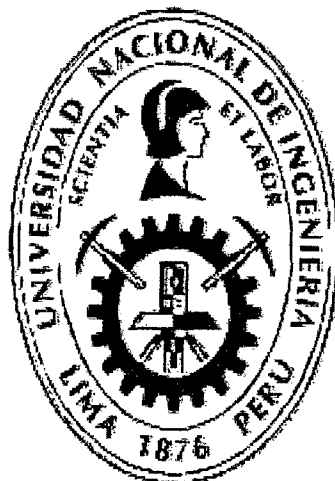


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTUDIO PARAMÉTRICO DEL COMPORTAMIENTO SÍSMICO  
DE VIVIENDAS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE BAJA ALTURA**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**LUIS FERNANDO SIRUMBAL ZAPATA**

**Lima - Perú**

**2011**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación se realizó con esfuerzo, dedicación y rigor. Se persistió tenazmente en buscar la perfección para alcanzar los objetivos planteados. Se concibió que, sólo de esta manera, el trabajo de investigación podría constituir un aporte verdadero y significativo a la Ingeniería Civil y a la sociedad en su conjunto.

Con mucho cariño y amor, quiero dedicarles a mis padres, Luis Sirumbal y Cecilia Zapata, el esfuerzo que implicó la realización de mi Tesis de Titulación Profesional, y los resultados obtenidos a partir de ella. Les doy gracias por el apoyo constante que me han brindado a lo largo de mi vida.

Quiero dedicar mi Tesis a quien siempre se ha interesado en mis sueños y en mis metas, a mi compañero y amigo desde que éramos pequeños: mi hermano, Luis Sebastián Sirumbal Zapata.

Con mucho amor e infinito agradecimiento le dedico mi Tesis a mi enamorada, Lorena Carranza, quien es una persona muy importante en mi vida desde hace varios años. Sin su amor, apoyo, comprensión y ayuda, la realización de este trabajo me hubiese costado aún más.

Finalmente, quiero agradecer de manera especial a las siguientes personas e instituciones, que fueron esenciales en el desarrollo y culminación del presente trabajo de investigación:

A mi asesor de Tesis, Dr. Víctor Fernández-Dávila, por su apoyo generoso y constante durante todo el tiempo que duró la investigación. Le agradezco por las muchas horas que junto conmigo le dedicó a este trabajo y por las enseñanzas que me dejó en el proceso, entre ellas, la búsqueda incansable de la perfección.

Al Dr. Teófilo Vargas, asesor del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil (IIFIC) de la UNI, quien cumple una labor fundamental en la formación académica y científica de una nueva generación de jóvenes

investigadores en diversas especialidades de la ingeniería civil. Le agradezco por creer en mi capacidad y en mi trabajo, además de haberme dado todo el apoyo posible para poder seguir mis estudios de postgrado en el extranjero.

A la empresa SAMAYCA INGENIEROS S.A.C. donde inicié mi carrera profesional y trabajé durante más de dos años. Un agradecimiento especial a la Ing. Dina Carrillo, el Ing. Carlos Samanez y el Ing. Luis Villena, quienes siempre apreciaron y valoraron mi interés por el trabajo intelectual de investigación, razón por la cual me dieron todas las facilidades del caso para desarrollar mi Tesis.

A la Ing. Gabriela Esparza de la Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO, quien generosamente me permitió acceder a las copias de los estudios de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de autoconstrucción que sirvieron de punto de partida para el presente trabajo de investigación.

Por último, y no por ello menos importante, a mi alma máter, la Universidad Nacional de Ingeniería, por haberme formado, por haberme dado muchas oportunidades para seguir creciendo hasta el día de hoy, y por inculcar en mí un afán persistente por descubrir la belleza oculta dentro de la comprensión de lo complejo: la simplicidad.

**Luis Fernando Sirumbal Zapata**

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS</b>	<b>21</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO I: CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>43</b>
1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	43
1.2. LA ALBAÑILERÍA CONFINADA COMO SISTEMA ESTRUCTURAL	46
1.3. PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DINÁMICO DE LAS EDIFICACIONES EN EL RANGO ELÁSTICO	49
<b>CAPÍTULO II: ESTUDIO DE LAS FAMILIAS DE VIVIENDAS REALES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA</b>	<b>52</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS	52
2.2. CÁLCULO DE LAS PROPIEDADES INERCIALES	54
2.3. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS QUE DEFINEN EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DINÁMICO DE LAS EDIFICACIONES EN EL RANGO ELÁSTICO	55
2.4. RADIO MEDIO DE GIRO	58
<b>CAPÍTULO III: MODELO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL PARAMÉTRICO DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE DOS PISOS</b>	<b>65</b>
3.1. DEFINICIÓN DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS	65
3.2. DEFINICIÓN DEL MODELO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL PARAMÉTRICO (METP)	67
3.2.1. Formulación del modelo estructural dinámico de masas concentradas	67
3.2.2. Una clase especial de edificaciones	69
3.2.3. Formulación paramétrica de las constantes de Proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura	71
3.2.4. Formulación de la matriz de rigidez lateral del muro Patrón	75
3.2.5. Formulación de las propiedades geométricas del muro Patrón	77

3.2.6. Resolución del problema de valores propios	78
3.3. DESCRIPCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL SIMPLIFICADA DEL METP	78
3.4. GENERACIÓN DE LOS METP's	80
3.4.1. Procedimiento para definir las características geométricas de los METP's	80
3.4.2. Propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la generación de los METP's	82
3.4.3. Número de casos paramétricos generados	83
3.4.4. Discusión sobre el espesor de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales	85
<b>CAPÍTULO IV: ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES TRIDIMENSIONALES PARAMÉTRICOS</b>	<b>95</b>
4.1. ANÁLISIS DINÁMICO MODAL-ESPECTRAL	95
4.1.1. Cálculo de las respuestas modales máximas	95
4.1.2. Combinación de las respuestas modales utilizando el método CQC	97
4.1.3. Definición del espectro de diseño utilizado en el análisis dinámico modal-espectral	98
4.2. ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS METP's	99
4.2.1. Definición de los METP's genéricos	99
4.2.2. Análisis de los METP's	102
<b>CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b>	<b>107</b>
5.1. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS VALORES PARAMÉTRICOS DESACOPLADOS (VPD) Y LOS VALORES PARAMÉTRICOS ACOPLADOS (VPA)	107
5.2. RELACIÓN ENTRE EL PERIODO DE VIBRACIÓN TRASLACIONAL ACOPLADO Y LA DENSIDAD DE MUROS	108
5.3. RESPUESTAS GLOBALES	111
5.3.1. Cortante basal y cortante de entrepiso	111
5.3.2. Momento de torsión en planta	113
5.3.3. Desplazamiento traslacional de los CM's	116
5.3.4. Distorsión lateral de entrepiso	118
5.3.5. Aceleración traslacional de los CM's	120

5.4. RESPUESTAS LOCALES	121
5.4.1. Relación entre la fuerza cortante y el momento flector que actúan en los muros	121
5.4.2. Fuerza cortante que actúa en los muros debido al momento de torsión en planta	122
<b>CAPÍTULO VI: MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE DOS PISOS</b>	<b>135</b>
6.1. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS SÍSMICO (MSAS)	135
6.2. DESCRIPCIÓN DEL MSAS	137
6.2.1. Datos básicos	137
6.2.2. Cálculo del periodo de vibración traslacional acoplado ( $T_x$ , $T_y$ )	137
6.2.3. Cálculo de las fuerzas cortantes de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $V_{EX1}$ , $V_{EX2}$ , $V_{EY1}$ , $V_{EY2}$ )	139
6.2.4. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $M_{EZX1}$ , $M_{EZX2}$ , $M_{EZY1}$ , $M_{EZY2}$ )	140
6.2.5. Cálculo de la distorsión lateral de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $\Delta_x/h$ , $\Delta_y/h$ )	142
6.3. VALIDACIÓN DEL MSAS	142
6.3.1. Antecedentes	142
6.3.2. Cálculo del periodo de vibración traslacional acoplado ( $T_x$ , $T_y$ )	143
6.3.3. Cálculo de las fuerzas cortantes de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $V_{EX1}$ , $V_{EX2}$ , $V_{EY1}$ , $V_{EY2}$ )	143
6.3.4. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $M_{EZX1}$ , $M_{EZX2}$ , $M_{EZY1}$ , $M_{EZY2}$ )	144
6.3.5. Cálculo de la distorsión lateral de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $\Delta_x/h$ , $\Delta_y/h$ )	144
6.4. DISCUSIÓN DE LAS EXPRESIONES PROPUESTAS POR EL MSAS PARA EL CÁLCULO DEL PERIODO DE VIBRACIÓN TRASLACIONAL ACOPLADO	145
6.5. EXPRESIONES DEL MSAS PARA CALCULAR LA DENSIDAD DE MUROS MÍNIMA	149
6.5.1. Densidad de muros mínima por criterios de resistencia	149

6.5.2. Densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos	151
6.6. DISCUSIÓN DE LA EXPRESIÓN DEL MSAS PARA EL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE MUROS MÍNIMA POR CRITERIOS DE RESISTENCIA	155
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>173</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>181</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>185</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>188</b>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación presenta la aplicación del análisis paramétrico al estudio del comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de baja altura. Para lograrlo fue necesario: i) Identificar los parámetros geométricos y dinámicos que gobiernan el comportamiento sísmico de las estructuras de albañilería confinada; ii) Estudiar las características geométricas, inerciales y estructurales de un grupo de viviendas reales de albañilería confinada (análisis de sensibilidad); iii) Seleccionar los parámetros a estudiar, definir los casos paramétricos y desarrollar la formulación del Modelo Estructural Tridimensional Paramétrico (METP); iv) Realizar el análisis sísmico de los casos paramétricos mediante el uso de un programa de cómputo; y v) Analizar los resultados obtenidos y relacionar los parámetros en estudio con las respuestas sísmicas de interés.

A partir del trabajo previo (revisión de antecedentes bibliográficos y análisis de sensibilidad), un parámetro geométrico y cuatro parámetros dinámicos elásticos fueron seleccionados para estudiar su influencia en el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de baja altura. Estos parámetros son: i) La razón de aspecto de la planta de la edificación ( $\kappa$ ); ii) El periodo de vibración traslacional en la dirección del eje Y ( $T_y$ ); iii) La razón de frecuencias de vibración traslacionales en las direcciones de los ejes X y Y ( $\omega_x/\omega_y$ ); iv) El grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ); y v) La excentricidad normalizada en la dirección del eje X ( $e_x/r$ ). Además, se estudió la relación que existe entre un sexto parámetro, la densidad de muros, y el periodo de vibración de traslacional.

Se analizaron dos grupos de respuestas sísmicas de interés. El primer grupo está compuesto por las siguientes respuestas sísmicas globales: i) Las fuerzas cortantes de entrepiso; ii) Los momentos de torsión en planta; iii) Los desplazamientos traslacionales de los centros de masa (CM); iv) Las distorsiones laterales de entrepiso; y v) Las aceleraciones traslacionales de los CM's. El segundo grupo está compuesto por las siguientes respuestas sísmicas locales: i) Las fuerzas cortantes de los muros; y ii) Los momentos flectores de los muros.



