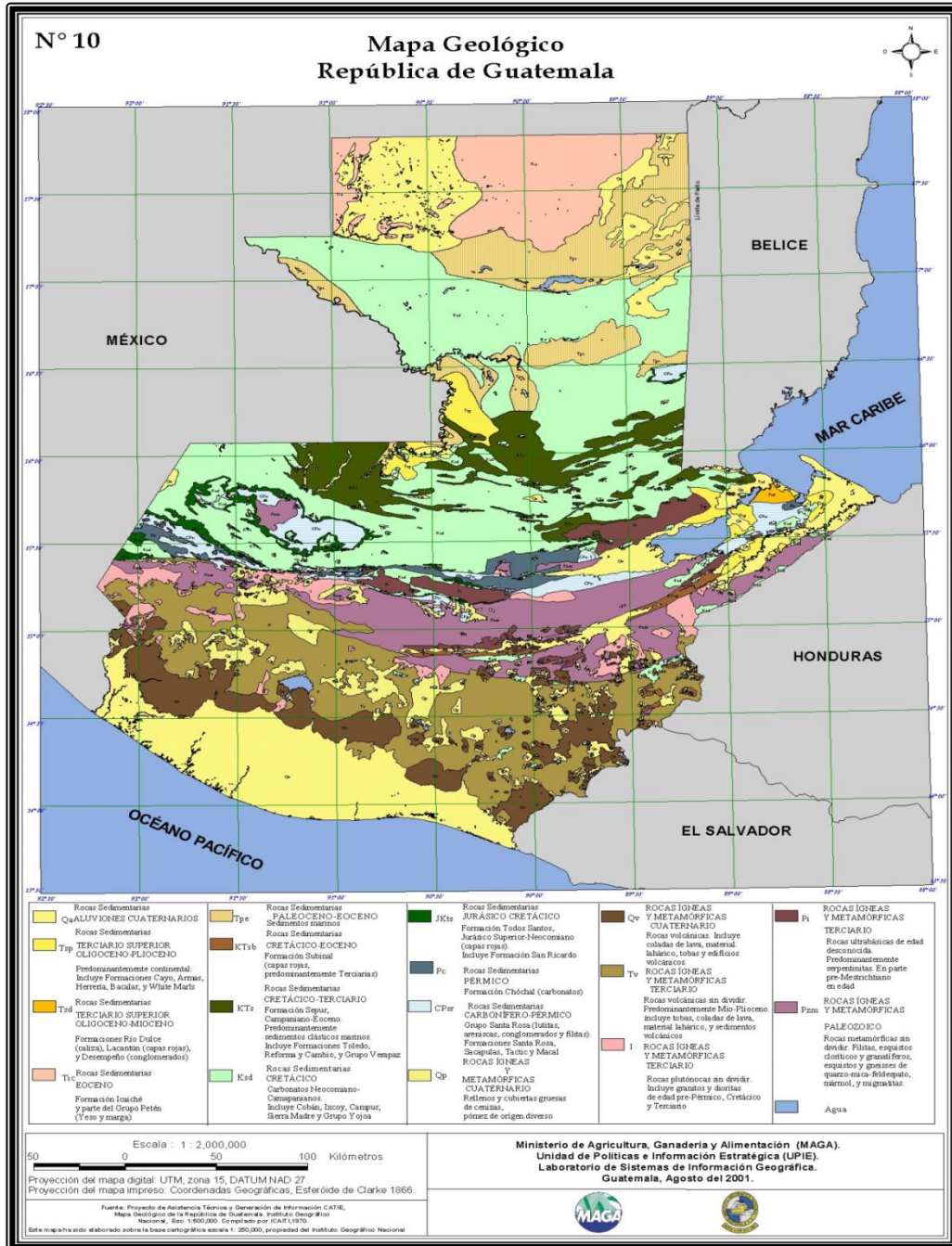
Figura 4. Placas tectónicas de Guatemala



Fuente:INSIVUMEH

1.5.3. Tipos de suelos en Guatemala

Figura 5. Mapa geológico de Guatemala



Fuente: UPGGR

2. SISTEMAS DE MAMPOSTERÍA

2.1. Mampostería simple o tradicional

Se basa en adherir elementos de mampostería (blocks, ladrillos, etc.). En este tipo de muros predominan los esfuerzos de compresión que se contrarrestan con los esfuerzos de tensión que producen las fuerzas horizontales, el cual se enlaza sin refuerzos.

La mampostería simple fue la pionera en la construcción, prueba de ello es que aún en nuestra época existen edificaciones de mampostería simple que han soportado grandes eventos sísmicos como el terremoto del 1976 en Guatemala. Para esto se debe contar con un buen procedimiento constructivo, en el que la mano de obra sea calificada con supervisión de la misma, viendo la calidad de los materiales de construcción, por otro lado al tomar conocimientos empíricos se generan malas construcciones, esto podría significar pérdidas de vidas humanas así como económicas.

En la actualidad, la población guatemalteca procura utilizar reglamentos constructivos basados en países con acciones sísmicas, y así dar mayor seguridad a las construcciones y edificaciones y preservar la vida de los habitantes.

Figura 6. Construcción de mampostería simple de adobe



Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

2.2. Mampostería confinada

La mampostería confinada se clasifica como aquella que se construye utilizando muros de mampostería rodeados con elementos de concreto reforzado, apoyados posteriormente a la ejecución del muro y que actúan monolíticamente con este. Dicho sistema estructural se clasifica para efectos de diseño sísmo resistente, como uno de los sistemas con capacidad moderada de disipación de energía en el rango inelástico.

También se le conoce como a la construcción con base en piezas de mampostería unidas con mortero, cuyo refuerzo principal está dado por elementos de concreto reforzado (vigas y columnas) construidas en los extremos del muro. Estos elementos de concreto reforzado atienden todos los esfuerzos de flexión y la parte de los esfuerzos cortantes que no resiste el muro de mampostería simple.

La resistencia ante todas las cargas se obtiene por medio de los muros estructurales, los cuales deben ser confinados. Para que un muro confinado se considere como muro estructural debe ser continuo desde la cimentación hasta su nivel superior y no puede tener ningún tipo de aberturas.

Un muro de mampostería confinada debe contar con columnas o mochetas y vigas o soleras de confinamiento.

Cuando se trabaja con el sistema confinado, se deben colocar mochetas y soleras en los extremos de todas las aberturas (puertas y ventanas), ya que

proporcionarán cierta ductilidad a los muros y participan en la resistencia a flexo-compresión en el plano del muro.

Figura 7. Muro de mampostería confinada, sistema placa-poste



Fuente:Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

2.2.1. Columna de confinamiento

Se consideran columnas de confinamiento a los elementos de concreto reforzado que se colocan en los extremos del muro que encierran y en puntos intermedios dentro del muro. Las columnas de confinamiento deben ser continuas desde la cimentación hasta la parte superior del muro y se deben apoyar directamente contra este con posterioridad al levantado de los muros de cada piso.

2.2.4. Vigas de confinamiento

Se consideran vigas de confinamiento los elementos de concreto reforzado que se colocan en la parte inferior y superior de muros confinados. Las vigas de amarre se apoyan directamente sobre los muros estructurales que encierran. La viga de cimentación se considera como una viga de amarre y debe cumplir los requisitos mínimos de las mismas.

2.2.5. Anclajes de refuerzo

El refuerzo de las vigas de confinamiento debe anclarse en los extremos terminales con ganchos de 90° dentro de un elemento de confinamiento transversal a su dirección.

2.3. Mampostería reforzada

El sistema de mampostería reforzada se fundamenta en la construcción de muros con piezas de mampostería de perforación vertical, unidas por medio de mortero, reforzadas internamente con barras y alambres de acero, cumpliendo así los requisitos de análisis, diseño y construcción apropiados, según sea la necesidad constructiva. Este sistema permite la inyección de todas sus celdas con mortero de relleno o inyectar solo las celdas verticales que llevan refuerzo, dependiendo de la capacidad de disipación de energía en el rango inelástico definida para el diseño sísmo resistente de la edificación. La construcción se realiza por medio de procedimientos y actividades tradicionales de mampostería, aunque los muros pueden prefabricarse formando paneles.

El sistema de muros de mampostería reforzada conforma la estructura vertical de soporte de las edificaciones construidas con este método. Por lo cual los demás subsistemas deben ser integrados a la mampostería, diseñándolos para este fin desde el inicio del proyecto. Así el método de mampostería reforzada es un método parcial como sistema de construcción.

Figura 8. Muro de mampostería reforzada



Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

2.3.1. Ventajas de la utilización de mampostería reforzada

- Disminución de desperdicios de material de muros y acabados dada la modulación de las unidades de mampostería permitiendo aplicar directamente sobre los muros, pintura, o aprovechar la textura y colores propios de las unidades corrientes o de las que tienen características arquitectónicas.

- Los elementos de la fachada pueden ser portantes, brindando la doble función estructural y arquitectónica.
- Se elimina la utilización de formaleta y obra falsa de la estructura vertical, ya que el refuerzo en esta dirección se coloca dentro de las celdas de las unidades de mampostería.
- Permite utilizar entrepisos totales o parcialmente prefabricados dando mayor velocidad al proceso constructivo.
- En viviendas debidamente diseñadas se puede construir toda la estructura con mampostería, reduciendo el número de proveedores y el manejo de materiales y equipos, con la consecuente disminución de costos.
- Por las características físicas de las unidades, la mampostería reforzada provee al sistema un buen aislamiento térmico y acústico.

2.3.2. Desventajas de la utilización de mampostería reforzada

- Por ser un sistema estructural diferente al de pórticos y otros sistemas de muros, se hace indispensable un riguroso control sobre los procedimientos de manejo y colocación de sus materiales.

- Se deben conocer muy bien las características mecánicas de las unidades de mampostería, ya que son parte fundamental del sistema estructural.
- Requiere de un diseño riguroso que permita la adecuada modulación vertical y horizontal de los muros.
- Dado que la mampostería construida con este método es estructural, no se pueden modificar indiscriminadamente los espacios interiores de las edificaciones.
- Se necesita de mano de obra conocedora y calificada para la construcción de mampostería reforzada.
- Tiene un peso ligeramente mayor que las edificaciones de pórticos de concreto con particiones livianas.
- Por las características del relleno de las celdas de las unidades, su dureza dificulta la modificación o que se perfore o se clave en ellos.

2.4. Método pretensado

El concreto posee una buena resistencia a la compresión y resulta un material versátil para su uso en estructuras. Su principal inconveniente, no obstante, es su desigualdad de resistencia: ésta es muy pequeña a su esfuerzo de tracción. Este motivo obliga a suplir ésta carencia mediante armaduras que tomen las tensiones dando como resultado de esta manera, el conocido material: concreto armado.

La idea del pretensado es la de introducir un estado de tensión previo a la carga de la estructura, de manera tal que anule o disminuya, las tensiones en el concreto. Esta idea puede ser comprendida fácilmente mediante un ejemplo: considérese una viga isostática simple con una carga uniformemente distribuida.

Figura 9. Viga simplemente apoyada con carga distribuida

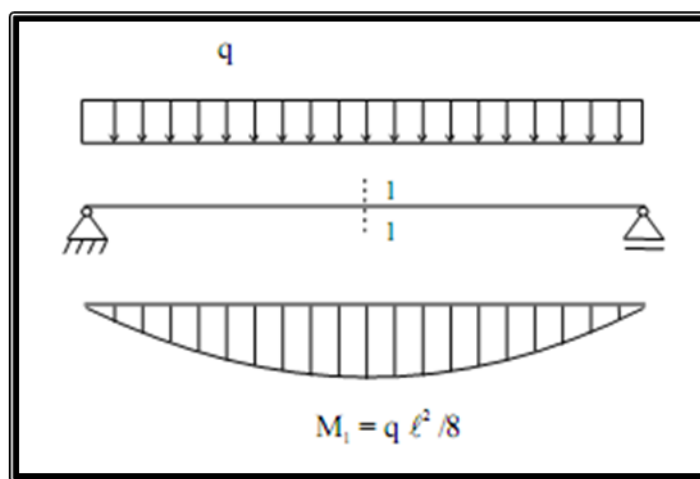
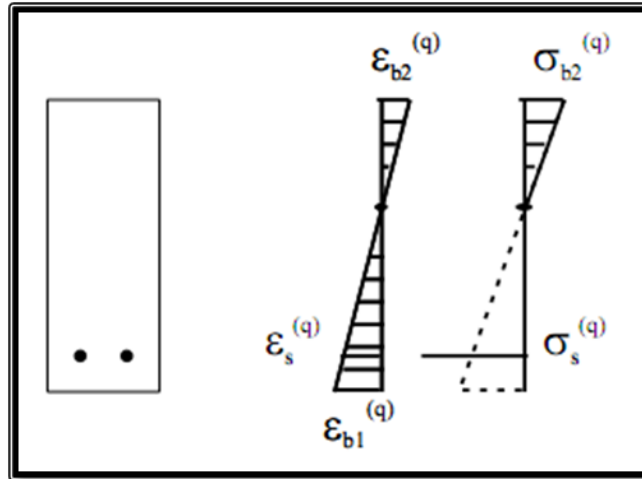


Figura 10. Deformaciones y tensiones debido a la carga q



El estado tensional en la sección más solicitada de la viga se muestra en la figura # 10, considerándose un material ideal, homogéneo, elástico lineal, que no soporta tensiones de tracción. Se ha indicado con un superíndice la causa de las deformaciones o tensiones, en este caso la carga externa q .

Una primera mejora que se podría hacer para disminuir las tensiones de tracción, es el agregado de una fuerza compresiva centrada P en la sección transversal (figura # 11). Esta fuerza podría ser aplicada mediante algún dispositivo como carga externa, pero también lo puede ser a través de un cable (o una barra) en el interior de la viga que sea estirado hasta alcanzar determinado estado de tensión, y luego anclado sobre los extremos de la viga.

De éste modo el cable produce un estado de compresión sobre la viga y ésta genera estado de tracción sobre el cable. Globalmente, éstas fuerzas están equilibradas, tal como se utiliza el pretensado en estructuras de hormigón.

El estado de deformaciones y tensiones, en la sección central de la viga, debido a esta fuerza se muestra en la figura # 12-a. Si se aplican los efectos de los dos estados de carga (figuras # 10 y 12-a), se obtiene un diagrama como el indicado en la figura # 12-b.

Con este ejemplo: se observa que adoptando adecuadamente el valor de P se puede compensar completamente las tensiones de tracción. Sin embargo, el diagrama final muestra al material trabajando en forma no uniforme: hay zonas con elevadas compresiones y otras con tensiones nulas.

Una segunda mejora, se obtiene si se aplica la fuerza P con una excentricidad, aprovechando de esta forma el uso del material, tal como se muestra en la figura # 13.

