

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Especificaciones para estabilidad de paredes según el método simplificado
para vivienda del Código Sísmico de Costa Rica**

Trabajo Final de Graduación

Para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

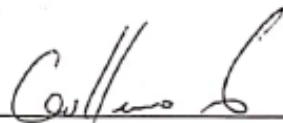
José Daniel González Parajeles

Director del proyecto de graduación:

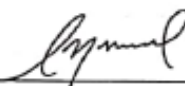
Ing. Guillermo González Beltrán, Ph.D.

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de aprobación



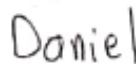
Ing. Guillermo González Beltrán Ph.D.
Director



Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.
Asesor



Ing. Andrea Ramírez Villalba.
Asesora



Daniel González Parajeles
Autor

Derechos del autor

Fecha: 2022, octubre, 05

El suscrito, Daniel González Parajeles, cédula 6-0440-0814, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con el número de carné **B53112**, manifiesta que es el autor del Proyecto Final de Graduación **Especificaciones para estabilidad de paredes según el Método Simplificado para vivienda del Código Sísmico de Costa Rica**, bajo la dirección del Ing. Guillermo González Beltrán, quien en consecuencia tiene derechos compartidos de los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N°6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se realice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

A mis padres, José González y Leydin Parajeles.

A mis abuelos, Reyner González y Cecilia Araya.

Agradecimientos

A Dios por la vida, la salud y la oportunidad de haber podido estudiar la profesión que quise desde niño.

A mis padres, por su apoyo incondicional a lo largo de toda la etapa universitaria y por confiar siempre en mí.

A mis abuelos que siempre estuvieron pendientes de mí.

A Step por todo su apoyo a lo largo de la carrera.

A los amigos de la carrera, con quienes me pude formar como ingeniero y de los cuales aprendí mucho.

A todos los profesores que tuve a lo largo de la carrera.

A mi director de tesis por su guía y conocimiento a lo largo de este trabajo, así como a mis asesores.

Tabla de Contenido

Capítulo I Introducción	1
1. Justificación:.....	1
1.1 Problema Específico:	1
1.2 Importancia:.....	1
1.3 Antecedentes teóricos	2
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo General:.....	3
2.2 Objetivos Específicos:	3
3. Marco Teórico e Hipótesis.....	3
3.1 Definición de estructura y tipos de cargas	4
3.2 Historia del Código Sísmico Costa Rica enfocado a vivienda	4
3.3 Requisitos para el uso del método simplificado	5
3.4 Recomendaciones mínimas para la estabilidad lateral de las paredes.....	7
3.4.1 Viga Corona	7
3.4.2 Columnas.....	9
3.4.3 Fundaciones.....	10
3.5 Recomendaciones mínimas para las fundaciones de las paredes	11
3.6 Criterios básicos de análisis y diseño estructural	11
3.6.1 Sistema sismorresistente.....	11
3.6.2 Coeficiente sísmico	12
3.7 Criterios para diseño de elementos estructurales	12
3.7.1 Vigas.....	13
3.7.2 Columnas.....	13
3.7.3 Placa aislada de columnas	14
4. Delimitación del problema	15
4.1 Alcance	15
4.2 Limitaciones	15
5. Descripción de la metodología.....	15
5.1 Fase I Teórica.....	15
5.1.1 Reuniones con el director	15
5.1.2 Revisión de bibliografía	16

5.2 Fase II Análisis	16
5.2.1 Vigas Corona.....	17
5.2.2 Columnas.....	17
5.2.3 Fundaciones.....	17
5.3 Fase III Realización de la memoria de cálculo.....	17
5.4 Fase IV Análisis de Resultados	17
5.5 Fase V Redacción del documento	18
Capítulo II Cálculo de Cargas	19
1. Supuestos de diseño	19
2. Determinación de la fuerza sísmica.....	23
2.1 Determinación del coeficiente sísmico	23
2.1.1 Zona I a Zona III.....	24
2.1.2 Zona IV y Zona V.....	25
2.2 Determinación las cargas de la estructura	25
Capítulo III Diseño de Elementos.....	28
1. Diseño de vigas	28
1.1 Vigas de Concreto Reforzado	28
1.2 Vigas de Mampostería	32
2. Columnas	36
2.1 Columnas de concreto reforzado	36
2.2 Columnas de mampostería.....	42
3. Cimentaciones	49
3.1 Placa asilada de cimentación.....	49
3.2 Viga de amarre de cimentación	57
Capítulo IV – Resultados.....	60
1. Vigas	60
1.1 Zona I a III	60
1.1.1 Vigas de Concreto reforzado	60
1.1.2 Vigas de mampostería.....	61
1.2 Zona IV y zona V	61
1.2.1 Vigas de Concreto reforzado	61
1.2.2 Vigas de mampostería.....	62
2. Columnas	63

2.1	Zona I a zona III	63
2.1.1	Columnas de concreto reforzado	63
2.1.2	Columnas de mampostería	64
2.2	Zona IV y V	64
2.2.1	Columnas de concreto reforzado	64
2.2.2	Columnas de mampostería	65
3.	Cimentaciones	66
3.1	De zona I a zona III	66
3.1.1	Cimentaciones con columnas de concreto reforzado	66
3.1.2	Cimentaciones con columnas de mampostería	67
3.2	De zona IV y zona V	68
3.2.1	Cimentaciones con columnas de concreto reforzado	68
3.2.2	Cimentaciones con columnas de mampostería	69
Capítulo V – Análisis de Resultados		70
1.	Vigas	71
2.	Columnas	75
3.	Cimentaciones	79
4.	Aplicación del método simplificado a un caso práctico	83
Capítulo VI – Conclusiones y Recomendaciones		85
1.	Conclusiones	85
2.	Recomendaciones	86
2.1	Recomendaciones al Código Sísmico	86
2.2	Recomendaciones generales	87
Referencias Bibliográficas		87
Anexos		89
1.	Supuestos para la determinación de la carga de la estructura de techo	89
2.	Hojas electrónicas utilizadas para los diseños	91
2.1	Vigas	91
2.2	Columnas	105
2.3	Placas de cimentación	129

Tabla de Figuras

Figura 1: Distribución de la carga sísmica proveniente de la pared	19
Figura 2: Distribución de la carga sísmica para una viga de 6 m de longitud.....	20
Figura 3: Distribución de la carga sísmica para una viga de 5 m de longitud.....	20
Figura 4: Distribución de la carga sísmica para una viga de 4 m de longitud.....	20
Figura 5: Peso de la vivienda de dos niveles considerado como una sola a masa a nivel de entepiso	21
Figura 6: Placa aislada de cimentación con el suelo que le rodea.....	22
Figura 7: Diagrama de cuerpo libre para la placa de cimentación	22
Figura 8: Espectros elásticos e inelásticos para sitios de cimentación S4 en zona sísmica Z3	24
Figura 9: Espectros elásticos e inelásticos para sitios de cimentación S2 en zona sísmica Z5	25
Figura 10: Diseño final viga corona de concreto.....	31
Figura 11: Diseño final viga de mampostería	35
Figura 12: Vista en planta de la pared y columna de concreto reforzado	36
Figura 13: Vista frontal de la columna de concreto, con las fuerzas aplicadas.	37
Figura 14: Diseño final columna de concreto reforzado.....	41
Figura 15: Vista en planta de pared y columna de mampostería	42
Figura 16: Vista frontal de la columna de mampostería, con las fuerzas aplicadas.....	43
Figura 17: Diseño final de la columna de mampostería	48
Figura 18: Placa aislada rectangular con presión de suelo triangular	49
Figura 19: Vista en planta de la placa aislada de cimentación con la columna.....	50
Figura 20: Diseño final placa de cimentación aislada	57
Figura 21: Diseño final viga de amarre de cimentación	59
Figura 22: Vista frontal de la cercha	89
Figura 23: Vista en planta de cerchas y clavadores	89

Tabla de Cuadros

Cuadro 1: Límites de altura para el uso del método simplificado.....	7
Cuadro 2: Refuerzo y dimensiones de vigas corona para zona II y III.....	8
Cuadro 3: Refuerzo y dimensiones de vigas corona para zona IV	8
Cuadro 4: Refuerzo y dimensiones para columnas de concreto para zona II y III.....	9
Cuadro 5: Refuerzo y dimensiones para columnas de concreto para zona IV	9
Cuadro 6: Columnas de mampostería para zona II y III	10
Cuadro 7: Columnas de mampostería para zona IV	10
Cuadro 8: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación para zona II y III	10
Cuadro 9: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación para zona IV	11
Cuadro 10: Cargas de partes de obra y materiales	26
Cuadro 11: Dimensiones consideradas	27
Cuadro 12: Características de la viga de concreto reforzado de la cual se detalla su memoria de cálculo	28
Cuadro 13: Cargas permanentes consideradas para la viga de concreto reforzado	28
Cuadro 14: Características de la viga de mampostería de las cuales se detalla su memoria de cálculo	32
Cuadro 15: Cargas consideradas para viga de mampostería.....	32
Cuadro 16: Características de la columna de concreto reforzado de la cual se detalla su memoria de cálculo.....	36
Cuadro 17: Cargas permanentes consideradas para determinar fuerza sísmica en la columna de concreto reforzado.....	37
Cuadro 18: Características de la columna de mampostería de la cual se detalla su memoria de cálculo	42
Cuadro 19: Cargas permanentes consideradas para determinar fuerza sísmica en columna de mampostería	43
Cuadro 20: Características de la placa aislada de cimentación de concreto reforzado, de la cual se detalla su memoria de cálculo	49
Cuadro 21: Carga axial que se transmite al terreno – primera iteración.....	51
Cuadro 22: Carga axial que se transmite al terreno – iteración final.....	52
Cuadro 23: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas I, II y III, con paredes de mampostería.....	60
Cuadro 24: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas I, II y III, con paredes de concreto reforzado.	60
Cuadro 25: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de mampostería para zonas I, II y III.	61
Cuadro 26: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas IV y V, con paredes de mampostería.	61
Cuadro 27: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas IV y V, con paredes de concreto reforzado.	62
Cuadro 28: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de mampostería para zonas IV y V.	62
Cuadro 29: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona I a zona III, con paredes de mampostería. Acero grado 60.	63
Cuadro 30: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona I a zona III, con paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.	63

Cuadro 31: Refuerzo y dimensiones de columnas de mampostería, en zona I a zona III. Acero grado 60.	64
Cuadro 32: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona IV y zona V, con paredes de mampostería. Acero grado 60	64
Cuadro 33: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona IV y zona V, con paredes de concreto reforzado. Acero grado 60	65
Cuadro 34: Refuerzo y dimensiones de columnas de mampostería, en zona IV y zona V. Acero grado 60.	65
Cuadro 35: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.	66
Cuadro 36: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.	66
Cuadro 37: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 15cmx35cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.	67
Cuadro 38: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 20cmx40cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.	67
Cuadro 39: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de mampostería. Acero grado 60.	67
Cuadro 40: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 15cmx35cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.	68
Cuadro 41: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 20cmx40cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.	68
Cuadro 42: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 15cmx35cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.	69
Cuadro 43: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 20mx40cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.	69
Cuadro 44: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de mampostería. Acero grado 60.	69
Cuadro 45: Comparación del coeficiente sísmico entre el CSCR-10/14 y la propuesta de la nueva versión del código sísmico, para una vivienda de un nivel.	70
Cuadro 46: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.	71
Cuadro 47: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico	72
Cuadro 48: Comparación de resultados para vigas de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.	72
Cuadro 49: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	73
Cuadro 50: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	73

Cuadro 51: Comparación de resultados para vigas de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	74
Cuadro 52: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.	75
Cuadro 53: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.....	76
Cuadro 54: Comparación de resultados para columnas de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.	76
Cuadro 55: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	77
Cuadro 56: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	77
Cuadro 57: Comparación de resultados para columnas de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	78
Cuadro 58: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.	79
Cuadro 59: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.....	80
Cuadro 60: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.	80
Cuadro 61: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	81
Cuadro 62: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	81
Cuadro 63: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.	82
Cuadro 64: Comparación de casos hipotéticos de vivienda unifamiliar, resolviendo con el CSCR-10/14 y con el presente trabajo de investigación.....	83
Cuadro 65: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona I-III	91
Cuadro 66: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona IV-V	92
Cuadro 67: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona I-III	93

Cuadro 68: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona IV-V	94
Cuadro 69: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona I-III.....	95
Cuadro 70: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona IV-V	96
Cuadro 71: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona I-III.....	97
Cuadro 72: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona IV-V	98
Cuadro 73: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona I-III.....	99
Cuadro 74: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona IV-V	100
Cuadro 75: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona I-III	101
Cuadro 76: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona IV-V.....	102
Cuadro 77: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona I-III	103
Cuadro 78: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona IV-V	104
Cuadro 79: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona I-III	105
Cuadro 80: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona IV-V.....	106
Cuadro 81: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona I-III	107
Cuadro 82: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona IV-V	108
Cuadro 83: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona I-III	109
Cuadro 84: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona IV-V.....	110
Cuadro 85: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona I-III	111
Cuadro 86: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona IV-V.....	112
Cuadro 87: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona I-III.....	113
Cuadro 88: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona IV-V.....	114
Cuadro 89: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona I-III.....	115

Cuadro 90: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona IV-V.....	116
Cuadro 91: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona I-III.....	117
Cuadro 92: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona IV-V.....	118
Cuadro 93: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona I-III.....	119
Cuadro 94: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona IV-V.....	120
Cuadro 95: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona I-III.....	121
Cuadro 96: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona IV-V.....	122
Cuadro 97: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona I-III.....	123
Cuadro 98: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona IV-V.....	124
Cuadro 99: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona I-III.....	125
Cuadro 100: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona IV-V.....	126
Cuadro 101: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona I-III.....	127
Cuadro 102: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona IV-V.....	128
Cuadro 103: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona I-III.....	129
Cuadro 104: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona IV-V.....	130
Cuadro 105: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona I-III.....	131
Cuadro 106: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona IV-V.....	132
Cuadro 107: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona I-III.....	133
Cuadro 108: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona IV-V.....	134
Cuadro 109: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona I-III.....	135
Cuadro 110: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona IV-V.....	136
Cuadro 111: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona I-III...	137

Cuadro 112: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona IV-V ..	138
Cuadro 113: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona I-III...	139
Cuadro 114: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona IV-V ..	140
Cuadro 115: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona I-III...	141
Cuadro 116: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona IV-V ..	142
Cuadro 117: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona I-III...	143
Cuadro 118: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona IV-V ..	144
Cuadro 119: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona I-III...	145
Cuadro 120: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona IV-V ..	146
Cuadro 121: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona I-III...	147
Cuadro 122: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona IV-V ..	148
Cuadro 123: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 12 cm de ancho, en la zona I-III	149
Cuadro 124: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 12 cm de ancho, en la zona IV-V	150
Cuadro 125: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 15 cm de ancho, en la zona I-III	151
Cuadro 126: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 15 cm de ancho, en la zona IV-V	152

González Parajeles, Daniel

Especificaciones para estabilidad de paredes según el Método Simplificado para vivienda del Código Sísmico de Costa Rica

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José, CR.:

D. González P., 2022

XVI, 88, [64] – 22 refs.

Resumen

El objetivo principal de este proyecto fue comprobar si las especificaciones para estabilidad lateral de paredes en vivienda unifamiliar, establecidas actualmente en el Código Sísmico de Costa Rica 2010 revisión 2014 (CSCR-10/14), cumplen con el nuevo procedimiento de determinación de carga sísmica según su nueva versión.

Para la realización de este trabajo, primeramente, se revisa bibliografía, luego se procede a realizar el diseño estructural formal de vigas, columnas y placas aisladas de cimentación, se realiza la memoria de cálculo detallada, se tabulan los resultados y se comparan con los del CSCR-10/14 para determinar si hay diferencias.

Se identifica un aumento considerable en el valor del coeficiente sísmico de la próxima versión del Código Sísmico en comparación con el CSCR-10/14, esto acarrea un aumento de la carga sísmica que deben resistir los elementos estructurales. Se concluye que el método simplificado del Código Sísmico de Costa Rica 2010 revisión 2014, requiere de ajustes, dado que hay elementos que tienen diferente cuantía de acero o mayores dimensiones para el caso de las placas aisladas de cimentación, asimismo, hay vigas corona que con las dimensiones que indica el código no es posible determinar un diseño satisfactorio. D.G.P

Palabras claves: estabilidad lateral de paredes, método simplificado de diseño, acero de refuerzo, resistencia a la flexión, coeficiente sísmico, fuerza sísmica, vigas, columnas, cimentaciones.

Director del proyecto de graduación: Ing. Guillermo González Beltrán.

Escuela de Ingeniería Civil

Capítulo I Introducción

1. Justificación:

La alta sismicidad en Costa Rica es una amenaza latente, por lo que las edificaciones a construir deben ser sismorresistentes. El tipo de estructura más común es la vivienda unifamiliar. Debido a esto, el método simplificado del Código Sísmico de Costa Rica proporciona las especificaciones estructurales para su construcción, lo cual ofrece a la población accesibilidad y seguridad para obtener vivienda. Por lo tanto, es necesario verificar y actualizar las especificaciones del método simplificado.

1.1 Problema Específico:

Al ser la vivienda unifamiliar una estructura pequeña y la más construida en Costa Rica, se minimiza la necesidad de un diseño estructural formal, con tal de tener un ahorro económico. Esta práctica pone en riesgo a la población costarricense, ya que el país tiene una alta sismicidad, razón por lo cual desde la primera edición del Código Sísmico en 1974, en la sección de viviendas de uno y dos pisos se establecieron requisitos que se deben de seguir para un diseño adecuado.

En el Código Sísmico actual, el método simplificado especifica detalles constructivos de diferentes tipos de viviendas, por lo que es necesario mantenerlo actualizado, ya que en la ingeniería el conocimiento es dinámico.

En la nueva versión del Código Sísmico, la metodología para determinar el coeficiente sísmico va a cambiar, por ende, este cambio va a afectar la fuerza sísmica. Por lo tanto, este trabajo pretende cuantificar la afectación de estos cambios en los detalles del método simplificado del capítulo de vivienda.

1.2 Importancia:

Es necesario e importante, la actualización y verificación del método simplificado del Código Sísmico, ya que proporciona los lineamientos para el diseño estructural considerando aspectos básicos como la geometría y dimensiones de los elementos, materiales y métodos constructivos, esto con el fin de desarrollar estructuras sismorresistentes.

Al tener un método simplificado de diseño, existe la posibilidad de prescindir de un diseño estructural formal, sin que esto implique sacrificar aspectos de seguridad y calidad, esto puede colaborar a mejorar el acceso a obtener vivienda, por parte de la población.

Se acerca la publicación de la nueva edición del Código Sísmico, por lo que en este trabajo se realiza un diseño estructural formal de vivienda con la intención de poder brindar eventuales ajustes.

1.3 Antecedentes teóricos

El Código Sísmico de Costa Rica tiene 4 versiones 1974, 1986, 2002, 2010 y una revisión en 2014 de la versión del 2010. Desde la primera versión se exige el diseño estructural de las viviendas y se dan lineamientos mínimos que deben cumplirse. A partir del código sísmico del 2002, se dispone del método simplificado de vivienda, que permite no tener que hacer el diseño estructural formal de la vivienda, bajo el cumplimiento de ciertos requisitos.

En el año 2007, Mario Esteban Contreras Rodríguez realiza su trabajo final de graduación llamado "Verificación de las Especificaciones de Diseño Simplificado del Capítulo de Vivienda Unifamiliar del Código Sísmico de Costa Rica de 2002". En dicho trabajo, el autor diseña vigas corona, columnas de concreto reforzado, columnas de mampostería y placas de fundación, para tres sistemas constructivos: concreto reforzado, mampostería y sistemas de concreto prefabricado; esto con el fin de comparar entre el diseño formal y las especificaciones que dicta el método simplificado del Código Sísmico de Costa Rica de 2002 (CSCR-2002).

La principal limitación que destaca el autor es no tener acceso a las memorias de cálculo para la realización del método simplificado y que solo se poseen los resultados finales presentes en el CSCR-2002, razón por lo cual los diseños se realizan sin información previa y se deben tomar ciertas suposiciones de diseño.

En los resultados generados para el caso de las vigas coronas y columnas, se determina el refuerzo longitudinal y el espaciamiento de aros, para compararlo con el propuesto en el método simplificado. La longitud de la viga o columna y su sección transversal son la misma que propone el código, con excepción de ciertos casos donde se debió aumentar las dimensiones de la sección transversal para cumplir con las demandas a flexión. En cuanto a las placas de fundación, en términos generales, las dimensiones diseñadas son mayores a las que indica el CSCR-2002.

En cuanto a las conclusiones y recomendaciones más importantes del autor con el fin de mejorar el método simplificado del Código Sísmico, destaca que se deben diferenciar elementos estructurales en casas de uno y de dos pisos, proponer cambiar ciertas tablas de las secciones 17.3.4, encuentra incongruencias en una tabla de columnas de mampostería donde el refuerzo indicado incumple una sección del propio código referente al tamaño máximo del refuerzo a usar.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General:

Comprobar si las especificaciones para estabilidad lateral de paredes en vivienda unifamiliar, establecidas actualmente en el Código Sísmico de Costa Rica, cumplen con el nuevo procedimiento de determinación de carga sísmica según su nueva versión.

2.2 Objetivos Específicos:

- Definir cargas por metro lineal de pared, para el diseño de los elementos.
- Determinar las cargas gravitacionales y de sismo a las que se somete una estructura de un nivel.
- Definir la geometría y cantidad de refuerzo de los elementos estructurales.
- Comparar los resultados obtenidos con lo indicado en el método simplificado del Código Sísmico de Costa Rica de 2010 revisión 2014.
- Determinar si las especificaciones del método simplificado requieren ajustes.
- Aplicar el método simplificado a una distribución típica de paredes en planta para una vivienda de un nivel.

3. Marco Teórico e Hipótesis

Para cumplir el objetivo de esta investigación, es necesario verificar las especificaciones de diseño del método simplificado del Código Sísmico, por lo cual se analiza el diseño formal, ya que mediante este se comprueban las directrices del método simplificado, para el fundamento teórico del diseño formal se utiliza el propio Código Sísmico y normativa internacional como Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19).

3.1 Definición de estructura y tipos de cargas

La estructura de una vivienda debe ser capaz de dar seguridad, belleza estética y ser de fácil mantenimiento. Una estructura es un sistema de partes conectadas para soportar cargas, el diseño de una estructura es tanto técnico como creativo y demanda conocimiento en las propiedades de los materiales y de las leyes de la mecánica (Hibbeler, 2012).

Según (Nilson, 1999), las cargas en las estructuras se agrupan en tres grandes categorías, cargas muertas, cargas vivas y cargas ambientales. La carga muerta se mantiene constante durante la vida útil de la edificación, la mayoría de la carga muerta obedece al peso propio de la estructura, que puede calcularse a través de conocer las dimensiones de la estructura y la densidad de los materiales.

Las cargas vivas pueden estar total o parcialmente en la edificación, o incluso no estar presentes. La magnitud y distribución de la carga temporal es incierta para un momento determinado, por lo que, los entresijos y azoteas se deben de diseñar para cargas mínimas. Las cargas ambientales consisten en cargas sísmicas, presión y succión de viento, carga de nieve, presión del suelo, cargas debidas a empozamiento de agua de lluvia sobre superficies planas y fuerzas causadas por cambios de temperatura, estas cargas ambientales son inciertas en magnitud y distribución y varían localmente dependiendo de condiciones climáticas y sísmicas (Nilson, 1999).

3.2 Historia del Código Sísmico Costa Rica enfocado a vivienda

El capítulo de vivienda unifamiliar del Código Sísmico tiene como propósito establecer criterios generales obligatorios para el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos, con el fin de crear estructuras sismorresistentes que se comporten de forma adecuada ante las cargas laterales inducidas por la fuerza sísmica (CFIA, 2014).

El Código Sísmico de 1974 contiene una sección llamada "Viviendas de uno y dos pisos" en donde se indican generalidades únicamente, en dicha sección se establece que toda vivienda debe ser diseñada y construida para resistir las fuerzas de sismo. Brinda diversas especificaciones referentes a fundaciones, materiales, muros de mampostería, refuerzo longitudinal, estribos, entre otros (CFIA, 1974)

Para la versión del Código Sísmico de 1986, se brinda mayor información y detalles en cuanto a la versión anterior, referente a la sección de vivienda. La sección de vivienda tiene por nombre "Análisis, diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos", esta agrupa la

información en subcapítulos. Entre las especificaciones más relevantes se destaca la inclusión de esfuerzos admisibles en secciones huecas y sólidas, concreto reforzado y acero de refuerzo, cargas de diseño en donde se indica un valor de coeficiente sísmico para cada zona, requisitos mínimos de cumplimiento obligatorio, reglas básicas de estructuración en las cuales se detallan tablas para dimensiones y refuerzos que deben tener las vigas coronas, columnas de concreto reforzado, columnas de mampostería y fundaciones, esto según la zona sísmica (CFIA, 1986).

En la versión del Código Sísmico de 1986, se brindan las bases y criterios para el diseño de viviendas de uno y dos pisos, sin embargo, se debía realizar un diseño estructural formal para la vivienda. Con la versión del 2002 se tiene la posibilidad de realizar un diseño simplificado (siguiendo una serie de requisitos) el cual tiene una guía para el diseño de casas y detalles estándar, lo cual permite ser utilizado por especialistas o no en ingeniería estructural, dado que no hay necesidad de hacer los cálculos respectivos.

En el alcance de la versión del Código Sísmico de 2002, destaca la utilización de cinco sistemas constructivos los cuales son: mampostería de concreto o arcilla, concreto reforzado, sistemas a base de paneles o baldosas horizontales o verticales de concreto prefabricado, sistemas a base de planchas delgadas a doble forro con estructura interna de acero o madera, sistemas tipo emparedado a base de una malla tridimensional con relleno de espuma expandida. Para cada sistema se presenta un límite de altura, para mampostería y concreto reforzado se permite dos pisos y los demás sistemas solo un piso. En esta sección, se brindan recomendaciones mínimas para fundaciones, paredes y la estabilidad de paredes (CFIA, 2002).

El método simplificado reitera su aparición en la reciente versión de 2010 y en la revisión de 2014 y en ambas se mantienen los mismos sistemas constructivos.

3.3 Requisitos para el uso del método simplificado

Para poder hacer uso del diseño que brinda el método simplificado del Código Sísmico de Costa Rica (CSCR), se debe cumplir una serie de requisitos en cuanto áreas, fundaciones, cantidad de metros lineales de muros por metro cuadrado de construcción, altura de los pisos, entre otros.

Los requisitos que se detallan seguidamente, son según la versión 2010 revisión 2014 del Código Sísmico de Costa Rica:

- El área debe ser menor que 200 m^2 , con una altura de pared de piso a nivel superior de viga corona de no más de 3.0 m, con una altura de pared hasta el tapichel de no más de 4.2 m y con el número de pisos limitado según el Cuadro 1.
- Las fundaciones deben ser apoyadas sobre suelo firme, con una capacidad soportante mínima a la falla de 24 t/m^2 . En ninguna circunstancia se acepta que existan estratos compresibles o rellenos mal compactados u otras condiciones de suelo que requieran fundaciones profundas o especiales.
- La longitud mínima total de paredes de altura completa es 0.40 m por cada metro cuadrado de área de construcción en cada planta. La longitud mínima, en cada dirección, de paredes completas es un tercio de la longitud mínima total. La longitud mínima, en cada dirección de paredes completas que soportan entrepisos es 0.20 m por cada metro cuadrado de área de entrepiso.
- Todas las paredes deben tener elementos que provean estabilidad lateral, con una separación máxima de 6 m.
- El entrepiso de las viviendas de dos pisos debe actuar como un diafragma rígido.
- Las paredes estructurales de altura completa bajo el entrepiso deben estar distribuidas con criterios de simetría de manera que controlen el efecto de movimiento torsional en planta.

Los requisitos de altura para cada método constructivo del método simplificado se detallan en la tabla 17.1 del CSCR, que se reproduce en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Límites de altura para el uso del método simplificado

Sistemas Constructivos	Límite de altura para poder usar el diseño simplificado
<i>a) Mampostería de concreto o arcilla.</i>	<i>2 pisos</i>
<i>b) Concreto reforzado.</i>	<i>2 pisos</i>
<i>c) Sistemas con base en paneles o baldosas, horizontales o verticales, de concreto prefabricado.</i>	<i>1 piso</i>
<i>d) Sistema con base en planchas delgadas con doble forro y estructura interna de acero o madera.</i>	<i>1 piso</i>
<i>e) Sistema tipo "emparedado" con base en una malla metálica tridimensional con relleno de poliestireno expandido.</i>	<i>1 piso</i>

Fuente: (CFIA, 2014)

3.4 Recomendaciones mínimas para la estabilidad lateral de las paredes

Para lograr un diseño sismorresistente, se debe contar con paredes con una adecuada estabilidad lateral. El método simplificado del Código Sísmico especifica requisitos mínimos, para lograr dicha estabilidad lateral.

Según el (CFIA, 2014), las paredes se deben estabilizar por medio de otras paredes colocadas en el plano perpendicular o mediante columnas. La separación máxima entre soportes laterales no debe de exceder los seis metros. La viga corona es un elemento capaz de transmitir la carga perpendicular de sismo que afecta la pared, por lo que se puede utilizar dicha viga corona para unir la pared que requiere estabilidad con una columna o con otra pared perpendicular a ella.

3.4.1 Viga Corona

En los casos en que el borde superior de las paredes quede libre o llegue a un diafragma flexible, se debe colocar una viga corona, la cual debe de tener 20 cm mínimo de altura y 12 cm de espesor, el refuerzo longitudinal varía de 4#3 a 4#5 y con respecto a los estribos se deben de colocar cada 20 cm con aros de alambre corrugado de 5.6 mm de diámetro (CFIA, 2014).

Para el caso de la mampostería integral, la viga se puede realizar por medio de viga bloque o bloque tipo U integrado dentro de la pared, con su respectivo refuerzo longitudinal y transversal (CFIA, 2014).

El método simplificado del Código Sísmico facilita el diseño de vigas corona según la longitud libre de pared y su espesor. En el Cuadro 2 y Cuadro 3 se muestran las dimensiones y acero de refuerzo para vigas corona que se ubican en zona II-III y zona IV, respectivamente.

Cuadro 2: Refuerzo y dimensiones de vigas corona para zona II y III

t Pared (cm)	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
< 4	4#3	4#3	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 5	4#4	4#4	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 6	4#4	4#4	-	12 x 20
	-	-	4#4	15 x 20

Fuente: (CFIA, 2014)

Cuadro 3: Refuerzo y dimensiones de vigas corona para zona IV

t Pared (cm)	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
< 3	4#3	4#3	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 4	4#3	4#4	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 5	4#4	4#4	-	12 x 20
	-	-	4#4	15 x 20
< 6	4#4	4#5	4#5	15 x 20

Fuente: (CFIA, 2014)

3.4.2 Columnas

Según el (CFIA, 2014), todos los muros se deben estabilizar ya sea por otras paredes colocadas perpendicularmente o por columnas capaces de transmitir momentos de volcamiento al terreno. En algunos casos no es posible colocar paredes perpendiculares dado el diseño arquitectónico de la vivienda, por tanto, una alternativa es colocar una columna, la cual puede ser de concreto reforzado o de mampostería.

El método simplificado del CSCR-10/14 indica las dimensiones y refuerzo de las columnas las cuales están en función del espesor y longitud libre de la pared que se requiere de estabilizar. En Cuadro 4 y Cuadro 5 se detallan las columnas de concreto reforzado, en el Cuadro 6 y Cuadro 7 se especifican las columnas de mampostería.

Cuadro 4: Refuerzo y dimensiones para columnas de concreto para zona II y III

t Pared (cm)	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
< 4	4#5	4#5	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	-	20 x 40
< 5	4#5	4#5	4#5	15 x 35
	-	-	-	20 x 40
< 6	4#5	4#5	4#6	15 x 35
	-	-	4#5	20 x 40

Fuente: (CFIA, 2014)

Cuadro 5: Refuerzo y dimensiones para columnas de concreto para zona IV

t Pared (cm)	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
< 4	4#5	4#5	4#6	15 x 35
	-	-	-	20 x 40
< 5	4#6	4#6	4#7	15 x 35
	4#5	-	4#6	20 x 40
< 6	4#6	4#7	4#7	15 x 35
	-	4#6	4#6	20 x 40

Fuente: (CFIA, 2014)

Cuadro 6: Columnas de mampostería para zona II y III

t Pared (cm)	10	12	15
L (m)	b = 10 cm a = 80 cm	b = 12 cm a = 80 cm	b = 15 cm a = 80 cm
< 4	-	2#4	2#4
< 5	-	2#4	2#5
< 6	-	2#5	2#5

Fuente: (CFIA, 2014)

Cuadro 7: Columnas de mampostería para zona IV

t Pared (cm)	10	12	15
L (m)	b = 10 cm a = 80 cm	b = 12 cm a = 80 cm	b = 15 cm a = 80 cm
< 4	-	2#5	2#6
< 5	-	-	-
< 6	-	-	-

Fuente: (CFIA, 2014)

3.4.3 Fundaciones

Las fundaciones que requieren las columnas de la sección anterior, se diseñan como se indica en el Cuadro 8 y Cuadro 9, en el cual se detallan las dimensiones que debe tener la placa de fundación según el espesor y la longitud libre de la pared, además se detalla el refuerzo que debe haber en ambas direcciones.

Cuadro 8: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación para zona II y III

t Pared (cm)	10	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	A x B x h	
< 4	1.0 x 0.7 x 0.25	1.0 x 0.8 x 0.25	1.0 x 0.8 x 0.25	4#4 (5#4)
< 5	1.0 x 0.8 x 0.25	1.0 x 0.8 x 0.25	1.1 x 0.8 x 0.25	4#4 (5#4)
< 6	1.0 x 0.8 x 0.25	1.1 x 0.8 x 0.25	1.1 x 0.8 x 0.25	4#4 (5#4)

Fuente: (CFIA, 2014)

Cuadro 9: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación para zona IV

t Pared (cm)	10	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	A x B x h	
< 4	1.2 x 1.0 x 0.25	1.3 x 1.0 x 0.25	1.3 x 1.0 x 0.25	4#4 (5#4)
< 5	1.3 x 1.0 x 0.25	1.3 x 1.0 x 0.25	1.4 x 1.0 x 0.25	4#4 (5#4)
< 6	1.3 x 1.0 x 0.25	1.4 x 1.0 x 0.25	1.4 x 1.0 x 0.25	4#4 (5#4)

Fuente: (CFIA, 2014)

3.5 Recomendaciones mínimas para las fundaciones de las paredes

El CSCR-10/14 da recomendaciones en cuanto a las fundaciones que deben tener las viviendas, para cada sistema constructivo. Para cada sistema, la resistencia mínima a la compresión del concreto de las fundaciones debe de ser 21 MPa (210 kg/cm²) (CFIA, 2014).

Para el caso de las fundaciones de las viviendas construidas de paredes de concreto reforzado o mampostería, las paredes deben de estar ancladas a una placa corrida de concreto reforzado con un espesor mínimo de 20 cm. La placa debe tener un ancho mínimo de 35 cm para viviendas de un piso y 55 cm para viviendas de dos pisos (CFIA, 2014).

Las placas de las casas de un piso deben de tener como mínimo tres varillas #3 longitudinales y varillas #3 cada 25 cm transversales en forma de U. Para las placas de las casas de dos pisos, se debe tener como mínimo cinco varillas #3 longitudinales y varillas #3 transversales cada 20 cm en forma de aro cerrado (CFIA, 2014).

3.6 Criterios básicos de análisis y diseño estructural

3.6.1 Sistema sismorresistente

El CSCR-10/14, en la sección 17.2.2, destaca que para tener un comportamiento sismorresistente se debe de tener un conjunto de marcos, marcos arriostrados, paredes o una combinación de estos sistemas, ubicados de manera tal que brinden rigidez y resistencia a la estructura en las dos direcciones principales en planta, siendo la capacidad en una dirección al menos el 30 % de la capacidad en la otra dirección.

Para los diseños a realizar en el presente trabajo, se considera que la vivienda tiene una combinación de paredes en ambas direcciones y columnas que ayudan a dar estabilidad ante fuerzas laterales a las paredes, de modo que se tiene un sistema tipo muro, el cual se

analiza como losas verticales, las cuales están ancladas a la fundación por medio de placas corridas y con un amarre en la parte superior provisto por las vigas coronas.

Según el código, se deben de colocar diafragmas a nivel de techo y entrepiso, de forma que las fuerzas sean debidamente transmitidas a los elementos resistentes. Cabe resaltar que uno de los requisitos para el uso del método simplificado es que el diafragma de entrepiso debe ser rígido. En cuanto al amarre superior, el código indica que en todas las paredes debe colocarse un elemento estructural que mantenga actuando de forma conjunta al sistema de paredes, estos elementos deben de tener continuidad estructural y sus conexiones deben ser capaces de resistir todos los esfuerzos que se presentan en el punto de unión.

En cuanto a las cimentaciones, el código establece que la cimentación debe transmitir las cargas derivadas de la función estructural al suelo. Las fundaciones deben de colocarse sobre suelos firmes o sobre rellenos con una compactación adecuada de modo que se eviten asentamientos. Las placas corridas deben formar cuadros cerrados conectados entre sí y deben cumplir con refuerzo longitudinal mínimo para un elemento en flexión con refuerzo a tracción.

