



APLICACIÓN DEL DOCUMENTO AIS 610-EP-17 EVALUACIÓN E INTERVENCIÓN DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES DE UNO Y DOS PISOS DE ADOBE Y TAPIA PISADA

Trabajo de grado presentado por el Ingeniero
ANGEL DAVID GUERRERO ROJAS

Como requisito parcial para optar al título de
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
Bogotá D.C., Colombia
2020

**APLICACIÓN DEL DOCUMENTO AIS 610-EP-17 EVALUACIÓN E
INTERVENCIÓN DE EDIFICACIONES PATRIMONIALES DE UNO Y
DOS PISOS DE ADOBE Y TAPIA PISADA**

ANGEL DAVID GUERRERO ROJAS

APROBADO:

PhD. SANDRA ROCIO JEREZ BARBOSA
Directora del Trabajo de grado

DIEGO PALMA CUERO, MSc.
Jurado

LEONARDO FONSECA BARRERA, PhD.
Jurado

DEDICATORIA

A Dios, única y verdadera fuente de la sabiduría.

Luis Elver y Mireya

A mis padres por todo el esfuerzo y amor que me han brindado desde niño.

Wendy Paola

A mi esposa por todo el amor, paciencia y apoyo incondicional.

Laura Carolina y Luis Felipe

A mis hermanos por estar siempre presentes.

A todas las personas que me han apoyado y me han dado una voz de aliento.

Que este logro no sea simplemente un grado académico, sino una herramienta que me permita ayudar a las demás personas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser la fortaleza diaria que me permite este logro en mi formación académica.

Quiero expresar mi especial agradecimiento a la Ingeniera Sandra Rocío Jerez Barbosa por todo su conocimiento, tiempo, disponibilidad y apoyo incondicional que me ha brindado en la dirección del presente trabajo.

A los funcionarios del Ministerio de Cultura de Colombia, quienes han apoyado el desarrollo de este trabajo con la entrega de la información pertinente de las edificaciones.

A los miembros del Comité AIS 600 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS, quienes han apoyado de cierta manera con su conocimiento el desarrollo de este trabajo.

A mis padres Luis Elver Guerrero Sánchez, Mireya Rojas Mancipe, y a mi esposa Wendy Paola Díaz Guzmán por toda la confianza, paciencia y apoyo incondicional en la realización de este trabajo.

A todas las personas que han apoyado el desarrollo de este trabajo de grado.

NOTA DE ADVERTENCIA

“La Universidad no se hace responsable de los conceptos emitidos por sus estudiantes en sus proyectos de trabajo de grado, solo velará por la calidad académica de los mismos, en procura de garantizar su desarrollo de acuerdo a la actualidad del área disciplinar respectiva. En el caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, el estudiante – autor asumirá toda la responsabilidad y saldrá en defensa de los derechos. Para todos los derechos, la Universidad actúa como un tercero de buena fe” (Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995).

RESUMEN

Uno de los materiales más antiguos usados en la construcción de edificaciones es la tierra. La gran mayoría de edificaciones patrimoniales en Colombia fueron construidas con este material, y además se encuentran en zonas de amenaza sísmica alta. Se ha demostrado con los últimos sismos ocurridos alrededor del mundo que el comportamiento sísmico de estas construcciones es deficiente, por lo que es indispensable realizar intervenciones a estas edificaciones para reducir su vulnerabilidad. En Colombia no existía hasta hace poco tiempo un documento reglamentario con requisitos generales para la intervención, lo que hizo que muchas intervenciones se realizaran con base en la experiencia particular de los profesionales. La Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS elaboró el documento AIS 610-EP-17 (Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada) que contiene criterios y procedimientos para la evaluación e intervención de este tipo de edificaciones. Este documento hace parte de un proyecto financiado por el Ministerio de Cultura y el Instituto Distrital de Patrimonio Cultural y fue incorporado en el Reglamento NSR-10 el pasado 25 de noviembre mediante el Decreto 2113 de 2019. Con estos antecedentes, el presente trabajo está orientado a efectuar una aplicación de los criterios prescritos en el documento a casos reales, evaluando el comportamiento estructural de dos edificaciones patrimoniales sin reforzamiento y con algunas de las alternativas de rehabilitación sísmica propuestas, de tal manera que se pueda evaluar su factibilidad y el impacto de algunas variables.

Palabras clave: tierra, edificaciones patrimoniales, vulnerabilidad sísmica, intervención.

ABSTRACT

One of the oldest materials used in buildings construction is the earth. Most of Colombian heritage buildings were built with this material and some of these buildings are located on high and intermediate seismicity zones. In several earthquakes around the world, these buildings have shown poor seismic behavior; therefore, to preserve the heritage and reduce their vulnerability, it is compulsory to retrofit these buildings. In Colombia there were no specific Standards for this kind of retrofitting, so that usually these interventions were made based just on the experience of the professionals involved. The Colombian Association for Earthquake Engineering – AIS developed a standard: AIS 610-EP-17 - “*Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada*”- with criteria and procedures for the evaluation and retrofitting of this type of buildings. This document belongs to a project funded by the Colombian Ministry of Culture and the District Institute of Cultural Heritage and was incorporated in the NSR-10 Standard code last November. On these bases, this work applies the procedure of the AIS 610-EP-17 document to two real cases of earth buildings, to assess its structural behavior as such and to propose seismic rehabilitation alternatives in order to analyze their feasibility and some variables involved.

Keywords: earth construction, heritage buildings, seismic vulnerability, seismic retrofitting

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	1
1.1 – Planteamiento del problema y justificación	2
1.2 – Objetivos	3
1.2.1 – Objetivo General	3
1.2.2 – Objetivos específicos	3
CAPÍTULO 2 – ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	4
2.1 – Antecedentes	4
2.2 – Estado del arte.....	5
CAPÍTULO 3 – MARCO TEÓRICO.....	7
3.1 – Cálculo de la demanda	7
3.1.1 – Movimientos sísmicos de diseño	7
3.2 – Criterios de evaluación	8
3.2.1 – Estabilidad al volcamiento.....	8
3.2.2 – Resistencia	9
3.2.3 – Rigidez	9
CAPÍTULO 4 – METODOLOGÍA Y DESARROLLO.....	11
4.1 – Selección de las edificaciones.....	11
4.2 – Información preliminar	14
4.2.1 – Estudios e investigaciones mínimas para la intervención.....	14
4.2.2 – Criterios de preservación de las edificaciones patrimoniales.....	15
4.2.3 – Fundamentos para la conservación estructural.....	15
4.2.4 – Calificación del estado del sistema estructural actual.....	15
4.3 – Evaluación de la estructura existente	16
4.3.1 – Evaluación experimental del material constitutivo de los muros.....	16
4.3.2 – Configuración estructural de los muros de tierra.....	16
4.3.3 – Solicitaciones equivalentes de sismo.....	20
4.4 – Evaluación de la demanda de los muros	22
4.4.1 – Modelo Simplificado.....	22
4.4.2 – Modelo Tridimensional.....	26
4.5 – Evaluación de la capacidad de los muros	27
4.5.2 – Resistencia a cortante de muros, ecuación AIS 610	29
4.5.3 – Resistencia a cortante de muros, ecuación alternativa.....	29
4.5.4 – Resistencia a flexión de muros	30
4.5.4 – Resultados de la capacidad a fuerza cortante y flexión de muros.....	30
4.6 – Índices de sobreesfuerzo	31
4.6.1 – Índices de sobreesfuerzo edificación 1	31
4.6.2 – Índices de sobreesfuerzo edificación 2	33
4.7 – Estabilidad al Volcamiento	36
4.8 – Índices de flexibilidad.....	36
CAPÍTULO 5 – ALTERNATIVAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	37
5.1 – Alternativa de reforzamiento con entramados de madera.....	37
5.2 – Alternativa de reforzamiento con entramados de acero.....	38
5.3 – Resistencia a carga axial de muros reforzados	38

5.4 – Resistencia a cortante de muros reforzados	38
5.5 – Resistencia a momento de muros reforzados	38
CAPÍTULO 6 – ANÁLISIS DE RESULTADOS	40
6.1 – Resistencia a carga axial	40
6.2 – Resistencia a cortante	40
6.2.1 – Edificación 1	40
6.2.2 – Edificación 2	41
6.3 – Resistencia a momento	43
6.3.1 – Edificación 1	43
6.3.2 – Edificación 2	43
6.4 – Estabilidad al volcamiento	44
6.5 – Rigidez	44
6.6 – Análisis de la influencia de la carga vertical	44
6.6.1 – Edificación 1	45
6.6.2 – Edificación 2	47
CAPÍTULO 7 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
7.1 – Conclusiones	49
7.2 – Recomendaciones	51
REFERENCIAS	52
ANEXOS	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades de muros construidos en tierra. (AIS, 2017).....	16
Tabla 2. Parámetros para el cálculo del espectro elástico de aceleraciones.....	21
Tabla 3. Especificaciones iniciales	22
Tabla 4. Características de muros – Edificación 1.....	23
Tabla 5. Características de muros – Edificación 2.....	23
Tabla 6. Demanda de muros en la dirección X – Edificación 1, modelo simplificado.....	54
Tabla 7. Demanda de muros en la dirección Y – Edificación 1, modelo simplificado.....	55
Tabla 8. Demanda de muros en la dirección X, piso 1 – Edificación 2, Modelo simplificado.....	56
Tabla 9. Demanda de muros en la dirección Y, piso 1 – Edificación 2, Modelo simplificado.....	57
Tabla 10. Demanda de muros en la dirección X, piso 2 – Edificación 2, Modelo simplificado.....	58
Tabla 11. Demanda de muros en la dirección Y, piso 2 – Edificación 2, Modelo simplificado.....	59
Tabla 12. Comparación demanda de muros – Edificación 1.	60
Tabla 13. Comparación demanda de muros – Edificación 2, piso 1.....	61
Tabla 14. Comparación demanda de muros – Edificación 2, piso 2.....	62
Tabla 15. Capacidad de muros, SX, Edificación 1, Modelo simplificado.....	63
Tabla 16. Capacidad de muros, SY, Edificación 1, Modelo simplificado.....	64
Tabla 17. Capacidad de muros, SX, Edificación 1, Modelo 3D.....	65
Tabla 18. Capacidad de muros, SY, Edificación 1, Modelo 3D.....	66
Tabla 19. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 1. Modelo simplificado.....	67
Tabla 20. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 1. Modelo simplificado.....	68
Tabla 21. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 2. Modelo simplificado.....	69
Tabla 22. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 2. Modelo simplificado.....	70
Tabla 23. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 1. Modelo 3D.....	71
Tabla 24. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 1. Modelo 3D.....	72
Tabla 25. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 2. Modelo 3D.....	73
Tabla 26. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 2. Modelo 3D.....	74
Tabla 27. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X – Edificación 1. Modelo simplificado.....	75
Tabla 28. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X – Edificación 1. Modelo 3D.....	75
Tabla 29. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y – Edificación 1. Modelo Simplificado.....	76
Tabla 30. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y – Edificación 1. Modelo 3D.....	76
Tabla 31. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 1 – Edificación 2. Modelo simplificado.....	77
Tabla 32. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 1 – Edificación 2. Modelo 3D.....	77
Tabla 33. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 1 – Edificación 2. Modelo simplificado.....	78
Tabla 34. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 1 – Edificación 2. Modelo 3D.....	79
Tabla 35. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 2 – Edificación 2. Modelo simplificado.....	79
Tabla 36. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 2 – Edificación 2. Modelo 3D.....	80
Tabla 37. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 2 – Edificación 2. Modelo simplificado.....	81
Tabla 38. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 2 – Edificación 2. Modelo 3D.....	81
Tabla 39. Estabilidad al volcamiento, muros en X, edificación 1.....	82
Tabla 40. Estabilidad al volcamiento, muros en Y, edificación 1.....	82
Tabla 41. Estabilidad al volcamiento, muros en X, edificación 2, Piso 1.....	83
Tabla 42. Estabilidad al volcamiento, muros en Y, edificación 2, Piso 1.....	83
Tabla 43. Estabilidad al volcamiento, muros en X, edificación 2, Piso 2.....	84
Tabla 44. Estabilidad al volcamiento, muros en Y, edificación 2, Piso 2.....	85
Tabla 45. Índices de flexibilidad – Muros en X - Edificación 1.....	85
Tabla 46. Índices de flexibilidad – Muros en Y - Edificación 1.....	86
Tabla 47. Índices de flexibilidad – Muros en X, Piso 1 - Edificación 2.....	86
Tabla 48. Índices de flexibilidad – Muros en Y, Piso 1 - Edificación 2.....	87
Tabla 49. Índices de flexibilidad – Muros en X, Piso 2 - Edificación 2.....	87
Tabla 50. Índices de flexibilidad – Muros en Y, Piso 2 - Edificación 2.....	88
Tabla 51. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Edificación 1. Modelo simplificado.....	88

Tabla 52. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Edificación 1. Modelo 3D.	89
Tabla 53. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Edificación 1. Modelo simplificado.	90
Tabla 54. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Edificación 1. Modelo 3D.	90
Tabla 55. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 1. Modelo simplificado.	90
Tabla 56. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 1. Modelo 3D.	91
Tabla 57. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 1. Modelo simplificado.	92
Tabla 58. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 1. Modelo 3D.	92
Tabla 59. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 2. Modelo simplificado.	93
Tabla 60. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 2. Modelo 3D.	93
Tabla 61. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 2. Modelo simplificado.	94
Tabla 62. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 2. Modelo 3D.	95
Tabla 63. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 1, Modelo simplificado.	95
Tabla 64. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 1, Modelo 3D.	96
Tabla 65. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 1, Modelo simplificado.	96
Tabla 66. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 1, Modelo 3D.	97
Tabla 67. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.	97
Tabla 68. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.	98
Tabla 69. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.	98
Tabla 70. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.	99
Tabla 71. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado.	99
Tabla 72. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.	100
Tabla 73. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado	101
Tabla 74. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.	101
Tabla 75. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 1, Modelo simplificado.	102
Tabla 76. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 1, Modelo 3D.	102
Tabla 77. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 1, Modelo simplificado.	103
Tabla 78. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 1, Modelo 3D.	103
Tabla 79. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.	103
Tabla 80. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.	104
Tabla 81. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.	105
Tabla 82. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.	105
Tabla 83. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado.	106
Tabla 84. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.	106
Tabla 85. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado.	107
Tabla 86. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño. Reglamento NSR-10.....	8
Figura 2. Planta de localización edificación 1. Información Ministerio de Cultura	11
Figura 3. Planta general de muros edificación 1. Información Ministerio de Cultura.....	12
Figura 4. Planta de localización edificación 2. Información Ministerio de Cultura	13
Figura 5. Planta general de muros edificación 2. Información Ministerio de Cultura.....	14
Figura 6. Configuración estructural original en planta de muros edificación 1.....	17
Figura 7. Configuración estructural modificada en planta de muros edificación 1.....	17
Figura 8. Configuración estructural original en planta de muros edificación 2.....	18
Figura 9. Configuración estructural modificada en planta de muros edificación 2.....	19
Figura 10. Configuración estructural de muros 3D edificación 1.....	20
Figura 11. Configuración estructural de muros 3D edificación 2.....	20
Figura 12. Espectro elástico de aceleraciones – Edificación 1	21
Figura 13. Espectro elástico de aceleraciones – Edificación 2	21
Figura 14. Modelo tridimensional mediante herramienta computacional – Edificación 1	26
Figura 15. Modelo tridimensional mediante herramienta computacional – Edificación 2.....	27
Figura 16. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo simplificado.	31
Figura 17. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo 3D.	32
Figura 18. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo simplificado.	32
Figura 19. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo 3D.	32
Figura 20. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo simplificado.	32
Figura 21. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo 3D.	33
Figura 22. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo simplificado.	33
Figura 23. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo 3D.	33
Figura 24. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo simplificado.	34
Figura 25. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo 3D.	34
Figura 26. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo simplificado.	34
Figura 27. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo 3D.	34
Figura 28. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo simplificado.	35
Figura 29. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo 3D.	35
Figura 30. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo simplificado.	35
Figura 31. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo 3D.	35
Figura 32. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo simplificado.	36
Figura 33. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo 3D.	36
Figura 34. Capacidad a cortante vs peso cubierta – edificación 1	45
Figura 35. Índice de sobreesfuerzo por cortante vs peso cubierta – edificación 1	45
Figura 36. Capacidad a momento vs peso cubierta – edificación 1	46
Figura 37. Índice de sobreesfuerzo por momento vs peso cubierta – edificación 1	46
Figura 38. Capacidad a cortante vs peso cubierta – edificación 2, piso 2	47
Figura 39. Índice de sobreesfuerzo por cortante vs peso cubierta – edificación 2, piso 2.....	47
Figura 40. Capacidad a momento vs peso cubierta – edificación 2, piso 2	48
Figura 41. Índice de sobreesfuerzo por momento vs peso cubierta – edificación 2, piso 2	48

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

Antropológicamente hablando, la vivienda ha desempeñado un papel importante en la transformación social de la humanidad a lo largo de la historia. Desde la antigüedad se ha demostrado que los materiales usados para la construcción en tierra cruda son los materiales más antiguos que se conocen. Estos materiales se han usado en regiones del mundo donde la amenaza por desastres naturales es importante, principalmente en Latinoamérica, África, Oriente medio y el sur de Europa.

Los españoles en su llegada al nuevo mundo, trajeron el conocimiento de la construcción en tierra con elementos como los adobes y la tapia pisada; se puede decir que para el territorio colombiano, la gran mayoría de edificaciones construidas durante el período colonial español (aproximadamente en el período comprendido entre el 1500 y 1850) fueron construidas en materiales tradicionales con técnicas de manejo de la tierra cruda, con base en lineamientos empíricos de diseño para soportar acciones gravitacionales, sin considerar los efectos de las sollicitaciones de un evento sísmico u otras fuerzas impuestas por la naturaleza. Dada la antigüedad, el diseño y su ocupación, este tipo de edificaciones son consideradas de legado cultural para el país. (Ojeda, 2003).

Se ha evidenciado que este tipo de estructuras son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales; especialmente poseen una respuesta muy mala ante eventos sísmicos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando pérdidas significativas de vidas humanas y daño material, así como daño al patrimonio. (Blondet *et.al.*, 2003)

De acuerdo con lo anterior, es un asunto prioritario reducir la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones para garantizar en lo posible la preservación de la vida de los ocupantes y minimizar las eventuales afectaciones al patrimonio. Las intervenciones deben en lo posible minimizar el impacto arquitectónico y estético y generar la mínima afectación posible al sistema existente manteniendo lo más inalterado posible sus características históricas y culturales (AIS -Universidad de los Andes, 2016).

Dado que la intervención de este tipo de edificaciones no es una actividad común en la práctica de la Ingeniería, muchos de los proyectos de intervención desarrollados en el país se han venido realizando con base en inspecciones visuales, en análisis cualitativos y algunos cuantitativos, pero sin lineamientos claros basados en la experimentación y un buen conocimiento del comportamiento estructural. De esta manera, es importante que con base en los estudios experimentales se pueda disponer de lineamientos generalizados para el ámbito nacional que permitan establecer criterios y procedimientos para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones construidas en este tipo de materiales.

Es importante destacar que el patrimonio cultural de la Nación se encuentra constituido por todos los bienes materiales, las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana (Ley 1185, 2008). Entre dichos bienes, se encuentran los bienes de naturaleza inmueble, como las edificaciones, conjuntos arquitectónicos, asentamientos urbanos, obras de ingeniería, a los

que se les atribuye especial interés histórico, artístico, científico, estético o simbólico en ámbitos como el plástico, arquitectónico, urbano, arqueológico entre otros.

Así mismo, se indica que los requisitos de sismo resistencia para edificaciones en el territorio nacional están contemplados en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente – NSR-10, adoptada por la Ley 400 de 1997, donde se prescriben los requisitos mínimos con el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte (AIS, 2010). El capítulo A.10 del Reglamento NSR-10 establece los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes diseñadas y construidas con anterioridad a la vigencia de la presente versión del Reglamento (AIS, 2010). Infortunadamente, los requisitos para la intervención de las edificaciones patrimoniales son escasos y no se presentan lineamientos precisos para ello.

El Ministerio de Cultura de Colombia y el Instituto Distrital del Patrimonio Cultural de Bogotá – IDPC a través de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS han venido trabajando en la realización de diferentes investigaciones con el fin de definir recomendaciones para posibles intervenciones a las edificaciones patrimoniales que permitan mejorar el comportamiento estructural ante un evento sísmico. Con este fin se han llevado a cabo ensayos experimentales de especímenes y paralelamente modelaciones numéricas que permitan interpretar adecuadamente el comportamiento de dichos especímenes.

El comité AIS-600 de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica desarrolló el documento AIS 610-EP-17 - Evaluación e intervención de edificaciones patrimoniales de uno y dos pisos de adobe y tapia pisada, con los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y la posible intervención del sistema estructural. Este documento fue aprobado tanto por el Consejo Nacional del Patrimonio, como por la Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes – CAP, en el año 2017 y fue incorporado en el Reglamento NSR-10 el pasado 25 de noviembre mediante el Decreto 2113 de 2019.

1.1 – Planteamiento del problema y justificación

Como se comentó anteriormente, los profesionales que están inmersos en la actividad de intervención de edificaciones patrimoniales en el país han venido desarrollando los proyectos de reforzamiento de las edificaciones con parámetros que no están definidos por lineamientos de índole general. La mayoría de proyectos se han desarrollado con la experiencia particular de los profesionales y en su gran mayoría con una inspección visual y con parámetros netamente cualitativos. Algunas de las soluciones dadas seguramente alcanzarán su objetivo de reducción de la vulnerabilidad de la edificación patrimonial, pero otras han utilizado materiales y técnicas que pueden no ser compatibles con la naturaleza de estas edificaciones.

Además de esto, es evidente que se presentaba un vacío dentro de la Reglamentación Colombiana de sismo resistencia con respecto a la intervención de este tipo de

edificaciones, ya que no existían parámetros definidos para conocer el funcionamiento estructural de este tipo de sistemas constructivos y con esto definir la proyección de posibles intervenciones adecuadas para reducir la vulnerabilidad ante solicitaciones de sismo. El menor nivel de seguridad que acepta la norma permite arrojar un menor índice de vulnerabilidad, pero esto no es suficiente en sí mismo. Es necesario estudiar otros métodos para reforzar, que promuevan alternativas reversibles y menos agresivas y que sean compatibles con los materiales para conservar la autenticidad de estos y la geometría (Acero, 2014). El documento AIS 610-EP-17 busca contribuir a la preservación del patrimonio dando solución a algunos de los inconvenientes mencionados.

Dado que esta es su primera versión, algunos parámetros se establecieron con base en ensayos de laboratorio, de manera conservadora, y requieren de evaluación y calibración con aplicaciones a casos reales.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente el objetivo de este proyecto es aplicar el documento AIS-610-EP-17 a dos edificaciones patrimoniales, con el fin de evaluar los procedimientos de evaluación allí especificados, así como las estrategias de reforzamiento recomendadas. Esto permitirá tener información y criterios para los posibles ajustes que la primera versión de este documento seguramente tendrá.

1.2 – Objetivos

1.2.1 – Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad sísmica, y diseñar la posible intervención del sistema estructural de dos edificaciones patrimoniales, construidas en adobe o tapia pisada con base en los criterios y procedimientos establecidos en el documento AIS 610-EP-17.

1.2.2 – Objetivos específicos

- Determinar las solicitaciones equivalentes de sismo para las edificaciones patrimoniales seleccionadas con los requisitos del Reglamento NSR-10, de acuerdo con el capítulo 5.2 del documento AIS 610-EP-17.
- Evaluar la estabilidad al volcamiento, resistencia y rigidez de las edificaciones en su estado actual, de acuerdo con el capítulo 5 del documento AIS 610-EP-17.
- Modelar, analizar y evaluar mediante una herramienta computacional el modelo tridimensional de los muros y machones de las edificaciones, de acuerdo con el capítulo 6.2 del documento AIS 610-EP-17.
- Modelar, analizar y evaluar mediante un modelo simplificado los muros y machones de las edificaciones, de acuerdo con el capítulo 6.2 del documento AIS 610-EP-17.
- Seleccionar la o las alternativas de reforzamiento estructural propuestas en el capítulo 7 del documento AIS 610-EP-17, que mejor se ajusten a las necesidades de las edificaciones patrimoniales elegidas.
- Interpretar y validar los resultados obtenidos de las alternativas de reforzamiento estructural propuestas.

CAPÍTULO 2 – ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

2.1 – Antecedentes

La intervención de edificaciones declaradas bienes de interés cultural, específicamente construidas en tierra cruda, no es una actividad común en la práctica de la Ingeniería Colombiana. Muchos de los proyectos de intervención desarrollados en el país y que se llevan a las curadurías o a las oficinas de planeación municipal de las alcaldías se han venido realizando con base en inspecciones visuales, análisis cualitativos y cuantitativos. Muchas de las intervenciones realizadas no respetan el carácter patrimonial y han utilizado técnicas de reforzamiento agresivas para la edificación.

De esta manera, se ha hecho necesario realizar ensayos experimentales y utilizar modelos computacionales para definir lineamientos precisos que permitan comprender el comportamiento estructural de estas edificaciones. A partir del año 2002 la AIS, como entidad comprometida con el desarrollo de la ingeniería sísmica en el país, ha trabajado en conjunto con entidades gubernamentales, como el FOREC y también con algunas universidades del país, con el fin de elaborar documentos con lineamientos para el reforzamiento de edificaciones construidas con materiales tradicionales. Entre estos están: el Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobe y Tapia Pisada (AIS, 2002), el Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del Decreto 052 del 2002 (AIS, 2002), el Manual de Construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado (AIS, 2001) y el Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería (AIS, 2001).

Es importante destacar que ninguno de estos manuales es de obligatorio cumplimiento, ya que no están enmarcados dentro de la Ley 400 de 1997 que establece los requisitos de sismo resistencia para edificaciones en el territorio nacional.

En consecuencia, las entidades estatales como el IDPC y el Ministerio de Cultura de Colombia han mostrado su interés en desarrollar documentación con carácter reglamentario, en donde se establezcan los parámetros mínimos para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones patrimoniales, y su posible intervención estructural.

Por lo anterior, AIS desarrolló una investigación mediante contratación con el IDPC y el Ministerio de Cultura, con el fin de estudiar el estado del arte a nivel mundial, hacer una revisión de la normativa internacional y un programa experimental con el fin de evaluar muros a escala natural sin refuerzo y con reforzamiento.

Con base en estas últimas investigaciones, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, a través de su comité AIS 600 formalizó las medidas mínimas en cuanto a la intervención de edificaciones patrimoniales, las cuales se encuentran contenidas en el documento AIS 610-EP-17.

2.2 – Estado del arte

Uno de los materiales más usados en la construcción de edificaciones a través de la historia, ha sido la tierra cruda. Para el caso de Colombia, muchas de las edificaciones declaradas como bienes de interés cultural están construidas en técnicas de manejo de la tierra cruda, como el adobe y la tapia pisada, además que gran parte de estas, se encuentran localizadas en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia.

Se ha demostrado que la vulnerabilidad de este tipo de edificaciones ante cargas sísmicas es bastante alta, esto debido al tipo de configuración estructural de las mismas y a las características propias del material.

Dado que muchas de estas edificaciones tienen un gran valor patrimonial, es muy importante realizar la evaluación de la vulnerabilidad sísmica, con el fin de realizar un diseño de la posible intervención al sistema estructural para garantizar la seguridad física de las personas y la salvaguarda de los valores de la edificación en el caso de un evento sísmico.

En Colombia desde hace varios años se han venido estudiando propuestas de reforzamiento que se han probado en los laboratorios de diferentes universidades sobre especímenes a escala real o estructuras a escala reducida con diferentes resultados y algunas investigaciones de modelación computacional. Se mencionan a continuación algunas de las investigaciones desarrolladas en el país:

En el año 2002, la Universidad de los Andes desarrolló estudios de vulnerabilidad sísmica de edificaciones construidas con técnicas tradicionales, como adobe, bahareque, tapia pisada y piedra, con el fin de lograr una guía de recomendaciones para la rehabilitación de las mismas (Ruiz, D. Yamín, L. Sarria, A. Cardona, O. et al, 2002).

En el año 2003, la Universidad de los Andes desarrolló una investigación donde se pretendía determinar las principales características y propiedades mecánicas de los elementos estructurales que conforman las edificaciones en tierra, con base en modelos a escala reducida ensayados en mesa vibratoria y plantear alternativas de rehabilitación sísmica. Se encontró que, a pesar de la alta vulnerabilidad sísmica de estos sistemas constructivos, el método de rehabilitación con elementos de madera confinantes representa una alternativa viable para la disminución del riesgo (Yamín, L. Rodríguez, A. Fonseca, L. Phillips, C. Reyes, J., 2003).

En el año 2006, se llevó a cabo una investigación como proyecto conjunto de grupos de investigación de la Pontificia Universidad Javeriana y la Escuela Colombiana de Ingeniería ‘Julio Garavito’, en donde se planteó rehabilitación sísmica de muros de adobe de edificaciones monumentales mediante tensores de acero. Se construyeron muros representativos de las edificaciones religiosas del área andina sin ningún tipo de refuerzo y con refuerzo mediante tensores de acero. Se encontró que los muros rehabilitados mediante tensores de acero demostraron mejor comportamiento con respecto a los muros sin reforzamiento. Se encontró que la capacidad de desplazamiento se aumenta en un 85%

utilizando reforzamiento con tensores de acero. (López, C. Ruiz, D. Jerez, S. Quiroga, P. et al, 2007)

Se han realizado investigaciones realizadas por diferentes profesionales en el país con respecto a rehabilitaciones sísmicas realizadas a edificaciones patrimoniales como capillas doctrineras, con diferentes alternativas de reforzamiento como la madera, tensores de acero y malla de acero (Ruiz, D. Domínguez, M. Unigarro, E., 2013. López, C. Gómez, V. ,2013. López, C. Ruiz, D. Silva, M. ,2014. López, C. Ruiz, D. ,2016).

Respecto a investigaciones a nivel mundial, la Pontificia Universidad Católica del Perú, ha trabajado en investigaciones para el reforzamiento sísmico de edificaciones construidas en tierra. Las primeras investigaciones se realizaron ensayando diferentes tipos de alternativas de reforzamiento entre las cuales se encuentran la caña, madera, alambre y mejoras en el mortero de barro. Adicionalmente, se han realizado ensayos a escala en mesa vibratoria de modelos de casas construidas en adobe sin refuerzo y con refuerzo exterior con sogas, tablas de madera, mallas de gallinero y mallas electrosoldadas. Actualmente se encuentran trabajando en metodologías para refuerzo de viviendas construidas en tierra con cuerdas de nylon (Blondet, M. Vargas, J. Tarque, N, Iwaki, C. ,2011).

Respecto a normativas o recomendaciones internacionales, se encuentran normas como la Norma chilena NCh3332 del año 2013, la cual establece requisitos para intervenciones de construcciones patrimoniales de tierra cruda, la Norma neozelandesa NZS 4297 del año 1998, denominada *Engineering Design of earth buildings*, la cual es la norma base del documento AIS 610-EP-17, y la norma peruana E.080 del año 2017, denominada diseño y construcción con tierra reforzada.

En Colombia, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica ha publicado diferentes manuales para la intervención de viviendas construidas en materiales tradicionales, entre los cuales se encuentra el Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas en Adobe y Tapia Pisada (AIS, 2002), el Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del Decreto 052 del 2002 (AIS, 2002), el Manual de Construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado (AIS, 2001) y el Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería (AIS, 2001). Sin embargo, ninguno de los manuales anteriormente referenciados es de obligatorio cumplimiento, ya que no están enmarcados dentro de la Ley 400 de 1997 y en el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Dentro del Reglamento NSR-10, el capítulo A.10 establece los criterios y procedimientos que se deben seguir para evaluar la vulnerabilidad sísmica y adicionar, modificar o remodelar el sistema estructural de edificaciones existentes. En cuanto a edificaciones patrimoniales, este capítulo previo a la inclusión del documento AIS 610-EP-17, por medio del Decreto 2113 de 2019, permitía un nivel menor de seguridad sísmica a lo establecido en el Reglamento, siempre y cuando este nivel se justificara por parte del ingeniero diseñador y aceptado por parte del propietario por medio de un memorial de responsabilidad firmado por ambas partes (Reglamento NSR-10, 2017)

CAPÍTULO 3 – MARCO TEÓRICO

Para conocer el funcionamiento estructural de edificaciones construidas en tierra y de esta manera reducir la vulnerabilidad de estas ante solicitaciones de sismo u otras impuestas por la naturaleza, se deben tener en cuenta ciertos criterios para dicha intervención, reducir el riesgo de la pérdida de vida e integridad física de sus ocupantes, que las edificaciones presenten daños menores frente a movimientos sísmicos de intensidad leve, se limiten los daños en elementos estructurales durante sismos de mediana intensidad y durante sismos intensos se limite al mínimo los daños en los muros y demás elementos del sistema estructural (AIS, 2017).

La norma AIS 610-EP-17 es un documento técnico que tiene como base: i) el capítulo A.10 del Reglamento NSR-10, ii) toda la evidencia experimental acumulada en varios estudios mencionados anteriormente y iii) la norma neozelandesa NZS 4297 del año 1998 para parte de la formulación de capacidad de los elementos. La filosofía utilizada tanto para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica como para el diseño del reforzamiento del sistema estructural de muros de tierra es la de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

El sistema estructural predominante en las edificaciones de adobe y tapia pisada objeto del documento es el de muros de carga, por lo que el AIS 610 se enfoca en evaluar los muros en términos de la relación entre la demanda y la capacidad a través de los índices de sobreesfuerzo ante las diferentes solicitaciones a las que estos se ven sometidos: fuerza axial, fuerza cortante y momento flector dentro y fuera del plano.

Las combinaciones de carga para las que se evalúa la demanda son las establecidas en la sección B.2 del Reglamento NSR-10, a partir de un análisis estructural tridimensional o simplificado, mientras que la evaluación de la capacidad ante las solicitaciones de los muros se realizará con base en los requisitos establecidos en el capítulo 6 del documento AIS 610-EP-17.

3.1 – Cálculo de la demanda

3.1.1 – Movimientos sísmicos de diseño

Para efectos de la evaluación e intervención de las edificaciones patrimoniales, se utilizarán los movimientos sísmicos de diseño establecidos en el capítulo A.10 del Reglamento NSR-10, los cuales se expresan por medio del espectro elástico de aceleraciones de diseño.

Los parámetros para los movimientos sísmicos de diseño se definen con base en lo establecido en el Reglamento NSR-10. Estos parámetros dependen de la localización del proyecto, que a su vez se clasifican en las zonas de amenaza sísmica establecidas por el Reglamento NSR-10.

Además de los efectos establecidos por la amenaza sísmica en donde se encuentra el proyecto, se deben establecer los efectos locales de la respuesta sísmica de la edificación. Estos parámetros dependen esencialmente de las características geotécnicas del suelo.

Todas las edificaciones en el territorio nacional deben clasificarse en alguna de las cuatro categorías que establece el Reglamento NSR-10: Edificaciones indispensables, edificaciones de atención a la comunidad, edificaciones de ocupación especial y edificaciones de ocupación normal. A cada una de estas categorías se les asigna un coeficiente de importancia **I**, el cual modifica el espectro, y con ello las fuerzas de diseño.

La forma del espectro elástico de aceleraciones, expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento del amortiguamiento elástico, se calcula con los requisitos establecidos en el Reglamento NSR-10.

En la Figura 1 se presenta el esquema del cálculo del espectro elástico de aceleraciones, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento NSR-10.

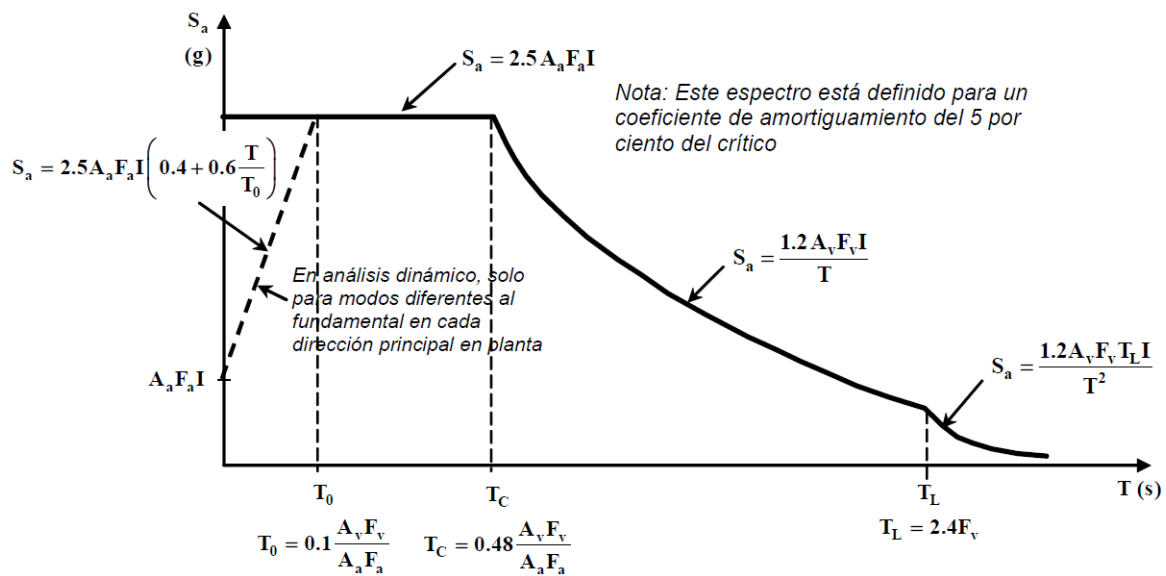


Figura 1. Espectro elástico de aceleraciones de diseño. Reglamento NSR-10

3.2 – Criterios de evaluación

3.2.1 – Estabilidad al volcamiento

Uno de los criterios de evaluación de la vulnerabilidad sísmica de los elementos del sistema estructural de la edificación es la estabilidad al volcamiento, la cual se puede definir como un fenómeno de pérdida de la estabilidad lateral de un elemento estructural como consecuencia de la acción de una fuerza horizontal (AIS, 2017).

El factor de seguridad al volcamiento fuera del plano debe ser mayor a 1,50.

$$\frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento actuante}} \geq 1,50$$

3.2.2 – Resistencia

La resistencia es la capacidad de un elemento estructural para soportar una sollicitación determinada (fuerza axial, cortante, momento flector o momento torsor) (AIS, 2017).