El análisis de las respuestas sísmicas de interés y su relación con los parámetros en estudio permitieron formular y validar el Método Simplificado de Análisis Sísmico (MSAS) de las edificaciones de albañilería confinada de dos pisos. Además, se propusieron expresiones simplificadas para estimar el periodo de vibración traslacional y la densidad de muros mínima requerida.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1: Características geométricas y estructurales de las viviendas de la familia F1.	61
Cuadro 2.2: Características geométricas y estructurales de las viviendas de la familia F2.	61
Cuadro 2.3: Propiedades inerciales de las viviendas de la familia F1.	61
Cuadro 2.4: Propiedades inerciales de las viviendas de la familia F2.	62
Cuadro 2.5: Valores de los parámetros de las viviendas de la familia F1.	62
Cuadro 2.6: Valores de los parámetros de las viviendas de la familia F2.	62
Cuadro 2.7: Radio medio de giro de las viviendas de la familia F1.	63
Cuadro 2.8: Radio medio de giro de las viviendas de la familia F2.	63
Cuadro 3.1: Valores de los parámetros seleccionados para los casos paramétricos tipo F1.	87
Cuadro 3.2: Valores de los parámetros seleccionados para los casos paramétricos tipo F2.	87
Cuadro 3.3: Características geométricas del muro patrón, según el tipo caso paramétrico y la razón de aspecto de la planta.	87
Cuadro 3.4: Clasificación de los casos paramétricos tipo F1.	88
Cuadro 3.5: Clasificación de los casos paramétricos tipo F2.	89
Cuadro 3.6: Casos paramétricos reales tipo F1. Valores máximos y mínimos de los espesores de los muros de los METP's.	90
Cuadro 3.7: Casos paramétricos reales tipo F2. Valores máximos y mínimos de los espesores de los muros de los METP's.	90
Cuadro 4.1: Parámetros utilizados en la definición del espectro de diseño de pseudo-aceleraciones (SENCICO, 2003).	104
Cuadro 4.2: Características geométricas de los METP's genéricos.	104
Cuadro 4.3: Propiedades inerciales de los METP's genéricos.	104
Cuadro 5.1: Valores máximos y mínimos de las variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD.	123
Cuadro 6.1: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV2.	158
Cuadro 6.2: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV3.	158

Cuadro 6.3: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV4.	159
Cuadro 6.4: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV5.	159
Cuadro 6.5: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV9.	159
Cuadro 6.6: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV6.	160
Cuadro 6.7: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV7.	160
Cuadro 6.8: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV12.	160
Cuadro 6.9: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV14.	161
Cuadro 6.10: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda AHSL24.	161
Cuadro 6.11: MSAS. Cálculo de las excentricidades estáticas normalizadas.	161
Cuadro 6.12: MSAS. Cálculo de los periodos de vibración traslacional acoplados.	162
Cuadro 6.13: Periodos de vibración traslacional acoplados. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.	162
Cuadro 6.14: MSAS. Cálculo de las fuerzas cortantes del primer entrepiso.	163
Cuadro 6.15: MSAS. Cálculo de las fuerzas cortantes del segundo entrepiso.	163
Cuadro 6.16: Fuerzas cortantes del primer entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.	164
Cuadro 6.17: Fuerzas cortantes del segundo entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.	164
Cuadro 6.18: MSAS. Cálculo de los grados de acoplamiento torsional.	165
Cuadro 6.19: MSAS. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrepiso.	165
Cuadro 6.20: Momentos de torsión en planta del primer entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.	166

Cuadro 6.21: Momentos de torsión en planta del segundo entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.	166
Cuadro 6.22: Distorsiones laterales de entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.	167
Cuadro 6.23: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma E.030-2003.	167
Cuadro 6.24: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma RNC-77.	168
Cuadro 6.25: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma NSR-98 (I).	168
Cuadro 6.26: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma NSR-98 (II).	169
Cuadro 6.27: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones del MSAS.	169
Cuadro 6.28: Periodos de vibración traslacional de las viviendas de dos pisos. Variación porcentual de los métodos aproximados con respecto al método exacto.	170
Cuadro 6.29: Periodos de vibración traslacional de las viviendas de tres pisos. Variación porcentual de los métodos aproximados con respecto al método exacto.	170
Cuadro 6.30: Densidad de muros mínima por criterios de resistencia. Análisis comparativo entre las expresiones de la Norma Técnica E.070 y del MSAS.	171
Cuadro A.1: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV2.	196
Cuadro A.2: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV3.	196
Cuadro A.3: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV4.	196
Cuadro A.4: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV5.	197
Cuadro A.5: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV9.	197
Cuadro A.6: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV6.	197

Cuadro A.7: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV7.	197
Cuadro A.8: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV12.	198
Cuadro A.9: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV14.	198
Cuadro A.10: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda AHSL24.	198
Cuadro A.11: Análisis de sensibilidad. Propiedades inerciales.	208
Cuadro A.12: Análisis de sensibilidad. Ubicaciones del CM y del CR.	208
Cuadro A.13: Análisis de sensibilidad. Periodos correspondientes a los seis modos de vibración.	209
Cuadro A.14: Análisis de sensibilidad. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.	209
Cuadro A.15: Análisis de sensibilidad. Factores de participación modal correspondientes a los 4°, 5° y 6° modos de vibración.	210
Cuadro A.16: Análisis de sensibilidad. Porcentajes de masa participativa correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.	210
Cuadro A.17: Análisis de sensibilidad. Porcentajes de masa participativa correspondientes a los 4°, 5° y 6° modos de vibración.	211
Cuadro A.18: Análisis de sensibilidad. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X.	211
Cuadro A.19: Análisis de sensibilidad. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y.	212
Cuadro A.20: Análisis de sensibilidad. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	212
Cuadro A.21: Análisis de sensibilidad. Fuerzas cortantes de entrepiso debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	213
Cuadro A.22: Análisis de sensibilidad. Momentos de torsión en planta de entrepiso debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	213
Cuadro B.1: Ejemplos de combinaciones de los valores paramétricos. Casos paramétricos tipo F1.	215

Cuadro B.2: Ejemplos de combinaciones de los valores paramétricos. Casos paramétricos tipo F2.	216
Cuadro B.3: Características geométricas e inerciales de los METP's, según el tipo de caso paramétrico y la razón de aspecto de la planta.	217
Cuadro B.4: Propiedades geométricas y matriz de rigidez lateral de los muros patrón de los casos paramétricos tipo F1, según la razón de aspecto de la planta.	218
Cuadro B.5: Propiedades geométricas y matriz de rigidez lateral de los muros patrón de los casos paramétricos tipo F2, según la razón de aspecto de la planta.	218
Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1.	218
Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2.	225
Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1.	234
Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2.	241
Cuadro B.10: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1.	249
Cuadro B.11: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2.	251
Cuadro B.12: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1.	253
Cuadro B.13: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2.	255
Cuadro D.1: Casos paramétricos tipo F1. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's.	262
Cuadro D.2: Casos paramétricos tipo F1. Periodos de vibración de la estructura.	264

Cuadro D.3: Casos paramétricos tipo F1. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.	266
Cuadro D.4: Casos paramétricos tipo F1. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	269
Cuadro D.5: Casos paramétricos tipo F1. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	271
Cuadro D.6: Casos paramétricos tipo F1. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	273
Cuadro D.7: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	275
Cuadro D.8: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).	277
Cuadro D.9: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas locales del muro YC debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).	279
Cuadro D.10: Casos paramétricos tipo F2. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's.	282
Cuadro D.11: Casos paramétricos tipo F2. Periodos de vibración de la estructura.	284
Cuadro D.12: Casos paramétricos tipo F2. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.	285
Cuadro D.13: Casos paramétricos tipo F2. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	287
Cuadro D.14: Casos paramétricos tipo F2. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	289
Cuadro D.15: Casos paramétricos tipo F2. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	291

Cuadro D.16: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).	293
Cuadro D.17: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).	295
Cuadro D.18: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YB debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).	297
Cuadro E.1: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros $T_y$ y $\omega_x/\omega_y$ .	301
Cuadro E.2: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros $\Omega$ y $e_x/r$ .	303
Cuadro E.3: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros $T_y$ y $\omega_x/\omega_y$ .	306
Cuadro E.4: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros $\Omega$ y $e_x/r$ .	308



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Configuración estructural típica de una edificación de albañilería confinada.	51
Figura 2.1: Posición relativa del CM de una edificación de planta rectangular.	64
Figura 3.1: gdl's del modelo estructural dinámico de masas concentradas de una edificación de albañilería confinada de dos pisos. a) gdl's locales; b) gdl's globales.	91
Figura 3.2: gdl's ubicados en el CM y en el CR del i-ésimo piso de una edificación.	91
Figura 3.3: Muro patrón. a) Elevación; b) Sección transversal.	92
Figura 3.4: Modelo estructural y gdl's del muro patrón.	92
Figura 3.5: Sección transversal del muro patrón. a) Sección real; b) Sección transformada.	93
Figura 3.6: Configuración estructural simplificada de los METP's de los casos paramétricos tipo F1.	93
Figura 3.7: Configuración estructural simplificada de los METP's de los casos paramétricos tipo F2.	93
Figura 3.8: Tipos de muros reales de albañilería confinada, representados en los METP's mediante muros con espesores teóricos mínimos. a) Muros cortos; b) Muros con aberturas.	94
Figura 3.9: Tipo de muro real de albañilería confinada, representado en los METP's mediante muros con espesores teóricos máximos. a) Vista en planta de los muros de una edificación de albañilería confinada; b) Elevación del muro perimetral largo orientado en la dirección del eje X.	94
Figura 4.1: Espectro de diseño de pseudo-aceleraciones (SENCICO, 2003).	105
Figura 4.2: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 2.00$ .	105
Figura 4.3: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 1.00$ .	105

Figura 4.4: Modelo estructural del muro de albañilería confinada, utilizando el método de elementos finitos.	106
Figura 4.5: Modelo estructural de la losa.	106
Figura 5.1: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje X.	124
Figura 5.2: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos con $e_x/r = 0.00$ .	124
Figura 5.3: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos con $e_x/r = 0.30$ .	125
Figura 5.4: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos con $e_x/r = 0.60$ .	125
Figura 5.5: Relación entre la fuerza cortante de entrepiso en la dirección del eje X y el peso sísmico total de la edificación.	126
Figura 5.6: Relación entre la fuerza cortante basal en la dirección del eje Y y el peso sísmico total de la edificación.	126
Figura 5.7: Relación entre la fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y y el peso sísmico total de la edificación.	127
Figura 5.8: Relación entre el momento de torsión en planta basal y la fuerza cortante basal en la dirección del eje Y.	127
Figura 5.9: Relación entre el momento de torsión en planta del segundo entrepiso y la fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y.	128
Figura 5.10: Relación entre el factor de amplificación dinámica y el grado de acoplamiento torsional.	128
Figura 5.11: Relación entre el desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje X y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X.	129

Figura 5.12: Relación entre el desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y.	129
Figura 5.13: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje X, a lo largo de la altura de la edificación.	130
Figura 5.14: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación.	130
Figura 5.15: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje X y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X.	131
Figura 5.16: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje Y y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y.	131
Figura 5.17: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje X, debido a la rotación en planta, y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y.	132
Figura 5.18: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje X y la aceleración espectral, en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X.	132
Figura 5.19: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral, en función de la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje X.	133
Figura 5.20: Relación entre el momento flector y la fuerza cortante que actúan en un muro.	133
Figura 5.21: Relación entre la fuerza cortante adicional por torsión del muro XA en el primer piso y el momento de torsión en planta basal.	134
Figura 5.22: Relación entre la fuerza cortante adicional por torsión del muro XA en el segundo piso y el momento de torsión en planta del segundo entrepiso.	134
Figura 6.1: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje X y la densidad de muros orientados en la dirección del eje X, para una edificación de albañilería confinada de dos pisos con $H = 5.20$ m.	172
Figura A.1: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV2.	190
Figura A.2: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV3.	191