3.6.2 Coeficiente sísmico

Para realizar el diseño estructural de la vivienda y de los elementos estructurales se debe de determinar la fuerza sísmica a la que se va a someter dicha vivienda, para lo cual es necesario obtener el coeficiente sísmico, el cual dicta la fuerza de sismo como un porcentaje del peso de la estructura. La obtención de dicho coeficiente se realiza según lo planteado en el borrador del Código Sísmico de la próxima edición, esto se detalla en la sección 2 del capítulo II.

3.7 Criterios para diseño de elementos estructurales

En esta sección se indican los criterios utilizados para el diseño de elementos estructurales, los cuales se basan en el Código Sísmico de Costa Rica versión 2010 revisión 2014 (CSCR-10/14), Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19), Requisitos y Especificaciones del Código de Construcción para Estructuras de Mampostería (TMS 402/602 -16) así como fragmentos del borrador del nuevo Código Sísmico el cual ha sido facilitado por la Comisión Permanente del Código Sísmico para la elaboración del presente trabajo.

Para determinar el peso propio de la estructura, se utilizó la densidad de los materiales y las cargas de partes de obra, esto se detalla en el Cuadro 10. En cuanto a las dimensiones de la vivienda, se considera una altura de pared de 3 m que es el máximo permitido para utilizar el método simplificado, se considera un tapichel del mismo material que la pared (concreto o mampostería) con una altura promedio de 0.3 m, para las paredes y tapichel de mampostería se considera un repello de 3 cm (1.5 cm a cada lado de la pared), se consideran 3 m tributarios de la estructura de techo a la pared en consideración, estos datos se muestran en el Cuadro 11.

Se tienen parámetros de diferente índole que varían para diferentes casos, como es el espesor de la pared (10 cm, 12 cm y 15 cm), ancho de vigas (12 cm y 15 cm) así como la altura de las vigas, que para el caso de las vigas de concreto es de 20 cm y para las de

mampostería de 40 cm. La zona sísmica y el tipo de suelo sobre el cual se construye la vivienda también varían, pero se decide trabajar con la combinación más crítica entre las zonas I a la III y para la zona IV y V, según la propuesta del nuevo Código Sísmico. La altura de la vivienda es de un nivel. Un parámetro fundamental es la distancia libre entre elementos que proveen estabilidad lateral, dado que a mayor longitud se tiene un momento requerido mayor para las vigas.

Para todos los elementos a diseñar, la resistencia a la compresión del concreto es de 21MPa (210 kg/cm²), que es la resistencia mínima que indica el CSCR-10/14 en la sección 8.1.2. El acero de refuerzo longitudinal es grado 60, el cual tiene un esfuerzo de fluencia de 420 MPa (4200 kg/cm²), este acero aplica para el diseño de todos los elementos.

3.7.1 Vigas

Primeramente, se obtiene el coeficiente sísmico según el tipo de suelo y la zona sísmica donde se va a ubicar la vivienda, luego se obtiene la carga gravitacional de la estructura conformada por la mitad superior de la pared y el tapichel, la estructura de techo, peso propio de la viga y del repello para el caso de la mampostería. Con el producto del coeficiente sísmico y la carga gravitacional se obtiene la fuerza sísmica que afecta el nivel de viga corona, a partir de este valor se obtiene el momento y cortante de diseño para las vigas corona.

Se procede a realizar el diseño en flexión según las indicaciones del ACI 318-19. Inicialmente, se asumen varillas #3 y de ser necesario se aumentan a #4 o #5, se asumen aros de alambre de 5.6 mm de diámetro y un recubrimiento de 2.5 cm. Con estos datos es posible obtener el brazo de palanca d (distancia desde la fibra extrema en compresión al centroide en tracción). Se corrobora que el momento disponible sea mayor que el momento requerido, se determina el refuerzo longitudinal, el cual se revisa que cumpla con los criterios de acero mínimo de un elemento en flexión.

En cuanto al diseño para cortante, se sigue lo dispuesto en el ACI 318-19. Se identifica si el concreto es capaz de resistir los esfuerzos de cortante y pese a ser capaz en todos los casos, se decide colocar aros de alambre corrugado ya que los aros brindan confinamiento al concreto lo cual aumenta su resistencia a la compresión y su ductilidad.

Para el caso de las vigas de mampostería, el recubrimiento del refuerzo es 4 cm. Se debe revisar el acero máximo para garantizar que la cantidad de acero sea menor al porcentaje balanceado, para así obtener una falla dúctil. El factor de reducción de resistencia para flexión es de 0.85 y para cortante 0.70, esto según el borrador de la próxima versión del código sísmico. Al igual que en las vigas de concreto, la mampostería es capaz de resistir todo el cortante, de igual manera se colocan aros de alambre corrugado para brindar confinamiento al concreto de relleno.

3.7.2 Columnas

Se determina la carga axial que soporta la columna, la cual se compone del peso propio de la columna. Se verifica que ninguna de las combinaciones excede el valor permitido por el CSCR-10/14 para así considerar la columna como un elemento sometido únicamente a flexión y de esta forma despreciar la compresión y solo diseñar la columna para resistir momento. El momento requerido es provocado por la carga lateral que es transmitida por la viga corona en la cúspide de la columna de forma puntual, al multiplicar la carga por la altura de columna

(considerando la porción de la columna enterrada) se obtiene el momento en la base de la columna.

Teniendo el momento requerido y al poder diseñar la columna como un elemento sometido únicamente a flexión, se realiza un procedimiento análogo al realizado para las vigas tanto para el diseño en flexión como para el diseño en cortante.

Para el caso de las columnas de mampostería, todas las celdas van rellenas de concreto para que la columna tenga mayor rigidez, pero solo las celdas en los extremos llevan el refuerzo longitudinal, el cual se une por medio de un gancho. Se revisa el tamaño de varilla máximo el cual está en función del ancho del bloque.

3.7.3 Placa aislada de columnas

Se debe de definir las dimensiones de la placa, primeramente, se define su altura, el ACI 318-19 indica que la altura total de la placa debe seleccionarse de manera tal que la altura efectiva sobre el refuerzo inferior sea de al menos 15 cm, utilizando un recubrimiento de 7.5 cm y asumiendo varillas #4 se determina usar una altura total de la placa de 25 cm.

Para una primera iteración del ancho y largo de la placa, se determina la carga axial sin mayorar considerando el peso propio de la columna, peso del suelo de relleno sobre la placa y el peso propio de la placa y la presión efectiva del suelo. Luego estas dimensiones deben de satisfacer los requisitos de volcamiento. El CSCR-10/14 en la sección 13.4 indica que se acepta que una porción de la cimentación no tenga contacto con el suelo siempre y cuando al menos el 50% del área de la placa este en compresión y para satisfacer este requisito el largo de la placa debe ser tres veces la excentricidad.

El momento de volcamiento se determina en la base de la cimentación (donde empieza el suelo) el cual se compone de la carga lateral que le transmite la viga corona a la columna en la cúspide y el brazo de palanca sería la altura de la columna. Al obtener el momento y la carga axial se puede obtener la excentricidad.

Con la intención de tener un diseño más eficiente, se opta por colocar vigas de amarre, estas salen a partir de la placa en dirección perpendicular al paño de pared que se desea estabilizar y se conectan con la cimentación más próxima. El objetivo de colocar la viga de amarre es que tomen la mitad del momento requerido y que la placa tome la otra mitad para así obtener menores dimensiones de la placa y cumplir con los requisitos de volcamiento.

Para el diseño en flexión de la placa, se calcula el momento producido por la distribución de presiones debajo de la placa, ubicando la sección crítica en la cara de la columna. El acero requerido en la dirección principal (a lo largo del cimiento) se determina con un diseño análogo al de la viga. En la dirección secundaria (dirección corta) se coloca acero por retracción y temperatura.

Para finalizar el diseño, se procede a revisar el cortante en una dirección o por acción de viga y el cortante en dos direcciones o punzonamiento. Cabe destacar que en el diseño de cimentaciones no es usual colocar refuerzo transversal por cuestiones económicas y de constructibilidad, razón por la cual el concreto debe ser capaz de resistir todos los esfuerzos de corte presentes en la cimentación. El cortante provocado por la presión del suelo se toma

a una distancia d de la cara de la columna para el caso del cortante en una dirección y para el caso de en dos direcciones se toma a la mitad de d alrededor del perímetro de la columna.

4. Delimitación del problema

4.1 Alcance

Se evalúan los métodos constructivos a partir de concreto reforzado y mampostería. Se incluye el diseño de vigas corona, columnas para restricción lateral y sus placas de fundación.

Los cálculos se limitan a las dimensiones de los elementos (vigas, columnas y placas de fundaciones) que propone el CSCR en las tablas del capítulo 17. En caso de ser necesario, se propone una modificación de las dimensiones.

Se supone cargas permanentes y temporales típicas, asimismo, con suelos que causen la mayor carga sísmica. El cálculo de la fuerza sísmica se realiza de acuerdo con la propuesta de la próxima versión del Código Sísmico.

El límite de altura de vivienda, es de un nivel. Se asume una distribución y área en planta que cumpla con los requisitos del método simplificado. Se trabaja con un diseño crítico que genera las condiciones más adversas en la estabilidad de paredes.

4.2 Limitaciones

No se cuenta con la versión oficial del Código Sísmico próximo a publicarse, por lo cual se debe trabajar con una propuesta, la cual podría sufrir modificaciones previo a su publicación oficial.

5. Descripción de la metodología

Para la realización del trabajo, se establecen cinco fases de trabajo, las cuales se describen a continuación:

5.1 Fase I Teórica

En esta fase se realiza la parte teórica y de investigación del proyecto, además es la fase en la cual se propone el alcance del proyecto y la forma en cómo se va llevar a cabo. Se puede dividir en las siguientes actividades.

5.1.1 Reuniones con el director

Por medio del diálogo con el director, se define el objetivo principal y alcance que va tener la investigación, asimismo se define los resultados esperables a obtener y la importancia que pueden tener en el ámbito de la ingeniería civil.

5.1.2 Revisión de bibliografía

5.1.2.1 Trabajos finales de graduación

Búsqueda de información en trabajos finales de graduación que tengan una misma línea de investigación, esto con el fin de la realización de los antecedentes teóricos y prácticos para así realizar un aporte novedoso y de valor. Para este apartado se tiene un insumo valioso que es el trabajo final de graduación de Mario Contreras Rodríguez realizado en el año 2007, el cual verifica las especificaciones del método simplificado para vivienda en el Código Sísmico de 2002. Este trabajo pretende ser una actualización de lo investigado por Mario Contreras, además de evaluar la nueva forma de calcular el coeficiente sísmico y el impacto que esto puede tener en el diseño simplificado.

5.1.2.2 Revisión del Código Sísmico de Costa Rica 2010 revisión 2014

Se estudia y analiza el CSCR-10/14 tanto para conocer las especificaciones de diseño por medio del método simplificado, como para conocer y analizar el diseño formal el cual es clave ya que por medio de este se realiza la etapa siguiente de análisis. El conocimiento y manejo del Código Sísmico es indispensable para el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

5.1.2.3 Revisión de manuales internacionales

La ingeniería en Costa Rica es muy influenciada por lo que se hace en Estados Unidos, es por esto que es necesario investigar acerca de normativa y manuales de diseño producidos en dicho país, entre ellos destacan: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19) del Instituto Americano del Concreto y Requisitos y Especificaciones del Código de Construcción para Estructuras de Mampostería (TMS 402/602 -16) de la Sociedad de la Mampostería.

5.2 Fase II Análisis

En esta fase se realiza el diseño de los distintos elementos para cada método constructivo, el diseño se realiza por medio del diseño formal con intención de comparar los resultados con los presentes en el Código Sísmico para el método simplificado.

Se consideran cargas permanentes, temporales y de sismo, que dependen del tipo de sistema constructivo y la configuración analizada. Se considera el sistema constructivo de mampostería y concreto reforzado para viviendas de un nivel.

Los elementos a diseñar son los siguientes:

5.2.1 Vigas Corona

Para el caso de paredes de concreto reforzado la viga corona se realiza colada en sitio, para las paredes de mampostería se puede realizar de la misma manera o por medio de viga bloque. Se determina la cantidad de refuerzo longitudinal y transversal, así como verificar que la capacidad de diseño de la viga cumple con las cargas a las que se verá expuesta a lo largo de su funcionamiento.

5.2.2 Columnas

Para el caso de paredes realizadas de concreto reforzado y mampostería, estas se pueden estabilizar lateralmente por medio de columnas, por lo tanto, se diseña el refuerzo de estas columnas para las secciones transversales que se proponen en las tablas del capítulo de vivienda del CSCR-10/14. En caso de ser necesario, se puede proponer modificar la sección.

5.2.3 Fundaciones

A las columnas diseñadas previamente, se les debe proveer de una adecuada fundación, es por eso que para la sección transversal y profundidad sugeridas por las tablas del CSCR-10/14 se procede a calcular el refuerzo que necesitan tanto longitudinalmente como transversalmente. En caso de ser necesario, se puede proponer modificar las dimensiones de la fundación.

5.3 Fase III Realización de la memoria de cálculo

De forma paralela a la realización de la fase anterior, se lleva a cabo esta fase de la realización de la memoria de cálculo. Los cálculos detallados forman parte del contenido del trabajo, lo cual es una sección importante porque muestra los supuestos tomados y la forma en como procedieron los cálculos, brindando al menos un ejemplo de cálculo detallado para cada elemento.

5.4 Fase IV Análisis de Resultados

En esta fase se analizan los resultados obtenidos, se comparan con lo indicado en el método simplificado de diseño y se verifica si hay similitud o diferencias, se recomiendan ajustes. Se verifica si el método simplificado es seguro y si los requisitos para su uso son suficientes.

Se determina si el cambio en la forma de calcular el coeficiente sísmico ha tenido un efecto importante en los resultados, esto porque al cambiar la forma de calcular el coeficiente sísmico, la fuerza sísmica va a cambiar dado que su cálculo depende del coeficiente sísmico.

Finalmente, se brindan las conclusiones de los resultados obtenidos, así como recomendaciones con el fin de añadir información de valor para el uso del método simplificado.

5.5 Fase V Redacción del documento

En esta etapa se explican los métodos utilizados, se muestran y analizan los resultados. Se detallan y explican las cargas utilizadas, el método para determinar el coeficiente sísmico, los métodos para el diseño de vigas, columnas y fundaciones, así como cualquier supuesto utilizado para el diseño. Los resultados obtenidos se resumen por medio de cuadros y figuras, asimismo se analizan estos resultados y se comparan con los del método simplificado del CSCR-10/14 para así brindar conclusiones y recomendaciones.

Capítulo II Cálculo de Cargas

1. Supuestos de diseño

Para el cálculo de la carga sísmica que llega a la viga corona, se asume que la pared trabaja como una losa en dos direcciones, tal y como se aprecia en la Figura 1. De este modo la carga distribuida que afecta la viga corona tiene forma trapezoidal, dado que parte de la carga se va directamente a las columnas o paredes perpendiculares, la carga de la parte inferior de la pared va directamente a la cimentación o diafragma rígido para el caso del segundo nivel de las viviendas que lo posean.

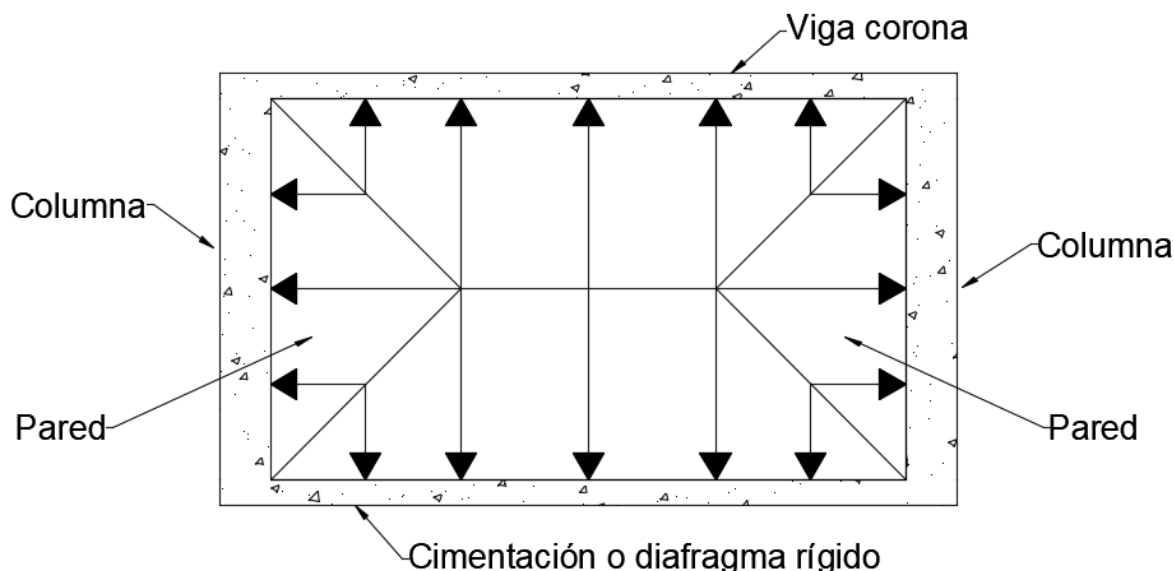


Figura 1: Distribución de la carga sísmica proveniente de la pared

Para determinar el momento y cortante de diseño de las vigas, se asume que la viga esta simplemente apoyada con una carga distribuida en forma trapezoidal. El momento y cortante están en función de la longitud del claro y de la carga distribuida. La sección central de la viga tiene una carga uniformemente distribuida, el largo de dicha sección dependerá del largo total de la viga, por lo que para cada caso la fórmula para determinar el momento requerido ocasionado por la carga sísmica va a cambiar.

El cortante si permanece igual para todos los casos, se calcula asumiendo que se tiene la cara exterior del primer apoyo interior, de modo que se considera el caso más crítico, asimismo se realiza esta suposición porque unas vigas llegan a columnas y otras a paredes perpendiculares y las rigideces son diferentes. Se determina el cortante según indica el ACI 318-19 en la sección 6.5.4, por medio de la siguiente expresión:

$$V = \frac{1.5 * w * l}{2}$$

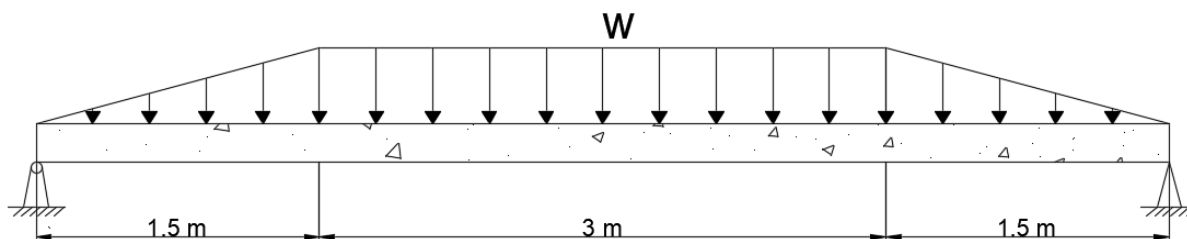


Figura 2: Distribución de la carga sismica para una viga de 6 m de longitud

$$M = 0.1146 * w * l^2$$

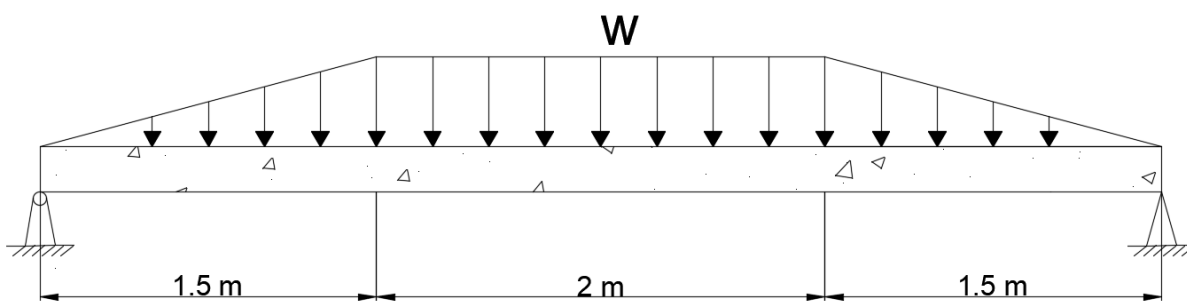


Figura 3: Distribución de la carga sismica para una viga de 5 m de longitud

$$M = 0.11 * w * l^2$$

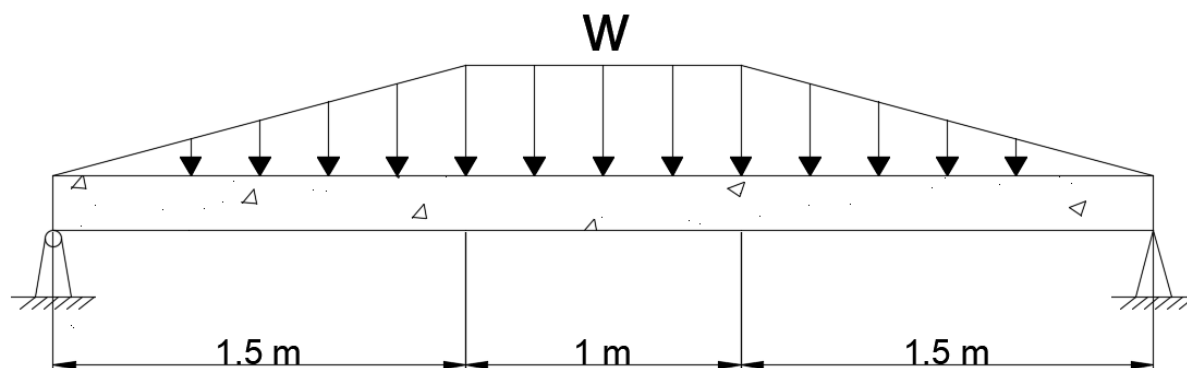


Figura 4: Distribución de la carga sismica para una viga de 4 m de longitud

$$M = 0.1016 * w * l^2$$

Una viga está diseñada típicamente para resistir cargas gravitacionales y cargas de sismo, por lo cual requiere que el acero tenga suficiente deformación inelástica antes de que el concreto falle, en otras palabras, que la viga sea dúctil. Las vigas que se van a diseñar en este trabajo no requieren ser dúctiles, dado que su función es dar estabilidad lateral a la pared, por medio de un anclaje superior.

Estas vigas necesitan tener una resistencia mayor o igual a la requerida y que el acero de refuerzo entre en cedencia para así aprovechar el material de forma eficiente. Por lo tanto, se permite que las vigas de concreto tengan una deformación unitaria mínima de 0.003 en la cual el acero de refuerzo entra en cedencia.

El CSCR-10/14 en la sección 17.2.1.b destaca que, para las viviendas de dos niveles que tienen diafragma rígido y techo flexible, se puede considerar como una sola masa considerada a nivel del entrepiso. Esto se representa en la Figura 5.

La fuerza sísmica F_s actúa en el punto donde se concentra la masa de la vivienda, de este modo el diafragma rígido es el encargado de distribuir la fuerza del sismo a los elementos verticales de la vivienda (muros y columnas) en función de su rigidez. Por lo tanto, no es necesario de vigas corona para dar estabilidad lateral a las paredes, por tal razón, en este trabajo no se hará el diseño de elementos estructurales para viviendas de dos niveles.

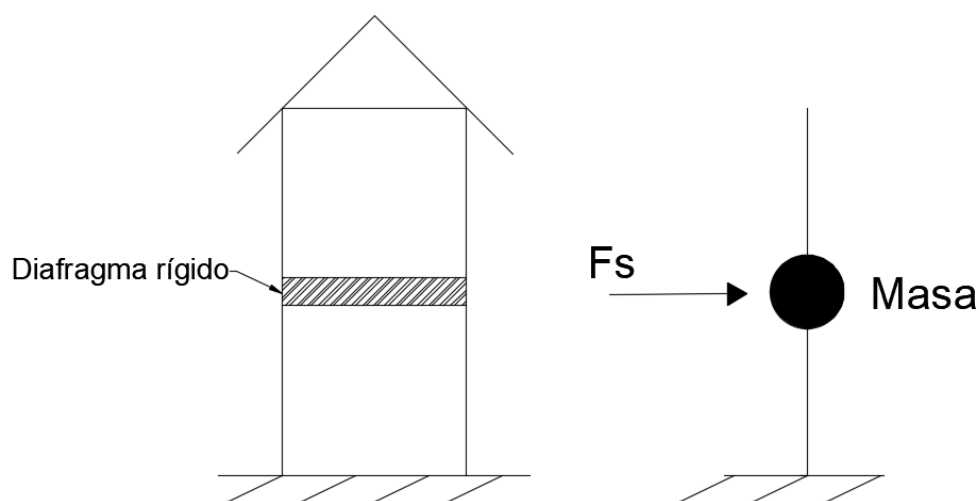


Figura 5: Peso de la vivienda de dos niveles considerado como una sola a masa a nivel de entrepiso

Para el diseño de las cimentaciones, la placa tiene suelo de relleno, así como su peso propio que ejerce una presión hacia abajo, mientras que el suelo por debajo de la placa ejerce una presión hacia arriba de la placa. En la Figura 6 se muestra la interacción de la placa aislada de cimentación con suelo que está en su parte inferior y la parte superior que sería el suelo de relleno compactado.

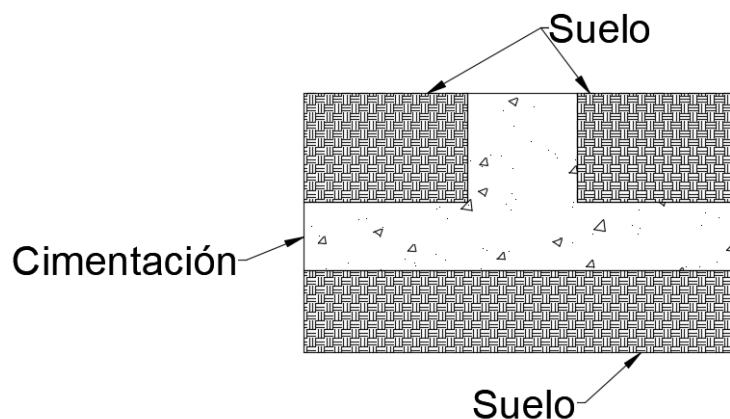


Figura 6: Placa aislada de cimentación con el suelo que le rodea

Se permite que la mitad de la cimentación no tenga contacto con el suelo según el CSCR-10/14 en la sección 13.4. En la Figura 7 se muestra un diagrama de cuerpo libre para la placa de cimentación, se tiene el peso propio de la placa y del suelo de relleno, así como la presión en forma trapezoidal que ejerce el suelo a la placa en la parte inferior.

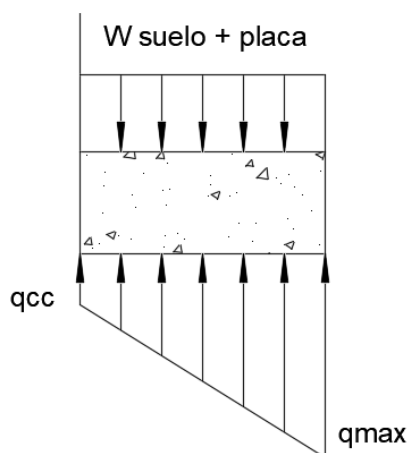


Figura 7: Diagrama de cuerpo libre para la placa de cimentación

Los esfuerzos de tensión en la placa se producen en la parte inferior, para determinar el momento requerido es necesario realizar una sumatoria de momentos, el peso del suelo y de la placa ocasionan un momento negativo o un momento contrario al que produce la presión del suelo en la parte inferior de la placa. Preliminarmente, se diseña sin considerar el efecto del peso del suelo y de la placa y se determina que el momento requerido es muy bajo, de modo que el acero de refuerzo colocado rige por retracción y temperatura. Por lo anteriormente descrito y con la intención de simplificar el diseño, se decide no considerar el peso del suelo y de la placa.

2. Determinación de la fuerza sísmica

2.1 Determinación del coeficiente sísmico

El Código Sísmico que está en vigencia en la actualidad es el de 2010 revisión 2014, la Comisión Permanente del Código Sísmico y el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos trabaja actualmente para la publicación de un nuevo Código Sísmico. Como este trabajo pretende comparar la afectación de la nueva forma de obtener el coeficiente sísmico en los resultados del diseño simplificado para vivienda entre el código actual y el próximo, se utiliza un borrador del capítulo 203 Demanda Sísmica del próximo Código Sísmico, el cual ha sido facilitado por la Comisión Permanente del Código Sísmico.

El borrador del nuevo Código Sísmico divide el territorio de Costa Rica en cinco zonas sísmicas. Para determinar el coeficiente sísmico y para los cálculos posteriores se realiza una agrupación, el grupo uno lo conforman de zona uno a zona tres y el grupo dos las zonas cuatro y cinco.

Según el borrador del nuevo Código Sísmico, el coeficiente sísmico se puede obtener por medio de la siguiente ecuación:

$$C = \frac{K_r * \left(\frac{S_a}{g}\right)}{SR}$$

Donde:

K_r : factor de recurrencia del sismo considerado. Toma en cuenta la importancia de la edificación.

S_a : Pseudoaceleración, que es la aceleración espectral de respuesta de un sistema de un grado de libertad a un sismo. La Pseudoaceleración depende de: la zona sísmica, el sitio de cimentación, la ductilidad asignada al sistema estructural, su periodo de vibración, el amortiguamiento y el período de retorno del sismo.

g : aceleración de la gravedad

SR : factor de sobrerresistencia.

Para el cálculo del coeficiente sísmico, las siguientes variables se mantienen constantes: factor de recurrencia, aceleración de la gravedad, sobrerresistencia, ductilidad asignada al sistema estructural, amortiguamiento y periodo de retorno de sismo. Las variables que cambian son el periodo de vibración, zona sísmica y sitio de cimentación.

Se procede a determinar las variables:

Factor de recurrencia: Al ser una edificación de uso habitacional, tiene una importancia caracterizada como normal, por lo que debe tener un nivel de desempeño de seguridad a la vida para un nivel de sollicitación sísmica fuerte, esto según las tablas 203.3.1 y 203.3.2 del borrador del nuevo Código Sísmico. El factor de recurrencia se obtiene de la tabla 203.1.3, para una sollicitación sísmica fuerte, se obtiene un factor de recurrencia de uno.

Sobrerresistencia: Al utilizar el método estático y una estructura tipo muro, se tiene un valor de sobrerresistencia de dos.

Ductilidad global asignada al sistema estructural: Según la tabla 203.3.3, al ser una estructura tipo muro, regular y con ductilidad local moderada, se asigna un valor de ductilidad global de dos, sin embargo, conservadoramente se utiliza 1.5.

Amortiguamiento y periodo de retorno de sismo: El borrador del Código Sísmico utiliza un amortiguamiento de 5% y 475 años de periodo de retorno.

Periodo del primer modo de vibración: para una edificación tipo muro o de marcos arriostrados, se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$T = 0.05 * N$$

Donde:

N: número de pisos (niveles) de la edificación

Para el caso de la vivienda de un nivel, el periodo se calcula de la siguiente manera:

$$T = 0.05 * 1 = 0.05 \text{ s}$$

2.1.1 Zona I a Zona III

La combinación de zona sísmica y sitio de cimentación que genera el mayor valor de Pseudoaceleración corresponde, a la zona tres y al sitio de cimentación cuatro, con un valor de 0.52, tal y como se aprecia en la Figura 8.

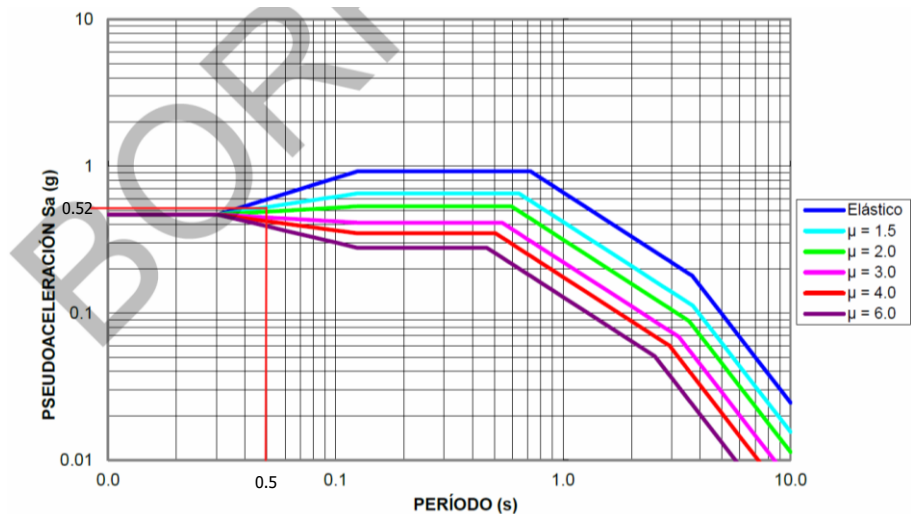


Figura 8: Espectros elásticos e inelásticos para sitios de cimentación S4 en zona sísmica Z3

Fuente: (Comisión Permanente del Código Sísmico, 2022)

Al obtener toda la información se procede a calcular el coeficiente sísmico:

$$C = \frac{1 * \left(\frac{0.52 * 9.81}{9.81} \right)}{2} = 0.260$$

2.1.2 Zona IV y Zona V

La combinación de zona sísmica y sitio de cimentación que genera el mayor valor de Pseudoaceleración corresponde, a la zona cinco y al sitio de cimentación dos, con un valor de 0.71, tal y como se aprecia en la Figura 9.

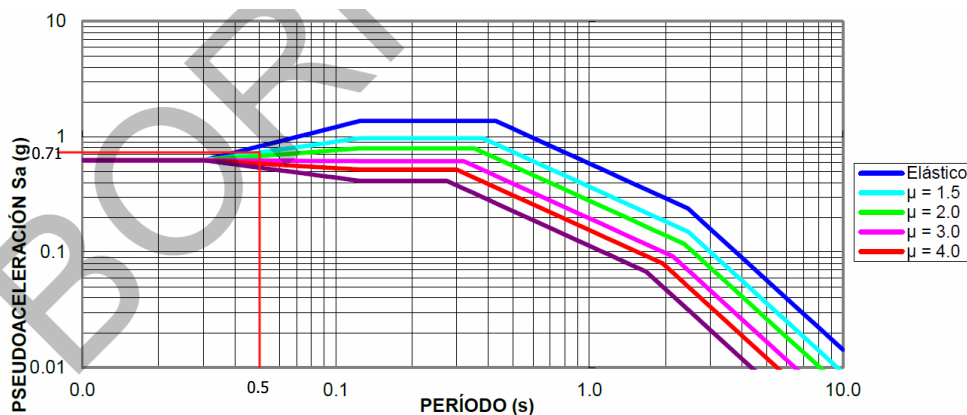


Figura 9: Espectros elásticos e inelásticos para sitios de cimentación S2 en zona sísmica Z5

Fuente: (Comisión Permanente del Código Sísmico, 2022)

Al obtener toda la información se procede a calcular el coeficiente sísmico:

$$C = \frac{1 * \left(\frac{0.71 * 9.81}{9.81} \right)}{2} = 0.355$$

2.2 Determinación las cargas de la estructura

Para determinar el peso de una estructura es necesario conocer la densidad de los materiales y el peso de las partes de obra. En el Cuadro 10 se expone la carga de la mampostería para bloque de 12 cm y 15 cm con o sin viga bloque, también se muestra la densidad de materiales como concreto reforzado, mortero de repello, concreto de relleno, suelo, entre otros.

Cuadro 10: Cargas de partes de obra y materiales

Elemento	Carga	Fuente
Pared de mampostería (block 12 cm) rellena vertical y horizontalmente cada 60 cm sin viga bloque	1572 kg/m ³	(Salazar Méndez, 2013)
Pared de mampostería (block 12 cm) rellena vertical y horizontalmente cada 60 cm con viga bloque	1769 kg/m ³	(Salazar Méndez, 2013)
Pared de mampostería (block 15 cm) rellena vertical y horizontalmente cada 60 cm sin viga bloque	1528 kg/m ³	(Salazar Méndez, 2013)
Pared de mampostería (block 15 cm) rellena vertical y horizontalmente cada 60 cm con viga bloque	1866 kg/m ³	(Salazar Méndez, 2013)
Perfil tipo C de 100x50x15 mm	2.485 kg/m	(Metalco , 2022)
Lámina ondulada de hierro galvanizado #26	5 kg/m ²	(Productos de Concreto , 2012)
Cielo liviano	10 kg/m ²	(Productos de Concreto , 2012)
Concreto reforzado	2400 kg/m ³	(Productos de Concreto , 2012)
Mortero de repello preempacado	1800 kg/m ³	(Navas & Fonseca, 2016)
Bloque de concreto	2150 kg/m ³	(Salazar Méndez, 2013)
Concreto de relleno	2200 kg/m ³	(Salazar Méndez, 2013)
Peso del suelo seco (arena uniforme densa)	1835 kg/m ³	(Das, 2013)

Para el caso de la carga temporal, el CSCR-10/14 define un valor de 200 kg/m² para casas de habitación y la fracción de la carga temporal que se debe de considerar para determinar la fuerza sísmica es de 15 % para edificios, para el caso de techos no se considera carga temporal.

El CSCR-10/14 indica que la altura máxima de una pared desde el piso hasta la parte superior de la viga corona debe de ser como máximo 3 m, por lo tanto, se asume dicha altura en las paredes de modo que se considere el caso más crítico. En el Cuadro 11 se muestran las dimensiones consideradas para los distintos elementos, a partir de las cuales se diseña.