Resistencia a carga axial de muros

$$P_n = 0.80 f'_m A_m R_e \quad \text{Ecuación 6.3.1-1} \quad \text{AIS 610-EP-17}$$

Resistencia a cortante de muros

El documento AIS 610 permite el cálculo de la resistencia a cortante de los muros de dos maneras. La primera, teniendo en cuenta la resistencia a cortante de los muros de tierra, el área normal del muro y la carga axial a la mitad del muro. Mientras que, la segunda está basada en la evidencia experimental encontrada mediante ensayos de laboratorio (Reyes, et al, 2018).

$$V_n = f_v A_m + 0.30 P_{uz} \quad \text{Ecuación 6.4.1-1} \quad \text{AIS 610}$$

$$V_{nx} = A_{mz} \sqrt{f'_m} \left[0.33 \left(\frac{P_{uz}}{A_{mz} f'_m} \right) - 0.005 \right] \left(\frac{h}{l_m} \right)^{-0.25} \quad \text{Ecuación 6.4.1-2} \quad \text{AIS 610}$$

Resistencia a flexión de muros

$$M_n = \frac{P_{uz} b_x}{3\phi} \quad \text{Ecuación 6.5.1-1} \quad \text{AIS 610}$$

3.2.3 – Rigidez

La rigidez es la medida de respuesta de un elemento estructural o de una estructura frente a las deformaciones producidas por las acciones sísmicas horizontales (AIS, 2017).

Debe determinarse un índice de flexibilidad por efectos horizontales como el máximo cociente entre las derivas obtenidas de un análisis lineal utilizando un valor de módulo de elasticidad de 70 MPa y una deriva máxima permitida de 0.50% de la altura del piso.

$$\text{índice de flexibilidad} = \frac{\text{Deriva análisis lineal}}{0,005}$$

Los desplazamientos obtenidos mediante el modelo simplificado de los muros se determinan con base en el aporte de la demanda por cortante y por momento de la siguiente manera:

$$\delta_M = \frac{VH^3}{3EI} \quad \delta_V = \frac{KVH}{AG}$$

El desplazamiento total es la suma de los desplazamientos debidos a cortante y momento.

CAPÍTULO 4 – METODOLOGÍA Y DESARROLLO

La metodología y el desarrollo del trabajo se realizaron bajo las consideraciones que se presentan a continuación.

4.1 – Selección de las edificaciones

Se consultó al grupo de intervención de bienes de interés cultural del Ministerio de Cultura, con el fin de obtener información pertinente de inmuebles construidos en adobe o tapia pisada que pudieran servir de base para el desarrollo del trabajo.

Gracias al apoyo y gestión de los funcionarios del Ministerio de Cultura se seleccionó la información de los dos siguientes inmuebles. *(Por protección de la información suministrada, los inmuebles se nombran edificación 1 y edificación 2).*

Nombre: **Edificación 1**

Ubicación: Bogotá D.C. Centro Histórico

Tipología: Muros en tierra, muros en mampostería

Número de pisos: 1

Bien de interés cultural del ámbito nacional

En la Figura 2 y Figura 3, se puede observar la planta de localización y planta general de muros de la edificación No. 1

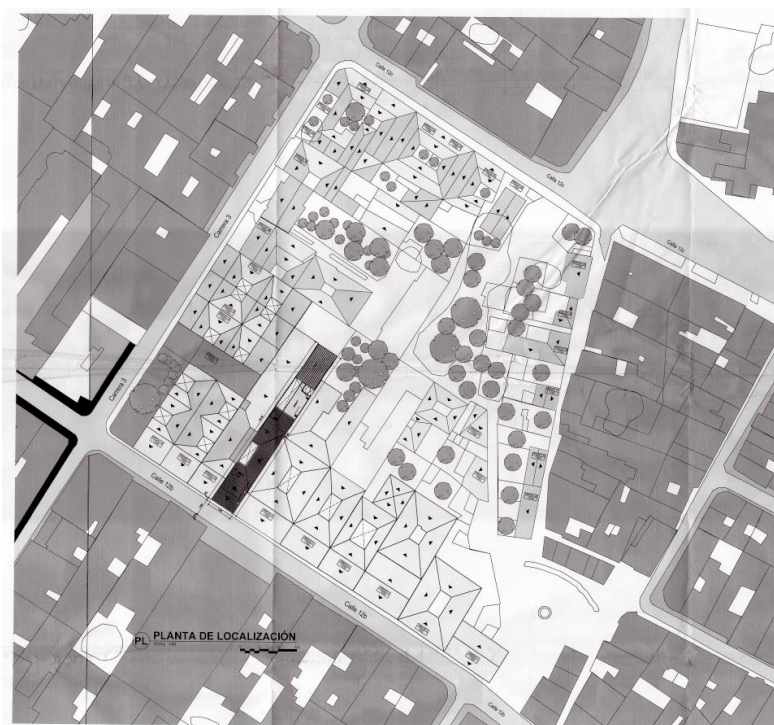


Figura 2. Planta de localización edificación 1. Información Ministerio de Cultura

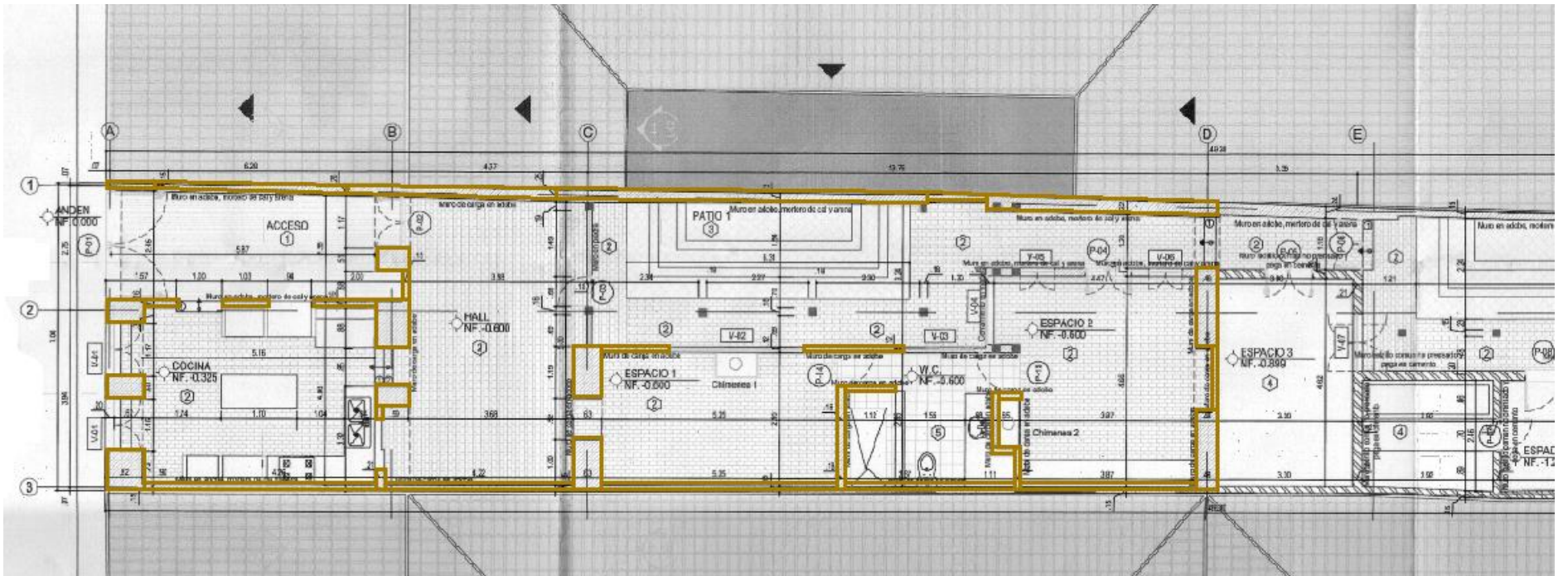


Figura 3. Planta general de muros edificación 1. Información Ministerio de Cultura

Nombre: ***Edificación 2***

Ubicación: Tunja, Boyacá. Centro Histórico.

Tipología: Muros en tierra.

Número de pisos: 2

Bien de interés cultural del ámbito nacional

En la Figura 4 y Figura 5, se puede observar la planta de localización y planta general de muros de la edificación No. 2



Figura 4. Planta de localización edificación 2. Información Ministerio de Cultura



Figura 5. Planta general de muros edificación 2. Información Ministerio de Cultura

4.2 – Información preliminar

4.2.1 – Estudios e investigaciones mínimas para la intervención.

De acuerdo con lo establecido en el documento AIS 610-EP-17, el objetivo principal de una propuesta de intervención estructural sismo resistente, en edificaciones patrimoniales construidas en tierra, es aplicar soluciones técnicas que proporcionen alternativas de reforzamiento sismo resistente, de tal manera que se mejore su comportamiento sísmico.

La intervención en cualquiera de sus modalidades requiere considerar un enfoque multidisciplinario, de tal manera que el equipo de trabajo debe estar conformado por arquitectos restauradores, ingenieros civiles y profesionales de otras disciplinas de acuerdo con las diferentes áreas de actuación que requiera la edificación patrimonial.

4.2.2 – Criterios de preservación de las edificaciones patrimoniales.

De acuerdo con los requisitos establecidos en el documento AIS 610-EP-17 se deben cumplir tres criterios fundamentales para la preservación de las edificaciones seleccionadas:

- La seguridad física de las personas.
- Salvaguarda de los valores del edificio.
- Uso actual y futuro de la edificación.

4.2.3 – Fundamentos para la conservación estructural.

De acuerdo con los requisitos establecidos en el documento AIS 610-EP-17 se deben tener en cuenta tres criterios fundamentales para la conservación estructural de las edificaciones seleccionadas:

- Conocimiento y entendimiento global del edificio.
- Comportamiento íntegro de la estructura.
- Identificación de las posibles causas de los daños y alteraciones presentes en las edificaciones.

4.2.4 – Calificación del estado del sistema estructural actual.

Al respecto, el documento AIS 610 EP-17 recomienda seguir los lineamientos establecidos en el capítulo A.10.2 del Reglamento NSR-10, respecto a estudios e investigaciones requeridas con el fin de establecer el estado actual del sistema estructural, sistema de cimentación, calidad de construcción y el estado de mantenimiento y conservación.

Dado el enfoque del presente trabajo, se hace mayor énfasis en la información relacionada con los aspectos estructurales del comportamiento sísmo resistente de las edificaciones seleccionadas. Con el fin de establecer esta información se buscó hacer visitas de inspección a las dos edificaciones. Sin embargo, por razones ajenas al autor de este trabajo no fue posible. Así, la información sobre la que se trabajó este documento corresponde a la información suministrada por los funcionarios del Ministerio de Cultura.

Los análisis del presente trabajo se enfocan en el comportamiento estructural de los muros de tierra y su posible reforzamiento. No se tiene en cuenta la influencia del comportamiento estructural de los entrepisos, cubiertas y cimentación.

4.3 – Evaluación de la estructura existente

Como se dijo anteriormente, no fue posible el acceso a las edificaciones seleccionadas, debido a los permisos que esto requería. De esta manera, la evaluación de la estructura existente, respecto a la calidad de los materiales, sistema estructural, sistema de cimentación, calidad de la construcción y conservación se realiza con base en la información suministrada por parte del Ministerio de Cultura.

4.3.1 – Evaluación experimental del material constitutivo de los muros.

En el capítulo 4 del documento AIS 610-EP-17 se establecen las recomendaciones para la realización de ensayos sobre materiales y elementos no estructurales.

Dado que no se realizaron ensayos a los materiales constitutivos de los muros, se utilizan los valores mínimos que se encuentran establecidos en las tablas 4.3.4-1 y 6.3.1-1 del documento AIS 610-EP-17, que se transcriben en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades de muros construidos en tierra. (AIS, 2017)

Tabla 4.3.4-1.
Rangos para las propiedades mecánicas de mampostería de adobe y tapia pisada
(Adaptado de Ruiz et al., 2012)

Propiedad	Valor mínimo	Valor máximo	Procedimiento de ensayo
γ para adobe (kN/m ³)	15	19	NTC 5653
γ para tapia pisada (kN/m ³)	19	20	NTC 5653
E para adobe (MPa)	70	200	NTC 3495
E para tapia pisada (MPa)	70	110	NTC 3495
G para adobe (MPa)	20	45	-
G para tapia pisada (MPa)	20	45	-

Tabla 6.3.1-1
Resistencia de muros de tierra sin reforzamiento

Propiedad	Unidades	Adobe	Tapia pisada
f_m	MPa	0.80	0.50
f_v	MPa	0.0019	0.0024
f_r	MPa	0.04	0.06

4.3.2 – Configuración estructural de los muros de tierra.

Los muros de la edificación 1 tienen una altura de 2,5m y la altura de los muros de la edificación 2 de 2,8m.

En la Figura 6 a Figura 9 se presenta la configuración estructural en planta de los muros de tierra de las dos edificaciones.

Edificación 1

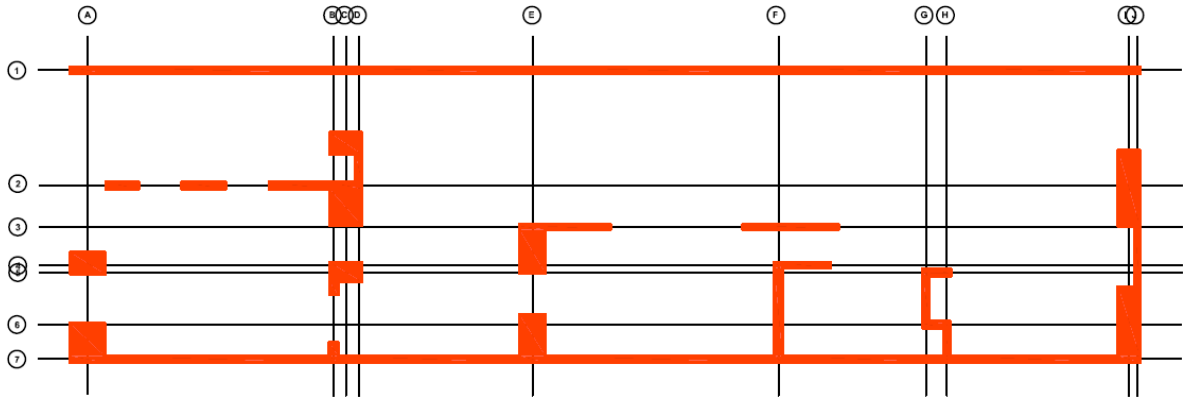


Figura 6. Configuración estructural original en planta de muros edificación 1.

La configuración estructural de los muros de ambas edificaciones se ajustó de tal manera que únicamente se tuvieron en cuenta los más representativos para la modelación en términos de la capacidad y la rigidez que pudieran aportar.

En la Figura 7, se presenta la configuración ajustada en planta para la edificación 1. Los muros de color azul se considera que trabajan en la dirección X y los muros de color rojo se considera que trabajan en la dirección Y.

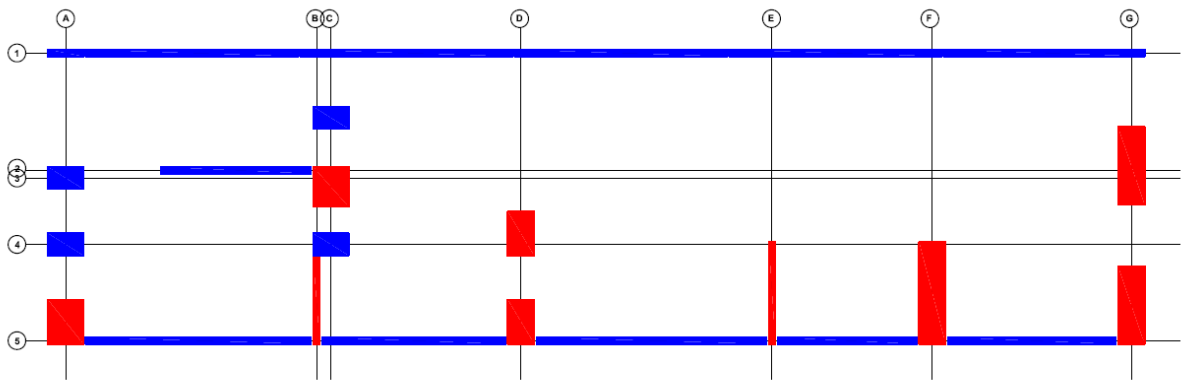


Figura 7. Configuración estructural modificada en planta de muros edificación 1.

En la Figura 9 se presenta la configuración ajustada en planta para la edificación 2.

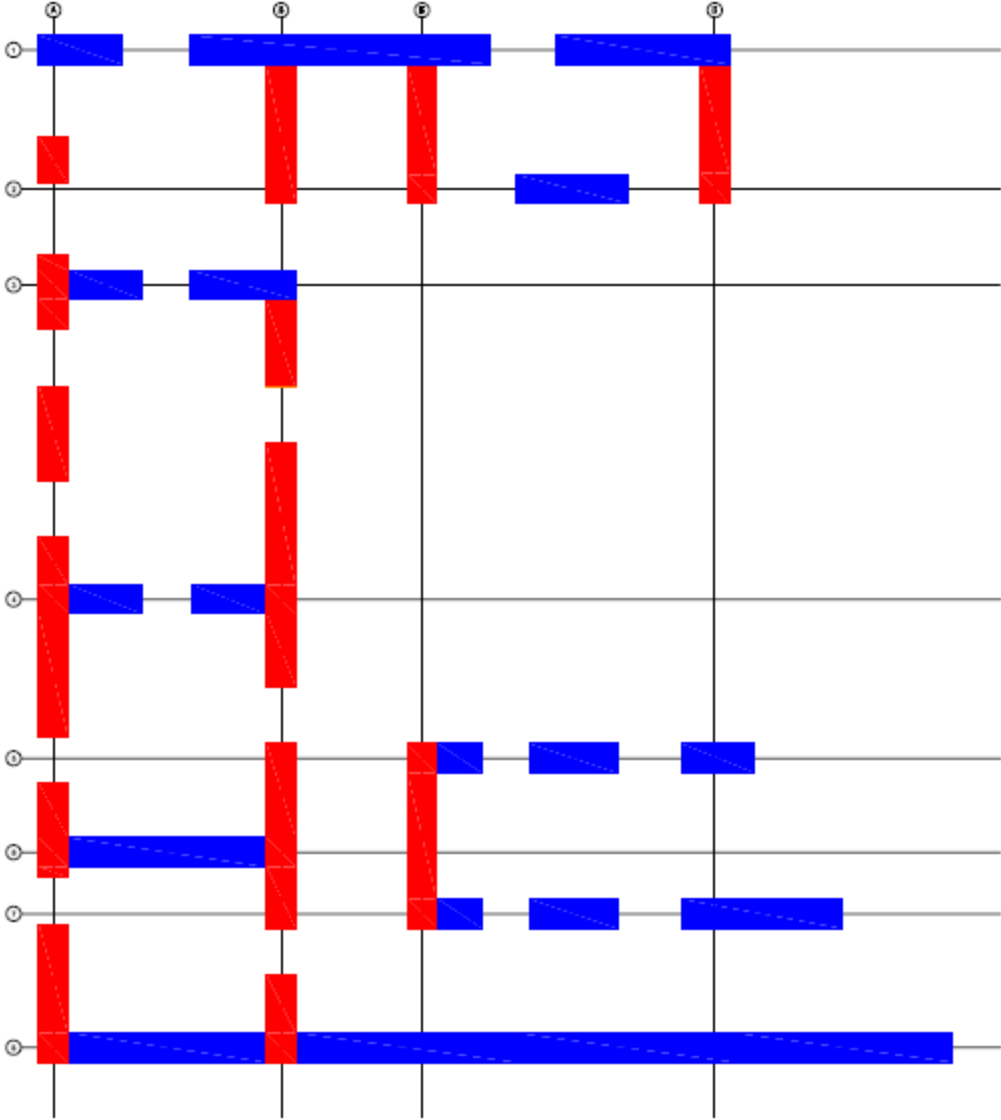


Figura 9. Configuración estructural modificada en planta de muros edificación 2.

En los anexos de la presente investigación se encuentra la configuración estructural de la edificación 2 con la respectiva nomenclatura de muros.

En la Figura 10 y Figura 11 se observan esquemas en tercera dimensión de los muros de tierra de las dos edificaciones seleccionadas.

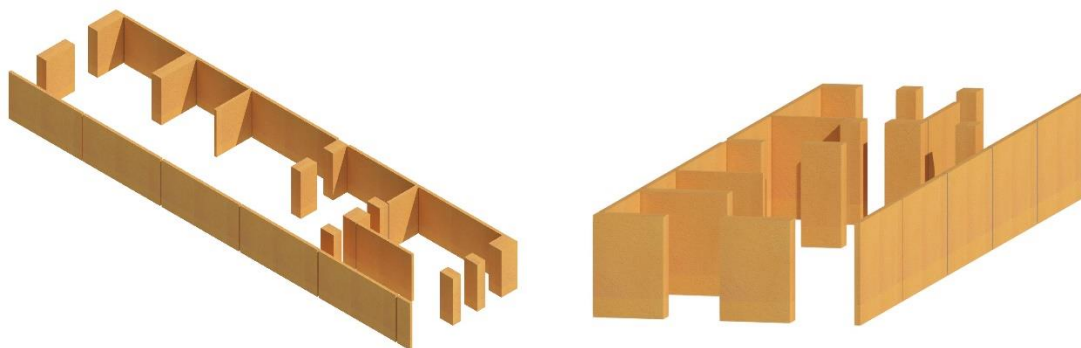


Figura 10. Configuración estructural de muros 3D edificación 1.

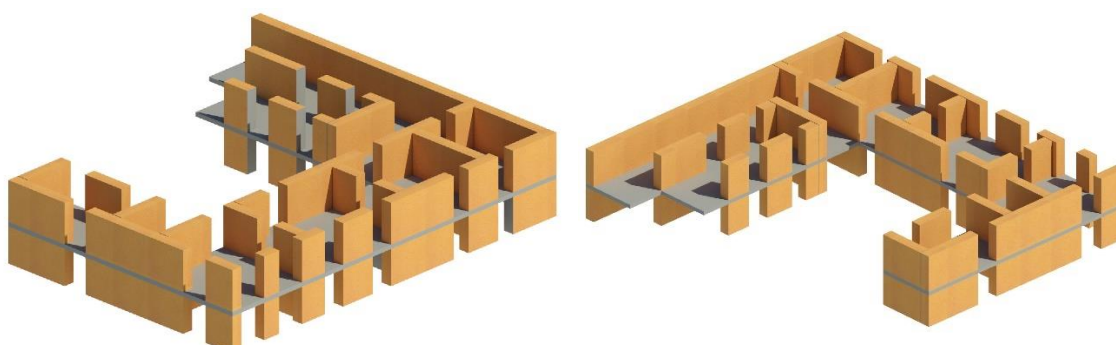


Figura 11. Configuración estructural de muros 3D edificación 2.

4.3.3 – Solicitaciones equivalentes de sismo.

De acuerdo con el Reglamento NSR-10 y el documento AIS 610-EP-17, los movimientos sísmicos para este tipo estructuras pueden ser el sismo de diseño o el sismo de seguridad limitada. En este trabajo, se evaluó la demanda sísmica utilizando el sismo de diseño de acuerdo con la sección A.2.6 del Reglamento NSR-10. En la Tabla 2 se muestran los valores de las variables para el cálculo del espectro elástico de aceleraciones para cada una de las edificaciones, en las ciudades de Bogotá y Tunja respectivamente. Para el caso de la ciudad de Bogotá, se utilizan los parámetros establecidos en la microzonificación sísmica de la ciudad, dado por el Decreto 523 de 2010, para la zona de depósito ladera. En la Figura 12 y Figura 13 se presentan los espectros elásticos de aceleraciones calculados para cada una de las edificaciones.

Tabla 2. Parámetros para el cálculo del espectro elástico de aceleraciones.

Parámetros Espectro		
	Edificación 1	Edificación 2
	Bogotá -	Tunja
Aa	0,15	0,20
Av	0,20	0,20
Fa	1,65	1,20
Fv	1,70	1,00
I	1,00	1,00

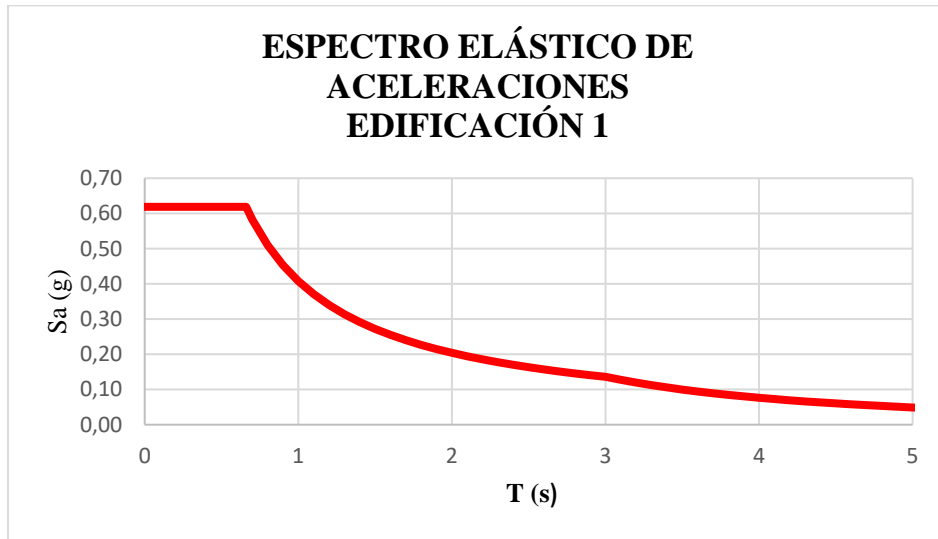


Figura 12. Espectro elástico de aceleraciones – Edificación 1

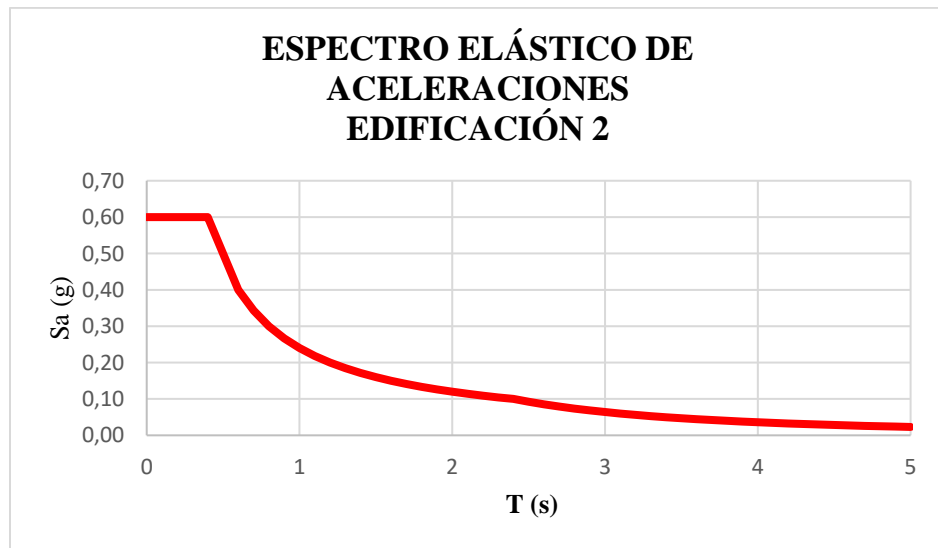


Figura 13. Espectro elástico de aceleraciones – Edificación 2

4.4 – Evaluación de la demanda de los muros

De acuerdo con el documento AIS 610-EP-17, para determinar las fuerzas y esfuerzos internos en los elementos se debe llevar a cabo un análisis estructural utilizando un modelo simplificado o un modelo tridimensional. De acuerdo con los objetivos de este trabajo, se utilizaron los dos modelos con el fin de comparar sus resultados.

4.4.1 – Modelo Simplificado.

En este modelo se considera que los muros actúan separadamente de tal manera que los muros perpendiculares a la dirección de la fuerza sísmica se revisan por volcamiento y los muros paralelos a la dirección de la fuerza sísmica se revisan por rigidez y resistencia. Las cargas axiales y fuerzas cortantes se calculan a la mitad de la altura del entrepiso.

Para la evaluación de la demanda de los muros, es decir las fuerzas internas a las cuales están solicitados los muros, se tienen en cuenta las especificaciones iniciales mostradas en la Tabla 3.

Tabla 3. Especificaciones iniciales

ESPECIFICACIÓN	EDIFICACIÓN 1	EDIFICACIÓN 2
Peso unitario de adobe	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Altura de muros	2.50 m	2.80 m
Carga Viva L	0.35 kN/m^2	2.00 kN/m^2
Carga Viva, cubierta Lr	0.35 kN/m^2	0.35 kN/m^2
Aceleración Espectral, Sa	0.62	0.60
Peso/m ² de cubierta	1.47 kN/m^2 (Planos)	1.47 kN/m^2 (Planos)
Peso unitario de madera	-	$\gamma = 6.0 \text{ kN/m}^3$
Altura de entrepiso		0,15 m
Peso de entrepiso	-	0.90 kN/m^2

Para el cálculo de la carga muerta y de la carga viva se tienen en cuenta las características propias de cada elemento, espesor, longitud y área tributaria.

En la Tabla 4 y Tabla 5 se presentan para cada edificación, las características de los muros con su respectivo espesor, longitud y área tributaria.

Tabla 4. Características de muros – Edificación 1

CARACTERÍSTICAS DE MUROS - EDIFICACIÓN 1							
MUROS EN X				MUROS EN Y			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área (m ²)
1	0,15	0,80	1,67	17	0,80	1,00	1,86
2	0,15	4,80	5,91	18	0,15	1,95	1,81
3	0,15	4,80	6,98	19	0,80	0,90	4,00
4	0,15	4,80	3,32	20	0,60	1,00	15,63
5	0,15	4,80	3,02	21	0,60	1,00	2,39
6	0,15	4,55	6,32	22	0,15	2,30	13,97
7	0,50	0,80	4,00	23	0,60	2,30	15,77
8	0,50	0,80	3,77	24	0,60	1,75	8,29
9	0,15	3,40	12,28	25	0,60	1,75	4,08
10	0,50	0,80	2,51				
11	0,50	0,80	7,25				
12	0,15	5,10	8,43				
13	0,15	4,15	4,86				
14	0,15	5,20	6,43				
15	0,15	3,15	3,37				
16	0,15	3,80	4,34				

Tabla 5. Características de muros – Edificación 2

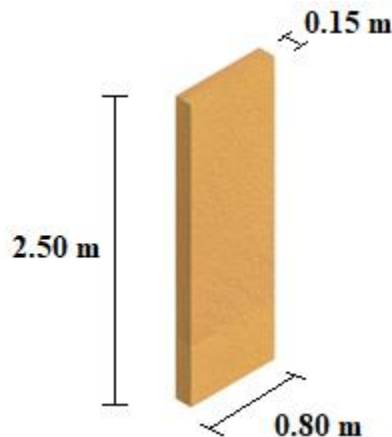
CARACTERÍSTICAS DE MUROS - EDIFICACIÓN 2							
MUROS EN X				MUROS EN Y			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área (m ²)
1	0,80	2,30	1,84	20	0,80	1,30	10,73
2	0,80	8,30	29,74	21	0,80	2,00	3,71
3	0,80	4,80	11,33	22	0,80	2,60	14,81
4	0,80	3,10	21,99	23	0,80	5,50	15,81
5	0,80	2,00	9,49	24	0,80	2,60	6,64
6	0,80	2,90	14,08	25	0,80	3,80	5,52
7	0,80	2,00	8,69	26	0,80	3,80	10,52
8	0,80	2,00	8,86	27	0,80	2,40	19,04
9	0,80	1,20	6,73	28	0,80	6,70	46,38
10	0,80	2,40	16,50	29	0,80	5,10	23,17
11	0,80	2,00	17,04	30	0,80	2,40	5,50

CARACTERÍSTICAS DE MUROS - EDIFICACIÓN 2							
MUROS EN X				MUROS EN Y			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área (m ²)	No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área (m ²)
12	0,80	5,40	17,47	31	0,80	3,80	13,46
13	0,80	1,20	3,73	32	0,80	5,10	17,95
14	0,80	2,40	10,14	33	0,80	3,80	9,48
15	0,80	4,40	13,52				
16	0,80	5,40	17,45				
17	0,80	6,00	7,62				
18	0,80	6,00	0,00				
19	0,80	6,00	0,00				

La carga muerta **D** para cada muro se calcula teniendo en cuenta el aporte del peso propio del muro y el peso de la cubierta con base en el peso unitario de adobe y de cubierta establecido previamente y el área tributaria de cada miembro. Para el modelo simplificado la carga axial se calcula a la mitad de la altura del muro o machón.

Se tomará como ejemplo para los cálculos el muro No. 1 de la edificación 1:

Espesor: 0.15 m
 Longitud: 0.80 m
 Altura: 2.50 m
 Área tributaria: 1.67 m²



Peso unitario de adobe, $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Peso/m² de cubierta = 1.47 kN/m²

Peso propio muro = $19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.15 \text{ m} \cdot 0.80 \text{ m} \cdot 2.50 \text{ m} = 5.7 \text{ kN}$

Peso de cubierta = $1.67 \text{ m}^2 \cdot 1.47 \text{ kN/m}^2 = 2.5 \text{ kN}$

Carga muerta **D** = $(5.7 \text{ kN} / 2) + 2.5 \text{ kN} = 5.3 \text{ kN}$

La carga viva **L** para cada muro se calcula teniendo en cuenta la carga uniforme por m² establecida en el Título B del Reglamento NSR-10 y el área tributaria de cada miembro, así:

$$\text{Carga viva} = 0.35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Área tributaria: } 1.67 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga viva } L = 0.35 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.67 \text{ m}^2 = \mathbf{0.6 \text{ kN}}$$

La carga viva de cubierta **Lr** para cada muro se calcula teniendo en cuenta la carga uniforme por m^2 establecida en el Título B del Reglamento NSR-10 y el área tributaria de cada miembro, así:

$$\text{Carga viva } Lr > 15^\circ = 0.35 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Área tributaria: } 1.67 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga viva } L = 0.35 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.67 \text{ m}^2 = \mathbf{0.6 \text{ kN}}$$

La carga viva de cubierta debida al granizo **Gr** para cada muro se calcula teniendo en cuenta la carga uniforme por m^2 establecida en el Título B del Reglamento NSR-10 y el área tributaria de cada miembro, así:

$$\text{Carga granizo } G > 15^\circ = 0.50 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Área tributaria: } 1.67 \text{ m}^2$$

$$\text{Carga viva } L = 0.50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1.67 \text{ m}^2 = \mathbf{0.8 \text{ kN}}$$

El cortante en la base para cada muro se calcula a partir de la masa tributaria de cada muro y la aceleración espectral S_a , de acuerdo con el espectro elástico de aceleraciones. La masa se calcula a partir de la carga muerta **D**.

$$\text{Carga muerta } \mathbf{D} = 5.3 \text{ kN}; \text{ masa } m = 0.540T$$

$$\text{Aceleración espectral } S_a = 0.62g$$

$$V_{\text{base}} = 0.540 T \cdot 0.62 \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = \mathbf{3.3 \text{ kN}}$$

Se tienen en cuenta las combinaciones de carga establecidas en el capítulo B.2 del Reglamento NSR-10, sin incluir las que tienen en cuenta la carga de viento. Las combinaciones utilizadas son las siguientes:

- 1.4D
- 1.2D + 1.6L + 0.5Lr ó G
- 1.2D + 1.6Lr ó G + 1.0L
- 1.2D + 1.0E + 1.0L
- 0.9D + 1.0E

Para las combinaciones que tienen en cuenta la influencia de la carga sísmica, se realiza el cálculo de las solicitaciones de carga axial, cortante y momento, de la siguiente manera:

Ejemplo: Edificación 1, muro No. 1, para la Combinación 1.2D + 1.0E + 1.0L

$$\text{Carga Axial } \mathbf{P} = (1.2 \cdot 5.3 \text{ kN}) + (1.0 \cdot 0.6 \text{ kN}) = \mathbf{6.9 \text{ kN}}$$

Cortante $V = 5.3 \text{ kN} \cdot 0.62 = 3.3 \text{ kN}$

Momento $M = V \cdot \text{mitad } h_{\text{muro}} = 3.3 \text{ kN} \cdot (2.5 \text{ m} / 2) = 4.1 \text{ kN-m}$

En la Tabla 6 a la Tabla 11 de los anexos del presente trabajo, se observa el cálculo de la demanda en términos de las solicitaciones para cada uno de los muros de las dos edificaciones, calculados por medio del modelo simplificado.

4.4.2 – Modelo Tridimensional.

Se realiza modelación tridimensional con la ayuda de una herramienta computacional con base en los requisitos establecidos en el capítulo 5 del documento AIS 610-EP-17.

Las edificaciones se evalúan mediante un modelo linealmente elástico tridimensional, considerando los siguientes métodos:

1. Los muros trabajan independientemente, los muros longitudinales y transversales se evalúan separados uno de otro. Adicionalmente, de acuerdo con las características de los entrepisos, la cubierta y sus conexiones, se considera que el diafragma es flexible.
2. Los muros trabajan independientemente, los muros longitudinales y transversales se evalúan separados uno de otro. Se considera diafragma rígido.
3. Los muros trabajan unidos. Se considera diafragma rígido.

En la Figura 14 y Figura 15, se presentan esquemas de la modelación realizada mediante la herramienta computacional.