Figura A.3: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV4.	191
Figura A.4: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV5.	192
Figura A.5: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV9.	192
Figura A.6: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV6.	193
Figura A.7: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV7.	193
Figura A.8: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV12.	194
Figura A.9: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV14.	194
Figura A.10: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda AHSL24.	195
Figura A.11: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV2.	199
Figura A.12: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV3.	199
Figura A.13: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV4.	200
Figura A.14: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV5.	200
Figura A.15: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV9.	201
Figura A.16: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV6.	201
Figura A.17: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV7.	202
Figura A.18: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV12.	202
Figura A.19: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV14.	203
Figura A.20: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda AHSL24.	203
Figura A.21: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV2.	204
Figura A.22: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV3.	204
Figura A.23: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV4.	205
Figura A.24: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV5.	205
Figura A.25: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV9.	205
Figura A.26: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV6.	206
Figura A.27: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV7.	206
Figura A.28: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV12.	206
Figura A.29: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV14.	207
Figura A.30: Modelo estructural 3D de la Vivienda AHSL24.	207

Figura C.1: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 1.50$ .	258
Figura C.2: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 2.00$ .	258
Figura C.3: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 2.50$ .	259
Figura C.4: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 0.50$ .	259
Figura C.5: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 1.00$ .	260
Figura C.6: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 1.50$ .	260
Figura E.1: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 1.50$ .	311
Figura E.2: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 2.00$ .	311
Figura E.3: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa = 2.50$ .	312
Figura E.4: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 0.50$ .	312
Figura E.5: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 1.00$ .	313

Figura E.6: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa = 1.50$ .	313
Figura E.7: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa=1.50$ .	314
Figura E.8: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa=2.00$ .	314
Figura E.9: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F1 con $\kappa=2.50$ .	315
Figura E.10: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa=0.50$ .	315
Figura E.11: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa=1.00$ .	316
Figura E.12: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F2 con $\kappa=1.50$ .	316
Figura E.13: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación, para los casos paramétricos con $e_x/r = 0.00$ .	317
Figura E.14: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación, para los casos paramétricos con $e_x/r = 0.30$ .	318

- Figura E.15: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.60$ . 318
- Figura E.16: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral, en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1. 319
- Figura E.17: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral, en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2. 319
- Figura F.1: Planos de arquitectura de la vivienda confinada de dos pisos analizada mediante el MSAS (según Blondet, 2005). 320

## LISTA DE SÍMBOLOS Y SIGLAS

- a** Dimensión longitudinal de la planta en la dirección del eje Y (m).
- $a_x$**  Aceleración traslacional del CM en la dirección del eje X ( $m/s^2$ ).
- $a_{x1}$**  Aceleración traslacional del CM del primer piso en la dirección del eje X ( $m/s^2$ ).
- $a_{x2}$**  Aceleración traslacional del CM del segundo piso en la dirección del eje X ( $m/s^2$ ).
- $a_y$**  Aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y ( $m/s^2$ ).
- $a_{y1}$**  Aceleración traslacional del CM del primer piso en la dirección del eje Y ( $m/s^2$ ).
- $a_{y2}$**  Aceleración traslacional del CM del segundo piso en la dirección del eje Y ( $m/s^2$ ).
- $A_p$**  Área de la planta de la edificación ( $m^2$ ).
- $A_s$**  Área de corte de la sección transversal del muro de albañilería confinada ( $m^2$ ).
- $A_{si}$**  Área de corte de la sección transversal del i-ésimo muro de albañilería confinada ( $m^2$ ).
- $A_{smp}$**  Área de corte de la sección transversal del muro patrón ( $m^2$ ).
- $A_{sXA}$**  Área de corte de la sección transversal del muro XA ( $m^2$ ).
- $A_{sXB}$**  Área de corte de la sección transversal del muro XB ( $m^2$ ).
- $A_{sYA}$**  Área de corte de la sección transversal del muro YA ( $m^2$ ).
- $A_{sYB}$**  Área de corte de la sección transversal del muro YB ( $m^2$ ).
- $A_{sYC}$**  Área de corte de la sección transversal del muro YC ( $m^2$ ).
- b** Dimensión longitudinal de la planta en la dirección del eje X (m).
- B** Peralte de las columnas de confinamiento del muro de albañilería confinada (m).
- $B_i$**  Peralte de las columnas de confinamiento del i-ésimo muro de albañilería confinada (m).
- $B_{mp}$**  Peralte de las columnas de confinamiento del muro patrón (m).
- B** Matriz de transformación de coordenadas.
- $c_i$**  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro.



- $C_{xi}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro orientado en la dirección del eje X.
- $C_{yi}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro orientado en la dirección del eje Y.
- $C_{XA}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del muro XA.
- $C_{XB}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del muro XB.
- $C_{YA}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del muro YA.
- $C_{YB}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del muro YB.
- $C_{YC}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral del muro YC.
- $C_1$  Constante de proporcionalidad entre la masa concentrada de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl, y el área de piso ( $Tn \cdot s^2/m^3$ ).
- $C_2$  Constante de proporcionalidad entre la rigidez traslacional de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl, y la sumatoria de las áreas de corte de los muros ( $Tn/m^3$ ).
- $C_3$  Constante de proporcionalidad entre el periodo de vibración traslacional de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl, y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros (s).
- $C$  Factor de amplificación sísmica (Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente).
- $C_w$  Coeficiente sísmico.
- $C_{wx1}$  Coeficiente sísmico de la fuerza cortante del primer entrepiso en la dirección del eje X.
- $C_{wx2}$  Coeficiente sísmico de la fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje X.
- $C_{wy1}$  Coeficiente sísmico de la fuerza cortante del primer entrepiso en la dirección del eje Y.
- $C_{wy2}$  Coeficiente sísmico de la fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y.
- $C_{XX}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez traslacional de la estructura en la dirección del eje X.
- $C_{YY}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez traslacional de la estructura en la dirección del eje Y.
- $C_{Y\theta}$  Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez traslacional torsionalmente acoplada de la estructura en la dirección del eje Y (m).

$C_{\theta\theta}$	Constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez torsional de la estructura ( $m^2$ ).
$C_{Tx}$	Coefficiente del periodo de vibración traslacional de la edificación en la dirección del eje X.
$C_{Ty}$	Coefficiente del periodo de vibración traslacional de la edificación en la dirección del eje Y.
$C_{\Omega x}$	Coefficiente del grado de acoplamiento torsional de la edificación en la dirección del eje X.
$C_{\Omega y}$	Coefficiente del grado de acoplamiento torsional de la edificación en la dirección del eje Y.
CG	Centro geométrico.
CM	Centro de masas.
CR	Centro de rigidez.
$d_i$	Distancia entre el i-ésimo muro de albañilería confinada y el CM (m).
$d_x$	Distancia entre el muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X y el CM (m).
$d_{xi}$	Distancia entre el i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X y el CM (m).
$d_y$	Distancia entre el muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y y el CM (m).
$d_{yi}$	Distancia entre el i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y y el CM (m).
$d_{iCR}$	Distancia entre el i-ésimo muro de albañilería confinada y el CR (m).
$d_{CR}$	Distancia entre el muro de albañilería confinada y el CR (m).
D	Densidad de muros.
$D_x$	Densidad de muros orientados en la dirección del eje X (%).
$D_y$	Densidad de muros orientados en la dirección del eje Y (%).
$e_x$	Excentricidad estática en la dirección del eje X (m).
$e_{xi}$	Excentricidad estática en la dirección del eje X, correspondiente al i-ésimo piso (m).
$e_{x1}$	Excentricidad estática en la dirección del eje X, correspondiente al primer piso (m).
$e_{x2}$	Excentricidad estática en la dirección del eje X, correspondiente al segundo piso (m).
$e_y$	Excentricidad estática en la dirección del eje Y (m).

$e_{yi}$	Excentricidad estática en la dirección del eje Y, correspondiente al i-ésimo piso (m).
$e_{y1}$	Excentricidad estática en la dirección del eje Y, correspondiente al primer piso (m).
$e_{y2}$	Excentricidad estática en la dirección del eje Y, correspondiente al segundo piso (m).
$E_a$	Módulo de elasticidad de la albañilería ( $Tn/m^2$ ).
$E_c$	Módulo de elasticidad del concreto ( $Tn/m^2$ ).
$f'_a$	Resistencia a la compresión axial de la albañilería ( $Tn/m^2$ ).
$f'_c$	Resistencia a la compresión axial del concreto ( $Tn/m^2$ ).
$F$	Respuesta sísmica máxima debido a la combinación de las respuestas modales de la estructura.
$f_m$	Respuesta sísmica máxima asociada al m-ésimo modo de vibración de la estructura.
$f_n$	Respuesta sísmica máxima asociada al n-ésimo modo de vibración de la estructura.
$F_{xi}$	Fuerza de inercia traslacional en el i-ésimo piso, según la dirección del eje X (Tn).
$F_{yi}$	Fuerza de inercia traslacional en el i-ésimo piso, según la dirección del eje Y (Tn).
$F1$	Familia de viviendas 1.
$F2$	Familia de viviendas 2.
$F_n$	Vector fuerza modal máxima de la estructura, correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
$g$	Aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).
$gdl$	Grado de libertad.
$G_a$	Módulo de corte de la albañilería ( $Tn/m^2$ ).
$G_c$	Módulo de corte del concreto ( $Tn/m^2$ ).
$h$	Altura de piso (m).
$H$	Altura total de la edificación (m).
$I$	Momento de inercia de la sección transversal del muro de albañilería confinada ( $m^4$ ).
$I_i$	Momento de inercia de la sección transversal del i-ésimo muro de albañilería confinada ( $m^4$ ).
$I_{mp}$	Momento de inercia de la sección transversal del muro patrón ( $m^4$ ).

$I_{XA}$	Momento de inercia de la sección transversal del muro XA ( $m^4$ ).
$I_{XB}$	Momento de inercia de la sección transversal del muro XB ( $m^4$ ).
$I_{YA}$	Momento de inercia de la sección transversal del muro YA ( $m^4$ ).
$I_{YB}$	Momento de inercia de la sección transversal del muro YB ( $m^4$ ).
$I_{YC}$	Momento de inercia de la sección transversal del muro YC ( $m^4$ ).
J	Momento de inercia de una estructura ( $Tn \cdot s^2 \cdot m$ ).
k	Rigidez traslacional de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl ( $Tn/m$ ).
$k_x^*$	Coefficiente de rigidez lateral del muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X.
$k_{xi}^*$	Coefficiente de rigidez lateral del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X.
$k_y^*$	Coefficiente de rigidez lateral del muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y.
$k_{yi}^*$	Coefficiente de rigidez lateral del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y.
$K_x^*$	Coefficiente de rigidez traslacional de la edificación en la dirección del eje X.
$K_y^*$	Coefficiente de rigidez traslacional de la edificación en la dirección del eje Y.
$K_\theta^*$	Coefficiente de rigidez torsional de la edificación.
K	Matriz de rigidez de la estructura con respecto al CM.
$K^*$	Matriz de rigidez lateral del muro patrón ( $Tn/m$ ).
$K_{mp}$	Matriz de rigidez del muro patrón.
$K_{xi}$	Matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X ( $Tn/m$ ).
$K_{yi}$	Matriz de rigidez lateral del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y ( $Tn/m$ ).
$K_{CR}$	Matriz de rigidez de la estructura con respecto al CR.
$K_{XX}$	Matriz de rigidez traslacional de la estructura en la dirección del eje X ( $Tn/m$ ).
$K_{XY}$	Matriz de rigidez traslacional de la estructura en la dirección del eje X, traslacionalmente acoplada en la dirección del eje Y ( $Tn/m$ ).
$K_{X\theta}$	Matriz de rigidez traslacional torsionalmente acoplada de la estructura en la dirección del eje X ( $Tn$ ).