Figura 11. Fuerza de pretensado centrada en los extremos de la viga

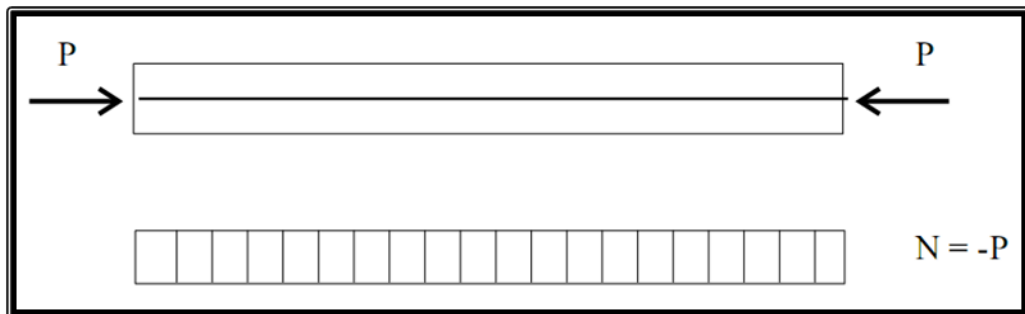


Figura 12. Deformaciones y tensiones: (a) debidas a la fuerza P; (b) debidas a (P + q)

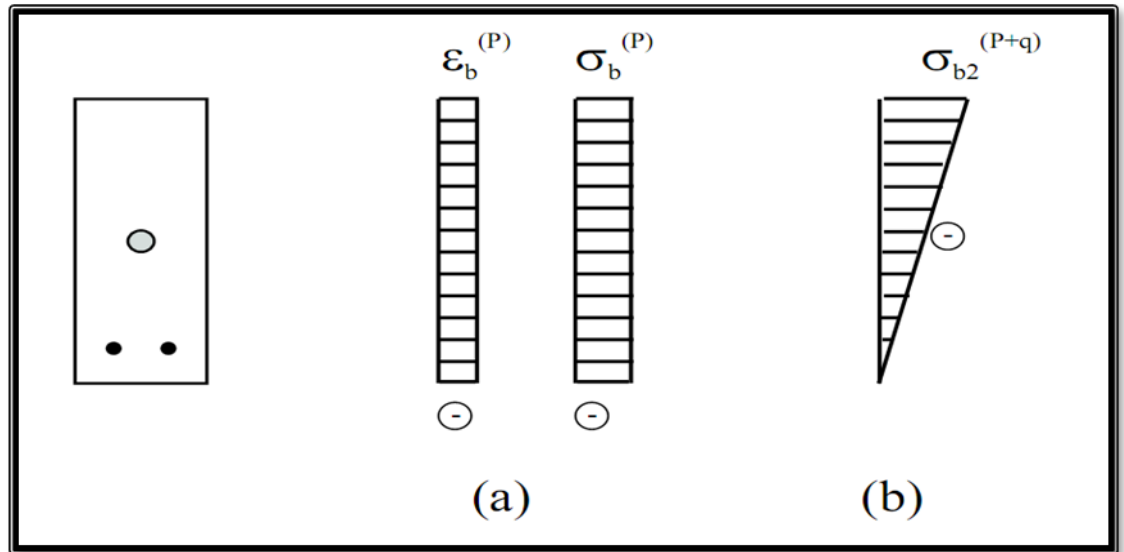


Figura 13. Fuerza de pretensado excéntrica

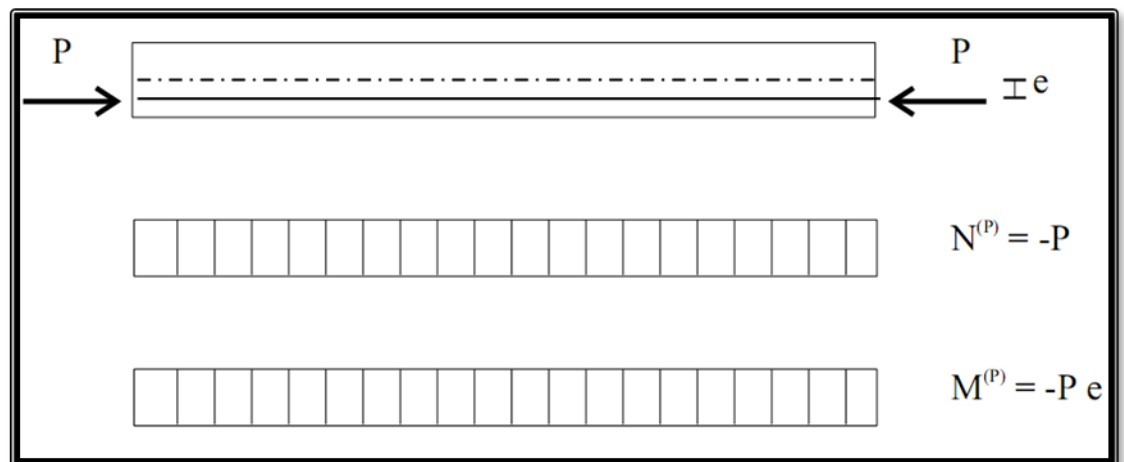
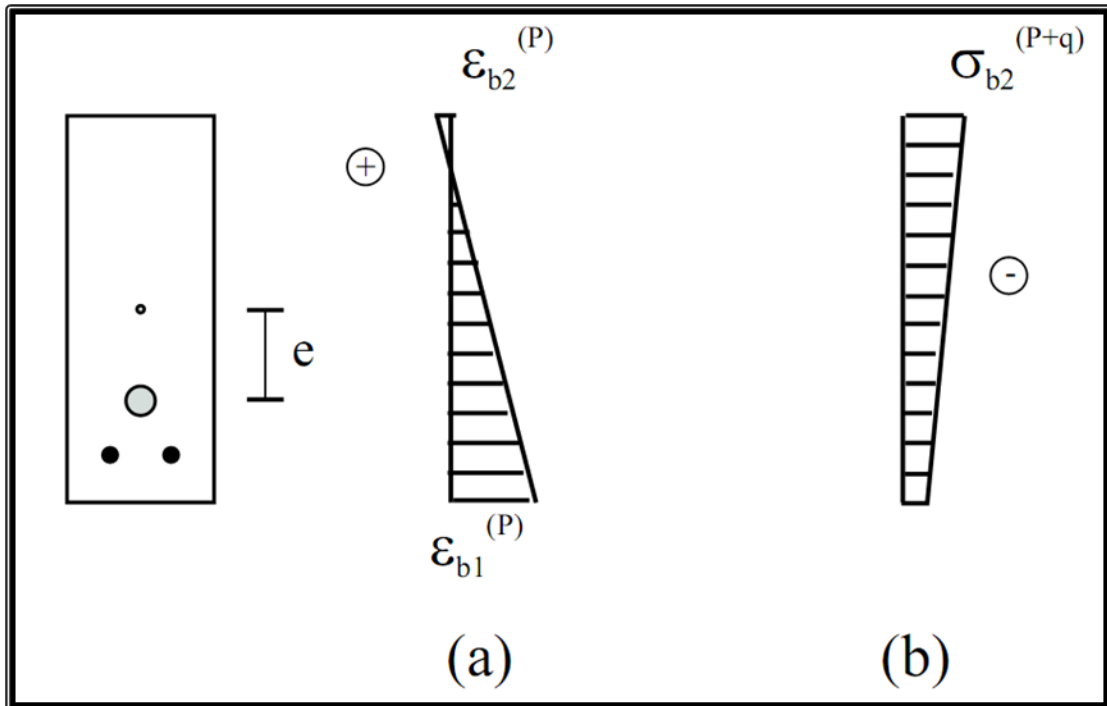


Figura 14. Deformaciones y tensiones: (a) debidas a la fuerza P; (b) debidas a (P + q)



Tal como se muestra en la figura 13 la viga se encuentra sometida, por parte de P, a compresión y flexión con el estado tensional indicado en la figura # 14-a. Nuevamente, se pueden ajustar los valores de e y P a modo de obtener algún diagrama como el de la figura # 14-b.

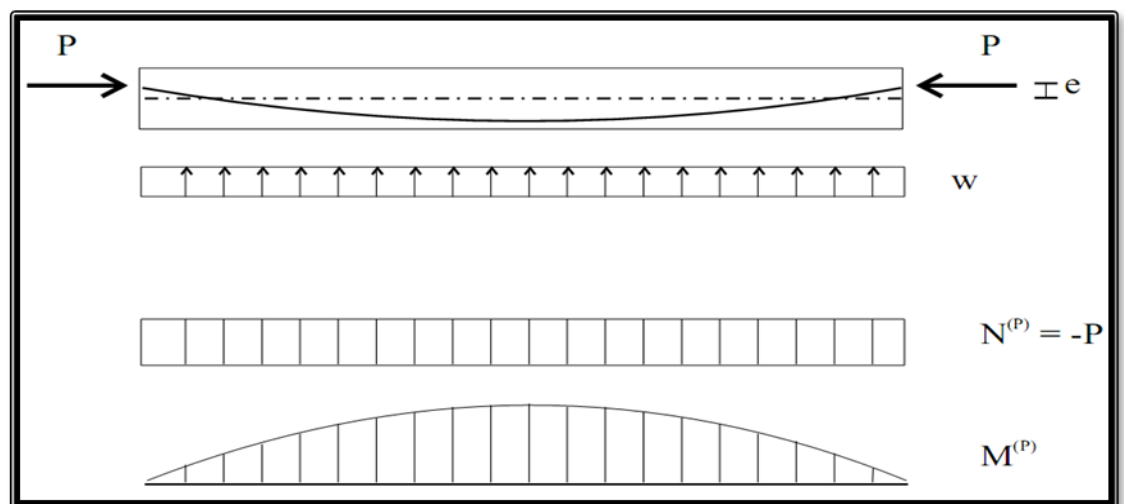
Finalmente cabe observar que el diagrama de tensiones sobre el que se ha trabajado es el de la sección central de la viga. Pero si el valor y excentricidad de la fuerza P ha sido calculado buscando anular las tensiones en la sección central, en otras secciones de la viga las tensiones debidas a P quedan como estados dominantes. Esto se debe a que los diagramas de $N^{(P)}$ y $M^{(P)}$ son constantes no así los de $(N^{(P)} \text{ y } M^{(P)})$. Una última mejora que se

puede hacer en vista de esto es dar al cable una curvatura tal como se muestra en la figura # 15.

Proporcionando, además de las fuerzas P concentradas en los anclajes como en el caso anterior se tiene una carga transversal w que posee signo distinto al de la carga externa q y produce un diagrama de momentos flectores como el de la figura # 15. Esto permite una mejor distribución de las tensiones a lo largo de la viga.

El hormigón pretensado permite usar aceros de alta resistencia, que no se podrían usar en hormigón armado, debido a que hay un **pre-alargamiento** que permite llegar a las deformaciones $(\epsilon^{(P)} + \epsilon^{(q)})$ en el acero. No se podría alcanzar estas deformaciones en concreto armado.

Figura 15. Fuerza de pretensado con cable curvo



La razón de esta constante es por la adherencia entre el concreto y el acero, ya que ambos deben deformarse lo mismo y estas deformaciones serían inaceptables en el hormigón.

2.5. Electromalla

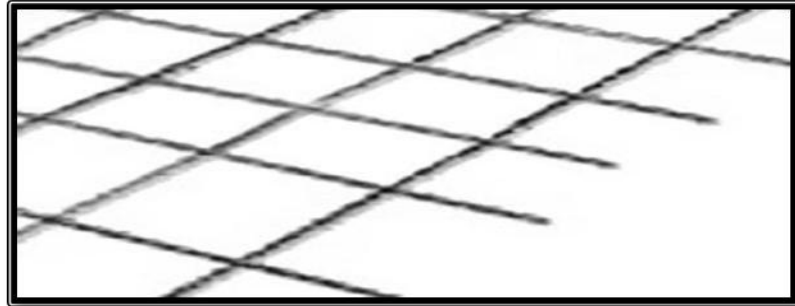
Producto formado por dos sistemas de elementos (barras corrugadas o alambres corrugados) que se cruzan entre sí perpendicularmente y cuyos puntos de contacto están unidos mediante soldadura eléctrica por un proceso de producción en serie en instalación fija.

También llamada “malla electrosoldada”, la cual es fabricada con alambres laminados en frío, corrugados y electrosoldados. Se utiliza en pisos, muros, losas, entrepisos, calles, banquetas y pavimentos rígidos, canales, túneles y bóvedas.

La malla electrosoldada se presenta en forma de paneles rectangulares o cuadrados, constituidos por alambres o barras soldadas a máquina.

La malla ésta formada por alambre de acero trefilado en frío, ya sea liso o conformado, presentándose generalmente en diámetros de 3 mm. Hasta 12 mm., con incrementos de 0.5 mm.

Figura 16. Electromalla



2.5.1. Ventajas del uso de electromalla

- Espaciamiento exacto.
- Calidad y resistencia en la soldadura.
- Sustituye el proceso de armar en obra.
- Optimiza los recursos de tiempo y dinero, dando como resultado eficiencia y economía.
- Posibilidad de fabricar mallas especiales, combinando diferentes calibres, medidas y espaciamientos.

3. SISTEMA PREFABRICADO

3.1. Introducción al sistema prefabricado

La evolución de éste tipo de sistemas y la aparición de sistemas de construcción con elementos prefabricados generó un cambio radical en el ámbito constructivo.

Con la invención del elemento prefabricado más antiguo, el ladrillo, y basándose en la filosofía de adaptabilidad a las condiciones del lugar y de dimensiones estándar, se buscó un elemento de mayores dimensiones que reemplace procesos constructivos en obras demasiado complejas. Un ejemplo: es lo que se denomina como elemento prefabricado el cual sirve para construir de la manera más eficiente posible de tal modo que proporcione el máximo bienestar y seguridad a las personas dentro de costos razonables.

Asimismo surge un método industrial de construcción en el que los elementos fabricados en grandes series son montados en la obras mediante aparatos y dispositivos conocidos como grúas. La construcción se efectúa en dos etapas: elaboración de los elementos en la fábrica o banco y el montaje de los mismos en la obra, a éstos se les denomina prefabricados o piezas prefabricadas.

En los países no industrializados con un alto déficit habitacional (según el INE para el año de 2010 el número de viviendas censadas será 3, 068,624), o

de vivienda, con deficiencias y escasas de mano de obra calificada se han desarrollado sistemas prefabricados, que en el presente trabajose le llamarán intermedios, el uso de block estándar 0.15 x 0.20 x 0.40 m y los de grandes elementos en el cual es necesario la utilización de grúas como se observa en la siguiente figura.

Figura 17. Montaje de elementos prefabricados, placas horizontales (para grandes luces)



Fuente: Introducción al Sistema Prefabricado

En esta investigación, el sistema propuesto tipo placa-poste resulta ser un sistema híbrido, ya que se utilizan placas de concreto reforzado pero los mismos tienen una dimensión de 0.05 x 0.50 x 2.00 m, adherido a postes de concreto pretensado.

La utilización de éste tipo de sistemas busca minimizar los tiempos de construcción, la utilización de mano de obra no calificada y la no utilización de

equipo y maquinaria especializada sin perder de vista las propiedades estructurales que un muro debe de poseer a solicitaciones de cargas gravitacionales (verticales); sismo y viento (horizontales), tanto en su accionar longitudinal al muro como fuera del plano de carga (volteo).

Figura 18. Cimiento corrido con diente para evitar el volteo del muro



Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

De acuerdo con el sistema constructivo propuesto, tipo placa-poste, tiene la finalidad de cubrir las necesidades para los sectores económicamente más

beneficiados. El techo a considerar en el diseño no trabajará como diafragma, lo que hará considerar de manera importante los cálculos y ensayos de la acción del volteo.

El sistema de construcción que utiliza elementos prefabricados también se le denomina construcción por montaje, ya que ésta es otra de las características básicas del procedimiento de construcción. Teniendo justificación en todos los sectores como: obras de carácter industrial, edificación general y obras públicas.

La prefabricación no solo ha servido para dar solución a requerimientos estructurales, sino que se ha desarrollado en forma importante en la construcción de obras de concreto a la vista. La fabricación de los elementos en talleres hace posible tener un mayor control en los materiales empleados del proceso de elaboración, incrementando la calidad y la productividad en la construcción, es posible realizar simultáneamente actividades que en la construcción tradicional son secuenciales. El montaje y unión de elementos prefabricados resulta un proceso de gran importancia, ya que de este depende la vida útil de la estructura, aparte del control de calidad en su fabricación (figura # 18).