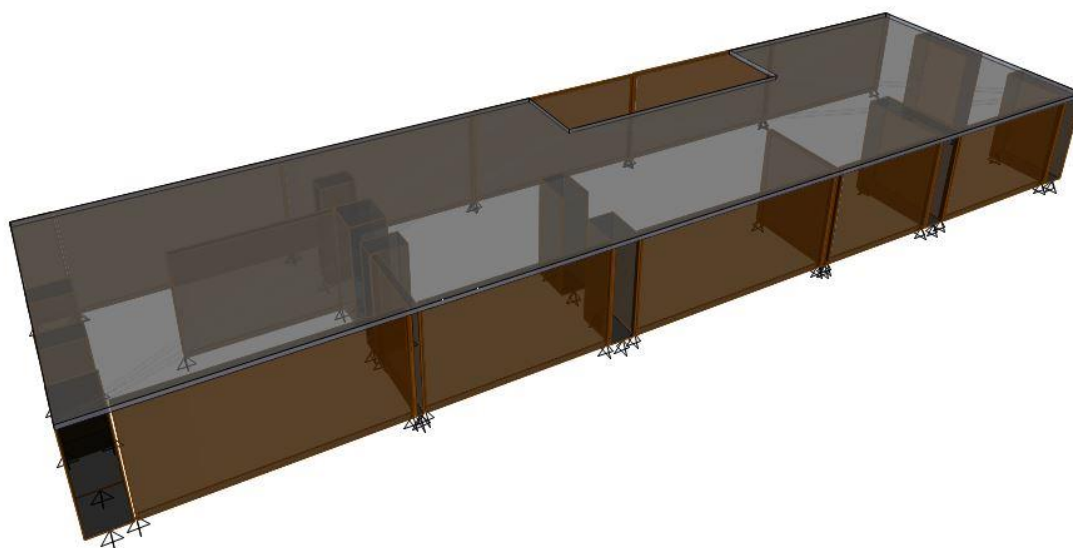


Figura 14. Modelo tridimensional mediante herramienta computacional – Edificación 1

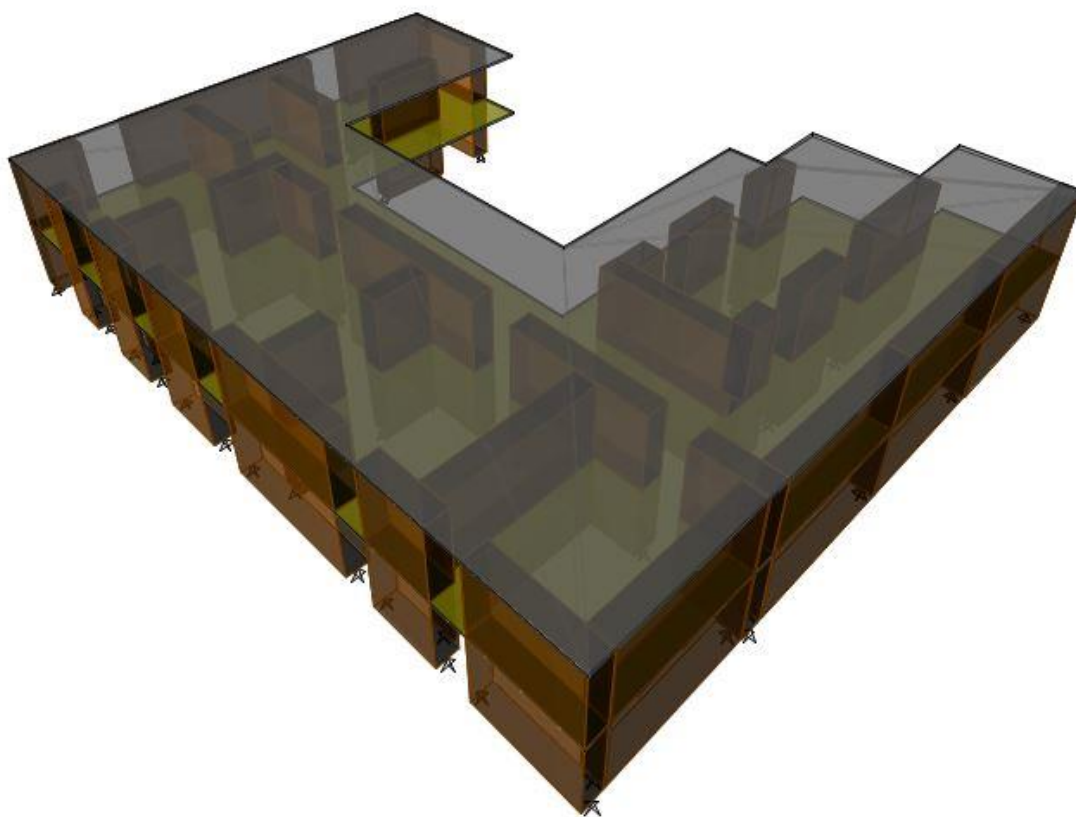


Figura 15. Modelo tridimensional mediante herramienta computacional – Edificación 2

En la Tabla 12 a la Tabla 14 de los anexos se observa la comparación de la demanda en términos de las solicitaciones para cada uno de los muros de las dos edificaciones, calculados por medio del modelo tridimensional. Se consideraron las combinaciones mencionadas anteriormente, pero los resultados se muestran únicamente para la combinación más desfavorable: $1,2D + 1,0E + 1,0L$. La fuerza sísmica en este modelo se calculó mediante un análisis espectral, siguiendo los lineamientos del Capítulo A.5 del Reglamento NSR-10.

4.5 – Evaluación de la capacidad de los muros

Para evaluar la capacidad que tienen los muros, se siguieron los requisitos establecidos en el capítulo 6 del documento AIS 610-EP-17. Todas las expresiones que se utilizarán a continuación vienen de ese documento.

La capacidad de los elementos se obtiene con base en la combinación más desfavorable, que, para el caso de las dos edificaciones, es la que tiene en cuenta el aporte de la carga muerta, carga viva y sismo: $1.2D + 1.0E + 1.0L$

4.5.1 – Resistencia a carga axial de muros

La resistencia a carga axial de los muros se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$P_n = 0.80 f'_m A_m R_e \quad \text{Ecuación 6.3.1-1}$$

Donde,

P_n = Resistencia nominal a compresión de muros sometidos a carga axial

f'_m = Resistencia a la compresión de la mampostería de adobe

A_m = Área normal al eje del muro

R_e = Factor de reducción que depende de la esbeltez y excentricidad de la carga

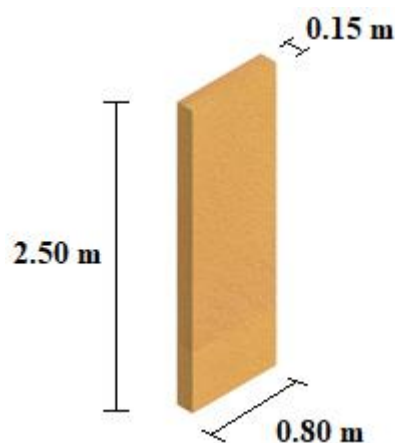
Ejemplo: Edificación 1, muro No. 1.

$$f'_m = 0.80 \text{MPa} = 800 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Espesor, } t = 0.15 \text{m}$$

$$\text{Longitud, } b = 0.80 \text{m}$$

$$A_m = 0.15 \text{m} \cdot 0.80 \text{m} = 0.12 \text{ m}^2$$



R_e = Este factor se obtiene de la tabla 6.5.1-1 del documento AIS 610-EP-17, así:

$$h/t = 2.5 \text{m} / 0.15 \text{m} = 16.7$$

M_u , Momento flector, demanda = 6.3 kN

$$\text{Peso propio a la mitad del muro} = 19 \text{ kN/m}^3 \cdot 0.15 \text{ m} \cdot 0.80 \text{ m} \cdot 1.25 \text{ m} = 2.9 \text{ kN}$$

Peso de cubierta = 2.5 kN

$$\text{Carga muerta } D = 2.9 \text{ kN} + 2.4 \text{ kN} = 5.3 \text{ kN}$$

Carga Viva = 0.6 kN

$$P_{uz}, \text{ Carga axial, mitad del muro} = (1.2 \cdot 5.3 \text{ kN}) + (1.0 \cdot 0.6 \text{ kN}) = 6.9 \text{ kN}$$

$$M_u / (P_u \cdot t) = 6.3 \text{ kN} / (6.9 \text{ kN} \cdot 0.15 \text{ m}) = \mathbf{6.1}$$

Para los valores dados de h/t (16.7) y $M_u / (P_u \cdot t)$ (6.1), el muro falla por inestabilidad.

Se observa así mismo que estos valores no se encuentran establecidos en la tabla del documento AIS 610-EP-17 ya que por encima de valores de 0.33 el muro es inestable.

Esto quiere decir que el muro falla por su capacidad al volcamiento.

4.5.2 – Resistencia a cortante de muros, ecuación AIS 610

La resistencia a cortante de los muros se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$V_n = f_v A_m + 0.30 P_{uz} \quad \text{Ecuación 6.4.1-1} \quad \text{AIS 610-EP-17}$$

Donde,

V_n = Fuerza cortante nominal del muro

f_v = Resistencia a cortante de la mampostería de adobe.

A_m = Área normal al eje z del muro.

P_{uz} = Fuerza axial calculada a la mitad del muro.

Ejemplo: Edificación 1, muro No. 1.

$$f_v = 0.0019 \text{MPa} = 1.90 \text{ kN/m}^2$$

Altura, $h = 2.5 \text{m}$

Espesor, $t = 0.15 \text{m}$

$$A_m = 2.5 \text{m} \cdot 0.15 \text{m} = 0.375 \text{ m}^2$$

$$P_{uz}, \text{ Carga axial, demanda} = (1.2 \cdot 5.3 \text{ kN}) + (1.0 \cdot 8.3 \text{ kN}) = 14.7 \text{ kN}$$

$$V_n = f_v \cdot A_m + 0.30 P_{uz} = (1.90 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.375 \text{ m}^2) + (0.30 \cdot 6.9 \text{ kN}) = 2.8 \text{ kN}$$

Adicionalmente, de acuerdo con el capítulo 5 del documento AIS 610-EP-17, se debe incluir el factor de reducción de resistencia ϕ , que para el caso del cortante es de 0.75.

De esta manera la resistencia a cortante para el muro 1 de la edificación 1 es:

$$5.13 \text{ kN} \cdot 0.75 = \mathbf{3.8 \text{ kN}}$$

4.5.3 – Resistencia a cortante de muros, ecuación alternativa

Alternativamente, la resistencia a cortante de muros se puede calcular la expresión desarrollada por Reyes *et al.* (2018):

$$V_{nx} = A_{mz} \sqrt{f'_m} \left[0.33 \left(\frac{P_{uz}}{A_{mz} f'_m} \right) - 0.005 \right] \left(\frac{h}{l_m} \right)^{-0.25}$$

Con el fin de realizar una comparación del cálculo de la resistencia a cortante, se realiza el cálculo con la ecuación mencionada anteriormente.

Ejemplo: Edificación 1, muro No. 1.

$$A_{mz} = 150\text{mm} \cdot 2500\text{mm} = 375000 \text{ mm}^2$$

$$f'_m = 0,80 \text{ MPa}$$

$$P_{uz} = 6900 \text{ kN}$$

$$h = 2500 \text{ mm}$$

$$l_m = 800 \text{ mm}$$

De esta manera la resistencia a cortante para el muro 1 de la edificación 1, incluyendo el factor de reducción de resistencia es: **0.50 kN**

4.5.4 – Resistencia a flexión de muros

La resistencia a flexión de los muros se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$M_n = \frac{P_{uz} b_x}{3\phi} \quad \text{Ecuación 6.5.1-1} \quad \text{AIS 610-EP-17}$$

Donde,

P_{uz} = Fuerza axial sobre el muro, altura total del muro.

b_x = longitud del muro.

ϕ = Factor de reducción de resistencia para flexión.

Ejemplo: Edificación 1, muro No. 1.

$$P_{uz} = 10.4 \text{ kN}$$

$$b_x = 0.80 \text{ m}$$

$$\phi = 0.80$$

$$M_n = (10.4 \text{ kN} \cdot 0.80 \text{ m}) / 3 \cdot 0.80 = 3.5 \text{ kN-m}$$

4.5.4 – Resultados de la capacidad a fuerza cortante y flexión de muros

En la Tabla 15 a la Tabla 26 de los anexos se observan los resultados de la capacidad en términos de fuerza cortante y flexión para cada uno de los muros de las dos edificaciones.

4.6 – Índices de sobreesfuerzo

Se realiza el cálculo de los índices de sobreesfuerzo para cada una de las edificaciones, teniendo en cuenta la capacidad y la demanda de cada uno de los muros, en términos de carga axial, fuerza cortante y momento. De la siguiente manera:

$$\text{Índice de sobreesfuerzo} = \text{Demanda} / \text{Capacidad}$$

Los índices de sobreesfuerzo se obtienen para la demanda de los muros calculada por medio del modelo simplificado y por el modelo tridimensional. Se calculan dos índices de sobreesfuerzo para fuerza cortante, teniendo en cuenta el cálculo por medio de la ecuación del documento AIS 610 y la ecuación alternativa de Reyes et al. (2018).

Los resultados de los índices de sobreesfuerzo se encuentran consignados en la Tabla 27 a la Tabla 38 de los anexos del presente trabajo.

En la Figura 16 a la Figura 33 se presentan esquemas en planta de los índices de sobreesfuerzo para los muros de las dos edificaciones en términos de cortante y momento tanto para el modelo simplificado, como para el modelo tridimensional.

Los muros identificados con color verde representan valores de índice de sobreesfuerzo menor a la unidad, mientras que los muros identificados con color rojo representan valores de sobreesfuerzo superiores a la unidad.

No se presentan índices de sobreesfuerzo para carga axial para ninguna de las dos edificaciones dado que todos los muros de las edificaciones presentan valores desfavorables en cuanto al factor de reducción por excentricidad R_e . Por lo cual se deduce que todos los muros fallan por su inestabilidad al volcamiento cuando tienen que soportar fuerza sísmica fuera del plano.

4.6.1 – Índices de sobreesfuerzo edificación 1

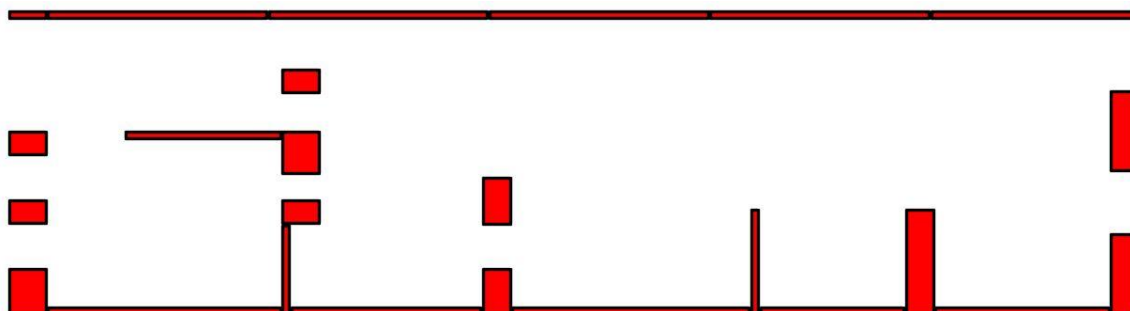


Figura 16. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo simplificado.

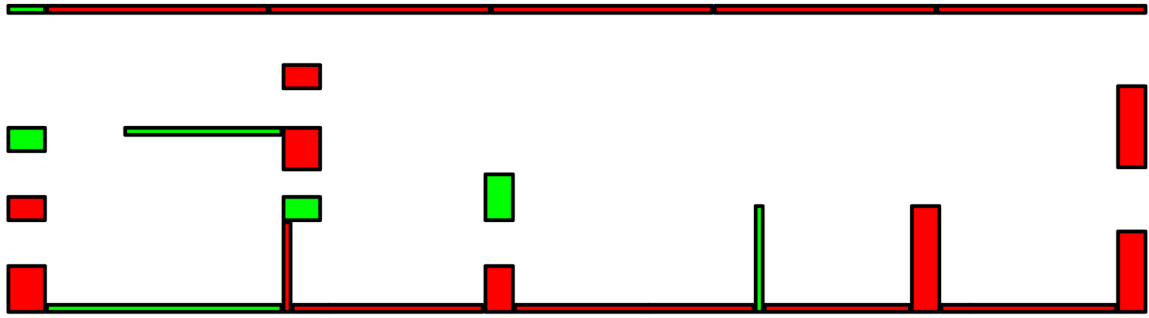


Figura 17. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo 3D.

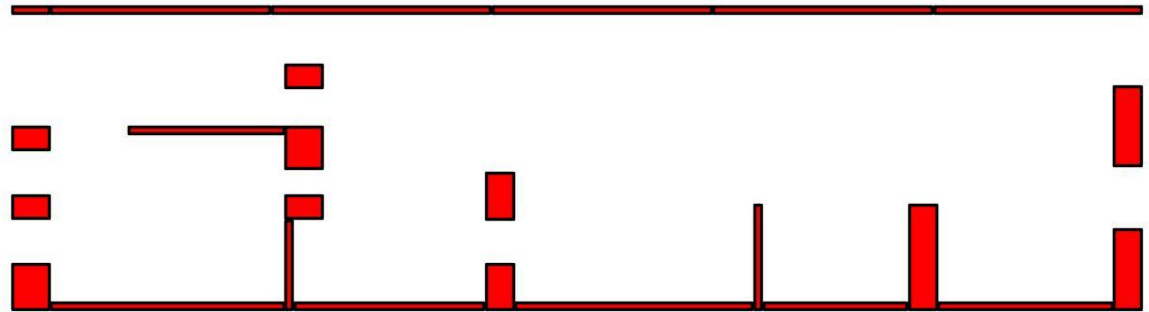


Figura 18. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo simplificado.

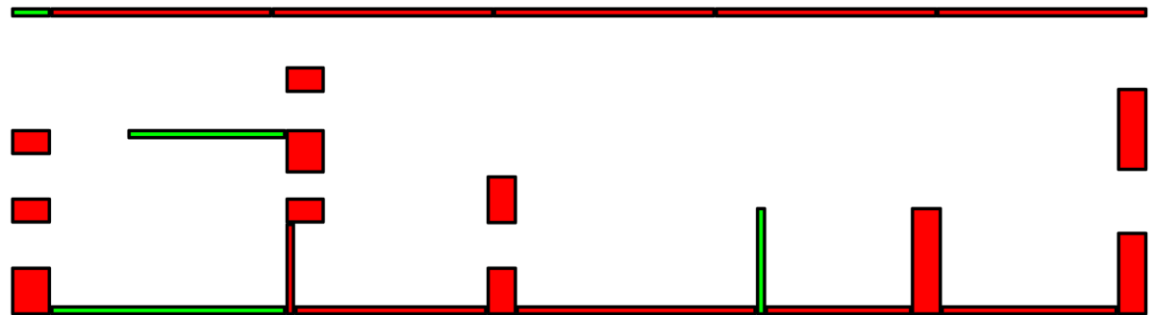


Figura 19. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo 3D.

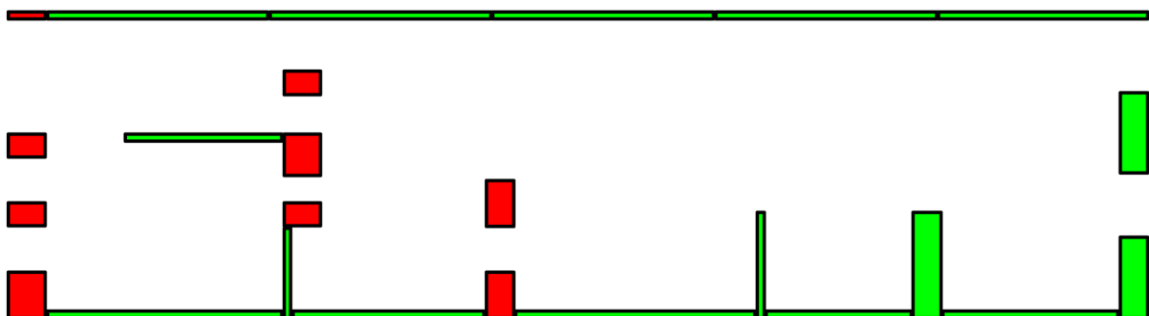


Figura 20. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo simplificado.

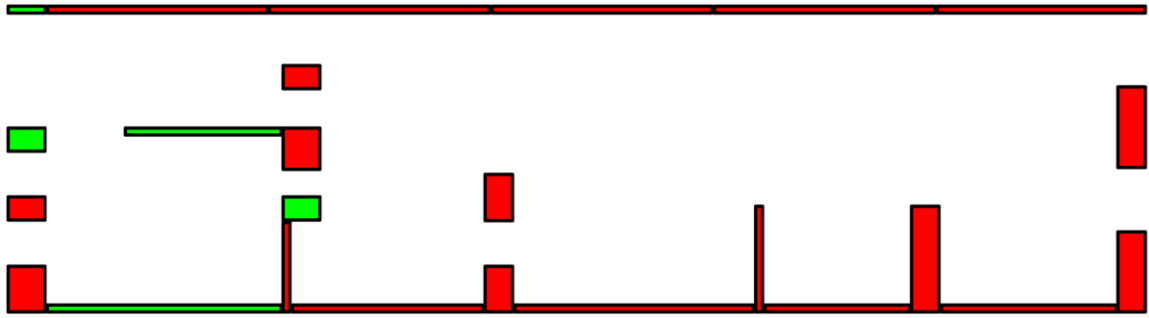


Figura 21. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo 3D.

4.6.2 – Índices de sobreesfuerzo edificación 2

PISO 1

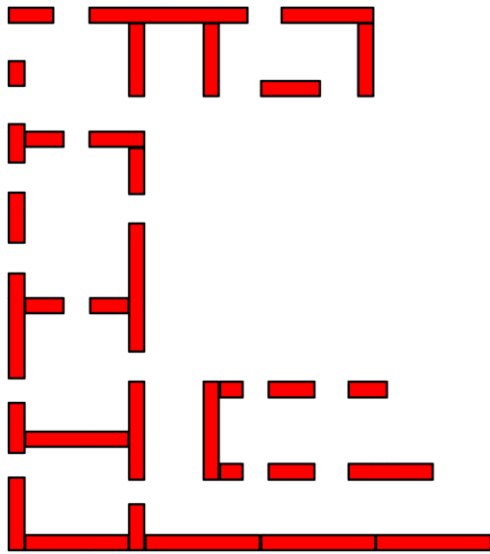


Figura 22. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo simplificado.

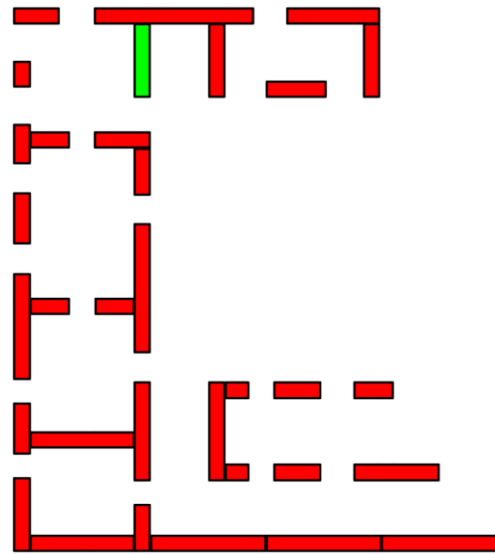


Figura 23. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo 3D.

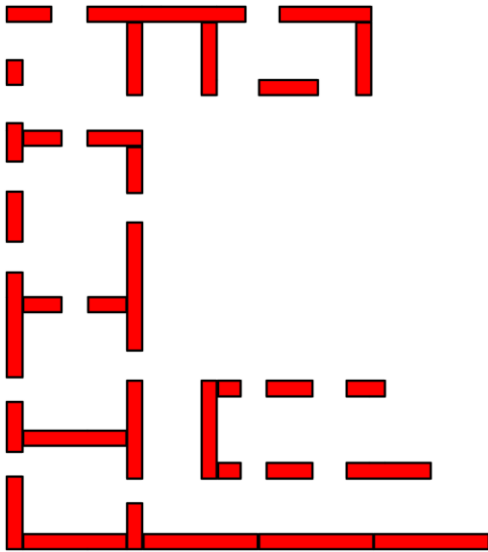


Figura 24. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo simplificado.

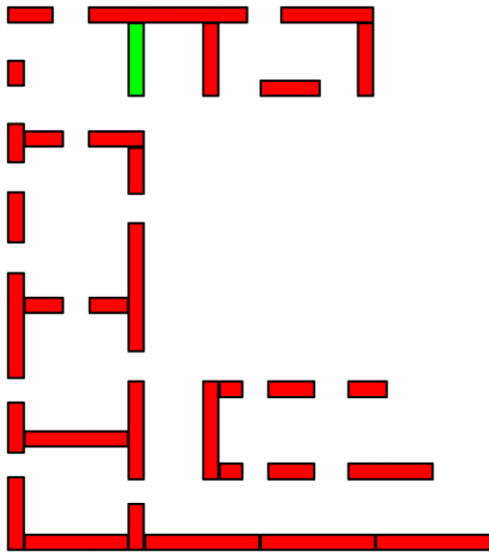


Figura 25. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo 3D.

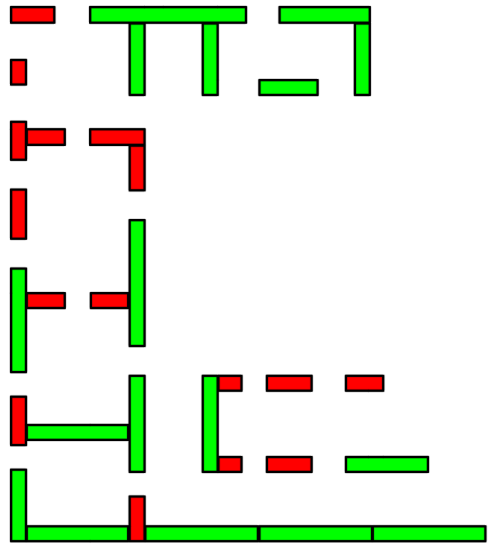


Figura 26. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo simplificado.

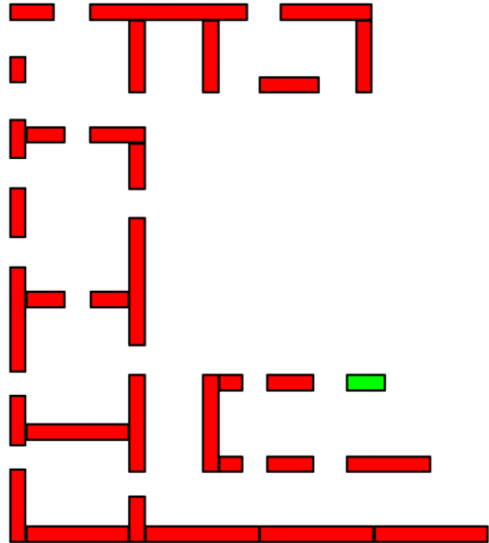


Figura 27. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo 3D.

PISO 2

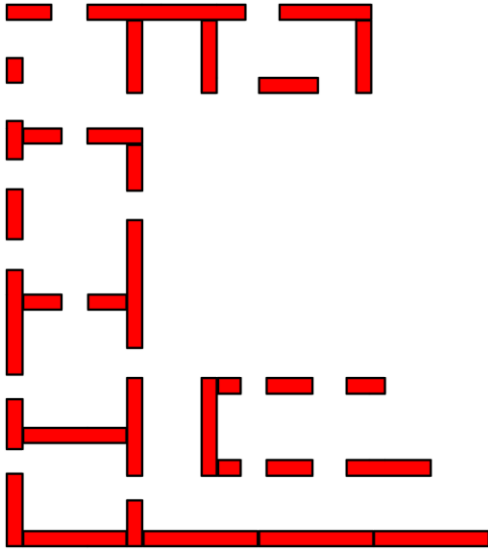


Figura 28. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo simplificado.

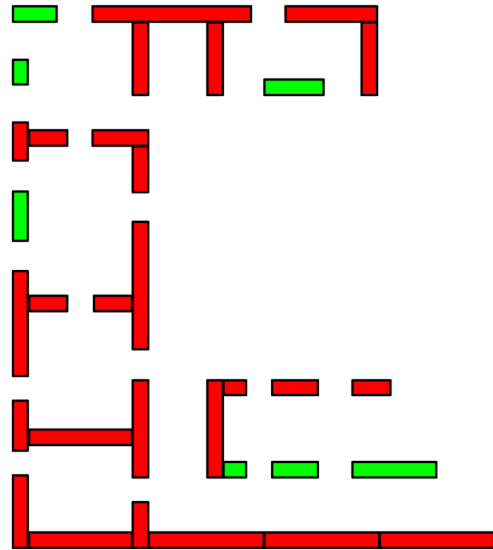


Figura 29. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 1, modelo 3D.

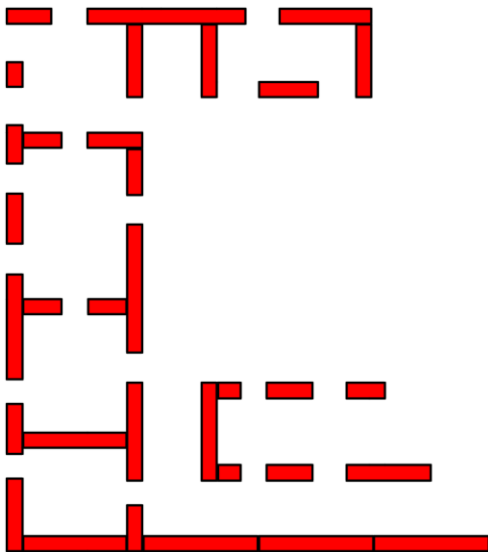


Figura 30. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo simplificado.

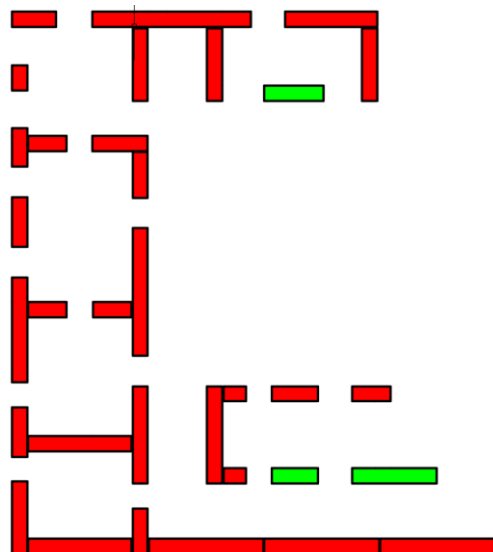


Figura 31. Esquema de índice de sobreesfuerzo para cortante 2, modelo 3D.

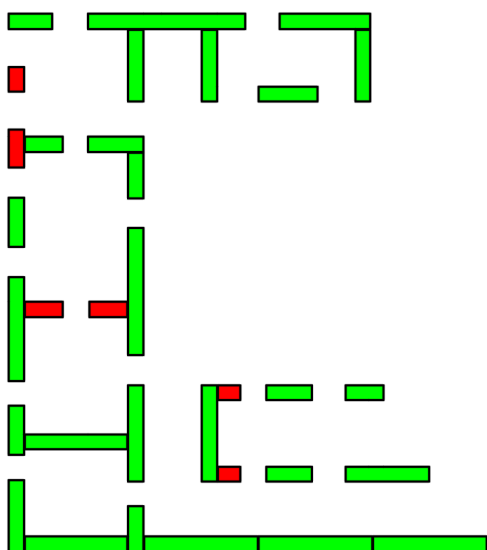


Figura 32. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo simplificado.

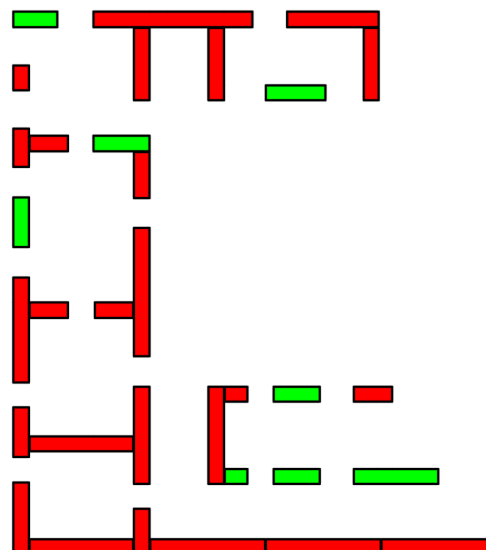


Figura 33. Esquema de índice de sobreesfuerzo para momento, modelo 3D.

4.7 – Estabilidad al Volcamiento

La estabilidad al volcamiento se determinó con las combinaciones de carga establecidas en el literal B.2.3 del Reglamento NSR-10 así:

$$D + 0,7E$$

$$D + 0,525E + 0,75L + 0,75G$$

$$0,6D + 0,7E$$

Los resultados de la estabilidad al volcamiento para las dos edificaciones se encuentran consignados en la Tabla 39 a la Tabla 44 de los anexos del trabajo.

4.8 – Índices de flexibilidad

Los índices de flexibilidad se determinaron con las derivas halladas mediante el análisis lineal de ambos modelos y la deriva máxima permitida de 0.50% de la altura del piso.

Los resultados de los índices de flexibilidad para las dos edificaciones se encuentran consignados en la Tabla 45 a la Tabla 50 de los anexos.

CAPÍTULO 5 – ALTERNATIVAS DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

De acuerdo con los requisitos establecidos en el capítulo 7 del documento AIS 610-EP-17, se permiten cuatro alternativas de reforzamiento:

- Entramados de madera, acero, plástico o similar
- Entramados de madera, acero, plástico o similar y tensores internos o externos
- Tensores verticales y anillos de zunchos
- Mallas de acero o sintéticas

En este trabajo se consideraron las dos alternativas que, por un lado, han dado buenos resultados experimentalmente, y, por otro, constructivamente tienen mayores posibilidades de aplicación dada su facilidad de implementación en comparación con las otras: entramados de madera y entramados de acero. Ambas se aplican a las dos edificaciones estudiadas.

El documento AIS 610-EP-17 permite el uso de la madera y el acero como elementos de reforzamiento de muros de tierra siempre y cuando se cumplan ciertos requisitos, entre estos los siguientes:

- Los elementos de reforzamiento se deben colocar por ambas caras del muro.
- Se deben formar anillos de reforzamiento con los elementos horizontales.
- Se debe implementar el esquema de reforzamiento para todos los muros.
- La separación entre elementos de reforzamiento horizontales no debe exceder 1m.
- La separación entre elementos de reforzamiento verticales no debe exceder 1,2m.

5.1 – Alternativa de reforzamiento con entramados de madera

Las especificaciones mínimas establecidas en el documento AIS 610-EP-17 para esta estrategia son las siguientes:

f_s = Resistencia última a tracción = 9,0 MPa, de acuerdo con el grupo ES6, (Capítulo G.2 del Reglamento NSR-10)

Dimensiones mínimas del elemento de reforzamiento = 40mm x 180mm

Ψ_v = coeficiente de incremento de capacidad de fuerza cortante = 1,5

Ψ_f = coeficiente de incremento de capacidad de flexión-axial con respecto a un eje horizontal = 2,0

Ψ_b = coeficiente de incremento de capacidad de flexión-axial con respecto a un eje vertical = 1,5

5.2 – Alternativa de reforzamiento con entramados de acero

Las especificaciones mínimas establecidas en el documento AIS 610-EP-17 para este caso son las siguientes:

f_s = Resistencia última a tracción = 248 MPa

Dimensiones mínimas del elemento de reforzamiento = 6mm x 100mm

Ψ_v = coeficiente de incremento de capacidad de fuerza cortante = 1,5

Ψ_f = coeficiente de incremento de capacidad de flexión-axial con respecto a un eje horizontal = 2,0

Ψ_b = coeficiente de incremento de capacidad de flexión-axial con respecto a un eje vertical = 1,5

5.3 – Resistencia a carga axial de muros reforzados

El documento AIS 610-EP-17 no presenta requisitos adicionales para evaluar la resistencia a compresión de los muros reforzados. Los valores de la resistencia a la compresión de los muros reforzados para las dos edificaciones se calculan de la misma forma, por medio de las ecuaciones referenciadas en el numeral 4.5.1 de la presente investigación.

5.4 – Resistencia a cortante de muros reforzados

La resistencia de muros reforzados sometidos a fuerza cortante se calcula a la mitad de la altura del elemento, usando la siguiente ecuación:

$$V_{nx} = \Psi_v (f_v A_{mz} + 0.30 P_{uz}) \quad \text{ó} \quad V_{nx} = \Psi_v \cdot V_n$$

En donde, Ψ_v , equivale a 1,5.

Las tablas resumen del cálculo de la fuerza cortante para los muros reforzados con entramados de madera y entramados de acero y sus respectivos índices de sobreesfuerzo, para los dos métodos de cálculo de la demanda, y los dos métodos de cálculo de la fuerza cortante: éstas se encuentran en los anexos del presente trabajo.

5.5 – Resistencia a momento de muros reforzados

La resistencia de muros reforzados sometidos a flexión en el plano del muro se calcula usando la siguiente ecuación:

$$M_{ny} = 0.30 A_s f_s b_s \leq \Psi_f \frac{P_{uz} b_x}{3\phi}$$

La resistencia de muros reforzados sometidos a flexión fuera del plano del muro se calcula usando la siguiente ecuación:

$$M_{nx} = 0.30(A_s f_s t_s + A_t f_t t_t) \leq \Psi_b \frac{P_{uz} t}{3\phi}$$

Dado que se necesita hallar la separación necesaria de colocación de los elementos de refuerzo (b_s), se iguala en la ecuación con los términos propios de cada una de las alternativas de reforzamiento, de la siguiente manera:

$f_s = 9,0$ MPa, para entramados en madera

$f_s = 248$ MPa, para entramados en acero

dimensiones de entramado de madera = 40mm x 180mm

dimensiones de entramado de acero = 6mm x 100mm

Ψ_f = coeficiente de incremento de capacidad de flexión-axial = 2,0

Las tablas resumen con el cálculo de separación necesaria que deben tener todos los elementos de reforzamiento con madera y con acero en las dos edificaciones, para cumplir con el requisito de resistencia de momento establecido en el documento AIS 610-EP-17, se encuentran en la Tabla 63 a la Tabla 86 de los anexos de la presente investigación.

CAPÍTULO 6 – ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 – Resistencia a carga axial

Las alternativas de reforzamiento del documento AIS 610 EP 17 están orientadas a mejorar el comportamiento de los muros frente a las solicitaciones sísmicas y proveen aumentos en la resistencia al corte y a la flexión. En cuanto a la carga axial, no se considera que estas alternativas aporten un aumento significativo directo a la resistencia para esas solicitaciones, por lo que no se presenta comparación entre los dos inmuebles estudiados con y sin refuerzo.

6.2 – Resistencia a cortante

6.2.1 – Edificación 1

- Muros sin refuerzo

Como se puede observar en la Figura 16, todos los índices de sobreesfuerzo para cortante de los muros sin reforzar calculados por medio de la ecuación del AIS 610-EP-17 y con el cálculo de la demanda mediante el modelo simplificado, arrojan valores superiores a la unidad (muros de color rojo).

Por otro lado, en la Figura 17 se encuentran los índices de sobreesfuerzo para cortante de los muros sin reforzar, calculados por medio de la ecuación del AIS 610-EP-17 y con el cálculo de la demanda mediante el modelo tridimensional, se observa que únicamente 7 muros tienen valores inferiores a la unidad (muros en color verde).

En la Figura 18 se observa que todos los muros presentan valores de índice de sobreesfuerzo para cortante superiores a la unidad calculados por medio de la ecuación alternativa del AIS 610-EP-17 con el cálculo de la demanda mediante el modelo simplificado, mientras que en Figura 19 se observa que únicamente cuatro muros presentan valores inferiores a la unidad con el cálculo de la demanda mediante el modelo tridimensional.

- Muros reforzados

Dado que el coeficiente de incremento de capacidad para la fuerza cortante de los muros reforzados con entramados de acero y de madera es el mismo, de 1,5, los valores obtenidos para la capacidad de los muros reforzados mediante esta estrategia son los mismos.

En la Tabla 51 y en la Tabla 53 de los anexos se presentan los índices de sobreesfuerzo para la fuerza cortante de los muros reforzados, calculados por medio de las dos ecuaciones propuestas en el documento AIS 610 y mediante el cálculo de la demanda por medio del

modelo simplificado. Al respecto se puede observar que solo siete de los muros presenta valores inferiores a la unidad calculados por medio de la ecuación de AIS 610, por lo cual se puede decir que las estrategias de reforzamiento en cuanto cortante son insuficientes para la mayoría de los muros.

En la Tabla 52 y en la Tabla 54 de los anexos se presentan los índices de sobreesfuerzo para la fuerza cortante de los muros reforzados, calculados por medio de las dos ecuaciones propuestas en el documento AIS 610 y mediante el cálculo de la demanda por medio del modelo tridimensional. Al respecto se puede observar que únicamente nueve de los muros presentan valores inferiores a la unidad en el cálculo de la ecuación del AIS 610, mientras que, por medio del cálculo de la ecuación alterna de Reyes et al, únicamente siete muros presentan valores inferiores a la unidad.

De esta manera, se puede analizar que con el reforzamiento de entramados de madera y de acero, la gran mayoría de muros continúan presentando valores de índices de sobreesfuerzo para cortante superiores a la unidad luego de ser reforzados. Esto implica que la única opción, independiente del modelo utilizado, sería construir más muros en cada dirección de tal manera que la demanda en los existentes disminuya.