$K_{\theta X}$	Matriz de rigidez torsional de la estructura, traslacionalmente acoplada en la dirección del eje X (Tn).
$K_{YY}$	Matriz de rigidez traslacional de la estructura en la dirección del eje Y (Tn/m).
$K_{YX}$	Matriz de rigidez traslacional de la estructura en la dirección del eje Y, traslacionalmente acoplada en la dirección del eje X (Tn/m).
$K_{Y\theta}$	Matriz de rigidez traslacional torsionalmente acoplada de la estructura en la dirección del eje Y (Tn).
$K_{\theta Y}$	Matriz de rigidez torsional de la estructura, traslacionalmente acoplada en la dirección del eje Y (Tn).
$K_{\theta\theta}$	Matriz de rigidez torsional de la estructura (Tn·m).
$K_{\theta\theta CR}$	Matriz de rigidez torsional de la estructura con respecto al CR (Tn·m).
$l_i$	Distancia entre la i-ésima masa puntual de la estructura y el CM (m).
$L$	Longitud del muro de albañilería confinada (m).
$L_i$	Longitud del i-ésimo muro de albañilería confinada (m).
$L_{mp}$	Longitud del muro patrón (m).
$L_{mpx}$	Longitud del muro patrón orientado en la dirección del eje X (m).
$L_{mpy}$	Longitud del muro patrón orientado en la dirección del eje Y (m).
$L_x$	Longitud del muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X (m).
$L_{xi}$	Longitud del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X (m).
$L_{XA}$	Longitud del muro XA (m).
$L_{XB}$	Longitud del muro XB (m).
$L_y$	Longitud del muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y (m).
$L_{yi}$	Longitud del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y (m).
$L_{YA}$	Longitud del muro YA (m).
$L_{YB}$	Longitud del muro YB (m).
$L_{YC}$	Longitud del muro YC (m).
$m$	Masa concentrada de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl (Tn·s <sup>2</sup> /m).
$m_i$	Masa puntual i-ésima de la estructura (Tn·s <sup>2</sup> /m).
$m_1$	Masa traslacional total concentrada en el primer piso (Tn·s <sup>2</sup> /m).

- $m_2$  Masa traslacional total concentrada en el segundo piso ( $Tn \cdot s^2/m$ ).
- $M$  Masa traslacional total de la estructura ( $Tn \cdot s^2/m$ ).
- $M_{AX1}$  Momento de torsión en planta accidental del primer entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{AX2}$  Momento de torsión en planta accidental del segundo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{AY1}$  Momento de torsión en planta accidental del primer entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{AY2}$  Momento de torsión en planta accidental del segundo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_e$  Momento flector del muro de albañilería confinada debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{ei}$  Momento flector del  $i$ -ésimo muro de albañilería confinada debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{eYA1}$  Momento flector del muro YA en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{eYA2}$  Momento flector del muro YA en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{eYB1}$  Momento flector del muro YB en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{eYB2}$  Momento flector del muro YB en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{eYC1}$  Momento flector del muro YC en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{eYC2}$  Momento flector del muro YC en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{zi}$  Momento de torsión en planta actuante en el  $i$ -ésimo piso ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{EZ}$  Momento de torsión en planta de entrepiso debido, a la acción del sismo severo ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{EZX}$  Momento de torsión en planta de entrepiso debido, a la acción del sismo severo en la dirección del eje X ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{EZXi}$  Momento de torsión en planta del  $i$ -ésimo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X ( $Tn \cdot m$ ).
- $M_{EZX1}$  Momento de torsión en planta del primer entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X ( $Tn \cdot m$ ).

- $M_{EZX2}$  Momento de torsión en planta del segundo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X (Tn·m).
- $M_{EZY}$  Momento de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y (Tn·m).
- $M_{EZYi}$  Momento de torsión en planta del i-ésimo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y (Tn·m).
- $M_{EZY1}$  Momento de torsión en planta del primer entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y (Tn·m).
- $M_{EZY2}$  Momento de torsión en planta del segundo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y (Tn·m).
- $M_{TX1}$  Momento de torsión en planta total del primer entrepiso, debido a la acción del sismo moderado en la dirección del eje X (Tn·m).
- $M_{TY1}$  Momento de torsión en planta total del primer entrepiso, debido a la acción del sismo moderado en la dirección del eje Y (Tn·m).
- METP Modelo Estructural Tridimensional Paramétrico.
- MSAS Método Simplificado de Análisis Sísmico.
- M** Matriz de masa de la estructura.
- $M_x$  Matriz de masa de la estructura correspondiente a los gdl's en la dirección del eje X (Tn·s<sup>2</sup>/m).
- n Relación entre los módulos de elasticidad del concreto y de la albañilería.
- np Número de pisos de la edificación.
- $p_{xn}$  Porcentaje de masa participativa en la dirección del eje X, correspondiente al n-ésimo modo de vibración (%).
- $p_{RZ}$  Porcentaje de masa participativa de los gdl's torsionales de la estructura (%).
- $p_{UX}$  Porcentaje de masa participativa de los gdl's traslacionales de la estructura en la dirección del eje X (%).
- $p_{UY}$  Porcentaje de masa participativa de los gdl's traslacionales de la estructura en la dirección del eje Y (%).
- $P_g$  Fuerza axial del muro de albañilería confinada debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- $P_{gi}$  Fuerza axial del i-ésimo muro de albañilería confinada debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- $P_{gYA1}$  Fuerza axial del muro YA en el primer piso, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).

- $P_{gYA2}$  Fuerza axial del muro YA en el segundo piso, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- $P_{gYB1}$  Fuerza axial del muro YB en el primer piso, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- $P_{gYB2}$  Fuerza axial del muro YB en el segundo piso, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- $P_{gYC1}$  Fuerza axial del muro YC en el primer piso, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- $P_{gYC2}$  Fuerza axial del muro YC en el segundo piso, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (Tn).
- P3D Pseudo-tridimensional.
- $r$  Radio medio de giro de la estructura (m).
- $r^*$  Radio de giro de una superficie rectangular (m).
- $r_{F1}$  Radio medio de giro de los METP's de los casos paramétricos tipo F1 (m).
- $r_{F2}$  Radio medio de giro de los METP's de los casos paramétricos tipo F2 (m).
- R Coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente).
- S Factor de suelo (Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente).
- $S_a$  Aceleración espectral ( $m/s^2$ ).
- $S_{an}$  Aceleración espectral correspondiente al n-ésimo modo de vibración ( $m/s^2$ ).
- $t$  Espesor del muro de albañilería confinada (m).
- $t_i$  Espesor del i-ésimo muro de albañilería confinada (m).
- $t_{mp}$  Espesor del muro patrón (m).
- $t_x$  Espesor del muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X (m).
- $t_{xi}$  Espesor del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X (m).
- $t_{xA}$  Espesor del muro XA (m).
- $t_{xB}$  Espesor del muro XB (m).
- $t_y$  Espesor del muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y (m).



$t_{yi}$	Espesor del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y (m).
$t_{YA}$	Espesor del muro YA (m).
$t_{YB}$	Espesor del muro YB (m).
$t_{YC}$	Espesor del muro YC (m).
$u_{i1}$	Desplazamiento lateral del i-ésimo muro en el primer piso (m).
$u_{i2}$	Desplazamiento lateral del i-ésimo muro en el segundo piso (m).
$U$	Coefficiente de uso e importancia (Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente).
$U_g$	Desplazamiento traslacional del suelo (m).
$U_{gx}$	Desplazamiento traslacional del suelo en la dirección del eje X (m).
$U_{gy}$	Desplazamiento traslacional del suelo en la dirección del eje Y (m).
$U_x$	Desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje X (m).
$U_{x1}$	Desplazamiento traslacional del CM del primer piso en la dirección del eje X (m).
$U_{x2}$	Desplazamiento traslacional del CM del segundo piso en la dirección del eje X (m).
$U_y$	Desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y (m).
$U_{yi}$	Desplazamiento traslacional del CM del i-ésimo piso en la dirección del eje Y (m).
$U_{yICR}$	Desplazamiento traslacional del CR del i-ésimo piso en la dirección del eje Y (m).
$U_{y1}$	Desplazamiento traslacional del CM del primer piso en la dirección del eje Y (m).
$U_{y2}$	Desplazamiento traslacional del CM del segundo piso en la dirección del eje Y (m).
$u_i$	Vector desplazamiento lateral del i-ésimo muro (m).
$U$	Vector desplazamiento de los CM's de la estructura.
$U_n$	Vector desplazamiento modal máximo de la estructura, correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
$U_x$	Vector desplazamiento traslacional de la estructura en la dirección del eje X (m).
$U_y$	Vector desplazamiento traslacional de la estructura en la dirección del eje Y (m).
$U_{CR}$	Vector desplazamiento de los CR's de la estructura.

- $v'_a$  Resistencia característica al corte de la albañilería ( $Tn/m^2$ ).
- $V_e$  Fuerza cortante del muro de albañilería confinada debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{ed}$  Fuerza cortante directa del muro de albañilería confinada debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{ei}$  Fuerza cortante del  $i$ -ésimo muro de albañilería confinada debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{et}$  Fuerza cortante por torsión del muro de albañilería confinada debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eXA}$  Fuerza cortante del muro XA debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eXA1}$  Fuerza cortante del muro XA en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eXA2}$  Fuerza cortante del muro XA en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eYA1}$  Fuerza cortante del muro YA en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eYA2}$  Fuerza cortante del muro YA en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eYB1}$  Fuerza cortante del muro YB en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eYB2}$  Fuerza cortante del muro YB en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eYC1}$  Fuerza cortante del muro YC en el primer piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_{eYC2}$  Fuerza cortante del muro YC en el segundo piso, debido a la acción del sismo moderado ( $Tn$ ).
- $V_E$  Fuerza cortante de entrepiso debido a la acción del sismo severo ( $Tn$ ).
- $V_{EX}$  Fuerza cortante de entrepiso en la dirección del eje X, debido a la acción del sismo severo ( $Tn$ ).
- $V_{EXi}$  Fuerza cortante del  $i$ -ésimo entrepiso en la dirección del eje X, debido a la acción del sismo severo ( $Tn$ ).
- $V_{EX1}$  Fuerza cortante del primer entrepiso en la dirección del eje X, debido a la acción del sismo severo ( $Tn$ ).
- $V_{EX2}$  Fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje X, debido a la acción del sismo severo ( $Tn$ ).