Cuadro 11: Dimensiones consideradas

Elemento	Dimensiones (cm)
Altura de pared	300
Ancho de pared	12
	15
Altura promedio del tapichel	30
Espesor del repello	3
Longitud tributaria de techo	300
Ancho de viga corona	12
	15
Altura de viga corona de concreto reforzado	20
Altura de viga corona de mampostería	40

Como se muestra en la Figura 1 la carga que le llega a la viga corona corresponde a la mitad de la altura de la pared, por lo tanto, el peso que se considera es la mitad superior de la pared. A la mitad de la altura de la pared se le resta la altura de la viga corona, para así tener la carga que aporta el muro.

Para el caso de las vigas de mampostería, como el bloque de concreto tiene una densidad de 2150 kg/m³ y el concreto de relleno 2200 kg/m³, por facilidad y de forma conservadora, se considera la densidad de 2200 kg/m³ para toda la viga de mampostería.

La carga de la estructura de techo está compuesta por: los perfiles tipo C que conforman las cerchas y clavadores, las láminas onduladas de hierro galvanizado y el cielo. La memoria de cálculo para obtener el peso para cerchas y clavadores se muestra en el Anexo 1.

Capítulo III Diseño de Elementos

La resistencia a la compresión de concreto es de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ el acero es grado 60. Se diseña según el CSCR-10/14 y el ACI 318-19.

1. Diseño de vigas

1.1 Vigas de Concreto Reforzado

Se procede al diseño en flexión y en cortante de una viga de concreto reforzado, en el Cuadro 12 se muestran las características de la viga a diseñar y en el Cuadro 13 las cargas permanentes que actúan para la determinación de la fuerza sísmica que afecta la viga corona.

Cuadro 12: Características de la viga de concreto reforzado de la cual se detalla su memoria de cálculo

Elemento	Zona Sísmica	Ancho viga (cm)	Luz de la viga (m)	Material de pared y tapichel
Viga de concreto reforzado	Z1 a Z3	15	4	Mampostería

Cuadro 13: Cargas permanentes consideradas para la viga de concreto reforzado

Elemento	Carga (kg/m)
Peso de la pared	364
Peso del mortero de repello	97
Peso de la estructura de techo	90
Peso propio de la viga corona	72
Peso total	623

La fuerza sísmica se obtiene, según el CSCR-10/14, por medio de la siguiente expresión:

$$F_s = C * W$$

Donde:

w: fuerza sísmica o cortante en la base.

C: coeficiente sísmico

W: peso total (no se mayoran las cargas)

$$w = 0.260 * 623 = 162 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Diseño en flexión:

Al ser la viga simplemente apoyada, el momento requerido se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_u = 0.1016 * w * l^2$$

$$M_u = 0.1016 * 162 * 4^2 = 263.3 \text{ kg} * \text{m}$$

Con dos barras de acero #3 grado 60.

$$d = 15 - 2.5 - 0.56 - \frac{0.95}{2} = 11.47 \text{ cm}$$

$$A_s = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$$

Revisión de acero mínimo:

Para determinar el acero mínimo, rige la mayor área de acero de las siguientes dos ecuaciones:

$$A_{s_{min}} = \frac{0.80\sqrt{f^c} * b_w * d}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * b_w * d}{f_y}$$

$$A_{s_{min}} = \frac{0.80\sqrt{210} * 20 * 11.47}{4200} = 0.63 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{14 * 20 * 11.47}{4200} = 0.76 \text{ cm}^2 \text{ Rige}$$

$$A_{s_{col}} > A_{s_{min}} \rightarrow 1.42 \text{ cm}^2 > 0.76 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f^c * b}$$

$$a = \frac{1.42 * 4200}{0.85 * 210 * 20} = 1.67 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{1.67}{0.85} = 1.97 \text{ cm}$$

La resistencia nominal de la viga se determina por medio de la siguiente expresión:

$$M_n = \phi [A_s * f_y * (d - \frac{a}{2})]$$

Para la resistencia a flexión, se utiliza $\phi = 0.90$.

$$\phi M_n = 0.9 * \left[1.42 * 4200 * \left(11.47 - \frac{1.67}{2} \right) \right] * \frac{1}{100} = 570.6 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$570.6 \text{ kg} \cdot \text{m} > 263.3 \text{ kg} \cdot \text{m} \text{ Ok}$$

Se revisa que la falla de la viga sea controlada por tracción:

$$\varepsilon_t = \frac{0.003 * (d - c)}{c}$$

$$\varepsilon_t = \frac{0.003 * (11.47 - 1.97)}{1.97} = 0.015$$

$$\varepsilon_t \geq 0.003$$

$$0.015 > 0.005 \text{ Ok}$$

Por lo tanto, el diseño cumple con resistencia y ductilidad.

Diseño en cortante:

Para el caso de una viga simplemente apoyada, se determina el cortante requerido por medio de la siguiente expresión:

$$V_u = \frac{1.15 * w * l}{2}$$

$$V_u = \frac{1.15 * 162 * 4}{2} = 372.6 \text{ kg}$$

Se determina la resistencia en cortante del concreto.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b_w * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 20 * 11.47 = 1762 \text{ kg}$$

Para la resistencia a cortante, se utiliza $\phi = 0.75$.

$$\phi V_c = 0.75 * 1762 = 1321 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

La resistencia al cortante es proporcionada por el concreto y por los aros de acero, para este caso particular, el concreto por sí solo es capaz de resistir los esfuerzos de cortante ya que:

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$1321 \text{ kg} > 372.6 \text{ kg} \text{ Ok}$$

$$V_u > \frac{\phi V_c}{2} \rightarrow \text{colocar } A_{v,min}$$

$$372.6 \text{ kg} < \frac{1321}{2} = 660.5 \text{ kg}$$

No se requiere de acero mínimo, sin embargo, se colocan aros como se indica en el CSCR-10/14, aros de alambre corrugado de 5.6 mm de diámetro a cada 20 cm o de 5.0 mm de diámetro a cada 15 cm.

Se determina cuanto la resistencia de diseño supera a la resistencia requerida a cortante.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = \frac{2 * 0.25 * 4850 * 11.47}{20} = 1390 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.75(1390 + 1762) = 2364 \text{ kg}$$

$$\frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{2364}{372.6} = 6.34$$

La resistencia de diseño supera 6.34 veces la resistencia requerida.

Resultado final: En la Figura 10 se muestra el diseño final para la viga de concreto reforzado de la cual se detalla su memoria de cálculo.

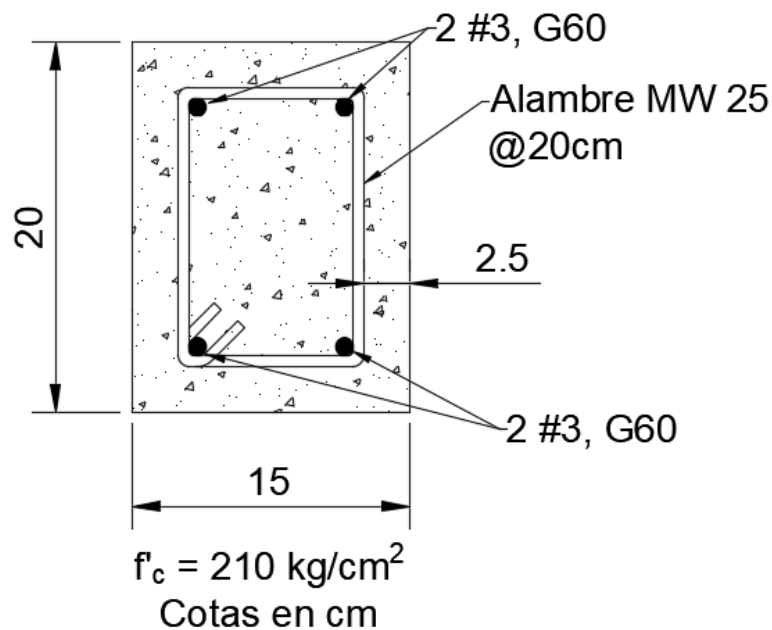


Figura 10: Diseño final viga corona de concreto

1.2 Vigas de Mampostería

Se procede al diseño en flexión y en cortante de una viga de mampostería, en el Cuadro 14 se muestran las características de la viga a diseñar y en el Cuadro 15 las cargas permanentes que actúan para la determinación de la fuerza sísmica que afecta la viga corona.

Cuadro 14: Características de la viga de mampostería de las cuales se detalla su memoria de cálculo

Elemento	Zona Sísmica	Ancho viga (cm)	Luz de la viga (m)
Viga de mampostería	Z1 a Z3	15	4

Cuadro 15: Cargas consideradas para viga de mampostería

Elemento	Carga (kg/m)
Peso de la pared	308
Peso del mortero de repello	97
Peso de la estructura de techo	90
Peso propio de la viga corona	132
Peso total	627

La fuerza sísmica se obtiene, según el CSCR-10/14, por medio de la siguiente expresión:

$$w = C * W$$

Donde:

w: fuerza sísmica o cortante en la base.

C: coeficiente sísmico

W: peso total (no se mayoran las cargas)

$$w = 0.260 * 627 = 163 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Diseño en flexión:

Al ser la viga simplemente apoyada, el momento requerido se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$M_u = 0.1016 * w * l^2$$

$$M_u = 0.1016 * 163 * 4^2 = 265 \text{ kg} * \text{m}$$

Con dos barras de acero #3 grado 60.

$$A_s = 2 * 0.71 = 1.42 \text{ cm}^2$$

Recubrimiento: 4 cm

El ancho de la pared de block más el recubrimiento de concreto fresco que debe tener el refuerzo es 3.55 cm, por lo que rige el recubrimiento de 4 cm.

$$d = 15 - 4 - \frac{0.95}{2} = 10.5 \text{ cm}$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.80 * f'_m * b}$$

Para la mampostería clase A, $f'_m = 100 \text{ kg/cm}^2$.

$$a = \frac{1.42 * 4200}{0.80 * 100 * 40} = 1.86 \text{ cm}$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = \left[1.42 * 4200 \left(10.5 - \frac{1.86}{2} \right) \right] * \frac{1}{100} = 572 \text{ kg * m}$$

$$\phi = 0.85$$

$$\phi M_n = 0.85 * 572 = 486 \text{ kg * m}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$486 \text{ kg * m} > 265 \text{ kg * m} \quad Ok$$

Acero Mínimo:

Según el borrador del nuevo código sísmico y el TMS 402-16 en la sección 9.3.4.2.2.3, no es necesario cumplir con acero mínimo cuando el momento nominal es 1.33 veces mayor que el momento requerido.

$$M_n \geq 1.33 M_u$$

$$572 > 1.33 * 265 = 352.5 \quad Ok$$

Acero Máximo:

El límite de la razón de acero máximo se determina según el TMS 402-16 en la sección 9.3.2.2.

$$\rho_{viga} < \rho_{max}$$

$$\rho_{max} = \frac{0.64 f'_m \left(\frac{\epsilon_{mu}}{\alpha \epsilon_y + \epsilon_{mu}} \right)}{f_y}$$

$$\rho_{max} = \frac{0.64 * 100 \left(\frac{0.0025}{1.5 * 0.002 + 0.0025} \right)}{4200} = 0.0069$$

$$\rho_{viga} = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho_{viga} = \frac{1.42}{40 * 10.5} = 0.0034$$

$$0.0034 < 0.0069 \quad Ok$$

Diseño en cortante:

Para el caso de una viga simplemente apoyada, se determina el cortante requerido por medio de la siguiente expresión:

$$V_u = \frac{1.15 * w * l}{2}$$

$$V_u = \frac{1.15 * 163 * 4}{2} = 375 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = (V_m + V_s) \delta_g$$

V_m : Resistencia nominal en cortante de la mampostería

V_s : Resistencia nominal en cortante del acero transversal (aros)

δ_g : 1 para vigas

$$0 < \frac{M_u}{V_u * d_v} \leq 1$$

$$\frac{M_u}{V_u * d_v} = \frac{265}{375 * 0.105} = 6.72$$

$$V_m = \left[1 - 0.44 * \left(\frac{M_u}{V_u * d_v} \right) \right] A_{nv} \sqrt{f' m}$$

$$V_m = [1 - 0.44 * 1] * 40 * 10.53 * \sqrt{100} = 2358 \text{ kg}$$

La resistencia al cortante es proporcionada por la mampostería y por los aros de acero, para este caso particular la mampostería por sí sola es capaz de resistir los esfuerzos de cortante ya que:

$$\phi V_m \geq V_u$$

$$\phi V_m = 0.70 * 2358 = 1650 \text{ kg}$$

$$1650 \text{ kg} > 375 \text{ kg} \quad Ok$$

$$V_u > \frac{\phi V_m}{2} \rightarrow \text{colocar } A_{v,min}$$

$$375 \text{ kg} < \frac{1650}{2} = 825 \text{ kg}$$

No se requiere de acero mínimo, sin embargo, se colocan aros como se indica en el CSCR-10/14, aros de alambre corrugado de 5.6 mm de diámetro a cada 20 cm.

Se corrobora que:

$$V_n \leq 1.07 A_{nv} \sqrt{f'm} \delta_g$$

$$1.07 A_{nv} \sqrt{f'm} \delta_g = 1.07 * 40 * 10.53 * \sqrt{100} * 1 = 4505 \text{ kg}$$

$$2358 \text{ kg} < 4505 \text{ kg} \quad Ok$$

Se determina cuanto la resistencia de diseño supera a la resistencia requerida a cortante.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = \frac{2 * 0.25 * 4850 * 10.5}{20} = 1273 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.70(1273 + 2358) = 2542 \text{ kg}$$

$$\frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{2542}{375} = 6.78$$

La resistencia de diseño supera 6.78 veces la resistencia requerida.

Resultado final: En la Figura 11 se muestra el diseño final para la viga de mampostería de la cual se detalla su memoria de cálculo.

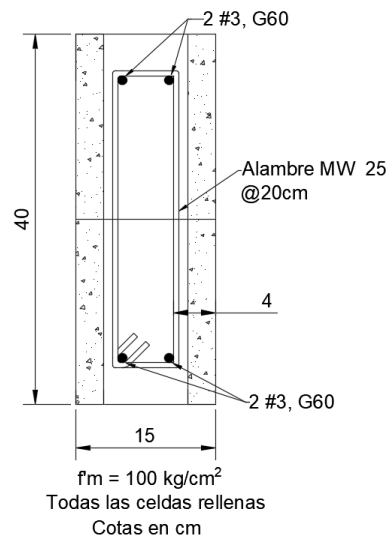


Figura 11: Diseño final viga de mampostería

2. Columnas

2.1 Columnas de concreto reforzado

Se procede a realizar el diseño de la columna de concreto reforzado, en el Cuadro 16 se muestran las características de la columna de la cual se detalla su memoria de cálculo. En la Figura 12 se muestra una vista en planta de columna y la pared de concreto reforzado a la cual la columna le brinda estabilidad lateral. En la Figura 13 se muestra una vista frontal de la columna con las fuerzas que se le aplican, que son el peso propio de la columna P_c la cual es una fuerza vertical hacia abajo y la otra fuerza es la carga sísmica proveniente de la viga corona F_h la cual se transmite de manera horizontal en la cúspide de la columna, por lo cual al multiplicar esta fuerza por el brazo de palanca (altura total de la columna) se tiene el momento requerido, en el Cuadro 17 se muestran las cargas permanentes utilizadas para determinar la carga sísmica.

Cuadro 16: Características de la columna de concreto reforzado de la cual se detalla su memoria de cálculo

Elemento	Zona Sísmica	Dimensiones de columna (cm)	Longitud de pared libre (m)	Espesor de la pared (cm)	Material de pared y tapichel
Columna de concreto reforzado	Z4 y Z5	15x35	5	12	Concreto reforzado

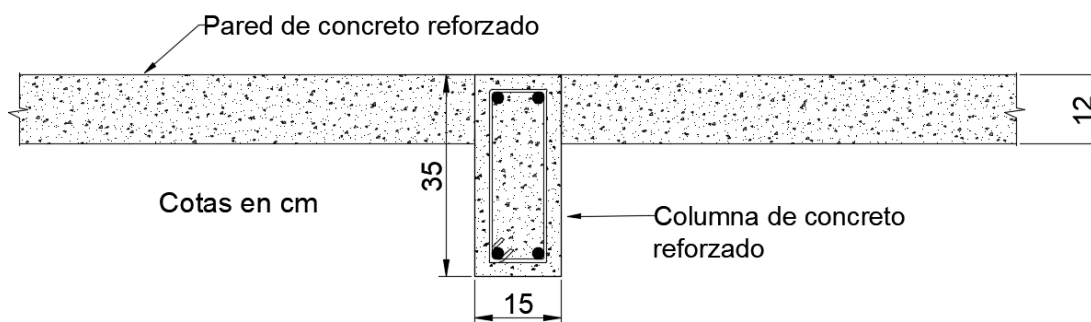


Figura 12: Vista en planta de la pared y columna de concreto reforzado

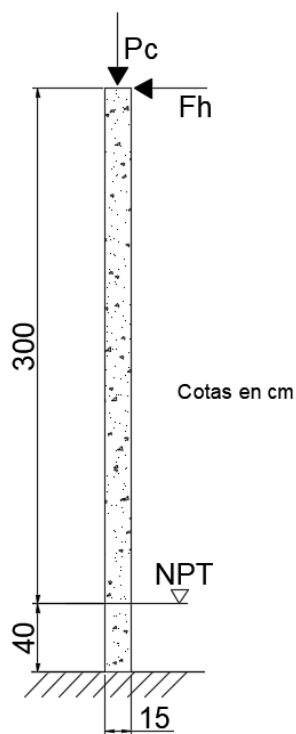


Figura 13: Vista frontal de la columna de concreto, con las fuerzas aplicadas.

Carga Axial:

Peso propio de la columna:

Se considera el peso del concreto reforzado de la columna.

$$P_c = 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.15 \text{ m} * 0.35 \text{ m} * 3.4 \text{ m} = 428 \text{ kg}$$

No se considera el peso tributario del techo, ya que tendría que haber una cercha apoyada sobre la columna, para que esta reciba peso por parte de la estructura de techo.

Cuadro 17: Cargas permanentes consideradas para determinar fuerza sísmica en la columna de concreto reforzado

Elemento	Carga (kg/m)
Peso de la pared	374
Peso de la estructura de techo	90
Peso propio de la viga corona	58
Peso total	522

Fuerza sísmica:

La fuerza sísmica se obtiene, según el CSCR-10/14, por medio de la siguiente expresión:

$$w = C * W$$

$$w = 0.355 * 522 = 185.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Fuerza horizontal o cortante:

$$F_h = w * L = 185.3 * 5 = 926.5 \text{ kg}$$

Cargas mayoradas:

Se mayoran las cargas, según la sección 6.2.1 del CSCR-10/14.

$$CU = 1.05CP + CT \pm CS + CE$$

$$CU = 0.95CP \pm CS + CE$$

$$CU = 1.05 * 428 + 926.5 = 1375.9 \text{ kg Rige}$$

$$CU = 1.05 * 428 - 926.5 = -477.1 \text{ kg}$$

$$CU = 0.95 * 428 + 926.5 = 1333.1 \text{ kg}$$

$$CU = 0.95 * 428 - 926.5 = -519.9 \text{ kg}$$

De acuerdo con la sección 8.2.1 del CSCR-10/14, si la carga axial (en cualquier combinación de carga en la que participa la carga sísmica) es menor que $0.10f'_c A_g$, la columna se puede diseñar como una viga. De acuerdo con la próxima versión del Código Sísmico este valor se reduce a $0.05f'_c A_g$.

$$0.05f'_c A_g = 0.05 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 15 \text{ cm} * 35 \text{ cm} = 5513 \text{ kg}$$

$$0.05f'_c A_g > CU \rightarrow 5513 \text{ kg} > 1375.9 \text{ kg} \text{ Ok}$$

Por lo tanto, la columna se diseña como un elemento sometido únicamente a flexión.

Momento en la base o momento requerido:

$$M_u = F_h * h$$

h: altura de la columna (3 m) más la altura de desplante (0.40 m)

$$M_u = 926.5 * 3.4 = 3150 \text{ kg} * \text{m}$$

Se procede con el diseño en flexión:

$$d = 35 - 2.5 - 0.56 - \frac{1.59}{2} = 31.1 \text{ cm}$$

$$A_s^2 - 1.7 \frac{bd}{f_y} f'_c A_s + \frac{1.7 M_u}{\phi} b \frac{f'_c}{f_y^2} = 0$$

$$A_s^2 - 1.7 \frac{15 * 31.15}{4200} * 210 A_s + \frac{1.7 * 315000}{0.90} * 15 * \frac{210}{4200^2} = 0$$

$$A_{s,req} = 2.89 \text{ cm}^2$$

Con 2#5 en tracción.

$$A_s = 2 * 2 = 4 \text{ cm}^2 > 2.89 \text{ cm}^2$$

Revisión de acero mínimo:

Para determinar el acero mínimo, rige la mayor área de acero de las siguientes dos ecuaciones:

$$A_{s,min} = \frac{0.80 \sqrt{f^c} * b_w * d}{f_y}$$

$$A_{s,min} = \frac{14 * b_w * d}{f_y}$$

$$A_{s,min} = \frac{0.80 \sqrt{210} * 15 * 31.1}{4200} = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,min} = \frac{14 * 15 * 31.1}{4200} = 1.56 \text{ cm}^2 \text{ Rige}$$

$$A_s > A_{s,min} \rightarrow 4.0 \text{ cm}^2 > 1.56 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f^c * b}$$

$$a = \frac{4 * 4200}{0.85 * 210 * 15} = 6.27 \text{ cm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{6.27}{0.85} = 7.38 \text{ cm}$$

La resistencia nominal de la viga se determina por medio de la siguiente expresión:

$$M_n = \phi [A_{s,col} * f_y * (d - \frac{a}{2})]$$

Para la resistencia a flexión, se utiliza $\phi = 0.90$.

$$\phi M_n = 0.9 * \left[4 * 4200 * \left(31.15 - \frac{6.27}{2} \right) \right] * \frac{1}{100} = 4236 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$4236 \text{ kg} * \text{m} > 3150 \text{ kg} * \text{m} \text{ Ok}$$

Se revisa que la falla de la columna sea controlada por tracción:

$$\varepsilon_t = \frac{0.003 * (d - c)}{c}$$

$$\varepsilon_t = \frac{0.003 * (31.15 - 7.38)}{7.38} = 0.0097$$

$$\varepsilon_t \geq 0.003 + 0.002 = 0.005$$

$$0.0097 > 0.005 \text{ Ok}$$

Por lo tanto, el diseño cumple con resistencia y ductilidad.

Diseño en cortante:

$$F_h = V_u$$

$$V_u = 926.5 \text{ kg}$$

Se determina la resistencia al cortante del concreto.

$$V_c = 0.53 * \sqrt{f'c} * b_w * d$$

$$V_c = 0.53 * \sqrt{210} * 15 * 31.15 = 3588 \text{ kg}$$

Para la resistencia a cortante, se utiliza $\phi = 0.75$.

$$\phi V_c = 0.75 * 3588 = 2691 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

La resistencia al cortante es proporcionada por el concreto y por los aros de acero, para este caso particular el concreto por sí solo es capaz de resistir los esfuerzos de cortante ya que:

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$2691 \text{ kg} > 926.5 \text{ kg} \text{ Ok}$$

$$V_u > \frac{\phi V_c}{2} \rightarrow \text{colocar } A_{v,min}$$

$$926.5 \text{ kg} < \frac{2691}{2} = 1345.5 \text{ kg}$$

No se requiere de acero mínimo, sin embargo, se colocan aros como se indica en el CSCR-10/14, aros de alambre corrugado de 5.6 mm de diámetro a cada 20 cm o de 5.0 mm de diámetro a cada 15 cm.

Se determina cuanto la resistencia de diseño supera a la resistencia requerida a cortante.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = \frac{2 * 0.25 * 4850 * 31.15}{20} = 3777 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.75(3588 + 3777) = 5524 \text{ kg}$$

$$\frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{5524}{926.5} = 5.96$$

La resistencia de diseño supera 5.96 veces la resistencia requerida.

Resultado final: En la Figura 14 se muestra el diseño final para la columna de concreto reforzado, para la cual se detalla su memoria de cálculo.

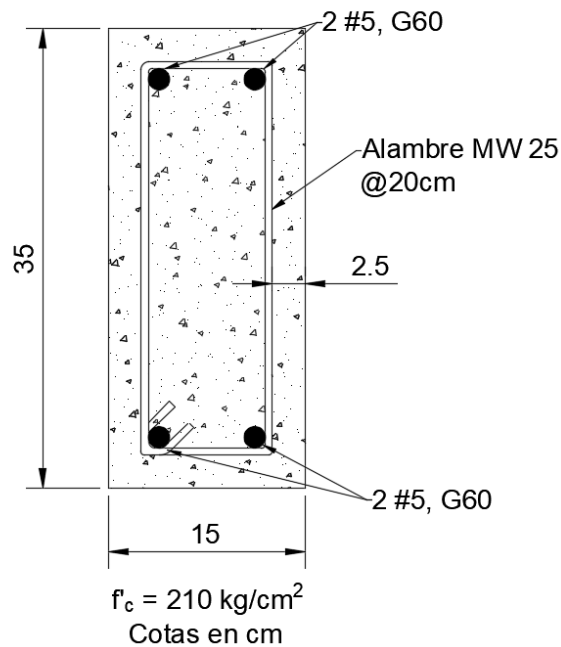


Figura 14: Diseño final columna de concreto reforzado

2.2 Columnas de mampostería

Se procede a realizar el diseño de la columna de mampostería, en el Cuadro 18 se muestran las características de la columna de la cual se detalla su memoria de cálculo. En la Figura 15 se muestra una vista en planta de columna y la pared de mampostería a la cual la columna le brinda estabilidad lateral, cabe resalta que el acero vertical de la columna debe ir por detrás del acero horizontal de la pared.

En la Figura 16 se muestra una vista frontal de la columna con las fuerzas que se le aplican, que son el peso propio de la columna P_c la cual es una fuerza vertical hacia abajo y la otra fuerza es la carga sísmica proveniente de la viga corona F_h la cual se transmite de manera horizontal en la cúspide de la columna, por lo cual al multiplicar esta fuerza por el brazo de palanca (altura total de la columna) se tiene el momento requerido, en el Cuadro 19 se muestran las cargas permanentes utilizadas para determinar la carga sísmica.

Cuadro 18: Características de la columna de mampostería de la cual se detalla su memoria de cálculo

Elemento	Zona Sísmica	Dimensiones de columna (cm)	Longitud de pared libre (m)	Espesor de la pared (cm)
Columna de mampostería	ZIV y ZV	12 x 80	5	12

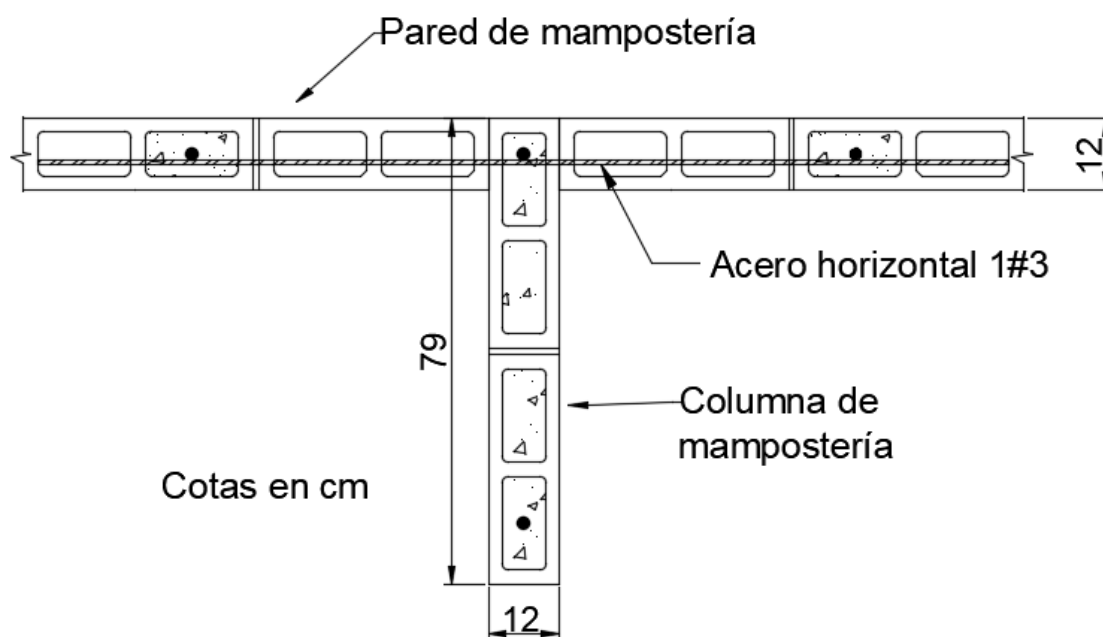


Figura 15: Vista en planta de pared y columna de mampostería

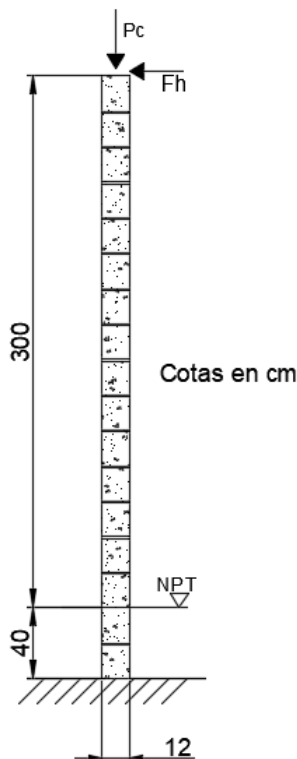


Figura 16: Vista frontal de la columna de mampostería, con las fuerzas aplicadas

Carga Axial:

Peso propio de la columna:

Se considera el peso de la mampostería de la columna y se considera que tiene mortero de repello con un espesor de 1.5 cm en las cuatro caras de la columna.

$$P_c = 2237 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.12 \text{ m} * 0.79 \text{ m} * 3.4 \text{ m} + 1800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * [(0.12 \text{ m} * 3 \text{ m} * 2) + ((0.79 \text{ m} - 0.12 \text{ m}) * 3 \text{ m} * 2)] * 0.015 \text{ m} = 849 \text{ kg}$$

No se considera el peso tributario del techo, ya que tendría que haber una cercha apoyada sobre la columna, para que esta reciba peso por parte de la estructura de techo.

Cuadro 19: Cargas permanentes consideradas para determinar fuerza sísmica en columna de mampostería

Elemento	Carga (kg/m)
Peso de la pared	233
Peso del mortero de repello	97
Peso de la estructura de techo	90
Peso propio de la viga corona	106
Peso total	526

Fuerza sísmica:

La fuerza sísmica se obtiene, según el CSCR-10/14, por medio de la siguiente expresión:

$$w = C * W$$

$$w = 0.355 * 526 = 186.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Fuerza horizontal o cortante:

$$F_h = w * L = 186.8 * 5 = 934 \text{kg}$$

Cargas mayoradas:

Se mayoran las cargas, según la sección 6.2.1 del CSCR-10/14.

$$CU = 1.05CP + CT \pm CS + CE$$

$$CU = 0.95CP \pm CS + CE$$

$$CU = 1.05 * 849 + 934 = 1825.5 \text{ kg Rige}$$

$$CU = 1.05 * 849 - 934 = -42.5 \text{ kg}$$

$$CU = 0.95 * 849 + 934 = 1740.5 \text{ kg}$$

$$CU = 0.95 * 849 - 934 = -127.5 \text{ kg}$$

De acuerdo con la sección 9.6.1 del CSCR-10/14, si la carga axial factorizada es menor que $0.1f^m A_e$, no se debe considerar flexocompresión. Según el borrador del nuevo código sísmico, este valor se reduce a $0.05f^m A_e$.

Donde:

A_e : Área neta de la mampostería. En este caso la columna es completamente rellena, por lo que se usa el área bruta de la sección transversal.

f^m : resistencia a la compresión de la mampostería.

$$0.05f^m A_e = 0.05 * 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 12\text{cm} * 79\text{cm} = 4740 \text{ kg}$$

$$0.05f^m A_e > CU \rightarrow 4740 \text{ kg} > 1825.5 \text{ kg Ok}$$

Por lo tanto, la columna se puede diseñar sin considerar compresión, o sea, se diseña como un elemento sometido únicamente a flexión.

Momento en la base o momento requerido:

$$M_u = F_h * h$$

h: altura de la columna (3 m) más la altura de desplante (0.40 m)

$$M_u = 934 * 3.4 = 3175.6 \text{ kg} * \text{m}$$

Diseño en flexión:

$$d = 79 - 2.85 - \frac{15}{2} = 68.6 \text{ cm}$$

$$A_s \approx \frac{M_u}{\phi f_y 0.9d}$$

$$A_s \approx \frac{3175.6 * 100}{0.85 * 4200 * 0.9 * 68.6} = 1.44 \text{ cm}^2$$

Se coloca una varilla #5.

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

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.80 * f'c * b}$$

$$a = \frac{2 * 4200}{0.80 * 100 * 12} = 8.75 \text{ cm}$$

La resistencia nominal de la viga se determina por medio de la siguiente expresión:

$$M_n = A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n = 2 * 4200 * \left(68.6 - \frac{8.75}{2} \right) * \frac{1}{100} = 5395 \text{ kg} * \text{m}$$

El factor de reducción de resistencia a flexión para vigas de mampostería es $\phi = 0.85$

$$\phi M_n = 0.85 * (5395) = 4586 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$4586 \text{ kg} * \text{m} > 3175.6 \text{ kg} * \text{m} \text{ Ok}$$

Revisión de acero mínimo:

Según el borrador del nuevo código sísmico y el TMS 402-16 en la sección 9.3.4.2.2.3, no es necesario cumplir con acero mínimo cuando el momento nominal es 1.33 veces mayor que el momento requerido.

$$M_n = 5395 \text{ kg} * \text{m}$$

$$1.33 * M_u = 1.33 * 3175.6 = 4223.5 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_n = 5395 \text{ kg} * \text{m} > 1.33 * M_u = 4223.5 \text{ kg} * \text{m} \text{ Ok}$$

Revisión de acero máximo

$$\rho_{viga} < \rho_{max}$$

$$\rho_{max} = \frac{0.64 f'_m \left(\frac{\epsilon_{mu}}{\alpha \epsilon_y + \epsilon_{mu}} \right)}{f_y}$$

$$\rho_{max} = \frac{0.64 * 100 \left(\frac{0.0025}{1.5 * 0.002 + 0.0025} \right)}{4200} = 0.0069$$

$$\rho_{viga} = \frac{A_s}{bd}$$

$$\rho_{viga} = \frac{2}{12 * 68.6} = 0.0024$$

$$0.0024 < 0.0069 \quad Ok$$

Revisión de tamaño máximo de varilla longitudinal:

$$\text{diámetro}_{\text{máximo}} = \frac{t}{8} = \frac{12 \text{ cm}}{8} = 1.5 \text{ cm}$$

$$\text{diámetro}_{\#5} = 1.59 \text{ cm}$$

Se acepta la varilla #5 ya que la diferencia es menor que un milímetro.

Diseño en cortante:

El cortante es igual que la fuerza horizontal aplicada a la columna.

$$F_h = V_u = 934 \text{ kg}$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = (V_m + V_s) \delta_g$$

V_m : Resistencia nominal a cortante de la mampostería

V_s : Resistencia nominal a cortante del acero transversal (aros)

δ_g : 1 para vigas

$$0 < \frac{M_u}{V_u * d_v} \leq 1$$

$$\frac{M_u}{V_u * d_v} = \frac{3175.6}{934 * 0.686} = 4.96$$

Se utiliza uno.

$$V_m = \left\{ \left[1 - 0.44 * \left(\frac{M_u}{V_u * d_v} \right) \right] A_{nv} \sqrt{f'_m} \right\} * \delta_g$$

$$V_m = \left([1 - 0.44 * 1] * 12 * 68.6 * \sqrt{100} \right) * 1 = 4610 \text{ kg}$$

La resistencia al cortante es proporcionada por la mampostería y por los aros de acero, para este caso particular la mampostería por sí sola es capaz de resistir los esfuerzos de cortante ya que:

$$\phi V_m \geq V_u$$

$$\phi = 0.70$$

$$\phi V_m = 0.70 * 4610 = 3227 \text{ kg}$$

$$3227 > 934 \text{ Ok}$$

$$V_u > \frac{\phi V_m}{2} \rightarrow \text{colocar } A_{v,min}$$

$$934 \text{ kg} < \frac{3227}{2} = 1613.5 \text{ kg}$$

No se requiere de acero mínimo, sin embargo, se colocan aros como se indica en el CSCR-10/14, aros de alambre corrugado de 5.6 mm de diámetro a cada 20 cm.

Corroborar que:

$$V_n \leq 1.07 A_{nv} \sqrt{f' m} \delta_g$$

$$1.07 A_{nv} \sqrt{f' m} \delta_g = 1.07 * 12 * 68.6 * \sqrt{100} * 1 = 8808 \text{ kg}$$

$$4610 < 8808 \text{ Ok}$$

Se determina cuanto la resistencia de diseño supera a la resistencia requerida a cortante.

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

$$V_s = \frac{1 * 0.25 * 4850 * 68.6}{20} = 4158.9 \text{ kg}$$

$$\phi V_n = 0.70(4610 + 4158.9) = 6138 \text{ kg}$$

$$\frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{6138}{934} = 6.57$$

La resistencia de diseño supera 6.57 veces la resistencia requerida.

Resultado final: En la Figura 17 se muestra el diseño final de la columna de mampostería, la cual tiene 2#5 ubicadas en las celdas de los extremos, se colocan un gancho de alambre MW25 a cada 20 cm y todas las celdas van rellenas de concreto.