6.2.2 – Edificación 2

- Muros sin refuerzo

Como se puede observar en la Figura 22 y en la Figura 24, todos los índices de sobreesfuerzo para cortante de los muros sin reforzar del primer piso calculados por medio de las ecuaciones propuestas por el documento AIS 610 y con el cálculo de la demanda mediante el modelo simplificado, arrojan valores superiores a la unidad (muros de color rojo). Por otro lado, como se observa en la Figura 23 y en la Figura 25 mediante el cálculo de la demanda por medio del modelo tridimensional, se observa que únicamente 1 muro obtiene valores de índices de sobreesfuerzo para cortante inferiores a la unidad (muros de color verde).

Ahora bien, para el caso de los muros del segundo piso, se puede observar en la Figura 28 y en la Figura 30, que todos los muros presentan valores de índices de sobreesfuerzo superiores a la unidad para el cálculo mediante las ecuaciones del documento AIS 610 y con el cálculo de la demanda mediante el modelo simplificado. En la Figura 29 se observa que únicamente siete muros obtienen valores superiores a la unidad, mediante la ecuación de cortante del documento AIS 610 y mediante la demanda del modelo 3D, mientras que en la Figura 31 únicamente tres muros presentan valores inferiores a la unidad, mediante el cálculo del cortante por medio de la ecuación alterna de AIS 610 y la demanda por el modelo tridimensional.

- Muros reforzados

Tal como se mencionó para la edificación 1, las capacidades de los muros reforzados son iguales para los dos sistemas de reforzamiento seleccionados.

En la Tabla 55 y en la Tabla 57 de los anexos se presentan los índices de sobreesfuerzo para la fuerza cortante de los muros reforzados del primer piso, calculados por medio de las dos ecuaciones propuestas en el documento AIS 610 y mediante el cálculo de la demanda por medio del modelo simplificado. Al respecto se puede observar que ninguno de los muros presenta valores inferiores a la unidad, por lo cual se puede decir para este caso que las estrategias de reforzamiento en cuanto cortante son insuficientes ya que la capacidad a cortante de la edificación era muy baja. Nuevamente se requerirían estrategias diferentes: más elementos para aumentar la capacidad global y disminuir la demanda en los muros existentes.

Para los muros del primer piso calculados por medio del modelo tridimensional y con las ecuaciones para cortantes propuestas en el documento AIS 610, se observa en la Tabla 56 y en la Tabla 58 de los anexos que, todos los muros presentan valores inferiores a la unidad.

En el caso de los muros reforzados del segundo piso, todos los índices de sobreesfuerzo calculados por medio de las ecuaciones del documento AIS 610 y por medio del modelo simplificado presentan valores superiores a la unidad. Estos se pueden observar en la Tabla 59 y en la Tabla 61 de los anexos.

En la Tabla 60 y en la Tabla 62 de los anexos se observa que, para el caso de los muros reforzados, calculados mediante el modelo tridimensional, siete muros presentan valores inferiores a la unidad obtenidos con la ecuación del documento AIS 610 y tres muros presentan valores inferiores a la unidad obtenidos con la ecuación alterna del documento AIS 610.

De esta manera se puede analizar que evidentemente las dos edificaciones presentan deficiencias en cuanto a resistencia al corte en su estado actual. Comparando los resultados obtenidos mediante el análisis por medio de ambos modelos se observa que se presentan diferencias dado que con el modelo tridimensional se obtienen más valores de índice de sobreesfuerzo que cumplen.

Por otro lado, se observan también diferencias en los resultados obtenidos mediante las dos ecuaciones usadas de la capacidad a cortante. En la gran mayoría de casos, los resultados obtenidos por medio de la ecuación 1, es decir la establecida en AIS 610, arrojan más valores que cumplen, comparado con la ecuación alternativa de Reyes et al.2018.

6.3 – Resistencia a momento

6.3.1 – Edificación 1

- Muros sin refuerzo

En la Figura 20 se puede observar que nueve muros presentan valores de índices de sobreesfuerzo para momento superiores a la unidad (color rojo) mediante el análisis por el modelo simplificado, mientras que en la Figura 21 se observa que únicamente cinco muros presentan valores inferiores a la unidad (color verde) mediante el análisis por medio del modelo simplificado.

- Muros reforzados

Como se puede observar en la Tabla 63 y en la Tabla 65 de los anexos, mediante la alternativa de reforzamiento por medio de entramados de madera con dimensiones de 40mm X 180mm con resistencia mínima a la tensión de 9 MPa, la separación entre elementos de reforzamiento calculada para cumplir con el requisito establecido en el documento AIS 610-EP-17 es de 1,0 m para todos los muros con la excepción del muro No. 1 que requiere elementos cada 0,30 m y el muro No. 10, cada 0,90m.

Para el caso de la alternativa de reforzamiento por medio de entramados de acero con dimensiones de 6mm X 100mm con resistencia mínima a la tensión de 248 MPa, se observa en la Tabla 75 a la Tabla 86 de los anexos, que la separación de elementos de reforzamiento es de 1,0 m para la mayoría de los muros.

6.3.2 – Edificación 2

- Muros sin refuerzo

En la Figura 32 se puede observar que seis muros presentan valores de índices de sobreesfuerzo para momento superiores a la unidad (color rojo) mediante el análisis por el modelo simplificado, mientras que en la Figura 33 se observa que ocho muros presentan valores inferiores a la unidad (color verde) mediante el análisis por medio del modelo tridimensional.

- Muros reforzados

Para el caso de la edificación 2, en cuanto a la separación de elementos de reforzamiento con entramados de madera, como con entramados de acero, se puede observar en las tablas de los anexos que la separación para todos los elementos de reforzamiento es de 1,0m.

Lo anterior dando cumplimiento a lo establecido en el documento AIS 610-EP-17, donde se limita la separación máxima a 1,0m.

6.4 – Estabilidad al volcamiento

Como se puede observar en la Tabla 39 a la Tabla 44 de los anexos ninguno de los muros de las dos edificaciones presenta factor de seguridad mayor a 1,50. Es decir todos los muros presentan deficiencia en cuanto la estabilidad al volcamiento.

6.5 – Rigidez

En la Tabla 45 y en la Tabla 46 de los anexos se puede observar que mediante el cálculo del índice de flexibilidad por medio del modelo simplificado, 12 de los 25 muros presentan valores inferiores a la unidad, es decir que la mitad de los muros en cuanto a rigidez se comportan adecuadamente. Por otro lado, de acuerdo con los índices de flexibilidad calculados por medio del modelo tridimensional, todos los muros presentan valores inferiores a la unidad.

Por otro lado, en la Tabla 47 a la Tabla 50 de los anexos se encuentran los índices de flexibilidad para los muros de la edificación 2. Se observa que, para el caso de los muros del primer piso calculados por el modelo simplificado, todos los muros presentan valores de índice de flexibilidad superiores a la unidad, mientras que, por medio del modelo tridimensional once de los treinta y tres muros presentan valores superiores a la unidad.

Para el segundo piso, doce muros presentan valores superiores a la unidad mediante el cálculo mediante el modelo simplificado, mientras que, por el modelo tridimensional, dieciocho muros presentan valores superiores a la unidad.

6.6 – Análisis de la influencia de la carga vertical

Considerando que en estas edificaciones es usual encontrar cubiertas pesadas y por tanto cargas verticales considerables en los muros por efecto de las cubiertas, se analizó cuál sería la influencia en los resultados de tener cargas mayores a las especificadas en los planos, que son bajas en comparación con las usuales. Se analizó entonces la influencia de la carga vertical por metro cuadrado de la cubierta en la capacidad a cortante y momento y sus respectivos índices de sobreesfuerzo. Para ello se utilizaron cargas de cubierta de 150 kg/m², 300 kg/m², 450 kg/m², 600 kg/m² y 750 kg/m².

A continuación, se presentan gráficos con los resultados de esta comparación, para los muros de ambas edificaciones.

6.6.1 – Edificación 1

- Cortante

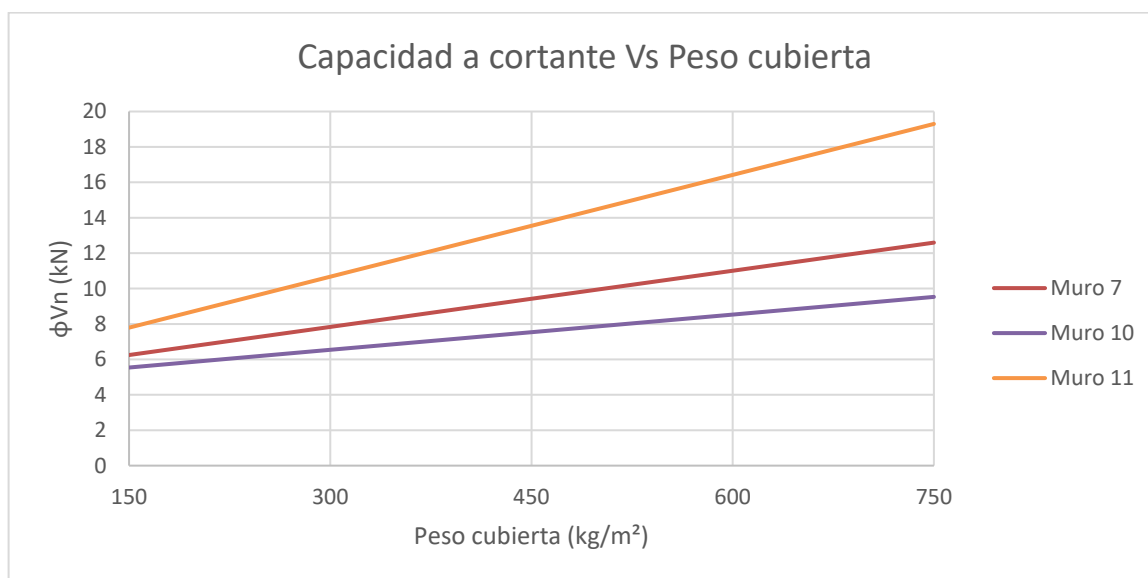


Figura 34. Capacidad a cortante vs peso cubierta – edificación 1

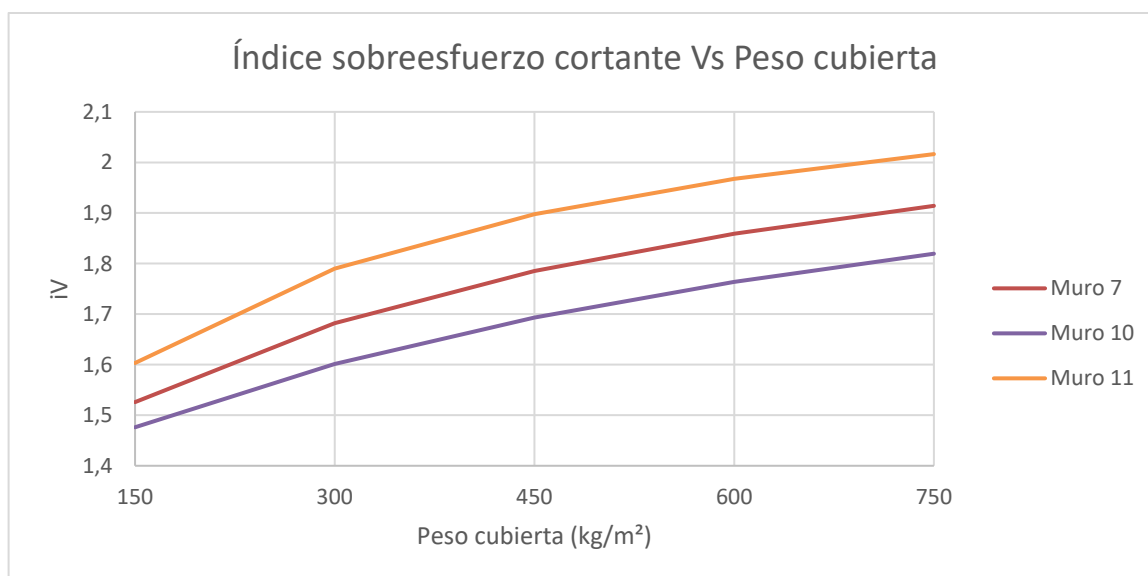


Figura 35. Índice de sobreesfuerzo por cortante vs peso cubierta – edificación 1

Se puede observar en la Figura 34 que cuando se aumenta el peso de la cubierta en 5 veces, la capacidad a cortante del muro aumenta en aproximadamente dos veces. En el caso del índice de sobreesfuerzo para cortante, en la Figura 35 se observa que se aumenta en aproximadamente 1.2 veces cuando se aumenta el peso de la cubierta 5 veces.

- *Momento*

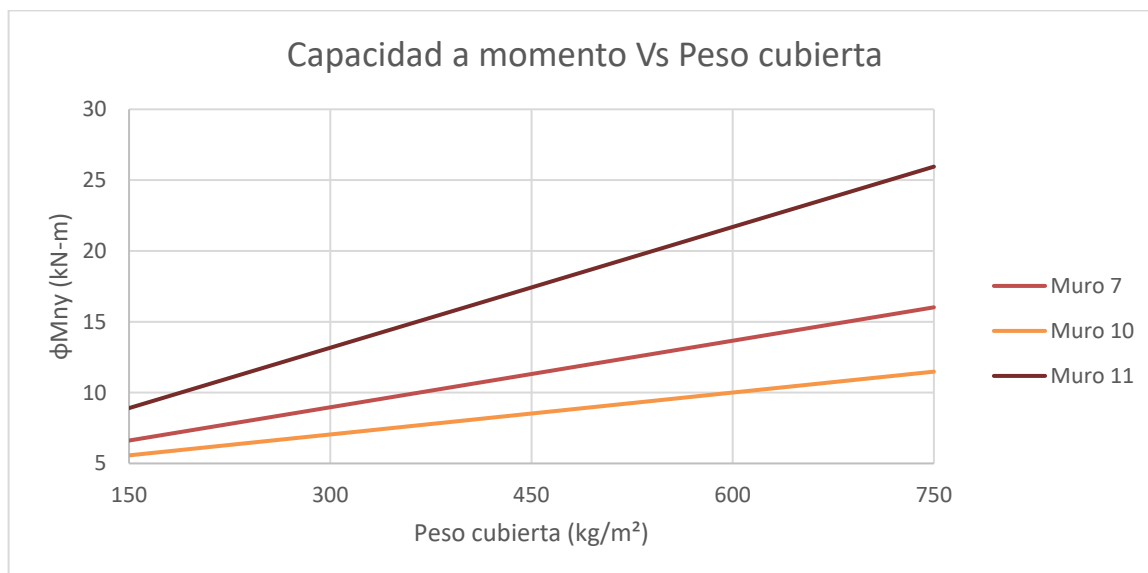


Figura 36. Capacidad a momento vs peso cubierta – edificación 1

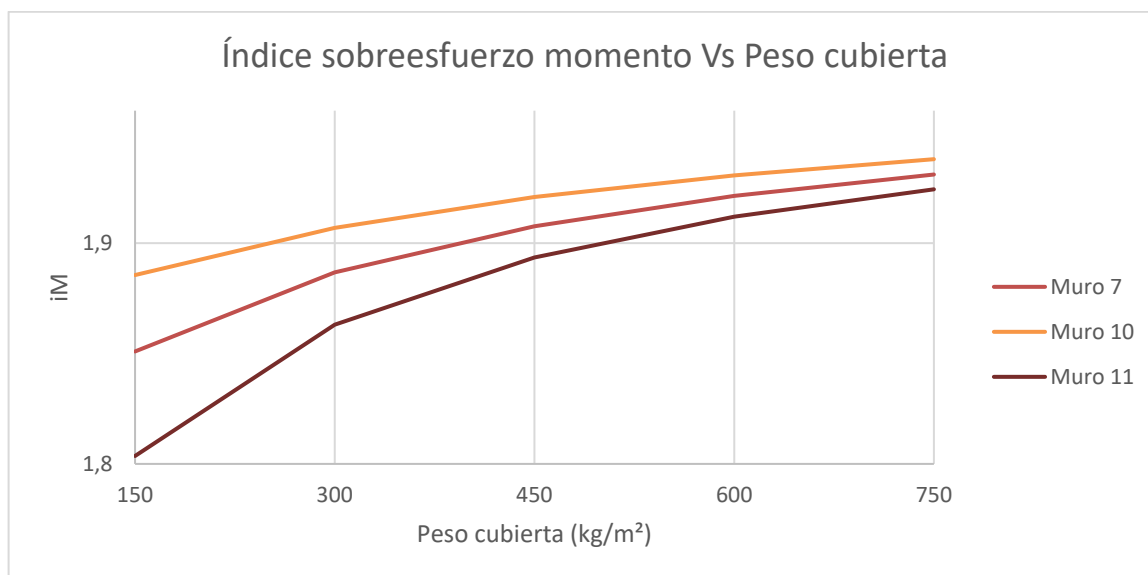


Figura 37. Índice de sobreesfuerzo por momento vs peso cubierta – edificación 1

Para el caso del momento, en la Figura 36 se observa que la capacidad aumenta en aproximadamente 2.5 veces cuando se aumenta el peso de la cubierta 5 veces. En cuanto al índice de sobreesfuerzo, en la Figura 37 se observa que aumenta alrededor de 1.1 veces cuando se aumenta el peso de la cubierta 5 veces.

6.6.2 – Edificación 2

- Cortante

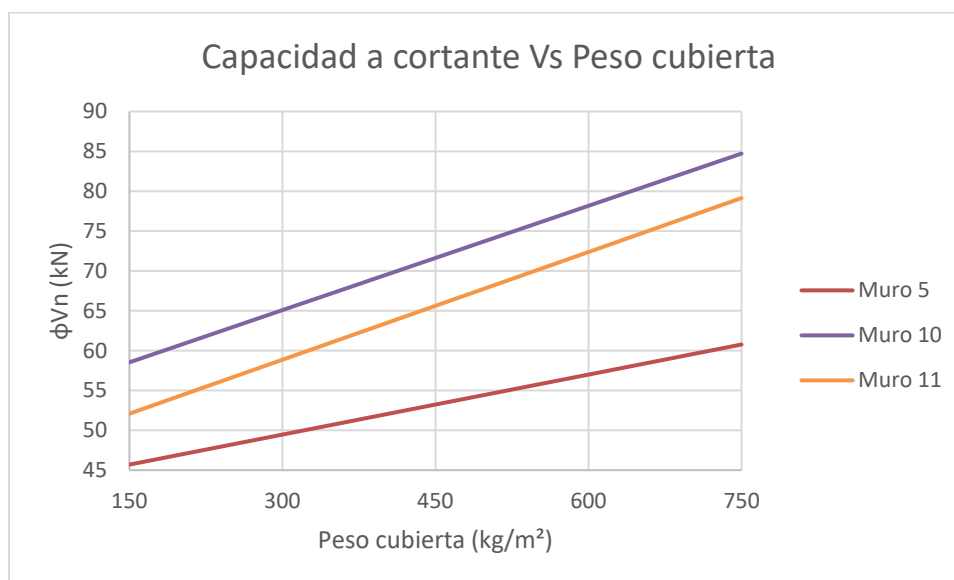


Figura 38. Capacidad a cortante vs peso cubierta – edificación 2, piso 2

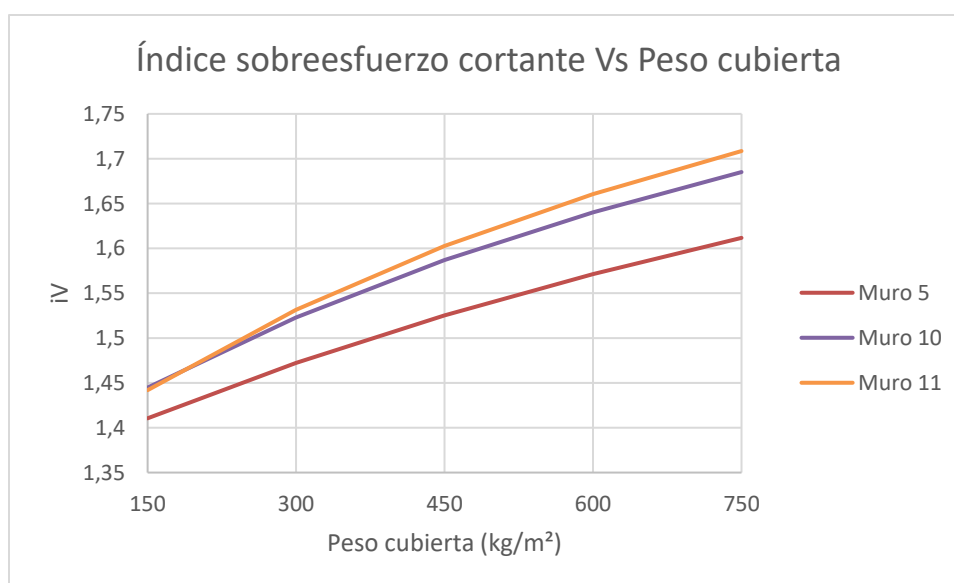


Figura 39. Índice de sobreesfuerzo por cortante vs peso cubierta – edificación 2, piso 2

Para el caso de la capacidad a cortante, se puede observar en la Figura 38, que cuando se aumenta el peso de la cubierta en 5 veces, la capacidad a cortante del muro aumenta en aproximadamente 1.5 veces. En el caso del índice de sobreesfuerzo para cortante, en la Figura 39 se observa que este aumenta en aproximadamente 1.2 veces cuando se aumenta el peso de la cubierta 5 veces.

- *Momento*

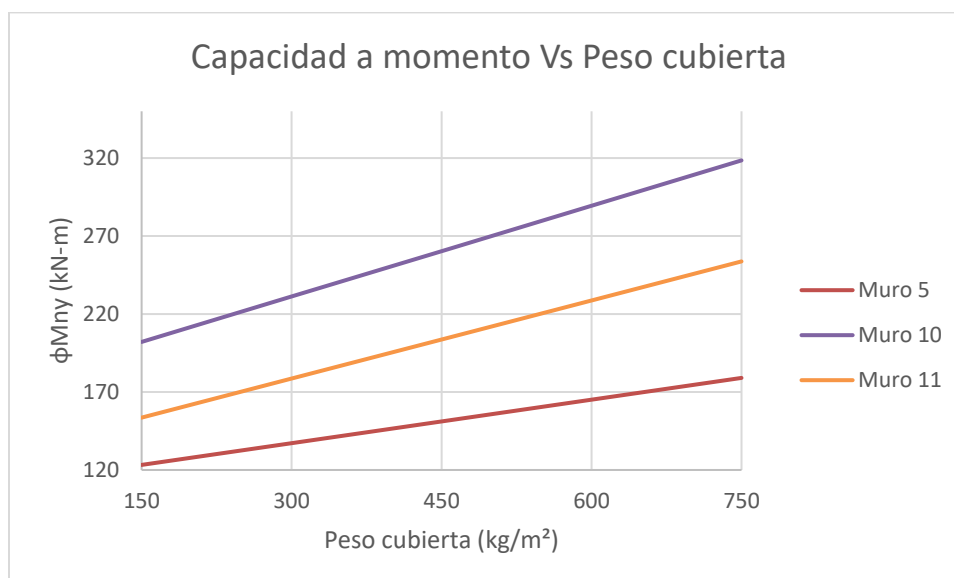


Figura 40. Capacidad a momento vs peso cubierta – edificación 2, piso 2

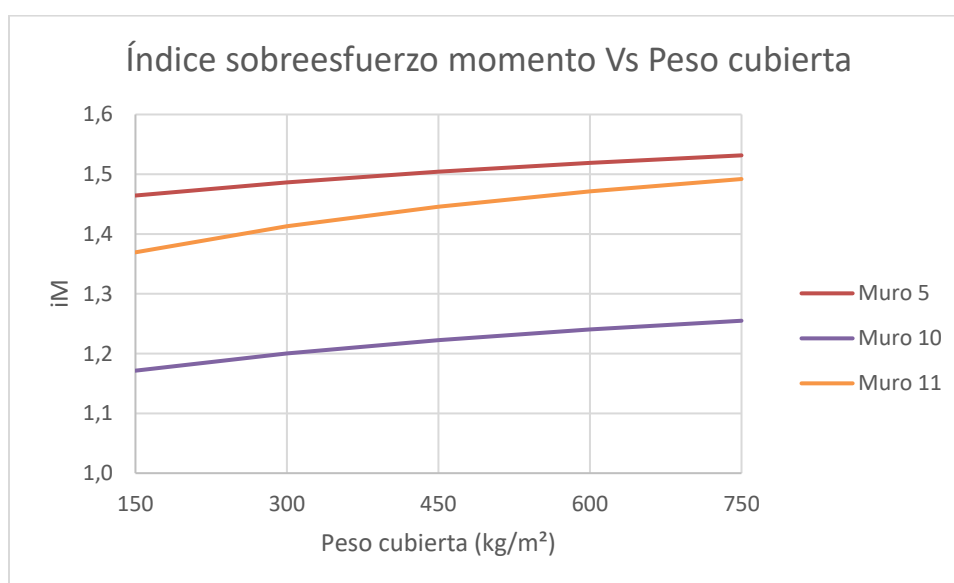


Figura 41. Índice de sobreesfuerzo por momento vs peso cubierta – edificación 2, piso 2

Para el caso de la capacidad a momento se observa en la Figura 40 que la capacidad aumenta en 1.5 veces cuando se aumenta el peso de la cubierta en 5 veces. En cuanto al índice de sobreesfuerzo, en la Figura 41 se observa que aumenta 1.1 veces cuando se aumenta el peso de cubierta en 5 veces.

CAPÍTULO 7 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 – Conclusiones

En este trabajo se evaluó la vulnerabilidad sísmica del sistema estructural de muros de tierra de dos edificaciones patrimoniales construidas en adobe y se evaluaron dos alternativas de reforzamiento con entramados de madera y entramados de acero, de acuerdo con los criterios establecidos en el documento AIS 610-EP-17. El objetivo central era aplicar algunos de los procedimientos analíticos y estrategias de reforzamiento establecidos en el documento AIS 610-EP-17 a dos edificaciones, con el fin de evaluarlos a la luz de su aplicabilidad y consistencia, dado que se trabaja con la primera versión de dicho documento. A continuación, se presentan las conclusiones más importantes.

- Tal como se menciona en el documento, la intervención de edificaciones de tipo patrimonial requiere un enfoque multidisciplinar, en donde el equipo de trabajo sea conformado por ingenieros, arquitectos restauradores y otras disciplinas relacionadas con la intervención. Esto se evidencia en la necesidad de evaluar la edificación en aspectos estructurales y arquitectónicos que son interdependientes y que por tanto no deben abordarse separadamente. Es el caso del estado de la edificación, de las patologías que puedan afectar su desempeño, de aquellas características arquitectónicas o funcionales que puedan limitar el tipo de intervención y de estrategia de reforzamiento. A ese respecto, este trabajo se enfocó en el análisis de la vulnerabilidad sísmica de los muros que hacen parte del sistema estructural y la aplicación de dos alternativas de reforzamiento, considerando que no había limitaciones para su implementación.
- Parte del alcance mencionado en el punto anterior tuvo que ver con la dificultad en la obtención de la información de edificaciones patrimoniales. El desarrollo de este trabajo se realizó únicamente con base en información básica suministrada por funcionarios del Ministerio de Cultura pues no fue posible llevar a cabo visitas a las edificaciones que pudieran complementar la información de planos.
- Para el cálculo de la resistencia a carga axial de los muros de acuerdo con el capítulo 6 del documento AIS 610-EP-17, es necesario calcular el coeficiente de reducción por excentricidad, R_e . Cuando los muros se ven sometidos a fuerza sísmica fuera del plano, su capacidad a carga axial se ve afectada por la flexión generada por dicha carga. En el caso de los muros en que la excentricidad equivalente excede el valor de 0.33, estos fallan por su inestabilidad fuera del plano. Este fue el caso de todos los muros cuando se analizan mediante el modelo simplificado.
- Con las alternativas de reforzamiento seleccionadas, se observa que éstas no son suficientes para suplir la deficiencia que presentan la gran mayoría de los muros de las dos edificaciones en cuanto a capacidad a fuerza cortante. Se recomienda realizar otro tipo de intervención a los muros, como aumento de espesores o inclusión de algunos muros.

- En términos generales, las alternativas de reforzamiento seleccionadas cumplen parcialmente lo requerido para satisfacer las solicitaciones en cuanto a momento a las que están sometidos los muros de tierra que hacen parte del sistema estructural de las edificaciones.
- La demanda de los muros calculada mediante los dos métodos de análisis estructural presenta bastantes diferencias. Entre el modelo simplificado y el modelo tridimensional con muros separados y diafragma flexible se observan valores muy diferentes en cuanto a la carga axial y la fuerza cortante. Entre el modelo simplificado y el modelo tridimensional con diafragma rígido las diferencias en cuanto a la carga axial y la fuerza cortante no son tan marcadas. Esta diferencia se debe a la forma en la que se distribuyen las fuerzas sísmicas, proporcional a la masa tributaria o a la rigidez, respectivamente.
- En la aplicación de los modelos de análisis estructural, se identificó que el modelo simplificado requiere un mayor tiempo en su ejecución y recolección de datos, comparado con el modelo tridimensional.
- Se encontró que, la distribución de las fuerzas sísmicas en los muros al realizar la modelación tridimensional con los muros unidos con diafragma rígido presenta un mejor comportamiento comparado con los otros modelos 3D, como se esperaba. En este trabajo se hizo esa comparación con fines de evaluación de los dos modelos; sin embargo, tanto la consideración de diafragma rígido como la de muros conectados debe responder a que las condiciones reales del diafragma y de la conexión entre muros permitan esas consideraciones.
- Para alguien que se enfrenta al documento AIS 610 por primera vez, pueden presentarse algunas dificultades en la interpretación de los requisitos consignados allí. Una guía de aplicación aportaría los elementos necesarios para aplicar más fácilmente la metodología.
- En todos los casos del análisis de la influencia de la carga vertical, se produce un incremento en la capacidad producido por el incremento de la carga axial: en el caso del cortante, por el efecto cohesivo, y en el caso del momento, por un efecto de estabilización debido al aumento en el esfuerzo de compresión. Sin embargo, aunque el incremento en capacidad puede ser hasta de 2.5 veces en algunos casos, nunca se presenta una disminución en el índice de sobreesfuerzo; algunas veces el aumento en dicho índice es muy bajo, mostrando que para esos casos la diferencia entre tener cubiertas livianas o pesadas es baja.

7.2 – Recomendaciones

- Se recomienda para futuros trabajos, aplicar todas las alternativas de reforzamiento propuestas en el documento AIS 610-EP-17, con el fin de obtener un panorama más amplio, y así poder analizar y comparar los resultados que se puedan derivar de estos.
- Independientemente del estudio o trabajo futuro que se vaya a realizar, se recomienda llevar a cabo los dos modelos de análisis estructural propuestos en el documento AIS 610-EP-17, con el fin de contrastar los resultados en cuanto a demandas y capacidades a las que podrían estar sometidos los muros de la edificación.
- Se recomienda al Comité AIS 600, elaborar un capítulo adicional, o un anexo al documento AIS 610-EP-17 con un ejemplo de aplicación de los requisitos del documento, en donde se puedan evidenciar esquemas y figuras paso a paso que permitan aplicar la metodología más fácilmente.

REFERENCIAS

1. Centro de Investigación en materiales y obras civiles CIMOC de la Universidad de los Andes. (2016). Consultoría para el diseño, ejecución e interpretación de ensayos experimentales para caracterizar el comportamiento sísmico de elementos estructurales en adobe y tapia pisada con reforzamiento sísmico.
2. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Ministerio de Cultura. (2017): AIS 610-EP-17 -Evaluación e Intervención de Edificaciones Patrimoniales de Uno y Dos Pisos de Adobe y Tapia Pisada.
3. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2012). Reglamento colombiano de construcciones sismo resistentes, NSR-10, Ley 1229 de 2008 y Decretos posteriores modificatorios y reglamentarios. Bogotá, Colombia.
4. Acero, E. (2011)., *Aproximación al comportamiento estructural de las edificaciones en tierra de la arquitectura colonial*, Tesis de Maestría en conservación del Patrimonio, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
5. Blondet, M., Garcia, G., & Brzev, S. (2003). Construcciones de adobe resistentes a los terremotos: Tutor. In E. M. d. Vivienda (Ed.). Perú: EERI/IAEE.
6. Acero, E. (2014). Maestra en conservación del Patrimonio, *La NSR-10 en el reforzamiento de bienes patrimoniales*. Revista construcción metálica No. 18.
7. Universidad de los Andes. (2002). *Estudios de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones construidas con técnicas tradicionales (tales como adobe, tapia pisada y piedra) para obtener una guía de recomendaciones típicas para la rehabilitación de las mismas*.
8. Universidad de los Andes. (2002). *Estudios de análisis estructural, vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas de bahareque, adobe y tapia pisada. Preparado para la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS*.
9. Yamin, L. Phillips, C. (2002). *Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones de Adobe y Tapia Pisada del sector cultural de la Candelaria y estrategias para su rehabilitación*.
10. Ruiz, D. Yamin, L. Sarria, A. Cardona, O. Prieto, S. Velásquez, C. Merlano, S. Castro, J. Vargas, M. Wilsonwhite, A. Phillips, C. Reyes, J. Rivero, S. (2003). *Estudio De Vulnerabilidad Sísmica Y Alternativas De Rehabilitación Para Edificaciones En Adobe Y Tapia Pisada*.

11. Yamin, L. Rodríguez, A. Fonseca, L. Phillips, C. Reyes, J. (2003). *Comportamiento Sísmico y Alternativas de Rehabilitación de Edificaciones en Adobe y Tapia Pisada con Base en Modelos a Escala Reducida Ensayados en Mesa Vibratoria.*
12. López, C. Ruiz, D. Jerez, S. Quiroga, P. (2007). *Rehabilitación sísmica de muros de adobe de edificaciones monumentales mediante tensores de acero. Revista Apuntes.*
13. Ruiz, D. Marín, J. (2007). *Modelación numérica en plaxis 3d de los ensayos experimentales realizados por la Universidad de los andes a muros en adobe y tapia pisada con elementos confinantes de madera, malla electrosoldada y en estado natural.*
14. Acero, E. (2012). *Aproximación al comportamiento estructural de edificaciones en tierra de la arquitectura colonial. Consideraciones para el inventario de bienes del ministerio de cultura y la norma de sismo resistencia colombiana.*
15. Ruiz, D. Domínguez, M. Unigarro, E. (2013). *Desempeño sísmico de capillas doctrinas en tapia pisada con y sin refuerzo en maderas de confinamiento.*
16. López, C. Gómez, V. (2013). *Rehabilitación Estructural De Muros En Capillas Doctrineras Construidas En Tapia Pisada.*
17. López, C. Ruiz, D. Silva, M. (2014). *Desempeño sísmico de casas consistoriales en tapia pisada con y sin refuerzo en maderas de confinamiento.*
18. Jerez, S. Pataquiva, J. Torres, J. (2015) *Propuesta de reforzamiento de estructuras en adobe y tapia pisada para construcciones en Colombia.*
19. López, C. Ruiz, D. (2016). *Rehabilitación sísmica de edificaciones históricas en tapia pisada: estudio de caso de capillas doctrineras reforzadas con malla de acero y madera de confinamiento.*
20. Ojeda, G. M. (2002). *Comportamiento estructural de construcciones en tierra. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.*
21. Blondet, M. Vargas, J. Tarque, N, Iwaki, C. (2011). *Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú*

ANEXOS

Tabla 6. Demanda de muros en la dirección X – Edificación 1, modelo simplificado

DEMANDA DE MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1																		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área cubierta (m ²)	Peso Cubierta (kN)	Peso Propio (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	Carga Viva G (kN)	Vbase (kN)	1,4D (kN)	1,2D+1,6L+0,5G (kN)	1,2D+1,6G+1,0L (kN)	1,2D+1,0E+1,0L			0,9D+1,0E		
													P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
1	0,15	0,80	1,67	2,5	5,7	5,3	0,6	0,8	3,3	7,4	7,7	8,3	6,9	3,3	4,1	4,8	3,3	4,1
2	0,15	4,80	5,91	8,7	34,2	25,8	2,1	3,0	16,0	36,1	35,7	37,7	33,0	16,0	20,0	23,2	16,0	20,0
3	0,15	4,80	6,98	10,3	34,2	27,4	2,4	3,5	17,0	38,3	38,5	40,9	35,3	17,0	21,2	24,6	17,0	21,2
4	0,15	4,80	3,32	4,9	34,2	22,0	1,2	1,7	13,6	30,8	29,1	30,2	27,5	13,6	17,0	19,8	13,6	17,0
5	0,15	4,80	3,02	4,4	34,2	21,5	1,1	1,5	13,4	30,2	28,3	29,3	26,9	13,4	16,7	19,4	13,4	16,7
6	0,15	4,55	6,32	9,3	32,4	25,5	2,2	3,2	15,8	35,7	35,7	37,9	32,8	15,8	19,8	23,0	15,8	19,8
7	0,50	0,80	4,00	5,9	19,0	15,4	1,4	2,0	9,5	21,5	21,7	23,0	19,9	9,5	11,9	13,8	9,5	11,9
8	0,50	0,80	3,77	5,5	19,0	15,0	1,3	1,9	9,3	21,1	21,1	22,4	19,4	9,3	11,7	13,5	9,3	11,7
9	0,15	3,40	12,28	18,0	24,2	30,2	4,3	6,1	18,7	42,2	46,1	50,3	40,5	18,7	23,4	27,1	18,7	23,4
10	0,50	0,80	2,51	3,7	19,0	13,2	0,9	1,3	8,2	18,5	17,9	18,7	16,7	8,2	10,2	11,9	8,2	10,2
11	0,50	0,80	7,25	10,7	19,0	20,2	2,5	3,6	12,5	28,2	30,1	32,5	26,7	12,5	15,6	18,1	12,5	15,6
12	0,15	5,10	8,43	12,4	36,3	30,6	2,9	4,2	18,9	42,8	43,5	46,4	39,6	18,9	23,7	27,5	18,9	23,7
13	0,15	4,15	4,86	7,1	29,6	21,9	1,7	2,4	13,6	30,7	30,3	31,9	28,0	13,6	17,0	19,7	13,6	17,0
14	0,15	5,20	6,43	9,5	37,1	28,0	2,3	3,2	17,3	39,2	38,8	41,0	35,8	17,3	21,7	25,2	17,3	21,7
15	0,15	3,15	3,37	5,0	22,4	16,2	1,2	1,7	10,0	22,6	22,1	23,3	20,6	10,0	12,5	14,6	10,0	12,5
16	0,15	3,80	4,34	6,4	27,1	19,9	1,5	2,2	12,3	27,9	27,4	28,9	25,4	12,3	15,4	17,9	12,3	15,4

Tabla 7. Demanda de muros en la dirección Y – Edificación 1, modelo simplificado

DEMANDA MUROS EN Y - EDIFICACIÓN 1																		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área cubierta (m ²)	Peso Cubierta (kN)	Peso Propio (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	Carga Viva G (kN)	Vbase (kN)	1,4D (kN)	1,2D+1,6L+0,5Lr (kN)	1,2D+1,6Lr+1,0L (kN)	1,2D+1,0E+1,0L			0,9D+1,0E		
													P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
17	0,80	1,00	1,9	2,7	38,0	21,7	0,6	0,9	13,5	30,4	27,6	28,2	26,7	13,5	16,8	19,6	13,5	16,8
18	0,15	1,95	1,8	2,7	13,9	9,6	0,6	0,9	6,0	13,5	13,0	13,6	12,2	6,0	7,4	8,6	6,0	7,4
19	0,80	0,90	4,0	5,9	34,2	23,0	1,4	2,0	14,3	32,2	30,8	32,2	29,0	14,3	17,8	20,7	14,3	17,8
20	0,60	1,00	15,6	23,0	28,5	37,2	5,5	7,8	23,1	52,1	57,3	62,6	50,1	23,1	28,8	33,5	23,1	28,8
21	0,60	1,00	2,4	3,5	28,5	17,8	0,8	1,2	11,0	24,9	23,2	24,1	22,1	11,0	13,8	16,0	11,0	13,8
22	0,15	2,30	14,0	20,5	16,4	28,7	4,9	7,0	17,8	40,2	45,8	50,6	39,4	17,8	22,3	25,9	17,8	22,3
23	0,60	2,30	15,8	23,2	65,6	56,0	5,5	7,9	34,7	78,3	79,9	85,3	72,7	34,7	43,4	50,4	34,7	43,4
24	0,60	1,75	8,3	12,2	49,9	37,1	2,9	4,1	23,0	52,0	51,3	54,1	47,4	23,0	28,8	33,4	23,0	28,8
25	0,60	1,75	4,1	6,0	49,9	30,9	1,4	2,0	19,2	43,3	40,4	41,8	38,5	19,2	24,0	27,8	19,2	24,0

Tabla 8. Demanda de muros en la dirección X, piso 1 – Edificación 2, Modelo simplificado.