$V_{EY}$	Fuerza cortante de entrepiso en la dirección del eje Y, debido a la acción del sismo severo (Tn).
$V_{EYi}$	Fuerza cortante del i-ésimo entrepiso en la dirección del eje Y, debido a la acción del sismo severo (Tn).
$V_{EY1}$	Fuerza cortante del primer entrepiso en la dirección del eje Y, debido a la acción del sismo severo (Tn).
$V_{EY2}$	Fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y, debido a la acción del sismo severo (Tn).
$V_m$	Resistencia al agrietamiento diagonal del muro de albañilería confinada (Tn).
$V_{mi}$	Resistencia al agrietamiento diagonal del i-ésimo muro de albañilería confinada (Tn).
$V_{mxi}$	Resistencia al agrietamiento diagonal del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje X (Tn).
$V_{myi}$	Resistencia al agrietamiento diagonal del i-ésimo muro de albañilería confinada orientado en la dirección del eje Y (Tn).
VPA	Valores Paramétricos Acoplados.
VPD	Valores Paramétricos Desacoplados.
$W_p$	Peso sísmico de piso (Tn).
W	Peso sísmico total de la edificación (Tn).
$x_{CM}$	Posición del CM en la dirección del eje X (m).
$x_{CMi}$	Posición del CM del i-ésimo piso en la dirección del eje X (m).
$x_{CM1}$	Posición del CM del primer piso en la dirección del eje X (m).
$x_{CM2}$	Posición del CM del segundo piso en la dirección del eje X (m).
$x_{CR}$	Posición del CR en la dirección del eje X (m).
$x_{CR1}$	Posición del CR del primer piso en la dirección del eje X (m).
$x_{CR2}$	Posición del CR del segundo piso en la dirección del eje X (m).
$y_{CM}$	Posición del CM en la dirección del eje Y (m).
$y_{CMi}$	Posición del CM del i-ésimo piso en la dirección del eje Y (m).
$y_{CM1}$	Posición del CM del primer piso en la dirección del eje Y (m).
$y_{CM2}$	Posición del CM del segundo piso en la dirección del eje Y (m).
$y_{CR}$	Posición del CR en la dirección del eje Y (m).
$y_{CR1}$	Posición del CR del primer piso en la dirección del eje Y (m).
$y_{CR2}$	Posición del CR del segundo piso en la dirección del eje Y (m).

- $z_n$  Función solución de la ecuación diferencial del movimiento del sistema estructural de un gdl, correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
- $Z$  Factor de zona (Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente).
- $\alpha$  Factor de reducción de la resistencia al corte por efectos de esbeltez del muro de albañilería confinada.
- $\alpha_i$  Factor de reducción de la resistencia al corte por efectos de esbeltez del i-ésimo muro de albañilería confinada.
- $\beta$  Factor de amplificación dinámica.
- $\beta_x$  Factor de amplificación dinámica en la dirección del eje X.
- $\beta_y$  Factor de amplificación dinámica en la dirección del eje Y.
- $\Gamma_n$  Factor de participación modal correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
- $\Gamma_{xn}$  Factor de participación modal en la dirección del eje X, correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
- $\Gamma_{RZ}$  Factor de participación modal de los gdl's torsionales de la estructura.
- $\Gamma_{UX}$  Factor de participación modal de los gdl's traslacionales de la estructura en la dirección del eje X.
- $\Gamma_{UY}$  Factor de participación modal de los gdl's traslacionales de la estructura en la dirección del eje Y.
- $\Delta_x$  Desplazamiento lateral relativo de entrepiso en la dirección del eje X (m).
- $\Delta_{x1}$  Desplazamiento lateral relativo del primer entrepiso en la dirección del eje X (m).
- $\Delta_{x2}$  Desplazamiento lateral relativo del segundo entrepiso en la dirección del eje X (m).
- $\Delta_y$  Desplazamiento lateral relativo de entrepiso en la dirección del eje Y (m).
- $\Delta_{y1}$  Desplazamiento lateral relativo del primer entrepiso en la dirección del eje Y (m).
- $\Delta_{y2}$  Desplazamiento lateral relativo del segundo entrepiso en la dirección del eje Y (m).
- $\zeta$  Razón de amortiguamiento crítico constante para todos los modos de vibración.

$\zeta_n$	Razón de amortiguamiento crítico correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
$\theta_z$	Desplazamiento rotacional del CM alrededor de su eje vertical (rad).
$\theta_{zi}$	Desplazamiento rotacional del CM del i-ésimo piso alrededor de su eje vertical (rad).
$\theta_{ziCR}$	Desplazamiento rotacional del CR del i-ésimo piso alrededor de su eje vertical (rad).
$\theta_{z1}$	Desplazamiento rotacional del CM del primer piso alrededor de su eje vertical (rad).
$\theta_{z2}$	Desplazamiento rotacional del CM del segundo piso alrededor de su eje vertical (rad).
$\theta_z$	Vector desplazamiento rotacional de la estructura alrededor de los ejes verticales que pasan por los CM's (rad).
$\theta_{zCR}$	Vector desplazamiento rotacional de la estructura alrededor de los ejes verticales que pasan por los CR's (rad).
$\kappa$	Razón de aspecto de la planta de la edificación.
$\lambda$	Solución mínima del problema de valores propios ( $1/s^2$ ).
$\mu_a$	Coefficiente de Poisson de la albañilería.
$\mu_c$	Coefficiente de Poisson del concreto.
$\rho_{nm}$	Coefficiente intermodal de los n-ésimo y m-ésimo modos de vibración (Método de combinación modal CQC).
$T$	Periodo de vibración de la estructura (s).
$T'$	Periodo de vibración traslacional de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl (s).
$T_n$	Periodo correspondiente al n-ésimo modo de vibración de la estructura (s).
$T_p$	Periodo de vibración del suelo (s).
$T_x$	Periodo de vibración traslacional de la estructura en la dirección del eje X (s).
$T_y$	Periodo de vibración traslacional de la estructura en la dirección del eje Y (s).
$\Phi$	Razón entre la rigidez por flexión y la rigidez por corte de un muro de albañilería confinada.
$\Phi_{mp}$	Razón entre la rigidez por flexión y la rigidez por corte del muro patrón.
$\Phi_n$	Vector forma de modo correspondiente al n-ésimo modo de vibración.

- $\Phi_{xn}$  Vector forma de modo en la dirección del eje X, correspondiente al n-ésimo modo de vibración.
- $\omega_n$  Frecuencia de vibración correspondiente al n-ésimo modo de vibración (rad/s).
- $\omega_x$  Frecuencia de vibración traslacional en la dirección del eje X (rad/s).
- $\omega_y$  Frecuencia de vibración traslacional en la dirección del eje Y (rad/s).
- $\omega_\theta$  Frecuencia de vibración torsional alrededor del eje vertical que pasa por el CM (rad/s).
- $\omega_{\theta CR}$  Frecuencia de vibración torsional alrededor del eje vertical que pasa por el CR (rad/s).
- $\Omega$  Grado de acoplamiento torsional.
- $\Omega_x$  Grado de acoplamiento torsional en la dirección del eje X.
- $\Omega_y$  Grado de acoplamiento torsional en la dirección del eje Y.
- 
- 3D Tridimensional.
- 0 Matriz nula ó vector nulo.
- 1 Matriz unitaria ó vector unitario.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación trata sobre el estudio del comportamiento sísmico de un tipo de estructura particularmente importante e interesante: las edificaciones de albañilería confinada. La importancia de este tipo de edificaciones, y el interés que generan dentro del campo de acción de la Ingeniería Civil, se basan principalmente en su utilización generalizada en zonas urbanas de Perú y de América Latina para la construcción informal (autoconstrucción) de viviendas familiares.

Este fenómeno se debe en parte a las condiciones socioeconómicas de un amplio sector de la población que, conscientes o inconscientes de las consecuencias, deciden diseñar, estructurar y construir sus viviendas de modo empírico, sin contar con la asistencia técnica de ingenieros civiles o arquitectos, debido a que no cuentan con los recursos económicos suficientes para asumir tal costo.

Por otra parte, este fenómeno también tiene un trasfondo cultural. La construcción de viviendas de albañilería confinada es sencilla y no requiere de ningún tipo de maquinaria, tecnología o conocimientos especializados. Por este motivo, la construcción de este tipo de viviendas se realiza en base a un conocimiento empírico dominado por las poblaciones que autoconstruyen, el cual es transmitido de generación en generación, en el mejor de los casos, con el apoyo de un "maestro de obras".

Sin embargo, a pesar de constituir un conocimiento dominado y una práctica generalizada, la autoconstrucción produce una gran cantidad de viviendas de albañilería confinada muy vulnerables frente a movimientos sísmicos de gran magnitud. Esto se ha podido constatar en muchos de los eventos sísmicos ocurridos en Perú, en América Latina y en otras partes del mundo. Entre los ejemplos más cercanos y recientes se pueden mencionar los sismos de Pisco (Perú, 2007) y de Concepción (Chile, 2010), eventos cuyas trágicas consecuencias (pérdidas humanas y materiales), principalmente para las poblaciones más pobres de ambos países, motivaron y reforzaron el interés del

autor por estudiar el comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada de baja altura.

Contrariamente a lo que se podría suponer, algunos estudios en el tema han demostrado que la vulnerabilidad sísmica de muchas viviendas de albañilería confinada producto de la autoconstrucción no se debe a las deficiencias constructivas, sino a la estructuración inadecuada y a la utilización de materiales de mala calidad (ladrillos artesanales) o no apropiados (ladrillos huecos o "pandereta").

En este sentido, uno de los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación fue realizar un análisis de sensibilidad, que consistió en estudiar las características geométricas, inerciales y estructurales de un grupo de viviendas reales de albañilería confinada. El análisis de sensibilidad y la revisión de los antecedentes bibliográficos constituyeron la base para alcanzar el segundo objetivo de la investigación, a saber, la identificación de los parámetros geométricos y dinámicos que gobiernan el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada.

Como se muestra en la presente investigación, el análisis paramétrico es una metodología que permite generar un gran número de estructuras con características diferentes, denominadas "casos paramétricos", a partir de un número reducido de viviendas reales. Las características propias de cada caso paramétrico están completamente definidas por los valores numéricos asignados a los parámetros seleccionados para el estudio de la estructura en cuestión. De esta manera, los casos paramétricos son definidos por las diferentes combinaciones posibles de los valores numéricos que pueden asumir cada uno de los parámetros en estudio.

En el presente trabajo de investigación se lograron generar 142 casos paramétricos que fueron sometidos a un análisis sísmico, a través de la formulación del Modelo Estructural Tridimensional Paramétrico (METP), considerando las propiedades mecánicas y resistentes de los materiales que típicamente se utilizan en la autoconstrucción.



Los resultados obtenidos del análisis sísmico de los 142 casos paramétricos permitieron cumplir con el objetivo de comprender la influencia que tienen los parámetros estudiados en la respuesta sísmica elástica de este tipo de estructuras. A su vez, esto posibilitó la consecución del objetivo más importante del trabajo de investigación: la formulación de un Método Simplificado de Análisis Sísmico (MSAS) lineal elástico de las edificaciones de albañilería confinada, que pueda ser aplicado en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales existentes, y que proporcione lineamientos para la correcta estructuración de las viviendas por construir.

Es importante señalar que el documento que contiene las características geométricas del grupo de viviendas reales de albañilería confinada utilizadas en el análisis de sensibilidad (Valdiviezo, 2003), fue obtenido a través de la Gerencia de Investigación y Normalización de SENCICO. Dicho documento es un estudio de la vulnerabilidad sísmica de treinta viviendas de albañilería confinada producto de la autoconstrucción, ubicadas en dos asentamientos humanos de la ciudad de Ica, Perú.

De este grupo de viviendas se seleccionaron diez, que fueron agrupadas en dos familias de cinco viviendas cada una, con características geométricas y configuraciones estructurales similares entre sí. A pesar de que ambas familias están compuestas, tanto por viviendas de un piso, como por viviendas de dos pisos, a lo largo de toda la investigación se trabajó con edificaciones de dos pisos únicamente. Esto se debe a que las viviendas de dos pisos son más comunes y numerosas que las de un piso. Además, la experiencia y los estudios relacionados al tema indican que, en la mayoría de casos, las viviendas de un piso están inconclusas, y que por lo tanto, en el mediano o largo plazo, se convertirán en viviendas de dos pisos.

La importancia de este tema de investigación radica en el potencial desastre que sufriría el Perú ante un eventual movimiento sísmico de gran magnitud. Si esto ocurre en Lima o en otras ciudades altamente urbanizadas, donde la cantidad de viviendas informales (concentradas principalmente en asentamientos humanos) es inmensa, el riesgo de perder una gran cantidad de vidas humanas y cuantiosas pérdidas materiales es muy grande. Se sabe también que las

consecuencias afectarían directamente a las poblaciones con menos recursos económicos.