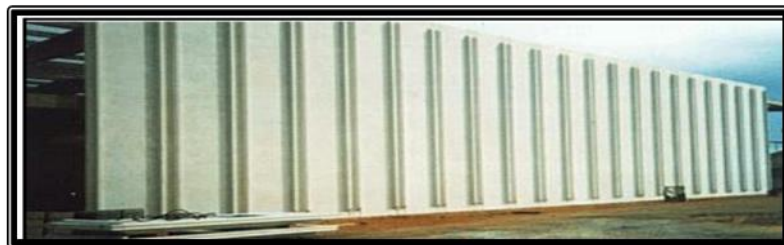
Figura 19. Montaje de elementos prefabricados manualmente



Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

De igual forma la construcción prefabricada permite lograr una uniformidad y terminación superficial de excelente calidad como se observa en la figura # 19.

Figura 20. Construcción prefabricada, con placas verticales



Fuente: Introducción al Sistema Prefabricado

3.2. Elemento reforzado de mampostería

Un elemento reforzado como lo es la placa reforzada con electromalla posee alta resistencia a compresión y corte.

3.2.1. Proceso constructivo de la placa

La materia prima de la placa es el acero de alta resistencia así mismo el concreto, la cual es ensamblada con espaciadores según especificaciones y requerimientos de diseño, una vez ensamblada la electromalla, se hace en banco un molde el cual tiene aspecto de ladrillo para una mejor vista. Una vez hecho el molde se coloca la electromalla horizontalmente y se funde por vibrado, se fragua en 28 días para que alcance su máxima resistencia.

El concreto utilizado en la placa debe ser evaluado con un slump o asentamiento mínimo de 3 cm. Para cuestiones de modulaciones de viviendas mínimas el tamaño de las placas pueden modificarse las dimensiones de la placa prefabricada son de 2.00 m X 0.50 m X 0.05 m y pueden utilizarse de 1.00 m X 0.50 m X 0.05 m, según requerimientos de vivienda mínima.

3.2.2. Cálculo de la resistencia compresión placa

El ensayo a compresión de la placa se realizó en la prensa hidráulica instalada en el área de prefabricados, cuya máxima capacidad de fuerza es de 150,000 lbs. se le aplicó una carga de:

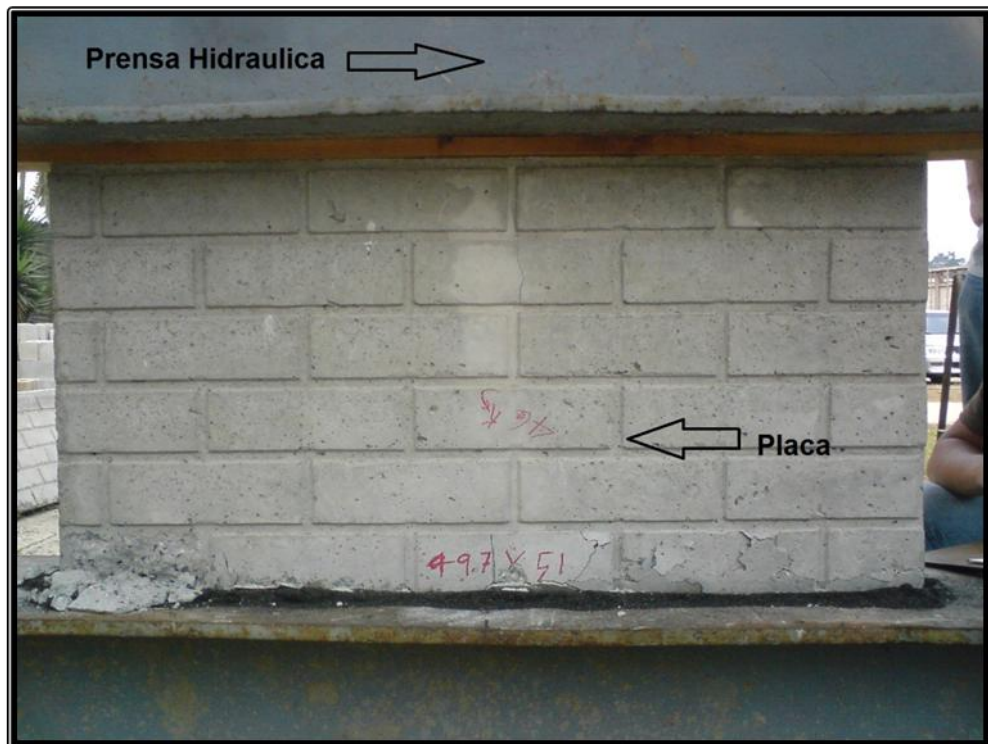
$$P = 150,000 \text{ lb}$$

$$P = 150,000 \text{ lb} * \frac{1 \text{ kg}}{2.2046} = 68,039.55 \text{ kg}$$

$$\sigma_{\text{Compresion}} = \frac{P}{A} = \frac{68,039.55 \text{ kg}}{100 \text{ cm} * 5 \text{ cm}} = 136.08 \text{ kg/cm}^2 \cong 136 \text{ kg/cm}^2$$

No se continuó con el ensayo a compresión debido a que la placa no presento falla alguna, con esto se determina que la misma tiene una alta resistencia a compresión.

Figura 21. Ensayo a compresión de placa



Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

3.3. Poste pretensado

El sistema pretensado es muy utilizado en edificaciones, ya que puede ser utilizado para cubrir grandes luces y por su alta resistencia a compresión y flexión.

Se dice que este sistema trabaja a “flexión pura”, ésto se refiere a la flexión de un elemento bajo la acción de un momento flexionante constante.

Cuando un elemento se encuentra sometido a flexión pura, los esfuerzos cortantes sobre él son cero.

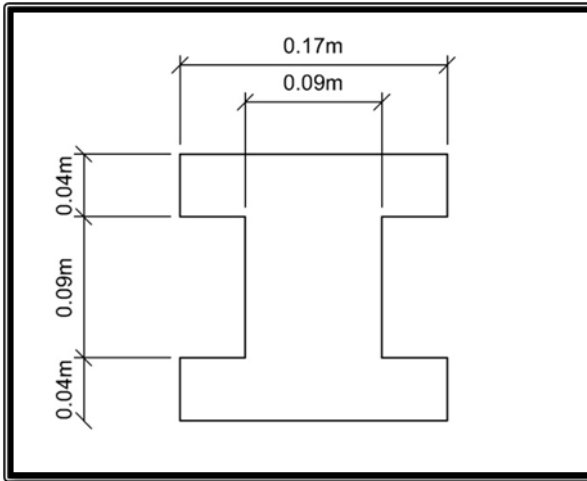
3.3.1. Proceso constructivo del poste

La materia prima del poste es el acero pretensado y el concreto hecho en banco. Este proceso comienza con el pretensado del acero, los cuales tienen estribos con el espaciamiento exacto según especificaciones, una vez pretensado el acero se procede a fundir el concreto horizontalmente, simultáneamente se vibra para que éste tenga un mejor asentamiento, se fragua en 28 días para que alcance su máxima resistencia.

Los postes pretensados tienen las siguientes dimensiones:

Longitud:	2.55 m.
Sección transversal:	0.17 X 0.17 m.

Figura 22. Sección del poste pretensado



3.3.2. Ensayo a compresión de poste pretensado

El ensayo a compresión es efectuado con una prensa hidráulica con una máxima capacidad de 150,000 lbs., con este ensayo se determina la resistencia a compresión.

$$P = 88,200 \text{ lb}$$

$$P = 88,200 \text{ lb} * \frac{1 \text{ kg}}{2.2046} = 40,007.26 \text{ kg}$$

$$\sigma_c = \frac{P}{A} = \frac{40,007.26 \text{ kg}}{2(17\text{cm} * 4\text{cm}) + (9\text{cm} * 9\text{cm})} = \frac{40,007.26 \text{ kg}}{217 \text{ cm}^2}$$

$$\sigma_c = 184.36 \text{ kg/cm}^2 \cong 184 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 23. Ensayo a compresión del poste pretensado, en prensa hidráulica



Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

3.3.3. Ensayo a flexión del poste pretensado

El ensayo a flexión consta en colocar el poste en posición horizontal el cual le aplicamos una carga determinada y con ella determinamos su máximo desplazamiento hasta que falle y ver su recuperación.

Figura 24. Ensayo a flexión poste pretensado

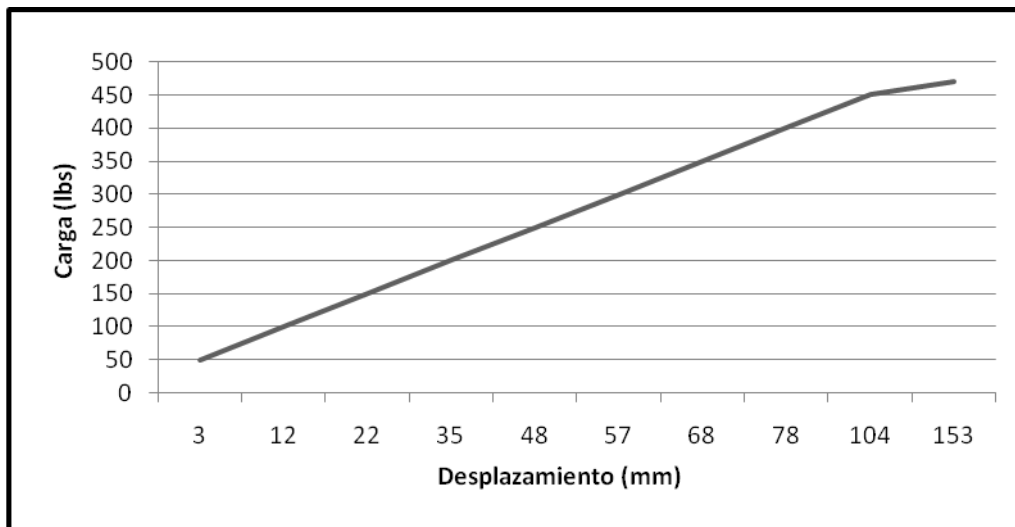


Fuente: Área de prefabricados, Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

Tabla I. Carga versus desplazamiento

Carga (lbs)	Desplazamiento (mm)
50	3
100	12
150	22
200	35
250	48
300	57
350	68
400	78
450	104
470	153

Figura 25. Gráfica carga versus desplazamiento



4. MEMORIA DE CÁLCULO

4.1. Diseño estructural de muros de mampostería

Evaluaremos el diseño estructural de muro de mampostería tomando como referencia el código International BuildingCode IBC 2006, el objetivo de ésta evaluación es el Diseño de Esfuerzos permisibles para Mampostería.

4.1.1. Seleccionar el material a utilizar y determinar las propiedades físicas de la mampostería

$$f'm = 150 \frac{kg}{cm^2} * \frac{2.205 lb}{1 kg} * \frac{(2.54 cm)^2}{1 plg^2} = 2,133.87 \cong 2,140 lb/plg^2$$

$$fy = 70,000 psi \cong 4,921 kg/cm^2$$

$$\text{Ancho placa Mamposteria } b = 5 cm \cong 2 plg$$

$$\text{Ancho medio } d = \frac{a}{2} = \frac{2}{2} = 1 plg \cong 2.54 cm \Rightarrow \text{Refuerzo al centro del muro}$$

$$E_m = 500 * f' m = 500 (2,140 \text{ psi}) = 1,070,000 \text{ psi} \cong 75,220 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_s = 29 * 10^6 \text{ psi} \cong 2.038 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \frac{E_s}{E_m} = \frac{29 * 10^6 \text{ psi}}{1.07 * 10^6 \text{ psi}} = 27.10 \cong 28$$

Esfuerzo Permisible del Acero

$$F_s = 30,000 \text{ psi} \cong 2,109 \text{ kg/cm}^2$$

4.1.2. Determinación de cargas de diseño

Presión del Viento

$$P_s = 0.0032 * V^2$$

Donde:

$V = \text{Velocidad del viento de } 100 \text{ mi/hr para Guatemala}$

$$P_s = 0.0032 * (100 \text{ mi/hr})^2 = 32 \text{ lb/pie}^2 \cong 156.2 \text{ kg/m}^2$$

4.1.3. Integración de cargas soportadas por el muro

Figura 26. Área tributaria de losa.

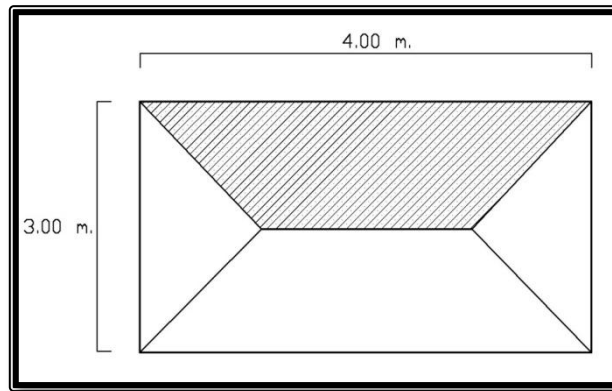
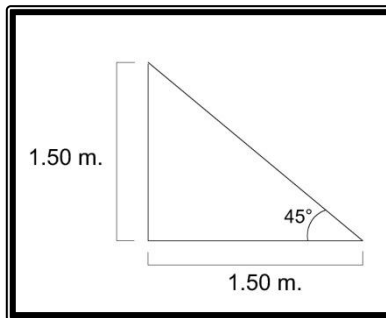


Figura 27. Triángulo para conocer alturas y ancho de losa.



4.1.3.1. Carga muerta

Espesor de losa

$$t = \frac{P}{180} = \frac{2(4.00 \text{ m}) + 2(3.00 \text{ m})}{180} = 0.08 \cong 10 \text{ cm}$$

Área tributaria

$$A_{trib} = \frac{1}{2}(B + b) * h = \frac{1}{2}(4.00 \text{ m} + 1.00 \text{ m}) * 1.5 \text{ m} = 3.75 \text{ m}^2$$

$$C.M. = D = P.U._{concreto} * t_{losa} = 2,400 \text{ kg} * 0.1 \text{ m} = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sobre Carga} = S.C. = 60 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total Carga Muerta} = 240 + 60 = 300 \text{ kg/m}^2$$

4.1.3.2. Carga viva

$$C.V. = L = 250 \text{ kg/m}^2$$

4.1.3.3. Cargas factorizadas

$$W = (D + L) * 1.3 = (300 + 250) * 1.3 = 715 \text{ kg/m}^2 * A_{trib}$$

$$= 715 \text{ kg/m}^2 * 3.75 \text{ m}^2 = \frac{2681.25 \text{ kg}}{\text{long. Muro}}$$

$$= \frac{2681.25 \text{ kg}}{3.20 \text{ m}} = 838 \text{ kg/m}$$

4.1.3.4. Peso propio muro

$$Peso_{Placa} = 2.64 \frac{qq}{1 m^2} * \frac{100 lbs.}{1 qq} = \frac{1kg}{2.205 lbs.} = 119.73 kg/m^2$$

$$\cong 120 kg/m^2 * Area_{muro}$$

$$= 120 kg/m^2 * 7.75 m^2$$

$$= 930 kg / long.muro = 930 kg / 3.20 m$$

$$Peso \text{ propio muro lineal} = 291 kg/m \cong 195 lb/pie$$

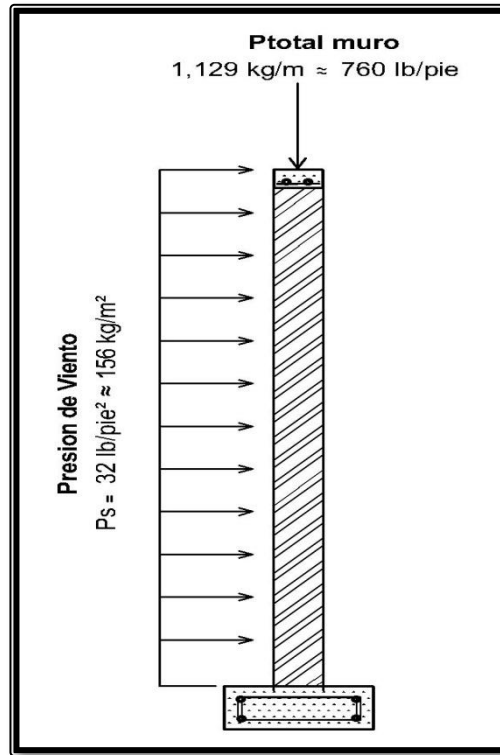
4.1.3.5. Carga total muro

$$P_{Total} = 838 kg/m + 291 kg/m = 1,129 kg/m$$

$$P_{Total} = 1,129 kg/m * \frac{1 m}{3.2808 pie} * \frac{2.2046 lbs}{1 kg} = 758.7 \cong 760 lbs/pie$$

Carga axial muro

Figura 28. Carga lateral y axial del muro.