DEMANDA MUROS EN X - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2																			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área losa (m ²)	Peso losa (kN)	Peso Propio (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	Carga Viva G (kN)	Vbase (kN)	1,4D (kN)	1,2D+1,6L+0,5G (kN)	1,2D+1,6G+1,0L (kN)	1,2D+1,0E+1,0L			0,9D+1,0E		
														P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
1	0,8	2,3	1,8	1,6	98	3	151	4	1	91	212	188	187	185	91	254	136	91	254
2	0,8	8,3	29,7	26,2	706	44	776	59	15	466	1087	1034	1015	991	466	1304	699	466	1304
3	0,8	4,8	11,3	10,0	409	17	435	23	6	261	609	561	554	545	261	731	392	261	731
4	0,8	3,1	22,0	19,4	264	32	316	44	11	189	442	455	440	423	189	530	284	189	530
5	0,8	2,0	9,5	8,4	170	14	193	19	5	116	270	264	258	250	116	323	173	116	323
6	0,8	2,9	14,1	12,4	247	21	280	28	7	168	392	385	375	364	168	470	252	168	470
7	0,8	2,0	8,7	7,7	170	13	191	17	4	114	267	259	253	246	114	320	172	114	320
8	0,8	2,0	8,9	7,8	170	13	191	18	4	115	267	260	254	247	115	321	172	115	321
9	0,8	1,2	6,7	5,9	102	10	118	13	3	71	165	165	160	155	71	198	106	71	198
10	0,8	2,4	16,5	14,5	204	24	243	33	8	146	340	349	338	325	146	408	219	146	408
11	0,8	2,0	17,0	15,0	170	25	210	34	9	126	294	311	300	286	126	353	189	126	353
12	0,8	5,4	17,5	15,4	460	26	501	35	9	300	701	661	650	636	300	841	451	300	841
13	0,8	1,2	3,7	3,3	102	5	111	7	2	67	155	146	144	141	67	186	100	67	186
14	0,8	2,4	10,1	8,9	204	15	228	20	5	137	319	309	302	294	137	383	205	137	383
15	0,8	4,4	13,5	11,9	375	20	406	27	7	244	569	534	525	515	244	683	366	244	683
16	0,8	5,4	17,4	15,4	460	26	501	35	9	300	701	661	650	636	300	841	451	300	841
17	0,8	6,0	7,6	6,7	511	11	529	15	4	317	740	661	656	650	317	888	476	317	888
18	0,8	6,0	0,0	0,0	511	0	511	0	0	306	715	613	613	613	306	858	460	306	858
19	0,8	6,0	0,0	0,0	511	0	511	0	0	306	715	613	613	613	306	858	460	306	858

Tabla 9. Demanda de muros en la dirección Y, piso 1 – Edificación 2, Modelo simplificado.

DEMANDA MUROS EN Y - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2																			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área losa (m ²)	Peso losa (kN)	Peso Propio (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	Carga Viva G (kN)	Vbase (kN)	1,4D (kN)	1,2D+1,6L+0,5G (kN)	1,2D+1,6G+1,0L (kN)	1,2D+1,0E+1,0L			0,9D+1,0E		
														P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
20	0,8	1,3	10,7	9,5	111	16	136	21	5	82	190	200	193	185	82	228	122	82	228
21	0,8	2,0	3,7	3,3	170	5	179	7	2	107	251	228	225	222	107	301	161	107	301
22	0,8	2,6	14,8	13,1	221	22	256	30	7	154	359	358	349	337	154	430	231	154	430
23	0,8	5,5	15,8	13,9	468	23	505	32	8	303	707	661	651	638	303	849	455	303	849
24	0,8	2,6	6,6	5,9	221	10	237	13	3	142	332	307	303	298	142	398	213	142	398
25	0,8	3,8	5,5	4,9	323	8	336	11	3	202	471	423	419	415	202	565	303	202	565
26	0,8	3,8	10,5	9,3	323	15	348	21	5	209	487	454	447	439	209	585	313	209	585
27	0,8	2,4	19,0	16,8	204	28	249	38	10	149	349	365	352	337	149	418	224	149	418
28	0,8	6,7	46,4	40,9	570	68	679	93	23	408	951	975	945	908	408	1141	611	408	1141
29	0,8	5,1	23,2	20,4	434	34	489	46	12	293	684	666	651	633	293	821	440	293	821
30	0,8	2,4	5,5	4,9	204	8	217	11	3	130	304	280	276	272	130	365	196	130	365
31	0,8	3,8	13,5	11,9	323	20	355	27	7	213	497	473	464	453	213	597	320	213	597
32	0,8	5,1	17,9	15,8	434	26	476	36	9	286	667	634	622	607	286	800	429	286	800
33	0,8	3,8	9,5	8,4	323	14	346	19	5	207	484	448	441	434	207	581	311	207	581

Tabla 10. Demanda de muros en la dirección X, piso 2 – Edificación 2, Modelo simplificado.

DEMANDA MUROS EN X - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2																		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área cubierta (m ²)	Peso Cubierta (kN)	Peso Propio (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	Carga Viva G (kN)	Vbase (kN)	1,4D (kN)	1,2D+1,6L+0,5G (kN)	1,2D+1,6G+1,0L (kN)	1,2D + 1,0E + 1,0L			0,9D + 1,0E		
													P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
1	0,8	2,3	1,8	3	98	52	1	1	61	72	64	64	63	41	57	46	41	57
2	0,8	8,3	29,7	44	353	220	15	15	254	308	296	303	279	169	237	198	169	237
3	0,8	4,8	11,3	17	204	119	6	6	139	166	154	157	148	92	129	107	92	129
4	0,8	3,1	22,0	32	132	98	11	11	110	138	141	147	129	73	103	88	73	103
5	0,8	2,0	9,5	14	85	57	5	5	64	79	78	80	73	43	60	51	43	60
6	0,8	2,9	14,1	21	123	82	7	7	94	115	114	117	106	63	88	74	63	88
7	0,8	2,0	8,7	13	85	55	4	4	63	77	76	78	71	42	59	50	42	59
8	0,8	2,0	8,9	13	85	56	4	4	64	78	76	78	71	42	59	50	42	59
9	0,8	1,2	6,7	10	51	35	3	3	40	50	50	51	46	27	37	32	27	37
10	0,8	2,4	16,5	24	102	75	8	8	85	105	108	112	99	56	79	68	56	79
11	0,8	2,0	17,0	25	85	68	9	9	75	95	99	103	90	50	70	61	50	70
12	0,8	5,4	17,5	26	230	141	9	9	163	197	187	191	177	108	152	127	108	152
13	0,8	1,2	3,7	5	51	31	2	2	36	43	41	42	39	24	34	28	24	34
14	0,8	2,4	10,1	15	102	66	5	5	76	92	90	92	84	50	71	59	50	71
15	0,8	4,4	13,5	20	187	113	7	7	131	159	150	154	143	88	123	102	88	123
16	0,8	5,4	17,4	26	230	141	9	9	163	197	187	191	177	108	152	127	108	152
17	0,8	6,0	7,6	11	255	139	4	4	164	194	175	177	170	109	153	125	109	153
18	0,8	6,0	0,0	0	255	128	0	0	153	179	153	153	153	102	143	115	102	143
19	0,8	6,0	0,0	0	255	128	0	0	153	179	153	153	153	102	143	115	102	143

Tabla 11. Demanda de muros en la dirección Y, piso 2 – Edificación 2, Modelo simplificado.

DEMANDA MUROS EN Y - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2																			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	Área cubierta (m ²)	Peso Cubierta (kN)	Peso Propio (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	Carga Viva G (kN)	Vbase (kN)	1,4D (kN)	1,2D+1,6L+0,5G (kN)	1,2D+1,6G+1,0L (kN)	1,2D + 1,0E + 1,0L			0,9D + 1,0E			
													P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	
20	0,8	1,3	10,7	16	55	43	5	5	48	61	63	66	57	32	45	39	32	45	
21	0,8	2,0	3,7	5	85	48	2	2	56	67	62	62	59	38	53	43	38	53	
22	0,8	2,6	14,8	22	111	77	7	7	87	108	108	112	100	58	81	69	58	81	
23	0,8	5,5	15,8	23	234	140	8	8	163	196	185	189	176	109	152	126	109	152	
24	0,8	2,6	6,6	10	111	65	3	3	76	91	85	87	81	51	71	59	51	71	
25	0,8	3,8	5,5	8	162	89	3	3	105	125	113	114	110	70	98	80	70	98	
26	0,8	3,8	10,5	15	162	96	5	5	112	135	127	129	121	75	104	87	75	104	
27	0,8	2,4	19,0	28	102	79	10	10	88	111	115	120	104	59	82	71	59	82	
28	0,8	6,7	46,4	68	285	211	23	23	237	295	302	313	276	158	221	190	158	221	
29	0,8	5,1	23,2	34	217	143	12	12	163	200	195	201	183	109	152	128	109	152	
30	0,8	2,4	5,5	8	102	59	3	3	69	83	77	78	74	46	64	53	46	64	
31	0,8	3,8	13,5	20	162	101	7	7	116	141	135	138	128	77	108	91	77	108	
32	0,8	5,1	17,9	26	217	135	9	9	156	189	181	185	171	104	145	121	104	145	
33	0,8	3,8	9,5	14	162	95	5	5	110	133	124	126	119	74	103	85	74	103	

Tabla 12. Comparación demanda de muros – Edificación 1.

COMPARACIÓN MODELOS - EDIFICACIÓN 1																						
No.	MODELO SIMPLIFICADO			MODELO 3D-1								MODELO 3D-2								MODELO 3D-3		
				SX				SY				SX				SY						
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
1	6,9	3,3	4,1	13,3	1,6	-0,4	2,3	13,7	1,7	-0,4	2,5	15,4	2,4	-0,4	3,5	14,0	1,9	-0,4	2,7	12,2	0,7	1,2
2	33,0	16,0	20,0	57,2	24,5	-1,9	40,0	74,2	25,8	2,6	89,5	61,5	33,6	2,6	80,4	71,0	40,6	2,6	128,7	48,7	17,1	42,8
3	35,3	17,0	21,2	59,2	24,0	-2,8	26,2	57,3	27,2	-1,8	44,0	59,8	40,8	-1,9	63,3	58,4	31,2	-1,9	49,2	51,3	18,3	39,5
4	27,5	13,6	17,0	55,6	20,7	-5,0	32,8	58,9	26,5	-2,8	29,4	57,4	44,8	-2,8	53,5	57,2	34,7	-2,8	40,4	49,9	19,9	35,5
5	26,9	13,4	16,7	57,1	26,4	-4,9	25,7	56,6	19,8	-5,0	31,9	56,4	35,6	-5,0	52,1	56,2	26,2	-5,0	39,7	51,7	13,6	52,2
6	32,8	15,8	19,8	63,7	19,3	-4,2	39,3	57,3	17,6	-4,9	15,6	59,2	39,9	-4,9	41,4	58,6	30,3	-4,9	29,5	51,3	14,8	41,9
7	19,9	9,5	11,9	32,9	3,8	0,0	6,6	59,7	6,2	-4,2	16,0	67,9	34,8	-4,2	66,9	65,1	26,4	-4,2	52,4	33,5	0,4	1,6
8	19,4	9,3	11,7	30,5	4,2	0,4	8,0	33,1	2,5	0,1	3,3	32,9	4,0	0,0	7,1	33,1	2,7	0,1	4,0	35,3	0,4	0,6
9	40,5	18,7	23,4	54,9	15,5	-1,1	50,8	30,6	2,0	0,5	2,5	30,5	3,7	0,4	6,6	30,6	2,2	0,5	2,9	43,7	6,1	22,2
10	16,7	8,2	10,2	29,9	5,3	0,1	9,4	55,3	-2,5	-1,0	5,6	54,8	13,8	-1,1	46,7	55,2	-1,9	-1,1	7,9	35,0	1,7	1,0
11	26,7	12,5	15,6	35,8	4,4	0,0	7,9	30,0	3,7	0,2	5,4	29,9	4,5	0,1	7,5	30,0	3,8	0,2	5,9	42,1	1,7	2,9
12	39,6	18,9	23,7	61,4	32,0	2,6	76,6	38,8	2,5	0,3	3,7	35,8	4,0	-0,1	7,1	38,4	2,8	0,2	4,6	54,6	11,2	27,6
13	28,0	13,6	17,0	47,6	19,8	1,5	43,0	63,7	28,3	1,5	37,2	47,5	26,1	1,5	56,7	62,8	42,7	1,5	69,3	45,1	8,7	19,1
14	35,8	17,3	21,7	61,2	28,2	4,0	71,0	65,7	27,2	4,0	78,1	62,4	34,3	4,0	83,3	66,4	45,5	4,0	122,2	55,5	11,5	28,5
15	20,6	10,0	12,5	34,9	24,2	0,7	49,4	39,9	18,7	0,7	30,8	35,1	17,5	0,7	36,1	43,2	27,2	0,7	49,2	33,0	5,0	12,5
16	25,4	12,3	15,4	43,0	43,3	2,0	104,7	43,5	15,6	2,0	37,4	43,1	21,1	2,0	51,3	43,8	29,6	2,0	70,8	40,6	7,0	17,5
Σ	435	210		738	297	-9		778	223	-8		750	361	-9		784	346	-8		684	138	
17	26,7	13,5	16,8	49,8	0,28	4,0	12,9	50,4	0,3513	50,4	128,2	49,8	0,2829	2,8	14,9	50,4	0,4	42,8	114,1	49,2	24,6	61,7
18	12,2	6,0	7,4	25,1	-0,28	3,4	12,3	50,7	-0,303	56,1	113,7	25,3	-0,262	2,5	13,5	48,5	-0,3	49,1	103,1	20,2	20,7	51,6
19	29,0	14,3	17,8	49,1	1,48	1,4	8,6	49,4	1,5228	30,0	79,0	49,0	1,4725	0,7	9,0	49,3	1,5	24,1	66,6	50,8	12,8	34,5
20	50,1	23,1	28,8	64,7	0,96	6,6	1,5	65,1	0,9605	29,8	59,0	64,7	0,9634	7,9	0,2	65,0	1,0	27,5	48,8	75,3	7,1	10,5
21	22,1	11,0	13,8	39,2	0,20	0,9	7,7	40,7	0,1937	22,4	60,3	39,1	0,2124	1,8	6,2	40,4	0,2	20,3	51,5	38,5	11,5	29,4
22	39,4	17,8	22,3	54,0	-0,64	12,4	17,2	64,2	-0,674	36,9	67,3	51,3	-0,649	15,7	10,6	64,4	-0,6	44,2	67,6	56,7	11,8	28,7
23	72,7	34,7	43,4	107,1	0,59	11,0	47,3	107,7	0,5144	46,9	136,3	107,1	0,5343	23,6	64,7	108,2	0,6	77,2	197,6	112,8	26,3	116,1
24	47,4	23,0	28,8	78,5	-3,48	14,0	44,1	78,5	-3,482	20,8	61,2	78,5	-3,48	8,3	48,4	78,5	-3,5	24,7	89,4	77,9	25,0	55,7
25	38,5	19,2	24,0	68,9	-1,28	9,9	28,7	68,4	-1,327	19,5	52,8	68,5	-1,331	11,1	42,7	68,8	-1,3	26,7	81,2	68,5	16,8	47,2
Σ	338	162		536	-2	64		575	-2	313		533	-2	74		573	-2	337		550	157	
Σ	773	372		1275	295	54		1353	221	305		1283	359	65		1358	344	328		1234	294	

Tabla 13. Comparación demanda de muros – Edificación 2, piso 1.

COMPARACIÓN MODELOS - EDIFICACIÓN 2, PISO 1																						
No.	MODELO SIMPLIFICADO			MODELO 3D-1								MODELO 3D-2								MODELO 3D-3		
				SX				SY				SX				SY						
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
1	126	61	172	277	72	5	184	283	147	8	354	278	132	0	326	287	126	2	292	268	17	55
2	567	254	711	1019	494	11	2092	1184	932	30	3619	950	856	1	4043	1311	783	10	3304	986	142	747
3	300	139	388	639	194	7	792	753	348	16	1397	642	401	4	1429	900	425	10	1121	503	67	270
4	264	110	309	443	95	4	346	456	231	12	717	435	179	-1	523	456	158	3	430	389	26	102
5	148	64	180	309	67	3	145	360	150	6	329	311	118	1	225	280	89	4	171	286	18	57
6	216	94	263	434	85	1	297	517	211	7	670	405	160	2	418	579	162	9	328	355	25	84
7	144	63	177	313	59	1	124	377	112	3	292	302	87	1	164	312	38	4	73	289	13	46
8	145	64	178	304	53	1	118	351	95	2	280	297	79	1	157	306	34	4	71	280	20	50
9	94	40	112	190	30	3	50	271	52	6	84	174	39	1	64	310	51	3	63	379	9	19
10	202	85	237	338	71	10	151	342	79	28	315	337	85	2	189	341	30	5	63	300	25	49
11	184	75	210	297	57	12	105	303	62	35	193	296	62	0	132	297	23	3	45	607	117	82
12	360	163	455	684	210	5	663	729	348	9	1318	681	276	2	776	764	98	10	274	710	77	251
13	79	36	101	178	27	2	44	296	54	5	79	169	38	0	62	309	41	2	45	222	2	12
14	171	76	212	332	57	9	131	332	64	24	176	332	85	1	184	329	39	4	80	281	11	39
15	290	131	368	603	138	30	419	613	163	82	684	602	192	3	570	606	91	9	230	547	14	177
16	360	163	455	673	197	9	562	788	214	16	618	661	297	4	793	852	179	14	527	710	70	265
17	343	164	459	806	262	13	518	938	297	35	651	899	387	3	764	910	228	13	547	722	51	307
18	306	153	429	715	292	32	373	747	385	93	509	688	438	4	573	693	279	14	356	677	49	312
19	306	153	429	861	250	57	494	932	354	153	728	1001	373	6	817	872	239	17	506	692	44	332
Σ	4607	2088		9413	2711	214		10573	4297	568		9458	4284	35		10715	3111	141		9204	797	
20	118	48	135	183	4	23	45	186	5	56	129	182	3	23	46	188	3	81	168	152	8	19
21	120	56	158	306	5	46	102	379	5	120	321	310	3	49	111	280	3	165	404	204	20	54
22	204	87	244	339	15	60	174	338	20	192	557	338	5	68	183	342	5	250	696	335	29	94
23	357	163	456	704	20	206	825	789	29	631	2430	694	6	203	835	676	6	752	3322	590	95	497
24	165	76	212	351	4	72	184	407	4	206	528	355	4	73	184	358	3	270	703	248	31	97
25	221	105	293	481	5	131	429	479	6	349	1165	496	6	130	398	496	5	452	1535	368	58	214
26	245	112	313	524	3	96	395	591	5	357	1230	555	2	67	186	590	3	511	1741	460	92	288
27	214	88	247	388	12	55	160	469	16	223	514	358	4	20	76	503	4	324	720	369	51	132
28	566	237	662	950	31	281	1159	1020	45	929	3671	936	12	139	678	931	11	1182	5557	877	148	833
29	372	163	456	697	6	187	676	752	11	633	2280	694	5	90	372	699	4	798	3201	605	99	468
30	149	69	193	309	4	67	139	364	5	217	505	291	6	36	76	388	4	297	693	289	39	95
31	259	116	325	563	2	85	432	636	4	327	1257	561	2	22	107	735	3	577	1851	503	113	292
32	347	156	436	713	5	207	664	787	12	715	2789	717	3	58	202	679	1	904	3347	893	72	580
33	240	110	309	542	3	151	580	639	4	386	1464	564	2	113	235	801	2	723	2110	493	124	335
Σ	3577	1586		7047	118	1667		7837	170	5341		7051	64	1091		7665	57	7286		6386	977	
Σ	8185	3673		16460	2829	1881		18410	4467	5909		16509	4348	1126		18380	3168	7426		15589	1775	

Tabla 14. Comparación demanda de muros – Edificación 2, piso 2.

COMPARACIÓN MODELOS - EDIFICACIÓN 2, PISO 2																						
No.	MODELO SIMPLIFICADO			MODELO 3D-1								MODELO 3D-2								MODELO 3D-3		
				SX				SY				SX				SY						
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V2 (kN)	V3 (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)
1	63	41	57	132	21	4	47	132	31	10	77	132	20	-3	46	132	26	3	62	131	2	9
2	279	169	237	484	298	21	843	530	417	56	1185	466	729	-5	2021	563	575	37	1578	481	176	434
3	148	92	129	271	99	16	297	275	127	37	379	271	196	-1	561	278	219	26	612	255	64	150
4	129	73	103	206	55	1	156	206	72	13	203	206	31	-9	88	206	25	1	70	188	12	32
5	73	43	60	126	55	5	133	128	82	9	204	124	27	2	58	123	22	6	44	144	5	16
6	106	63	88	189	89	8	236	192	138	18	371	188	35	2	87	194	54	22	135	175	17	35
7	71	42	59	128	55	2	133	133	99	4	249	126	22	2	43	126	21	7	40	144	3	12
8	71	42	59	128	36	2	109	133	81	4	226	126	3	2	19	126	1	7	14	140	21	35
9	46	27	37	71	15	5	33	73	28	10	68	69	8	3	13	75	19	7	40	168	14	18
10	99	56	79	159	45	12	122	159	134	36	369	159	11	4	28	159	7	12	17	145	39	57
11	90	50	70	137	36	10	94	137	90	44	243	137	14	-2	32	137	10	6	19	267	305	403
12	177	108	152	319	165	6	450	321	360	14	981	319	136	4	369	321	48	18	130	350	123	227
13	39	24	34	73	9	2	18	78	25	9	60	72	6	0	12	78	21	5	48	112	17	19
14	84	50	71	157	19	11	50	157	46	40	125	157	10	3	27	157	9	13	22	137	7	16
15	143	88	123	284	77	37	191	284	189	121	502	283	53	7	123	284	30	25	59	265	12	37
16	177	108	152	303	107	15	293	306	71	24	196	302	120	12	327	308	50	24	139	350	111	217
17	170	109	153	375	149	16	283	404	207	47	364	413	268	10	495	377	122	27	213	351	68	180
18	153	102	143	352	183	37	284	353	329	111	519	340	382	11	593	339	219	29	352	333	63	176
19	153	102	143	379	114	64	204	408	194	178	342	424	243	17	438	392	138	34	241	339	50	169
Σ	2272	1392		4271	1628	273		4407	2721	783		4314	2315	57		4375	1613	309		4475	1108	
20	57	32	45	86	10	16	36	87	11	19	44	86	9	3	9	87	9	8	13	74	1	3
21	59	38	53	117	13	29	65	119	19	39	91	116	9	7	18	115	6	18	13	106	4	8
22	100	58	81	163	24	28	66	163	32	53	135	163	17	12	35	163	16	50	24	161	7	18
23	176	109	152	317	32	121	374	322	51	334	965	315	18	132	396	315	15	548	24	296	77	223
24	81	51	71	147	10	27	79	148	16	54	155	146	7	17	33	147	7	68	15	127	11	25
25	110	70	98	214	11	75	226	214	10	167	481	214	8	62	138	214	10	216	21	188	38	94
26	121	75	104	246	3	81	174	270	5	200	460	243	2	44	146	279	1	228	7	227	85	171
27	104	59	82	155	18	19	82	157	23	48	158	153	12	-8	41	158	12	71	18	180	34	63
28	276	158	221	437	55	178	458	443	82	504	1366	434	38	144	348	435	35	995	54	424	137	397
29	183	109	152	313	12	88	287	316	27	282	826	312	6	72	186	312	3	511	7	297	73	202
30	74	46	64	138	4	26	61	140	4	58	149	138	5	18	14	140	3	68	9	142	22	39
31	128	77	108	254	5	96	253	276	8	242	619	245	5	-7	83	293	3	253	10	245	130	224
32	171	104	145	324	6	111	351	328	25	527	1500	322	-1	62	117	322	-4	598	4	419	12	161
33	119	74	103	218	4	161	408	221	7	322	852	218	1	40	144	225	-1	306	4	245	127	228
Σ	1759	1060		3128	207	1054		3204	320	2847		3105	137	598		3205	117	3938		3130	758	
Σ	4031	2452		7398	1835	1327		7611	3041	3630		7419	2452	655		7579	1730	4247		7605	1866	

Tabla 15. Capacidad de muros, SX, Edificación 1, Modelo simplificado.

CAPACIDAD MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t*	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,15	0,80	2,9	2,5	5,3	0,6	6,9	3,3	4,1	16,7	0,5	0,7	52,2	2,1	0,50	2,3	0,4
2	0,15	4,80	17,1	8,7	25,8	2,1	33,0	16,0	20,0	16,7	2,9	0,7	313,3	8,0	9,27	66,0	2,1
3	0,15	4,80	17,1	10,3	27,4	2,4	35,3	17,0	21,2	16,7	2,9	0,7	313,3	8,5	10,01	70,6	2,2
4	0,15	4,80	17,1	4,9	22,0	1,2	27,5	13,6	17,0	16,7	3,0	0,7	313,3	6,7	7,49	55,1	1,7
5	0,15	4,80	17,1	4,4	21,5	1,1	26,9	13,4	16,7	16,7	3,0	0,7	313,3	6,6	7,28	53,8	1,7
6	0,15	4,55	16,2	9,3	25,5	2,2	32,8	15,8	19,8	16,7	2,7	0,7	297,0	7,9	9,09	62,2	2,1
7	0,50	0,80	9,5	5,9	15,4	1,4	19,9	9,5	11,9	5,0	0,5	1,0	263,7	6,2	0,98	6,6	4,1
8	0,50	0,80	9,5	5,5	15,0	1,3	19,4	9,3	11,7	5,0	0,5	1,0	263,7	6,1	0,88	6,5	4,0
9	0,15	3,40	12,1	18,0	30,2	4,3	40,5	18,7	23,4	16,7	2,0	0,7	222,0	9,6	10,74	57,4	2,5
10	0,50	0,80	9,5	3,7	13,2	0,9	16,7	8,2	10,2	5,0	0,5	1,0	263,7	5,5	0,32	5,6	3,5
11	0,50	0,80	9,5	10,7	20,2	2,5	26,7	12,5	15,6	5,0	0,5	1,0	263,7	7,8	2,41	8,9	5,6
12	0,15	5,10	18,2	12,4	30,6	2,9	39,6	18,9	23,7	16,7	3,0	0,7	332,9	9,4	11,60	84,2	2,5
13	0,15	4,15	14,8	7,1	21,9	1,7	28,0	13,6	17,0	16,7	2,5	0,7	270,9	6,8	7,37	48,5	1,8
14	0,15	5,20	18,5	9,5	28,0	2,3	35,8	17,3	21,7	16,7	3,1	0,7	339,5	8,6	10,40	77,6	2,2
15	0,15	3,15	11,2	5,0	16,2	1,2	20,6	10,0	12,5	16,7	1,9	0,7	205,6	5,2	4,70	27,0	1,3
16	0,15	3,80	13,5	6,4	19,9	1,5	25,4	12,3	15,4	16,7	2,3	0,7	248,1	6,3	6,41	40,2	1,6

CAPACIDAD MUROS EN Y EDIFICACIÓN 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
17	0,80	1,00	19,0	2,7	21,7	0,6	26,7	13,5	16,8	3,1	0,8	-	-	8,9	0,55	11,1	8,9
18	0,15	1,95	6,9	2,7	9,6	0,6	12,2	6,0	7,4	16,7	4,1	-	-	3,3	1,98	9,9	0,8
19	0,80	0,90	17,1	5,9	23,0	1,4	29,0	14,3	17,8	3,1	0,8	-	-	9,4	1,02	10,9	9,7
20	0,60	1,00	14,3	23,0	37,2	5,5	50,1	23,1	28,8	4,2	1,0	-	-	13,4	7,03	20,9	12,5
21	0,60	1,00	14,3	3,5	17,8	0,8	22,1	11,0	13,8	4,2	1,0	-	-	7,1	0,87	9,2	5,5
22	0,15	2,30	8,2	20,5	28,7	4,9	39,4	17,8	22,3	16,7	3,8	-	-	9,4	9,44	37,7	2,5
23	0,60	2,30	32,8	23,2	56,0	5,5	72,7	34,7	43,4	4,2	1,0	-	-	18,5	14,76	69,6	18,2
24	0,60	1,75	24,9	12,2	37,1	2,9	47,4	23,0	28,8	4,2	1,0	-	-	12,8	7,41	34,6	11,9
25	0,60	1,75	24,9	6,0	30,9	1,4	38,5	19,2	24,0	4,2	1,0	-	-	10,8	5,15	28,1	9,6

*Ver sección 4.6

Tabla 16. Capacidad de muros, SY, Edificación 1, Modelo simplificado.

CAPACIDAD MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,15	0,80	2,9	2,5	5,3	0,6	6,9	3,3	4,1	16,7	3,9	-	-	2,1	0,50	2,3	0,4
2	0,15	4,80	17,1	8,7	25,8	2,1	33,0	16,0	20,0	16,7	4,0	-	-	8,0	9,27	66,0	2,1
3	0,15	4,80	17,1	10,3	27,4	2,4	35,3	17,0	21,2	16,7	4,0	-	-	8,5	10,01	70,6	2,2
4	0,15	4,80	17,1	4,9	22,0	1,2	27,5	13,6	17,0	16,7	4,1	-	-	6,7	7,49	55,1	1,7
5	0,15	4,80	17,1	4,4	21,5	1,1	26,9	13,4	16,7	16,7	4,1	-	-	6,6	7,28	53,8	1,7
6	0,15	4,55	16,2	9,3	25,5	2,2	32,8	15,8	19,8	16,7	4,0	-	-	7,9	9,09	62,2	2,1
7	0,50	0,80	9,5	5,9	15,4	1,4	19,9	9,5	11,9	5,0	1,2	-	-	6,2	0,98	6,6	4,1
8	0,50	0,80	9,5	5,5	15,0	1,3	19,4	9,3	11,7	5,0	1,2	-	-	6,1	0,88	6,5	4,0
9	0,15	3,40	12,1	18,0	30,2	4,3	40,5	18,7	23,4	16,7	3,8	-	-	9,6	10,74	57,4	2,5
10	0,50	0,80	9,5	3,7	13,2	0,9	16,7	8,2	10,2	5,0	1,2	-	-	5,5	0,32	5,6	3,5
11	0,50	0,80	9,5	10,7	20,2	2,5	26,7	12,5	15,6	5,0	1,2	-	-	7,8	2,41	8,9	5,6
12	0,15	5,10	18,2	12,4	30,6	2,9	39,6	18,9	23,7	16,7	4,0	-	-	9,4	11,60	84,2	2,5
13	0,15	4,15	14,8	7,1	21,9	1,7	28,0	13,6	17,0	16,7	4,0	-	-	6,8	7,37	48,5	1,8
14	0,15	5,20	18,5	9,5	28,0	2,3	35,8	17,3	21,7	16,7	4,0	-	-	8,6	10,40	77,6	2,2
15	0,15	3,15	11,2	5,0	16,2	1,2	20,6	10,0	12,5	16,7	4,1	-	-	5,2	4,70	27,0	1,3
16	0,15	3,80	13,5	6,4	19,9	1,5	25,4	12,3	15,4	16,7	4,0	-	-	6,3	6,41	40,2	1,6

CAPACIDAD MUROS EN Y EDIFICACIÓN 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t*	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
17	0,80	1,00	19,0	2,7	21,7	0,6	26,7	13,5	16,8	3,1	0,50	1,1	556,2	8,9	0,55	11,1	8,9
18	0,15	1,95	6,9	2,7	9,6	0,6	12,2	6,0	7,4	16,7	0,09	0,7	127,3	3,3	1,98	9,9	0,8
19	0,80	0,90	17,1	5,9	23,0	1,4	29,0	14,3	17,8	3,1	0,49	1,1	500,5	9,4	1,02	10,9	9,7
20	0,60	1,00	14,3	23,0	37,2	5,5	50,1	23,1	28,8	4,2	0,35	1,1	405,1	13,4	7,03	20,9	12,5
21	0,60	1,00	14,3	3,5	17,8	0,8	22,1	11,0	13,8	4,2	0,37	1,1	405,1	7,1	0,87	9,2	5,5
22	0,15	2,30	8,2	20,5	28,7	4,9	39,4	17,8	22,3	16,7	0,08	0,7	150,1	9,4	9,44	37,7	2,5
23	0,60	2,30	32,8	23,2	56,0	5,5	72,7	34,7	43,4	4,2	0,36	1,1	931,8	18,5	14,76	69,6	18,2
24	0,60	1,75	24,9	12,2	37,1	2,9	47,4	23,0	28,8	4,2	0,36	1,1	709,0	12,8	7,41	34,6	11,9
25	0,60	1,75	24,9	6,0	30,9	1,4	38,5	19,2	24,0	4,2	0,37	1,1	709,0	10,8	5,15	28,1	9,6

*Ver sección 4.6

Tabla 17. Capacidad de muros, SX, Edificación 1, Modelo 3D.

CAPACIDAD MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1 - MODELO 3D													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t*	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,15	0,80	8,7	0,7	1,2	16,7	0,0	0,7	52,2	2,5	0,87	2,9	0,5
2	0,15	4,80	28,2	17,1	42,8	16,7	0,2	0,7	313,3	6,9	7,70	56,4	1,8
3	0,15	4,80	11,2	18,3	39,5	16,7	0,5	0,7	313,3	3,0	2,15	22,3	0,7
4	0,15	4,80	14,9	19,9	35,5	16,7	0,4	0,7	313,3	3,9	3,36	29,7	0,9
5	0,15	4,80	13,2	13,6	52,2	16,7	0,6	0,7	313,3	3,5	2,82	26,4	0,8
6	0,15	4,55	15,7	14,8	41,9	16,7	0,4	0,7	297,0	4,1	3,59	29,8	1,0
7	0,50	0,80	18,0	0,4	1,6	5,0	0,0	1,0	263,7	5,8	0,60	6,0	3,8
8	0,50	0,80	15,6	0,4	0,6	5,0	0,0	1,0	263,7	5,3	0,08	5,2	3,2
9	0,15	3,40	18,6	6,1	22,2	16,7	0,2	0,7	222,0	4,7	4,20	26,3	1,2
10	0,50	0,80	21,2	1,7	1,0	5,0	0,0	1,0	263,7	6,6	1,26	7,1	4,4
11	0,50	0,80	18,6	1,7	2,9	5,0	0,1	1,0	263,7	6,0	0,72	6,2	3,9
12	0,15	5,10	27,1	11,2	27,6	16,7	0,2	0,7	332,9	6,6	7,45	57,5	1,7
13	0,15	4,15	16,0	8,7	19,1	16,7	0,2	0,7	270,9	4,1	3,59	27,6	1,0
14	0,15	5,20	14,2	11,5	28,5	16,7	0,3	0,7	339,5	3,7	3,22	30,8	0,9
15	0,15	3,15	15,7	5,0	12,5	16,7	0,1	0,7	205,6	4,1	3,27	20,6	1,0
16	0,15	3,80	9,1	7,0	17,5	16,7	0,3	0,7	248,1	2,6	1,41	14,5	0,6

CAPACIDAD MUROS EN Y EDIFICACIÓN 1 - MODELO 3D													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
17	0,80	1,00	11,4	7,1	18,1	3,1	1,3	1,1	556,2	5,4	-2,82	4,8	3,8
18	0,15	1,95	4,7	6,4	15,9	16,7	0,5	0,7	127,3	1,6	0,04	3,8	0,3
19	0,80	0,90	5,6	2,7	9,2	3,1	1,3	1,1	500,5	4,1	-3,99	2,1	1,9
20	0,60	1,00	16,6	15,6	10,9	4,2	0,4	1,1	405,1	5,9	-0,34	6,9	4,2
21	0,60	1,00	54,7	3,6	9,7	4,2	0,1	1,1	405,1	14,5	8,05	22,8	13,7
22	0,15	2,30	9,0	21,4	4,9	16,7	0,1	0,7	150,1	2,6	1,22	8,7	0,6
23	0,60	2,30	53,9	3,7	59,7	4,2	0,7	1,1	931,8	14,3	9,67	51,6	13,5
24	0,60	1,75	47,9	19,3	41,7	4,2	0,5	1,1	709,0	12,9	7,51	34,9	12,0
25	0,60	1,75	22,8	11,5	34,0	4,2	0,9	1,1	709,0	7,3	1,16	16,6	5,7

*Ver sección 4.6

Tabla 18. Capacidad de muros, SY, Edificación 1, Modelo 3D.