Desde el lado académico de la Ingeniería Civil se han hecho algunos esfuerzos por abordar el tema con la seriedad y el profesionalismo que este problema amerita. Se han realizado estudios sobre las características reales de las viviendas producto de la autoconstrucción, las propiedades mecánicas de los materiales que las conforman, el comportamiento sísmico de estas estructuras, entre otros. Además, algunos estudios indican algunos criterios sencillos que se deben tener en cuenta para estructurar y diseñar viviendas sismo resistentes producto de la autoconstrucción.

Entre las instituciones más importantes del Perú que se han preocupado por realizar diversos estudios en los campos previamente mencionados se encuentran el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Así, por ejemplo, en el tema de la autoconstrucción, el Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil (IIFIC) de la UNI ha llevado a cabo recientemente el proyecto de investigación “Enfoque y Alternativas de Solución al Problema de la Vivienda de Autoconstrucción”, en cuyo marco se han desarrollado cuatro Tesis de Grado.

Sin embargo, a través del tiempo se ha comprobado que las conclusiones de todos estos trabajos de investigación, a pesar de ser bastante útiles, no han tenido la trascendencia y el impacto masivo necesarios para disminuir sustantivamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de autoconstrucción existentes y por construir. Esto significa que durante las últimas décadas, la Ingeniería Civil ha venido encontrando soluciones al problema de la autoconstrucción, y sin embargo, no se manifiesta decisión e interés suficiente, por parte del Estado, de las empresas privadas del sector construcción, ni de la sociedad en su conjunto, para promover y ejecutar programas nacionales de prevención y mitigación de las deficiencias estructurales de este tipo de viviendas.

Por otro lado, uno de los retos pendientes de la Ingeniería Civil es incluir el tema de la autoconstrucción en la normativa vigente. La autoconstrucción es una realidad que no va a desaparecer fácilmente, debido a que se fundamenta en razones socioeconómicas que trascienden la Ingeniería Civil, por lo que no es suficiente que las normas técnicas señalen que ese tipo de construcciones son inadecuadas, sino que es necesario que den lineamientos especiales que contemplen estos casos en particular. Esto también sería una manera de reducir la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada producto de la autoconstrucción.

En la perspectiva descrita, el presente trabajo de investigación está organizado en seis capítulos. En el Capítulo I se muestra la revisión de los antecedentes bibliográficos y se presentan los conceptos básicos acerca de la albañilería confinada y del análisis paramétrico de las edificaciones. En el Capítulo II se desarrolla el análisis de sensibilidad de las dos familias de viviendas reales de albañilería confinada de dos pisos, y se exponen los resultados obtenidos. En el Capítulo III se seleccionan los parámetros a estudiar, se definen los casos paramétricos y se desarrolla la formulación del METP. En el Capítulo IV se explican los fundamentos del análisis sísmico dinámico modal-espectral, se define el espectro sísmico y los estados de carga utilizados, y se describe la elaboración de los METP's, mediante el uso de un programa de cómputo con el que se llevó a cabo el análisis sísmico tridimensional. En el Capítulo V se presenta el análisis de los resultados a partir de las respuestas sísmicas obtenidas, tales como el periodo de vibración traslacional, la fuerza cortante de entrepiso, el momento de torsión en planta, la distorsión lateral de entrepiso, entre otros. Por último, en el Capítulo VI se presenta la definición y la validación del MSAS, cuyas expresiones simplificadas para estimar el periodo de vibración traslacional y la densidad de muros mínimas son comparadas con las propuestas por algunas normativas nacionales e internacionales.

El análisis desarrollado a lo largo de la presente investigación consideró como hipótesis de trabajo que las edificaciones de albañilería confinada están cimentadas en un terreno plano, y que todos los muros están perfectamente empotrados en su base, por lo que no existen problemas de cimentación. Asimismo, se asumió que las dos losas de piso de las edificaciones estudiadas

se comportan como diafragmas rígidos. Además, se consideró que las edificaciones están ubicadas en la zona sísmica 3 de Perú y en un suelo con perfil tipo  $S_3$  (SENCICO, 2003).

Con respecto a los muros estructurales de las edificaciones de albañilería confinada estudiadas, se consideró que están orientados en dos direcciones ortogonales entre sí, las cuales son paralelas a los lados de la planta rectangular de la edificación. También se asumió que todos los muros son continuos en altura, y tienen, por lo menos, dos columnas de confinamiento (una en cada extremo).

Es importante señalar que los resultados obtenidos en la presente investigación están limitados al rango de comportamiento lineal elástico de las estructuras en cuestión. La realización de un análisis estructural no lineal no fue parte de los alcances de la presente investigación. Además, el estudio de la interacción suelo-estructura tampoco estuvo dentro de los objetivos del trabajo de investigación. Por lo tanto, la influencia de las características del suelo y de la cimentación en el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada no ha sido motivo de estudio. Asimismo, no se tomó en cuenta la influencia que tienen las deficiencias constructivas en el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada.

Por otro lado, el presente trabajo de investigación tiene una serie de ventajas consistentes frente a otros trabajos relacionados al tema en cuestión. Una de las ventajas más importantes es que los resultados están basados en la consideración sistemática de las características reales de las viviendas de albañilería confinada producto de la autoconstrucción. En todo momento se tuvo como objetivo principal tomar en cuenta la forma y las dimensiones típicas de las plantas, las configuraciones estructurales características, las cargas gravitacionales sísmicas reales que actúan en este tipo de estructuras, las propiedades mecánicas de los ladrillos que se utilizan generalmente en la autoconstrucción, y su influencia en la resistencia y en la rigidez de los muros de albañilería confinada, etc. De ahí la importancia del análisis de sensibilidad desarrollado en el Capítulo II.

Otra ventaja importante de este estudio es la realización de un análisis paramétrico que, si bien ya ha sido implementado en edificaciones de concreto armado, marca una de las primeras experiencias en edificaciones de albañilería confinada. Los estudios paramétricos, además de identificar los parámetros más relevantes de la estructura y establecer la influencia que tienen en su comportamiento sísmico, se caracterizan por su potencialidad para generar y analizar numerosos casos paramétricos, lo cual permite llegar a conclusiones generales válidas para un universo de estructuras con diversas características.

El estudio profundo del parámetro geométrico denominado “densidad de muros”, y la demostración de su relevancia en el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada, son unas de las ventajas más importantes e innovadoras del presente trabajo de investigación.

Por último, el autor considera que la formulación del MSAS para edificaciones de albañilería confinada de dos pisos producto de la autoconstrucción, las expresiones para la estimación de la densidad de muros mínima, y las recomendaciones concretas para mejorar algunas partes específicas de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2003) y de la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006), son los aportes más importantes del presente trabajo de investigación, en aras de una mayor inclusión del problema de la autoconstrucción en el quehacer de la Ingeniería Civil del Perú.

## CAPÍTULO I

### CONCEPTOS BÁSICOS

#### 1.1. Revisión bibliográfica

El comportamiento sísmico de las viviendas de albañilería confinada generalmente ha sido estudiado desde el punto de vista de la vulnerabilidad sísmica de viviendas informales. En este tipo de estudios se recoge información sobre las características estructurales y arquitectónicas más relevantes de un número determinado de viviendas, ubicadas en una zona particular. Es así que Valdiviezo (2003) y Laucata (2003), mediante inspecciones de campo, recogieron las características estructurales y arquitectónicas de 30 viviendas, cada uno, en zonas particulares de Ica y Trujillo, respectivamente. En base a esta información, identificaron las deficiencias constructivas y estructurales más comunes; además, propusieron procedimientos constructivos y criterios de estructuración adecuados; y finalmente, realizaron un análisis sísmico aproximado para cada una de las viviendas. A nivel de un modelo global, este tipo de análisis sísmico es elemental y limitado, por lo que sólo permite estimar las fuerzas cortantes estáticas que actúan en la estructura, y compararlas con las fuerzas cortantes resistentes.

Por otro lado, el estudio paramétrico del comportamiento sísmico de las edificaciones ha sido implementado con éxito por varios autores, principalmente en estructuras de concreto armado. Los primeros en estudiar los parámetros que definen el comportamiento dinámico de las edificaciones cuando incursionan solamente en el rango elástico fueron Kan y Chopra (1976) y Hejal y Chopra (1987). Estos autores demostraron analíticamente la influencia que tienen algunos parámetros, tales como: el periodo de vibración traslacional desacoplado, la relación entre las frecuencias de vibración traslacionales desacopladas en ambas direcciones principales de la planta de la estructura, el grado de acoplamiento torsional (medido como la razón entre la frecuencia de vibración torsional desacoplada y la frecuencia de vibración traslacional desacoplada) y la excentricidad estática normalizada (medida como la razón

entre la excentricidad estática y el radio de giro de la planta de la estructura), en la respuesta sísmica de edificaciones aporticadas de un piso. Además, definieron un tipo especial de edificaciones de varios pisos que, debido a sus características particulares, también pueden ser analizadas en base a los parámetros previamente mencionados.

Más recientemente, Fernández-Dávila y Cruz (2004) y Lobos (2001), utilizaron estos parámetros para estudiar la respuesta sísmica no lineal y la influencia del ángulo de incidencia sísmico, respectivamente, en edificaciones aporticadas de concreto armado.

Oliva y Zúñiga (2003) estudiaron la incidencia de la componente vertical del movimiento sísmico en la respuesta de las edificaciones. Para abarcar un número representativo de casos, los autores estudiaron diferentes configuraciones estructurales e investigaron la influencia de un parámetro geométrico adicional: la razón de aspecto de la planta de la edificación (medida como la razón entre las dimensiones longitudinales de los lados de la planta rectangular de la edificación).

Desde otro punto de vista, Miranda (2005) propuso la realización de análisis lineales para evaluar rápidamente las respuestas sísmicas de un gran número de edificaciones, en base a la utilización de un modelo continuo simplificado, diferente al propuesto por Kan y Chopra (1976) y Hejal y Chopra (1987). Dicho modelo consiste en dos vigas en voladizo acopladas, una de flexión y otra de corte, cuyas deflexiones laterales están compatibilizadas por uniones rígidas. En base a este modelo, la respuesta sísmica de una edificación de varios pisos queda definida únicamente por tres parámetros: el periodo fundamental de vibración, la razón de amortiguamiento y un parámetro que relaciona las deformaciones por corte y las deformaciones por flexión. Sin embargo, aún tratándose de un modelo muy completo que, debido a su continuidad, brinda respuestas en cualquier punto a lo largo de la altura de la edificación, no considera la influencia del acoplamiento torsional ni de la excentricidad en dichas respuestas. Esto se debe a que, al tratarse de un modelo plano, el grado de libertad (gdl) rotacional, alrededor del eje vertical de la estructura, no es considerado.

Flores (2008) estudió el comportamiento sísmico de cuatro configuraciones estructurales típicas de edificaciones de concreto armado, con la finalidad de encontrar la densidad de muros de corte adecuada para cada una de ellas. Con el objetivo de abarcar un gran número de casos, el autor definió un grupo de parámetros geométricos, únicamente, tales como el número de pisos, la altura de entrepiso, la distancia entre ejes estructurales, el área de la planta del piso, y el área tributaria de los muros. Luego de realizar una serie de análisis sísmicos, llegó a la conclusión que la densidad de muros de corte requerida en este tipo de edificaciones está relacionada con el área tributaria correspondiente a cada muro de corte.