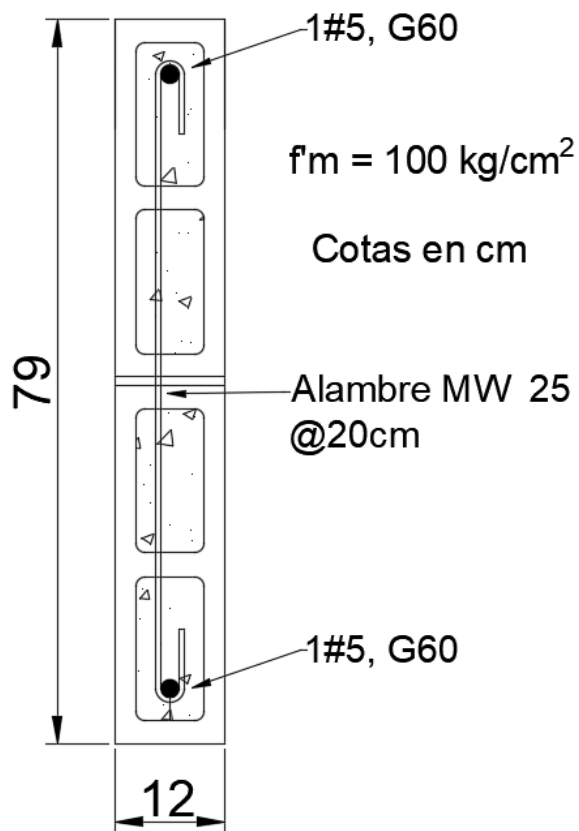


Figura 17: Diseño final de la columna de mampostería

3. Cimentaciones

3.1 Placa asilada de cimentación

Se procede a realizar el diseño de la placa asilada de cimentación, en el Cuadro 20 se muestran las características de la placa a diseñar. En la Figura 18 se muestra la distribución triangular de presión que ejerce el suelo sobre la placa, asimismo se muestra que el espesor de la placa es de 25 cm con un recubrimiento de 7.5 cm. En la Figura 19 se muestra una vista en planta de la placa aislada de cimentación con la columna de concreto ubicada concéntricamente.

Cuadro 20: Características de la placa aislada de cimentación de concreto reforzado, de la cual se detalla su memoria de cálculo

Elemento	Zona Sísmica	Dimensiones de columna (cm)	Longitud de pared libre (m)	Espesor de la pared (cm)	Material de la pared
Placa aislada de cimentación	Z4 y Z5	20 x 40	5	12	Mampostería

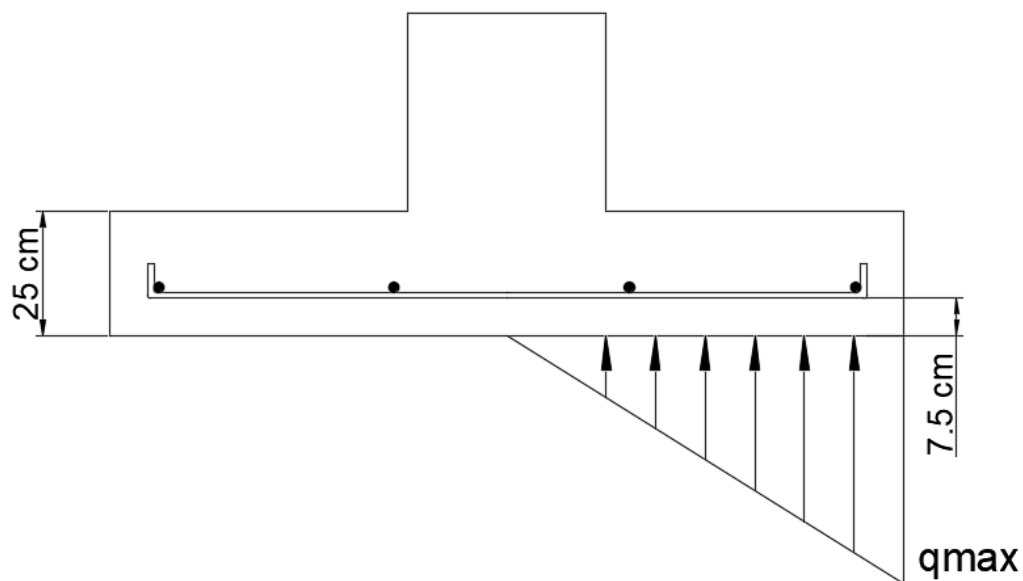


Figura 18: Placa aislada rectangular con presión de suelo triangular

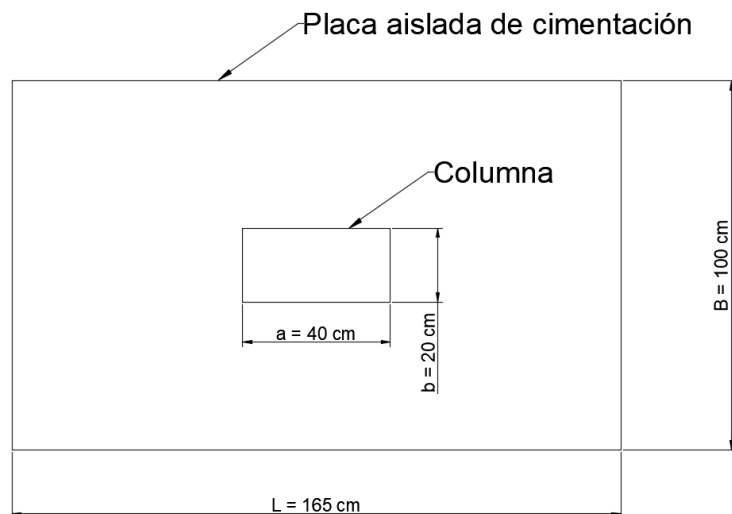


Figura 19: Vista en planta de la placa aislada de cimentación con la columna.

Asumiendo que se usan barras #4.

$$d = 25 - 7.5 - 1.5 * 1.27 = 15.59 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$$

$$q_{um\acute{a}x} = \phi q_n$$

Asumiendo una distribución de presión triangular del suelo a la placa y utilizando la tabla 13.1 del CSCR-10/14, se determina el valor del factor ϕ como 0.85.

$$q_{um\acute{a}x} = 0.85 * 24 = 20.4 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2}$$

Se decide utilizar la siguiente área, como primera iteración.

$$L \times B = 1.3 \text{ m} * 1.0 \text{ m} = 1.3 \text{ m}^2$$

L: largo de la placa.

B: ancho de la placa.

Determinación de la excentricidad

Primeramente, se definen los siguientes parámetros:

e : excentricidad (m)

M_s : momento producido por el sismo ($\text{kg} \cdot \text{m}$)

P : carga axial de servicio + peso del suelo + peso de la placa (kg)

C : coeficiente sísmico

w : fuerza sísmica (kg/m)

F_h : fuerza sísmica (kg)

L_{pared} : largo de la pared (m)

h : altura de la columna (m)

$M_{s,placa}$: momento que resiste la placa aislada (kg*m)

$$w = C * W = 0.355 * 520.8 = 184.9 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$F_h = w * L_{pared} = 184.9 * 5 = 924.5 \text{ kg}$$

$$M_s = F_h * h = 924.5 * 3 = 2773.5 \text{ kg * m}$$

Se considera la mitad del momento de sismo en la placa, dado que la viga de amarre toma la otra mitad, esto considerando lo que dice la sección 13.6 del CSCR-10/14 que indica que la viga de amarre puede ser diseñada para tomar parcial o totalmente los momentos flectores en la base de la columna.

$$M_{s,placa} = \frac{2773.5}{2} = 1386.75 \text{ kg * m}$$

En el Cuadro 21 se muestra el peso de la columna, del suelo de relleno sobre la placa y el peso propio de la placa, según la primera iteración con las dimensiones de placa de 1.3 m x 1.0 m. Dichas cargas son fuerzas estabilizadoras.

Cuadro 21: Carga axial que se transmite al terreno – primera iteración

Peso de columna (kg)	652.8
Peso del suelo (kg)	895.5
Peso de la placa (kg)	780
Peso total (kg)	2328.3

Se utilizan las combinaciones de carga 6-3 y 6-4 del CSCR-10/14, el cual amplifica y reduce la carga axial con factores de 1.05 y 0.95 respectivamente, como la carga axial es una fuerza estabilizadora entonces se utiliza el factor de reducción.

$$P_{diseño} = 0.95 * 2328.3 = 2211.9 \text{ kg}$$

$$e = \frac{M_{s,placa}}{P_{diseño}} = \frac{1386.75 \text{ kg * m}}{2211.9 \text{ kg}} = 0.63 \text{ m}$$

El CSCR-10/14 13.4 indica que al menos el 50 % del área total de la placa debe estar en compresión, para lograr esto se debe de cumplir con:

$$e \leq \frac{L}{3}$$

$$L \geq 3 * e = 3 * 0.63 = 1.88 \text{ m}$$

$$L = 1.3 \text{ m} < 1.88 \text{ m} \text{ No cumple}$$

Al aumentar las dimensiones de la placa, se aumenta el peso de la placa y el peso del suelo de relleno sobre la placa por lo que hay más carga axial (fuerza estabilizadora), por medio de un proceso iterativo en una hoja de cálculo se determinan las siguientes dimensiones:

$$L = 1.65 \text{ m y } B = 1.0 \text{ m}$$

En el Cuadro 22 se muestran las cargas de la columna, el suelo sobre la placa de cimentación y el peso propio de la placa, con las dimensiones finales de diseño.

Cuadro 22: Carga axial que se transmite al terreno – iteración final

Peso de columna (kg)	652.8
Peso del suelo (kg)	1152.4
Peso de la placa (kg)	990
Peso total (kg)	2795.2

$$P_{diseño} = 0.95 * 2795.2 = 2655.4 \text{ kg}$$

$$e = \frac{M_{s,placa}}{P_{diseño}} = \frac{1386.75 \text{ kg} * \text{m}}{2655.4 \text{ kg}} = 0.52 \text{ m}$$

$$e = 0.52 \text{ m} \leq \frac{L}{3} = \frac{1.65}{3} = 0.55 \text{ m Cumple}$$

Por lo tanto, se cumple con los requisitos de volcamiento y de contacto entre suelo y estructura.

Presión última del suelo

$$L_e = 1.5 * L - \frac{3M_{s,placa}}{P_{diseño}}$$

$$L_e = 1.5 * 1.65 - \frac{3 * 1386.75}{2655.4} = 0.908 \text{ m}$$

$$q_{max} = \frac{2 * P}{L_e * B}$$

$$q_{max} = \frac{2 * 2655.42}{0.9083 * 1.0} = 5847 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$q_{max} < q_{umáx} \rightarrow 5847 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} < 20400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

La presión del suelo en la cara de la columna sería:

$$q_{cc} = \frac{q_{max} * \left[L_e - \left(\frac{L}{2} - \frac{a}{2} \right) \right]}{L_e}$$

$$q_{cc} = \frac{5847 * \left[0.908 - \left(\frac{1.65}{2} - \frac{0.40}{2}\right)\right]}{0.908} = 1823.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

La presión del suelo a una distancia d de la cara de la columna sería:

$$q_d = \frac{q_{max} * \left[L_e - \left(\frac{L}{2} - \frac{a}{2} - d\right)\right]}{L_e}$$

$$q_d = \frac{5847 * \left[0.908 - \left(\frac{1.65}{2} - \frac{0.40}{2} - 0.156\right)\right]}{0.908} = 2827.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

La presión del suelo a una distancia $d/2$ de la cara de la columna sería:

$$q_{\frac{d}{2}} = \frac{q_{max} * \left[L_e - \left(\frac{L}{2} - \frac{a}{2} - \frac{d}{2}\right)\right]}{L_e}$$

$$q_{\frac{d}{2}} = \frac{5847 * \left[0.908 - \left(\frac{1.65}{2} - \frac{0.40}{2} - \frac{0.156}{2}\right)\right]}{0.908} = 2325.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Cortante en una dirección

$$V_u = \left(\frac{B}{2} - \frac{b}{2} - d\right) * L * q_d$$

$$V_u = \left(\frac{1.0}{2} - \frac{0.20}{2} - 0.1559\right) * 1.65 * 2827.6 = 1138.6 \text{ kg}$$

$$V_u = \left(\frac{L}{2} - \frac{a}{2} - d\right) * B * q_d$$

$$V_u = \left(\frac{1.65}{2} - \frac{0.40}{2} - 0.1559\right) * 1.0 * 2827.6 = 1326.3 \text{ kg}$$

La resistencia al cortante es proporcionada únicamente por el concreto, dado que la cimentación no tiene refuerzo transversal.

$$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_c = 0.53 * 1 * \sqrt{210} * 100 * 15.59 = 11978 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 11978 = 8983 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$8983 \text{ kg} > 1138.6 \text{ kg } Ok$$

$$8983 \text{ kg} > 1326.3 \text{ kg } Ok$$

Cortante en dos direcciones

$$V_u = [B * L - (a + d)(b + d)] * \frac{q_d}{2}$$

$$V_u = [1.65 * 1.0 - (0.40 + 0.1559)(0.20 + 0.1559)] * 2325.6 = 3377 \text{ kg}$$

Para determinar la resistencia a cortante del concreto se definen los siguientes parámetros:

$$b_0 = 2(a + d) + 2(b + d)$$

$$b_0 = 2 * (0.40 + 0.1559) + 2 * (0.20 + 0.1559) = 182.38 \text{ cm}$$

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + 0.004d}} \leq 1$$

$$\lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + 0.004 * 155.9}} = 1.1 \rightarrow 1$$

$$\alpha_s = 40 \text{ columna interior}$$

$$\beta = \frac{\text{lado largo}}{\text{lado corto}} = \frac{0.40}{0.20} = 2.0$$

$$\lambda = 1 \text{ concreto de peso normal}$$

La resistencia al cortante del concreto se obtiene como el menor de las siguientes ecuaciones:

$$V_c = 1.1\lambda\lambda_s\sqrt{f'c}b_0d$$

$$V_c = 1.1\sqrt{210} * 182.38 * 15.59 = 45338 \text{ kg}$$

$$V_c = 0.53 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda_s \sqrt{f'c} b_0 d$$

$$V_c = 0.53 \left(1 + \frac{2}{2}\right) \sqrt{210} * 182.38 * 15.59 = 43690 \text{ kg (Rige)}$$

$$V_c = 0.27 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0}\right) \lambda_s \sqrt{f'c} b_0 d$$

$$V_c = 0.27 \left(2 + \frac{40 * 15.59}{182.38}\right) * \sqrt{210} * 182.38 * 15.59 = 60320 \text{ kg}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 43690 = 32767 \text{ kg}$$

$$\phi V_c > V_u$$

$$32767 \text{ kg} > 3377 \text{ kg Ok}$$

Momento

$$M_u = L * \left(\frac{B-b}{2}\right) * q_{cc} * \left(\frac{B-b}{4}\right)$$

$$M_u = 1.5 * \left(\frac{1.0 - 0.20}{2}\right) * 1823.7 * \left(\frac{1.0 - 0.20}{4}\right) = 240.7 \text{ kg} * \text{m}$$

$$M_u = B * \left(\frac{L-a}{2}\right) * q_{cc} * \left(\frac{L-a}{4}\right)$$

$$M_u = 1.0 * \left(\frac{1.65 - 0.40}{2}\right) * 1823.7 * \left(\frac{1.65 - 0.40}{4}\right) = 356.2 \text{ kg} * \text{m}$$

Diseño a flexión:

$$A_s^2 - 1.7 \frac{bd}{f_y} f'_c A_s + \frac{1.7 M_u}{\phi} b \frac{f'_c}{f_y^2} = 0$$

$$A_s^2 - 1.7 \frac{100 * 15.59}{4200} * 210 A_s + \frac{1.7 * 35620}{0.90} * 100 * \frac{210}{4200^2} = 0$$

$$A_{s,req} = 0.61 \text{ cm}^2$$

Acero por retracción y temperatura en la dirección principal:

El ACI 318-19 en la sección 7.6.1.1 establece que el refuerzo mínimo para losas no presforzadas es de:

$$A_{s,min} = 0.0018 A_g = 0.0018 * L * h$$

$$A_{s,min} = 0.0018 * 165 * 25 = 7.43 \text{ cm}^2 \text{ Rige}$$

$$1.33 * A_{s,req} = 1.33 * 0.61 = 0.81 \text{ cm}^2$$

Se colocan 4#5

$$A_s = 4 * 2 = 8.0 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 8.0 \text{ cm}^2 > 7.43 \text{ cm}^2$$

Capacidad en flexión:

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * B}$$

$$a = \frac{8 * 4200}{0.85 * 210 * 100} = 1.88 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = \phi A_{s,col} f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\phi M_n = 0.9 * \left[8.0 * 4200 * \left(15.59 - \frac{1.88}{2} \right) \right] * \frac{1}{100} = 4431.3 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$4431.3 \text{ kg} * \text{m} > 356.2 \text{ kg} * \text{m} \text{ Ok}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{1.88}{0.85} = 2.21 \text{ cm}$$

$$\epsilon_t = \frac{0.003 * (d - c)}{c}$$

$$\epsilon_t = \frac{0.003 * (15.59 - 2.21)}{2.21} = 0.018 > 0.005$$

Falla controlada por tracción.

Acero por retracción y temperatura en la dirección secundaria:

El ACI 318-19 en la sección 7.6.1.1 establece que el refuerzo mínimo para losas no presforzadas es de:

$$A_{s,min} = 0.0018A_g = 0.0018 * B * h$$

$$A_{s,min} = 0.0018 * 100 * 25 = 4.5 \text{ cm}^2$$

Se colocan 4#4:

$$A_s = 4 * 1.29 = 5.16 \text{ cm}^2 > 4.5 \text{ cm}^2$$

Resultado final:

Placa de 1.65 m x 1.0 m x 0.25 m

4#5 en la dirección principal (dirección larga)

4#4 en la dirección secundaria (dirección corta)

En la Figura 20 se muestra el diseño final de la placa de cimentación, para la placa de la cual se detalla su memoria de cálculo.

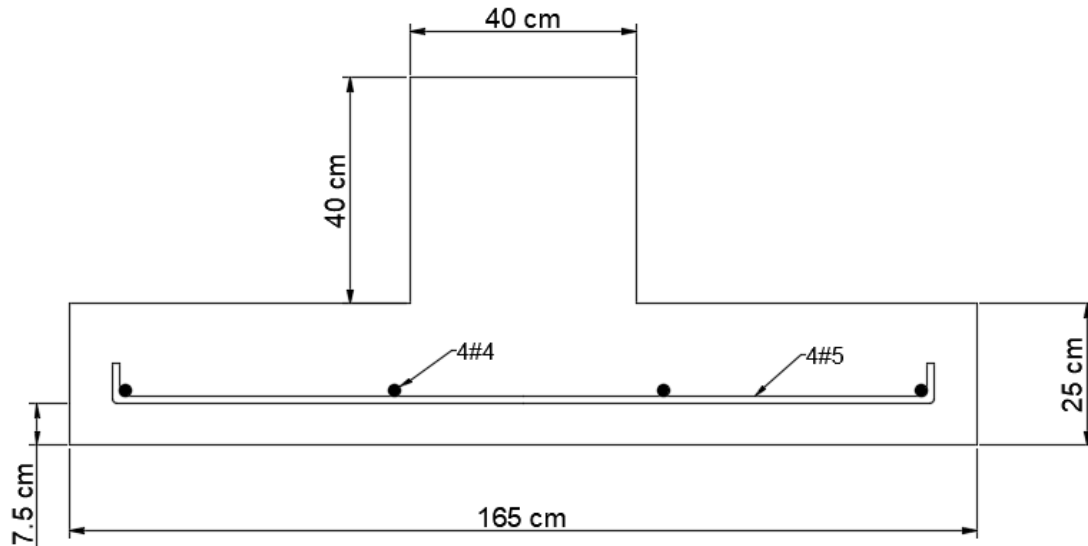


Figura 20: Diseño final placa de cimentación aislada

3.2Viga de amarre de cimentación

Se coloca una capa de sello de concreto pobre de 5 cm de espesor, esta capa se coloca en el fondo, así como a los lados. Al tener el sello de concreto pobre, el recubrimiento al aro que se utiliza es de 2.5 cm.

De todas las combinaciones realizadas el momento más crítico que debe resistir una viga de amarre de cimentación es de:

$$M_u = 2070 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Se propone dimensiones de viga de 20 cm x 30 cm.

$$d = 30 - 2.5 - 0.56 - \frac{1.27}{2} = 26.31 \text{ cm}$$

Para obtener el acero requerido, se resuelve para A_s :

$$A_s^2 - 1.7 \frac{bd}{f_y} f'_c A_s + \frac{1.7 M_u}{\phi} b \frac{f'_c}{f_y^2} = 0$$

$$A_s^2 - 1.7 * \frac{20 * 26.31}{4200} * 210 * A_s + \frac{1.7 * 2070.35 \times 10^2}{0.9} * 20 * \frac{210}{4200^2} = 0$$

$$A_{s,req} = 2.19 \text{ cm}^2$$

Con 2#4 se tiene que:

$$A_{s,col} = 2 * 1.29 = 2.58 \text{ cm}^2$$

Acero mínimo:

$$A_{s,min} = \frac{14}{f_y} b_w d = \frac{14}{4200} * 20 * 26.31 = 1.75 \text{ cm}^2 \text{ (Rige)}$$

$$A_{s,min} = \frac{0.80 \sqrt{f'c} b_w d}{f_y} = \frac{0.80 * \sqrt{210} * 25 * 26.87}{4200} = 1.45 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,col} = 2.58 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 1.75 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'c * B}$$

$$a = \frac{2.58 * 4200}{0.85 * 210 * 20} = 3.04 \text{ cm}$$

$$\phi M_n = \phi A_{s,col} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi M_n = 0.9 * \left[2.58 * 4200 * \left(26.31 - \frac{3.04}{2} \right) \right] * \frac{1}{100} = 2417 \text{ kg} * \text{m}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$$2417 \text{ kg} * \text{m} > 2070 \text{ kg} * \text{m} \text{ Ok}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{3.04}{0.85} = 3.57 \text{ cm}$$

$$\epsilon_t = \frac{0.003 * (d - c)}{c}$$

$$\epsilon_t = \frac{0.003 * (26.31 - 3.57)}{3.57} = 0.019 > 0.005$$

Falla controlada por tracción.

Resultado final: En la Figura 21 se muestra el diseño final de la viga de amarre de cimentación.

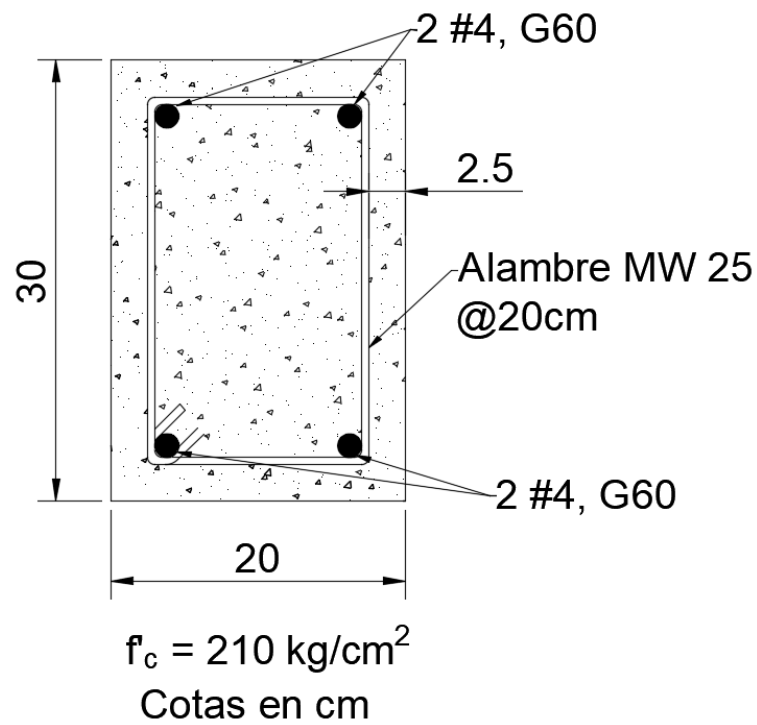


Figura 21: Diseño final viga de amarre de cimentación

Capítulo IV – Resultados

En este capítulo se presentan de manera tabulada los resultados obtenidos a partir del diseño estructural formal de vigas, columnas y placas aisladas de cimentación. Estos resultados se presentan con el mismo formato del CSCR-10/14.

1. Vigas

1.1 Zona I a III

1.1.1 Vigas de Concreto reforzado

En el Cuadro 23 y Cuadro 24 se muestran los resultados para las vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería y pared de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 25 se detallan los resultados para vigas de mampostería. Estos cuadros corresponden a viviendas ubicadas en zona I-III.

Vivienda con paredes de mampostería

Cuadro 23: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas I, II y III, con paredes de mampostería.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
< 4	4#3	-	12 x 20
	-	4#3	15 x 20
< 5	4#3	-	12 x 20
	-	4#3	15 x 20
< 6	4#4	-	12 x 20
	-	4#4	15 x 20

Vivienda con paredes de concreto reforzado

Cuadro 24: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas I, II y III, con paredes de concreto reforzado.

t Pared (cm) ->	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
< 4	4#3	4#3	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 5	4#3	4#3	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 6	4#4	4#4	-	12 x 20
	-	-	4#4	15 x 20

1.1.2 Vigas de mampostería

Cuadro 25: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de mampostería para zonas I, II y III.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
< 4	4#3	-	12 x 20
	-	4#3	15 x 20
< 5	No se recomienda	-	12 x 20
	-	4#3	15 x 20
< 6	No se recomienda	-	12 x 20
	-	4#4	15 x 20

1.2 Zona IV y zona V

1.2.1 Vigas de Concreto reforzado

En el Cuadro 26 y Cuadro 27 se muestran los resultados para las vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería y pared de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 28 se detallan los resultados para vigas de mampostería. Estos cuadros corresponden a viviendas ubicadas en zona IV-V.

Vivienda con paredes de mampostería.

Cuadro 26: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas IV y V, con paredes de mampostería.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
< 4	4#3	-	12 x 20
	-	4#3	15 x 20
< 5	4#4	-	12 x 20
	-	4#4	15 x 20
< 6	No se recomienda	-	12 x 20
	-	4#4	15 x 20

Vivienda con paredes de concreto reforzado

Cuadro 27: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de concreto reforzado para zonas IV y V, con paredes de concreto reforzado.

t Pared (cm) ->	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
< 4	4#3	4#3	-	12 x 20
	-	-	4#3	15 x 20
< 5	4#4	4#4	-	12 x 20
	-	-	4#4	15 x 20
< 6	No se recomienda	No se recomienda	-	12 x 20
	-	-	4#4	15 x 20

1.2.2 Vigas de mampostería

Cuadro 28: Refuerzo y dimensiones de vigas corona de mampostería para zonas IV y V.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
< 4	4#3	-	12 x 20
	-	4#3	15 x 20
< 5	No se recomienda	-	12 x 20
	-	4#4	15 x 20
< 6	No se recomienda	-	12 x 20
	-	No se recomienda	15 x 20

2. Columnas

2.1 Zona I a zona III

2.1.1 Columnas de concreto reforzado

En el diseño de columnas se plantean dos soluciones que es usar columnas de 15 cm x 35 cm o de 20 cm x 40 cm, tal y como lo realiza el CSCR-10/14, ambas soluciones se agrupan en el mismo cuadro. En el Cuadro 29 y Cuadro 30 se muestran columnas de concreto reforzado, con paredes de mampostería y de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 31 se detallan los resultados de la columna de mampostería, con sus respectivas dimensiones en función del ancho y longitud libre de pared a cuál requiere estabilizar. Estos cuadros corresponden a viviendas ubicadas en zona I-III.

Vivienda con paredes de mampostería

Cuadro 29: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona I a zona III, con paredes de mampostería. Acero grado 60.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
≤ 4	4#4	4#4	15 x 35
	4#4	4#4	20 x 40
≤ 5	4#4	4#4	15 x 35
	4#4	4#4	20 x 40
≤ 6	4#4	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	20 x 40

Vivienda con paredes de concreto reforzado

Cuadro 30: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona I a zona III, con paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.

t Pared (cm) ->	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
≤ 4	4#4	4#4	4#4	15 x 35
	4#4	4#4	4#4	20 x 40
≤ 5	4#4	4#4	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	4#4	20 x 40
≤ 6	4#4	4#4	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	4#5	20 x 40

2.1.2 Columnas de mampostería

Cuadro 31: Refuerzo y dimensiones de columnas de mampostería, en zona I a zona III. Acero grado 60.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
≤ 4	2#4	-	12 x 60
	-	2#5	15 x 60
≤ 5	2#5	-	12 x 60
	-	2#5	15 x 60
≤ 6	2#5	-	12 x 60
	-	2#5	15 x 80

2.2 Zona IV y V

2.2.1 Columnas de concreto reforzado

En el diseño de columnas se plantean dos soluciones que es usar columnas de 15 cm x 35 cm o de 20 cm x 40 cm, tal y como lo realiza el CSCR-10/14, ambas soluciones se agrupan en el mismo cuadro. En el Cuadro 32 y Cuadro 33 se muestran columnas de concreto reforzado, con paredes de mampostería y de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 34 se detallan los resultados de la columna de mampostería, con sus respectivas dimensiones en función del ancho y longitud libre de pared a cuál requiere estabilizar. Estos cuadros corresponden a viviendas ubicadas en zona IV-V.

Vivienda con paredes de mampostería

Cuadro 32: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona IV y zona V, con paredes de mampostería. Acero grado 60

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
≤ 4	4#4	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	20 x 40
≤ 5	4#5	4#5	15 x 35
	4#4	4#5	20 x 40
≤ 6	4#5	4#6	15 x 35
	4#5	4#5	20 x 40

Vivienda con paredes de concreto reforzado

Cuadro 33: Refuerzo y dimensiones de columnas de concreto reforzado, en zona IV y zona V, con paredes de concreto reforzado. Acero grado 60

t Pared (cm) ->	10	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)				
≤ 4	4#4	4#4	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	4#4	20 x 40
≤ 5	4#4	4#5	4#5	15 x 35
	4#4	4#4	4#5	20 x 40
≤ 6	4#5	4#5	4#6	15 x 35
	4#4	4#5	4#5	20 x 40

2.2.2 Columnas de mampostería

Cuadro 34: Refuerzo y dimensiones de columnas de mampostería, en zona IV y zona V. Acero grado 60.

t Pared (cm) ->	12	15	Sección b x a (cm)
L (m)			
≤ 4	2#5	-	12 x 60
	-	2#5	15 x 80
≤ 5	2#5	-	12 x 80
	-	2#5	15 x 80
≤ 6	2#5	-	12 x 80
	-	2#5	15 x 80

3. Cimentaciones

3.1 De zona I a zona III

3.1.1 Cimentaciones con columnas de concreto reforzado

En el diseño de placas de fundación se plantean dos soluciones, cuando se utilizan columnas de 15 cm x 35 cm o de 20 cm x 40 cm, esto debido a que dichas columnas tienen diferente peso propio, que es una fuerza estabilizadora. En el Cuadro 35 y Cuadro 37 se tienen placas de cimentación con columnas de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería y de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 36 y Cuadro 38 se tienen placas de cimentación con columnas de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería y de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 39 se tienen placas de cimentación con columnas de mampostería. Estos cuadros corresponden a viviendas ubicadas en zona I-III.

Vivienda con paredes de mampostería

Cuadro 35: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.25x1.0x0.25	1.4x1.0x0.25	5#4
			(4#4)
≤ 5	1.5x0.9x0.25	1.5x1.1x0.25	6#4
			(4#4)
≤ 6	1.6x1.0x0.25	1.65x1.1x0.25	6#4
			(4#4)

Cuadro 36: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.2x1.0x0.25	1.4x0.9x0.25	5#4
			(4#4)
≤ 5	1.5x0.9x0.25	1.5x1.0x0.25	6#4
			(4#4)
≤ 6	1.5x1.0x0.25	1.6x1.1x0.25	6#4
			(4#4)

Vivienda con paredes de concreto reforzado

Cuadro 37: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 15cmx35cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	10	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.25x0.9x0.25	1.35x0.9x0.25	1.35x1.1x0.25	5#4
				(4#4)
≤ 5	1.4x0.9x0.25	1.5x1.0x0.25	1.55x1.1x0.25	6#4
				(4#4)
≤ 6	1.5x1.0x0.25	1.6x1.0x0.25	1.7x1.1x0.25	6#4
				(4#4)

Cuadro 38: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de concreto reforzado de 20cmx40cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	10	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.2x0.9x0.25	1.25x0.9x0.25	1.35x1.0x0.25	5#4
				(4#4)
≤ 5	1.35x0.9x0.25	1.35x1.0x0.25	1.55x1.0x0.25	6#4
				(4#4)
≤ 6	1.5x0.9x0.25	1.5x1.0x0.25	1.7x1.0x0.25	6#4
				(4#4)

3.1.2 Cimentaciones con columnas de mampostería

Cuadro 39: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona I a zona III, con columna de mampostería. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.25x0.9x0.25	1.35x0.9x0.25	5#4
			(4#4)
≤ 5	1.5x0.9x0.25	1.5x1.0x0.25	6#4
			(4#4)
≤ 6	1.6x0.9x0.25	1.6x1.0x0.25	6#4
			(4#4)

3.2 De zona IV y zona V

3.2.1 Cimentaciones con columnas de concreto reforzado

En el diseño de placas de fundación se plantean dos soluciones, cuando se utilizan columnas de 15 cm x 35 cm o de 20 cm x 40 cm, esto debido a que dichas columnas tienen diferente peso propio, que es una fuerza estabilizadora. En el Cuadro 40 y Cuadro 42 se tienen placas de cimentación con columnas de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería y de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 41 y Cuadro 43 se tienen placas de cimentación con columnas de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería y de concreto reforzado respectivamente. En el Cuadro 44 se tienen placas de cimentación con columnas de mampostería. Estos cuadros corresponden a viviendas ubicadas en zona IV-V.

Vivienda con paredes de mampostería

Cuadro 40: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 15cmx35cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.6x.9x0.25	1.6x1.1x0.25	4#5
			(4#4)
≤ 5	1.7x1.0x0.25	1.75x1.15x0.25	4#5
			(4#4)
≤ 6	1.85x1.0x0.25	1.95x1.1x0.25	5#5
			(4#4)

Cuadro 41: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 20cmx40cm y paredes de mampostería. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.5x0.9x0.25	1.6x1.0x0.25	4#5
			(4#4)
≤ 5	1.65x1.0x0.25	1.7x1.1x0.25	4#5
			(4#4)
≤ 6	1.8x1.0x0.25	1.9x1.1x0.25	5#5
			(4#4)

Vivienda con paredes de concreto reforzado

Cuadro 42: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 15cmx35cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60

t pared (cm) ->	10	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.6x0.8x0.25	1.6x0.9x0.25	1.7x1.0x0.25	4#5
				(4#4)
≤ 5	1.65x0.9x0.25	1.8x0.9x0.25	1.9x1.0x0.25	5#5
				(4#4)
≤ 6	1.75x1.0x0.25	1.9x1.0x0.25	2.0x1.1x0.25	5#5
				(4#4)

Cuadro 43: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de concreto reforzado de 20mx40cm y paredes de concreto reforzado. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	10	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.4x0.9x0.25	1.5x0.9x0.25	1.7x0.9x0.25	4#5
				(4#4)
≤ 5	1.6x0.9x0.25	1.7x0.9x0.25	1.75x1.1x0.25	4#5
				(4#4)
≤ 6	1.75x0.9x0.25	1.8x1.0x0.25	1.95x1.1x0.25	5#5
				(4#4)

3.2.2 Cimentaciones con columnas de mampostería

Cuadro 44: Refuerzo y dimensiones de placas de fundación en zona IV y zona V, con columna de mampostería. Acero grado 60.

t pared (cm) ->	12	15	Barras X (Barras Y)
L` (m)	A x B x h	A x B x h	
≤ 4	1.5x1.0x0.25	1.6x0.9x0.25	6#4
			(4#4)
≤ 5	1.65x1.0x0.25	1.7x1.1x0.25	6#4
			(4#4)
≤ 6	1.7x1.15x0.25	1.8x1.1x0.25	7#4
			(4#4)

Capítulo V – Análisis de Resultados

En el presente capítulo se pretende comprobar si las especificaciones para estabilidad lateral de paredes dadas en el método simplificado para vivienda unifamiliar en el CSCR-10/14 cumple con las solicitaciones sísmicas de la nueva versión, lo cual es el objetivo principal de esta investigación.

Primeramente, se decide comparar la variación del coeficiente sísmico entre el actual código y su nueva versión, tal como se muestra en el Cuadro 45. Cabe resaltar que en el CSCR-10/14 divide el territorio de Costa Rica en tres zonas sísmicas (II, III y IV) y en la próxima versión se divide en cinco zonas sísmicas (I, II, III, IV y V).

Con el fin de simplificar, el método simplificado realiza una agrupación de las zonas, en el actual código, se agrupa zona II y III y para el caso de la nueva versión se agrupa zona I a la III y zona IV y V. De modo que para cada agrupación de zonas se trabaja con la combinación más crítica de zona sísmica y sitio de cimentación, para así obtener el mayor valor de pseudoaceleración y por ende el mayor valor de coeficiente sísmico.

En el Cuadro 45, se aprecia un aumento del coeficiente sísmico, alrededor del 18.1 % para el primer grupo de zonas y para el caso del segundo grupo se tiene un aumento del 31.9 %, esto para viviendas de un nivel. Con el aumento del coeficiente la fuerza sísmica también se incrementa, por lo que la demanda sísmica que debe resistir una vivienda diseñada con la nueva versión del código será mayor con respecto a la versión actual.

Cuadro 45: Comparación del coeficiente sísmico entre el CSCR-10/14 y la propuesta de la nueva versión del código sísmico, para una vivienda de un nivel.