CAPACIDAD MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1 - MODELO 3D													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,15	0,80	8,7	0,6	1,1	16,7	0,0	0,7	52,2	2,5	0,87	2,9	0,4
2	0,15	4,80	28,2	14,8	37,1	16,7	0,2	0,7	313,3	6,9	7,70	56,4	2,1
3	0,15	4,80	11,2	16,0	33,8	16,7	0,5	0,7	313,3	3,0	2,15	22,3	2,2
4	0,15	4,80	14,9	17,6	29,8	16,7	0,3	0,7	313,3	3,9	3,36	29,7	1,7
5	0,15	4,80	13,2	11,4	46,5	16,7	0,5	0,7	313,3	3,5	2,82	26,4	1,7
6	0,15	4,55	15,7	12,7	36,6	16,7	0,3	0,7	297,0	4,1	3,59	29,8	2,1
7	0,50	0,80	18,0	0,1	0,4	5,0	0,0	1,0	263,7	5,8	0,60	6,0	4,1
8	0,50	0,80	15,6	1,1	1,1	5,0	0,0	1,0	263,7	5,3	0,08	5,2	4,0
9	0,15	3,40	18,6	0,7	5,2	16,7	0,0	0,7	222,0	4,7	4,20	26,3	2,5
10	0,50	0,80	21,2	2,1	1,9	5,0	0,0	1,0	263,7	6,6	1,26	7,1	3,5
11	0,50	0,80	18,6	1,3	2,0	5,0	0,1	1,0	263,7	6,0	0,72	6,2	5,6
12	0,15	5,10	27,1	14,9	37,1	16,7	0,2	0,7	332,9	6,6	7,45	57,5	2,5
13	0,15	4,15	16,0	11,5	26,0	16,7	0,2	0,7	270,9	4,1	3,59	27,6	1,8
14	0,15	5,20	14,2	15,4	38,2	16,7	0,4	0,7	339,5	3,7	3,22	30,8	2,2
15	0,15	3,15	15,7	6,7	16,8	16,7	0,2	0,7	205,6	4,1	3,27	20,6	1,3
16	0,15	3,80	9,1	9,4	23,4	16,7	0,4	0,7	248,1	2,6	1,41	14,5	1,6

CAPACIDAD MUROS EN Y EDIFICACIÓN 1 - MODELO 3D													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	Mnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
17	0,80	1,00	11,4	24,6	61,7	3,1	4,3	1,1	556,2	5,4	-2,82	4,8	3,8
18	0,15	1,95	4,7	20,7	51,6	16,7	1,7	0,7	127,3	1,6	0,04	3,8	0,3
19	0,80	0,90	5,6	12,8	34,5	3,1	4,9	1,1	500,5	4,1	-3,99	2,1	1,9
20	0,60	1,00	16,6	7,1	10,5	4,2	0,4	1,1	405,1	5,9	-0,34	6,9	4,2
21	0,60	1,00	54,7	11,5	29,4	4,2	0,3	1,1	405,1	14,5	8,05	22,8	13,7
22	0,15	2,30	9,0	11,8	28,7	16,7	0,5	0,7	150,1	2,6	1,22	8,7	0,6
23	0,60	2,30	53,9	26,3	116,1	4,2	1,3	1,1	931,8	14,3	9,67	51,6	13,5
24	0,60	1,75	47,9	25,0	55,7	4,2	0,7	1,1	709,0	12,9	7,51	34,9	12,0
25	0,60	1,75	22,8	16,8	47,2	4,2	1,2	1,1	709,0	7,3	1,16	16,6	5,7

*Ver sección 4.6

Tabla 19. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 1. Modelo simplificado.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	147	3	150	4	183	90	254	3,50	0,6	1,1	1266	44	41	177	62
2	0,8	8,3	530	44	574	59	748	344	1304	3,50	0,2	1,1	4568	171	262	3428	330
3	0,8	4,8	306	17	323	23	410	194	731	3,50	0,4	1,1	2642	96	121	1090	182
4	0,8	3,1	198	32	230	44	320	138	530	3,50	0,5	1,1	1706	75	83	546	141
5	0,8	2,0	128	14	142	19	189	85	323	3,50	0,9	1,1	1101	46	41	208	83
6	0,8	2,9	185	21	206	28	275	124	470	3,50	0,6	1,1	1596	65	69	440	121
7	0,8	2,0	128	13	140	17	186	84	320	3,50	0,9	1,1	1101	45	40	205	82
8	0,8	2,0	128	13	141	18	187	84	321	3,50	0,9	1,1	1101	45	41	206	82
9	0,8	1,2	77	10	87	13	117	52	198	3,50	1,4	1,1	660	30	20	78	52
10	0,8	2,4	153	24	177	33	246	106	408	3,50	0,7	1,1	1321	59	58	325	108
11	0,8	2,0	128	25	153	34	217	92	353	3,50	0,8	1,1	1101	52	48	239	95
12	0,8	5,4	345	26	370	35	479	222	841	3,50	0,3	1,1	2972	111	147	1431	212
13	0,8	1,2	77	5	82	7	106	49	186	3,50	1,5	1,1	660	27	18	70	47
14	0,8	2,4	153	15	168	20	222	101	383	3,50	0,7	1,1	1321	53	52	294	98
15	0,8	4,4	281	20	301	27	388	180	683	3,50	0,4	1,1	2422	90	112	943	172
16	0,8	5,4	345	26	370	35	479	222	841	3,50	0,3	1,1	2972	111	147	1430	212
17	0,8	6,0	383	11	394	15	488	237	888	3,50	0,3	1,1	3302	113	154	1624	217
18	0,8	6,0	383	0	383	0	460	230	858	3,50	0,3	1,1	3302	107	145	1532	204
19	0,8	6,0	383	0	383	0	460	230	858	3,50	0,3	1,1	3302	107	145	1532	204

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	83	16	99	21	140	59	228	3,50	2,0	-	-	35	26	100	62
21	0,8	2,0	128	5	133	7	167	80	301	3,50	2,2	-	-	41	36	185	74
22	0,8	2,6	166	22	188	30	255	113	430	3,50	2,1	-	-	61	62	365	112
23	0,8	5,5	351	23	374	32	481	225	849	3,50	2,2	-	-	111	149	1462	213
24	0,8	2,6	166	10	176	13	224	105	398	3,50	2,2	-	-	54	54	322	99
25	0,8	3,8	243	8	251	11	312	150	565	3,50	2,3	-	-	73	85	657	138
26	0,8	3,8	243	15	258	21	331	155	585	3,50	2,2	-	-	78	91	695	146
27	0,8	2,4	153	28	181	38	256	109	418	3,50	2,0	-	-	61	61	337	112
28	0,8	6,7	428	68	496	93	688	298	1141	3,50	2,1	-	-	158	227	2535	303
29	0,8	5,1	326	34	360	46	478	216	821	3,50	2,1	-	-	111	145	1344	211
30	0,8	2,4	153	8	161	11	205	97	365	3,50	2,2	-	-	49	47	272	91
31	0,8	3,8	243	20	262	27	342	157	597	3,50	2,2	-	-	80	94	717	151
32	0,8	5,1	326	26	352	36	458	211	800	3,50	2,2	-	-	106	139	1291	202
33	0,8	3,8	243	14	257	19	327	154	581	3,50	2,2	-	-	77	89	687	145

*Ver sección 4.6

Tabla 20. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 1. Modelo simplificado.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	147	3	150	4	183	90	254	3,50	1,7	-	-	44	41	177	62
2	0,8	8,3	530	44	574	59	748	344	1304	3,50	2,2	-	-	171	262	3428	330
3	0,8	4,8	306	17	323	23	410	194	731	3,50	2,2	-	-	96	121	1090	182
4	0,8	3,1	198	32	230	44	320	138	530	3,50	2,1	-	-	75	83	546	141
5	0,8	2,0	128	14	142	19	189	85	323	3,50	2,1	-	-	46	41	208	83
6	0,8	2,9	185	21	206	28	275	124	470	3,50	2,1	-	-	65	69	440	121
7	0,8	2,0	128	13	140	17	186	84	320	3,50	2,2	-	-	45	40	205	82
8	0,8	2,0	128	13	141	18	187	84	321	3,50	2,2	-	-	45	41	206	82
9	0,8	1,2	77	10	87	13	117	52	198	3,50	2,1	-	-	30	20	78	52
10	0,8	2,4	153	24	177	33	246	106	408	3,50	2,1	-	-	59	58	325	108
11	0,8	2,0	128	25	153	34	217	92	353	3,50	2,0	-	-	52	48	239	95
12	0,8	5,4	345	26	370	35	479	222	841	3,50	2,2	-	-	111	147	1431	212
13	0,8	1,2	77	5	82	7	106	49	186	3,50	2,2	-	-	27	18	70	47
14	0,8	2,4	153	15	168	20	222	101	383	3,50	2,2	-	-	53	52	294	98
15	0,8	4,4	281	20	301	27	388	180	683	3,50	2,2	-	-	90	112	943	172
16	0,8	5,4	345	26	370	35	479	222	841	3,50	2,2	-	-	111	147	1430	212
17	0,8	6,0	383	11	394	15	488	237	888	3,50	2,3	-	-	113	154	1624	217
18	0,8	6,0	383	0	383	0	460	230	858	3,50	2,3	-	-	107	145	1532	204
19	0,8	6,0	383	0	383	0	460	230	858	3,50	2,3	-	-	107	145	1532	204

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 1																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	83	16	99	21	140	59	228	3,50	2,0	1,1	716	35	26	100	62
21	0,8	2,0	128	5	133	7	167	80	301	3,50	2,2	1,1	1101	41	36	185	74
22	0,8	2,6	166	22	188	30	255	113	430	3,50	2,1	1,1	1431	61	62	365	112
23	0,8	5,5	351	23	374	32	481	225	849	3,50	2,2	1,1	3027	111	149	1462	213
24	0,8	2,6	166	10	176	13	224	105	398	3,50	2,2	1,1	1431	54	54	322	99
25	0,8	3,8	243	8	251	11	312	150	565	3,50	2,3	1,1	2092	73	85	657	138
26	0,8	3,8	243	15	258	21	331	155	585	3,50	2,2	1,1	2092	78	91	695	146
27	0,8	2,4	153	28	181	38	256	109	418	3,50	2,0	1,1	1321	61	61	337	112
28	0,8	6,7	428	68	496	93	688	298	1141	3,50	2,1	1,1	3688	158	227	2535	303
29	0,8	5,1	326	34	360	46	478	216	821	3,50	2,1	1,1	2807	111	145	1344	211
30	0,8	2,4	153	8	161	11	205	97	365	3,50	2,2	1,1	1321	49	47	272	91
31	0,8	3,8	243	20	262	27	342	157	597	3,50	2,2	1,1	2092	80	94	717	151
32	0,8	5,1	326	26	352	36	458	211	800	3,50	2,2	1,1	2807	106	139	1291	202
33	0,8	3,8	243	14	257	19	327	154	581	3,50	2,2	1,1	2092	77	89	687	145

*Ver sección 4.6

Tabla 21. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 2. Modelo simplificado.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 2																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1.2D+1.0Ex+1.0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	49	3	52	4	66	31	85	3,50	0,6	1,1	1266	18	10	60	21
2	0,8	8,3	177	44	220	59	324	132	435	3,50	0,2	1,1	4568	76	108	966	93
3	0,8	4,8	102	17	119	23	165	71	244	3,50	0,3	1,1	2642	40	44	296	49
4	0,8	3,1	66	32	98	44	162	59	177	3,50	0,4	1,1	1706	40	38	167	43
5	0,8	2,0	43	14	57	19	87	34	108	3,50	0,6	1,1	1101	23	15	60	24
6	0,8	2,9	62	21	82	28	127	49	157	3,50	0,4	1,1	1596	32	28	128	35
7	0,8	2,0	43	13	55	17	84	33	107	3,50	0,6	1,1	1101	22	14	59	24
8	0,8	2,0	43	13	56	18	84	33	107	3,50	0,6	1,1	1101	22	15	59	24
9	0,8	1,2	26	10	35	13	56	21	66	3,50	1,0	1,1	660	16	6	23	15
10	0,8	2,4	51	24	75	33	123	45	136	3,50	0,5	1,1	1321	31	26	99	33
11	0,8	2,0	43	25	68	34	115	41	118	3,50	0,5	1,1	1101	29	22	75	30
12	0,8	5,4	115	26	141	35	204	84	280	3,50	0,3	1,1	2972	49	58	399	59
13	0,8	1,2	26	5	31	7	45	19	62	3,50	1,2	1,1	660	13	4	20	13
14	0,8	2,4	51	15	66	20	99	40	128	3,50	0,5	1,1	1321	26	19	84	28
15	0,8	4,4	94	20	113	27	163	68	228	3,50	0,3	1,1	2422	40	42	262	48
16	0,8	5,4	115	26	141	35	204	84	280	3,50	0,3	1,1	2972	49	58	399	59
17	0,8	6,0	128	11	139	15	182	83	296	3,50	0,3	1,1	3302	44	52	426	57
18	0,8	6,0	128	0	128	0	153	77	286	3,50	0,3	1,1	3302	38	42	383	51
19	0,8	6,0	128	0	128	0	153	77	286	3,50	0,3	1,1	3302	38	42	383	51

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 2																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1.2D+1.0Ex+1.0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	28	16	43	21	74	26	76	3,50	1,3	-	-	20	11	31	19
21	0,8	2,0	43	5	48	7	65	29	100	3,50	1,9	-	-	18	10	50	20
22	0,8	2,6	55	22	77	30	122	46	143	3,50	1,5	-	-	31	26	108	33
23	0,8	5,5	117	23	140	32	200	84	283	3,50	1,8	-	-	48	57	404	59
24	0,8	2,6	55	10	65	13	91	39	133	3,50	1,8	-	-	24	17	88	27
25	0,8	3,8	81	8	89	11	118	53	188	3,50	2,0	-	-	30	27	173	37
26	0,8	3,8	81	15	96	21	137	58	195	3,50	1,8	-	-	34	33	191	40
27	0,8	2,4	51	28	79	38	133	47	139	3,50	1,3	-	-	33	28	104	35
28	0,8	6,7	143	68	211	93	346	126	380	3,50	1,4	-	-	81	110	771	92
29	0,8	5,1	109	34	143	46	217	86	274	3,50	1,6	-	-	52	61	388	61
30	0,8	2,4	51	8	59	11	82	35	122	3,50	1,9	-	-	22	15	74	25
31	0,8	3,8	81	20	101	27	148	60	199	3,50	1,7	-	-	36	36	202	43
32	0,8	5,1	109	26	135	36	198	81	267	3,50	1,7	-	-	48	55	363	57
33	0,8	3,8	81	14	95	19	133	57	194	3,50	1,8	-	-	33	32	188	40

*Ver sección 4.6

Tabla 22. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 2. Modelo simplificado.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 2																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1.2D+1.0Ey+1.0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	49	3	52	4	66	31	85	3,50	1,6	-	-	18	10	60	21
2	0,8	8,3	177	44	220	59	324	132	435	3,50	1,7	-	-	76	108	966	93
3	0,8	4,8	102	17	119	23	165	71	244	3,50	1,8	-	-	40	44	296	49
4	0,8	3,1	66	32	98	44	162	59	177	3,50	1,4	-	-	40	38	167	43
5	0,8	2,0	43	14	57	19	87	34	108	3,50	1,6	-	-	23	15	60	24
6	0,8	2,9	62	21	82	28	127	49	157	3,50	1,5	-	-	32	28	128	35
7	0,8	2,0	43	13	55	17	84	33	107	3,50	1,6	-	-	22	14	59	24
8	0,8	2,0	43	13	56	18	84	33	107	3,50	1,6	-	-	22	15	59	24
9	0,8	1,2	26	10	35	13	56	21	66	3,50	1,5	-	-	16	6	23	15
10	0,8	2,4	51	24	75	33	123	45	136	3,50	1,4	-	-	31	26	99	33
11	0,8	2,0	43	25	68	34	115	41	118	3,50	1,3	-	-	29	22	75	30
12	0,8	5,4	115	26	141	35	204	84	280	3,50	1,7	-	-	49	58	399	59
13	0,8	1,2	26	5	31	7	45	19	62	3,50	1,7	-	-	13	4	20	13
14	0,8	2,4	51	15	66	20	99	40	128	3,50	1,6	-	-	26	19	84	28
15	0,8	4,4	94	20	113	27	163	68	228	3,50	1,7	-	-	40	42	262	48
16	0,8	5,4	115	26	141	35	204	84	280	3,50	1,7	-	-	49	58	399	59
17	0,8	6,0	128	11	139	15	182	83	296	3,50	2,0	-	-	44	52	426	57
18	0,8	6,0	128	0	128	0	153	77	286	3,50	2,3	-	-	38	42	383	51
19	0,8	6,0	128	0	128	0	153	77	286	3,50	2,3	-	-	38	42	383	51

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 2																	
No.	t (m)	bx (m)	Peso Propio 1/2 (kN)	Peso Cubierta (kN)	Carga Muerta D (kN)	Carga Viva L (kN)	1.2D+1.0Ey+1.0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
							Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	28	16	43	21	74	26	76	3,50	1,3	1,1	716	20	11	31	19
21	0,8	2,0	43	5	48	7	65	29	100	3,50	1,9	1,1	1101	18	10	50	20
22	0,8	2,6	55	22	77	30	122	46	143	3,50	1,5	1,1	1431	31	26	108	33
23	0,8	5,5	117	23	140	32	200	84	283	3,50	1,8	1,1	3027	48	57	404	59
24	0,8	2,6	55	10	65	13	91	39	133	3,50	1,8	1,1	1431	24	17	88	27
25	0,8	3,8	81	8	89	11	118	53	188	3,50	2,0	1,1	2092	30	27	173	37
26	0,8	3,8	81	15	96	21	137	58	195	3,50	1,8	1,1	2092	34	33	191	40
27	0,8	2,4	51	28	79	38	133	47	139	3,50	1,3	1,1	1321	33	28	104	35
28	0,8	6,7	143	68	211	93	346	126	380	3,50	1,4	1,1	3688	81	110	771	92
29	0,8	5,1	109	34	143	46	217	86	274	3,50	1,6	1,1	2807	52	61	388	61
30	0,8	2,4	51	8	59	11	82	35	122	3,50	1,9	1,1	1321	22	15	74	25
31	0,8	3,8	81	20	101	27	148	60	199	3,50	1,7	1,1	2092	36	36	202	43
32	0,8	5,1	109	26	135	36	198	81	267	3,50	1,7	1,1	2807	48	55	363	57
33	0,8	3,8	81	14	95	19	133	57	194	3,50	1,8	1,1	2092	33	32	188	40

*Ver sección 4.6

Tabla 23. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 1. Modelo 3D.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 1													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	209	17	55	3,50	0,1	1,1	1266	50	48	177	62
2	0,8	8,3	779	142	747	3,50	0,1	1,1	4568	178	273	3428	330
3	0,8	4,8	436	67	270	3,50	0,1	1,1	2642	101	130	1090	182
4	0,8	3,1	310	26	102	3,50	0,1	1,1	1706	73	80	546	141
5	0,8	2,0	247	18	57	3,50	0,1	1,1	1101	59	56	208	83
6	0,8	2,9	298	25	84	3,50	0,1	1,1	1596	70	76	440	121
7	0,8	2,0	254	13	46	3,50	0,1	1,1	1101	60	58	205	82
8	0,8	2,0	242	20	50	3,50	0,1	1,1	1101	58	55	206	82
9	0,8	1,2	348	9	19	3,50	0,0	1,1	660	82	72	78	52
10	0,8	2,4	239	25	49	3,50	0,1	1,1	1321	57	56	325	108
11	0,8	2,0	555	117	82	3,50	0,1	1,1	1101	128	134	239	95
12	0,8	5,4	563	77	251	3,50	0,1	1,1	2972	130	175	1431	212
13	0,8	1,2	188	2	12	3,50	0,1	1,1	660	46	36	70	47
14	0,8	2,4	220	11	39	3,50	0,1	1,1	1321	53	51	294	98
15	0,8	4,4	435	14	177	3,50	0,1	1,1	2422	101	126	943	172
16	0,8	5,4	567	70	265	3,50	0,1	1,1	2972	131	176	1430	212
17	0,8	6,0	569	51	307	3,50	0,1	1,1	3302	131	181	1624	217
18	0,8	6,0	524	49	312	3,50	0,1	1,1	3302	121	166	1532	204
19	0,8	6,0	539	44	332	3,50	0,1	1,1	3302	124	171	1532	204

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 1													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	119	8	19	3,50	0,2	-	-	30	21	100	62
21	0,8	2,0	177	20	54	3,50	0,4	-	-	43	38	185	74
22	0,8	2,6	269	29	94	3,50	0,4	-	-	64	66	365	112
23	0,8	5,5	477	95	497	3,50	1,3	-	-	111	147	1462	213
24	0,8	2,6	206	31	97	3,50	0,6	-	-	50	49	322	99
25	0,8	3,8	300	58	214	3,50	0,9	-	-	71	81	657	138
26	0,8	3,8	382	92	288	3,50	0,9	-	-	89	106	695	146
27	0,8	2,4	313	51	132	3,50	0,5	-	-	74	76	337	112
28	0,8	6,7	730	148	833	3,50	1,4	-	-	167	242	2535	303
29	0,8	5,1	511	99	468	3,50	1,1	-	-	118	156	1344	211
30	0,8	2,4	252	39	95	3,50	0,5	-	-	60	60	272	91
31	0,8	3,8	424	113	292	3,50	0,9	-	-	99	119	717	151
32	0,8	5,1	781	72	580	3,50	0,9	-	-	179	242	1291	202
33	0,8	3,8	440	124	335	3,50	1,0	-	-	102	123	687	145

Tabla 24. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 1. Modelo 3D.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 1													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	209	10	31	3,50	0,1	-	-	50	48	177	62
2	0,8	8,3	779	84	347	3,50	0,1	-	-	178	273	3428	330
3	0,8	4,8	436	54	113	3,50	0,1	-	-	101	130	1090	182
4	0,8	3,1	310	14	51	3,50	0,1	-	-	73	80	546	141
5	0,8	2,0	247	6	25	3,50	0,1	-	-	59	56	208	83
6	0,8	2,9	298	20	41	3,50	0,0	-	-	70	76	440	121
7	0,8	2,0	254	2	17	3,50	0,0	-	-	60	58	205	82
8	0,8	2,0	242	9	20	3,50	0,0	-	-	58	55	206	82
9	0,8	1,2	348	9	14	3,50	0,0	-	-	82	72	78	52
10	0,8	2,4	239	18	30	3,50	0,1	-	-	57	56	325	108
11	0,8	2,0	555	121	94	3,50	0,1	-	-	128	134	239	95
12	0,8	5,4	563	48	178	3,50	0,1	-	-	130	175	1431	212
13	0,8	1,2	188	1	3	3,50	0,0	-	-	46	36	70	47
14	0,8	2,4	220	8	29	3,50	0,1	-	-	53	51	294	98
15	0,8	4,4	435	6	136	3,50	0,1	-	-	101	126	943	172
16	0,8	5,4	567	59	255	3,50	0,1	-	-	131	176	1430	212
17	0,8	6,0	569	47	270	3,50	0,1	-	-	131	181	1624	217
18	0,8	6,0	524	46	275	3,50	0,1	-	-	121	166	1532	204
19	0,8	6,0	539	40	296	3,50	0,1	-	-	124	171	1532	204

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 1													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	119	8	19	3,50	0,2	1,1	716	30	21	100	62
21	0,8	2,0	177	20	54	3,50	0,4	1,1	1101	43	38	185	74
22	0,8	2,6	269	29	94	3,50	0,4	1,1	1431	64	66	365	112
23	0,8	5,5	477	95	497	3,50	1,3	1,1	3027	111	147	1462	213
24	0,8	2,6	206	31	97	3,50	0,6	1,1	1431	50	49	322	99
25	0,8	3,8	300	58	214	3,50	0,9	1,1	2092	71	81	657	138
26	0,8	3,8	382	92	288	3,50	0,9	1,1	2092	89	106	695	146
27	0,8	2,4	313	51	132	3,50	0,5	1,1	1321	74	76	337	112
28	0,8	6,7	730	148	833	3,50	1,4	1,1	3688	167	242	2535	303
29	0,8	5,1	511	99	468	3,50	1,1	1,1	2807	118	156	1344	211
30	0,8	2,4	252	39	95	3,50	0,5	1,1	1321	60	60	272	91
31	0,8	3,8	424	113	292	3,50	0,9	1,1	2092	99	119	717	151
32	0,8	5,1	781	72	580	3,50	0,9	1,1	2807	179	242	1291	202
33	0,8	3,8	440	124	335	3,50	1,0	1,1	2092	102	123	687	145

Tabla 25. Capacidad de muros, SX, Edificación 2, Piso 2. Modelo 3D.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 2													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	72	2	9	3,50	0,1	1,1	1266	19	12	69	24
2	0,8	8,3	271	176	434	3,50	0,2	1,1	4568	64	88	936	90
3	0,8	4,8	151	64	150	3,50	0,2	1,1	2642	37	39	302	50
4	0,8	3,1	109	12	32	3,50	0,1	1,1	1706	28	23	140	36
5	0,8	2,0	87	5	16	3,50	0,1	1,1	1101	23	15	72	29
6	0,8	2,9	105	17	35	3,50	0,1	1,1	1596	27	22	127	35
7	0,8	2,0	89	3	12	3,50	0,1	1,1	1101	23	16	75	30
8	0,8	2,0	85	21	35	3,50	0,2	1,1	1101	22	15	71	28
9	0,8	1,2	128	14	18	3,50	0,1	1,1	660	32	23	64	43
10	0,8	2,4	84	39	57	3,50	0,3	1,1	1321	22	15	84	28
11	0,8	2,0	215	305	403	3,50	0,9	1,1	1101	52	48	179	72
12	0,8	5,4	194	123	227	3,50	0,2	1,1	2972	47	54	436	65
13	0,8	1,2	71	17	19	3,50	0,2	1,1	660	19	10	36	24
14	0,8	2,4	76	7	16	3,50	0,1	1,1	1321	20	13	76	25
15	0,8	4,4	152	12	37	3,50	0,1	1,1	2422	37	39	279	51
16	0,8	5,4	195	111	217	3,50	0,2	1,1	2972	47	55	438	65
17	0,8	6,0	198	68	180	3,50	0,2	1,1	3302	48	57	495	66
18	0,8	6,0	180	63	176	3,50	0,2	1,1	3302	44	51	449	60
19	0,8	6,0	186	50	169	3,50	0,2	1,1	3302	45	53	464	62

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 2													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ex+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	41	1	3	3,50	0,1	-	-	12	3	31	19
21	0,8	2,0	61	4	8	3,50	0,2	-	-	17	9	50	20
22	0,8	2,6	95	7	18	3,50	0,2	-	-	25	18	108	33
23	0,8	5,5	163	77	223	3,50	1,7	-	-	40	45	404	59
24	0,8	2,6	69	11	25	3,50	0,5	-	-	19	11	88	27
25	0,8	3,8	101	38	94	3,50	1,2	-	-	26	22	173	37
26	0,8	3,8	132	85	171	3,50	1,6	-	-	33	31	191	40
27	0,8	2,4	111	34	63	3,50	0,7	-	-	28	22	104	35
28	0,8	6,7	260	137	397	3,50	1,9	-	-	62	80	771	92
29	0,8	5,1	180	73	202	3,50	1,4	-	-	44	49	388	61
30	0,8	2,4	89	22	39	3,50	0,5	-	-	23	17	74	25
31	0,8	3,8	148	130	224	3,50	1,9	-	-	37	36	202	43
32	0,8	5,1	291	12	161	3,50	0,7	-	-	69	85	363	57
33	0,8	3,8	155	127	228	3,50	1,8	-	-	38	38	188	40

Tabla 26. Capacidad de muros, SY, Edificación 2, Piso 2. Modelo 3D.

CAPACIDAD MUROS EN X - PISO 2													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re*	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
1	0,8	2,3	72	3	11	3,50	0,1	-	-	19	12	69	24
2	0,8	8,3	271	95	214	3,50	0,1	-	-	64	88	936	90
3	0,8	4,8	151	63	109	3,50	0,2	-	-	37	39	302	50
4	0,8	3,1	109	8	22	3,50	0,1	-	-	28	23	140	36
5	0,8	2,0	87	0	6	3,50	0,0	-	-	23	15	72	29
6	0,8	2,9	105	23	39	3,50	0,1	-	-	27	22	127	35
7	0,8	2,0	89	4	11	3,50	0,1	-	-	23	16	75	30
8	0,8	2,0	85	21	33	3,50	0,2	-	-	22	15	71	28
9	0,8	1,2	128	22	30	3,50	0,2	-	-	32	23	64	43
10	0,8	2,4	84	38	55	3,50	0,3	-	-	22	15	84	28
11	0,8	2,0	215	304	402	3,50	0,9	-	-	52	48	179	72
12	0,8	5,4	194	85	156	3,50	0,1	-	-	47	54	436	65
13	0,8	1,2	71	9	7	3,50	0,1	-	-	19	10	36	24
14	0,8	2,4	76	7	15	3,50	0,1	-	-	20	13	76	25
15	0,8	4,4	152	18	20	3,50	0,0	-	-	37	39	279	51
16	0,8	5,4	195	85	185	3,50	0,2	-	-	47	55	438	65
17	0,8	6,0	198	59	154	3,50	0,1	-	-	48	57	495	66
18	0,8	6,0	180	54	150	3,50	0,1	-	-	44	51	449	60
19	0,8	6,0	186	41	143	3,50	0,1	-	-	45	53	464	62

CAPACIDAD MUROS EN Y - PISO 2													
No.	t (m)	bx (m)	1,2D+1,0Ey+1,0L			h/t	Mu / Puz t	Re	φPn (kN)	φVn (kN)	φVn 2 (kN)	φMny (kN-m)	φMnx (kN-m)
			Puz (kN)	Vu (kN)	Mu (kN-m)								
20	0,8	1,3	41	1	3	3,50	0,1	1,1	716	12	3	31	19
21	0,8	2,0	61	4	8	3,50	0,2	1,1	1101	17	9	50	20
22	0,8	2,6	95	7	18	3,50	0,2	1,1	1431	25	18	108	33
23	0,8	5,5	163	77	223	3,50	1,7	1,1	3027	40	45	404	59
24	0,8	2,6	69	11	25	3,50	0,5	1,1	1431	19	11	88	27
25	0,8	3,8	101	38	94	3,50	1,2	1,1	2092	26	22	173	37
26	0,8	3,8	132	85	171	3,50	1,6	1,1	2092	33	31	191	40
27	0,8	2,4	111	34	63	3,50	0,7	1,1	1321	28	22	104	35
28	0,8	6,7	260	137	397	3,50	1,9	1,1	3688	62	80	771	92
29	0,8	5,1	180	73	202	3,50	1,4	1,1	2807	44	49	388	61
30	0,8	2,4	89	22	39	3,50	0,5	1,1	1321	23	17	74	25
31	0,8	3,8	148	130	224	3,50	1,9	1,1	2092	37	36	202	43
32	0,8	5,1	291	12	161	3,50	0,7	1,1	2807	69	85	363	57
33	0,8	3,8	155	127	228	3,50	1,8	1,1	2092	38	38	188	40

Tabla 27. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X – Edificación 1. Modelo simplificado.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
1	6,9	52,2	0,1	3,3	2,1	0,50	1,6	6,6	4,1	2,3	1,8
2	33,0	313,3	0,1	16,0	8,0	9,27	2,0	1,7	20,0	66,0	0,3
3	35,3	313,3	0,1	17,0	8,5	10,01	2,0	1,7	21,2	70,6	0,3
4	27,5	313,3	0,1	13,6	6,7	7,49	2,0	1,8	17,0	55,1	0,3
5	26,9	313,3	0,1	13,4	6,6	7,28	2,0	1,8	16,7	53,8	0,3
6	32,8	297,0	0,1	15,8	7,9	9,09	2,0	1,7	19,8	62,2	0,3
7	19,9	263,7	0,1	9,5	6,2	0,98	1,5	9,7	11,9	6,6	1,8
8	19,4	263,7	0,1	9,3	6,1	0,88	1,5	10,6	11,7	6,5	1,8
9	40,5	222,0	0,2	18,7	9,6	10,74	1,9	1,7	23,4	57,4	0,4
10	16,7	263,7	0,1	8,2	5,5	0,32	1,5	25,2	10,2	5,6	1,8
11	26,7	263,7	0,1	12,5	7,8	2,41	1,6	5,2	15,6	8,9	1,8
12	39,6	332,9	0,1	18,9	9,4	11,60	2,0	1,6	23,7	84,2	0,3
13	28,0	270,9	0,1	13,6	6,8	7,37	2,0	1,8	17,0	48,5	0,4
14	35,8	339,5	0,1	17,3	8,6	10,40	2,0	1,7	21,7	77,6	0,3
15	20,6	205,6	0,1	10,0	5,2	4,70	1,9	2,1	12,5	27,0	0,5
16	25,4	248,1	0,1	12,3	6,3	6,41	2,0	1,9	15,4	40,2	0,4

Tabla 28. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X – Edificación 1. Modelo 3D.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
1	12,2	52,2	0,2	0,7	2,5	0,9	0,3	0,8	1,2	2,3	0,5
2	54,6	313,3	0,2	17,1	6,9	7,7	2,5	2,2	42,8	66,0	0,6
3	48,7	313,3	0,2	18,3	3,0	2,2	6,0	8,5	39,5	70,6	0,6
4	51,3	313,3	0,2	19,9	3,9	3,4	5,1	5,9	35,5	55,1	0,6
5	49,9	313,3	0,2	13,6	3,5	2,8	3,9	4,8	52,2	53,8	1,0
6	51,7	297,0	0,2	14,8	4,1	3,6	3,6	4,1	41,9	62,2	0,7
7	51,3	263,7	0,2	0,4	5,8	0,6	0,1	0,6	1,6	6,6	0,2
8	33,5	263,7	0,1	0,4	5,3	0,1	0,1	4,5	0,6	6,5	0,1
9	35,3	222,0	0,2	6,1	4,7	4,2	1,3	1,4	22,2	57,4	0,4
10	43,7	263,7	0,2	1,7	6,6	1,3	0,3	1,4	1,0	5,6	0,2
11	35,0	263,7	0,1	1,7	6,0	0,7	0,3	2,4	2,9	8,9	0,3
12	42,1	332,9	0,1	11,2	6,6	7,5	1,7	1,5	27,6	84,2	0,3
13	45,1	270,9	0,2	8,7	4,1	3,6	2,1	2,4	19,1	48,5	0,4

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - EDIFICACIÓN 1											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
14	55,5	339,5	0,2	11,5	3,7	3,2	3,1	3,6	28,5	77,6	0,4
15	33,0	205,6	0,2	5,0	4,1	3,3	1,2	1,5	12,5	27,0	0,5
16	40,6	248,1	0,2	7,0	2,6	1,4	2,7	4,9	17,5	40,2	0,4

Tabla 29. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y – Edificación 1. Modelo Simplificado.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN Y - EDIFICACIÓN 1											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
17	26,7	556,2	0,0	13,5	8,9	0,5	1,5	24,7	16,8	11,1	1,5
18	12,2	127,3	0,1	6,0	3,3	2,0	1,8	3,0	7,4	9,9	0,8
19	29,0	500,5	0,1	14,3	9,4	1,0	1,5	14,0	17,8	10,9	1,6
20	50,1	405,1	0,1	23,1	13,4	7,0	1,7	3,3	28,8	20,9	1,4
21	22,1	405,1	0,1	11,0	7,1	0,9	1,5	12,6	13,8	9,2	1,5
22	39,4	150,1	0,3	17,8	9,4	9,4	1,9	1,9	22,3	37,7	0,6
23	72,7	931,8	0,1	34,7	18,5	14,8	1,9	2,3	43,4	69,6	0,6
24	47,4	709,0	0,1	23,0	12,8	7,4	1,8	3,1	28,8	34,6	0,8
25	38,5	709,0	0,1	19,2	10,8	5,2	1,8	3,7	24,0	28,1	0,9

Tabla 30. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y – Edificación 1. Modelo 3D.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN Y - EDIFICACIÓN 1											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
17	49,2	556,2	0,1	24,6	5,4	-2,8	4,5	-8,7	61,7	4,8	13,0
18	20,2	127,3	0,2	20,7	1,6	0,0	13,0	557,9	51,6	3,8	13,6
19	50,8	500,5	0,1	12,8	4,1	-4,0	3,1	-3,2	34,5	2,1	16,4
20	75,3	405,1	0,2	7,1	5,9	-0,3	1,2	-20,7	10,5	6,9	1,5
21	38,5	405,1	0,1	11,5	14,5	8,0	0,8	1,4	29,4	22,8	1,3
22	56,7	150,1	0,4	11,8	2,6	1,2	4,6	9,7	28,7	8,7	3,3
23	112,8	931,8	0,1	26,3	14,3	9,7	1,8	2,7	116,1	51,6	2,2
24	77,9	709,0	0,1	25,0	12,9	7,5	1,9	3,3	55,7	34,9	1,6
25	68,5	709,0	0,1	16,8	7,3	1,2	2,3	14,4	47,2	16,6	2,8

Tabla 31. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 1 – Edificación 2. Modelo simplificado.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
1	185,1	1265,9	0,1	90,7	44,4	41,1	2,0	2,2	253,9	177,4	1,4
2	991,2	4568,3	0,2	465,9	171,4	261,6	2,7	1,8	1304,4	3427,9	0,4
3	544,9	2641,9	0,2	261,1	95,5	121,3	2,7	2,2	731,2	1089,9	0,7
4	422,7	1706,2	0,2	189,4	75,3	83,2	2,5	2,3	530,2	546,0	1,0
5	250,0	1100,8	0,2	115,5	45,7	41,2	2,5	2,8	323,5	208,4	1,6
6	364,1	1596,2	0,2	168,0	65,1	69,2	2,6	2,4	470,4	440,0	1,1
7	246,2	1100,8	0,2	114,4	45,0	40,4	2,5	2,8	320,4	205,2	1,6
8	247,0	1100,8	0,2	114,6	45,2	40,5	2,5	2,8	321,0	205,8	1,6
9	155,0	660,5	0,2	70,8	29,6	20,2	2,4	3,5	198,2	77,5	2,6
10	324,7	1321,0	0,2	145,9	58,5	58,3	2,5	2,5	408,4	324,7	1,3
11	286,4	1100,8	0,3	126,2	52,1	48,4	2,4	2,6	353,3	238,7	1,5
12	635,8	2972,2	0,2	300,4	111,1	147,5	2,7	2,0	841,2	1430,6	0,6
13	140,6	660,5	0,2	66,6	27,0	17,6	2,5	3,8	186,3	70,3	2,7
14	294,0	1321,0	0,2	136,9	53,1	51,9	2,6	2,6	383,3	294,0	1,3
15	514,6	2421,8	0,2	243,8	90,5	111,8	2,7	2,2	682,6	943,4	0,7
16	635,7	2972,2	0,2	300,4	111,0	147,5	2,7	2,0	841,1	1430,4	0,6
17	649,6	3302,4	0,2	317,2	113,1	154,4	2,8	2,1	888,1	1624,0	0,5
18	612,9	3302,4	0,2	306,4	106,6	144,8	2,9	2,1	858,0	1532,2	0,6
19	612,9	3302,4	0,2	306,4	106,6	144,8	2,9	2,1	858,0	1532,2	0,6

Tabla 32. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 1 – Edificación 2. Modelo 3D.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
1	267,9	1265,9	0,1	16,7	50,3	47,9	0,3	0,3	55,4	177,4	0,3
2	986,1	4568,3	0,2	142,2	178,5	273,0	0,8	0,5	747,1	3427,9	0,2
3	502,8	2641,9	0,2	66,7	101,4	129,6	0,7	0,5	269,6	1089,9	0,2
4	388,8	1706,2	0,2	26,0	72,8	80,2	0,4	0,3	101,6	546,0	0,2
5	285,5	1100,8	0,2	18,1	58,7	55,9	0,3	0,3	56,6	208,4	0,3
6	355,3	1596,2	0,2	25,2	70,2	75,5	0,4	0,3	84,1	440,0	0,2
7	288,9	1100,8	0,2	13,1	60,3	57,6	0,2	0,2	45,9	205,2	0,2
8	280,0	1100,8	0,2	20,4	57,7	54,7	0,4	0,4	49,7	205,8	0,2
9	379,5	660,5	0,2	8,5	81,5	71,9	0,1	0,1	19,1	77,5	0,2
10	299,9	1321,0	0,2	24,5	56,9	56,3	0,4	0,4	49,4	324,7	0,2
11	606,7	1100,8	0,3	117,2	128,1	134,3	0,9	0,9	81,8	238,7	0,3