Annabelle (2005) estudió el comportamiento de los muros de corte acoplados, y la influencia que estos tienen en el comportamiento global de una edificación de concreto armado. Al igual que Flores (2008), definió parámetros geométricos tales como el número de pisos, la forma de los muros de corte (sección rectangular y sección "C") y el grado de acoplamiento de los muros, el cual está en función de la longitud del peralte de la viga de acople. Concluyó que los muros de corte de sección "C" tienen una mayor rigidez por flexión y corte, en comparación con los muros de corte de sección rectangular. Además, verificó que en una edificación con muros de corte acoplados la relación entre la rigidez por corte y el área de corte es más cercana y directa que la relación entre la rigidez por flexión y el momento de inercia.

En el caso de las edificaciones de albañilería confinada, los ejemplos de estudios paramétricos son menos numerosos. Proaño y Zavala (2003) utilizaron un modelo dinámico simple de un gdl para estimar la respuesta sísmica de edificaciones simétricas y regulares de albañilería confinada. Este modelo plano, al igual que el modelo desarrollado por Miranda (2005), no considera la influencia del acoplamiento torsional ni de la excentricidad en la respuesta sísmica, y por lo tanto, queda definido solamente por dos parámetros: el periodo fundamental de vibración y la altura total de la edificación.

Es importante señalar que en el caso de estructuras no convencionales, tales como chimeneas y estanques elevados, el análisis sísmico paramétrico ha sido desarrollado con mayor profundidad. En este sentido, Carrión y Dunner (1999)



realizaron una serie de análisis sísmicos de una familia paramétrica de chimeneas que fue generada a partir de una pequeña familia de chimeneas reales. Los parámetros correspondientes a cada chimenea son relaciones entre las dimensiones lineales que definen su geometría, tales como razón de esbeltez, razón diámetro-espesor, razón de radios y razón de espesores. En este trabajo se llegó a proponer un método simplificado de análisis, que permite estimar las respuestas sísmicas máximas de una chimenea. De la misma manera, Muñoz (2001) realizó un análisis sísmico paramétrico, basándose en una familia real de estanques elevados. La diferencia más relevante entre este estudio y el anterior es que Muñoz (2001) define, además de los parámetros de tipo geométrico, un parámetro físico: relación entre la masa máxima de agua que el estanque puede contener y la masa de la estructura de concreto armado.

En base a la revisión bibliográfica efectuada se concluye que: 1) La información correspondiente al grupo de viviendas reales estudiada por Valdiviezo (2003) no ha sido utilizada para generar una familia paramétrica, que a su vez sirva para realizar un análisis sísmico que considere las propiedades dinámicas de estas estructuras (por ejemplo, análisis dinámico modal-espectral); 2) El modelo paramétrico desarrollado por Kan y Chopra (1976) y Hejal y Chopra (1987) no ha sido implementado en edificaciones de albañilería confinada; 3) Las metodologías de análisis sísmico paramétrico desarrolladas por Carrión y Dunner (1999), Muñoz (2001), Lobos (2001), Oliva y Zuñiga (2003) y Annabelle (2005), no han sido implementadas en edificaciones de albañilería confinada. En este sentido, este trabajo propone cubrir dichos vacíos, estudiando paraméricamente el comportamiento sísmico de un grupo de edificaciones reales de albañilería confinada de baja altura, recogiendo los aportes de las investigaciones previas, e identificando las características más relevantes que definen a este sistema estructural convencional.

## **1.2. La albañilería confinada como sistema estructural**

Las edificaciones de albañilería confinada responden a un sistema estructural cuyos elementos principales son muros de corte únicamente, que se caracterizan por estar hechos de mampostería de arcilla, y por estar confinados

en sus cuatro bordes por columnas y vigas de concreto armado. Esto significa que la albañilería confinada es un sistema estructural que no cuenta con elementos tipo pórtico.

La Fig. 1.1 muestra la configuración estructural típica de una edificación de albañilería confinada, que se caracteriza por tener una gran cantidad de muros, distribuidos de manera irregular en toda la superficie de la planta. También se puede notar que mientras la longitud de los muros es variable, el espesor está limitado por el tamaño de los ladrillos y la orientación en que estos son colocados. En este sentido, los muros de albañilería confinada pueden tener dos espesores: 13 cm, si el aparejo es de sogá, y 23 cm, si el aparejo es de cabeza.

Debido a la naturaleza de sus elementos estructurales, y a la poca altura que suelen tener este tipo de edificaciones (excepcionalmente superan los tres pisos), la albañilería confinada es un sistema estructural de gran rigidez que, durante un evento sísmico, se caracteriza por tener desplazamientos laterales y distorsiones de entrepiso mínimos, además de presentar una falla frágil por corte.

Las fuerzas cortantes de entrepiso generadas por la carga sísmica, se reparten en cada uno de los muros que conforman la estructura, de manera proporcional a su rigidez lateral. Cuando la estructura además presenta efectos de torsión, se generan en los muros fuerzas cortantes adicionales, cuyas magnitudes están en proporción directa al momento de torsión en planta, a la rigidez lateral de los muros y a la distancia que los separa del centro de rigidez (CR).

Al tratarse de muros de corte, las expresiones analíticas de la rigidez de los muros de albañilería confinada consideran, tanto las deformaciones por corte, como las deformaciones por flexión, siendo las primeras aquellas que generalmente tienen mayor importancia en el comportamiento sísmico de este tipo de estructuras.

Por tal motivo, el área de corte de la sección transversal de un muro de albañilería confinada constituye una propiedad geométrica muy importante que

determina el comportamiento sísmico, no solamente del muro, sino de todo el sistema, de manera global.

En este sentido, es importante definir un parámetro característico de la albañilería confinada, denominado "densidad de muros" (D). La densidad de muros es un parámetro geométrico adimensional, que relaciona la suma de las áreas de corte de todos los muros de albañilería confinada orientados en una de las direcciones principales de la planta de la edificación, entre el área de la planta de la edificación. La expresión para calcular la densidad de muros en una dirección particular se muestra en la Ec. (1.1).

$$D = \frac{\sum_i(A_{si})}{A_p} \quad (1.1)$$

De acuerdo a la filosofía de diseño expuesta en la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006), se busca que los muros de albañilería confinada tengan un comportamiento elástico ante un sismo moderado, y que incurran en un comportamiento inelástico ante la acción del sismo severo.

En este sentido, el diseño local de cada uno de los muros que componen la estructura, se hace con el nivel de carga del sismo moderado, mientras que el diseño global de los muros actuando en conjunto, se hace con el nivel de carga del sismo severo. Con la finalidad de verificar el diseño de los muros de las edificaciones de albañilería confinada, tanto a nivel local como global, se utilizan las expresiones de las Ecs. (1.2) y (1.3) (SENCICO, 2006), respectivamente.

$$0.55 \cdot V_{m_i} \geq V_{e_i} \quad (1.2)$$

$$\sum_i(V_{m_i}) \geq V_E \quad (1.3)$$

Donde la Resistencia al agrietamiento diagonal del i-ésimo muro ( $V_{m_i}$ ) se calcula mediante las Ecs. (1.4) y (1.5) (SENCICO, 2006).

$$V_{m_i} = (0.50 \cdot v'_a \cdot \alpha_i \cdot t_i \cdot L_i) + (0.23 \cdot P_{g_i}) \quad (1.4)$$

$$\frac{1}{3} \leq \alpha_i = \frac{V_{e_i} \cdot L_i}{M_{e_i}} \leq 1 \quad (1.5)$$

La Ec. (1.2) indica que la fuerza cortante que actúa en un muro, debido a la acción de un sismo moderado, no debe superar al 55% de su resistencia al agrietamiento diagonal. Esta restricción no se verifica para el nivel de cargas sísmicas correspondientes al sismo severo, debido a que se acepta que en esta etapa la estructura incurse en el rango de comportamiento inelástico. Por este motivo, durante dicha etapa algunos muros llegan a su máxima resistencia ( $V_{m_i}$ ), mientras que los demás toman las fuerzas excedentes que los primeros ya no están en capacidad de resistir. De esta manera se justifica la verificación de la resistencia global de la estructura ante la acción de un sismo severo, expresada en la Ec. (1.3).

San Bartolomé (2001) explica que en la etapa inelástica, a medida que la albañilería de los muros comienza a agrietarse, los elementos de confinamiento trabajan tomando la parte de la fuerza cortante que la albañilería ya no está en capacidad de resistir, brindando ductilidad al muro en su conjunto, y evitando la expansión de las grietas. Por este motivo, los elementos de confinamiento son diseñados para resistir el nivel de fuerzas correspondiente a este estado de comportamiento.

### 1.3. Parámetros que definen el comportamiento estructural dinámico de las edificaciones en el rango elástico

En los estudios del comportamiento sísmico de edificaciones torsionalmente acopladas, realizados por Kan y Chopra (1976) y por Hejal y Chopra (1987), se demostró que la ecuación diferencial del movimiento no amortiguado de un edificio de un piso, para un modelo de masas concentradas con tres gdl's por piso (dos desplazamientos traslacionales, ortogonales entre sí y ubicados en el plano horizontal de la losa de piso, y una rotación alrededor del eje vertical que

pasa por el centro de masas (CM)), puede ser expresada como se muestra en la Ec. (1.6).

$$\begin{Bmatrix} \ddot{U}_x \\ \ddot{U}_y \\ r \cdot \ddot{\theta}_z \end{Bmatrix} + \omega_y^2 \begin{bmatrix} (\omega_x/\omega_y)^2 & 0 & -(\omega_x/\omega_y)^2 \cdot e_y/r \\ 0 & 1 & e_x/r \\ -(\omega_x/\omega_y)^2 \cdot e_y/r & e_x/r & (\omega_{\theta CR}/\omega_y)^2 + (\omega_x/\omega_y)^2 \cdot (e_y/r)^2 + (e_x/r)^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_x \\ U_y \\ r \cdot \theta_z \end{Bmatrix} = - \begin{Bmatrix} \ddot{U}_{gx} \\ \ddot{U}_{gy} \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (1.6)$$

En la Ec. (1.6) se aprecian los cinco parámetros que gobiernan el comportamiento dinámico en el rango elástico de los modelos estructurales de las edificaciones torsionalmente acopladas de un piso. Estos parámetros son: el periodo de vibración traslacional desacoplado en la dirección del eje Y ( $T_y$ ), la razón de frecuencias de vibración desacopladas en las direcciones X e Y ( $\omega_x/\omega_y$ ), el grado de acoplamiento torsional ( $\Omega = \omega_{\theta CR}/\omega_y$ ), la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje X ( $e_x/r$ ), y la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje Y ( $e_y/r$ ).

En este sentido, si se requiere estudiar la influencia de estos parámetros en el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada de más de un piso, utilizando el mismo modelo dinámico de masas concentradas con tres gdl's por piso, se deben considerar las frecuencias de vibración asociadas a los tres primeros modos. Según el porcentaje de masa participativa que cada uno de estos tres modos de vibración tiene en las direcciones correspondientes a los tres gdl's por piso, es posible identificar los valores de  $\omega_x$ ,  $\omega_y$  y  $\omega_{\theta}$ , los que a su vez permiten calcular los parámetros  $T_y$ ,  $\omega_x/\omega_y$  y  $\Omega$ .

Con respecto a la excentricidad estática normalizada, en una edificación de varios pisos generalmente se tienen tantos valores de  $e_x/r$  y  $e_y/r$  como número de pisos. Esto se debe a que en cada piso los CM's y los CR's se ubican en posiciones diferentes. Por lo tanto, para estudiar la influencia de  $e_x/r$  y  $e_y/r$  en las edificaciones de varios pisos, se requiere considerar una clase especial de edificaciones, cuyos CM's y CR's de cada piso se ubican en la misma posición relativa, con respecto al plano horizontal que los contiene, tal como se explica en el Capítulo III (ítem 3.2.2). De esta manera, se tiene un único valor de  $e_x/r$  y  $e_y/r$  para todos los pisos.