CSCR-10/14		CSCR próxima versión		Porcentaje de diferencia	
Zona II-III	Zona IV	Zona I-III	Zona IV - V	Zona I-III	Zona IV - V
0.220	0.269	0.26	0.355	18.1%	31.9%

Cabe resaltar que el CSCR-10/14 no especifica si el acero de refuerzo empleado en el método simplificado es grado 40 o grado 60. Los resultados se obtuvieron diseñando con acero grado 60 para todos los casos, ya que el acero grado 60 permite que el elemento desarrolle una mayor resistencia en flexión y la diferencia económica para varillas de diámetros pequeños entre un grado y otro es pequeña.

1. Vigas

En el Cuadro 46, Cuadro 47, Cuadro 48, Cuadro 49, Cuadro 50 y Cuadro 51 se compara el refuerzo de las vigas corona obtenido a partir de un diseño estructural formal, con lo que propone el CSCR-10/14 en el método simplificado de vivienda.

Para el diseño de las vigas, se conservan las mismas dimensiones propuestas en el método simplificado del CSCR-10/14, aunque en algunos casos amerite, no se propone un cambio de dimensiones dado que habría que tener vigas con un ancho mayor que el espesor de pared, lo cual desde el punto de vista constructivo no es práctico.

Para el caso del refuerzo transversal, se conserva el distanciamiento de aros que propone el código actual dado que es adecuado, incluso el concreto por sí mismo es capaz de resistir los esfuerzos de cortante, sin embargo, de igual manera se recomienda la colocación de aros para brindar confinamiento al concreto.

Para la comparación del refuerzo de vigas, se tiene la limitante de que las tablas del método simplificado del CSCR-10/14 no especifica si las vigas son de concreto reforzado o mampostería, si la vivienda es de uno o dos niveles, o si el acero de refuerzo es grado 40 o grado 60. Por tal razón, se asume que lo que presentan las tablas aplica para todos estos casos.

Cuadro 46: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Sección (cm)	Claro (m)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12X20	4	4#3	4#3
	5	4#3	4#4
	6	4#4	4#4
15x20	4	4#3	4#3
	5	4#3	4#3
	6	4#4	4#4

Se aprecia que, para cinco de las seis vigas lo propuesto en el CSCR-10/14 coincide con el refuerzo calculado. Para el caso en que hay diferencia el acero calculado es menor, lo cual se puede deber a que en este trabajo se diseña con acero grado 60 mientras que probablemente en el CSCR-10/14 se diseña con acero grado 40.

Para el presente caso es donde hay más semejanza con los resultados del código. Las vigas de concreto tienen un menor recubrimiento, lo que permite tener un brazo de palanca mayor en comparación con las vigas de mampostería. Al tener una pared de mampostería se tiene un peso menor en comparación a tener una pared de concreto reforzado, por ende, se tiene una fuerza sísmica menor.

Cuadro 47: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico

Sección (cm)	Claro (m)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12x20 (pared t=10cm)	4	4#3	4#3
	5	4#3	4#4
	6	4#4	4#4
12X20	4	4#3	4#3
	5	4#3	4#4
	6	4#4	4#4
15x20	4	4#3	4#3
	5	4#3	4#3
	6	4#4	4#4

Se analizan las vigas de concreto reforzado sobre una pared del mismo material, se presentan dos casos en los cuales el refuerzo calculado difiere con lo calculado en el código, teniéndose un menor número de barra en tales casos.

Cuadro 48: Comparación de resultados para vigas de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Sección (cm)	Claro (m)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12X20	4	4#3	4#3
	5	No se recomienda	4#4
	6	No se recomienda	4#4
15x20	4	4#3	4#3
	5	4#3	4#3
	6	4#4	4#4

La viga corona también puede realizarse por medio de la mampostería con el uso de viga bloque, tiene la desventaja con respecto a las de concreto que se debe tener un recubrimiento mayor lo cual hace que la distancia de la fibra extrema en compresión al centroide en tracción sea menor. Para las vigas de mampostería, dos de los casos no se recomiendan, precisamente para las vigas que tienen un ancho de 12 cm.

Los casos que no se recomiendan se dan porque la resistencia nominal en flexión de la viga es menor que la requerida o no se cumple con la revisión de acero máximo, la cual es importante dado que permite determinar que la falla de la viga sea controlada por tracción.

Cuadro 49: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Sección (cm)	Claro (m)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12X20	4	4#3	4#4
	5	4#4	4#4
	6	No se recomienda	4#5
15x20	4	4#3	4#3
	5	4#4	4#4
	6	4#4	4#5

Para el análisis de la zona IV y V (según nueva versión), se presentan menos coincidencias entre el refuerzo calculado y el que propone el CSCR-10/14, en comparación con la zona I – III, lo cual tiene sentido ya que las diferencias en el coeficiente sísmico entre ambas versiones de la normativa son mayores para las zonas IV y V.

Para el primer y último caso del Cuadro 49, se presenta la particularidad de que el refuerzo calculado es menor que el que propone el código, lo cual se puede deber a que los cálculos realizados son con acero grado 60, mientras que los del código es probable que sean en grado 40.

Para un caso no fue posible determinar una solución, este se da para el claro de 6 m en el cual el momento requerido es mayor, además la viga de 12 cm de ancho tiene un menor brazo de palanca en comparación con la viga de 15 cm de ancho y este parámetro afecta significativamente la capacidad en flexión de la viga.

Cuadro 50: Comparación de resultados para vigas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Sección (cm)	Claro (m)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12x20 (pared t=10cm)	4	4#3	4#3
	5	4#4	4#4
	6	No se recomienda	4#4
12X20	4	4#3	4#4
	5	4#4	4#4
	6	No se recomienda	4#5
15x20	4	4#3	4#3
	5	4#4	4#4
	6	4#4	4#5

Cuando se tienen paredes de concreto reforzado, en cuatro de los nueve casos se obtienen diferencias con el código, en dos de ellos no es posible determinar una solución y precisamente estos casos se dan para los claros más largos con la viga de 12 cm de ancho.

Cuadro 51: Comparación de resultados para vigas de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Sección (cm)	Claro (m)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12X20	4	4#3	4#4
	5	No se recomienda	4#4
	6	No se recomienda	4#5
15x20	4	4#3	4#3
	5	4#4	4#4
	6	No se recomienda	4#5

El diseño de vigas de mampostería en las zonas de mayor sismicidad trae resultados deficientes, ya que solo en la mitad de los casos fue posible determinar una solución. El poder realizar la viga corona por medio de la misma mampostería es una buena alternativa constructiva, sin embargo, es adecuado que el método simplificado indique en qué casos es viable utilizarlas, por lo que es recomendable hacer la distinción entre vigas de concreto reforzado y de mampostería.

En general se aprecia que es necesario que haya una actualización de las tablas de vigas del método simplificado, ya que existen varios casos en que con las dimensiones actuales no es posible determinar un diseño que resista las demandas sísmicas a las que se podría someter la viga.

2. Columnas

Las columnas que se diseñaron son de concreto reforzado (15 cm x 35 cm o 20 cm x 40 cm) y de mampostería, para el caso de las columnas de mampostería se intenta que sea lo menos largas posibles de modo que sean menos invasivas para el espacio físico de la vivienda y se utiliza bloques del mismo ancho del que se utiliza para la pared, esto por facilidad constructiva.

Se utiliza acero grado 60 para los cálculos del refuerzo de las columnas, el CSCR-10/14 no indica el grado del acero del refuerzo que indican en sus tablas, por lo que se tiene este inconveniente en la comparación a realizar. Cabe destacar que se realiza una diferenciación si la pared es de mampostería o de concreto reforzado, esto porque estas paredes tienen diferente peso por lo que la fuerza sísmica que afecta la columna también es diferente.

Se procede a comparar los resultados del método simplificado del CSCR-10/14 con los del presente trabajo. En el Cuadro 52, Cuadro 53, Cuadro 55 y Cuadro 56, se muestra la comparación de resultados para las columnas de concreto reforzado, las cuales estabilizan paredes de mampostería o concreto reforzado. En el Cuadro 54 y Cuadro 57 se realiza la comparación de resultados para las columnas de mampostería.

Para las columnas de concreto reforzado los cálculos realizados se hicieron con las mismas dimensiones que las del código por lo que la diferencia radica únicamente en el acero de refuerzo, mientras que para las columnas de mampostería si puede haber diferencias en las dimensiones y también en el acero de refuerzo.

Cuadro 52: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección (cm)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	4#4
	5	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
15	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#4	4#5

Cuadro 53: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección (cm)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
10	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	4#4
	5	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
12	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	4#4
	5	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
15	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#5	4#5
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#5	4#5

Cuadro 54: Comparación de resultados para columnas de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (cm)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (cm)	Refuerzo CSCR-10/14
12	4	12x60	2#4	12x80	2#4
	5	12x60	2#5	12x80	2#4
	6	12x60	2#5	12x80	2#5
15	4	15x60	2#5	15x80	2#4
	5	15x60	2#5	15x80	2#5
	6	15x80	2#5	15x80	2#5

El soporte lateral a las paredes también se puede brindar por medio de columnas de mampostería, el código indica ciertas dimensiones en cuales el largo de la columna se mantiene constante en 80 cm, como se indicó anteriormente en este trabajo se trata de que el largo de las columnas sea el menor posible, por lo que exceptuando un caso se propone un largo de 60 cm, lo cual conlleva a que en dos casos fue necesario colocar una cuantía de acero mayor.

Cuadro 55: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección (cm)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
12	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#5	4#7
		20x40	4#5	4#6
15	4	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#5	4#7
		20x40	4#5	4#6
	6	15x35	4#6	4#7
		20x40	4#5	4#6

Cuadro 56: Comparación de resultados para columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección (cm)	Refuerzo calculado	Refuerzo CSCR-10/14
10	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#4	4#6
		20x40	4#4	4#5
	6	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#4	-
12	4	15x35	4#4	4#5
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#4	-
	6	15x35	4#5	4#7
		20x40	4#5	4#6
15	4	15x35	4#5	4#6
		20x40	4#4	-
	5	15x35	4#5	4#7
		20x40	4#5	4#6
	6	15x35	4#6	4#7
		20x40	4#5	4#6

Para las columnas de concreto reforzado con paredes de mampostería o concreto reforzado, se aprecia que el refuerzo calculado es igual o en la gran mayoría de los casos menor al que indica el CSCR-10/14.

El código tiene algunos casos en los cuales no se presenta una solución, se desconoce si esto se debe a que no se permite ese caso o si se omite porque la otra opción es más eficiente, de igual forma se realizaron los cálculos para dichos casos y se obtiene una solución satisfactoria.

Cuadro 57: Comparación de resultados para columnas de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (cm)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (cm)	Refuerzo CSCR-10/14
12	4	12x60	2#5	12x80	2#5
	5	12x80	2#5	12x80	-
	6	12x80	2#5	12x80	-
15	4	15x80	2#5	15x80	2#6
	5	15x80	2#5	15x80	-
	6	15x80	2#5	15x80	-

Al utilizar columnas de mampostería en zona IV-V (según nueva versión) las dimensiones de la columna solo en un caso no coinciden con lo que indica el CSCR-10/14. Con respecto al acero de refuerzo el código solo lo indica para los claros de 4 m, sin embargo, en el presente trabajo fue posible obtener un diseño adecuado utilizando barras #5, para los claros de 5 m y 6 m.

3. Cimentaciones

En esta sección se compara las placas de cimentación calculadas en este trabajo con lo que presenta el método simplificado del CSCR-10/14, se compara tanto el refuerzo como las dimensiones de la placa. Para la comparación de resultados, para el caso de las columnas de concreto reforzado, se usan las de dimensiones de 15 cm x 35 cm, esto porque estas columnas al tener un área menor representan un peso menor en comparación con las de 20 cm x 40 cm por lo que la carga axial (fuerza estabilizadora) es menor y por ende para el caso de las placas de fundación con columnas de 15 cm x 35 cm se tiene dimensiones de placa ligeramente mayores.

Cabe destacar que el refuerzo principal se coloca por el criterio de acero de retracción y temperatura ya que el acero requerido a flexión es siempre inferior; se coloca acero de retracción y temperatura en la dirección secundaria. El criterio que rige las dimensiones de la placa, es el de volcamiento, ya que se tiene una considerable fuerza horizontal inducida por el sismo que intenta volcar la placa y por lo cual es necesario que la placa tenga un largo considerable, para así reducir la excentricidad y cumplir los parámetros de volcamiento y de contacto entre suelo y estructura.

En todas las placas de cimentación se colocan vigas de amarre en el fondo de la cimentación, con el propósito de que tomen la mitad del momento provocado por el sismo y de esta manera tener dimensiones de la placa de fundaciones menores y así tener un diseño óptimo. En el Cuadro 58, Cuadro 59, Cuadro 60, Cuadro 61, Cuadro 62 y Cuadro 63 se realiza una comparación de las placas de fundación del método simplificado con las diseñadas en este trabajo, se compara el acero colocado en la dirección principal y secundaria, asimismo, se comparan las dimensiones de la placa, para lo cual se analiza la diferencia en volumen de concreto que se ocupa para construir dichas placas.

Cuadro 58: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (m)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (m)	Refuerzo CSCR-10/14	Diferencia en volumen de concreto
12	4	1.25x1.0x0.25	5#4	1.0x0.8x0.25	4#4	56.3 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.5x0.9x0.25	6#4	1.0x0.8x0.25	4#4	68.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.6x1.0x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	81.8 %
			(4#4)		(5#4)	
15	4	1.4x1.0x0.25	5#4	1.0x0.8x0.25	4#4	75.0 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.5x1.1x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	87.5 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.65x1.1x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	106.3 %
			(4#4)		(5#4)	

Cuadro 59: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (m)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (m)	Refuerzo CSCR-10/14	Diferencia en volumen de concreto
10	4	1.25x0.9x0.25	5#4	1.0x0.7x0.25	4#4	60.7 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.4x0.9x0.25	6#4	1.0x0.8x0.25	4#4	57.5 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.5x1.0x0.25	6#4	1.0x0.8x0.25	4#4	87.5 %
			(4#4)		(5#4)	
12	4	1.35x0.9x0.25	5#4	1.0x0.8x0.25	4#4	51.9 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.5x1.0x0.25	6#4	1.0x0.8x0.25	4#4	87.5 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.6x1.0x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	81.8 %
			(4#4)		(5#4)	
15	4	1.35x1.1x0.25	5#4	1.0x0.8x0.25	4#4	85.6 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.55x1.1x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	93.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.7x1.1x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	112.5 %
			(4#4)		(5#4)	

Cuadro 60: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de mampostería. Zona sísmica II - III según CSCR-10/14 y zona I – III según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (m)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (m)	Refuerzo CSCR-10/14	Diferencia en volumen de concreto
12	4	1.25x0.9x0.25	5#4	1.0x0.8x0.25	4#4	40.6 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.5x0.9x0.25	6#4	1.0x0.8x0.25	4#4	68.7 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.6x0.9x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	63.6 %
			(4#4)		(5#4)	
15	4	1.35x0.9x0.25	5#4	1.0x0.8x0.25	4#4	51.9 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.5x1.0x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	70.5 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.6x1.0x0.25	6#4	1.1x0.8x0.25	4#4	81.8 %
			(4#4)		(5#4)	

Cuadro 61: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (m)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (m)	Refuerzo CSCR-10/14	Diferencia en volumen de concreto
12	4	1.6x.9x0.25	4#5	1.3x1.0x0.25	4#4	10.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.7x1.0x0.25	4#5	1.3x1.0x0.25	4#4	30.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.85x1.0x0.25	5#5	1.4x1.0x0.25	4#4	32.1 %
			(4#4)		(5#4)	
15	4	1.6x1.1x0.25	4#5	1.3x1.0x0.25	4#4	35.4 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.75x1.15x0.25	4#5	1.4x1.0x0.25	4#4	43.7 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.95x1.1x0.25	5#5	1.4x1.0x0.25	4#4	53.2 %
			(4#4)		(5#4)	

Cuadro 62: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de concreto reforzado con pared de concreto reforzado. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (m)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (m)	Refuerzo CSCR-10/14	Diferencia en volumen de concreto
10	4	1.6x0.8x0.25	4#5	1.2x1.0x0.25	5#4	6.67 %
			(4#4)		(4#4)	
	5	1.65x0.9x0.25	5#5	1.3x1.0x0.25	5#4	14.2 %
			(4#4)		(4#4)	
	6	1.75x1.0x0.25	5#5	1.3x1.0x0.25	5#4	34.6 %
			(4#4)		(4#4)	
12	4	1.6x0.9x0.25	4#5	1.3x1.0x0.25	4#4	10.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.8x0.9x0.25	5#5	1.3x1.0x0.25	4#4	24.6 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.9x1.0x0.25	5#5	1.4x1.0x0.25	4#4	35.7 %
			(4#4)		(5#4)	
15	4	1.7x1.0x0.25	4#5	1.3x1.0x0.25	4#4	30.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.9x1.0x0.25	5#5	1.4x1.0x0.25	4#4	35.7 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	2.0x1.1x0.25	5#5	1.4x1.0x0.25	4#4	57.1 %
			(4#4)		(5#4)	

Cuadro 63: Comparación de resultados para placas de fundación con columnas de mampostería. Zona sísmica IV según CSCR-10/14 y zona IV – V según próxima versión del código sísmico.

Espesor de pared (cm)	Claro (m)	Sección calculada (m)	Refuerzo calculado	Sección CSCR-10/14 (m)	Refuerzo CSCR-10/14	Diferencia en volumen de concreto
12	4	1.5x1.0x0.25	6#4	1.3x1.0x0.25	4#4	15.4 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.65x1.0x0.25	6#4	1.3x1.0x0.25	4#4	26.9 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.7x1.15x0.25	6#4	1.4x1.0x0.25	4#4	39.6 %
			(4#4)		(5#4)	
15	4	1.6x0.9x0.25	6#4	1.3x1.0x0.25	4#4	10.8 %
			(4#4)		(5#4)	
	5	1.7x1.1x0.25	6#4	1.4x1.0x0.25	4#4	33.6 %
			(4#4)		(5#4)	
	6	1.8x1.1x0.25	7#4	1.4x1.0x0.25	4#4	41.4 %
			(4#4)		(5#4)	

En todos los casos el acero de refuerzo principal calculado fue diferente al que indica el CSCR-10/14, siendo mayor el calculado con una diferencia considerable, lo cual se debe a tener placas más largas con respecto al código; el refuerzo secundario fue en casi todos los casos menores al que indica el código y solo en pocos casos se tiene el mismo refuerzo.

Las diferencias significativas se dan en las dimensiones de la placa (ancho y largo) en las cuales se tienen diferencias volumétricas de concreto de 6.67 % hasta 113 %, con una diferencia promedio de 51.1 %. Estas diferencias obedecen a los parámetros de volcamiento y de contacto entre suelo y estructura, dado que la fuerza provocada por el sismo intenta volcar la placa, por lo que se deben de tener dimensiones mayores para satisfacer estos criterios.

Las diferencias en el volumen de concreto, son mayores para la zona I a III con respecto a la zona IV y V, para ambos tipos de columnas y material del paño de pared. Cuando se tienen columna de concreto reforzado con pared del mismo material o de mampostería, las diferencias entre las dimensiones son pequeñas, por lo que el material de la pared no es un factor determinante para las dimensiones de la placa de fundación.

Es importante mencionar que las tablas de placas de cimentación del CSCR-10/14 (tabla 17.5.a y tabla 17.5.b) son iguales que las tablas del Código Sísmico del año 1986 (tabla 3.7.4.a y tabla 3.7.4.b), lo cual demuestra que no han sido actualizadas, pese al aumento de la demanda sísmica con el pasar de los años.

4. Aplicación del método simplificado a un caso práctico

En la presente sección se analiza el caso hipotético de dos viviendas unifamiliares típicas de un nivel que cumplen con los requisitos del método simplificado, estas viviendas se planean construir en diferentes partes del país, una con mampostería y la otra con concreto reforzado, el objetivo es analizar las diferencias entre el método simplificado del CSCR-10/14 y los resultados de la presente investigación.

Caso 1: Se asume que se tiene una vivienda unifamiliar de un nivel, construida en mampostería (paredes y tapichel) con bloque de 12 cm y la viga corona de concreto reforzado, la distancia más larga de pared sin que haya paredes perpendiculares es de 10 metros por lo que se decide colocar una columna de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm en la mitad de dicha distancia, por lo que se obtiene una distancia libre de 5 metros. La casa se ubica en Montes de Oro, por lo que le corresponde Zona III según la versión actual y según la nueva versión.

Caso 2: Se asume que se tiene una vivienda unifamiliar de un nivel, construida en concreto reforzado (paredes, viga corona y tapichel) con un espesor de pared de 12 cm sin repello, la distancia más larga de pared sin que haya paredes perpendiculares es de 12 metros por lo que se decide colocar una columna de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm en la mitad de dicha distancia, por lo que se obtiene una distancia libre de 6 metros. La casa se ubica en Golfito, por lo que le corresponde Zona IV según la versión actual y zona V según la nueva versión.

En el Cuadro 64 se realiza la comparación entre el método simplificado del CSCR-10/14 y los resultados del presente trabajo, esto para viga corona, columna y placa de cimentación.

Cuadro 64: Comparación de casos hipotéticos de vivienda unifamiliar, resolviendo con el CSCR-10/14 y con el presente trabajo de investigación

Comparación		Viga Corona	Columna	Placa de Cimentación
Caso 1	TFG	4#3	4#4	1.5x0.9x0.25 6#4 (4#4)
	CSCR-10/14	4#4	4#5	1.0x0.8x0.25 4#4 (5#4)
Caso 2	TFG	No se recomienda	-	-
	CSCR-10/14	4#5	4#6	1.4x1.0x0.25 4#4 (5#4)

Para el primer caso en la viga corona y columna se tiene un refuerzo calculado menor a lo que indica el CSCR-10/14, lo cual se puede deber a que en este trabajo se diseña con acero grado 60 mientras que el código al no indicarlo se puede asumir que es grado 40. Para la placa de cimentación se tiene dimensiones diferentes siendo mayores las de la presente investigación, lo cual es normal debido al aumento de la fuerza sísmica.

Para el segundo caso el código indica usar 4#5 para el refuerzo de vigas corona, sin embargo, en la presente investigación no fue posible diseñar una viga con las dimensiones actuales de 12 cm x 20 cm capaz de tener una capacidad en flexión mayor que la requerida, por lo que no se recomienda este caso y por lo tanto es adecuado tener una longitud de claro menor o realizar un diseño estructural formal.

Capítulo VI – Conclusiones y Recomendaciones

1. Conclusiones

Se identifica un aumento considerable del coeficiente sísmico, de la próxima versión del Código Sísmico en comparación con la versión actual, en un 18.1 % para la zona I-III y un 31.9 % para la zona IV-V. La fuerza sísmica que afecta una estructura, es una fracción del peso de la misma, el coeficiente sísmico representa esa fracción o porcentaje del peso de la estructura, por lo que al obtener un coeficiente sísmico mayor también aumenta la fuerza sísmica por lo que se deben de diseñar elementos más resistentes con la próxima versión en comparación a los diseñados con la versión actual del Código Sísmico.

En el diseño de vigas y columnas tanto de concreto como mampostería, en todos los casos el concreto o la mampostería son capaces por sí mismos de resistir los esfuerzos de cortante. En el caso de las placas de fundación, el concreto es capaz de resistir los esfuerzos de cortante en una dirección y en dos direcciones (punzonamiento) para todos los casos, por lo tanto, no se coloca refuerzo transversal en las placas de fundación

Se logra determinar las dimensiones y refuerzo de los elementos estructurales. Para el caso de las vigas y columnas se conservan las dimensiones propuestas en el CSCR-10/14 y lo que cambia es el acero de refuerzo. En algunos casos de las vigas coronas, no fue posible obtener un diseño satisfactorio razón por la cual no se recomienda, dado que para que cumpliera se deben de aumentar las dimensiones de la viga, principalmente el ancho, pero se decide no modificar las dimensiones dado que se pretende que el ancho de la viga sea igual al espesor de pared, esto por facilidad constructiva.

En el diseño de vigas, se detectan resultados diferentes para las vigas de concreto reforzado en comparación con las realizadas con mampostería, para las vigas de concreto reforzado en un 10 % de los casos no fue posible obtener una solución con las dimensiones actuales del CSCR-10/14 y para las vigas de mampostería en un 41.7 %.

Para el caso de las columnas de concreto reforzado, se logran determinar diseños satisfactorios con las dos dimensiones de columnas que indica el CSCR-10/14, el acero de refuerzo calculado fue menor en un 91.7 % de los casos al que indica el código sísmico, en los demás casos fue igual.

En cuanto a las columnas de mampostería se obtiene dimensiones de columna más cortas en la mitad de los casos; la cuantía de acero coincide con la del código en un 41.7 % de los casos. Tanto para las columnas de concreto reforzado como para las de mampostería, es posible desprestigiar la carga axial y considerar la columna como un elemento sometido únicamente a flexión.

En el diseño de las placas de fundación se presentan diferencias considerables en cuanto a las dimensiones de la placa en comparación a las del CSCR-10/14, siendo las dimensiones calculadas mayores, en promedio un 51.1 %. En cuanto al acero de refuerzo, para

el caso del refuerzo principal se tiene una cuantía mayor de acero y para el refuerzo secundario una cuantía menor en la mayoría de casos o igual con respecto al código.

Asimismo, para realizar un diseño óptimo en cuanto a las dimensiones de la placa de fundación, fue necesario colocar vigas de amarre las cuales tomen la mitad del momento provocado por la fuerza de sismo, lo cual permite que el ancho y largo de la placa sea menor en comparación a si no se tuviera la viga de amarre.

Las especificaciones de estabilidad lateral del método simplificado del CSCR-10/14 requieren ajustes. Estos ajustes deben darse ya que hay diferencias en el acero de refuerzo para vigas, columnas y placas de cimentación. Además, existen casos en vigas que no es posible diseñarlos con las dimensiones actuales y las placas de fundación tienen dimensiones considerablemente mayores. Es de gran importancia que el método simplificado sea actualizado y evaluado continuamente, dado que está en juego la seguridad de muchos diseños.

2. Recomendaciones

2.1 Recomendaciones al Código Sísmico

Se sugiere que el Código Sísmico de Costa Rica tome en consideración en su próxima versión las siguientes recomendaciones:

- Para el diseño de vigas, hacer una tabla para vigas de concreto reforzado y otra para las de mampostería.
- No permitir el diseño de algunos casos de vigas corona, estos casos son lo que se indican como "No se recomienda" en los cuadros del Capítulo IV – Resultados.
- Indicar claramente el recubrimiento que deben de tener todos los elementos estructurales.
- Indicar el grado del acero de refuerzo.
- Para las columnas de concreto proponer una única dimensión, dado que al tener dos alternativas es de esperar que sea elija la más pequeña, tanto por ahorro de concreto como por una menor invasión al espacio de la vivienda.
- Incluir uso de vigas de amarre de cimentación en el método simplificado.
- Revisar la cuantía de acero de refuerzo de vigas, columnas y placas de cimentación.
- Revisar las dimensiones de las placas de cimentación.

Es preciso reconocer el alcance limitado del código sísmico, dado que únicamente brinda herramientas para la estabilidad lateral de paredes ante carga sísmica, por lo que el profesional responsable deberá evaluar otros aspectos como el flujo vertical de cargas, análisis de carga de viento y para el caso de viviendas de dos niveles debe realizar el diseño del sistema de entrepiso considerando que este actúe como un diafragma rígido.

2.2 Recomendaciones generales

- Indagar en el valor de ductilidad global asignada, para viviendas unifamiliares.
- Realizar un modelado en un software de ingeniería estructural, que permite conocer de manera más precisa el periodo de oscilación de la edificación, así como los momentos y cortantes requeridos que afectan los distintos elementos estructurales.

Referencias Bibliográficas

- American Institute of Steel Construcción (AISC). (1986). *Load and Resistance Factor Design*.
- Asociación Costarricense de Geotecnia. (2009). *Código de Cimentaciones de Costa Rica*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Beer, F. (2010). *Mecánica de Materiales*. McGraw-Hil.
- CFIA. (1974). *Código Sísmico de Costa Rica 1974*.
- CFIA. (1986). *Código Sísmico de Costa Rica 1986*.
- CFIA. (2002). *Código Sísmico de Costa Rica*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- CFIA. (2010). *Código Sísmico de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- CFIA. (2014). *Código Sísmico de Costa Rica 2010. Revisión 2014*. Cartago: Tecnológica de Costa Rica.
- Comisión Permanente del Código Sísmico. (2022). *Borrador del capítulo 203 Demanda Sísmica*. Tecnológica de Costa Rica.
- Contreras, M. (2007). *Verificación de las Especificaciones de Diseño Simplificado del Capítulo de Vivienda Unifamiliar del Código Sísmico de Costa Rica de 2002*. San Pedro, Montes de Oca: Trabajo Final de Graduación, Universidad de Costa Rica.
- Das, B. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. México D.F: Cengage Learning Editores, S.A.
- González, M. (2005). *Evaluación de la Competencia Estructural de los Límites y Recomendaciones del Método de Diseño Simplificado del Capítulo de Vivienda Unifamiliar del Código Sísmico de Costa Rica de 2002*. San Pedro, Montes de Oca: Proyecto Final de Graduación, Universidad de Costa Rica.
- Hibbeler, R. (2012). *Análisis Estructural*. Pearson Educación.
- Instituto Americano del Concreto. (2019). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318-19)*. Estados Unidos.
- Kenneth Leet, D. (1997). *Reinforced Concrete Desing*. Mc Graw Hill.
- Metalco . (Abril de 2022). *Metalco* . Obtenido de Metalco : <https://www.metalco.net/productos/perfil-tipo-c/>

- Navas, A. (2020). *Manual de Concreto Reforzado* . San Pedro, Montes de Oca: Universidad de Costa Rica.
- Navas, A., & Fonseca, C. (2016). *Densidad de la mampostería de concreto en Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. doi:<https://doi.org/10.15517/jte.v26i2.21746>
- Nilson, A. (1999). *Diseno de Estructuras de Concreto*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Productos de Concreto . (2012). *Manual Técnico*. Alajuela, Costa Rica.
- Salazar Méndez, J. (2013). *Propiedades Geométricas y Densidad de la Mampostería de Concreto*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- The Masonry Society. (2016). *Building Code Requirements and Specification for Masonry Structures. TMS 402/602-16*. Estados Unidos.

Anexos

1. Supuestos para la determinación de la carga de la estructura de techo

Se sume una configuración de estructura de techo típica con las cerchas y clavadores, con el fin de cuantificar la cantidad de material (metros de hierro galvanizado), para los cálculos se utiliza un perfil tipo C de 100x50x15 mm de la marca Metalco, el cual tiene una carga de 2.485 kg/m (Metalco , 2022).

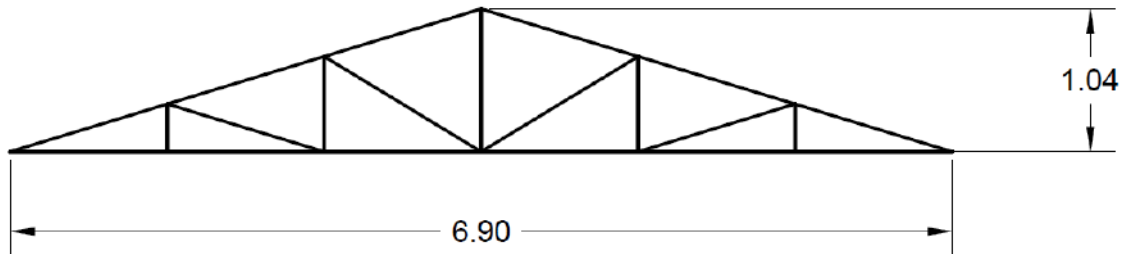


Figura 22: Vista frontal de la cercha

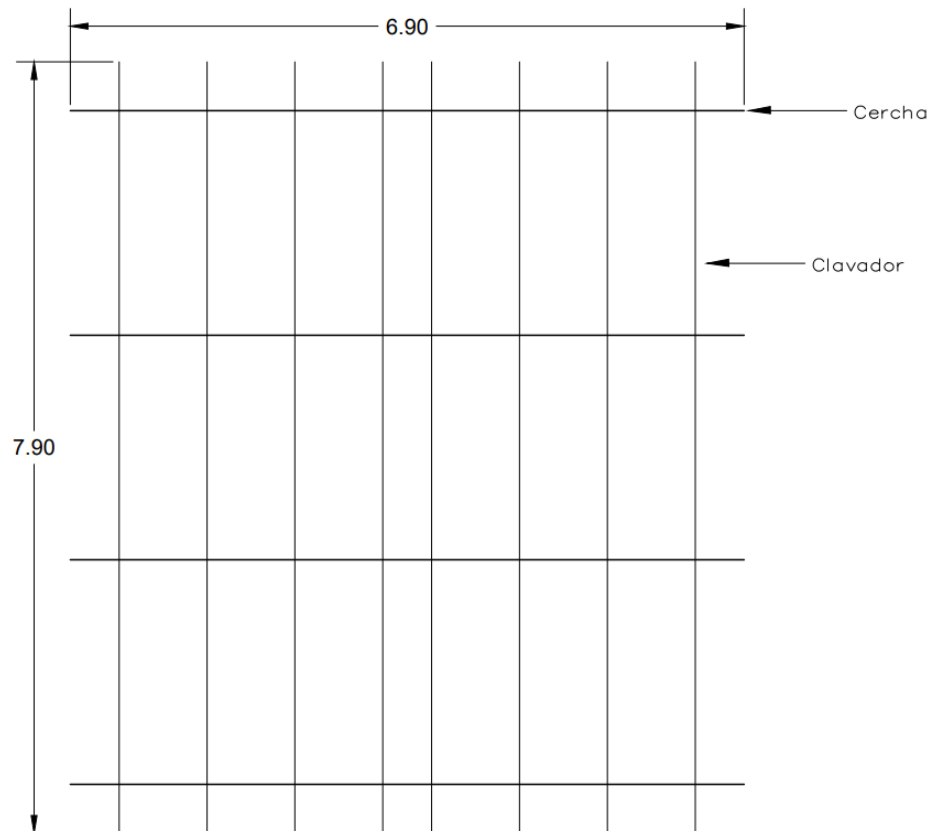


Figura 23: Vista en planta de cerchas y clavadores

Se obtienen 152.4 m perfil tipo C de hierro galvanizado, con una cobertura de techo de 7.9 m x 6.9 m.

Carga de cercha y clavadores:

$$\frac{152.4m * 2.485 \frac{kg}{m}}{7.9m * 6.9m} = 6.95 \frac{kg}{m^2}$$

Carga total, considerando cerchas, clavadores, lámina de hierro galvanizado ondulada y cielo:

$$Carga_{estrc\ techo} = 6.95 + 5 + 10 = 21.95 \frac{kg}{m^2}$$

De forma conservadora se utilizará una carga para la estructura de techo de 30 kg/m², esto porque en otro escenario se podría tener algunos de los componentes más pesados, como por ejemplo el cielo.