Altura del muro

$$h_{muro} = 2.50 \text{ m} * \frac{3.2808 \text{ pie}}{1 \text{ m}} = 8.2 \text{ pie} \approx 98.42 \text{ plg}$$

4.1.4. Determinación de fuerzas axiales, fuerzas de corte y momentos de volteo

Momento

$$M = \frac{w * l^2}{8} = \frac{32 \frac{lb}{pie^2} * (8.2 pie)^2 * 126 plg}{8} = 33,888.96 lbs - plg$$

$$M = 33,888.96 lbs - plg \cong 39,044.70 kg - cm$$

Cortante

$$V = \frac{w * l}{2} = \frac{32 psf * 8.2 pie * 10.5 pie}{2} = 1,377.6 lbs$$

$$V = \frac{1377.6 lbs}{2.2046 lbs} * 1kg = 624.88 kg$$

4.1.5. Determinación preliminar de refuerzo

Constante “j”

$$j = 0.843$$

$$A_s = \frac{M}{F_s * j * d} = \frac{33,888.96 lbs - plg}{30,000 psi * 0.843 * 1 plg} = 1.34 plg^2 \cong 8.645 cm^2$$

Proponer

$$1 \text{ varilla \# 4} = \text{area} \Rightarrow 0.4 \text{ plg}^2$$

$$0.4 \text{ plg}^2 * \left(\frac{126 \text{ plg}}{30 \text{ plg}} \right) = 1.68 \text{ plg}^2 > 1.34 \text{ plg}^2$$

$$= 10.838 \text{ cm}^2 > 8.645 \text{ cm}^2$$

4.1.6. Cálculo de “j” basado en el refuerzo actual provisto

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} = \frac{1.68 \text{ plg}^2}{126 \text{ plg} * 1 \text{ plg}} = 0.0067$$

$$n * \rho = 28 * 0.0067 = 0.18667$$

$$k = [(n * \rho)^2 + 2(n * \rho)]^{1/2} - n * \rho$$

$$k = [(0.18667)^2 + 2 * (0.18667)]^{1/2} - 0.18667 = 0.4522$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.4522}{3} = 0.849 > 0.843$$

Ok

Tabla II. Cargas de diseño.

Carga Factorizada		(kg/m)	(lb/ft)	Momento (lb-pulg)	Momento (kg-cm)	V (lbs)	V (kg)	As (pulg ²)	As (cm ²)	iter>As (pulg ²)	iter>As (cm ²)	Calculo ""	n ²	K	j		
D (kg/m ²)	L (250 kg/m ²)	Carga Lineal (kg/m)	Carga Axial (kg/m)	Momento (lb-pulg)	Momento (kg-cm)	Cortante (lbs)	Cortante (kg)	As (pulg ²)	As (cm ²)	iter>As (pulg ²)	iter>As (cm ²)	φ	n ²	K	j		
300.00	745.00	837.89	1128.52	33888.96	39044.71	1377.60	624.68	1.34	8.65	1.68	10.84	0.01	0.19	0.45	0.85	>0.843	MURO1
		2437.50	2737.50	11647.88	13419.94	473.49	214.77	0.46	2.97	0.62	3.99	0.01	0.20	0.46	0.85	>0.843	MURO2
		842.50	1112.50	34943.63	40259.83	1420.47	644.32	1.38	8.91	1.73	11.18	0.01	0.19	0.45	0.85	>0.843	MURO3
		835.28	1135.28	33930.60	39161.81	1381.73	626.75	1.34	8.67	1.69	10.87	0.01	0.19	0.45	0.85	>0.843	MURO4
		1213.24	1513.24	23401.64	28961.89	951.29	431.50	0.93	5.97	1.16	7.46	0.01	0.19	0.45	0.85	>0.843	MURO5
		2437.50	2737.50	11647.88	13419.94	473.49	214.77	0.46	2.97	0.62	3.99	0.01	0.20	0.46	0.85	>0.843	MURO6

4.2. Determinar esfuerzos para mampostería reforzada

4.2.1. Esfuerzo axial actuante de la mampostería (f_a)

$$f_a = \frac{P}{A} = \frac{760 \text{ lbs/pie}}{126 \text{ plg} * 2 \text{ plg}} = 3.009 \text{ psi} \cong 0.122 \text{ kg/cm}^2$$

4.2.2. Esfuerzo compresivo actuante de la mampostería (f_b)

$$f_b = \frac{2 * M}{b * k * j * d^2}$$

$$f_b = \frac{2 * (33888.96 \text{ lb} - \text{plg})}{126 \text{ plg} * 0.452 * 0.849 * (1 \text{ plg})^2} = 1400.639 \text{ psi} \cong 98.463 \text{ kg/cm}^2$$

4.2.3. Esfuerzo del acero a tensión debido a la flexión (f_s)

$$f_s = \frac{M}{A_s * j * d}$$

$$f_s = \frac{33888.96 \text{ lb} - \text{plg}}{1.68 \text{ plg}^2 * 0.849 * 1 \text{ plg}} = 23752.455 \text{ psi} \cong 1669.768 \text{ kg/cm}^2$$

4.2.4. Esfuerzo cortante (f_v)

$$f_v = \frac{V}{b * d}$$

$$f_v = \frac{1377.6 \text{ lbs}}{126 \text{ plg} * 1 \text{ plg}} = 10.93 \text{ psi} \cong 0.769 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo a compresión permisible en mampostería depende de la esbeltez del muro. A medida que sea más esbelto el muro, menor será el esfuerzo a compresión permisible. El factor de reducción debido a la esbeltez está en función de la relación h/r donde "r" es el radio de giro.

$$r = \sqrt{I/A}, \text{ donde}$$

A = área de la sección transversal del muro.

I = Inercia

$$I = 1/12 * b * d^3$$

$$A = b * d$$

$$r = \frac{d}{\sqrt{12}}$$

$$r = \frac{1 \text{ plg}}{\sqrt{12}} = 0.29 \text{ plg}$$

$$h/r = \frac{98.4 \text{ plg}}{0.29 \text{ plg}} = 339.31 > 99 \rightarrow \text{Usar ecuación (2 - 13) del MSJC}$$

4.2.5. Esfuerzo compresivo axial permisible (Fa), es el mismo para los 6 muros

Ecuación (2-13) del MSJC.

$$A_{st} = 0$$

$$F_a = 1/4 * f' m * \left(\frac{70 * r}{h} \right)^2 ; \text{ para } h/r > 99$$

$$F_a = 1/4 * 2,140 \text{ lb/plg}^2 * \left(\frac{70 * 0.29 \text{ plg}}{98.4 \text{ plg}} \right)^2 = 22.8 \text{ psi} \cong 1.6 \text{ kg/cm}^2$$

4.2.6. Esfuerzo de volteo permisible (Fb), es el mismo para los 6 muros

$$F_b = 1/3 * f' m$$

$$F_b = 1/3 * (2,140 \text{ lb/plg}^2) = 713.3 \text{ psi} \cong 50.15 \text{ kg/cm}^2$$

4.2.7. Esfuerzo cortante permisible (Fv), es el mismo para los 6 muros

$$F_v = \sqrt{f' m}$$

$$F_v = \sqrt{2140 \text{ lb/plg}^2} = 46.26 \text{ psi} \cong 3.25 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_v = 46.26 \text{ psi} < 50 \text{ psi ok}$$

Tabla III. Esfuerzos para mampostería reforzada.

(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(kg/cm ²)
fa	fa	fb	fb	fs	fs	fv	fv	r	hr > 99	Fa	Fa	Fb	Fb	Fv	Fv	Fb	Fv
3.01	0.21	1400.64	98.46	23752.46	1669.77	10.93	0.77	0.29	339.31	22.76	1.60	713.33	50.15	46.26	3.25	MURO 1	
21.24	1.49	1373.06	96.52	22266.00	1565.27	10.93	0.77	0.29	339.31	22.76	1.60	713.33	50.15	46.26	3.25	MURO 2	
2.88	0.20	1400.64	98.46	23752.46	1669.77	10.93	0.77	0.29	339.31	22.76	1.60	713.33	50.15	46.26	3.25	MURO 3	
3.02	0.21	1400.64	98.46	23752.46	1669.77	10.93	0.77	0.29	339.31	22.76	1.60	713.33	50.15	46.26	3.25	MURO 4	
5.84	0.41	1400.64	98.46	23752.46	1669.77	10.93	0.77	0.29	339.31	22.76	1.60	713.33	50.15	46.26	3.25	MURO 5	
21.24	1.49	1373.06	96.52	22266.00	1565.27	10.93	0.77	0.29	339.31	22.76	1.60	713.33	50.15	46.26	3.25	MURO 6	

4.3. Diseño de refuerzo horizontal

4.3.1. Corte basal (V_{BASAL})

$$W = 760 \text{ lb/pie} * 10.5 \text{ pie} = 7,980 \text{ lbs} \cong 3620 \text{ kg}$$

$$V_{BASAL} = 0.25 * W$$

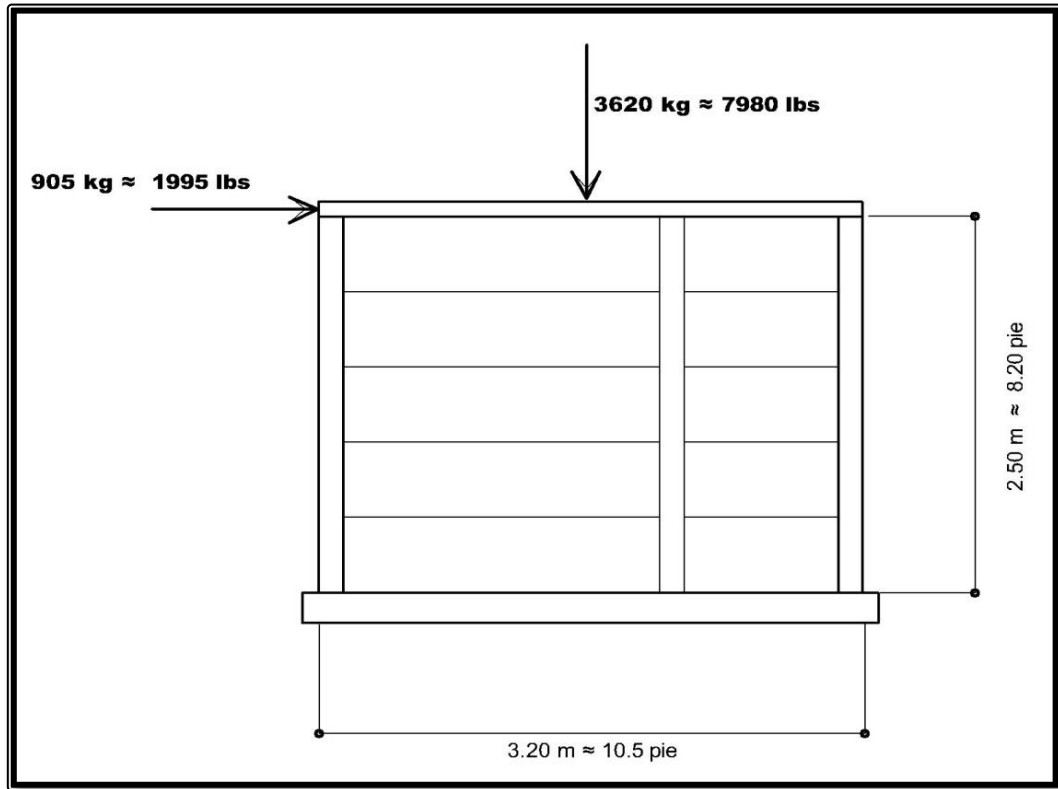
$$V_{BASAL} = 0.25 * 7,980 \text{ lbs} = 1,995 \text{ lbs} \cong 905 \text{ kg}$$

Donde $P = 7,980 \text{ lb/pie} \Rightarrow$ Reducirlo al 60 % por suposiciones de construcción.

$$\frac{P}{A} = \frac{0.60 * W}{\text{long}_{\text{Muro}} * b}$$

$$\frac{P}{A} = \frac{0.60 * (7980 \text{ lbs})}{(126 \text{ plg} * 2 \text{ plg})} = 19 \text{ psi} \cong 1.33 \text{ kg/cm}^2$$

Figura 29. Cargas de diseño de refuerzo horizontal



4.3.2. Momento de volteo (M)

$$M = 32 \frac{lb}{pie^2} * 8.2 \text{ pie} = 262.4 \text{ lb} - \text{pie} \cong 36.3 \text{ kg} - \text{m}$$

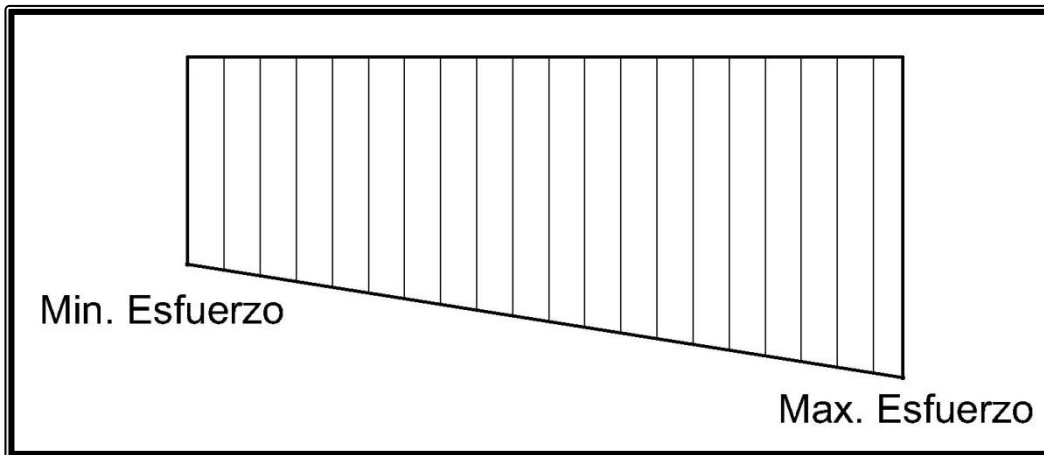
4.3.3. Módulo de sección

$$S = \frac{b * d^2}{6}$$

$$S = \frac{2 \text{ plg} * (126 \text{ plg})^2}{6} = 5292 \text{ plg}^3 \cong 86720.3 \text{ cm}^3$$

$$\frac{M}{S} = \frac{262.4 \text{ lb} - \text{pie} * 12 \text{ plg/pie}}{5292 \text{ plg}^3} = \pm 0.595 \text{ psi}$$

Figura 30. Diagrama de esfuerzos combinados.



$$\therefore \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} = 19 \text{ psi} \pm 0.595 \text{ psi}$$

Donde:

$$\text{Mínimo esfuerzo} \rightarrow \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} = 19 \text{ psi} - 0.595 \text{ psi} = 18.405 \text{ psi}$$

$$\text{Máximo esfuerzo} \rightarrow \frac{P}{A} \pm \frac{M}{S} = 19 \text{ psi} + 0.595 \text{ psi} = 19.595 \text{ psi}$$

4.3.4. Esfuerzo cortante (f_v)

$$f_v = \frac{V}{t_r * l} , \text{ Donde: } t_r = 0.95 * t$$

$$f_v = \frac{1995 \text{ lb}}{(0.95 * 2 \text{ plg}) * 126 \text{ plg}} = 8.3 \text{ psi} \cong 0.585 \text{ kg/m}^2$$

4.3.5. Relación

$$\frac{M}{V * d} = \frac{262.4 \text{ lb} - \text{pie} * 12 \text{ plg/pie}}{1995 \text{ lb} * 126 \text{ plg}} = 0.0125 < 1$$

→ Utilizar ecuación (2 – 24)IBC

4.3.6. Esfuerzo cortante permisible (F_v)

$$F_v = \frac{1}{2} \left[4 - \frac{M}{V * d} \right] * \sqrt{f'_m} \leq \left[120 - 45 \left(\frac{M}{V * d} \right) \right]$$

$$F_v = \frac{1}{2} [4 - 0.0125] * \sqrt{2,140 \text{ psi}} \leq [120 - 45(0.0125)]$$

$$F_v = 92.23 \leq 119.43$$

$$\therefore F_v > f_v \rightarrow Ok.$$

Donde el Esfuerzo cortante permisible es mayor que el esfuerzo cortante actuante, por lo tanto se proveerá el mínimo refuerzo horizontal.