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
12	710,3	2972,2	0,2	76,7	129,9	174,8	0,6	0,4	251,0	1430,6	0,2
13	222,0	660,5	0,2	2,1	45,6	36,1	0,0	0,1	12,2	70,3	0,2
14	280,9	1321,0	0,2	11,3	52,6	51,2	0,2	0,2	39,0	294,0	0,1
15	547,1	2421,8	0,2	13,7	101,0	126,2	0,1	0,1	176,6	943,4	0,2
16	709,9	2972,2	0,2	70,5	130,7	175,9	0,5	0,4	264,5	1430,4	0,2
17	722,2	3302,4	0,2	51,2	131,2	181,4	0,4	0,3	306,5	1624,0	0,2
18	677,3	3302,4	0,2	49,3	121,1	166,3	0,4	0,3	312,2	1532,2	0,2
19	692,4	3302,4	0,2	43,8	124,5	171,4	0,4	0,3	332,5	1532,2	0,2

Tabla 33. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 1 – Edificación 2. Modelo simplificado.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN Y - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
20	184,5	-	-	81,5	34,7	25,8	2,4	3,2	228,3	99,9	2,3
21	222,2	-	-	107,4	40,8	35,6	2,6	3,0	300,7	185,2	1,6
22	337,0	-	-	153,7	60,5	61,9	2,5	2,5	430,3	365,1	1,2
23	638,0	-	-	303,2	111,4	148,6	2,7	2,0	849,0	1462,1	0,6
24	297,6	-	-	142,2	53,6	53,5	2,7	2,7	398,0	322,4	1,2
25	414,7	-	-	201,9	73,4	85,0	2,8	2,4	565,2	656,7	0,9
26	438,9	-	-	208,9	77,6	90,7	2,7	2,3	585,0	694,9	0,8
27	337,0	-	-	149,4	60,7	60,8	2,5	2,5	418,4	337,0	1,2
28	908,0	-	-	407,6	158,0	227,4	2,6	1,8	1141,4	2534,9	0,5
29	632,7	-	-	293,2	110,7	144,9	2,6	2,0	820,9	1344,4	0,6
30	271,7	-	-	130,3	49,2	47,2	2,6	2,8	364,9	271,7	1,3
31	453,1	-	-	213,1	80,1	94,0	2,7	2,3	596,6	717,4	0,8
32	607,5	-	-	285,8	106,3	138,6	2,7	2,1	800,2	1290,9	0,6
33	433,9	-	-	207,5	76,7	89,5	2,7	2,3	580,9	687,0	0,8

Tabla 34. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 1 – Edificación 2. Modelo 3D.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN Y - PISO 1 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
20	151,8	-	-	7,7	29,9	20,9	0,3	0,4	19,1	99,9	0,2
21	204,0	-	-	19,6	43,0	38,0	0,5	0,5	54,4	185,2	0,3
22	335,1	-	-	28,6	63,6	65,6	0,4	0,4	94,5	365,1	0,3
23	590,2	-	-	94,7	110,6	147,4	0,9	0,6	497,1	1462,1	0,3
24	247,5	-	-	31,2	49,6	48,7	0,6	0,6	96,6	322,4	0,3
25	368,3	-	-	58,2	70,7	81,5	0,8	0,7	214,1	656,7	0,3
26	459,9	-	-	91,9	89,2	106,1	1,0	0,9	287,9	694,9	0,4
27	369,2	-	-	51,0	73,6	76,1	0,7	0,7	132,1	337,0	0,4
28	876,6	-	-	147,8	167,5	242,0	0,9	0,6	832,7	2534,9	0,3
29	605,1	-	-	98,6	118,2	155,6	0,8	0,6	468,2	1344,4	0,3
30	288,9	-	-	39,2	59,8	59,8	0,7	0,7	94,7	271,7	0,3
31	503,3	-	-	112,7	98,6	118,6	1,1	1,0	291,9	717,4	0,4
32	892,8	-	-	72,1	179,0	242,5	0,4	0,3	579,9	1290,9	0,4
33	492,9	-	-	124,1	102,3	123,4	1,2	1,0	334,9	687,0	0,5

Tabla 35. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 2 – Edificación 2. Modelo simplificado.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
1	62,9	1265,9	0,0	60,5	18,0	10,1	3,4	6,0	84,6	60,3	1,4
2	279,3	4568,3	0,1	310,6	76,1	107,7	4,1	2,9	434,8	965,8	0,5
3	148,2	2641,9	0,1	174,1	40,4	43,7	4,3	4,0	243,7	296,4	0,8
4	129,0	1706,2	0,1	126,2	39,6	38,3	3,2	3,3	176,7	166,6	1,1
5	72,6	1100,8	0,1	77,0	22,7	15,2	3,4	5,1	107,8	60,5	1,8
6	105,9	1596,2	0,1	112,0	31,8	27,9	3,5	4,0	156,8	128,0	1,2
7	70,8	1100,8	0,1	76,3	22,0	14,4	3,5	5,3	106,8	59,0	1,8
8	71,1	1100,8	0,1	76,4	22,2	14,6	3,4	5,2	107,0	59,3	1,8
9	45,9	660,5	0,1	47,2	15,8	6,5	3,0	7,3	66,1	22,9	2,9
10	98,6	1321,0	0,1	97,2	31,0	25,6	3,1	3,8	136,1	98,6	1,4
11	89,6	1100,8	0,1	84,1	29,1	22,4	2,9	3,8	117,8	74,7	1,6
12	177,4	2972,2	0,1	200,3	49,0	57,6	4,1	3,5	280,4	399,2	0,7
13	39,1	660,5	0,1	44,4	13,2	3,9	3,3	11,3	62,1	19,5	3,2
14	84,2	1321,0	0,1	91,3	25,6	19,2	3,6	4,7	127,8	84,2	1,5

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
15	143,0	2421,8	0,1	162,5	39,9	42,2	4,1	3,9	227,5	262,1	0,9
16	177,4	2972,2	0,1	200,3	49,0	57,5	4,1	3,5	280,4	399,1	0,7
17	170,5	3302,4	0,1	211,5	44,1	51,8	4,8	4,1	296,0	426,1	0,7
18	153,2	3302,4	0,0	204,3	37,7	42,2	5,4	4,8	286,0	383,0	0,7
19	153,2	3302,4	0,0	204,3	37,7	42,2	5,4	4,8	286,0	383,0	0,7

Tabla 36. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección X, Piso 2 – Edificación 2. Modelo 3D.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN X - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
1	131,0	1265,9	0,0	2,4	19,4	11,9	0,1	0,2	8,7	69,2	0,1
2	480,7	4568,3	0,1	176,2	64,1	88,4	2,7	2,0	434,0	936,0	0,5
3	254,9	2641,9	0,1	64,3	37,1	39,1	1,7	1,6	150,3	301,6	0,5
4	187,8	1706,2	0,1	11,6	27,6	23,1	0,4	0,5	31,6	140,3	0,2
5	143,8	1100,8	0,1	4,7	22,7	15,1	0,2	0,3	15,7	72,2	0,2
6	174,6	1596,2	0,1	16,7	26,8	21,7	0,6	0,8	35,4	126,8	0,3
7	143,9	1100,8	0,1	2,7	23,3	15,8	0,1	0,2	12,3	74,5	0,2
8	140,4	1100,8	0,1	20,9	22,3	14,7	0,9	1,4	35,4	70,7	0,5
9	168,1	660,5	0,1	13,6	31,9	22,5	0,4	0,6	17,9	63,9	0,3
10	145,0	1321,0	0,1	38,8	22,0	15,0	1,8	2,6	56,9	83,6	0,7
11	266,8	1100,8	0,1	305,3	51,6	47,8	5,9	6,4	403,3	179,4	2,2
12	350,0	2972,2	0,1	123,1	46,8	54,3	2,6	2,3	226,5	435,9	0,5
13	112,4	660,5	0,1	17,1	19,3	9,9	0,9	1,7	18,8	35,7	0,5
14	137,2	1321,0	0,1	7,3	20,3	13,0	0,4	0,6	15,9	75,9	0,2
15	264,7	2421,8	0,1	11,9	37,4	38,7	0,3	0,3	37,4	279,0	0,1
16	350,4	2972,2	0,1	110,8	47,0	54,7	2,4	2,0	217,4	438,4	0,5
17	351,2	3302,4	0,1	68,0	47,7	57,1	1,4	1,2	180,0	494,6	0,4
18	332,8	3302,4	0,0	62,7	43,6	51,0	1,4	1,2	175,7	448,8	0,4
19	339,0	3302,4	0,0	49,7	45,0	53,1	1,1	0,9	168,6	464,1	0,4

Tabla 37. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 2 – Edificación 2. Modelo simplificado.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN Y - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
20	57,5	-	-	54,4	19,7	10,6	2,8	5,1	76,1	31,1	2,4
21	59,5	-	-	71,6	17,8	9,6	4,0	7,4	100,2	49,6	2,0
22	99,9	-	-	102,5	30,7	25,8	3,3	4,0	143,4	108,2	1,3
23	176,2	-	-	202,1	48,2	56,6	4,2	3,6	283,0	403,9	0,7
24	81,4	-	-	94,8	23,8	17,5	4,0	5,4	132,7	88,2	1,5
25	109,5	-	-	134,6	29,7	27,1	4,5	5,0	188,4	173,4	1,1
26	120,9	-	-	139,3	33,9	32,7	4,1	4,3	195,0	191,4	1,0
27	104,4	-	-	99,6	33,1	28,2	3,0	3,5	139,5	104,4	1,3
28	276,1	-	-	271,8	81,0	109,6	3,4	2,5	380,5	770,8	0,5
29	182,7	-	-	195,4	52,1	61,2	3,7	3,2	273,6	388,2	0,7
30	73,7	-	-	86,9	21,6	14,6	4,0	6,0	121,6	73,7	1,6
31	127,5	-	-	142,0	36,4	36,0	3,9	3,9	198,9	201,9	1,0
32	170,9	-	-	190,5	47,7	54,9	4,0	3,5	266,7	363,1	0,7
33	118,5	-	-	138,3	33,1	31,5	4,2	4,4	193,6	187,6	1,0

Tabla 38. Índices de sobreesfuerzo muros en dirección Y, Piso 2 – Edificación 2. Modelo 3D.

ÍNDICES DE SOBRESFUERZO - MUROS EN Y - PISO 2 - EDIFICACIÓN 2											
No.	Axial			Cortante					Momento		
	Pu (kN)	ϕP_n (kN)	iP	Vu (kN)	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	iV	iV 2	Mu (kN-m)	ϕM_n (kN-m)	iM
20	74,2	-	-	0,7	12,4	3,2	0,1	0,2	2,8	31,1	0,1
21	106,4	-	-	4,2	16,8	8,5	0,2	0,5	8,3	49,6	0,2
22	161,2	-	-	6,7	24,5	18,4	0,3	0,4	17,7	108,2	0,2
23	295,8	-	-	77,3	40,0	44,6	1,9	1,7	223,2	403,9	0,6
24	126,6	-	-	11,4	18,8	11,5	0,6	1,0	25,3	88,2	0,3
25	187,8	-	-	38,2	25,9	22,0	1,5	1,7	93,8	173,4	0,5
26	227,2	-	-	84,9	32,8	31,3	2,6	2,7	171,0	191,4	0,9
27	179,7	-	-	34,0	28,3	22,4	1,2	1,5	63,3	104,4	0,6
28	424,1	-	-	136,6	61,6	80,1	2,2	1,7	397,5	770,8	0,5
29	296,5	-	-	72,9	43,6	49,0	1,7	1,5	201,6	388,2	0,5
30	141,9	-	-	22,1	23,3	16,6	0,9	1,3	39,0	73,7	0,5
31	244,7	-	-	130,2	36,6	36,2	3,6	3,6	224,0	201,9	1,1
32	418,7	-	-	11,8	68,6	84,8	0,2	0,1	161,4	363,1	0,4
33	245,4	-	-	127,0	38,1	38,3	3,3	3,3	227,9	187,6	1,2

Tabla 39. Estabilidad al volcamiento, muros en X, edificación 1

Estabilidad al volcamiento - Muros X, edificación 1												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
1	5,3	2,3	2,9	6,4	1,7	2,2	3,2	2,3	2,9	2,9	0,4	0,15
2	25,8	11,2	14,0	29,6	8,4	10,5	15,5	11,2	14,0	14,0	2,1	0,15
3	27,4	11,9	14,8	31,8	8,9	11,1	16,4	11,9	14,8	14,8	2,2	0,15
4	22,0	9,5	11,9	24,1	7,2	8,9	13,2	9,5	11,9	11,9	1,7	0,14
5	21,5	9,3	11,7	23,5	7,0	8,8	12,9	9,3	11,7	11,7	1,7	0,14
6	25,5	11,1	13,8	29,5	8,3	10,4	15,3	11,1	13,8	13,8	2,1	0,15
7	15,4	6,7	8,3	17,9	5,0	6,3	9,2	6,7	8,3	8,3	4,1	0,50
8	15,0	6,5	8,2	17,4	4,9	6,1	9,0	6,5	8,2	8,2	4,0	0,49
9	30,2	13,1	16,4	38,0	9,8	12,3	18,1	13,1	16,4	16,4	2,5	0,15
10	13,2	5,7	7,2	14,8	4,3	5,4	7,9	5,7	7,2	7,2	3,5	0,49
11	20,2	8,7	10,9	24,8	6,6	8,2	12,1	8,7	10,9	10,9	5,6	0,51
12	30,6	13,3	16,6	35,9	9,9	12,4	18,3	13,3	16,6	16,6	2,5	0,15
13	21,9	9,5	11,9	25,0	7,1	8,9	13,2	9,5	11,9	11,9	1,8	0,15
14	28,0	12,1	15,2	32,1	9,1	11,4	16,8	12,1	15,2	15,2	2,2	0,15
15	16,2	7,0	8,8	18,3	5,3	6,6	9,7	7,0	8,8	8,8	1,3	0,15
16	19,9	8,6	10,8	22,7	6,5	8,1	12,0	8,6	10,8	10,8	1,6	0,15

Tabla 40. Estabilidad al volcamiento, muros en Y, edificación 1

Estabilidad al volcamiento - Muros Y, edificación 1												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
17	21,7	9,4	11,8	22,9	7,1	8,8	13,0	9,4	11,8	11,8	8,9	0,76
18	9,6	4,2	5,2	10,8	3,1	3,9	5,8	4,2	5,2	5,2	0,8	0,15
19	23,0	10,0	12,5	25,5	7,5	9,4	13,8	10,0	12,5	12,5	9,7	0,77
20	37,2	16,2	20,2	47,2	12,1	15,1	22,3	16,2	20,2	20,2	12,5	0,62
21	17,8	7,7	9,6	19,3	5,8	7,2	10,7	7,7	9,6	9,6	5,5	0,57
22	28,7	12,5	15,6	37,6	9,4	11,7	17,2	12,5	15,6	15,6	2,5	0,16
23	56,0	24,3	30,4	66,0	18,2	22,8	33,6	24,3	30,4	30,4	18,2	0,60
24	37,1	16,1	20,1	42,4	12,1	15,1	22,3	16,1	20,1	20,1	11,9	0,59
25	30,9	13,4	16,8	33,5	10,1	12,6	18,6	13,4	16,8	16,8	9,6	0,57

Tabla 41. Estabilidad al volcamiento, muros en X, edificación 2, Piso 1

Estabilidad al volcamiento - Muros X, edificación 2, Piso 1												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
1	102	43	120	106	32	90	61	43	120	120	42	0,35
2	423	178	498	479	133	373	254	178	498	498	189	0,38
3	231	97	272	252	73	204	139	97	272	272	100	0,37
4	184	77	216	225	58	162	110	77	216	216	88	0,41
5	107	45	126	125	34	95	64	45	126	126	49	0,39
6	157	66	184	183	49	138	94	66	184	184	72	0,39
7	106	44	124	122	33	93	63	44	124	124	48	0,39
8	106	44	125	123	33	93	64	44	125	125	48	0,39
9	67	28	79	80	21	59	40	28	79	79	31	0,40
10	141	59	166	172	44	124	85	59	166	166	67	0,41
11	125	53	147	157	39	110	75	53	147	147	61	0,42
12	271	114	319	304	85	239	163	114	319	319	120	0,38
13	60	25	70	67	19	53	36	25	70	70	26	0,38
14	126	53	148	145	40	111	76	53	148	148	57	0,39
15	219	92	258	244	69	193	131	92	258	258	97	0,38
16	271	114	319	304	85	239	163	114	319	319	120	0,38
17	273	115	321	288	86	241	164	115	321	321	114	0,36
18	255	107	300	255	80	225	153	107	300	300	102	0,34
19	255	107	300	255	80	225	153	107	300	300	102	0,34

Tabla 42. Estabilidad al volcamiento, muros en Y, edificación 2, Piso 1

Estabilidad al volcamiento - Muros Y, edificación 2, Piso 1												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
20	81	34	95	101	25	71	48	34	95	95	39	0,42
21	94	39	110	101	30	83	56	39	110	110	40	0,36
22	145	61	171	173	46	128	87	61	171	171	68	0,40
23	271	114	319	301	85	239	163	114	319	319	119	0,37
24	126	53	149	139	40	111	76	53	149	149	55	0,37
25	175	73	205	185	55	154	105	73	205	205	74	0,36
26	186	78	219	206	59	164	112	78	219	219	82	0,37
27	147	62	173	183	46	130	88	62	173	173	71	0,41
28	394	166	464	481	124	348	237	166	464	464	189	0,41

Estabilidad al volcamiento - Muros Y, edificación 2, Piso 1												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
29	272	114	319	315	86	240	163	114	319	319	124	0,39
30	115	48	135	125	36	102	69	48	135	135	50	0,37
31	193	81	227	219	61	171	116	81	227	227	86	0,38
32	259	109	305	293	82	229	156	109	305	305	116	0,38
33	184	77	216	202	58	162	110	77	216	216	80	0,37

Tabla 43. Estabilidad al volcamiento, muros en X, edificación 2, Piso 2

Estabilidad al volcamiento - Muros X, edificación 2, Piso 2												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
1	52	29	40	53	21	30	31	29	40	40	21	0,52
2	220	118	166	243	89	124	132	118	166	166	93	0,56
3	119	65	91	127	48	68	71	65	91	91	49	0,55
4	98	51	72	115	39	54	59	51	72	72	43	0,60
5	57	30	42	64	23	32	34	30	42	42	24	0,57
6	82	44	61	93	33	46	49	44	61	61	35	0,58
7	55	30	41	62	22	31	33	30	41	41	24	0,57
8	56	30	42	62	22	31	33	30	42	42	24	0,57
9	35	19	26	40	14	20	21	19	26	26	15	0,58
10	75	39	55	88	30	41	45	39	55	55	33	0,60
11	68	35	49	80	26	37	41	35	49	49	30	0,61
12	141	76	106	154	57	80	84	76	106	106	59	0,56
13	31	17	23	34	13	18	19	17	23	23	13	0,56
14	66	35	49	74	26	37	40	35	49	49	28	0,57
15	113	61	86	124	46	64	68	61	86	86	48	0,55
16	141	76	106	154	57	80	84	76	106	106	59	0,56
17	139	77	107	145	57	80	83	77	107	107	57	0,53
18	128	72	100	128	54	75	77	72	100	100	51	0,51
19	128	72	100	128	54	75	77	72	100	100	51	0,51

Tabla 44. Estabilidad al volcamiento, muros en Y, edificación 2, Piso 2

Estabilidad al volcamiento - Muros Y, edificación 2, Piso 2												
No.	D + 0,7E			D + 0,525E + 0,75L + 0,75G			0,6D + 0,7E			M act.	M res.	F.S.
	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)	P (kN)	V (kN)	M (kN-m)			
20	43	23	32	51	17	24	26	23	32	32	19	0,61
21	48	26	37	51	20	28	29	26	37	37	20	0,54
22	77	41	57	88	31	43	46	41	57	57	33	0,58
23	140	76	106	152	57	80	84	76	106	106	59	0,55
24	65	35	50	70	27	37	39	35	50	50	27	0,55
25	89	49	68	93	37	51	53	49	68	68	37	0,53
26	96	52	73	104	39	55	58	52	73	73	40	0,55
27	79	41	58	93	31	43	47	41	58	58	35	0,60
28	211	110	155	246	83	116	126	110	155	155	92	0,60
29	143	76	106	160	57	80	86	76	106	106	61	0,57
30	59	32	45	63	24	34	35	32	45	45	25	0,54
31	101	54	76	111	41	57	60	54	76	76	43	0,56
32	135	73	102	148	54	76	81	73	102	102	57	0,56
33	95	52	72	102	39	54	57	52	72	72	40	0,55

Tabla 45. Índices de flexibilidad – Muros en X - Edificación 1.

Índices de flexibilidad - Muros X, edificación 1												
Modelo simplificado										Modelo 3D		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δ M	δ V	δ Total	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
1	0,15	0,8	3,3	0,006	0,12	0,015	0,004	0,019	3,88	1	0,00216	0,43
2	0,15	4,8	16,0	1,382	0,72	0,000	0,003	0,004	0,74	2	0,00216	0,43
3	0,15	4,8	17,0	1,382	0,72	0,000	0,004	0,004	0,78	3	0,00216	0,43
4	0,15	4,8	13,6	1,382	0,72	0,000	0,003	0,003	0,63	4	0,00216	0,43
5	0,15	4,8	13,4	1,382	0,72	0,000	0,003	0,003	0,61	5	0,00152	0,30
6	0,15	4,55	15,8	1,177	0,68	0,000	0,003	0,004	0,77	6	0,00216	0,43
7	0,50	0,8	9,5	0,021	0,40	0,013	0,004	0,017	3,38	7	0,002072	0,41
8	0,50	0,8	9,3	0,021	0,40	0,013	0,003	0,017	3,30	8	0,001998	0,40
9	0,15	3,4	18,7	0,491	0,51	0,001	0,005	0,007	1,33	9	0,002007	0,40
10	0,50	0,8	8,2	0,021	0,40	0,011	0,003	0,014	2,90	10	0,001927	0,39
11	0,50	0,8	12,5	0,021	0,40	0,017	0,005	0,022	4,42	11	0,001927	0,39
12	0,15	5,1	18,9	1,658	0,77	0,000	0,004	0,004	0,81	12	0,001845	0,37
13	0,15	4,15	13,6	0,893	0,62	0,000	0,003	0,004	0,75	13	0,001845	0,37
14	0,15	5,2	17,3	1,758	0,78	0,000	0,003	0,004	0,73	14	0,001845	0,37
15	0,15	3,15	10,0	0,391	0,47	0,001	0,003	0,004	0,79	15	0,001845	0,37
16	0,15	3,8	12,3	0,686	0,57	0,001	0,003	0,004	0,76	16	0,001845	0,37

Tabla 46. Índices de flexibilidad – Muros en Y - Edificación 1.

Índices de flexibilidad - Muros X, edificación 1												
Modelo simplificado										Modelo 3D		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δ M	δ V	δ Total	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
17	0,8	1	13,5	0,067	0,80	0,006	0,003	0,009	1,71	17	0,001842	0,37
18	0,15	1,95	6,0	0,093	0,29	0,002	0,003	0,005	0,99	18	0,001842	0,37
19	0,8	0,9	14,3	0,049	0,72	0,009	0,003	0,012	2,34	19	0,002011	0,40
20	0,6	1	23,1	0,050	0,60	0,014	0,006	0,020	3,90	20	0,001961	0,39
21	0,6	1	11,0	0,050	0,60	0,007	0,003	0,009	1,86	21	0,001877	0,38
22	0,15	2,3	17,8	0,152	0,35	0,003	0,008	0,011	2,25	22	0,001929	0,39
23	0,6	2,3	34,7	0,608	1,38	0,002	0,004	0,005	1,09	23	0,001929	0,39
24	0,6	1,75	23,0	0,268	1,05	0,003	0,003	0,006	1,17	24	0,00206	0,41
25	0,6	1,75	19,2	0,268	1,05	0,002	0,003	0,005	0,97	25	0,001842	0,37

Tabla 47. Índices de flexibilidad – Muros en X, Piso 1 - Edificación 2.

Índices de flexibilidad - Muros X, edificación 2, Piso 1												
Modelo simplificado										Modelo 3D		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δ M	δ V	δ Total	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
1	0,8	2,3	61	0,81	1,84	0,008	0,006	0,014	2,7	1	0,006448	1,29
2	0,8	8,3	254	38,12	6,64	0,001	0,006	0,007	1,4	2	0,006448	1,29
3	0,8	4,8	139	7,37	3,84	0,002	0,006	0,008	1,6	3	0,006448	1,29
4	0,8	3,1	110	1,99	2,48	0,006	0,007	0,013	2,7	4	0,005788	1,16
5	0,8	2,0	64	0,53	1,6	0,013	0,007	0,019	3,9	5	0,005358	1,07
6	0,8	2,9	94	1,63	2,32	0,006	0,007	0,013	2,6	6	0,005358	1,07
7	0,8	2,0	63	0,53	1,6	0,012	0,007	0,019	3,8	7	0,004171	0,83
8	0,8	2,0	64	0,53	1,6	0,012	0,007	0,019	3,8	8	0,004171	0,83
9	0,8	1,2	40	0,12	0,96	0,036	0,007	0,043	8,7	9	0,003783	0,76
10	0,8	2,4	85	0,92	1,92	0,010	0,007	0,017	3,4	10	0,003783	0,76
11	0,8	2,0	75	0,53	1,6	0,015	0,008	0,023	4,5	11	0,003783	0,76
12	0,8	5,4	163	10,50	4,32	0,002	0,006	0,008	1,6	12	0,003783	0,76
13	0,8	1,2	36	0,12	0,96	0,033	0,006	0,039	7,8	13	0,003615	0,72
14	0,8	2,4	76	0,92	1,92	0,009	0,007	0,015	3,0	14	0,003615	0,72
15	0,8	4,4	131	5,68	3,52	0,002	0,006	0,009	1,7	15	0,003615	0,72
16	0,8	5,4	163	10,50	4,32	0,002	0,006	0,008	1,6	16	0,004171	0,83
17	0,8	6,0	164	14,40	4,8	0,001	0,006	0,007	1,4	17	0,003664	0,73
18	0,8	6,0	153	14,40	4,8	0,001	0,005	0,006	1,3	18	0,003664	0,73
19	0,8	6,0	153	14,40	4,8	0,001	0,005	0,006	1,3	19	0,003664	0,73

Tabla 48. Índices de flexibilidad – Muros en Y, Piso 1 - Edificación 2.

Índices de flexibilidad - Muros Y, edificación 2, Piso 1												
Modelo simplificado										Modelo 3D		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δM	δV	$\delta Total$	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
20	0,8	1,3	48	0,15	1,04	0,034	0,008	0,042	8,5	20	0,006033	1,21
21	0,8	2	56	0,53	1,6	0,011	0,006	0,017	3,4	21	0,005486	1,10
22	0,8	2,6	87	1,17	2,08	0,008	0,007	0,015	3,0	22	0,004932	0,99
23	0,8	5,5	163	11,09	4,4	0,002	0,006	0,008	1,5	23	0,004366	0,87
24	0,8	2,6	76	1,17	2,08	0,007	0,006	0,013	2,6	24	0,00374	0,75
25	0,8	3,8	105	3,66	3,04	0,003	0,006	0,009	1,8	25	0,00368	0,74
26	0,8	3,8	112	3,66	3,04	0,003	0,006	0,009	1,9	26	0,005722	1,14
27	0,8	2,4	88	0,92	1,92	0,010	0,008	0,018	3,5	27	0,004925	0,99
28	0,8	6,7	237	20,05	5,36	0,001	0,007	0,009	1,7	28	0,004704	0,94
29	0,8	5,1	163	8,84	4,08	0,002	0,007	0,009	1,7	29	0,00381	0,76
30	0,8	2,4	69	0,92	1,92	0,008	0,006	0,014	2,8	30	0,003615	0,72
31	0,8	3,8	116	3,66	3,04	0,003	0,006	0,010	1,9	31	0,005722	1,14
32	0,8	5,1	156	8,84	4,08	0,002	0,006	0,008	1,6	32	0,00381	0,76
33	0,8	3,8	110	3,66	3,04	0,003	0,006	0,009	1,9	33	0,005722	1,14

Tabla 49. Índices de flexibilidad – Muros en X, Piso 2 - Edificación 2.

Índices de flexibilidad - Muros X, edificación 2, Piso 2												
Modelo simplificado										Modelo 3D		
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δM	δV	$\delta Total$	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
1	0,8	2,3	41	0,81	1,84	0,005	0,007	0,005	1,1	1	0,007678	1,54
2	0,8	8,3	169	38,12	6,64	0,000	0,009	0,000	0,1	2	0,007678	1,54
3	0,8	4,8	92	7,37	3,84	0,001	0,008	0,001	0,3	3	0,007678	1,54
4	0,8	3,1	73	1,99	2,48	0,004	0,010	0,004	0,8	4	0,006965	1,39
5	0,8	2	43	0,53	1,6	0,008	0,009	0,008	1,7	5	0,006497	1,30
6	0,8	2,9	63	1,63	2,32	0,004	0,009	0,004	0,8	6	0,006497	1,30
7	0,8	2	42	0,53	1,6	0,008	0,009	0,008	1,7	7	0,005178	1,04
8	0,8	2	42	0,53	1,6	0,008	0,009	0,008	1,7	8	0,005178	1,04
9	0,8	1,2	27	0,12	0,96	0,024	0,009	0,024	4,9	9	0,004713	0,94
10	0,8	2,4	56	0,92	1,92	0,006	0,010	0,006	1,3	10	0,004713	0,94
11	0,8	2	50	0,53	1,6	0,010	0,011	0,010	2,0	11	0,004713	0,94
12	0,8	5,4	108	10,50	4,32	0,001	0,008	0,001	0,2	12	0,004713	0,94
13	0,8	1,2	24	0,12	0,96	0,022	0,008	0,022	4,3	13	0,004461	0,89

Índices de flexibilidad - Muros X, edificación 2, Piso 2												
Modelo simplificado									Modelo 3D			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δ M	δ V	δ Total	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
14	0,8	2,4	50	0,92	1,92	0,006	0,009	0,006	1,1	14	0,004461	0,89
15	0,8	4,4	88	5,68	3,52	0,002	0,008	0,002	0,3	15	0,004461	0,89
16	0,8	5,4	108	10,50	4,32	0,001	0,008	0,001	0,2	16	0,005178	1,04
17	0,8	6	109	14,40	4,8	0,001	0,008	0,001	0,2	17	0,004441	0,89
18	0,8	6	102	14,40	4,8	0,001	0,007	0,001	0,1	18	0,004441	0,89
19	0,8	6	102	14,40	4,8	0,001	0,007	0,001	0,1	19	0,004441	0,89

Tabla 50. Índices de flexibilidad – Muros en Y, Piso 2 - Edificación 2.

Índices de flexibilidad - Muros Y, edificación 2, Piso 2												
Modelo simplificado									Modelo 3D			
No.	Espesor (m)	Longitud (m)	V (kN)	Inercia	Área	δ M	δ V	δ Total	Índice	No.	Deriva Mod. 3D	Índice
20	0,8	1,3	32	0,15	1,04	0,023	0,010	0,023	4,6	20	0,007229	1,45
21	0,8	2	38	0,53	1,6	0,007	0,008	0,007	1,5	21	0,006636	1,33
22	0,8	2,6	58	1,17	2,08	0,005	0,009	0,005	1,0	22	0,006031	1,21
23	0,8	5,5	109	11,09	4,4	0,001	0,008	0,001	0,2	23	0,005401	1,08
24	0,8	2,6	51	1,17	2,08	0,005	0,008	0,005	0,9	24	0,004656	0,93
25	0,8	3,8	70	3,66	3,04	0,002	0,008	0,002	0,4	25	0,00445	0,89
26	0,8	3,8	75	3,66	3,04	0,002	0,008	0,002	0,4	26	0,006893	1,38
27	0,8	2,4	59	0,92	1,92	0,007	0,010	0,007	1,3	27	0,006023	1,20
28	0,8	6,7	158	20,05	5,36	0,001	0,010	0,001	0,2	28	0,00578	1,16
29	0,8	5,1	109	8,84	4,08	0,001	0,009	0,001	0,3	29	0,004747	0,95
30	0,8	2,4	46	0,92	1,92	0,005	0,008	0,005	1,0	30	0,004428	0,89
31	0,8	3,8	77	3,66	3,04	0,002	0,009	0,002	0,4	31	0,006893	1,38
32	0,8	5,1	104	8,84	4,08	0,001	0,009	0,001	0,2	32	0,004747	0,95
33	0,8	3,8	74	3,66	3,04	0,002	0,008	0,002	0,4	33	0,006893	1,38

Tabla 51. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Edificación 1. Modelo simplificado.

Muros X - Edificación 1						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx} 2$ (kN)	iV	iV 2
1	2,1	0,5	3,1	0,7	1,0	4,4
2	8,0	9,3	11,9	13,9	1,3	1,1
3	8,5	10,0	12,7	15,0	1,3	1,1
4	6,7	7,5	10,1	11,2	1,3	1,2

Muros X - Edificación 1						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
5	6,6	7,3	9,9	10,9	1,4	1,2
6	7,9	9,1	11,9	13,6	1,3	1,2
7	6,2	1,0	9,4	1,5	1,0	6,5
8	6,1	0,9	9,2	1,3	1,0	7,1
9	9,6	10,7	14,5	16,1	1,3	1,2
10	5,5	0,3	8,3	0,5	1,0	16,8
11	7,8	2,4	11,7	3,6	1,1	3,5
12	9,4	11,6	14,2	17,4	1,3	1,1
13	6,8	7,4	10,3	11,1	1,3	1,2
14	8,6	10,4	12,9	15,6	1,3	1,1
15	5,2	4,7	7,7	7,1	1,3	1,4
16	6,3	6,4	9,4	9,6	1,3	1,3

Tabla 52. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Edificación 1. Modelo 3D.

Muros X - Edificación 1						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
1	2,5	0,9	3,8	1,3	0,2	0,5
2	6,9	7,7	10,3	11,6	1,7	1,5
3	3,0	2,2	4,6	3,2	4,0	5,7
4	3,9	3,4	5,8	5,0	3,4	4,0
5	3,5	2,8	5,3	4,2	2,6	3,2
6	4,1	3,6	6,1	5,4	2,4	2,7
7	5,8	0,6	8,8	0,9	0,0	0,4
8	5,3	0,1	7,9	0,1	0,0	3,0
9	4,7	4,2	7,1	6,3	0,9	1,0
10	6,6	1,3	9,8	1,9	0,2	0,9
11	6,0	0,7	9,0	1,1	0,2	1,6
12	6,6	7,5	9,9	11,2	1,1	1,0
13	4,1	3,6	6,2	5,4	1,4	1,6
14	3,7	3,2	5,6	4,8	2,0	2,4
15	4,1	3,3	6,1	4,9	0,8	1,0
16	2,6	1,4	3,9	2,1	1,8	3,3

Tabla 53. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Edificación 1. Modelo simplificado.

Muros Y - Edificación 1						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	V_{nx} (kN)	iV	iV 2
17	8,9	0,5	13,3	0,8	1,0	16,4
18	3,3	2,0	4,9	3,0	1,2	2,0
19	9,4	1,0	14,1	1,5	1,0	9,3
20	13,4	7,0	20,1	10,5	1,1	2,2
21	7,1	0,9	10,7	1,3	1,0	8,4
22	9,4	9,4	14,1	14,2	1,3	1,3
23	18,5	14,8	27,7	22,1	1,3	1,6
24	12,8	7,4	19,2	11,1	1,2	2,1
25	10,8	5,2	16,2	7,7	1,2	2,5

Tabla 54. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Edificación 1. Modelo 3D.

Muros Y - Edificación 1						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	V_{nx} (kN)	iV	iV 2
17	5,4	-2,8	8,1	-4,2	3,0	-5,8
18	1,6	0,0	2,4	0,1	8,7	371,9
19	4,1	-4,0	6,2	-6,0	2,1	-2,1
20	5,9	-0,3	8,8	-0,5	0,8	-13,8
21	14,5	8,0	21,7	12,1	0,5	1,0
22	2,6	1,2	3,9	1,8	3,1	6,5
23	14,3	9,7	21,4	14,5	1,2	1,8
24	12,9	7,5	19,4	11,3	1,3	2,2
25	7,3	1,2	10,9	1,7	1,5	9,6

Tabla 55. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 1. Modelo simplificado.

Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
1	44,4	41,1	66,6	61,6	1,4	1,5
2	171,4	261,6	257,2	392,5	1,8	1,2
3	95,5	121,3	143,3	182,0	1,8	1,4
4	75,3	83,2	112,9	124,8	1,7	1,5
5	45,7	41,2	68,6	61,7	1,7	1,9

Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
6	65,1	69,2	97,7	103,9	1,7	1,6
7	45,0	40,4	67,5	60,6	1,7	1,9
8	45,2	40,5	67,7	60,8	1,7	1,9
9	29,6	20,2	44,4	30,3	1,6	2,3
10	58,5	58,3	87,8	87,4	1,7	1,7
11	52,1	48,4	78,1	72,6	1,6	1,7
12	111,1	147,5	166,6	221,2	1,8	1,4
13	27,0	17,6	40,6	26,5	1,6	2,5
14	53,1	51,9	79,7	77,8	1,7	1,8
15	90,5	111,8	135,7	167,7	1,8	1,5
16	111,0	147,5	166,6	221,2	1,8	1,4
17	113,1	154,4	169,6	231,6	1,9	1,4
18	106,6	144,8	159,9	217,2	1,9	1,4
19	106,6	144,8	159,9	217,2	1,9	1,4

Tabla 56. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 1. Modelo 3D.

Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
1	50,3	47,9	75,4	71,9	0,2	0,2
2	178,5	273,0	267,7	409,5	0,5	0,3
3	101,4	129,6	152,1	194,4	0,4	0,3
4	72,8	80,2	109,3	120,2	0,2	0,2
5	58,7	55,9	88,0	83,8	0,2	0,2
6	70,2	75,5	105,3	113,3	0,2	0,2
7	60,3	57,6	90,4	86,5	0,1	0,2
8	57,7	54,7	86,6	82,1	0,2	0,2
9	81,5	71,9	122,3	107,8	0,1	0,1
10	56,9	56,3	85,3	84,4	0,3	0,3
11	128,1	134,3	192,2	201,5	0,6	0,6
12	129,9	174,8	194,9	262,2	0,4	0,3
13	45,6	36,1	68,4	54,2	0,0	0,0
14	52,6	51,2	78,9	76,8	0,1	0,1
15	101,0	126,2	151,5	189,4	0,1	0,1
16	130,7	175,9	196,0	263,9	0,4	0,3
17	131,2	181,4	196,8	272,0	0,3	0,2
18	121,1	166,3	181,6	249,5	0,3	0,2

Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
19	124,5	171,4	186,7	257,1	0,2	0,2

Tabla 57. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 1. Modelo simplificado.