2. Hojas electrónicas utilizadas para los diseños

2.1 Vigas

Cuadro 65: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona I-III

Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	135.4	F sísmica (kg/m)	135.4	F sísmica (kg/m)	135.40
Mu (kg*m)	220.1	Mu (kg*m)	372.3	Mu (kg*m)	558.6
fy (kg/cm ²)	4200	fy	4200	fy	4200
d (cm)	8.465	d (cm)	8.465	d (cm)	8.305
As col 2#3	1.42	As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	1.67	a	3.04
c	1.97	c	1.97	c	3.57
εt	0.0099	εt	0.0099	εt	0.0040
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050
dúctil		dúctil		transición	
ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	343560.18
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#3		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	311.4	Vu	389.3	Vu	467.1
Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1275.7
ΦVc	975.22	ΦVc	975.22	ΦVc	956.79
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1026.4	Vs	1026.4	Vs	1007.0
ΦVn	1745.0	ΦVn	1745.0	ΦVn	1712.0
ΦVn/Vu	5.60	ΦVn/Vu	4.48	ΦVn/Vu	3.67

Cuadro 66: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	184.9	F sísmica (kg/m)	184.9	F sísmica (kg/m)	184.9
Mu (kg*m)	300.5	Mu (kg*m)	508.4	Mu (kg*m)	762.7
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	8.48	d (cm)	8.305	d (cm)	8.305
As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	3.04	a	3.04
c	1.97	c	3.57	c	3.57
εt	0.0099	εt	0.0040	εt	0.0040
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030
dúctil		transición		transición	
ΦMn (kg*m)	410.07	ΦMn (kg*m)	599.24	ΦMn (kg*m)	599.41
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	NO
Solución: 4#3		Solución: 4#4		Solución: No se recomienda	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	425.2	Vu	531.5	Vu	637.8
Vc (kg)	1301.8	Vc (kg)	1275.7	Vc (kg)	1275.7
ΦVc	976.37	ΦVc	956.79	ΦVc	956.79
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1027.6	Vs	1007.0	Vs	1007.0
ΦVn	1747.1	ΦVn	1712.0	ΦVn	1712.0
ΦVn/Vu	4.11	ΦVn/Vu	3.22	ΦVn/Vu	2.68

Cuadro 67: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	162.0	F sísmica (kg/m)	162.0	F sísmica (kg/m)	162.00
Mu (kg*m)	263.3	Mu (kg*m)	445.5	Mu (kg*m)	668.3
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	11.465	d (cm)	11.465	d (cm)	11.305
As col 2#3	1.42	As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	1.67	a	3.04
c	1.97	c	1.97	c	3.57
εt	0.015	εt	0.0145	εt	0.0065
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050
dúctil		dúctil		dúctil	
ΦMn (kg*m)	570.56	ΦMn (kg*m)	570.56	ΦMn (kg*m)	954.50
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#3		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	372.6	Vu	465.7	Vu	558.9
Vc (kg)	1761.1	Vc (kg)	1761.1	Vc (kg)	1736.5
ΦVc	1321	ΦVc	1321	ΦVc	1302
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1390.1	Vs	1390.1	Vs	1370.7
ΦVn	2363.4	ΦVn	2363.4	ΦVn	2330.5
ΦVn/Vu	6.34	ΦVn/Vu	5.07	ΦVn/Vu	4.17

Cuadro 68: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	221.19	F sísmica (kg/m)	221.2	F sísmica (kg/m)	221.2
Mu (kg*m)	359.6	Mu (kg*m)	608.3	Mu (kg*m)	912.5
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	11.465	d (cm)	11.305	d (cm)	11.305
As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	3.04	a	3.04
c	1.97	c	3.57	c	3.57
εt	0.0145	εt	0.0065	εt	0.00650
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030
dúctil		dúctil		dúctil	
ΦMn (kg*m)	570.56	ΦMn (kg*m)	954.50	ΦMn (kg*m)	954.50
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#4		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	508.7	Vu	635.9	Vu	763.1
Vc (kg)	1761.1	Vc (kg)	1736.5	Vc (kg)	1736.5
ΦVc	1321	ΦVc	1302	ΦVc	1302
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1390.1	Vs	1370.7	Vs	1370.7
ΦVn	2363.4	ΦVn	2330.5	ΦVn	2330.5
ΦVn/Vu	4.65	ΦVn/Vu	3.66	ΦVn/Vu	3.05

Cuadro 69: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	119.50	F sísmica (kg/m)	119.5	F sísmica (kg/m)	119.5
Mu (kg*m)	194.3	Mu (kg*m)	328.6	Mu (kg*m)	493.0
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	8.465	d (cm)	8.465	d (cm)	8.305
As col 2#3	1.42	As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	1.67	a	3.04
c	1.97	c	1.97	c	3.57
εt	0.0099	εt	0.0099	εt	0.00398
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030
dúctil		dúctil		transición	
ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	599.24
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#3		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	274.8	Vu	343.6	Vu	412.3
Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1275.7
ΦVc	975	ΦVc	975	ΦVc	957
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1026.4	Vs	1026.4	Vs	1007.0
ΦVn	1745.0	ΦVn	1745.0	ΦVn	1712.0
ΦVn/Vu	6.35	ΦVn/Vu	5.08	ΦVn/Vu	4.15

Cuadro 70: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	163.16	F sísmica (kg/m)	163.2	F sísmica (kg/m)	163.2
Mu (kg*m)	265.2	Mu (kg*m)	448.7	Mu (kg*m)	673.1
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	8.465	d (cm)	8.305	d (cm)	8.145
As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58	As col 2#5	4
a	1.67	a	3.04	a	4.71
c	1.97	c	3.57	c	5.54
εt	0.0099	εt	0.0040	εt	0.00141
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030	Def. unitaria	0.003
dúctil		transición		frágil	
ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	599.24	ΦMn (kg*m)	700.61
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#4		Solución: No se recomienda	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	375.3	Vu	469.1	Vu	562.9
Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1275.7	Vc (kg)	1251.1
ΦVc	975	ΦVc	957	ΦVc	938
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1026.4	Vs	1007.0	Vs	987.6
ΦVn	1745.0	ΦVn	1712.0	ΦVn	1679.0
ΦVn/Vu	4.65	ΦVn/Vu	3.65	ΦVn/Vu	2.98

Cuadro 71: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	135.72	F sísmica (kg/m)	135.7	F sísmica (kg/m)	135.7
Mu (kg*m)	220.6	Mu (kg*m)	373.2	Mu (kg*m)	559.9
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	8.465	d (cm)	8.465	d (cm)	8.305
As col 2#3	1.42	As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	1.67	a	3.04
c	1.97	c	1.97	c	3.57
εt	0.0099	εt	0.0099	εt	0.00398
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030	Def. unitaria	0.0030
dúctil		dúctil		transición	
ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	599.24
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#3		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	312.2	Vu	390.2	Vu	468.2
Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1275.7
ΦVc	975	ΦVc	975	ΦVc	957
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1026.4	Vs	1026.4	Vs	1007.0
ΦVn	1745.0	ΦVn	1745.0	ΦVn	1712.0
ΦVn/Vu	5.59	ΦVn/Vu	4.47	ΦVn/Vu	3.66

Cuadro 72: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	185.31	F sísmica (kg/m)	185.3	F sísmica (kg/m)	185.3
Mu (kg*m)	301.2	Mu (kg*m)	509.6	Mu (kg*m)	764.5
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	8.465	d (cm)	8.305	d (cm)	8.145
As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58	As col 2#5	4
a	1.67	a	3.04	a	4.71
c	1.97	c	3.57	c	5.54
εt	0.0099	εt	0.0040	εt	0.0014
Def. unitaria	0.0030	Def. unitaria	0.0030	Def. unitaria	0.0030
dúctil		transición		frágil	
ΦMn (kg*m)	409.53	ΦMn (kg*m)	599.24	ΦMn (kg*m)	700.61
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	NO
Solución: 4#3		Solución: 4#4		Solución: No se recomienda	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	426.2	Vu	532.8	Vu	639.3
Vc (kg)	1300.3	Vc (kg)	1275.7	Vc (kg)	1251.1
ΦVc	975	ΦVc	957	ΦVc	938
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1026.4	Vs	1007.0	Vs	987.6
ΦVn	1745.0	ΦVn	1712.0	ΦVn	1679.0
ΦVn/Vu	4.09	ΦVn/Vu	3.21	ΦVn/Vu	2.63

Cuadro 73: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de la viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	168.48	F sísmica (kg/m)	168.5	F sísmica (kg/m)	168.5
Mu (kg*m)	273.9	Mu (kg*m)	463.3	Mu (kg*m)	695.1
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	11.465	d (cm)	11.465	d (cm)	11.305
As col 2#3	1.42	As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	1.67	a	3.04
c	1.97	c	1.97	c	3.57
εt	0.0145	εt	0.0145	εt	0.00650
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030
dúctil		dúctil		transición	
ΦMn (kg*m)	570.56	ΦMn (kg*m)	570.56	ΦMn (kg*m)	954.50
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#3		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	387.5	Vu	484.4	Vu	581.3
Vc (kg)	1761.1	Vc (kg)	1761.1	Vc (kg)	1736.5
ΦVc	1321	ΦVc	1321	ΦVc	1302
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1390.1	Vs	1390.1	Vs	1370.7
ΦVn	2363.4	ΦVn	2363.4	ΦVn	2330.5
ΦVn/Vu	6.10	ΦVn/Vu	4.88	ΦVn/Vu	4.01

Cuadro 74: Hoja de cálculo para vigas de concreto reforzado, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	230.04	F sísmica (kg/m)	230.0	F sísmica (kg/m)	230.0
Mu (kg*m)	374.0	Mu (kg*m)	632.6	Mu (kg*m)	949.1
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
d (cm)	11.465	d (cm)	11.305	d (cm)	11.305
As col 2#3	1.42	As col 2#4	2.58	As col 2#4	2.58
a	1.67	a	3.04	a	3.04
c	1.97	c	3.57	c	3.57
εt	0.0145	εt	0.0065	εt	0.00650
Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0050	Def. unitaria	0.0030
dúctil		dúctil		transición	
ΦMn (kg*m)	570.56	ΦMn (kg*m)	954.50	ΦMn (kg*m)	954.50
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Solución: 4#3		Solución: 4#4		Solución: 4#4	
Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante		Resistencia al Cortante	
Vu	529.1	Vu	661.4	Vu	793.6
Vc (kg)	1761.1	Vc (kg)	1736.5	Vc (kg)	1736.5
ΦVc	1321	ΦVc	1302	ΦVc	1302
ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si	ΦVc > Vu	Si
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1390.1	Vs	1370.7	Vs	1370.7
ΦVn	2363.4	ΦVn	2330.5	ΦVn	2330.5
ΦVn/Vu	4.47	ΦVn/Vu	3.52	ΦVn/Vu	2.94

Cuadro 75: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	136.8	F sísmica (kg/m)	136.8	F sísmica (kg/m)	136.8
Mu (kg*m)	222.4	Mu (kg*m)	376.3	Mu (kg*m)	564.5
1,33Mu	295.9	1,33Mu	500.5	1,33Mu	750.8
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
diám de barra(cm)	0.95	diám de barra(cm)	1.27	diám de barra(cm)	1.59
d (cm)	7.53	d (cm)	7.37	d (cm)	7.21
As req (cm ²)	0.92	As req (cm ²)	1.59	As req (cm ²)	2.44
As (2#3)	1.42	As (2#4)	2.58	As (2#5)	4
a	1.86	a	3.39	a	5.25
Mn (kg*m)	393.2	Mn (kg*m)	614.6	Mn (kg*m)	769.4
ΦMn (kg*m)	334	ΦMn (kg*m)	522	ΦMn (kg*m)	654
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI
Mcr	182	Mcr	182	Mcr	182
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0047	ρ viga	0.0088	ρ viga	0.0139
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	NO	ρ viga < ρ max	NO
Cortante		Cortante		Cortante	
Vu	314.7	Vu	393.4	Vu	472.1
Mu/Vud	9.39	Mu/Vud	12.99	Mu/Vud	16.60
Vm	1685.6	Vm	1649.8	Vm	1613.9
ΦVm	1179.9	ΦVm	1154.8	ΦVm	1129.7
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f`m)δg	3220.7	1,07Anraiz(f`m)δg	3152.22	1,07Anraiz(f`m)δg	3083.74
Vm<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	912	Vs	893	Vs	874
ΦVn	1819	ΦVn	1780	ΦVn	1741
ΦVn/Vu	5.8	ΦVn/Vu	4.5	ΦVn/Vu	3.7

Cuadro 76: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	186.8	F sísmica (kg/m)	186.8	F sísmica (kg/m)	186.8
Mu (kg*m)	303.7	Mu (kg*m)	513.8	Mu (kg*m)	770.8
1,33Mu	404.0	1,33Mu	683.4	1,33Mu	1025.2
fy (kg/cm2)	4200	fy (kg/cm2)	4200	fy (kg/cm2)	4200
diám de barra(cm)	0.95	diám de barra(cm)	1.27	diám de barra(cm)	1.59
d (cm)	7.53	d (cm)	7.37	d (cm)	7.21
As req (cm2)	1.26	As req (cm2)	2.17	As req (cm2)	3.33
As (2#3)	1.42	As (2#4)	2.58	As (2#5)	4
a	1.86	a	3.39	a	5.25
Mn (kg*m)	393.2	Mn (kg*m)	614.6	Mn (kg*m)	769.4
ΦMn (kg*m)	334	ΦMn (kg*m)	522	ΦMn (kg*m)	654.02
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	NO
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	NO	Mn>=1,33Mu	NO	Mn>=1,33Mu	NO
Mcr	182	Mcr	182	Mcr	182
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0047	ρ viga	0.0088	ρ viga	0.0139
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	NO	ρ viga < ρ max	NO
Cortante		Cortante		Cortante	
Vu	429.7	Vu	537.2	Vu	644.6
Mu/Vud	9.39	Mu/Vud	12.99	Mu/Vud	16.60
Vm	1685.6	Vm	1649.8	Vm	1613.9
ΦVm	1179.9	ΦVm	1154.8	ΦVm	1129.7
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f` m)δg	3220.7	1,07Anraiz(f` m)δg	3152.22	1,07Anraiz(f` m)δg	3083.74
Vn<1,07Anraiz(f` m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f` m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f` m)δg	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	912	Vs	893	Vs	874
ΦVn	1819	ΦVn	1780	ΦVn	1741
ΦVn/Vu	4.2	ΦVn/Vu	3.3	ΦVn/Vu	2.7

Cuadro 77: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26	Coef. sísmico	0.26
F sísmica (kg/m)	163.04	F sísmica (kg/m)	163.0	F sísmica (kg/m)	163.0
Mu (kg*m)	265.0	Mu (kg*m)	448.4	Mu (kg*m)	672.7
1,33Mu	352.5	1,33Mu	596.3	1,33Mu	894.6
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
diám de barra(cm)	0.95	diám de barra(cm)	0.95	diám de barra(cm)	1.27
d (cm)	10.53	d (cm)	10.53	d (cm)	10.37
As req (cm ²)	0.78	As req (cm ²)	1.33	As req (cm ²)	2.02
As (2#3)	1.42	As (2#3)	1.42	As (2#4)	2.58
a	1.86	a	1.86	a	3.39
Mn (kg*m)	572	Mn (kg*m)	572.1	Mn (kg*m)	939.7
ΦMn (kg*m)	486	ΦMn (kg*m)	486.31	ΦMn (kg*m)	798.73
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	NO	Mn>=1,33Mu	SI
		Mcr	285	Mcr	285
		Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0034	ρ viga	0.0034	ρ viga	0.0062
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI
Cortante		Cortante		Cortante	
Vu	375	Vu	468.7	Vu	562.5
Mu/Vud	6.72	Mu/Vud	9.09	Mu/Vud	11.54
Vm	2358	Vm	2357.6	Vm	2321.8
ΦVm	1650	ΦVm	1650.3	ΦVm	1625.2
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f`m)δg	4505	1,07Anraiz(f`m)δg	4505	1,07Anraiz(f`m)δg	4436
Vm<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vm<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vm<1,07Anraiz(f`m)δg	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1276	Vs	1276	Vs	1257
ΦVn	2544	ΦVn	2544	ΦVn	2505
ΦVn/Vu	6.8	ΦVn/Vu	5.4	ΦVn/Vu	4.5

Cuadro 78: Hoja de cálculo para vigas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Claro de viga (m)	4	Claro de viga (m)	5	Claro de viga (m)	6
Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355	Coef. sísmico	0.355
F sísmica (kg/m)	222.6	F sísmica (kg/m)	222.6	F sísmica (kg/m)	222.6
Mu (kg*m)	361.9	Mu (kg*m)	612.2	Mu (kg*m)	918.4
1,33Mu	481.3	1,33Mu	814.2	1,33Mu	1221.5
fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200	fy (kg/cm ²)	4200
diám de barra(cm)	0.95	diám de barra(cm)	1.27	diám de barra(cm)	1.59
d (cm)	10.53	d (cm)	10.37	d (cm)	10.02
As req (cm ²)	1.07	As req (cm ²)	1.84	As req (cm ²)	2.85
As (2#3)	1.42	As (2#4)	2.58	As (2#5)	4
a	1.86	a	3.39	a	5.25
Mn (kg*m)	572.1	Mn (kg*m)	939.7	Mn (kg*m)	1241.5
ΦMn (kg*m)	486.31	ΦMn (kg*m)	798.73	ΦMn (kg*m)	1055.29
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI
Mcr	285	Mcr	285	Mcr	285
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0034	ρ viga	0.0062	ρ viga	0.00999
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	NO
Cortante		Cortante		Cortante	
Vu	512.0	Vu	640.0	Vu	768.0
Mu/Vud	6.72	Mu/Vud	9.23	Mu/Vud	11.94
Vm	2357.6	Vm	2321.8	Vm	2243.4
ΦVm	1650.3	ΦVm	1625.2	ΦVm	1570.4
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f' m)δg	4505	1,07Anraiz(f' m)δg	4436	1,07Anraiz(f' m)δg	4286
Vm<1,07Anraiz(f' m)δg	SI	Vm<1,07Anraiz(f' m)δg	SI	Vm<1,07Anraiz(f' m)δg	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	1276	Vs	1257	Vs	1214
ΦVn	2544	ΦVn	2505	ΦVn	2420
ΦVn/Vu	5.0	ΦVn/Vu	3.9	ΦVn/Vu	3.2

2.2 Columnas

Cuadro 79: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	991.4	1.05CP+CS	1126.8	1.05CP+CS	1262.2
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	135.4	F sísmica (kg/m)	135.4	F sísmica (kg/m)	135.4
F horizontal (kg)	541.6	F horizontal (kg)	677	F horizontal (kg)	812.4
Mu (kg*m)	1841	Mu (kg*m)	2302	Mu (kg*m)	2762
Msismo (kg*m)	1624.8	Msismo (kg*m)	2031.000	Msismo (kg*m)	2437.2
d (cm)	31.310	d (cm)	31.310	d (cm)	31.310
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	4.05	a (cm)	4.05	a (cm)	4.05
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	4.8	c (cm)	4.8	c (cm)	4.8
Et	0.0167	Et	0.0167	Et	0.0167
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	541.6	Vu (kg)	677	Vu (kg)	812.4
Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3796.3	Vs	3796.3
ΦVn	5525.8	ΦVn	5525.8	ΦVn	5525.8
ΦVn/Vu	10.20	ΦVn/Vu	8.16	ΦVn/Vu	6.80

Cuadro 80: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	1189.4	1.05CP+CS	1374.3	1.05CP+CS	1559.2
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	184.9	F sísmica (kg/m)	184.9	F sísmica (kg/m)	184.9
F horizontal (kg)	739.6	F horizontal (kg)	924.5	F horizontal (kg)	1109.4
Mu (kg*m)	2514.64	Mu (kg*m)	3143.3	Mu (kg*m)	3771.96
Msismo (kg*m)	2218.8	Msismo (kg*m)	2773.5	Msismo (kg*m)	3328.2
d (cm)	31.310	d (cm)	31.145	d (cm)	31.145
As 2#4	2.58	As 2#5	4	As 2#5	4
a (cm)	4.05	a (cm)	6.27	a (cm)	6.27
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	4234.8
ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ
c (cm)	4.8	c (cm)	7.4	c (cm)	7.4
εt	0.0167	εt	0.0097	εt	0.0097
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	739.6	Vu (kg)	924.5	Vu (kg)	1109.4
Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5
ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3776.3	Vs	3776.3
ΦVn	5525.8	ΦVn	5510.8	ΦVn	5510.8
ΦVn/Vu	7.47	ΦVn/Vu	5.96	ΦVn/Vu	4.97

Cuadro 81: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1227.0	1.05CP+CS	1362.4	1.05CP+CS	1497.8
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	135.4	F sísmica (kg/m)	135.4	F sísmica (kg/m)	135.4
F horizontal (kg)	541.6	F horizontal (kg)	677	F horizontal (kg)	812.4
Mu (kg*m)	1841	Mu (kg*m)	2302	Mu (kg*m)	2762
Msismo (kg*m)	1624.8	Msismo (kg*m)	2031	Msismo (kg*m)	2437.2
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.305
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	3.04
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	3.6
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0275
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	541.6	Vu (kg)	677	Vu (kg)	812.4
Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4402.0
ΦVn	7448.9	ΦVn	7448.9	ΦVn	7448.9
ΦVn/Vu	13.75	ΦVn/Vu	11.00	ΦVn/Vu	9.17

Cuadro 82: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1425.0	1.05CP+CS	1609.9	1.05CP+CS	1794.8
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	184.9	F sísmica (kg/m)	184.9	F sísmica (kg/m)	184.9
F horizontal (kg)	739.6	F horizontal (kg)	924.5	F horizontal (kg)	1109.4
Mu (kg*m)	2514.64	Mu (kg*m)	3143.3	Mu (kg*m)	3771.96
Msismo (kg*m)	2218.8	Msismo (kg*m)	2773.5	Msismo (kg*m)	3328.2
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.145
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#5	4
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	4.71
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	5109.4
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	5.5
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0166
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	739.6	Vu (kg)	924.5	Vu (kg)	1109.4
Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4382.6
ΦVn	7448.9	ΦVn	7448.9	ΦVn	7434.4
ΦVn/Vu	10.07	ΦVn/Vu	8.06	ΦVn/Vu	6.70

Cuadro 83: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	1097.8	1.05CP+CS	1259.8	1.05CP+CS	1421.8
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	162.0	F sísmica (kg/m)	162.0	F sísmica (kg/m)	162.0
F horizontal (kg)	648	F horizontal (kg)	810	F horizontal (kg)	972
Mu (kg*m)	2203	Mu (kg*m)	2754	Mu (kg*m)	3305
Msismo (kg*m)	1944	Msismo (kg*m)	2430	Msismo (kg*m)	2916
d (cm)	31.310	d (cm)	31.310	d (cm)	31.145
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#5	4
a (cm)	4.05	a (cm)	4.05	a (cm)	6.27
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	4234.8
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	4.8	c (cm)	4.8	c (cm)	7.4
εt	0.0167	εt	0.0167	εt	0.0097
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	648	Vu (kg)	810	Vu (kg)	972
Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3796.3	Vs	3776.3
ΦVn	5525.8	ΦVn	5525.8	ΦVn	5510.8
ΦVn/Vu	8.53	ΦVn/Vu	6.82	ΦVn/Vu	5.67

Cuadro 84: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	1334.6	1.05CP+CS	1555.8	1.05CP+CS	1777.0
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	221.2	F sísmica (kg/m)	221.2	F sísmica (kg/m)	221.2
F horizontal (kg)	884.8	F horizontal (kg)	1106	F horizontal (kg)	1327.2
Mu (kg*m)	3008	Mu (kg*m)	3760	Mu (kg*m)	4512
Msismo (kg*m)	2654	Msismo (kg*m)	3318.0	Msismo (kg*m)	3981.6
d (cm)	31.145	d (cm)	31.145	d (cm)	30.985
As 2#5	4	As 2#5	4	As 2#6	5.68
a (cm)	6.27	a (cm)	6.27	a (cm)	8.91
ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	5696.1
ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ
c (cm)	7.4	c (cm)	7.4	c (cm)	10.5
εt	0.0097	εt	0.0097	εt	0.0059
refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#6
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	884.8	Vu (kg)	1106	Vu (kg)	1327.2
Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5
ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3776.3	Vs	3776.3	Vs	3756.9
ΦVn	5510.8	ΦVn	5510.8	ΦVn	5496.2
ΦVn/Vu	6.23	ΦVn/Vu	4.98	ΦVn/Vu	4.14

Cuadro 85: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1333.4	1.05CP+CS	1495.4	1.05CP+CS	1657.4
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	162.0	F sísmica (kg/m)	162.0	F sísmica (kg/m)	162.0
F horizontal (kg)	648	F horizontal (kg)	810	F horizontal (kg)	972
Mu (kg*m)	2203	Mu (kg*m)	2754	Mu (kg*m)	3305
Msismo (kg*m)	1944.0	Msismo (kg*m)	2430	Msismo (kg*m)	2916.0
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.305
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	3.04
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	3.6
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0275
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	648	Vu (kg)	810	Vu (kg)	972
Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4402.0
ΦVn	7448.9	ΦVn	7448.9	ΦVn	7448.9
ΦVn/Vu	11.50	ΦVn/Vu	9.20	ΦVn/Vu	7.66

Cuadro 86: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de mampostería de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1570.2	1.05CP+CS	1791.4	1.05CP+CS	2012.6
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	221.2	F sísmica (kg/m)	221.2	F sísmica (kg/m)	221.2
F horizontal (kg)	884.8	F horizontal (kg)	1106	F horizontal (kg)	1327.2
Mu (kg*m)	3008	Mu (kg*m)	3760	Mu (kg*m)	4512
Msismo (kg*m)	2654	Msismo (kg*m)	3318	Msismo (kg*m)	3982
d (cm)	36.305	d (cm)	36.145	d (cm)	36.145
As 2#4	2.58	As 2#5	4	As 2#5	4
a (cm)	3.04	a (cm)	4.71	a (cm)	4.71
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	5109.4	ΦMn kg*m)	5109.4
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	5.5	c (cm)	5.5
εt	0.0275	εt	0.0166	εt	0.0166
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	884.8	Vu (kg)	1106	Vu (kg)	1327.2
Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4382.6	Vs	4382.6
ΦVn	7448.9	ΦVn	7434.4	ΦVn	7434.4
ΦVn/Vu	8.42	ΦVn/Vu	6.72	ΦVn/Vu	5.60

Cuadro 87: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	927.8	1.05CP+CS	1047.3	1.05CP+CS	1166.8
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	119.5	F sísmica (kg/m)	119.5	F sísmica (kg/m)	119.5
F horizontal (kg)	478	F horizontal (kg)	597.5	F horizontal (kg)	717
Mu (kg*m)	1625.2	Mu (kg*m)	2031.5	Mu (kg*m)	2437.8
Msismo (kg*m)	1434	Msismo (kg*m)	1792.5	Msismo (kg*m)	2151
d (cm)	31.31	d (cm)	31.31	d (cm)	31.31
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	4.05	a (cm)	4.05	a (cm)	4.05
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	4.8	c (cm)	4.8	c (cm)	4.8
Et	0.0167	Et	0.0167	Et	0.0167
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	478	Vu (kg)	597.5	Vu (kg)	717
Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3607.1
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2705.3	ΦVc	2705.3	ΦVc	2705.3
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3796.3	Vs	3796.3
ΦVn	5552.6	ΦVn	5552.6	ΦVn	5552.6
ΦVn/Vu	11.62	ΦVn/Vu	9.29	ΦVn/Vu	7.74

Cuadro 88: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	1102.5	1.05CP+CS	1265.6	1.05CP+CS	1428.8
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	163.2	F sísmica (kg/m)	163.2	F sísmica (kg/m)	163.2
F horizontal (kg)	652.64	F horizontal (kg)	815.8	F horizontal (kg)	978.96
Mu (kg*m)	2219	Mu (kg*m)	2774	Mu (kg*m)	3328
Msismo (kg*m)	1957.92	Msismo (kg*m)	2447.4	Msismo (kg*m)	2936.88
d (cm)	31.310	d (cm)	31.31	d (cm)	31.145
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#5	4
a (cm)	4.05	a (cm)	4.05	a (cm)	6.27
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	4234.8
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	4.8	c (cm)	4.8	c (cm)	7.4
εt	0.0167	εt	0.0167	εt	0.0097
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	652.6	Vu (kg)	815.8	Vu (kg)	979.0
Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3588.1
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2705.3	ΦVc	2705.3	ΦVc	2691.1
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3796.3	Vs	3776.3
ΦVn	5552.6	ΦVn	5552.6	ΦVn	5523.3
ΦVn/Vu	8.51	ΦVn/Vu	6.81	ΦVn/Vu	5.64

Cuadro 89: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1163.4	1.05CP+CS	1282.9	1.05CP+CS	1402.4
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	119.5	F sísmica (kg/m)	119.5	F sísmica (kg/m)	119.5
F horizontal (kg)	478	F horizontal (kg)	597.5	F horizontal (kg)	717
Mu (kg*m)	1625.2	Mu (kg*m)	2031.5	Mu (kg*m)	2437.8
Msismo (kg*m)	1434	Msismo (kg*m)	1792.5	Msismo (kg*m)	2151
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.305
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	3.04
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	3.6
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0275
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	478	Vu (kg)	597.5	Vu (kg)	717
Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4402.0
ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4
ΦVn/Vu	13.47	ΦVn/Vu	10.78	ΦVn/Vu	8.98

Cuadro 90: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1338.1	1.05CP+CS	1501.2	1.05CP+CS	1664.4
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	163.2	F sísmica (kg/m)	163.2	F sísmica (kg/m)	163.2
F horizontal (kg)	652.64	F horizontal (kg)	815.8	F horizontal (kg)	978.96
Mu (kg*m)	2219	Mu (kg*m)	2774	Mu (kg*m)	3328
Msismo (kg*m)	1957.92	Msismo (kg*m)	2447.4	Msismo (kg*m)	2936.88
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.305
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	3.04
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	3.6
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0275
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	652.6	Vu (kg)	815.8	Vu (kg)	979.0
Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4402.0
ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4
ΦVn/Vu	9.87	ΦVn/Vu	7.89	ΦVn/Vu	6.58

Cuadro 91: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428	W columna (kg)	428	W columna (kg)	428
1.05CP+CS	992.7	1.05CP+CS	1128.4	1.05CP+CS	1264.1
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	135.7	F sísmica (kg/m)	135.7	F sísmica (kg/m)	135.7
F horizontal (kg)	542.88	F horizontal (kg)	678.6	F horizontal (kg)	814.32
Mu (kg*m)	1845.8	Mu (kg*m)	2307.24	Mu (kg*m)	2768.688
Msismo (kg*m)	1628.64	Msismo (kg*m)	2035.8	Msismo (kg*m)	2442.96
d (cm)	31.310	d (cm)	31.310	d (cm)	31.310
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	4.05	a (cm)	4.05	a (cm)	4.05
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	2856.1
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	4.8	c (cm)	4.8	c (cm)	4.8
εt	0.0167	εt	0.0167	εt	0.0167
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	542.88	Vu (kg)	678.6	Vu (kg)	814.32
Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3607.1
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2705.3	ΦVc	2705.3	ΦVc	2705.3
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3796.3	Vs	3796.3
ΦVn	5552.6	ΦVn	5552.6	ΦVn	5552.6
ΦVn/Vu	10.23	ΦVn/Vu	8.18	ΦVn/Vu	6.82

Cuadro 92: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428
1.05CP+CS	1191.1	1.05CP+CS	1376.4	1.05CP+CS	1561.7
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	185.3	F sísmica (kg/m)	185	F sísmica (kg/m)	185.3
F horizontal (kg)	741.24	F horizontal (kg)	926.55	F horizontal (kg)	1111.86
Mu (kg*m)	2520.216	Mu (kg*m)	3150	Mu (kg*m)	3780.324
Msismo (kg*m)	2223.72	Msismo (kg*m)	2779.65	Msismo (kg*m)	3335.58
d (cm)	31.310	d (cm)	31.145	d (cm)	31.145
As 2#4	2.58	As 2#5	4	As 2#5	4
a (cm)	4.05	a (cm)	6.27	a (cm)	6.27
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	4234.8
ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ
c (cm)	4.8	c (cm)	7.4	c (cm)	7.4
εt	0.0167	εt	0.0097	εt	0.0097
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	741.24	Vu (kg)	926.6	Vu (kg)	1111.86
Vc (kg)	3607.1	Vc (kg)	3588.1	Vc (kg)	3588.1
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2705.3	ΦVc	2691.1	ΦVc	2691.1
ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3776.3	Vs	3776.3
ΦVn	5552.6	ΦVn	5523.3	ΦVn	5523.3
ΦVn/Vu	7.49	ΦVn/Vu	5.96	ΦVn/Vu	4.97

Cuadro 93: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1228.3	1.05CP+CS	1364.0	1.05CP+CS	1499.8
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	135.7	F sísmica (kg/m)	135.7	F sísmica (kg/m)	135.7
F horizontal (kg)	542.88	F horizontal (kg)	678.6	F horizontal (kg)	814.32
Mu (kg*m)	1845.792	Mu (kg*m)	2307.24	Mu (kg*m)	2768.688
Msismo (kg*m)	1628.64	Msismo (kg*m)	2035.8	Msismo (kg*m)	2442.96
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.305
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#4	2.58
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	3.04
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	3.6
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0275
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	542.88	Vu (kg)	678.6	Vu (kg)	814.32
Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4402.0
ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4
ΦVn/Vu	11.86	ΦVn/Vu	9.49	ΦVn/Vu	7.91

Cuadro 94: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1426.7	1.05CP+CS	1612.0	1.05CP+CS	1797.3
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	185.3	F sísmica (kg/m)	185.3	F sísmica (kg/m)	185.3
F horizontal (kg)	741.24	F horizontal (kg)	926.55	F horizontal (kg)	1111.86
Mu (kg*m)	2520	Mu (kg*m)	3150	Mu (kg*m)	3780.324
Msismo (kg*m)	2223.72	Msismo (kg*m)	2779.65	Msismo (kg*m)	3335.58
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.145
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#5	4
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	4.71
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	5109.4
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	5.5
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0166
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	741.24	Vu (kg)	926.55	Vu (kg)	1111.86
Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4182.6	Vc (kg)	4164.1
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	3136.9	ΦVc	3136.9	ΦVc	3123.1
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4382.6
ΦVn	6438.4	ΦVn	6438.4	ΦVn	6410.0
ΦVn/Vu	8.69	ΦVn/Vu	6.95	ΦVn/Vu	5.77

Cuadro 95: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	618.3	1.05CP+CS	618.3	1.05CP+CS	618.3
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	168.5	F sísmica (kg/m)	168.5	F sísmica (kg/m)	168.5
F horizontal (kg)	673.92	F horizontal (kg)	842.4	F horizontal (kg)	1010.88
Mu (kg*m)	2291.328	Mu (kg*m)	2864.16	Mu (kg*m)	3436.992
Msismo (kg*m)	2021.76	Msismo (kg*m)	2527.2	Msismo (kg*m)	3032.64
d (cm)	31.310	d (cm)	31.145	d (cm)	31.145
As 2#4	2.58	As 2#5	4	As 2#5	4
a (cm)	4.05	a (cm)	6.27	a (cm)	6.27
ΦMn kg*m)	2856.1	ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	4234.8
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	4.8	c (cm)	7.4	c (cm)	7.4
εt	0.0167	εt	0.0097	εt	0.0097
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	673.92	Vu (kg)	842.4	Vu (kg)	1010.88
Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3796.3	Vs	3776.3	Vs	3776.3
ΦVn	5525.8	ΦVn	5510.8	ΦVn	5510.8
ΦVn/Vu	8.20	ΦVn/Vu	6.54	ΦVn/Vu	5.45

Cuadro 96: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 15x35 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
1.05CP+CS	679.9	1.05CP+CS	679.9	1.05CP+CS	679.9
0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513	0,05f`cAg	5513
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	230.0	F sísmica (kg/m)	230.0	F sísmica (kg/m)	230.0
F horizontal (kg)	920.16	F horizontal (kg)	1150.2	F horizontal (kg)	1380.24
Mu (kg*m)	3128.544	Mu (kg*m)	3910.68	Mu (kg*m)	4692.82
Msismo (kg*m)	2760.48	Msismo (kg*m)	3450.6	Msismo (kg*m)	4140.72
d (cm)	31.145	d (cm)	31.145	d (cm)	30.985
As 2#5	4	As 2#5	4	As 2#6	5.68
a (cm)	6.27	a (cm)	6.27	a (cm)	8.91
ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	4234.8	ΦMn kg*m)	5696.1
ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ	ΦMn > Mu	SÍ
c (cm)	7.4	c (cm)	7.4	c (cm)	10.5
εt	0.0097	εt	0.0097	εt	0.0059
refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#6
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	920.16	Vu (kg)	1150.2	Vu (kg)	1380.24
Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4	Vc (kg)	3571.4
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5	ΦVc	2678.5
ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ	ΦVc > Vu	SÍ
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	3776.3	Vs	3776.3	Vs	3756.9
ΦVn	5510.8	ΦVn	5510.8	ΦVn	5496.2
ΦVn/Vu	5.99	ΦVn/Vu	4.79	ΦVn/Vu	3.98

Cuadro 97: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1359.4	1.05CP+CS	1527.8	1.05CP+CS	1696.3
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	168.5	F sísmica (kg/m)	168.5	F sísmica (kg/m)	168.5
F horizontal (kg)	673.92	F horizontal (kg)	842.4	F horizontal (kg)	1010.88
Mu (kg*m)	2291.328	Mu (kg*m)	2864.16	Mu (kg*m)	3436.992
Msismo (kg*m)	2021.76	Msismo (kg*m)	2527.2	Msismo (kg*m)	3032.64
d (cm)	36.305	d (cm)	36.305	d (cm)	36.145
As 2#4	2.58	As 2#4	2.58	As 2#5	4
a (cm)	3.04	a (cm)	3.04	a (cm)	4.71
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	5109.4
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	3.6	c (cm)	5.5
εt	0.0275	εt	0.0275	εt	0.0166
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	673.92	Vu (kg)	842.4	Vu (kg)	1010.88
Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4402.0	Vs	4382.6
ΦVn	7448.9	ΦVn	7448.9	ΦVn	7434.4
ΦVn/Vu	11.05	ΦVn/Vu	8.84	ΦVn/Vu	7.35

Cuadro 98: Hoja de cálculo para columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm, con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
Columna de 20x40 cm					
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
1.05CP+CS	1605.6	1.05CP+CS	1835.6	1.05CP+CS	2065.7
0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400	0,05f`cAg	8400
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	230.0	F sísmica (kg/m)	230.0	F sísmica (kg/m)	230.0
F horizontal (kg)	920.16	F horizontal (kg)	1150.2	F horizontal (kg)	1380.24
Mu (kg*m)	3128.544	Mu (kg*m)	3910.68	Mu (kg*m)	4692.816
Msismo (kg*m)	2760.48	Msismo (kg*m)	3450.6	Msismo (kg*m)	4140.72
d (cm)	36.305	d (cm)	36.145	d (cm)	36.145
As 2#4	2.58	As 2#5	4	As 2#5	4
a (cm)	3.04	a (cm)	4.71	a (cm)	4.71
ΦMn kg*m)	3392.6	ΦMn kg*m)	5109.4	ΦMn kg*m)	5109.4
ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI	ΦMn > Mu	SI
c (cm)	3.6	c (cm)	5.5	c (cm)	5.5
εt	0.0275	εt	0.0166	εt	0.0166
refuerzo long	4#4	refuerzo long	4#5	refuerzo long	4#5
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	920.16	Vu (kg)	1150.2	Vu (kg)	1380.24
Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9	Vc (kg)	5529.9
Φ	0.75	Φ	0.75	Φ	0.75
ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4	ΦVc	4147.4
ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI	ΦVc > Vu	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4402.0	Vs	4382.6	Vs	4382.6
ΦVn	7448.9	ΦVn	7434.4	ΦVn	7434.4
ΦVn/Vu	8.10	ΦVn/Vu	6.46	ΦVn/Vu	5.39