4.3.7. Refuerzo horizontal mínimo

$$A_s = \rho_{min} * b * d$$

$$A_s = 0.0007 * (2 \text{ plg}) * (12 \text{ plg}) = 0.0168 \frac{\text{plg}^2}{\text{pie}} * 8.2 \text{ pie}$$

$$A_s = 0.138 \cong 0.14 \text{ plg}^2 \cong 0.89 \text{ cm}^2$$

Asumir 1 # 3 @ 20 plg ó 1 # 3 @ 0.50 m

$$1 \# 3 \rightarrow 0.11 \text{ plg}^2$$

$$1 * 0.11 \text{ plg}^2 * \left(\frac{98.4 \text{ plg}}{20 \text{ plg}} \right) = 0.54 \text{ plg}^2$$

$$0.54 \text{ plg}^2 > 0.14 \text{ plg}^2$$

El área de acero horizontal para los muros va hacer la misma por que todos tienen la misma altura.

4.3.8. Cálculo de la deriva (Δ)

El sistema se encuentra en voladizo

$$\Delta = \frac{V}{E_m * t} \left(5 \left[4 \left(\frac{h}{l} \right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l} \right) \right] + 3 \left[4 \left(\frac{h}{l} \right)^3 + 3 \left(\frac{h}{l} \right) \right] \right)$$

Todo el sistema con h= 2.5 m.

$$\Delta = \frac{624.88 \text{ kg}}{(500 * 150 \text{ kg/cm}^2) (0.95 * 5 \text{ cm})} * \left(5 \left[4 \left(\frac{0.50 \text{ cm}}{2.00 \text{ cm}} \right)^3 + 3 \left(\frac{0.50 \text{ cm}}{2.00 \text{ cm}} \right) \right] + 3 \left[4 \left(\frac{0.50 \text{ cm}}{1.00 \text{ cm}} \right)^3 + 3 \left(\frac{0.50 \text{ cm}}{1.00 \text{ cm}} \right) \right] \right)$$

$$\Delta = 0.00175 * (5[4(0.0156) + 3(0.25)] + 3[4(0.125) + 3(0.5)])$$

$$\Delta = 0.00175 * (5[0.8124] + 3[2])$$

$$\Delta = 0.00175 * (10.062)$$

$$\Delta = 0.0176 \text{ cm} = 0.176 \text{ mm} \rightarrow \text{IBC Tabla 1617.3.1}$$

Según la tabla 1617.3.1 del IBC 2003, los desplazamientos permisibles para cualquier grupo sísmico en “Otras edificaciones de muros de corte de mampostería”, el valor será:

Donde:

$$\Delta = 0.01 * h$$

$$\Delta = 0.01 * (250 \text{ cm})$$

$$\Delta = 2.50 \text{ cm} > 0.0176 \text{ cm} \rightarrow \text{ok}$$

Debido a que la deriva (desplazamiento), permitida es mayor que la calculada chequea.

4.3.9. Cálculo de la rigidez (k)

$$k = \frac{1}{\Delta}$$

$$k = \frac{1 \text{ kg}}{0.0176 \text{ cm}} \cong 56.66 \text{ kg/cm} \cong 317.26 \text{ lb/plg}$$

Figura 31. Armado del refuerzo vertical y horizontal del muro.

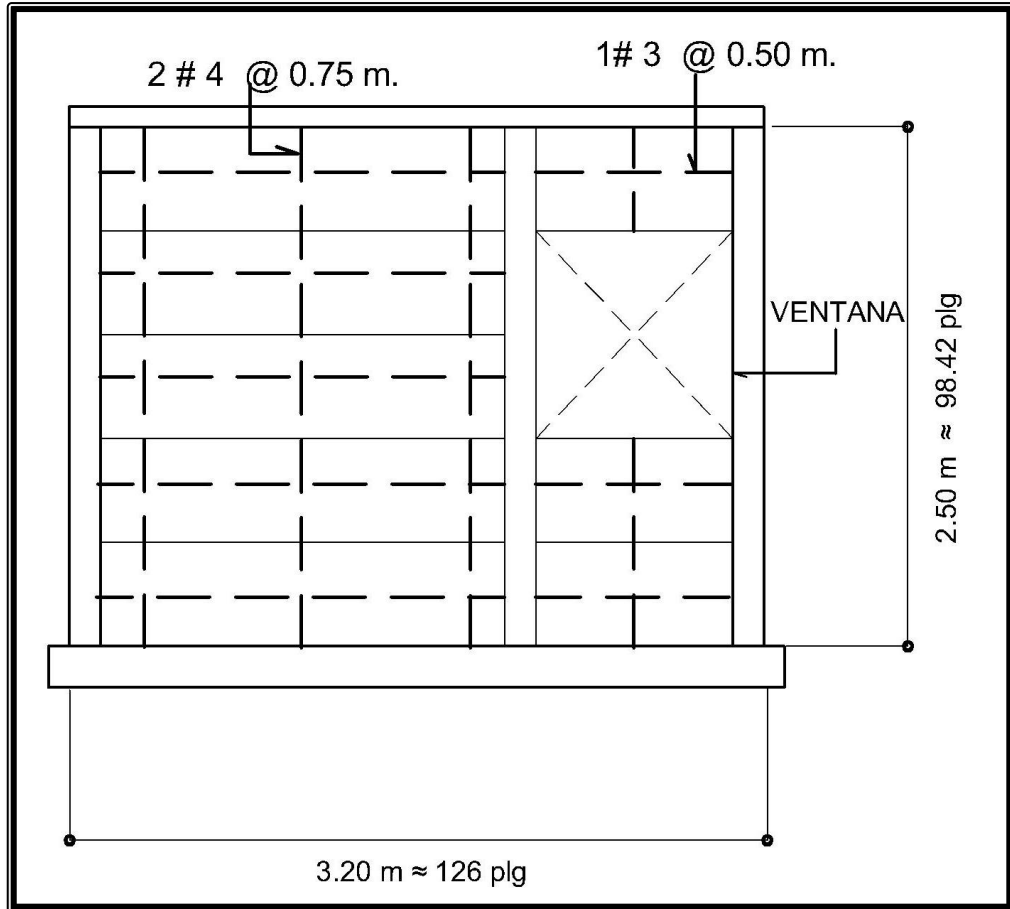


Tabla IV. Diseño de refuerzo horizontal (a).

(kg/m ²)	(kg)	(kg/m)	(lb/pie)	(kg/m)	(kg/m)	(kg)	(lb)	(kg)	(lb)	(kg)	(lb)	(kg)	(lb)	(kg)	(psi)	(kg/cm ²)	(lb-pie)	(kg-m)	(kg ²)	(cm ²)
Peso Placa	Placa Arealuro	Peso Propio	Peso propio	Carga Factoria	Carga Total	W	W	W	V _{basal}	PIA	M _{volteo}	V _{basal}	PIA	M _{volteo}	PIA	M _{volteo}	S	S	S	S
120.00	930.00	291.00	195.29	837.89	1128.89	7965.10	3612.95	1991.27	903.24	18.96	262.40	36.28	1.33	262.40	36.28	5292.00	86720.34	MURO1		
	330.00	300.00	201.59	2437.50	2737.50	6638.68	3011.29	1659.67	752.82	45.99	262.40	36.28	3.23	262.40	36.28	625.17	10244.67	MURO2		
	990.00	300.00	201.59	812.50	1112.50	8093.74	3671.30	2023.43	917.82	18.69	262.40	36.28	1.31	262.40	36.28	5626.51	92202.06	MURO3		
	963.00	300.00	201.59	835.28	1135.28	8034.21	3644.29	2008.55	911.07	19.07	262.40	36.28	1.34	262.40	36.28	5323.79	87241.31	MURO4		
	663.00	300.00	201.59	1213.24	1513.24	7372.83	3344.29	1843.21	836.07	25.42	262.40	36.28	1.79	262.40	36.28	2523.46	41352.07	MURO5		
	330.00	300.00	201.59	2437.50	2737.50	6638.68	3011.29	1659.67	752.82	45.99	262.40	36.28	3.23	262.40	36.28	625.17	10244.67	MURO6		

Tabla V. Diseño de refuerzo horizontal (b).

(psi)	(kg/cm ²)	(psi)	(psi)	(psi)	(kg/cm ²)			(kg/cm ²)	(psi)	(psi)	(psi)	(psi)	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg/cm)	(lb/pig)
M/S	M/S	Min. Esfuerzo	Max. Esfuerzo	f_v	f_v	$M/(V \cdot d) < 1$	$F_v \leq (120 - 45 \cdot (M/(V \cdot d)))$	A_s	A_s	iter > A_s	iter > A_s	iter > A_s	A_s	A_s	Δ	> Δ (IBC)	K	K	K
0.60	0.04	18.37	19.56	8.32	0.58	0.01	92.23	119.44	0.14	0.89	0.54	3.49	0.02	0.02	2.50	56.66	317.26	MURO 1	
5.04	0.35	40.95	51.02	20.17	1.42	0.04	91.51	118.03	0.14	0.89	0.54	3.49	0.01	0.01	2.50	165.87	928.83	MURO 2	
0.56	0.04	18.13	19.25	8.20	0.58	0.01	92.24	119.46	0.14	0.89	0.54	3.49	0.05	0.05	2.50	18.43	103.20	MURO 3	
0.59	0.04	18.48	19.66	8.36	0.59	0.01	92.23	119.44	0.14	0.89	0.54	3.49	0.02	0.02	2.50	40.42	226.34	MURO 4	
1.25	0.09	24.17	26.67	11.15	0.78	0.02	92.07	119.12	0.14	0.89	0.54	3.49	0.02	0.02	2.50	41.28	231.16	MURO 5	
5.04	0.35	40.95	51.02	20.17	1.42	0.04	91.51	118.03	0.14	0.89	0.54	3.49	0.01	0.01	2.50	165.87	928.83	MURO 6	

5. TIPOS Y METODOLOGÍA DEL ENSAYO

El tipo de ensayo que se practicó es el de muro a escala natural; el cual consiste en construir un muro con las dimensiones reales y ensayarlo con cargas laterales equivalentes a la carga lateral de diseño dictaminada por el código IBC 2006. La carga se aplicó en forma progresiva con el fin de determinar la curva de esfuerzo-deformación del muro, para poder determinar el rango elástico, electo-plástico y plástico con la consiguiente falla, esto para determinar que el muro se encuentre trabajando en su rango elástico con el rango que dictamina el código por el método de esfuerzos de trabajo con el método que se diseñó.

5.1. Ensayo de muro a escala natural según especificaciones obtenidas

Los muros se elaboraron con base en planos elaborados y brindados por la empresa Monolit. Estos ensayos se realizaron en 28 días después de haber fraguado los muros en el Laboratorio del Área de Prefabricados del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería.

A continuación se detallan el armado de los diferentes sistemas propuestos.

Figura 32. Muro 1 sistema placa-poste.

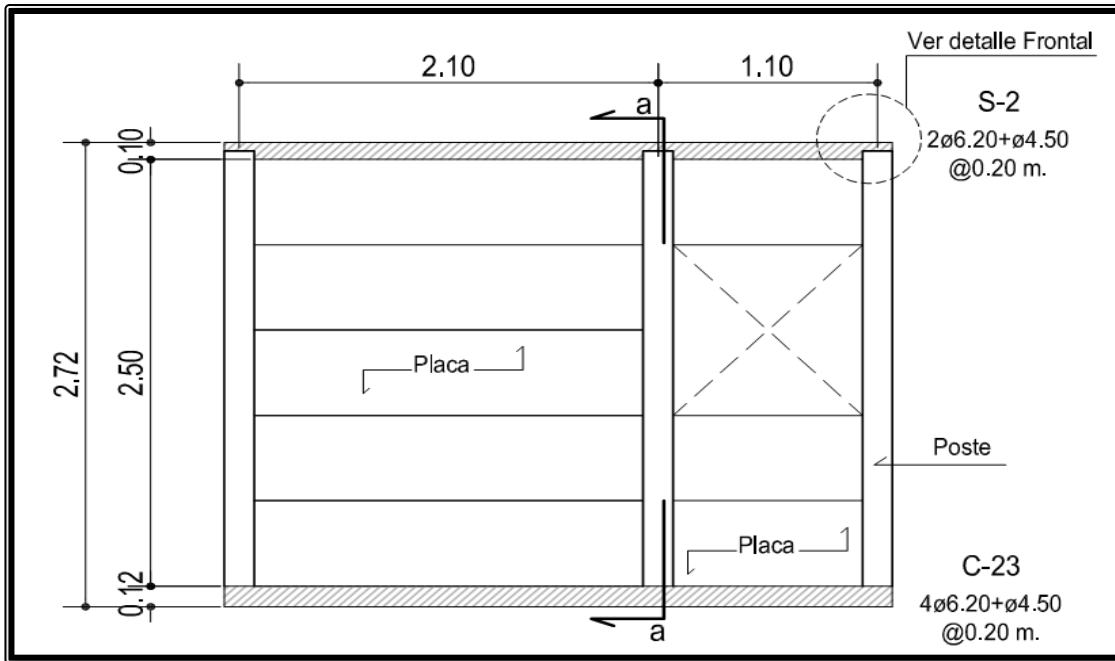


Figura 33. Detalle vista frontal solera muros de mampostería.

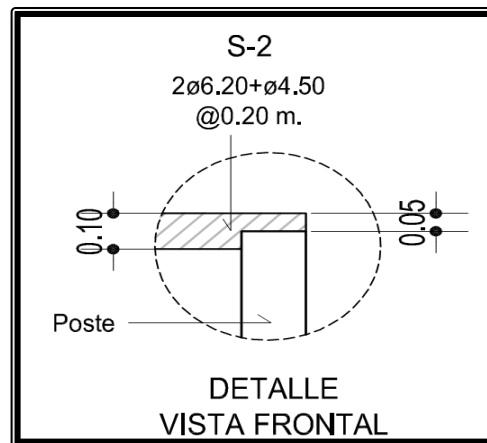


Figura 34. Detalle vista lateral solera muros de mampostería.