Muros Y - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
20	34,7	25,8	52,0	38,7	1,6	2,1
21	40,8	35,6	61,2	53,4	1,8	2,0
22	60,5	61,9	90,8	92,8	1,7	1,7
23	111,4	148,6	167,1	222,9	1,8	1,4
24	53,6	53,5	80,4	80,3	1,8	1,8
25	73,4	85,0	110,0	127,6	1,8	1,6
26	77,6	90,7	116,4	136,0	1,8	1,5
27	60,7	60,8	91,0	91,2	1,6	1,6
28	158,0	227,4	236,9	341,1	1,7	1,2
29	110,7	144,9	166,1	217,4	1,8	1,3
30	49,2	47,2	73,8	70,9	1,8	1,8
31	80,1	94,0	120,1	141,0	1,8	1,5
32	106,3	138,6	159,4	207,9	1,8	1,4
33	76,7	89,5	115,1	134,2	1,8	1,5

Tabla 58. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 1. Modelo 3D.

Muros Y - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
20	29,9	20,9	44,8	31,3	0,2	0,2
21	43,0	38,0	64,4	57,1	0,3	0,3
22	63,6	65,6	95,5	98,4	0,3	0,3
23	110,6	147,4	165,8	221,1	0,6	0,4
24	49,6	48,7	74,5	73,1	0,4	0,4
25	70,7	81,5	106,0	122,2	0,5	0,5
26	89,2	106,1	133,9	159,2	0,7	0,6
27	73,6	76,1	110,4	114,1	0,5	0,4
28	167,5	242,0	251,2	362,9	0,6	0,4
29	118,2	155,6	177,4	233,5	0,6	0,4
30	59,8	59,8	89,8	89,7	0,4	0,4

Muros Y - Piso 1 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
31	98,6	118,6	147,9	177,8	0,8	0,6
32	179,0	242,5	268,5	363,7	0,3	0,2
33	102,3	123,4	153,5	185,2	0,8	0,7

Tabla 59. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 2. Modelo simplificado.

Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
1	18,0	10,1	26,9	15,2	2,2	4,0
2	76,1	107,7	114,1	161,6	2,7	1,9
3	40,4	43,7	60,5	65,6	2,9	2,7
4	39,6	38,3	59,4	57,4	2,1	2,2
5	22,7	15,2	34,1	22,8	2,3	3,4
6	31,8	27,9	47,7	41,8	2,3	2,7
7	22,0	14,4	33,1	21,6	2,3	3,5
8	22,2	14,6	33,3	21,8	2,3	3,5
9	15,8	6,5	23,7	9,7	2,0	4,9
10	31,0	25,6	46,4	38,4	2,1	2,5
11	29,1	22,4	43,7	33,6	1,9	2,5
12	49,0	57,6	73,5	86,3	2,7	2,3
13	13,2	3,9	19,9	5,9	2,2	7,5
14	25,6	19,2	38,3	28,9	2,4	3,2
15	39,9	42,2	59,9	63,2	2,7	2,6
16	49,0	57,5	73,5	86,3	2,7	2,3
17	44,1	51,8	66,2	77,7	3,2	2,7
18	37,7	42,2	56,5	63,3	3,6	3,2
19	37,7	42,2	56,5	63,3	3,6	3,2

Tabla 60. Resistencia a cortante de muros reforzados en X – Ed. 2 – Piso 2. Modelo 3D.

Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
1	19,4	11,9	29,2	17,8	0,1	0,1
2	64,1	88,4	96,1	132,6	1,8	1,3
3	37,1	39,1	55,7	58,7	1,2	1,1

Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
4	27,6	23,1	41,4	34,7	0,3	0,3
5	22,7	15,1	34,0	22,7	0,1	0,2
6	26,8	21,7	40,2	32,6	0,4	0,5
7	23,3	15,8	35,0	23,8	0,1	0,1
8	22,3	14,7	33,4	22,0	0,6	1,0
9	31,9	22,5	47,9	33,8	0,3	0,4
10	22,0	15,0	33,0	22,5	1,2	1,7
11	51,6	47,8	77,4	71,8	3,9	4,3
12	46,8	54,3	70,2	81,5	1,8	1,5
13	19,3	9,9	28,9	14,9	0,6	1,2
14	20,3	13,0	30,4	19,5	0,2	0,4
15	37,4	38,7	56,2	58,1	0,2	0,2
16	47,0	54,7	70,5	82,0	1,6	1,4
17	47,7	57,1	71,6	85,7	1,0	0,8
18	43,6	51,0	65,4	76,5	1,0	0,8
19	45,0	53,1	67,4	79,6	0,7	0,6

Tabla 61. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 2. Modelo simplificado.

Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - Simplificado						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
20	19,7	10,6	29,6	15,9	1,8	3,4
21	17,8	9,6	26,7	14,5	2,7	5,0
22	30,7	25,8	46,0	38,7	2,2	2,6
23	48,2	56,6	72,3	84,9	2,8	2,4
24	23,8	17,5	35,6	26,2	2,7	3,6
25	29,7	27,1	44,5	40,6	3,0	3,3
26	33,9	32,7	50,9	49,1	2,7	2,8
27	33,1	28,2	49,7	42,3	2,0	2,4
28	81,0	109,6	121,4	164,4	2,2	1,7
29	52,1	61,2	78,2	91,8	2,5	2,1
30	21,6	14,6	32,5	21,9	2,7	4,0
31	36,4	36,0	54,6	54,0	2,6	2,6
32	47,7	54,9	71,5	82,3	2,7	2,3
33	33,1	31,5	49,6	47,3	2,8	2,9

Tabla 62. Resistencia a cortante de muros reforzados en Y – Ed. 2 – Piso 2. Modelo 3D.

Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
Resistencia a Cortante - 3D						
No.	ϕV_n (kN)	$\phi V_n 2$ (kN)	V_{nx} (kN)	$V_{nx 2}$ (kN)	iV	iV 2
20	12,4	3,2	18,6	4,7	0,0	0,2
21	16,8	8,5	25,3	12,8	0,2	0,3
22	24,5	18,4	36,8	27,6	0,2	0,2
23	40,0	44,6	59,9	66,9	1,3	1,2
24	18,8	11,5	28,2	17,2	0,4	0,7
25	25,9	22,0	38,8	33,0	1,0	1,2
26	32,8	31,3	49,3	46,9	1,7	1,8
27	28,3	22,4	42,4	33,6	0,8	1,0
28	61,6	80,1	92,5	120,1	1,5	1,1
29	43,6	49,0	65,4	73,5	1,1	1,0
30	23,3	16,6	34,9	24,8	0,6	0,9
31	36,6	36,2	54,9	54,4	2,4	2,4
32	68,6	84,8	103,0	127,2	0,1	0,1
33	38,1	38,3	57,2	57,4	2,2	2,2

Tabla 63. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros X - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	2,3	4,6	19,44	0,24	0,20	0,9
2	66,0	132,1	19,44	6,79	1,00	0,2
3	70,6	141,1	19,44	7,26	1,00	0,2
4	55,1	110,1	19,44	5,66	1,00	0,2
5	53,8	107,6	19,44	5,54	1,00	0,2
6	62,2	124,4	19,44	6,40	1,00	0,2
7	6,6	13,2	19,44	0,68	0,60	0,9
8	6,5	12,9	19,44	0,66	0,60	0,9
9	57,4	114,7	19,44	5,90	1,00	0,2
10	5,6	11,1	19,44	0,57	0,50	0,9
11	8,9	17,8	19,44	0,92	0,90	0,9
12	84,2	168,4	19,44	8,66	1,00	0,1
13	48,5	96,9	19,44	4,99	1,00	0,2
14	77,6	155,3	19,44	7,99	1,00	0,1
15	27,0	54,0	19,44	2,78	1,00	0,2
16	40,2	80,5	19,44	4,14	1,00	0,2

Tabla 64. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	2,3	4,6	19,44	0,24	0,20	0,2
2	66,0	132,1	19,44	6,79	1,00	0,3
3	70,6	141,1	19,44	7,26	1,00	0,3
4	55,1	110,1	19,44	5,66	1,00	0,3
5	53,8	107,6	19,44	5,54	1,00	0,5
6	62,2	124,4	19,44	6,40	1,00	0,3
7	6,6	13,2	19,44	0,68	0,60	0,1
8	6,5	12,9	19,44	0,66	0,60	0,0
9	57,4	114,7	19,44	5,90	1,00	0,2
10	5,6	11,1	19,44	0,57	0,50	0,1
11	8,9	17,8	19,44	0,92	0,90	0,2
12	84,2	168,4	19,44	8,66	1,00	0,2
13	48,5	96,9	19,44	4,99	1,00	0,2
14	77,6	155,3	19,44	7,99	1,00	0,2
15	27,0	54,0	19,44	2,78	1,00	0,2
16	40,2	80,5	19,44	4,14	1,00	0,2

Tabla 65. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros Y - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
17	11,1	22,3	19,44	1,15	1,00	0,8
18	9,9	19,8	19,44	1,02	1,00	0,4
19	10,9	21,7	19,44	1,12	1,00	0,8
20	20,9	41,8	19,44	2,15	1,00	0,7
21	9,2	18,5	19,44	0,95	0,90	0,7
22	37,7	75,5	19,44	3,88	1,00	0,3
23	69,6	139,3	19,44	7,16	1,00	0,3
24	34,6	69,2	19,44	3,56	1,00	0,4
25	28,1	56,2	19,44	2,89	1,00	0,4

Tabla 66. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros Y - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
17	4,8	9,5	19,44	0,49	0,40	6,5
18	3,8	7,6	19,44	0,39	0,30	6,8
19	2,1	4,2	19,44	0,22	0,20	8,2
20	6,9	13,9	19,44	0,71	0,70	0,8
21	22,8	45,6	19,44	2,35	1,00	0,6
22	8,7	17,3	19,44	0,89	0,80	1,7
23	51,6	103,3	19,44	5,31	1,00	1,1
24	34,9	69,8	19,44	3,59	1,00	0,8
25	16,6	33,2	19,44	1,71	1,00	1,4

Tabla 67. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	177,4	354,7	19,4	18,25	1,00	0,7
2	3427,9	6855,8	19,4	352,66	1,00	0,2
3	1089,9	2179,7	19,4	112,13	1,00	0,3
4	546,0	1092,0	19,4	56,17	1,00	0,5
5	208,4	416,7	19,4	21,44	1,00	0,8
6	440,0	880,0	19,4	45,27	1,00	0,5
7	205,2	410,4	19,4	21,11	1,00	0,8
8	205,8	411,7	19,4	21,18	1,00	0,8
9	77,5	155,0	19,4	7,97	1,00	1,3
10	324,7	649,4	19,4	33,41	1,00	0,6
11	238,7	477,4	19,4	24,56	1,00	0,7
12	1430,6	2861,2	19,4	147,18	1,00	0,3
13	70,3	140,6	19,4	7,23	1,00	1,3
14	294,0	588,1	19,4	30,25	1,00	0,7
15	943,4	1886,9	19,4	97,06	1,00	0,4
16	1430,4	2860,7	19,4	147,16	1,00	0,3
17	1624,0	3247,9	19,4	167,07	1,00	0,3
18	1532,2	3064,3	19,4	157,63	1,00	0,3
19	1532,2	3064,3	19,4	157,63	1,00	0,3

Tabla 68. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	177,4	354,7	19,4	18,25	1,00	0,2
2	3427,9	6855,8	19,4	352,66	1,00	0,1
3	1089,9	2179,7	19,4	112,13	1,00	0,1
4	546,0	1092,0	19,4	56,17	1,00	0,1
5	208,4	416,7	19,4	21,44	1,00	0,1
6	440,0	880,0	19,4	45,27	1,00	0,1
7	205,2	410,4	19,4	21,11	1,00	0,1
8	205,8	411,7	19,4	21,18	1,00	0,1
9	77,5	155,0	19,4	7,97	1,00	0,1
10	324,7	649,4	19,4	33,41	1,00	0,1
11	238,7	477,4	19,4	24,56	1,00	0,2
12	1430,6	2861,2	19,4	147,18	1,00	0,1
13	70,3	140,6	19,4	7,23	1,00	0,1
14	294,0	588,1	19,4	30,25	1,00	0,1
15	943,4	1886,9	19,4	97,06	1,00	0,1
16	1430,4	2860,7	19,4	147,16	1,00	0,1
17	1624,0	3247,9	19,4	167,07	1,00	0,1
18	1532,2	3064,3	19,4	157,63	1,00	0,1
19	1532,2	3064,3	19,4	157,63	1,00	0,1

Tabla 69. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	99,9	199,9	19,4	10,28	1,00	1,1
21	185,2	370,3	19,4	19,05	1,00	0,8
22	365,1	730,1	19,4	37,56	1,00	0,6
23	1462,1	2924,2	19,4	150,42	1,00	0,3
24	322,4	644,8	19,4	33,17	1,00	0,6
25	656,7	1313,4	19,4	67,56	1,00	0,4
26	694,9	1389,8	19,4	71,49	1,00	0,4
27	337,0	674,0	19,4	34,67	1,00	0,6
28	2534,9	5069,8	19,4	260,79	1,00	0,2
29	1344,4	2688,9	19,4	138,32	1,00	0,3
30	271,7	543,4	19,4	27,95	1,00	0,7
31	717,4	1434,7	19,4	73,80	1,00	0,4

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
32	1290,9	2581,8	19,4	132,81	1,00	0,3
33	687,0	1374,0	19,4	70,68	1,00	0,4

Tabla 70. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	99,9	199,9	19,4	10,28	1,00	0,1
21	185,2	370,3	19,4	19,05	1,00	0,1
22	365,1	730,1	19,4	37,56	1,00	0,1
23	1462,1	2924,2	19,4	150,42	1,00	0,2
24	322,4	644,8	19,4	33,17	1,00	0,1
25	656,7	1313,4	19,4	67,56	1,00	0,2
26	694,9	1389,8	19,4	71,49	1,00	0,2
27	337,0	674,0	19,4	34,67	1,00	0,2
28	2534,9	5069,8	19,4	260,79	1,00	0,2
29	1344,4	2688,9	19,4	138,32	1,00	0,2
30	271,7	543,4	19,4	27,95	1,00	0,2
31	717,4	1434,7	19,4	73,80	1,00	0,2
32	1290,9	2581,8	19,4	132,81	1,00	0,2
33	687,0	1374,0	19,4	70,68	1,00	0,2

Tabla 71. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	60,3	120,6	19,4	6,20	1,00	0,7
2	965,8	1931,6	19,4	99,36	1,00	0,2
3	296,4	592,9	19,4	30,50	1,00	0,4
4	166,6	333,1	19,4	17,14	1,00	0,5
5	60,5	120,9	19,4	6,22	1,00	0,9
6	128,0	256,0	19,4	13,17	1,00	0,6
7	59,0	117,9	19,4	6,07	1,00	0,9
8	59,3	118,5	19,4	6,10	1,00	0,9
9	22,9	45,9	19,4	2,36	1,00	1,4
10	98,6	197,3	19,4	10,15	1,00	0,7
11	74,7	149,4	19,4	7,69	1,00	0,8

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
12	399,2	798,5	19,4	41,07	1,00	0,4
13	19,5	39,1	19,4	2,01	1,00	1,6
14	84,2	168,5	19,4	8,67	1,00	0,8
15	262,1	524,2	19,4	26,96	1,00	0,4
16	399,1	798,3	19,4	41,06	1,00	0,4
17	426,1	852,3	19,4	43,84	1,00	0,3
18	383,0	766,1	19,4	39,41	1,00	0,4
19	383,0	766,1	19,4	39,41	1,00	0,4

Tabla 72. Separación de entramados de madera de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	69,2	138,4	19,4	7,12	1,00	0,1
2	936,0	1872,1	19,4	96,30	1,00	0,2
3	301,6	603,2	19,4	31,03	1,00	0,2
4	140,3	280,5	19,4	14,43	1,00	0,1
5	72,2	144,4	19,4	7,43	1,00	0,1
6	126,8	253,7	19,4	13,05	1,00	0,1
7	74,5	149,0	19,4	7,67	1,00	0,1
8	70,7	141,3	19,4	7,27	1,00	0,3
9	63,9	127,7	19,4	6,57	1,00	0,1
10	83,6	167,2	19,4	8,60	1,00	0,3
11	179,4	358,7	19,4	18,45	1,00	1,1
12	435,9	871,9	19,4	44,85	1,00	0,3
13	35,7	71,4	19,4	3,67	1,00	0,3
14	75,9	151,7	19,4	7,81	1,00	0,1
15	279,0	558,0	19,4	28,71	1,00	0,1
16	438,4	876,7	19,4	45,10	1,00	0,2
17	494,6	989,1	19,4	50,88	1,00	0,2
18	448,8	897,5	19,4	46,17	1,00	0,2
19	464,1	928,3	19,4	47,75	1,00	0,2

Tabla 73. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	31,1	62,3	19,4	3,20	1,00	1,2
21	49,6	99,1	19,4	5,10	1,00	1,0
22	108,2	216,5	19,4	11,14	1,00	0,7
23	403,9	807,7	19,4	41,55	1,00	0,4
24	88,2	176,4	19,4	9,08	1,00	0,8
25	173,4	346,8	19,4	17,84	1,00	0,5
26	191,4	382,7	19,4	19,69	1,00	0,5
27	104,4	208,8	19,4	10,74	1,00	0,7
28	770,8	1541,5	19,4	79,30	1,00	0,2
29	388,2	776,5	19,4	39,94	1,00	0,4
30	73,7	147,5	19,4	7,59	1,00	0,8
31	201,9	403,8	19,4	20,77	1,00	0,5
32	363,1	726,2	19,4	37,36	1,00	0,4
33	187,6	375,3	19,4	19,30	1,00	0,5

Tabla 74. Separación de entramados de madera de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	31,1	62,3	19,4	3,20	1,00	0,0
21	49,6	99,1	19,4	5,10	1,00	0,1
22	108,2	216,5	19,4	11,14	1,00	0,1
23	403,9	807,7	19,4	41,55	1,00	0,3
24	88,2	176,4	19,4	9,08	1,00	0,1
25	173,4	346,8	19,4	17,84	1,00	0,3
26	191,4	382,7	19,4	19,69	1,00	0,4
27	104,4	208,8	19,4	10,74	1,00	0,3
28	770,8	1541,5	19,4	79,30	1,00	0,3
29	388,2	776,5	19,4	39,94	1,00	0,3
30	73,7	147,5	19,4	7,59	1,00	0,3
31	201,9	403,8	19,4	20,77	1,00	0,6
32	363,1	726,2	19,4	37,36	1,00	0,2
33	187,6	375,3	19,4	19,30	1,00	0,6

Tabla 75. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros X - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	2,3	4,6	47,62	0,10	0,10	0,9
2	66,0	132,1	47,62	2,77	1,00	0,2
3	70,6	141,1	47,62	2,96	1,00	0,2
4	55,1	110,1	47,62	2,31	1,00	0,2
5	53,8	107,6	47,62	2,26	1,00	0,2
6	62,2	124,4	47,62	2,61	1,00	0,2
7	6,6	13,2	47,62	0,28	0,20	0,9
8	6,5	12,9	47,62	0,27	0,20	0,9
9	57,4	114,7	47,62	2,41	1,00	0,2
10	5,6	11,1	47,62	0,23	0,20	0,9
11	8,9	17,8	47,62	0,37	0,30	0,9
12	84,2	168,4	47,62	3,54	1,00	0,1
13	48,5	96,9	47,62	2,04	1,00	0,2
14	77,6	155,3	47,62	3,26	1,00	0,1
15	27,0	54,0	47,62	1,13	1,00	0,2
16	40,2	80,5	47,62	1,69	1,00	0,2

Tabla 76. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	2,9	5,8	47,62	0,12	0,10	0,2
2	56,4	112,8	47,62	2,37	1,00	0,4
3	22,3	44,6	47,62	0,94	0,90	0,9
4	29,7	59,4	47,62	1,25	1,00	0,6
5	26,4	52,8	47,62	1,11	1,00	1,0
6	29,8	59,6	47,62	1,25	1,00	0,7
7	6,0	12,0	47,62	0,25	0,20	0,1
8	5,2	10,4	47,62	0,22	0,20	0,1
9	26,3	52,7	47,62	1,11	1,00	0,4
10	7,1	14,1	47,62	0,30	0,30	0,1
11	6,2	12,4	47,62	0,26	0,20	0,2
12	57,5	115,1	47,62	2,42	1,00	0,2
13	27,6	55,2	47,62	1,16	1,00	0,3
14	30,8	61,7	47,62	1,30	1,00	0,5
15	20,6	41,2	47,62	0,87	0,80	0,3
16	14,5	29,0	47,62	0,61	0,60	0,6

Tabla 77. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros Y - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs bs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
17	11,1	22,3	47,62	0,47	0,40	0,8
18	9,9	19,8	47,62	0,42	0,40	0,4
19	10,9	21,7	47,62	0,46	0,40	0,8
20	20,9	41,8	47,62	0,88	0,80	0,7
21	9,2	18,5	47,62	0,39	0,30	0,7
22	37,7	75,5	47,62	1,58	1,00	0,3
23	69,6	139,3	47,62	2,92	1,00	0,3
24	34,6	69,2	47,62	1,45	1,00	0,4
25	28,1	56,2	47,62	1,18	1,00	0,4

Tabla 78. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros Y - Edificación 1						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
17	4,8	9,5	47,62	0,20	0,20	6,5
18	3,8	7,6	47,62	0,16	0,10	6,8
19	2,1	4,2	47,62	0,09	0,09	8,2
20	6,9	13,9	47,62	0,29	0,20	0,8
21	22,8	45,6	47,62	0,96	0,90	0,6
22	8,7	17,3	47,62	0,36	0,30	1,7
23	51,6	103,3	47,62	2,17	1,00	1,1
24	34,9	69,8	47,62	1,47	1,00	0,8
25	16,6	33,2	47,62	0,70	0,70	1,4

Tabla 79. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado..

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	177,4	354,7	47,6	7,45	1,00	0,7
2	3427,9	6855,8	47,6	143,98	1,00	0,2
3	1089,9	2179,7	47,6	45,78	1,00	0,3
4	546,0	1092,0	47,6	22,93	1,00	0,5
5	208,4	416,7	47,6	8,75	1,00	0,8
6	440,0	880,0	47,6	18,48	1,00	0,5
7	205,2	410,4	47,6	8,62	1,00	0,8

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
8	205,8	411,7	47,6	8,65	1,00	0,8
9	77,5	155,0	47,6	3,26	1,00	1,3
10	324,7	649,4	47,6	13,64	1,00	0,6
11	238,7	477,4	47,6	10,03	1,00	0,7
12	1430,6	2861,2	47,6	60,09	1,00	0,3
13	70,3	140,6	47,6	2,95	1,00	1,3
14	294,0	588,1	47,6	12,35	1,00	0,7
15	943,4	1886,9	47,6	39,63	1,00	0,4
16	1430,4	2860,7	47,6	60,08	1,00	0,3
17	1624,0	3247,9	47,6	68,21	1,00	0,3
18	1532,2	3064,3	47,6	64,35	1,00	0,3
19	1532,2	3064,3	47,6	64,35	1,00	0,3

Tabla 80. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	177,4	354,7	47,6	7,45	1,00	0,2
2	3427,9	6855,8	47,6	143,98	1,00	0,1
3	1089,9	2179,7	47,6	45,78	1,00	0,1
4	546,0	1092,0	47,6	22,93	1,00	0,1
5	208,4	416,7	47,6	8,75	1,00	0,1
6	440,0	880,0	47,6	18,48	1,00	0,1
7	205,2	410,4	47,6	8,62	1,00	0,1
8	205,8	411,7	47,6	8,65	1,00	0,1
9	77,5	155,0	47,6	3,26	1,00	0,1
10	324,7	649,4	47,6	13,64	1,00	0,1
11	238,7	477,4	47,6	10,03	1,00	0,2
12	1430,6	2861,2	47,6	60,09	1,00	0,1
13	70,3	140,6	47,6	2,95	1,00	0,1
14	294,0	588,1	47,6	12,35	1,00	0,1
15	943,4	1886,9	47,6	39,63	1,00	0,1
16	1430,4	2860,7	47,6	60,08	1,00	0,1
17	1624,0	3247,9	47,6	68,21	1,00	0,1
18	1532,2	3064,3	47,6	64,35	1,00	0,1
19	1532,2	3064,3	47,6	64,35	1,00	0,1

Tabla 81. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 1 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	99,9	199,9	47,6	4,20	1,00	1,1
21	185,2	370,3	47,6	7,78	1,00	0,8
22	365,1	730,1	47,6	15,33	1,00	0,6
23	1462,1	2924,2	47,6	61,41	1,00	0,3
24	322,4	644,8	47,6	13,54	1,00	0,6
25	656,7	1313,4	47,6	27,58	1,00	0,4
26	694,9	1389,8	47,6	29,19	1,00	0,4
27	337,0	674,0	47,6	14,15	1,00	0,6
28	2534,9	5069,8	47,6	106,47	1,00	0,2
29	1344,4	2688,9	47,6	56,47	1,00	0,3
30	271,7	543,4	47,6	11,41	1,00	0,7
31	717,4	1434,7	47,6	30,13	1,00	0,4
32	1290,9	2581,8	47,6	54,22	1,00	0,3
33	687,0	1374,0	47,6	28,85	1,00	0,4

Tabla 82. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 1, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 1 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	99,9	199,9	47,6	4,20	1,00	0,1
21	185,2	370,3	47,6	7,78	1,00	0,1
22	365,1	730,1	47,6	15,33	1,00	0,1
23	1462,1	2924,2	47,6	61,41	1,00	0,2
24	322,4	644,8	47,6	13,54	1,00	0,1
25	656,7	1313,4	47,6	27,58	1,00	0,2
26	694,9	1389,8	47,6	29,19	1,00	0,2
27	337,0	674,0	47,6	14,15	1,00	0,2
28	2534,9	5069,8	47,6	106,47	1,00	0,2
29	1344,4	2688,9	47,6	56,47	1,00	0,2
30	271,7	543,4	47,6	11,41	1,00	0,2
31	717,4	1434,7	47,6	30,13	1,00	0,2
32	1290,9	2581,8	47,6	54,22	1,00	0,2
33	687,0	1374,0	47,6	28,85	1,00	0,2

Tabla 83. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	60,3	120,6	47,6	2,53	1,00	0,7
2	965,8	1931,6	47,6	40,57	1,00	0,2
3	296,4	592,9	47,6	12,45	1,00	0,4
4	166,6	333,1	47,6	7,00	1,00	0,5
5	60,5	120,9	47,6	2,54	1,00	0,9
6	128,0	256,0	47,6	5,38	1,00	0,6
7	59,0	117,9	47,6	2,48	1,00	0,9
8	59,3	118,5	47,6	2,49	1,00	0,9
9	22,9	45,9	47,6	0,96	1,00	1,4
10	98,6	197,3	47,6	4,14	1,00	0,7
11	74,7	149,4	47,6	3,14	1,00	0,8
12	399,2	798,5	47,6	16,77	1,00	0,4
13	19,5	39,1	47,6	0,82	1,00	1,6
14	84,2	168,5	47,6	3,54	1,00	0,8
15	262,1	524,2	47,6	11,01	1,00	0,4
16	399,1	798,3	47,6	16,76	1,00	0,4
17	426,1	852,3	47,6	17,90	1,00	0,3
18	383,0	766,1	47,6	16,09	1,00	0,4
19	383,0	766,1	47,6	16,09	1,00	0,4

Tabla 84. Separación de entramados de acero de muros en X – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
1	60,3	120,6	47,6	2,53	1,00	0,1
2	965,8	1931,6	47,6	40,57	1,00	0,2
3	296,4	592,9	47,6	12,45	1,00	0,3
4	166,6	333,1	47,6	7,00	1,00	0,1
5	60,5	120,9	47,6	2,54	1,00	0,1
6	128,0	256,0	47,6	5,38	1,00	0,1
7	59,0	117,9	47,6	2,48	1,00	0,1
8	59,3	118,5	47,6	2,49	1,00	0,3
9	22,9	45,9	47,6	0,96	1,00	0,4
10	98,6	197,3	47,6	4,14	1,00	0,3
11	74,7	149,4	47,6	3,14	1,00	2,7
12	399,2	798,5	47,6	16,77	1,00	0,3
13	19,5	39,1	47,6	0,82	0,90	0,5

Resistencia a Momento - Muros X - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
14	84,2	168,5	47,6	3,54	1,00	0,1
15	262,1	524,2	47,6	11,01	1,00	0,1
16	399,1	798,3	47,6	16,76	1,00	0,3
17	426,1	852,3	47,6	17,90	1,00	0,2
18	383,0	766,1	47,6	16,09	1,00	0,2
19	383,0	766,1	47,6	16,09	1,00	0,2

Tabla 85. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo simplificado.

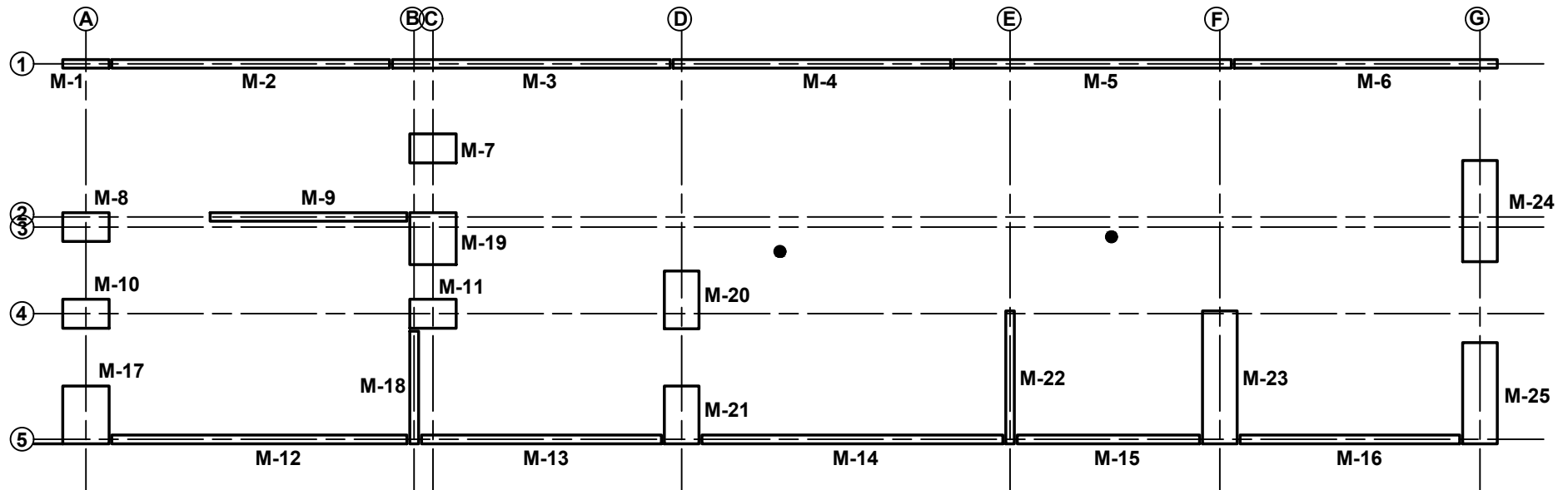
Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	31,1	62,3	47,6	1,31	1,00	1,2
21	49,6	99,1	47,6	2,08	1,00	1,0
22	108,2	216,5	47,6	4,55	1,00	0,7
23	403,9	807,7	47,6	16,96	1,00	0,4
24	88,2	176,4	47,6	3,71	1,00	0,8
25	173,4	346,8	47,6	7,28	1,00	0,5
26	191,4	382,7	47,6	8,04	1,00	0,5
27	104,4	208,8	47,6	4,39	1,00	0,7
28	770,8	1541,5	47,6	32,37	1,00	0,2
29	388,2	776,5	47,6	16,31	1,00	0,4
30	73,7	147,5	47,6	3,10	1,00	0,8
31	201,9	403,8	47,6	8,48	1,00	0,5
32	363,1	726,2	47,6	15,25	1,00	0,4
33	187,6	375,3	47,6	7,88	1,00	0,5

Tabla 86. Separación de entramados de acero de muros en Y – Edificación 2, Piso 2, Modelo 3D.

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
20	31,1	62,3	47,6	1,31	1,00	0,0
21	49,6	99,1	47,6	2,08	1,00	0,1
22	108,2	216,5	47,6	4,55	1,00	0,1
23	403,9	807,7	47,6	16,96	1,00	0,3
24	88,2	176,4	47,6	3,71	1,00	0,1
25	173,4	346,8	47,6	7,28	1,00	0,3
26	191,4	382,7	47,6	8,04	1,00	0,4
27	104,4	208,8	47,6	4,39	1,00	0,3
28	770,8	1541,5	47,6	32,37	1,00	0,3

Resistencia a Momento - Muros Y - Piso 2 - Edificación 2						
No.	ϕM_n (kN-m)	ΨM_n (kN-m)	0,30 As fs (kN-m)	bs requerido (m)	bs asumido (m)	iM
29	388,2	776,5	47,6	16,31	1,00	0,3
30	73,7	147,5	47,6	3,10	1,00	0,3
31	201,9	403,8	47,6	8,48	1,00	0,6
32	363,1	726,2	47,6	15,25	1,00	0,2
33	187,6	375,3	47,6	7,88	1,00	0,6

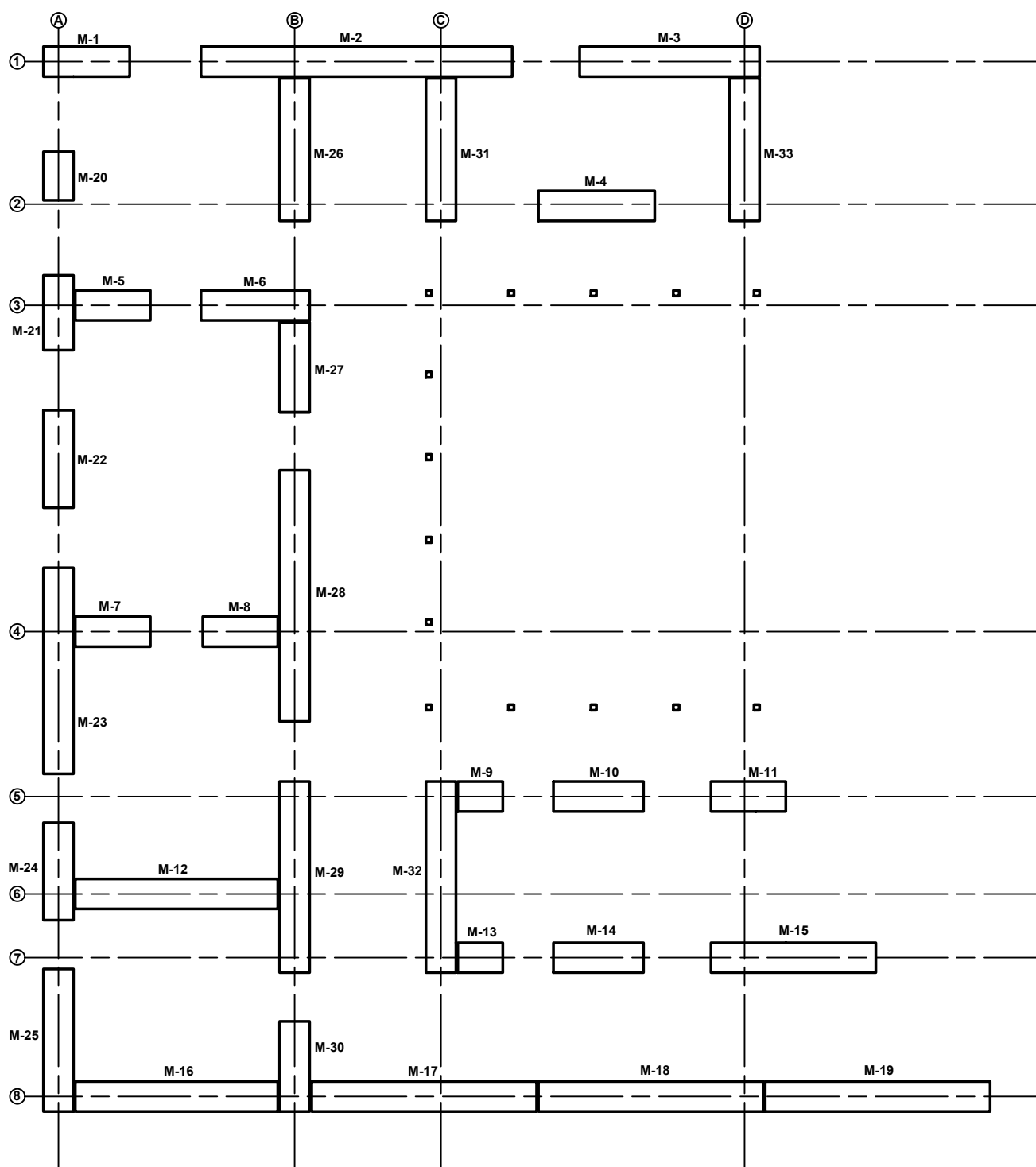
ANEXO
CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS - EDIFICACIÓN 1



DIMENSIÓN MUROS

M-1	0,15 x 1,80	M-6	0,15 x 4,55	M-11	0,50 x 0,80	M-16	0,15 x 3,80	M-21	0,60 x 1,00
M-2	0,15 x 4,80	M-7	0,50 x 0,80	M-12	0,15 x 5,10	M-17	0,80 x 1,00	M-22	0,15 x 2,30
M-3	0,15 x 4,80	M-8	0,50 x 0,80	M-13	0,15 x 4,15	M-18	0,15 x 1,95	M-23	0,60 x 2,30
M-4	0,15 x 4,80	M-9	0,15 x 3,40	M-14	0,15 x 5,20	M-19	0,80 x 0,90	M-24	0,60 x 1,75
M-5	0,15 x 4,80	M-10	0,50 x 0,80	M-15	0,15 x 3,15	M-20	0,60 x 1,00	M-25	0,60 x 1,75

ANEXO CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL DE MUROS - EDIFICACIÓN 2



DIMENSIÓN MUROS

M-1	0,80 x 2,30	M-6	0,80 x 2,90	M-11	0,80 x 2,00	M-16	0,80 x 5,40	M-21	0,80 x 2,00	M-26	0,80 x 3,80	M-31	0,80 x 3,80
M-2	0,80 x 8,30	M-7	0,80 x 2,00	M-12	0,80 x 5,40	M-17	0,80 x 6,00	M-22	0,80 x 2,60	M-27	0,80 x 2,40	M-32	0,80 x 5,10
M-3	0,80 x 4,80	M-8	0,80 x 2,00	M-13	0,80 x 1,20	M-18	0,80 x 6,00	M-23	0,80 x 5,50	M-28	0,80 x 6,70	M-33	0,80 x 3,80
M-4	0,80 x 3,10	M-9	0,80 x 1,20	M-14	0,80 x 2,40	M-19	0,80 x 6,00	M-24	0,80 x 2,60	M-29	0,80 x 5,10		
M-5	0,80 x 2,00	M-10	0,80 x 2,40	M-15	0,80 x 4,40	M-20	0,80 x 1,30	M-25	0,80 x 3,80	M-30	0,80 x 2,40		