Cuadro 99: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
12 x 59		12 x 59		12 x 59	
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	634.07	W columna (kg)	634.07	W columna (kg)	634.07
1.05CP+CS	1213.0	1.05CP+CS	1349.8	1.05CP+CS	1486.6
0,05f`cAg	3540	0,05f`cAg	3540	0,05f`cAg	3540
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	136.8	F sísmica (kg/m)	136.8	F sísmica (kg/m)	136.8
F horizontal (kg)	547.2	F horizontal (kg)	684	F horizontal (kg)	820.8
Mu (kg*m)	1860	Mu (kg*m)	2326	Mu (kg*m)	2791
Msismo (kg*m)	1641.6	Msismo (kg*m)	2052.0	Msismo (kg*m)	2462.4
1,33Mu	2474.4	1,33Mu	3093.0	1,33Mu	3711.7
fy	4200	fy	4200	fy	4200
diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59
d (cm)	48.60	d (cm)	48.60	d (cm)	48.60
As req (cm2)	1.19	As req (cm2)	1.49	As req (cm2)	1.79
As (1#4)	1.29	As (1#5)	2	As (1#5)	2
a	5.64	a	8.75	a	8.75
Mn (kg*m)	2480.3	Mn (kg*m)	3714.9	Mn (kg*m)	3714.9
ΦMn (kg*m)	2108	ΦMn (kg*m)	3158	ΦMn (kg*m)	3158
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI
Mcr	335	Mcr	335	Mcr	335
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0022	ρ viga	0.0034	ρ viga	0.0034
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	547.2	Vu (kg)	684	Vu (kg)	820.8
Mu/Vud	7.00	Mu/Vud	7.00	Mu/Vud	7.00
Vm	3265.9	Vm	3265.9	Vm	3265.9
ΦVm	2286.1	ΦVm	2286.1	ΦVm	2286.1
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f`m)δg	6240.24	1,07Anraiz(f`m)δg	6240.24	1,07Anraiz(f`m)δg	6240.24
Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI
Vs	2946	Vs	2946	Vs	2946
ΦVn	4349	ΦVn	4349	ΦVn	4349
ΦVn/Vu	7.9	ΦVn/Vu	6.4	ΦVn/Vu	5.3

Cuadro 100: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 12 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
12 x 59		12 cm x 79 cm		12 cm x 79 cm	
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	634.07	W columna (kg)	849.01	W columna (kg)	849.01
1.05CP+CS	1413.0	1.05CP+CS	1825.5	1.05CP+CS	2012.3
0,05f`cAg	3540	0,05f`cAg	4740	0,05f`cAg	4740
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	186.8	F sísmica (kg/m)	186.80	F sísmica (kg/m)	186.8
F horizontal (kg)	747.2	F horizontal (kg)	934.00	F horizontal (kg)	1120.8
Mu (kg*m)	2540.48	Mu (kg*m)	3175.6	Mu (kg*m)	3810.7
Msismo (kg*m)	2241.6	Msismo (kg*m)	2802.0	Msismo (kg*m)	3362.4
1,33Mu	3378.8	1,33Mu	4223.5	1,33Mu	5068.3
fy	4200	fy	4200	fy	4200
diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59
d (cm)	48.60	d (cm)	68.6	d (cm)	68.60
As req (cm2)	1.63	As req (cm2)	1.44	As req (cm2)	1.73
As (1#5)	2	As (1#5)	2	As (1#5)	2
a	8.75	a	8.75	a	8.75
Mn (kg*m)	3714.9	Mn (kg*m)	5395	Mn (kg*m)	5394.9
ΦMn (kg*m)	3158	ΦMn (kg*m)	4586	ΦMn (kg*m)	4586
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI
Mcr	335	Mcr	335	Mcr	335
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0034	ρ viga	0.0024	ρ viga	0.0024
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	747.2	Vu (kg)	934	Vu (kg)	1120.8
Mu/Vud	7.00	Mu/Vud	4.96	Mu/Vud	4.96
Vm	3265.9	Vm	4610	Vm	4609.9
ΦVm	2286.1	ΦVm	3226.9	ΦVm	3226.9
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f`m)δg	6240.24	1,07Anraiz(f`m)δg	8808.24	1,07Anraiz(f`m)δg	8808.24
Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI
Vs	2946	Vs	4158.9	Vs	4159
ΦVn	4349	ΦVn	6138	ΦVn	6138
ΦVn/Vu	5.8	ΦVn/Vu	6.57	ΦVn/Vu	5.5

Cuadro 101: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona I-III

Zona I a Zona III					
15x59		15x59		15x79	
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	771.1	W columna (kg)	771	W columna (kg)	1032.5
1.05CP+CS	972.7	1.05CP+CS	972.7	1.05CP+CS	1247.2
0,05f`cAg	4425	0,05f`cAg	4425	0,05f`cAg	5925
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	163.0	F sísmica (kg/m)	163.0	F sísmica (kg/m)	163.0
F horizontal (kg)	652.16	F horizontal (kg)	815.2	F horizontal (kg)	978.24
Mu (kg*m)	2217	Mu (kg*m)	2772	Mu (kg*m)	3326
Msismo (kg*m)	1956	Msismo (kg*m)	2446	Msismo (kg*m)	2935
1,33Mu	2949.1	1,33Mu	3686.3	1,33Mu	4423.6
fy	4200	fy	4200	fy	4200
diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59
d (cm)	48.65	d (cm)	48.65	d (cm)	68.65
As req (cm2)	1.42	As req (cm2)	1.77	As req (cm2)	1.51
As (1#5)	2	As (1#5)	2	As (1#5)	2
a	8.75	a	8.75	a	8.75
Mn (kg*m)	3719.1	Mn (kg*m)	3719.1	Mn (kg*m)	5399.1
ΦMn (kg*m)	3161	ΦMn (kg*m)	3161	ΦMn (kg*m)	4589
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI
Mcr	335	Mcr	335	Mcr	335
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0027	ρ viga	0.0027	ρ viga	0.0019
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	652.16	Vu (kg)	815.2	Vu (kg)	978.24
Mu/Vud	6.99	Mu/Vud	6.99	Mu/Vud	4.95
Vm	4086.6	Vm	4086.6	Vm	5766.6
ΦVm	2860.6	ΦVm	2860.6	ΦVm	4036.6
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f`m)δg	7808.325	1,07Anraiz(f`m)δg	7808.325	1,07Anraiz(f`m)δg	7808.325
Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	2949	Vs	2949	Vs	4162
ΦVn	4925	ΦVn	4925	ΦVn	6950
ΦVn/Vu	7.6	ΦVn/Vu	6.0	ΦVn/Vu	7.1

Cuadro 102: Hoja de cálculo para columnas de mampostería, con pared de 15 cm de ancho en la zona IV-V

Zona IV a Zona V					
15 cm x 79 cm		15 cm x 79 cm		15 cm x 79 cm	
L (m)	4	L	5	L	6
W columna (kg)	1032	W columna (kg)	1032	W columna (kg)	1293.9
1.05CP+CS	1306.7	1.05CP+CS	1306.7	1.05CP+CS	1581.2
0,05f`cAg	5925	0,05f`cAg	5925	0,05f`cAg	7425
0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ	0,05f`cAg>Pmayor	SÍ
F sísmica (kg/m)	222.6	F sísmica (kg/m)	222.6	F sísmica (kg/m)	222.6
F horizontal (kg)	890.4	F horizontal (kg)	1113	F horizontal (kg)	1335.6
Mu (kg*m)	3027.36	Mu (kg*m)	3784.2	Mu (kg*m)	4541.0
Msismo (kg*m)	2671.2	Msismo (kg*m)	3339.0	Msismo (kg*m)	4006.8
1,33Mu	4026.4	1,33Mu	5033.0	1,33Mu	6039.6
fy	4200	fy	4200	fy	4200
diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	1.59	diámetro barra (cm)	88.65
d (cm)	68.65	d (cm)	68.65	d (cm)	68.65
As req (cm2)	1.37	As req (cm2)	1.72	As req (cm2)	2.06
As (1#5)	2	As (1#5)	2	As (1#5)	2
a	7.00	a	7.00	a	7.00
Mn (kg*m)	5472.6	Mn (kg*m)	5472.6	Mn (kg*m)	5472.6
ΦMn (kg*m)	4652	ΦMn (kg*m)	4652	ΦMn (kg*m)	4652
ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI	ΦMn>=Mu ??	SI
Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo		Rev Acero Mínimo	
Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	SI	Mn>=1,33Mu	NO
Mcr	335	Mcr	335	Mcr	335
Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI	Mn>=1,3Mcr	SI
Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo		Rev Acero Máximo	
ρ max	0.0069	ρ max	0.0069	ρ max	0.0069
ρ viga	0.0019	ρ viga	0.0019	ρ viga	0.0019
ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI	ρ viga < ρ max	SI
Diseño a cortante		Diseño a cortante		Diseño a cortante	
Vu (kg)	890.4	Vu (kg)	1113	Vu (kg)	1335.6
Mu/Vud	4.95	Mu/Vud	4.95	Mu/Vud	4.95
Vm	5766.6	Vm	5766.6	Vm	5766.6
ΦVm	4036.6	ΦVm	4036.6	ΦVm	4036.6
ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI	ΦVm>=Vu ??	SI
1,07Anraiz(f`m)δg	7808.325	1,07Anraiz(f`m)δg	7808.325	1,07Anraiz(f`m)δg	7808.325
Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI	Vn<1,07Anraiz(f`m)δg	SI
Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm		Aros MW25 @ 20 cm	
Vs	4162	Vs	4162	Vs	4162
ΦVn	6950	ΦVn	6950	ΦVn	6950
ΦVn/Vu	7.8	ΦVn/Vu	6.2	ΦVn/Vu	5.2

2.3 Placas de cimentación

Cuadro 103: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 15x35 y pared de mampostería de 12 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5m y t=12 cm		Columna concreto L=6m y t=12 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.25	Área usada m ²	1.35	Área usada m ²	1.6
L (m)	1.25	L (m)	1.5	L (m)	1.6
B (m)	1	B (m)	0.9	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	878.965	Peso del suelo (kg)	952.365	Peso del suelo (kg)	1135.865
Peso de la placa (kg)	750	Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	960
Peso total (kg)	1954.50	Peso total (kg)	2081.23	Peso total (kg)	2398.05
Momento de sismo (kg*m)	1624.8	Momento de sismo (kg*m)	2031	Momento de sismo (kg*m)	2437.2
Msismo que se lleva placa (kg*m)	812.4	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1015.5	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1218.6
excentricidad e (m)	0.42	excentricidad e (m)	0.49	excentricidad e (m)	0.51
L = 3e	1.25	L = 3e	1.47	L = 3e	1.53
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.63	Le	0.79	Le	0.88
qu max (kg/m ²)	6224	qu max (kg/m ²)	5883	qu max (kg/m ²)	5478
qu cara columna (kg/m ²)	1764	qu cara columna (kg/m ²)	1580	qu cara columna (kg/m ²)	1567
qu d (kg/m ²)	3310	qu d (kg/m ²)	2747	qu d (kg/m ²)	2543
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2537.2	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2163.7	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2055.3
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1113.19	Vu dirección larga	902.65	Vu dirección larga	1094.81
Vu direcció corta	973.30	Vu direcció corta	1036.08	Vu direcció corta	1192.90
Vc	11978	Vc	10780	Vc	11978
øVc	8983.22	øVc	8084.90	øVc	8983.22
øVc > Vu	SI	øVc > Vu	SI	øVc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2779	Vu	2586	Vu	2970
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
øVc	27090	øVc	27090	øVc	27090
øVc > Vu	SI	øVc > Vu	SI	øVc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	199.184	Mu direccion larga	166.670	Mu direccion larga	226.496
Mu direccion corta	178.645	Mu direccion corta	235.116	Mu direccion corta	306.142
b	-132.56	b	-119.30	b	-132.56
c	44.79	c	47.58	c	68.84
As,req	0.34	As,req	0.40	As,req	0.52
1.33 As req	0.45	1.33 As req	0.53	1.33 As req	0.69
As,min 0.0018Ag	5.63	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.20
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.52	a (cm)	2.02	a (cm)	1.82
øMn (kg*m)	3617.21	øMn (kg*m)	4266.65	øMn (kg*m)	4296.25
øMn > Mu	SI	øMn > Mu	SI	øMn > Mu	SI
c	1.79	c	2.38	c	2.14
et	0.023	et	0.017	et	0.019
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 104: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 15x35 y pared de mampostería de 12 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5m y t=12 cm		Columna concreto L=6m y t=12 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.44	Área usada m ²	1.7	Área usada m ²	1.85
L (m)	1.6	L (m)	1.7	L (m)	1.85
B (m)	0.9	B (m)	1	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	1018.425	Peso del suelo (kg)	1209.265	Peso del suelo (kg)	1319.365
Peso de la placa (kg)	864	Peso de la placa (kg)	1020	Peso de la placa (kg)	1110
Peso total (kg)	2195.28	Peso total (kg)	2524.78	Peso total (kg)	2714.88
Momento de sismo (kg*m)	2218.8	Momento de sismo (kg*m)	2773.5	Momento de sismo (kg*m)	3328.2
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1109.4	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1386.75	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1664.1
excentricidad e (m)	0.51	excentricidad e (m)	0.55	excentricidad e (m)	0.61
L = 3e	1.52	L = 3e	1.65	L = 3e	1.84
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.88	Le	0.90	Le	0.94
qu max (kg/m ²)	5519	qu max (kg/m ²)	5597	qu max (kg/m ²)	5800
qu cara columna (kg/m ²)	1617	qu cara columna (kg/m ²)	1410	qu cara columna (kg/m ²)	1153
qu d (kg/m ²)	2590	qu d (kg/m ²)	2377	qu d (kg/m ²)	2120
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2103.5	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1893.3	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1636.4
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	907.88	Vu dirección larga	1087.19	Vu dirección larga	1054.97
Vu direcció corta	1093.52	Vu direcció corta	1233.76	Vu direcció corta	1259.10
Vc	10780	Vc	11978	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2703	Vu	2925	Vu	2774
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	181.877	Mu direccion larga	216.414	Mu direccion larga	192.684
Mu direccion corta	284.183	Mu direccion corta	321.119	Mu direccion corta	324.354
b	-119.30	b	-132.56	b	-132.56
c	57.51	c	72.21	c	72.94
As,req	0.48	As,req	0.55	As,req	0.55
1.33 As req	0.64	1.33 As req	0.73	1.33 As req	0.73
As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	7.65	As,min 0.0018Ag	8.33
As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	2.09	a (cm)	1.88	a (cm)	2.35
∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	4431.32	∅Mn (kg*m)	5450.20
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.46	c	2.21	c	2.77
et	0.016	et	0.018	et	0.014
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 105: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 20x40 y pared de mampostería de 12 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5m y t=12 cm		Columna concreto L=6m y t=12 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.2	Área usada m ²	1.35	Área usada m ²	1.5
L (m)	1.2	L (m)	1.5	L (m)	1.5
B (m)	1	B (m)	0.9	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	822.08	Peso del suelo (kg)	932.18	Peso del suelo (kg)	1042.28
Peso de la placa (kg)	720	Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	900
Peso total (kg)	2085.14	Peso total (kg)	2275.23	Peso total (kg)	2465.33
Momento de sismo (kg*m)	1624.8	Momento de sismo (kg*m)	2031	Momento de sismo (kg*m)	2437.2
Msismo que se lleva placa (kg*m)	812.4	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1015.5	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1218.6
excentricidad e (m)	0.39	excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.49
L = 3e	1.17	L = 3e	1.34	L = 3e	1.49
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.63	Le	0.91	Le	0.77
qu max (kg/m ²)	6607	qu max (kg/m ²)	5550	qu max (kg/m ²)	6428
qu cara columna (kg/m ²)	2420	qu cara columna (kg/m ²)	2199	qu cara columna (kg/m ²)	1819
qu d (kg/m ²)	4052	qu d (kg/m ²)	3149	qu d (kg/m ²)	3126
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3236.2	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2674.3	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2472.5
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1186.81	Vu dirección larga	916.70	Vu dirección larga	1144.29
Vu direcció corta	989.01	Vu direcció corta	1116.91	Vu direcció corta	1231.74
Vc	11978	Vc	10780	Vc	11978
∅Vc	8983.22	∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3243	Vu	3081	Vu	3219
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	232.310	Mu direccion larga	202.062	Mu direccion larga	218.299
Mu direccion corta	193.591	Mu direccion corta	299.382	Mu direccion corta	275.148
b	-132.56	b	-119.30	b	-132.56
c	52.24	c	60.59	c	61.87
As,req	0.40	As,req	0.51	As,req	0.47
1.33 As req	0.53	1.33 As req	0.68	1.33 As req	0.62
As,min 0.0018Ag	5.40	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	6.75
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
a (cm)	1.52	a (cm)	2.02	a (cm)	1.82
∅Mn (kg*m)	3617.21	∅Mn (kg*m)	4266.65	∅Mn (kg*m)	4296.25
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.79	c	2.38	c	2.14
et	0.023	et	0.017	et	0.019
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 106: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 12 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 20x40 y pared de mampostería de 12 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5m y t=12 cm		Columna concreto L=6m y t=12 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066
Área usada m2	1.35	Área usada m2	1.65	Área usada m2	1.8
L (m)	1.5	L (m)	1.65	L (m)	1.8
B (m)	0.9	B (m)	1	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	932.18	Peso del suelo (kg)	1152.38	Peso del suelo (kg)	1262.48
Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	990.00	Peso de la placa (kg)	1080
Peso total (kg)	2275.231	Peso total (kg)	2655.421	Peso total (kg)	2845.516
Momento de sismo (kg*m)	2218.8	Momento de sismo (kg*m)	2773.5	Momento de sismo (kg*m)	3328.2
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1109.4	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1386.75	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1664.1
excentricidad e (m)	0.49	excentricidad e (m)	0.52	excentricidad e (m)	0.58
L = 3e	1.47	L = 3e	1.57	L = 3e	1.76
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.79	Le	0.9083	Le	0.95
qu max (kg/m2)	6423	qu max (kg/m2)	5847.0	qu max (kg/m2)	6019
qu cara columna (kg/m2)	1935	qu cara columna (kg/m2)	1823.7	qu cara columna (kg/m2)	1563
qu d (kg/m2)	3208	qu d (kg/m2)	2827.6	qu d (kg/m2)	2556
qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2571.6	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2325.6	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2059.4
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	933.70	Vu dirección larga	1138.62	Vu dirección larga	1122.69
Vu direcció corta	1137.61	Vu direcció corta	1326.28	Vu direcció corta	1390.42
Vc	10780	Vc	11978	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2963	Vu	3377	Vu	3299
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	40	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	60320.1	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	177.810	Mu direccion larga	240.7	Mu direccion larga	225.076
Mu direccion corta	263.450	Mu direccion corta	356.2	Mu direccion corta	382.942
b	-119.30	b	-132.56	b	-132.56
c	53.32	c	80.10	c	86.11
As,req	0.45	As,req	0.61	As,req	0.65
1.33 As req	0.60	1.33 As req	0.81	1.33 As req	0.87
As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.43	As,min 0.0018Ag	8.10
As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (5#5)	10
a (cm)	2.09	a (cm)	1.88	a (cm)	2.35
∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	4431.32	∅Mn (kg*m)	5450.20
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.46	c	2.21	c	2.77
et	0.016	et	0.018	et	0.014
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 107: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 15x35 y pared de mampostería de 15 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4m y t=15 cm		Columna concreto L=5m y t=15 cm		Columna concreto L=6m y t=15 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.4	Área usada m ²	1.65	Área usada m ²	1.815
L (m)	1.4	L (m)	1.5	L (m)	1.65
B (m)	1	B (m)	1.1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	986.37	Peso del suelo (kg)	1169.37	Peso del suelo (kg)	1290.15
Peso de la placa (kg)	840	Peso de la placa (kg)	990	Peso de la placa (kg)	1089
Peso total (kg)	2142.03	Peso total (kg)	2458.38	Peso total (kg)	2667.17
Momento de sismo (kg*m)	1944	Momento de sismo (kg*m)	2430	Momento de sismo (kg*m)	2916
Msismo que se lleva placa (kg*m)	972	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1215	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1458
excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.49	excentricidad e (m)	0.55
L = 3e	1.37	L = 3e	1.49	L = 3e	1.64
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.74	Le	0.77	Le	0.84
qu max (kg/m ²)	5800	qu max (kg/m ²)	5825	qu max (kg/m ²)	5807
qu cara columna (kg/m ²)	1678	qu cara columna (kg/m ²)	1460	qu cara columna (kg/m ²)	1287
qu d (kg/m ²)	2902	qu d (kg/m ²)	2644	qu d (kg/m ²)	2371
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2289.9	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2052.0	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1829.2
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1093.13	Vu dirección larga	1265.32	Vu dirección larga	1248.43
Vu direcció corta	1071.02	Vu direcció corta	1218.73	Vu direcció corta	1288.80
Vc	11978	Vc	13175	Vc	13175
∅Vc	8983.22	∅Vc	9881.54	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2851	Vu	3068	Vu	3037
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	212.119	Mu direccion larga	247.061	Mu direccion larga	239.557
Mu direccion corta	231.202	Mu direccion corta	265.493	Mu direccion corta	299.059
b	-132.56	b	-145.81	b	-145.81
c	47.70	c	61.11	c	59.26
As,req	0.36	As,req	0.42	As,req	0.41
1.33 As req	0.48	1.33 As req	0.56	1.33 As req	0.54
As,min 0.0018Ag	6.30	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.43
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.52	a (cm)	1.66	a (cm)	1.66
∅Mn (kg*m)	3617.21	∅Mn (kg*m)	4320.47	∅Mn (kg*m)	4320.47
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.79	c	1.95	c	1.95
et	0.023	et	0.021	et	0.021
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.95	As,min cm2	4.95
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 108: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 15x35 y pared de mampostería de 15 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4m y t=15 cm		Columna concreto L=5m y t=15 cm		Columna concreto L=6m y t=15 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.76	Área usada m ²	2.0125	Área usada m ²	2.145
L (m)	1.6	L (m)	1.75	L (m)	1.95
B (m)	1.1	B (m)	1.15	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	1249.89	Peso del suelo (kg)	1434.72	Peso del suelo (kg)	1531.71
Peso de la placa (kg)	1056	Peso de la placa (kg)	1207.5	Peso de la placa (kg)	1287
Peso total (kg)	2597.58	Peso total (kg)	2917.09	Peso total (kg)	3084.75
Momento de sismo (kg*m)	2654	Momento de sismo (kg*m)	3318	Momento de sismo (kg*m)	3982
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1327	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1659	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1990.8
excentricidad e (m)	0.51	excentricidad e (m)	0.57	excentricidad e (m)	0.65
L = 3e	1.54	L = 3e	1.71	L = 3e	1.94
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.87	Le	0.92	Le	0.99
qu max (kg/m ²)	5445	qu max (kg/m ²)	5521	qu max (kg/m ²)	5672
qu cara columna (kg/m ²)	1522	qu cara columna (kg/m ²)	1315	qu cara columna (kg/m ²)	1083
qu d (kg/m ²)	2501	qu d (kg/m ²)	2252	qu d (kg/m ²)	1978
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2011.1	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1783.6	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1530.6
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1276.47	Vu dirección larga	1355.97	Vu dirección larga	1230.48
Vu direcció corta	1290.16	Vu direcció corta	1409.06	Vu direcció corta	1401.18
Vc	13175	Vc	13774	Vc	13175
∅Vc	9881.54	∅Vc	10330.71	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3228	Vu	3313	Vu	3046
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	274.657	Mu direccion larga	287.663	Mu direccion larga	238.327
Mu direccion corta	326.915	Mu direccion corta	370.510	Mu direccion corta	381.351
b	-145.81	b	-152.44	b	-145.81
c	67.94	c	74.39	c	58.95
As,req	0.47	As,req	0.49	As,req	0.41
1.33 As req	0.62	1.33 As req	0.65	1.33 As req	0.54
As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	7.88	As,min 0.0018Ag	8.78
As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.71	a (cm)	1.64	a (cm)	2.14
∅Mn (kg*m)	4457.19	∅Mn (kg*m)	4468.44	∅Mn (kg*m)	5490.63
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.01	c	1.93	c	2.52
et	0.020	et	0.021	et	0.016
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.95	As,min cm2	5.175	As,min cm2	4.95
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 109: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 20x40 y pared de mampostería de 15 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4m y t=15 cm		Columna concreto L=5m y t=15 cm		Columna concreto L=6m y t=15 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.26	Área usada m ²	1.5	Área usada m ²	1.76
L (m)	1.4	L (m)	1.5	L (m)	1.6
B (m)	0.9	B (m)	1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	863.76	Peso del suelo (kg)	1039.44	Peso del suelo (kg)	1229.76
Peso de la placa (kg)	756	Peso de la placa (kg)	900	Peso de la placa (kg)	1056
Peso total (kg)	2158.93	Peso total (kg)	2462.63	Peso total (kg)	2791.63
Momento de sismo (kg*m)	1944	Momento de sismo (kg*m)	2430	Momento de sismo (kg*m)	2916
Msismo que se lleva placa (kg*m)	972	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1215	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1458
excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.49	excentricidad e (m)	0.52
L = 3e	1.36	L = 3e	1.49	L = 3e	1.57
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.75	Le	0.77	Le	0.83
qu max (kg/m ²)	6403	qu max (kg/m ²)	6397	qu max (kg/m ²)	6092
qu cara columna (kg/m ²)	2130	qu cara columna (kg/m ²)	1827	qu cara columna (kg/m ²)	1705
qu d (kg/m ²)	3463	qu d (kg/m ²)	3123	qu d (kg/m ²)	2845
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2796.6	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2475.1	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2275.1
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	940.76	Vu dirección larga	1143.26	Vu dirección larga	1338.61
Vu direcció corta	1072.26	Vu direcció corta	1230.62	Vu direcció corta	1389.75
Vc	10780	Vc	11978	Vc	13175
∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2970	Vu	3223	Vu	3554
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	1452.095	Mu direccion larga	2027.203	Mu direccion larga	2626.868
Mu direccion corta	828.680	Mu direccion corta	1451.429	Mu direccion corta	2253.550
b	-119.30	b	-132.56	b	-145.81
c	293.88	c	455.85	c	649.77
As,req	2.52	As,req	3.53	As,req	4.60
1.33 As req	3.35	1.33 As req	4.70	1.33 As req	6.12
As,min 0.0018Ag	6.30	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.20
As principal cm ² (5#4)	6.45	As principal cm ² (6#4)	7.74	As principal cm ² (6#4)	7.74
a (cm)	1.69	a (cm)	1.82	a (cm)	1.66
∅Mn (kg*m)	3596.65	∅Mn (kg*m)	4296.25	∅Mn (kg*m)	4320.47
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.98	c	2.14	c	1.95
et	0.021	et	0.019	et	0.021
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm ²	4.05	As,min cm ²	4.5	As,min cm ²	4.95
As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16

Cuadro 110: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de mampostería de 15 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 20x40 y pared de mampostería de 15 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4m y t=15 cm		Columna concreto L=5m y t=15 cm		Columna concreto L=6m y t=15 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.6	Área usada m ²	1.87	Área usada m ²	2.09
L (m)	1.6	L (m)	1.7	L (m)	1.9
B (m)	1	B (m)	1.1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	1112.64	Peso del suelo (kg)	1310.28	Peso del suelo (kg)	1471.32
Peso de la placa (kg)	960	Peso de la placa (kg)	1122	Peso de la placa (kg)	1254
Peso total (kg)	2589.17	Peso total (kg)	2930.83	Peso total (kg)	3209.21
Momento de sismo (kg*m)	2654	Momento de sismo (kg*m)	3318	Momento de sismo (kg*m)	3981.6
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1327	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1659	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1990.8
excentricidad e (m)	0.51	excentricidad e (m)	0.57	excentricidad e (m)	0.62
L = 3e	1.54	L = 3e	1.70	L = 3e	1.87
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.86	Le	0.85	Le	0.99
qu max (kg/m ²)	6004	qu max (kg/m ²)	6256	qu max (kg/m ²)	5900
qu cara columna (kg/m ²)	1827	qu cara columna (kg/m ²)	1482	qu cara columna (kg/m ²)	1426
qu d (kg/m ²)	2913	qu d (kg/m ²)	2627	qu d (kg/m ²)	2356
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2370.0	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2054.9	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1890.9
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1137.40	Vu dirección larga	1313.44	Vu dirección larga	1316.31
Vu direcció corta	1293.44	Vu direcció corta	1427.92	Vu direcció corta	1539.56
Vc	11978	Vc	13175	Vc	13175
∅Vc	8983.22	∅Vc	9881.54	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3323	Vu	3436	Vu	3578
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	2353.679	Mu direccion larga	3290.042	Mu direccion larga	4454.521
Mu direccion corta	1729.233	Mu direccion corta	2872.506	Mu direccion corta	4002.063
b	-132.56	b	-145.81	b	-145.81
c	529.27	c	813.81	c	1101.85
As,req	4.12	As,req	5.81	As,req	7.99
1.33 As req	5.48	1.33 As req	7.73	1.33 As req	10.63
As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	7.65	As,min 0.0018Ag	8.55
As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (5#5)	10
a (cm)	1.88	a (cm)	1.71	a (cm)	2.14
∅Mn (kg*m)	4431.32	∅Mn (kg*m)	4457.19	∅Mn (kg*m)	5490.63
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.21	c	2.01	c	2.52
et	0.018	et	0.020	et	0.016
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm ²	4.5	As,min cm ²	4.95	As,min cm ²	4.95
As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16

Cuadro 111: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 15x35 y pared de concreto de 10 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4 m y t=10 cm		Columna concreto L=5 m y t=10 cm		Columna concreto L=6 m y t=10 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.125	Área usada m ²	1.26	Área usada m ²	1.5
L (m)	1.25	L (m)	1.4	L (m)	1.5
B (m)	0.9	B (m)	0.9	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	787.215	Peso del suelo (kg)	886.305	Peso del suelo (kg)	1062.465
Peso de la placa (kg)	675	Peso de la placa (kg)	756	Peso de la placa (kg)	900
Peso total (kg)	1796.08	Peso total (kg)	1967.17	Peso total (kg)	2271.32
Momento de sismo (kg*m)	1434	Momento de sismo (kg*m)	1792.5	Momento de sismo (kg*m)	2151
Msismo que se lleva placa (kg*m)	717	Msismo que se lleva placa (kg*m)	896.25	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1075.5
excentricidad e (m)	0.40	excentricidad e (m)	0.46	excentricidad e (m)	0.47
L = 3e	1.20	L = 3e	1.37	L = 3e	1.43
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.68	Le	0.73	Le	0.83
qu max (kg/m ²)	5892	qu max (kg/m ²)	5962	qu max (kg/m ²)	5477
qu cara columna (kg/m ²)	1978	qu cara columna (kg/m ²)	1693	qu cara columna (kg/m ²)	1680
qu d (kg/m ²)	3334	qu d (kg/m ²)	2961	qu d (kg/m ²)	2710
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2656.2	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2327.1	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2195.0
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	913.01	Vu dirección larga	908.10	Vu dirección larga	1093.60
Vu direcció corta	882.44	Vu direcció corta	983.54	Vu direcció corta	1135.54
Vc	10780	Vc	10780	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2577	Vu	2572	Vu	2953
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	173.842	Mu direccion larga	166.654	Mu direccion larga	227.603
Mu direccion corta	180.239	Mu direccion corta	209.984	Mu direccion corta	277.744
b	-119.30	b	-119.30	b	-132.56
c	36.48	c	42.50	c	62.46
As,req	0.31	As,req	0.36	As,req	0.47
1.33 As req	0.41	1.33 As req	0.48	1.33 As req	0.63
As,min 0.0018Ag	5.63	As,min 0.0018Ag	6.30	As,min 0.0018Ag	6.75
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.69	a (cm)	2.02	a (cm)	1.82
∅Mn (kg*m)	3596.65	∅Mn (kg*m)	4266.65	∅Mn (kg*m)	4296.25
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.98	c	2.38	c	2.14
et	0.021	et	0.017	et	0.019
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 112: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 15x35 y pared de concreto de 10 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4 m y t=10 cm		Columna concreto L=5 m y t=10 cm		Columna concreto L=6 m y t=10 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.28	Área usada m ²	1.485	Área usada m ²	1.75
L (m)	1.6	L (m)	1.65	L (m)	1.75
B (m)	0.8	B (m)	0.9	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	900.985	Peso del suelo (kg)	1051.455	Peso del suelo (kg)	1245.965
Peso de la placa (kg)	768	Peso de la placa (kg)	891	Peso de la placa (kg)	1050
Peso total (kg)	1992.52	Peso total (kg)	2252.31	Peso total (kg)	2588.15
Momento de sismo (kg*m)	1957.9	Momento de sismo (kg*m)	2447.4	Momento de sismo (kg*m)	2936.9
Msismo que se lleva placa (kg*m)	978.95	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1223.7	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1468.45
excentricidad e (m)	0.49	excentricidad e (m)	0.5433	excentricidad e (m)	0.57
L = 3e	1.48	L = 3e	1.6299	L = 3e	1.71
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.93	Le	0.85	Le	0.92
qu max (kg/m ²)	5379	qu max (kg/m ²)	5923	qu max (kg/m ²)	5609
qu cara columna (kg/m ²)	1749	qu cara columna (kg/m ²)	1367	qu cara columna (kg/m ²)	1355
qu d (kg/m ²)	2655	qu d (kg/m ²)	2460	qu d (kg/m ²)	2302
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2201.6	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1913.7	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1828.4
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	718.00	Vu dirección larga	889.18	Vu dirección larga	1084.03
Vu direcció corta	996.09	Vu direcció corta	1093.90	Vu direcció corta	1252.59
Vc	9582	Vc	10780	Vc	11978
∅Vc	7186.58	∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2477	Vu	2546	Vu	2917
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	147.765	Mu direccion larga	158.615	Mu direccion larga	214.082
Mu direccion corta	273.235	Mu direccion corta	259.936	Mu direccion corta	331.864
b	-106.05	b	-119.30	b	-132.56
c	49.15	c	52.61	c	74.63
As,req	0.47	As,req	0.44	As,req	0.57
1.33 As req	0.62	1.33 As req	0.59	1.33 As req	0.75
As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	7.43	As,min 0.0018Ag	7.88
As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (5#5)	10	As principal cm2 (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	2.35	a (cm)	2.61	a (cm)	2.35
∅Mn (kg*m)	4360.16	∅Mn (kg*m)	5400.79	∅Mn (kg*m)	5450.20
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.77	c	3.08	c	2.77
et	0.014	et	0.012	et	0.014
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	3.6	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 113: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 20x40 y pared de mampostería de 10 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4 m y t=10 cm		Columna concreto L=5 m y t=10 cm		Columna concreto L=6 m y t=10 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.08	Área usada m ²	1.215	Área usada m ²	1.35
L (m)	1.2	L (m)	1.35	L (m)	1.5
B (m)	0.9	B (m)	0.9	B (m)	0.9
Peso del suelo (kg)	734	Peso del suelo (kg)	833.09	Peso del suelo (kg)	932.18
Peso de la placa (kg)	648	Peso de la placa (kg)	729	Peso de la placa (kg)	810
Peso total (kg)	1933.06	Peso total (kg)	2104.15	Peso total (kg)	2275.23
Momento de sismo (kg*m)	1434	Momento de sismo (kg*m)	1792.5	Momento de sismo (kg*m)	2151
Msismo que se lleva placa (kg*m)	717	Msismo que se lleva placa (kg*m)	896.25	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1075.5
excentricidad e (m)	0.37	excentricidad e (m)	0.43	excentricidad e (m)	0.47
L = 3e	1.12	L = 3e	1.28	L = 3e	1.42
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.69	Le	0.75	Le	0.83
qu max (kg/m ²)	6250	qu max (kg/m ²)	6258	qu max (kg/m ²)	6078
qu cara columna (kg/m ²)	2613	qu cara columna (kg/m ²)	2280	qu cara columna (kg/m ²)	2060
qu d (kg/m ²)	4031	qu d (kg/m ²)	3586	qu d (kg/m ²)	3199
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3321.7	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2932.7	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2629.2
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	938.63	Vu dirección larga	939.37	Vu dirección larga	931.11
Vu direcció corta	885.37	Vu direcció corta	1029.66	Vu direcció corta	1134.46
Vc	10780	Vc	10780	Vc	10780
∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2930	Vu	2983	Vu	3029
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
αs	30	αs	30	αs	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	192.023	Mu direccion larga	188.496	Mu direccion larga	189.219
Mu direccion corta	188.104	Mu direccion corta	231.453	Mu direccion corta	280.353
b	-119.30	b	-119.30	b	-119.30
c	38.86	c	46.84	c	56.74
As,req	0.33	As,req	0.39	As,req	0.48
1.33 As req	0.43	1.33 As req	0.52	1.33 As req	0.64
As,min 0.0018Ag	5.40	As,min 0.0018Ag	6.08	As,min 0.0018Ag	6.75
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.69	a (cm)	2.02	a (cm)	2.02
∅Mn (kg*m)	3596.65	∅Mn (kg*m)	4266.65	∅Mn (kg*m)	4266.65
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.98	c	2.38	c	2.38
et	0.021	et	0.017	et	0.017
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.05
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 114: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 10 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 20x40 y pared de concreto de 10 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4 m y t=10 cm		Columna concreto L=5 m y t=10 cm		Columna concreto L=6 m y t=10 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.26	Área usada m ²	1.44	Área usada m ²	1.575
L (m)	1.4	L (m)	1.6	L (m)	1.75
B (m)	0.9	B (m)	0.9	B (m)	0.9
Peso del suelo (kg)	866.12	Peso del suelo (kg)	998.24	Peso del suelo (kg)	1097.33
Peso de la placa (kg)	756	Peso de la placa (kg)	864	Peso de la placa (kg)	945
Peso total (kg)	2161.17	Peso total (kg)	2389.29	Peso total (kg)	2560.37
Momento de sismo (kg*m)	1957.9	Momento de sismo (kg*m)	2447.4	Momento de sismo (kg*m)	2936.9
Msismo que se lleva placa (kg*m)	978.95	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1223.7	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1468.45
excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.512	excentricidad e (m)	0.57
L = 3e	1.36	L = 3e	1.54	L = 3e	1.73
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.74	Le	0.86	Le	0.90
qu max (kg/m ²)	6481	qu max (kg/m ²)	6149	qu max (kg/m ²)	6291
qu cara columna (kg/m ²)	2108	qu cara columna (kg/m ²)	1876	qu cara columna (kg/m ²)	1596
qu d (kg/m ²)	3472	qu d (kg/m ²)	2987	qu d (kg/m ²)	2681
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2790.1	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2431.6	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2138.2
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	943.22	Vu dirección larga	927.35	Vu dirección larga	910.29
Vu dirección corta	1075.06	Vu dirección corta	1193.68	Vu dirección corta	1252.21
Vc	10780	Vc	10780	Vc	10780
∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2963	Vu	3020	Vu	2945
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
αs	30	αs	30	αs	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu dirección larga	180.778	Mu dirección larga	183.886	Mu dirección larga	171.048
Mu dirección corta	237.173	Mu dirección corta	303.975	Mu dirección corta	327.185
b	-119.30	b	-119.30	b	-119.30
c	48.00	c	61.52	c	66.22
As,req	0.40	As,req	0.52	As,req	0.56
1.33 As req	0.54	1.33 As req	0.69	1.33 As req	0.74
As,min 0.0018Ag	6.30	As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	7.88
As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	2.09	a (cm)	2.09	a (cm)	2.61
∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	5400.79
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.46	c	2.46	c	3.08
et	0.016	et	0.016	et	0.012
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm ²	4.05	As,min cm ²	4.05	As,min cm ²	4.05
As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16