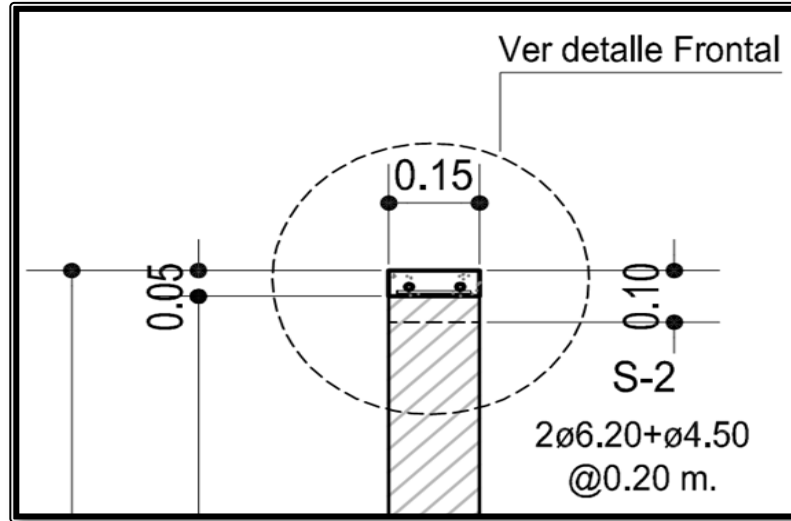


Figura 35. Detalle vista lateral cimiento corrido muros de mampostería.

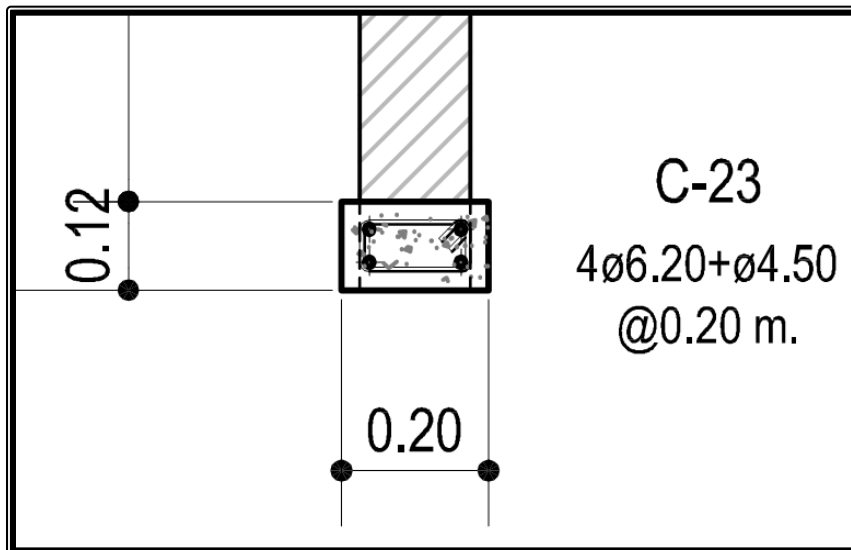


Figura 36. Sección a-a muros de mampostería.

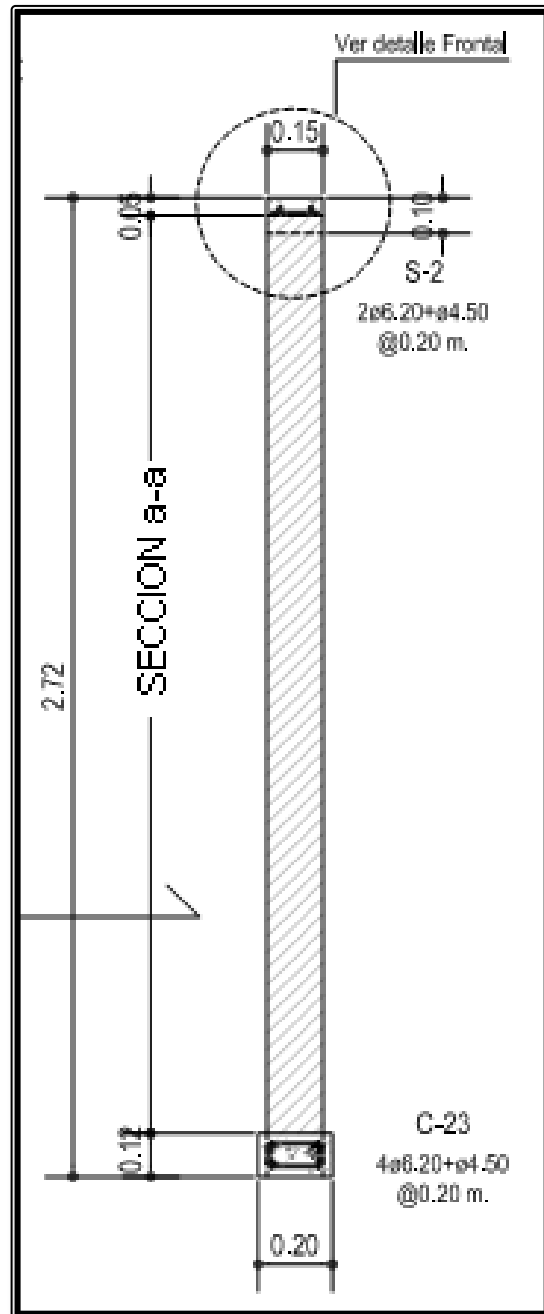


Figura 37. Muro 2 sistema placa-poste.

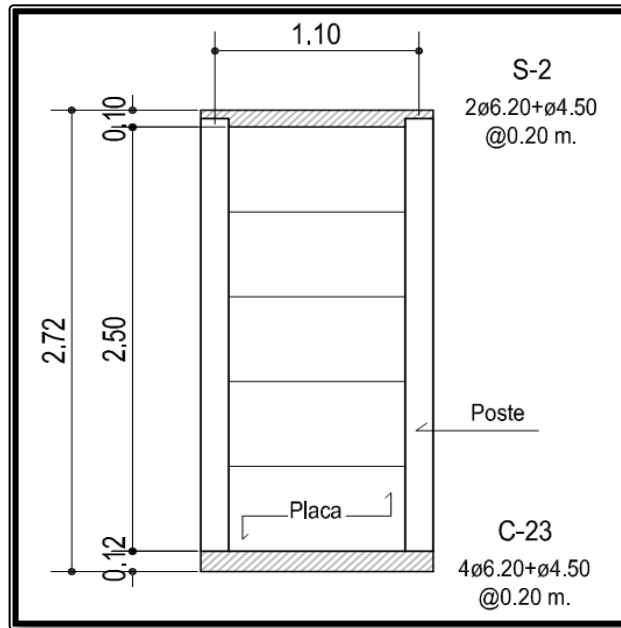


Figura 38. Muro 3 sistema placa-poste.

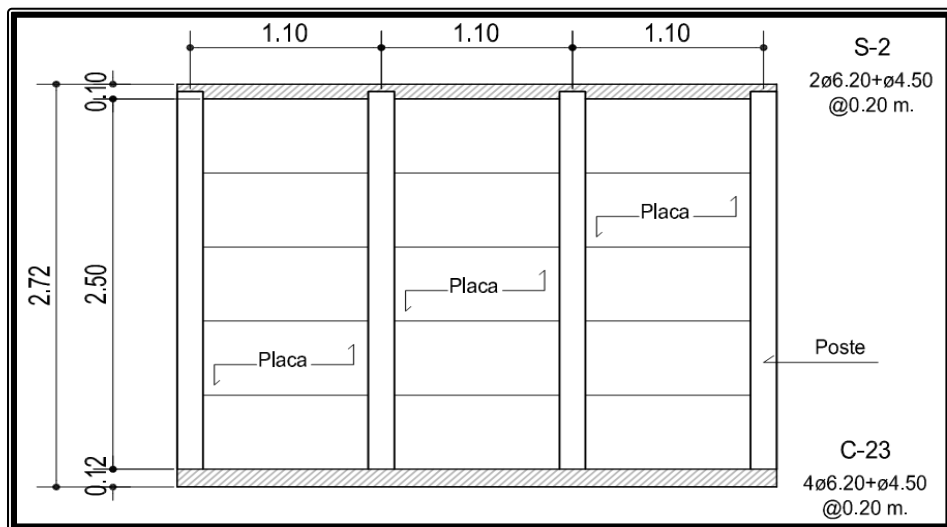


Figura 39. Muro 4 sistema placa-poste.

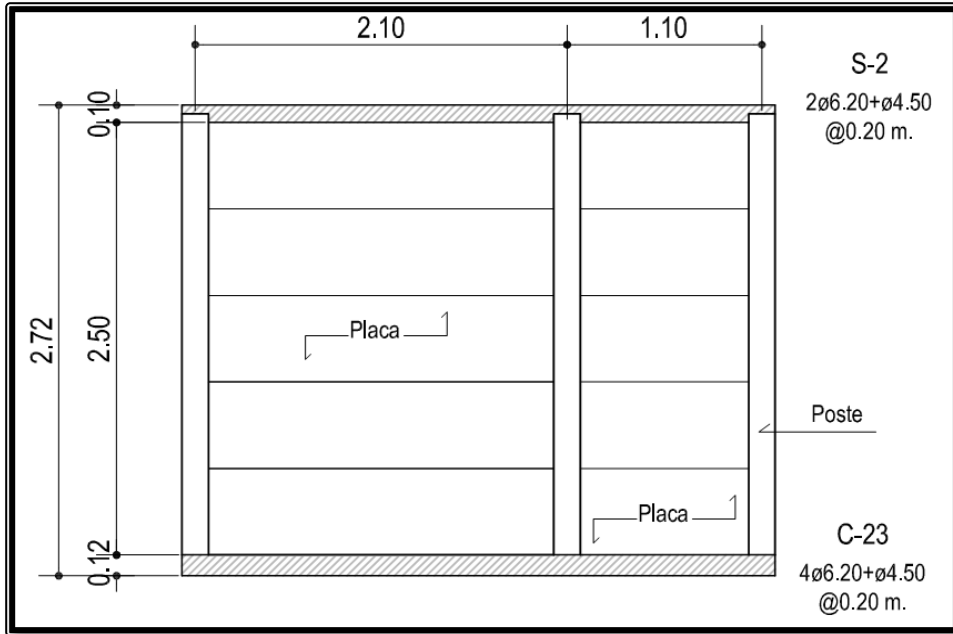


Figura 40. Muro 5 sistema placa-poste.

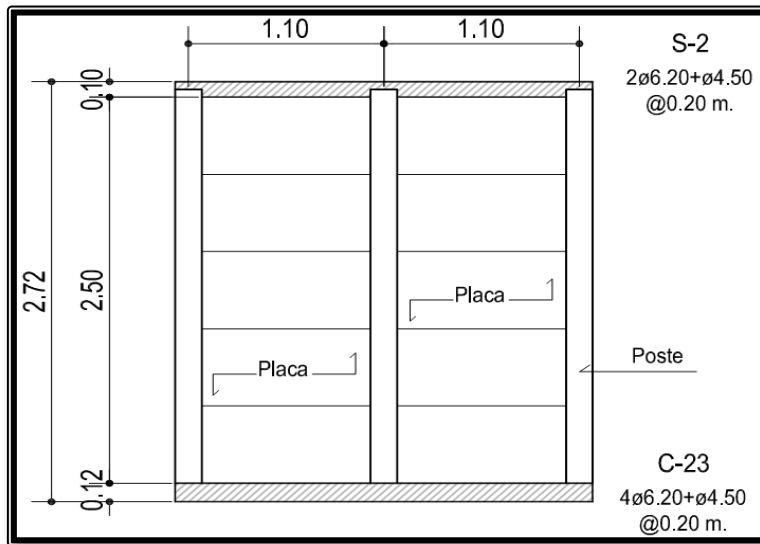
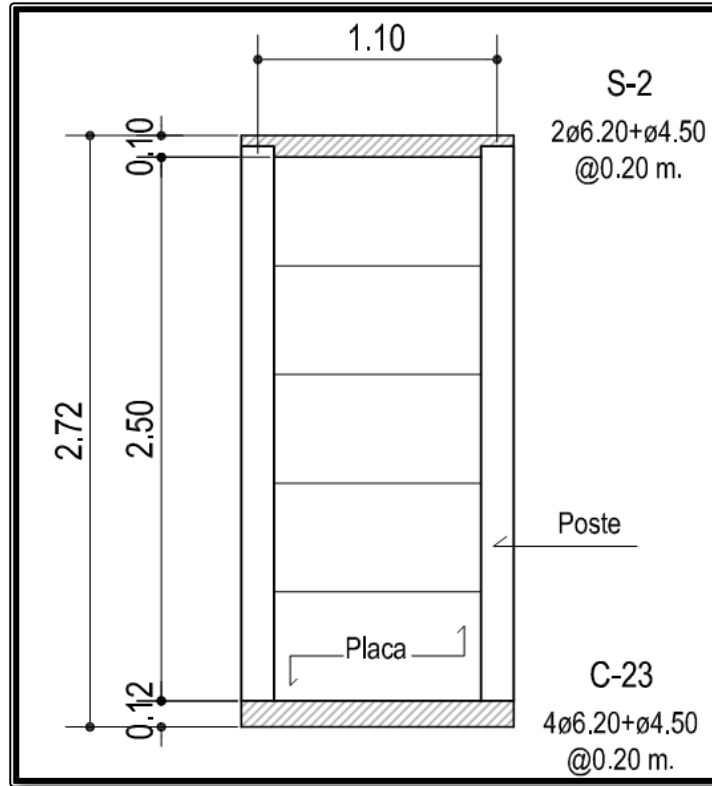


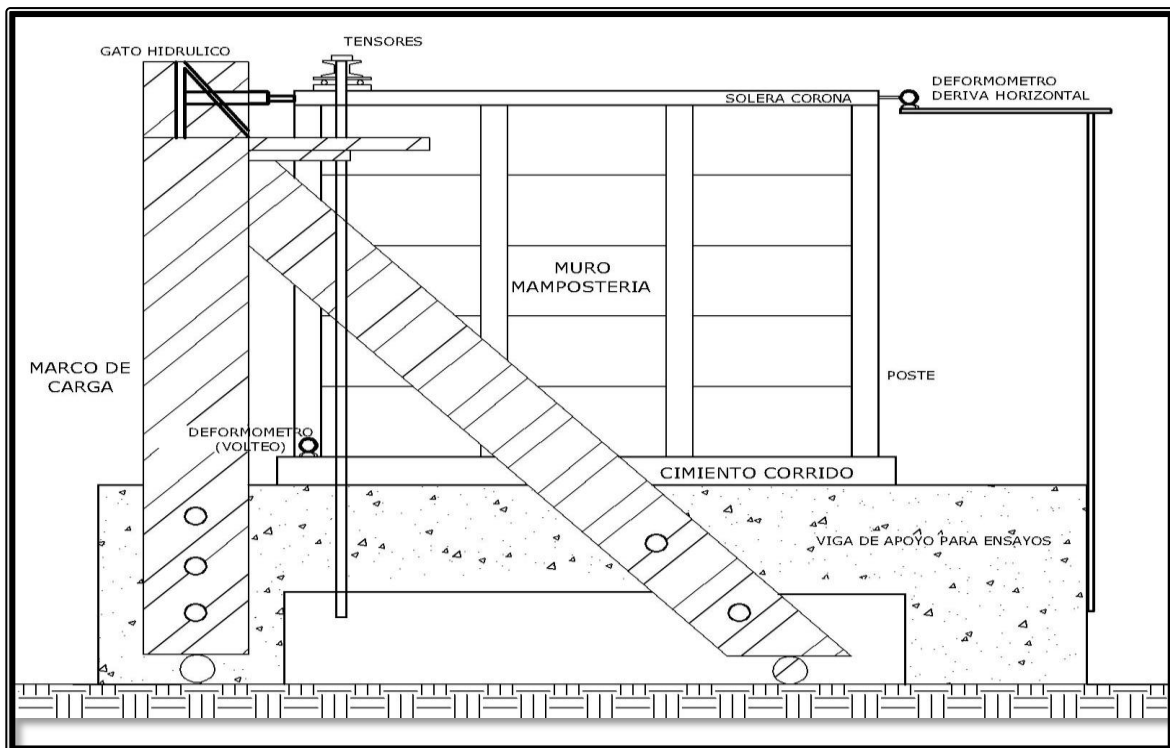
Figura 41. Muro 6 sistema placa-poste.