Cuadro 115: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 15x35 y pared de concreto de 12 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5 m y t=12 cm		Columna concreto L=6 m y t=12 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.215	Área usada m ²	1.5	Área usada m ²	1.6
L (m)	1.35	L (m)	1.5	L (m)	1.6
B (m)	0.9	B (m)	1	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	853.275	Peso del suelo (kg)	1062.465	Peso del suelo (kg)	1135.865
Peso de la placa (kg)	729	Peso de la placa (kg)	900	Peso de la placa (kg)	960
Peso total (kg)	1910.14	Peso total (kg)	2271.32	Peso total (kg)	2398.05
Momento de sismo (kg*m)	1628.6	Momento de sismo (kg*m)	2035.8	Momento de sismo (kg*m)	2445
Msismo que se lleva placa (kg*m)	814.3	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1017.9	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1222.5
excentricidad e (m)	0.43	excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.51
L = 3e	1.28	L = 3e	1.35	L = 3e	1.53
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.75	Le	0.91	Le	0.87
qu max (kg/m ²)	5689	qu max (kg/m ²)	5016	qu max (kg/m ²)	5509
qu cara columna (kg/m ²)	1877	qu cara columna (kg/m ²)	1831	qu cara columna (kg/m ²)	1554
qu d (kg/m ²)	3066	qu d (kg/m ²)	2695	qu d (kg/m ²)	2541
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2471.2	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2263.1	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2047.6
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	906.60	Vu dirección larga	1087.66	Vu dirección larga	1093.82
Vu direcció corta	949.30	Vu direcció corta	1129.36	Vu direcció corta	1191.83
Vc	10780	Vc	11978	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2620	Vu	3044	Vu	2959
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	178.127	Mu direccion larga	248.060	Mu direccion larga	224.581
Mu direccion corta	211.114	Mu direccion corta	302.708	Mu direccion corta	303.554
b	-119.30	b	-132.56	b	-132.56
c	42.73	c	68.07	c	68.26
As,req	0.36	As,req	0.52	As,req	0.52
1.33 As req	0.48	1.33 As req	0.69	1.33 As req	0.69
As,min 0.0018Ag	6.08	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.20
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.69	a (cm)	1.82	a (cm)	1.82
∅Mn (kg*m)	3596.65	∅Mn (kg*m)	4296.25	∅Mn (kg*m)	4296.25
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.98	c	2.14	c	2.14
et	0.021	et	0.019	et	0.019
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 116: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 15x35 y pared de concreto 12 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5m y t=12 cm		Columna concreto L=6m y t=12 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066
Área usada m2	1.44	Área usada m2	1.62	Área usada m2	1.9
L (m)	1.6	L (m)	1.8	L (m)	1.9
B (m)	0.9	B (m)	0.9	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	1018.425	Peso del suelo (kg)	1150.545	Peso del suelo (kg)	1356.065
Peso de la placa (kg)	864	Peso de la placa (kg)	972	Peso de la placa (kg)	1140
Peso total (kg)	2195.28	Peso total (kg)	2423.40	Peso total (kg)	2778.24
Momento de sismo (kg*m)	2223.7	Momento de sismo (kg*m)	2779.7	Momento de sismo (kg*m)	3335.6
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1111.85	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1389.85	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1667.8
excentricidad e (m)	0.51	excentricidad e (m)	0.5735	excentricidad e (m)	0.60
L = 3e	1.52	L = 3e	1.7205	L = 3e	1.81
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.88	Le	0.98	Le	1.05
qu max (kg/m2)	5540	qu max (kg/m2)	5498	qu max (kg/m2)	5297
qu cara columna (kg/m2)	1608	qu cara columna (kg/m2)	1428	qu cara columna (kg/m2)	1384
qu d (kg/m2)	2589	qu d (kg/m2)	2304	qu d (kg/m2)	2171
qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2098.5	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	1866.1	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	1777.4
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	907.41	Vu dirección larga	908.39	Vu dirección larga	1109.86
Vu direcció corta	1092.96	Vu direcció corta	1179.91	Vu direcció corta	1344.02
Vc	10780	Vc	10780	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2697	Vu	2734	Vu	3102
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	180.893	Mu direccion larga	180.786	Mu direccion larga	237.443
Mu direccion corta	282.646	Mu direccion corta	337.869	Mu direccion corta	415.558
b	-119.30	b	-119.30	b	-132.56
c	57.20	c	68.38	c	93.45
As,req	0.48	As,req	0.58	As,req	0.71
1.33 As req	0.64	1.33 As req	0.77	1.33 As req	0.94
As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	8.10	As,min 0.0018Ag	8.55
As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (5#5)	10	As principal cm2 (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	2.09	a (cm)	2.61	a (cm)	2.35
∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	5400.79	∅Mn (kg*m)	5450.20
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.46	c	3.08	c	2.77
et	0.016	et	0.012	et	0.014
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 117: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 20x40 y pared de concreto 12 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5 m y t=12 cm		Columna concreto L=6 m y t=12 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.125	Área usada m ²	1.35	Área usada m ²	1.5
L (m)	1.25	L (m)	1.35	L (m)	1.5
B (m)	0.9	B (m)	1	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	767.03	Peso del suelo (kg)	932.18	Peso del suelo (kg)	1042.28
Peso de la placa (kg)	675	Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	900
Peso total (kg)	1990.09	Peso total (kg)	2275.23	Peso total (kg)	2465.33
Momento de sismo (kg*m)	1628.6	Momento de sismo (kg*m)	2035.8	Momento de sismo (kg*m)	2445
Msismo que se lleva placa (kg*m)	814.3	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1017.9	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1222.5
excentricidad e (m)	0.41	excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.50
L = 3e	1.23	L = 3e	1.35	L = 3e	1.49
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.65	Le	0.68	Le	0.76
qu max (kg/m ²)	6830	qu max (kg/m ²)	6664	qu max (kg/m ²)	6468
qu cara columna (kg/m ²)	2347	qu cara columna (kg/m ²)	2028	qu cara columna (kg/m ²)	1802
qu d (kg/m ²)	3992	qu d (kg/m ²)	3550	qu d (kg/m ²)	3125
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3169.5	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2789.4	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2463.1
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	968.32	Vu dirección larga	1169.72	Vu dirección larga	1143.85
Vu direcció corta	966.65	Vu direcció corta	1132.73	Vu direcció corta	1231.26
Vc	10780	Vc	11978	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2938	Vu	3214	Vu	3207
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	179.683	Mu direccion larga	219.068	Mu direccion larga	216.194
Mu direccion corta	190.757	Mu direccion corta	228.830	Mu direccion corta	272.495
b	-119.30	b	-132.56	b	-132.56
c	38.61	c	51.46	c	61.28
As,req	0.32	As,req	0.39	As,req	0.46
1.33 As req	0.43	1.33 As req	0.52	1.33 As req	0.62
As,min 0.0018Ag	5.63	As,min 0.0018Ag	6.08	As,min 0.0018Ag	6.75
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.69	a (cm)	1.82	a (cm)	1.82
∅Mn (kg*m)	3596.65	∅Mn (kg*m)	4296.25	∅Mn (kg*m)	4296.25
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.98	c	2.14	c	2.14
et	0.021	et	0.019	et	0.019
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 118: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 12 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 20x40 y pared de concreto de 12 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4m y t=12 cm		Columna concreto L=5m y t=12 cm		Columna concreto L=6m y t=12 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.35	Área usada m ²	1.53	Área usada m ²	1.8
L (m)	1.5	L (m)	1.7	L (m)	1.8
B (m)	0.9	B (m)	0.9	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	932.18	Peso del suelo (kg)	1064.3	Peso del suelo (kg)	1262.48
Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	918	Peso de la placa (kg)	1080
Peso total (kg)	2275.23	Peso total (kg)	2503.35	Peso total (kg)	2845.52
Momento de sismo (kg*m)	2223.7	Momento de sismo (kg*m)	2779.7	Momento de sismo (kg*m)	3335.6
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1111.85	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1389.85	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1667.8
excentricidad e (m)	0.49	excentricidad e (m)	0.555	excentricidad e (m)	0.59
L = 3e	1.47	L = 3e	1.67	L = 3e	1.76
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.78	Le	0.88	Le	0.94
qu max (kg/m ²)	6449	qu max (kg/m ²)	6290	qu max (kg/m ²)	6044
qu cara columna (kg/m ²)	1925	qu cara columna (kg/m ²)	1667	qu cara columna (kg/m ²)	1551
qu d (kg/m ²)	3208	qu d (kg/m ²)	2776	qu d (kg/m ²)	2552
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2566.2	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2221.7	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2051.4
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	933.67	Vu dirección larga	915.86	Vu dirección larga	1121.01
Vu direcció corta	1137.58	Vu direcció corta	1234.47	Vu direcció corta	1388.35
Vc	10780	Vc	10780	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2957	Vu	2960	Vu	3287
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	176.837	Mu direccion larga	173.592	Mu direccion larga	223.339
Mu direccion corta	262.008	Mu direccion corta	316.968	Mu direccion corta	379.987
b	-119.30	b	-119.30	b	-132.56
c	53.03	c	64.15	c	85.45
As,req	0.45	As,req	0.54	As,req	0.65
1.33 As req	0.59	1.33 As req	0.72	1.33 As req	0.86
As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.65	As,min 0.0018Ag	8.10
As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	2.09	a (cm)	2.09	a (cm)	2.35
∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	5450.20
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.46	c	2.46	c	2.77
et	0.016	et	0.016	et	0.014
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm ²	4.05	As,min cm ²	4.05	As,min cm ²	4.5
As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16

Cuadro 119: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 15x35 y pared de concreto de 15 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4 m y t=15 cm		Columna concreto L=5 m y t=15 cm		Columna concreto L=6 m y t=15 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066
Área usada m2	1.485	Área usada m2	1.705	Área usada m2	1.87
L (m)	1.35	L (m)	1.55	L (m)	1.7
B (m)	1.1	B (m)	1.1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	1051.455	Peso del suelo (kg)	1212.935	Peso del suelo (kg)	1334.045
Peso de la placa (kg)	891	Peso de la placa (kg)	1023	Peso de la placa (kg)	1122
Peso total (kg)	2252.31	Peso total (kg)	2531.12	Peso total (kg)	2740.22
Momento de sismo (kg*m)	2021.76	Momento de sismo (kg*m)	2527.2	Momento de sismo (kg*m)	3032.64
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1010.88	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1263.6	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1516.32
excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.50	excentricidad e (m)	0.55
L = 3e	1.35	L = 3e	1.50	L = 3e	1.67
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.68	Le	0.83	Le	0.89
qu max (kg/m2)	6035	qu max (kg/m2)	5563	qu max (kg/m2)	5598
qu cara columna (kg/m2)	1588	qu cara columna (kg/m2)	1528	qu cara columna (kg/m2)	1352
qu d (kg/m2)	2975	qu d (kg/m2)	2577	qu d (kg/m2)	2333
qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2281.5	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2052.7	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	1842.6
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1281.42	Vu dirección larga	1274.38	Vu dirección larga	1265.47
Vu dirección corta	1125.93	Vu dirección corta	1258.73	Vu dirección corta	1332.13
Vc	13175	Vc	13175	Vc	13175
∅Vc	9881.54	∅Vc	9881.54	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3035	Vu	3182	Vu	3160
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
αs	30	αs	30	αs	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu dirección larga	241.850	Mu dirección larga	267.258	Mu dirección larga	259.308
Mu dirección corta	218.352	Mu dirección corta	302.627	Mu dirección corta	338.828
b	-145.81	b	-145.81	b	-145.81
c	59.82	c	74.86	c	83.81
As,req	0.41	As,req	0.52	As,req	0.58
1.33 As req	0.55	1.33 As req	0.69	1.33 As req	0.77
As,min 0.0018Ag	6.08	As,min 0.0018Ag	6.98	As,min 0.0018Ag	7.65
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.12	a (cm)	1.17	a (cm)	1.07
∅Mn (kg*m)	3665.17	∅Mn (kg*m)	4390.78	∅Mn (kg*m)	4405.95
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.32	c	1.38	c	1.26
et	0.032	et	0.031	et	0.034
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.95	As,min cm2	4.95	As,min cm2	4.95
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 120: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 15 cm x 35 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 15x35 y pared de concreto de 15 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4 m y t=15 cm		Columna concreto L=5 m y t=15 cm		Columna concreto L=6 m y t=15 cm	
a (m)	0.35	a (m)	0.35	a (m)	0.35
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4	W columna (kg)	428.4
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.7	Área usada m ²	1.9	Área usada m ²	2.2
L (m)	1.7	L (m)	1.9	L (m)	2
B (m)	1	B (m)	1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	1209.265	Peso del suelo (kg)	1356.065	Peso del suelo (kg)	1576.265
Peso de la placa (kg)	1020	Peso de la placa (kg)	1140	Peso de la placa (kg)	1320
Peso total (kg)	2524.78	Peso total (kg)	2778.24	Peso total (kg)	3158.43
Momento de sismo (kg*m)	2760.5	Momento de sismo (kg*m)	3450.6	Momento de sismo (kg*m)	4140.7
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1380.25	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1725.3	Msismo que se lleva placa (kg*m)	2070.35
excentricidad e (m)	0.55	excentricidad e (m)	0.62	excentricidad e (m)	0.66
L = 3e	1.65	L = 3e	1.87	L = 3e	1.97
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.91	Le	0.99	Le	1.03
qu max (kg/m ²)	5549	qu max (kg/m ²)	5630	qu max (kg/m ²)	5556
qu cara columna (kg/m ²)	1433	qu cara columna (kg/m ²)	1209	qu cara columna (kg/m ²)	1121
qu d (kg/m ²)	2384	qu d (kg/m ²)	2099	qu d (kg/m ²)	1959
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1908.4	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1653.9	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1540.2
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1090.35	Vu dirección larga	1072.85	Vu dirección larga	1250.30
Vu direcció corta	1237.36	Vu direcció corta	1299.20	Vu direcció corta	1442.04
Vc	11978	Vc	11978	Vc	13175
∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2949	Vu	2886	Vu	3150
b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38	b0 (cm)	162.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
αs	30	αs	30	αs	30
β	2.33	β	2.33	β	2.33
Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4	Vc (a) kg	40366.4
Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120	Vc (b) kg	36120
Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6	Vc (c) kg	48363.6
Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120	Vc (elegido) kg	36120
∅Vc	27090	∅Vc	27090	∅Vc	27090
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	219.987	Mu direccion larga	207.486	Mu direccion larga	252.920
Mu direccion corta	326.421	Mu direccion corta	363.128	Mu direccion corta	419.630
b	-132.56	b	-132.56	b	-145.81
c	73.40	c	81.66	c	103.80
As,req	0.56	As,req	0.62	As,req	0.72
1.33 As req	0.74	1.33 As req	0.82	1.33 As req	0.95
As,min 0.0018Ag	7.65	As,min 0.0018Ag	8.55	As,min 0.0018Ag	9.00
As principal cm ² (4#5)	8	As principal cm ² (5#5)	10	As principal cm ² (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.11	a (cm)	1.24	a (cm)	1.18
∅Mn (kg*m)	4548.51	∅Mn (kg*m)	5660.85	∅Mn (kg*m)	5672.56
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.30	c	1.46	c	1.38
et	0.033	et	0.029	et	0.031
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm ²	4.5	As,min cm ²	4.5	As,min cm ²	4.95
As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16	As, col secundario cm ² (4#4)	5.16

Cuadro 121: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Concreto 20x40 y pared de concreto de 15 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna concreto L=4 m y t=15 cm		Columna concreto L=5 m y t=15 cm		Columna concreto L=6 m y t=15 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066	qe (ton/m2)	19.066
Área usada m2	1.35	Área usada m2	1.55	Área usada m2	1.7
L (m)	1.35	L (m)	1.55	L (m)	1.7
B (m)	1	B (m)	1	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	932.18	Peso del suelo (kg)	1078.98	Peso del suelo (kg)	1189.08
Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	930	Peso de la placa (kg)	1020
Peso total (kg)	2275.23	Peso total (kg)	2528.69	Peso total (kg)	2718.79
Momento de sismo (kg*m)	2021.76	Momento de sismo (kg*m)	2527.2	Momento de sismo (kg*m)	3032.64
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1010.88	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1263.6	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1516.32
excentricidad e (m)	0.44	excentricidad e (m)	0.50	excentricidad e (m)	0.56
L = 3e	1.34	L = 3e	1.50	L = 3e	1.68
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.69	Le	0.83	Le	0.88
qu max (kg/m2)	6575	qu max (kg/m2)	6124	qu max (kg/m2)	6201
qu cara columna (kg/m2)	2062	qu cara columna (kg/m2)	1860	qu cara columna (kg/m2)	1604
qu d (kg/m2)	3544	qu d (kg/m2)	3017	qu d (kg/m2)	2707
qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2803.2	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2438.4	qu d/2 (kg/m2) (kg/m2)	2155.8
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1167.61	Vu dirección larga	1141.08	Vu dirección larga	1123.19
Vu direcció corta	1130.69	Vu direcció corta	1264.07	Vu direcció corta	1337.51
Vc	11978	Vc	11978	Vc	11978
∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3230	Vu	3297	Vu	3238
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	222.744	Mu direccion larga	230.665	Mu direccion larga	218.185
Mu direccion corta	232.670	Mu direccion corta	307.515	Mu direccion corta	338.908
b	-132.56	b	-132.56	b	-132.56
c	52.32	c	69.15	c	76.21
As,req	0.40	As,req	0.52	As,req	0.58
1.33 As req	0.53	1.33 As req	0.70	1.33 As req	0.77
As,min 0.0018Ag	6.08	As,min 0.0018Ag	6.98	As,min 0.0018Ag	7.65
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.52	a (cm)	1.82	a (cm)	1.82
∅Mn (kg*m)	3617.21	∅Mn (kg*m)	4296.25	∅Mn (kg*m)	4296.25
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.79	c	2.14	c	2.14
et	0.023	et	0.019	et	0.019
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 122: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de concreto reforzado de 20 cm x 40 cm con pared de concreto reforzado de 15 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Concreto 20x40 y pared de concreto de 15 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna concreto L=4 m y t=15 cm		Columna concreto L=5 m y t=15 cm		Columna concreto L=6 m y t=15 cm	
a (m)	0.4	a (m)	0.4	a (m)	0.4
b (m)	0.2	b (m)	0.2	b (m)	0.2
W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8	W columna (kg)	652.8
qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066	qe (ton/m ²)	19.066
Área usada m ²	1.53	Área usada m ²	1.925	Área usada m ²	2.145
L (m)	1.7	L (m)	1.75	L (m)	1.95
B (m)	0.9	B (m)	1.1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	1064.3	Peso del suelo (kg)	1354.23	Peso del suelo (kg)	1515.71
Peso de la placa (kg)	918	Peso de la placa (kg)	1155	Peso de la placa (kg)	1287
Peso total (kg)	2503.35	Peso total (kg)	3003.93	Peso total (kg)	3282.73
Momento de sismo (kg*m)	2760.5	Momento de sismo (kg*m)	3450.6	Momento de sismo (kg*m)	4140.7
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1380.25	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1725.3	Msismo que se lleva placa (kg*m)	2070.35
excentricidad e (m)	0.55	excentricidad e (m)	0.57	excentricidad e (m)	0.63
L = 3e	1.66	L = 3e	1.73	L = 3e	1.90
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.90	Le	0.90	Le	1.03
qu max (kg/m ²)	6209	qu max (kg/m ²)	6055	qu max (kg/m ²)	5778
qu cara columna (kg/m ²)	1704	qu cara columna (kg/m ²)	1524	qu cara columna (kg/m ²)	1443
qu d (kg/m ²)	2785	qu d (kg/m ²)	2571	qu d (kg/m ²)	2315
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2244.8	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	2047.2	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	1879.2
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	918.79	Vu dirección larga	1322.84	Vu dirección larga	1327.60
Vu direcció corta	1238.42	Vu direcció corta	1467.74	Vu direcció corta	1576.64
Vc	10780	Vc	13175	Vc	13175
∅Vc	8084.90	∅Vc	9881.54	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	2990	Vu	3536	Vu	3659
b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38	b0 (cm)	182.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	2.00	β	2.00	β	2.00
Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3	Vc (a) kg	45338.3
Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690	Vc (b) kg	43690
Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3	Vc (c) kg	50804.3
Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690	Vc (elegido) kg	43690
∅Vc	32767	∅Vc	32767	∅Vc	32767
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	177.465	Mu direccion larga	269.980	Mu direccion larga	284.900
Mu direccion corta	324.039	Mu direccion corta	381.829	Mu direccion corta	476.682
b	-119.30	b	-145.81	b	-145.81
c	65.58	c	94.45	c	117.91
As,req	0.55	As,req	0.65	As,req	0.81
1.33 As req	0.73	1.33 As req	0.87	1.33 As req	1.08
As,min 0.0018Ag	7.65	As,min 0.0018Ag	7.88	As,min 0.0018Ag	8.78
As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (4#5)	8	As principal cm2 (5#5)	10
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	2.09	a (cm)	1.71	a (cm)	2.14
∅Mn (kg*m)	4399.69	∅Mn (kg*m)	4457.19	∅Mn (kg*m)	5490.63
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.46	c	2.01	c	2.52
et	0.016	et	0.020	et	0.016
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.95	As,min cm2	4.95
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 123: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 12 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Mampostería y pared de mampostería de 12 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna mampostería 12x59 L = 4 m		Columna mampostería 12x59 L = 5 m		Columna mampostería 12x59 L = 6 m	
a (m)	0.59	a (m)	0.59	a (m)	0.59
b (m)	0.12	b (m)	0.12	b (m)	0.12
W columna (kg)	634.1	W columna (kg)	634.1	W columna (kg)	634.1
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.125	Área usada m ²	1.35	Área usada m ²	1.44
L (m)	1.25	L (m)	1.5	L (m)	1.6
B (m)	0.9	B (m)	0.9	B (m)	0.9
Peso del suelo (kg)	771.6744	Peso del suelo (kg)	936.3744	Peso del suelo (kg)	1002.2544
Peso de la placa (kg)	675	Peso de la placa (kg)	810	Peso de la placa (kg)	864
Peso total (kg)	1976.74	Peso total (kg)	2261.45	Peso total (kg)	2375.34
Momento de sismo (kg*m)	1641.6	Momento de sismo (kg*m)	2052	Momento de sismo (kg*m)	2462.4
Msismo que se lleva placa (kg*m)	820.8	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1026	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1231.2
excentricidad e (m)	0.42	excentricidad e (m)	0.45	excentricidad e (m)	0.52
L = 3e	1.25	L = 3e	1.3700	L = 3e	1.56
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.63	Le	0.89	Le	0.85
qu max (kg/m ²)	6980	qu max (kg/m ²)	5653	qu max (kg/m ²)	6247
qu cara columna (kg/m ²)	3320	qu cara columna (kg/m ²)	2760	qu cara columna (kg/m ²)	2514
qu d (kg/m ²)	5050	qu d (kg/m ²)	3751	qu d (kg/m ²)	3666
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	4184.8	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3255.6	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3089.9
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1477.36	Vu dirección larga	1317.05	Vu dirección larga	1372.98
Vu direcció corta	791.01	Vu direcció corta	1009.70	Vu direcció corta	1151.77
Vc	10780	Vc	10780	Vc	10780
∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90	∅Vc	8084.90
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3846	Vu	3725	Vu	3813
b0 (cm)	204.38	b0 (cm)	204.38	b0 (cm)	204.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	4.92	β	4.92	β	4.92
Vc (a) kg	50807.3	Vc (a) kg	50807.3	Vc (a) kg	50807.3
Vc (b) kg	34438	Vc (b) kg	34438	Vc (b) kg	34438
Vc (c) kg	53489.1	Vc (c) kg	53489.1	Vc (c) kg	53489.1
Vc (elegido) kg	34438	Vc (elegido) kg	34438	Vc (elegido) kg	34438
∅Vc	25828	∅Vc	25828	∅Vc	25828
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	315.600	Mu direccion larga	314.811	Mu direccion larga	305.846
Mu direccion corta	162.693	Mu direccion corta	257.095	Mu direccion corta	288.455
b	-119.30	b	-119.30	b	-119.30
c	63.87	c	63.71	c	61.90
As,req	0.54	As,req	0.54	As,req	0.52
1.33 As req	0.72	1.33 As req	0.71	1.33 As req	0.69
As,min 0.0018Ag	5.63	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.20
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.69	a (cm)	2.02	a (cm)	2.02
∅Mn (kg*m)	3596.65	∅Mn (kg*m)	4266.65	∅Mn (kg*m)	4266.65
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.98	c	2.38	c	2.38
et	0.021	et	0.017	et	0.017
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.05
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 124: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 12 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Mampostería y pared de mampostería de 12 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna mampostería 12x59 L = 4 m		Columna mampostería 12x79 L = 5 m		Columna mampostería 12x79 L = 6 m	
a (m)	0.59	a (m)	0.79	a (m)	0.79
b (m)	0.12	b (m)	0.12	b (m)	0.12
W columna (kg)	634.1	W columna (kg)	849.01	W columna (kg)	849
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.5	Área usada m ²	1.65	Área usada m ²	1.955
L (m)	1.5	L (m)	1.65	L (m)	1.7
B (m)	1	B (m)	1	B (m)	1.15
Peso del suelo (kg)	1046.1744	Peso del suelo (kg)	1138.4064	Peso del suelo (kg)	1361.6664
Peso de la placa (kg)	900	Peso de la placa (kg)	990	Peso de la placa (kg)	1173
Peso total (kg)	2451.26	Peso total (kg)	2828.55	Peso total (kg)	3214.53
Momento de sismo (kg*m)	2368.8	Momento de sismo (kg*m)	2961	Momento de sismo (kg*m)	3553.2
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1184.4	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1480.5	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1776.6
excentricidad e (m)	0.48	excentricidad e (m)	0.52	excentricidad e (m)	0.55
L = 3e	1.45	L = 3e	1.58	L = 3e	1.66
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.80	Le	0.90	Le	0.89
qu max (kg/m ²)	6125	qu max (kg/m ²)	6253	qu max (kg/m ²)	6268
qu cara columna (kg/m ²)	2643	qu cara columna (kg/m ²)	3281	qu cara columna (kg/m ²)	3070
qu d (kg/m ²)	3836	qu d (kg/m ²)	4359	qu d (kg/m ²)	4166
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3239.9	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3819.8	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3618.3
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1634.63	Vu dirección larga	2042.84	Vu dirección larga	2543.02
Vu direcció corta	1147.30	Vu direcció corta	1194.50	Vu direcció corta	1432.81
Vc	11978	Vc	11978	Vc	13774
∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22	∅Vc	10330.71
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	4193	Vu	5306	Vu	6129
b0 (cm)	204.38	b0 (cm)	244.38	b0 (cm)	244.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	4.92	β	6.58	β	6.58
Vc (a) kg	50807.3	Vc (a) kg	60751.0	Vc (a) kg	60751.0
Vc (b) kg	34438	Vc (b) kg	38163	Vc (b) kg	38163
Vc (c) kg	53489.1	Vc (c) kg	58370.5	Vc (c) kg	58370.5
Vc (elegido) kg	34438	Vc (elegido) kg	38163	Vc (elegido) kg	38163
∅Vc	25828	∅Vc	28623	∅Vc	28623
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	383.800	Mu direccion larga	524.035	Mu direccion larga	692.204
Mu direccion corta	273.609	Mu direccion corta	303.325	Mu direccion corta	365.503
b	-132.56	b	-132.56	b	-152.44
c	86.30	c	117.84	c	179.00
As,req	0.65	As,req	0.90	As,req	1.18
1.33 As req	0.87	1.33 As req	1.19	1.33 As req	1.57
As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.43	As,min 0.0018Ag	7.65
As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.82	a (cm)	1.82	a (cm)	1.58
∅Mn (kg*m)	4296.25	∅Mn (kg*m)	4296.25	∅Mn (kg*m)	4331.00
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	2.14	c	2.14	c	1.86
et	0.019	et	0.019	et	0.022
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5	As,min cm2	5.17
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 125: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 15 cm de ancho, en la zona I-III

Columna de Mampostería y pared de mampostería de 15 cm de espesor en zona 1 a la 3					
Columna mampostería 15x59 L = 4 m		Columna mampostería 15x59 L = 5 m		Columna mampostería 15x79 L = 6 m	
a (m)	0.59	a (m)	0.59	a (m)	0.79
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	777.1	W columna (kg)	777.1	W columna (kg)	1032.5
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.215	Área usada m ²	1.5	Área usada m ²	1.6
L (m)	1.35	L (m)	1.5	L (m)	1.6
B (m)	0.9	B (m)	1	B (m)	1
Peso del suelo (kg)	824.598	Peso del suelo (kg)	1033.218	Peso del suelo (kg)	1084.458
Peso de la placa (kg)	729	Peso de la placa (kg)	900	Peso de la placa (kg)	960
Peso total (kg)	2214.16	Peso total (kg)	2574.80	Peso total (kg)	2923.11
Momento de sismo (kg*m)	1956.0	Momento de sismo (kg*m)	2446.0	Momento de sismo (kg*m)	2935.0
Msismo que se lleva placa (kg*m)	978	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1223	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1467.5
excentricidad e (m)	0.44	excentricidad e (m)	0.47	excentricidad e (m)	0.50
L = 3e	1.33	L = 3e	1.4300	L = 3e	1.51
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.70	Le	0.83	Le	0.89
qu max (kg/m ²)	7030	qu max (kg/m ²)	6242	qu max (kg/m ²)	6540
qu cara columna (kg/m ²)	3213	qu cara columna (kg/m ²)	2799	qu cara columna (kg/m ²)	3577
qu d (kg/m ²)	4780	qu d (kg/m ²)	3979	qu d (kg/m ²)	4718
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3996.4	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3389.4	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	4147.5
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1413.43	Vu dirección larga	1605.93	Vu dirección larga	2031.00
Vu direcció corta	963.79	Vu direcció corta	1190.00	Vu direcció corta	1175.01
Vc	10780	Vc	11978	Vc	11978
∅Vc	8084.90	∅Vc	8983.22	∅Vc	8983.22
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	3944	Vu	4310	Vu	5436
b0 (cm)	210.38	b0 (cm)	210.38	b0 (cm)	250.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	3.93	β	3.93	β	5.27
Vc (a) kg	52298.9	Vc (a) kg	52298.9	Vc (a) kg	62242.5
Vc (b) kg	38011	Vc (b) kg	38011	Vc (b) kg	41378
Vc (c) kg	54221.3	Vc (c) kg	54221.3	Vc (c) kg	59102.8
Vc (elegido) kg	38011	Vc (elegido) kg	38011	Vc (elegido) kg	41378
∅Vc	28509	∅Vc	28509	∅Vc	31034
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	305.004	Mu direccion larga	379.237	Mu direccion larga	516.875
Mu direccion corta	208.794	Mu direccion corta	289.778	Mu direccion corta	293.358
b	-119.30	b	-132.56	b	-132.56
c	61.73	c	85.28	c	116.23
As,req	0.52	As,req	0.65	As,req	0.88
1.33 As req	0.69	1.33 As req	0.86	1.33 As req	1.17
As,min 0.0018Ag	6.08	As,min 0.0018Ag	6.75	As,min 0.0018Ag	7.20
As principal cm2 (5#4)	6.45	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.12	a (cm)	1.21	a (cm)	1.14
∅Mn (kg*m)	3665.17	∅Mn (kg*m)	4385.05	∅Mn (kg*m)	4396.15
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.32	c	1.43	c	1.34
et	0.032	et	0.030	et	0.032
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.5	As,min cm2	4.5
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16

Cuadro 126: Hoja de cálculo para placas de cimentación, con columnas de mampostería con pared de 15 cm de ancho, en la zona IV-V

Columna de Mampostería y pared de mampostería de 15 cm de espesor en zona 4 y 5					
Columna mampostería 15x79 L = 4 m		Columna mampostería 15x79 L = 5 m		Columna mampostería 15x79 L = 6 m	
a (m)	0.79	a (m)	0.79	a (m)	0.99
b (m)	0.15	b (m)	0.15	b (m)	0.15
W columna (kg)	1032.5	W columna (kg)	1032.5	W columna (kg)	1294
qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068	qe (ton/m ²)	19.068
Área usada m ²	1.44	Área usada m ²	1.87	Área usada m ²	1.98
L (m)	1.6	L (m)	1.7	L (m)	1.8
B (m)	0.9	B (m)	1.1	B (m)	1.1
Peso del suelo (kg)	967.338	Peso del suelo (kg)	1282.098	Peso del suelo (kg)	1340.658
Peso de la placa (kg)	864	Peso de la placa (kg)	1122	Peso de la placa (kg)	1188
Peso total (kg)	2720.65	Peso total (kg)	3264.77	Peso total (kg)	3631.53
Momento de sismo (kg*m)	2822.4	Momento de sismo (kg*m)	3528	Momento de sismo (kg*m)	4233.6
Msismo que se lleva placa (kg*m)	1411.2	Msismo que se lleva placa (kg*m)	1764	Msismo que se lleva placa (kg*m)	2116.8
excentricidad e (m)	0.52	excentricidad e (m)	0.54	excentricidad e (m)	0.58
L = 3e	1.56	L = 3e	1.63	L = 3e	1.75
dimensiones correctas		dimensiones correctas		dimensiones correctas	
Le	0.84	Le	0.93	Le	0.95
qu max (kg/m ²)	7164	qu max (kg/m ²)	6389	qu max (kg/m ²)	6941
qu cara columna (kg/m ²)	3726	qu cara columna (kg/m ²)	3260	qu cara columna (kg/m ²)	3986
qu d (kg/m ²)	5050	qu d (kg/m ²)	4333	qu d (kg/m ²)	5124
qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	4388.0	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	3796.4	qu d/2 (kg/m ²) (kg/m ²)	4554.7
Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección		Cortante en 1 dirección	
Vu dirección larga	1769.90	Vu dirección larga	2349.95	Vu dirección larga	2942.46
Vu direcció corta	1131.92	Vu direcció corta	1425.24	Vu direcció corta	1403.65
Vc	10780	Vc	13175	Vc	13175
∅Vc	8084.90	∅Vc	9881.54	∅Vc	9881.54
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones		Cortante en dos direcciones	
Vu	5049	Vu	6000	Vu	7421
b0 (cm)	250.38	b0 (cm)	250.38	b0 (cm)	290.38
λs	1.00	λs	1.00	λs	1.00
as	30	as	30	as	30
β	5.27	β	5.27	β	6.60
Vc (a) kg	62242.5	Vc (a) kg	62242.5	Vc (a) kg	72186.2
Vc (b) kg	41378	Vc (b) kg	41378	Vc (b) kg	45320
Vc (c) kg	59102.8	Vc (c) kg	59102.8	Vc (c) kg	63984.2
Vc (elegido) kg	41378	Vc (elegido) kg	41378	Vc (elegido) kg	45320
∅Vc	31034	∅Vc	31034	∅Vc	33990
∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI	∅Vc > Vu	SI
Momento		Momento		Momento	
Mu direccion larga	419.175	Mu direccion larga	625.233	Mu direccion larga	809.377
Mu direccion corta	275.021	Mu direccion corta	371.211	Mu direccion corta	359.579
b	-119.30	b	-145.81	b	-145.81
c	84.83	c	154.65	c	200.20
As,req	0.72	As,req	1.07	As,req	1.39
1.33 As req	0.95	1.33 As req	1.42	1.33 As req	1.84
As,min 0.0018Ag	7.20	As,min 0.0018Ag	7.65	As,min 0.0018Ag	8.10
As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (6#4)	7.74	As principal cm2 (7#4)	9.03
As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI	As > 1.33Asreq y Asmin ?	SI
a (cm)	1.14	a (cm)	1.07	a (cm)	1.18
∅Mn (kg*m)	4396.15	∅Mn (kg*m)	4405.95	∅Mn (kg*m)	5121.65
∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI	∅Mn > Mu	SI
c	1.34	c	1.26	c	1.39
et	0.032	et	0.034	et	0.031
Ductil	SI	Ductil	SI	Ductil	SI
Dirección Secundaria		Dirección Secundaria		Dirección Secundaria	
As,min cm2	4.05	As,min cm2	4.95	As,min cm2	4.95
As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16	As, col secundario cm2 (4#4)	5.16