5.2. Descripción del ensayo de muros a corte

El ensayo se realizó colocando en el muro tensores en el lado donde se aplicó la carga lateral para impedir el volteo, luego se procedió a colocar un deformímetro en la base inferior a la de la aplicación de la carga para medir el volteo. Posteriormente se ubicó otro deformímetro en la base opuesta a la carga, para medir el corrimiento existente. Al haber instalado todos los aparatos se continuó con la aplicación de la carga para inducirlo a una falla a corte, la cual se realizó colocando un gato hidráulico con una capacidad de 25 toneladas en un soporte a la altura de la solera de corona, según los propios requerimientos que generaron cada muro.

Figura 42. Ensayo de muros de mampostería a escala natural.



6. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LABORATORIO

6.1. Procedimiento y secuencia de los cálculos obtenidos en laboratorio

Luego de realizado el ensayo del muro se procede a analizar los resultados de acuerdo con los datos obtenidos de los diferentes deformímetros colocados durante el ensayo. Lo primero a realizar es el ingreso de los datos en el software Microsoft Excel, y así determinar la deriva real que tuvo el muro (a la deriva obtenida por medio del deformímetro restarle la de corrimiento y una parte proporcional de la de volteo); graficarla y con ello obtener la curva carga-deformación; con la curva trazada se procede a determinar la carga de fluencia o la carga máxima del rango elástico, determinando la carga máxima que resiste el muro en el rango plástico; esta para determinar el factor de seguridad que posee el muro.

6.2. Determinación de la carga de diseño de muro

Seguidamente se adjunta el informe de laboratorio del análisis de los ensayos de los muros de mampostería sistema placa-poste.

6.2.1. Informe de laboratorio

Generalidades

La empresa MONOLIT solicitó los servicios del C. I. I. para ensayar muros A CORTE Y COMPRESIÓN, a escala natural del sistema constructivo tipo placa-poste. Los muros fueron armados en el área de prefabricados de ingeniería, los ensayos se realizaron 28 días después de haber fraguado. Cinco muros fueron ensayados a corte y uno compresión.

Ensayo de muro a corte

Descripción del ensayo:

Cada muro fue colocado de tal forma que se le aplicó una carga horizontal simulando la acción de sismo, induciendo para este efecto, esfuerzos de corte por medio de un gato hidráulico con capacidad de 25 toneladas; se colocaron dos deformímetros, uno para leer la deriva horizontal en el extremo superior del muro opuesto al lado donde se aplica la carga y el otro en la parte inferior del muro del lado donde se aplica la carga para medir el levantamiento o volteo que el muro pueda reportar; se toman las lecturas de los deformímetros en cada incremento de carga.

Ensayo de muro a compresión

Descripción del ensayo:

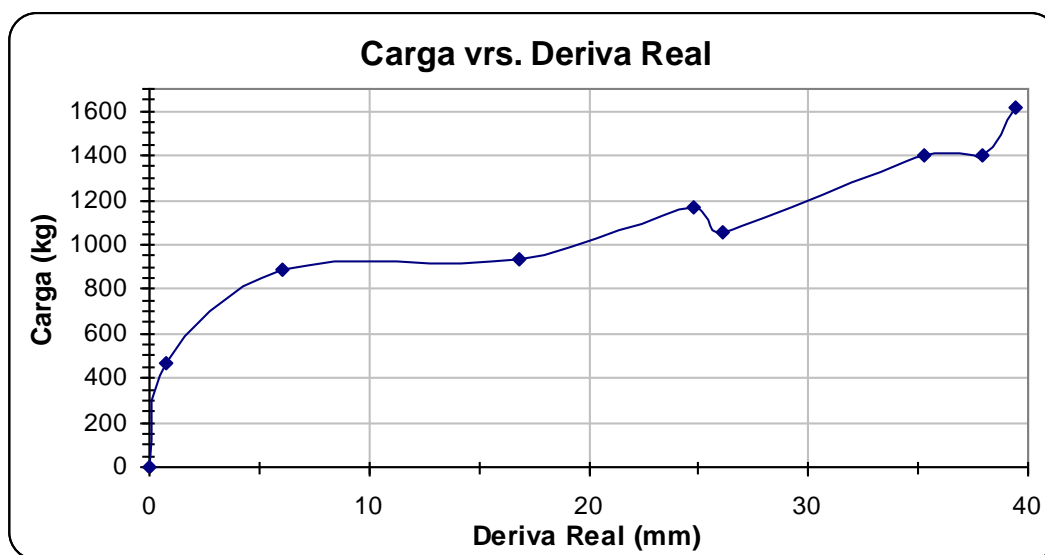
El muro se colocó en la prensa hidráulica, para aplicarle carga vertical (de compresión). La carga se aplicó gradualmente en el muro tomando lecturas de pandeo perpendiculares, al centro de su altura en ambas caras del muro.

Análisis de resultados

En las gráficas siguientes sólo se muestra la carga correspondiente con la deriva real (deriva horizontal menos volteo vertical).

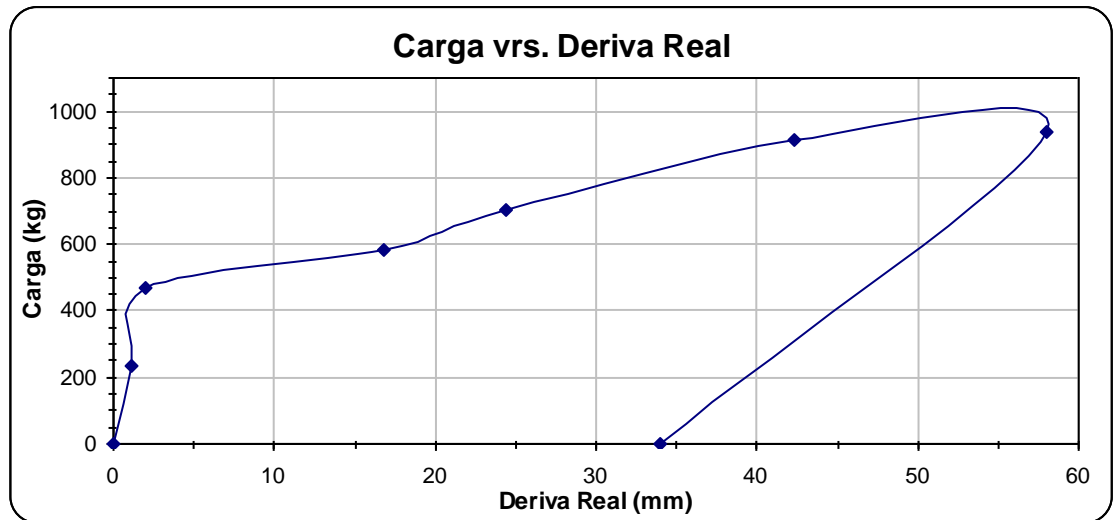
MURO 1:

Carga (kg.)	Deriva Horizontal (mm.)	Volteo Vertical (mm)
0	0	0
467.21	0.71	0
887.70	6.10	0.05
934.42	16.84	0.05
1168.03	24.74	0.05
1051.22	26.06	0.05
1401.63	35.23	0.05
1401.63	37.95	0.10
1611.88	39.47	0.125



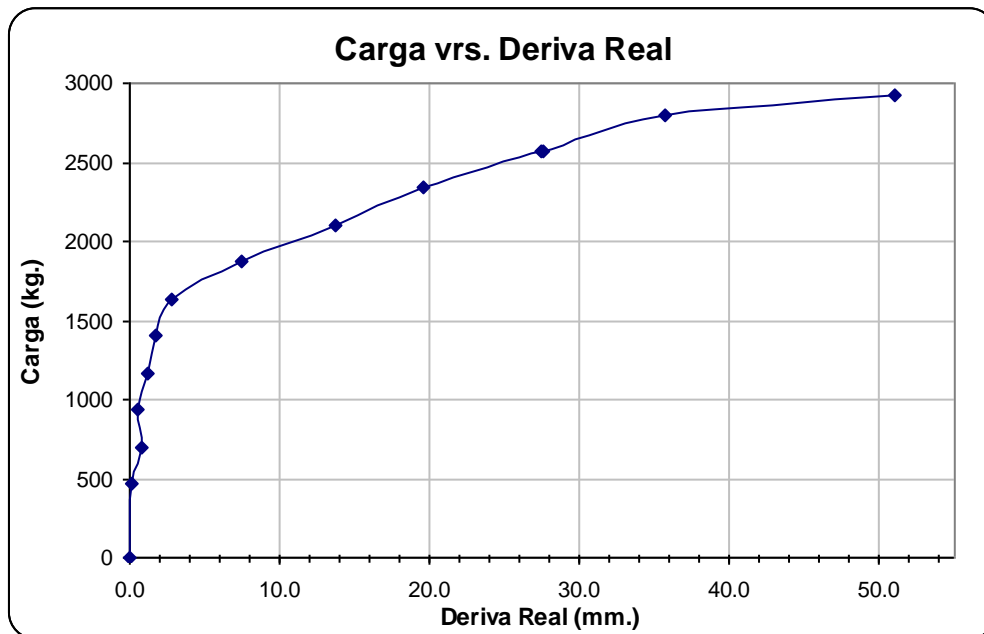
MURO 2:

Carga (kg.)	Deriva Horizontal (mm.)	Volteo Vertical (mm.)
0	0	0.00
234.14	1.143	0.06
468.27	2.032	0.10
585.34	16.764	0.17
702.41	24.4602	0.21
913.13	42.2656	1.24
936.55	58	1.44
0	34	0.06



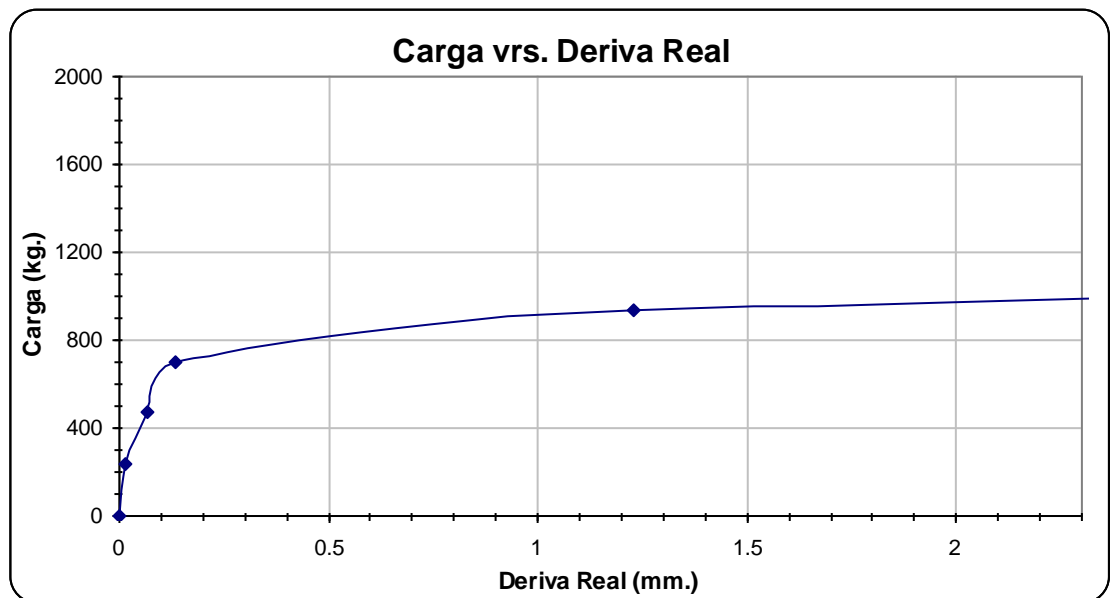
MURO 3:

Carga (kg.)	Deriva Horizontal (mm.)	Volteo Vertical (mm.)
0	0	0
467.21	0.08	0
700.82	0.76	0
934.42	0.58	0.03
1168.03	1.17	0.06
1401.63	1.75	0.15
1635.24	2.74	0.33
1868.84	7.47	0.51
2102.45	13.67	0.71
2336.05	19.53	1.96
2569.66	27.38	1.23
2569.66	27.58	1.23
2803.27	35.71	0.63
2920.07	51.00	0.78



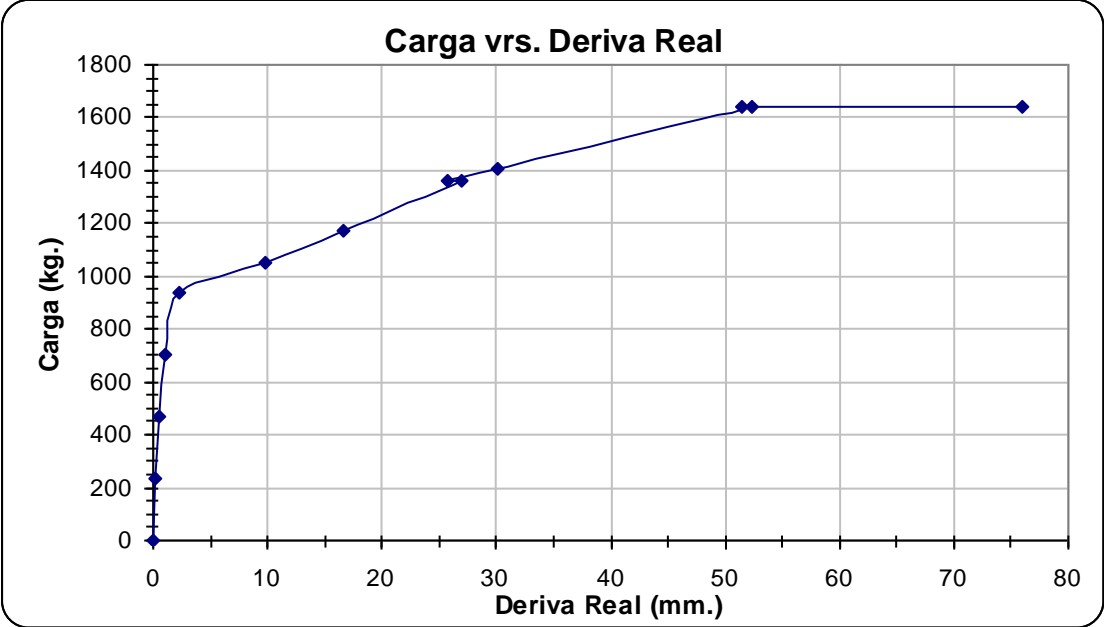
MURO 4:

Carga (kg.)	Deriva Horizontal (mm.)	Volteo Vertical (mm.)
0	0	0
234.14	0.001	0
468.27	0.003	0
702.41	0.006	0.254
936.55	0.049	0.127
1170.68	0.364	1.651
1404.82	1.03	8.128
1404.82	1.01	8.128
1638.95	1.448	8.128
1873.09	2.038	11.176



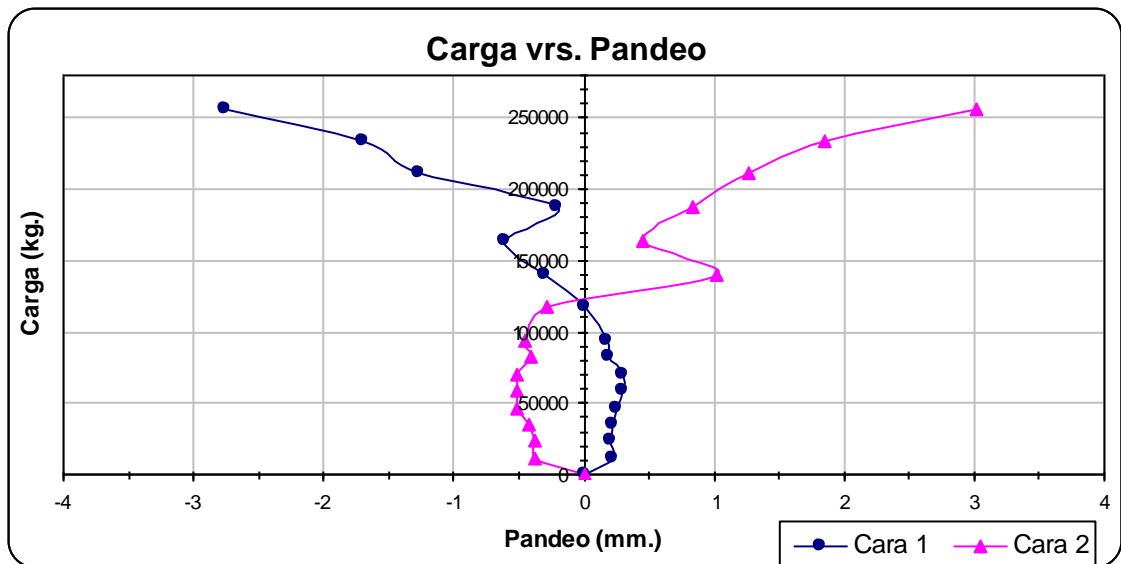
MURO 5:

Carga (kg.)	Deriva Horizontal (mm.)	Volteo Vertical (mm.)
0	0	0
234.14	0.20	0
468.27	0.53	0
702.41	1.07	0.030
936.55	2.31	0.050
1053.61	9.73	0.065
1170.68	16.69	0.085
1357.99	27.00	0.105
1357.99	25.78	0.105
1404.82	30.05	0.130
1638.95	52.43	1.270
1638.95	51.49	1.270
1638.95	75.95	1.460



MURO 6:

Carga (kg.)	Def. Cara 1 (mm.)	Def. Cara 2 (mm.)
0	0	0
11706.82	0.22	-0.381
23413.64	0.21	-0.381
35120.45	0.22	-0.419
46827.27	0.26	-0.521
58534.09	0.3	-0.521
70240.91	0.3	-0.521
81947.73	0.19	-0.406
93654.55	0.18	-0.457
117068.18	0.01	-0.279
140481.82	-0.3	1.016
163895.45	-0.6	0.457
187309.09	-0.2	0.838
210722.73	-1.26	1.270
234136.36	-1.7	1.854
256379.32	-2.75	3.023



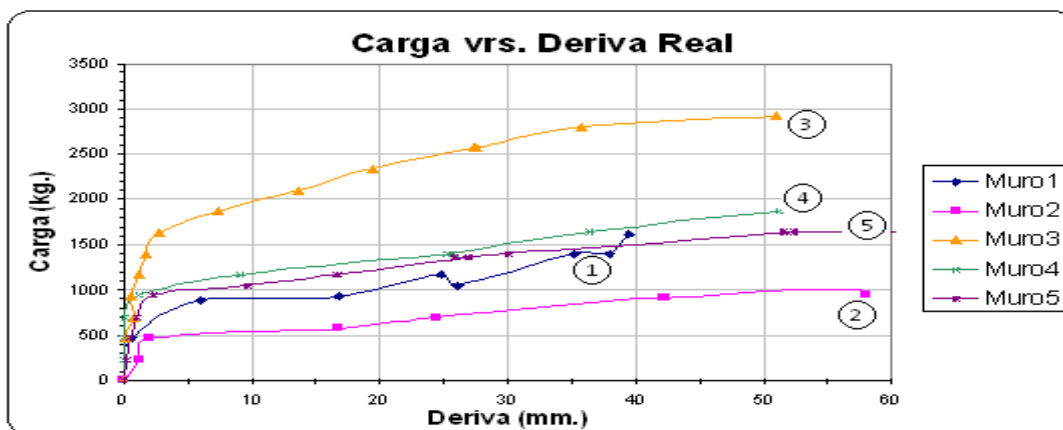
Conclusión de los ensayos

Los muros ensayados tienen un comportamiento lineal en la zona elástica que representa una capacidad de trabajo, hasta alcanzar la carga lateral entre 500 a 950 kg. aproximadamente.

En términos generales el muro 3 representó un comportamiento adecuado, debido a la separación entre los refuerzos verticales que no superan los 120 cm de separación a ejes; ésto hizo que el módulo reportara un trabajo más eficiente.

Los muros trabajados con paneles cortos, es decir el 2, 3 y 5; son los recomendados para trabajar en muros de viviendas mínima; ya que los mismos mantienen una relación de esfuerzos proporcional al número de placas postes con que sean construidos.

En cuanto a los muros 1 y 4, formados por placa larga y placa corta; en la cual las placas largas reportan una rigidez inicial muy grande que castiga a los postes que las confinan, sobre todo si se comparan con el comportamiento que reporta la placa pequeña.



CONCLUSIONES

1. La importancia de realizar ensayos y evaluaciones en sistemas nuevos radica en la determinación de sus características mecánicas, mismas que son importantes para la aplicación de los principios teóricos, para diseño y cálculo de las mismas.
2. A mayor resistencia del sistema a corte con relación al máximo teórico de desplazamiento permisible, (tiene la rigidez aceptable a pesar de estar por encima del valor teórico estimado).
3. La determinación del E_m del mamposte con base en la resistencia a compresión del f'_m obtuvo como resultado de los ensayos de las placas utilizados en el sistema, se concluye que el valor del E_m teórico obtenido, con el cual se pudo obtener al final concordancia entre los cálculos teóricos y los cálculos evaluados en los ensayos.
4. De acuerdo con los cálculos teóricos comparados con los ensayados se puede decir que los muros 2, 3 y 5 son muros con alta resistencia a corte, debido a que obtienen una buena rigidez y buena recuperación ante cargas horizontales, es decir, que éstos se mantienen en el rango elástico.
5. En cuanto a los muros 1 y 4 haciendo la comparación entre los datos teóricos y de ensayos, debido a que se utilizaron placas con mayores luces, el sistema pierde rigidez, pero esto se puede solucionar, siempre tomando

en cuenta que no superen distancias mayores a 1.20 m entre placas para obtener mayor refuerzo a corte y darle mayor rigidez al sistema.

6. En el sistema placa-poste se busca desde el inicio el comportamiento dúctil de los muros, ésto se puede comprobar revisando los datos del laboratorio, de los cuales la deformación obtenida es significativamente mayor a la máxima permitida y obteniendo recuperaciones del orden del 80%.
7. El sistema es apto para vivienda mínima o unifamiliar y tiene la peculiaridad que para la construcción de la misma no se necesita mano de obra calificada.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el comportamiento del sistema cuando las luces de los muros sean mayores a 4 metros.
2. Es pertinente que el sistema en viviendas mínimas o unifamiliares, éste provisto de una solera de corona o solera de amarre para que dicho sistema esté confinado.
3. Mantener el paralelismo de los muros en las viviendas a construir.
4. Cuando se refiere a vivienda mínima, quiere decir que es de un sólo nivel para el uso de este sistema se debe utilizar techos livianos, es decir, de una o dos aguas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Código Internacional de la Edificación (IBC).** Estados Unidos de América, *International Code Council, Inc.* 2003.
2. Amrhein James. **Reinforced Masonry engineering Handbook.**2^a. ed. Estados Unidos de América: Instituto de Mampostería de América, 1973.
3. **Building Code Requirements for Masonry Structures(ACI 530-05)***Edition 2005. Reported by the masonry standards joint committee (MSJC).*
4. **Normas Estructurales de Diseño Recomendaciones para la República de Guatemala.** AGIES NR-9:2000.
5. Abbott, Luis. **Reglamento para construcciones en edificios de mampostería estructural.**Secretaria de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones (SEOPC).
6. MeliPiralla, Roberto.**Manual de diseño estructural.**Tomo 3. Universidad Nacional Autónoma de México: Grupo Norierga Editores Pág. 479-483

7. Herrera V., Angelica María y otros. **Manual de construcción de mampostería en concreto.**Medellin, Colombia: Instituto Colombiano de Cemento. 1999, 89 p.

APÉNDICE

IBC 2003

TABLE 1617.3.1
ALLOWABLE STORY DRIFT, Δ_x (inches)^a

BUILDING	SEISMIC USE GROUP		
	I	II	III
Buildings, other than masonry shear wall or masonry wall frame buildings, four stories or less in height with interior walls, partitions, ceilings and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts	$0.025 h_{sx}$ ^b	$0.020 h_{sx}$	$0.015 h_{sx}$
Masonry cantilever shear wall buildings ^c	$0.010 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$
Other masonry shear wall buildings	$0.007 h_{sx}$	$0.007 h_{sx}$	$0.007 h_{sx}$
Masonry wall frame buildings	$0.013 h_{sx}$	$0.013 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$
All other buildings	$0.020 h_{sx}$	$0.015 h_{sx}$	$0.010 h_{sx}$

For SI: 1 inch = 25.4 mm.

- a. There shall be no drift limit for single-story buildings with interior walls, partitions, ceilings and exterior wall systems that have been designed to accommodate the story drifts.
- b. h_{sx} is the story height below Level x .
- c. Buildings in which the basic structural system consists of masonry shear walls designed as vertical elements cantilevered from their base or foundation support which are so constructed that moment transfer between shear walls (coupling) is negligible.

ELECTROMALLA

La Electromalla de Monolit está fabricada con hierro grado 70 liso o corrugado, electrosoldada con la más alta tecnología lo que garantiza un espaciamiento exacto. Además cumple con las normas ASTM A-497 y ASTM-185.



CARACTERISTICAS

- 6.00 m de largo
- 2.35 m de ancho
- 14.10 m² de área bruta
- Cuadros de 15 x 15 cm. (6" x 6")
- Fabricada con varilla de acero Grado 70

VENTAJAS

- Espaciamiento exacto
- Calidad y resistencia en la soldadura
- Sustituye el proceso de armar en obra
- Optimiza los recursos de tiempo y dinero, dando como resultado eficiencia y economía
- Amplio stock en sus diferentes calibres
- Posibilidad de fabricar mallas especiales, combinando diferentes calibres, medidas y espaciamientos
- Fabricados conforme normas ASTM-487, ASTM-185 y COGUANOR



APLICACIONES

- Cisternas
- Piscinas
- Pavimentos
- Cercos
- Muros

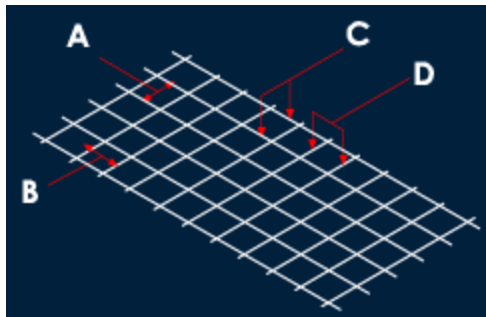
- Losas
- Tubos de Concreto
- Muros de Contención
- Sistemas prefabricados

DATOS TÉCNICOS				TABLA DE CONVERSIÓN									
Nomenclatura		Diámetro de Varilla	Área de Varilla	Peso		Área de Refuerzo		Tipo de Varilla	Grado 60 fy= 4,218 kg/cm²		Grado 40 fy= 2,182 kg/cm²		
A	B	C	D	mm	cm²	kg/m²	kg/pl	cm²/m		Refuerzo que sustituye	(cm²/m)	Refuerzo que sustituye	(cm²/m)
6" x 6"	10/10	3.43	0.092	0.98	13.87	0.616	Lisa	No. 2 @ 43	0.733	No. 2 @ 29	1.100		
6" x 6"	9/9	3.80	0.113	1.2	16.91	0.756	Corrugada	No. 2 @ 35	0.900	No. 2 @ 23	1.350		
6" x 6"	8/8	4.11	0.133	1.4	19.76	0.884	Lisa	No. 2 @ 30	1.052	No. 2 @ 17 6	1.579		
6" x 6"	7/7	4.50	0.159	1.68	23.75	1.06	Corrugada	No. 2 @ 25	1.262	No. 3 @ 0.38	1.893		
6" x 6"	6/6	4.88	0.187	1.98	27.93	1.247	Lisa	No. 2 @ 17 6	1.485	No. 2 @ 20 6	2.227		
6" x 6"	4.5/4.5	5.50	0.238	2.52	35.53	1.584	Corrugada	No. 2 @ 13 6	1.886	No. 3 @ 0.45	2.829		
6" x 6"	4/4	5.72	0.257	2.72	38.38	1.713	Lisa	No. 2 @ 12 6	2.039	No. 3 @ 0.32	3.059		
6" x 6"	3/3	6.20	0.302	3.19	45.03	2.013	Corrugada	No. 2 @ 21 6	2.396	No. 3 @ 20 6	3.595		
6" x 6"	2/2	6.65	0.347	3.68	51.87	2.315	Lisa	No. 2 @ 16 6	2.756	No. 3 @ 0.35	4.134		

Se fabrican electromallas especiales a pedido (aplican restricciones).

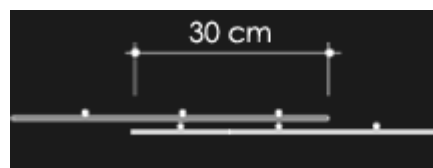
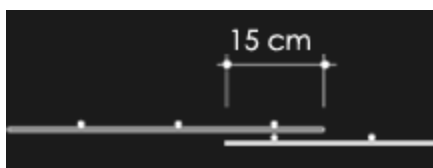
NOMENCLATURA:

- A - Espaciamiento en pulgadas entre varillas longitudinales
- B - Espaciamiento en pulgadas entre varillas transversales
- C - Calibre SWG de varillas longitudinales
- D - Calibre SWG de varillas transversales



EMPALMES DE ELECTROMALLA: Según ACI 318-05, Sección 12.7

El empalme de electrorejilla debe realizarse según detalles No. 1 y 2



VENTAJAS DEL PRETENSADO



El sistema de pretensado garantiza una mayor calidad en el desempeño de los postes de concreto. Algunas de sus mayores ventajas son:

- Disminución de los esfuerzos de tracción en el concreto, bajo cargas de trabajo.
- Aumento de la capacidad de concreto para resistir esfuerzo cortante.
- Notoria reducción de las fisuras bajo cargas anormales y recuperación de las mismas cuando desaparecen los factores de perturbación.
- Al disminuir los esfuerzos de tracción sobre el concreto, los postes pueden ser manipulados sin sufrir daños.
- Los postes de concreto pretensado son relativamente elásticos.
- Resisten la corrosión
- Son considerablemente más resistentes y livianos.

- El resultado de una mejor cohesión entre el acero y el concreto produce una mayor contracción y un acabado más denso y liso.
- Son fabricados con amplios espacios internos para colocar cables, aparatos eléctricos y de control.

**FOTOGRAFIAS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO
PREFABRICADO TIPO POSTE PRETENSADO PLACA ENSAMBLADA**