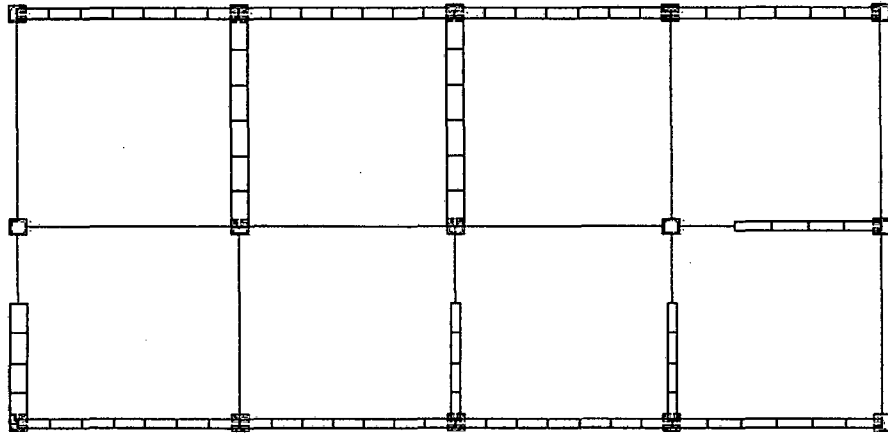


Figura 1.1: Configuración estructural típica de una edificación de albañilería confinada.

## CAPÍTULO II

### ESTUDIO DE LAS FAMILIAS DE VIVIENDAS REALES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

#### 2.1. Descripción de las viviendas estudiadas

El análisis de sensibilidad consistió en investigar las propiedades representativas de un conjunto de viviendas reales de albañilería confinada. Para lograr este objetivo, fue necesario obtener información relevante sobre las características geométricas y estructurales de dichas viviendas, además de calcular, en cada una de ellas, los valores de los parámetros previamente definidos en el Capítulo I (ítems 1.2 y 1.3).

En este sentido, se decidió estudiar un conjunto de viviendas familiares de albañilería confinada de dos pisos, ubicadas en zonas marginales de Ica, Perú (Anexo A).

Del estudio de estas viviendas se identificó otro parámetro geométrico que influye en la respuesta de las edificaciones frente a los movimientos sísmicos: la razón de aspecto de la planta de la edificación ( $\kappa$ ). Las edificaciones de albañilería confinada generalmente tienen plantas de forma rectangular (Fig. 1.1), y la razón entre sus dimensiones es determinante en el comportamiento de este tipo de estructuras. La Ec. (2.1) muestra la expresión para calcular la razón de aspecto de la planta rectangular de una edificación.

$$\kappa = \frac{b}{a} \quad (2.1)$$

En una edificación los elementos estructurales resistentes generalmente se encuentran orientados en dos direcciones ortogonales entre sí, denominadas direcciones principales. En el caso particular de las edificaciones de albañilería confinada en estudio, las direcciones principales están determinadas por la orientación de los lados de la planta rectangular.

La importancia del parámetro  $\kappa$  radica en que define la forma del espacio físico en que se distribuyen los muros en ambas direcciones de la planta de la estructura. Según dicha forma, los muros orientados en cada dirección varían en cantidad y en longitud. Además, la posición de cada uno de ellos implica una mayor o menor distancia con respecto al CM.

Las viviendas estudiadas en el análisis de sensibilidad se agruparon en dos familias, denominadas F1 y F2. Cada familia está compuesta por cinco viviendas, cuyas configuraciones estructurales y características geométricas son similares.

La diferencia más importante entre ambas familias es la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ). La mayoría de las viviendas de la familia F1 tienen un valor de  $\kappa$  superior a 2, mientras que en el caso de las viviendas de la familia F2, solamente una vivienda tiene un valor de  $\kappa$  superior a 1. Esto implica que las plantas de las viviendas de la familia F1 tienen la forma de un rectángulo "largo", y por lo tanto, todas ellas tienen una configuración estructural similar. Por otro lado, las plantas de las viviendas de la familia F2 tienen la forma de un cuadrado, y al igual que en el caso anterior, estas viviendas tienen configuraciones estructurales similares entre sí.

Los Cuadros 2.1 y 2.2 muestran los nombres y las características geométricas y estructurales de las viviendas de las familias F1 y F2, respectivamente. Las características geométricas que se muestran son las dimensiones de la planta rectangular de las edificaciones ( $a$  y  $b$ ), la altura del piso ( $h$ ) y las densidades de muros en ambas direcciones de la planta X y Y ( $D_x$  y  $D_y$ ). Finalmente, se indica el número de ejes estructurales que tienen las edificaciones en cada dirección.

Además, los Cuadros 2.1 y 2.2 muestran que en las viviendas de ambas familias la dimensión de la planta en la dirección del eje Y ( $a$ ) está alrededor de los 6.60 m. Sin embargo, existe una diferencia significativa entre las dimensiones de la planta en la dirección del eje X ( $b$ ): los promedios de los valores de  $b$  para las viviendas de las familias F1 y F2 son 14.11 m y 5.65 m, respectivamente. Por otro lado, las alturas de piso ( $h$ ) de las viviendas de ambas familias tienen valores similares que varían entre 2.40 m y 2.65 m.



Con excepción de la vivienda TV7, en todas las viviendas presentadas en los Cuadros 2.1 y 2.2,  $D_x$  es mayor que  $D_y$ . Esto implica que en la dirección del eje X el área de corte de las secciones transversales de los muros de albañilería confinada, y consecuentemente la rigidez traslacional, son mayores que en la dirección del eje Y. Los valores promedio de  $D_x$  para las viviendas de las familias F1 y F2 son similares (5.71% y 5.37%, respectivamente), mientras que los valores promedio de  $D_y$  son mayores en las viviendas de la familia F2 (4.17%) que en las viviendas de la familia F1 (3.41%).

Finalmente, en ambas familias de viviendas el número de ejes estructurales en la dirección del eje X varía entre dos y tres. Sin embargo, mientras que para las viviendas de la familia F1 el número de ejes estructurales en la dirección del eje Y varía entre tres y cinco, para las viviendas de la familia F2 el número de ejes estructurales en la dirección del eje Y es igual a dos para todos los casos.

Las diez edificaciones pertenecientes a ambas familias fueron modeladas en el programa de cómputo de análisis estructural ETABS (Computers and Structures, 2002), obteniéndose los resultados que se muestran en el Anexo A (ítem A.4). En base a esta información se discuten los resultados obtenidos en los ítems 2.2, 2.3 y 2.4.

## 2.2. Cálculo de las propiedades inerciales

Las propiedades inerciales de una edificación dependen del peso, de la masa y de la ubicación en planta de los elementos estructurales y no estructurales (muros, tabiques, vigas, columnas y losa) que la componen. Esta información es de gran importancia para la elaboración de modelos de masas concentradas en los pisos de las edificaciones.

Por este motivo, para cada una de las diez edificaciones, se calcularon los pesos correspondientes a cada piso, y se dividieron entre el área de la planta del piso ( $W_p/A_p$ ). De esta manera, se obtuvo el peso sísmico como carga gravitacional distribuida. El peso sísmico incluye el peso propio, la carga muerta y el 25% de la carga viva (SENCICO, 2003).

Además, se calculó la posición relativa del CM de cada piso, con respecto a las dimensiones de la planta (Fig. 2.1). Los resultados del cálculo de las propiedades inerciales de las viviendas de las familias F1 y F2 se muestran en los Cuadros 2.3 y 2.4, respectivamente.

En base a estos resultados se puede concluir que para ambas familias el peso sísmico promedio, en el primer y segundo piso, es igual a  $1.00 \text{ Tn/m}^2$  y  $0.65 \text{ Tn/m}^2$ , respectivamente. Además, para ambas familias los valores promedio de  $x_{CM}/b$  y  $y_{CM}/a$  son iguales a 0.50. Esto implica que la posición promedio del CM coincide con el Centro Geométrico (CG) de la planta rectangular, tanto para el primer piso como para el segundo piso.

### **2.3. Cálculo de los parámetros que definen el comportamiento estructural dinámico de las edificaciones en el rango elástico**

Los valores mostrados en los Cuadros 2.5 y 2.6 corresponden a los parámetros presentados en los ítems 1.3 y 2.1, los cuales fueron calculados en base a un análisis modal realizado en las viviendas pertenecientes a las familias F1 y F2 (Anexo A, ítem A.4), respectivamente. Para calcular los valores de dichos parámetros se tomaron en consideración los tres primeros modos de vibración (dos traslacionales y uno torsional) únicamente (ítem 1.3).

Por otro lado, el concepto de excentricidad estática se define como la distancia entre el CM y el CR de un determinado piso de una edificación (Hejal y Chopra, 1987). Esta distancia tiene una componente según la dirección del eje X ( $e_x$ ) y otra componente según la dirección del eje Y ( $e_y$ ) de la planta de la estructura. Al tratarse de edificaciones de dos pisos, existen dos CM's y dos CR's. Por lo tanto, cada vivienda tiene dos excentricidades en cada dirección. Ambas excentricidades se indican en los Cuadros 2.5 y 2.6.

Es importante mencionar que la determinación de los CR's de las edificaciones de más de un piso no es un cálculo trivial. En efecto, el CR de una estructura de un piso es aquel punto ubicado en el plano de la losa de piso, en el que si se aplica una fuerza estática horizontal, se genera únicamente la traslación de la

estructura en la misma dirección y sentido de dicha fuerza, y sin efectos de torsión; del mismo modo, si se aplica en dicho punto un momento torsor estático alrededor del eje perpendicular al plano de la losa de piso, se genera únicamente la rotación de la estructura alrededor de dicho eje, y sin efectos de traslación (Hejal y Chopra, 1987). En base a esta definición se puede concluir que para hallar los CR's de una edificación de varios pisos, es necesario determinar la posición de aquellos puntos por piso que, al ser cargados simultáneamente por un juego de fuerzas, generen únicamente desplazamientos traslacionales. Sólo después de haber logrado esto se podrán calcular las excentricidades estáticas correspondientes a cada piso.

De acuerdo a lo indicado previamente, la relación de aspecto de la planta ( $\kappa$ ) es el parámetro que determina la diferencia más importante entre las viviendas de las familias F1 y F2. Según el Cuadro 2.5, los valores de  $\kappa$  de las viviendas de la familia F1 varían entre 1.64 y 2.29. Por otro lado, el Cuadro 2.6 indica que los valores  $\kappa$  de las viviendas de la familia F2 varían entre 0.64 y 1.18.

Los valores de  $\omega_x/\omega_y$  de las viviendas de la familia F1 varían entre 1.51 y 2.10, mientras que los valores de  $\omega_x/\omega_y$  de las viviendas de la familia F2 varían entre 1.23 y 1.86. En todos los casos el parámetro  $\omega_x/\omega_y$  es mayor que 1, lo cual significa que la rigidez en la dirección del eje X es mayor que en la dirección del eje Y. De la misma manera, con excepción de la vivienda TV7, la densidad de muros en la dirección del eje X ( $D_x$ ) es mayor que la densidad de muros en la dirección del eje Y ( $D_y$ ) (Cuadro 2.1).

Esto permite concluir que, en la mayoría de casos,  $D_x/D_y$  está directamente relacionada con  $\omega_x/\omega_y$ . Los casos aislados en los que esta relación directa no se cumple (por ejemplo, la vivienda TV7) se caracterizan porque en la dirección de menor densidad de muros, estos, a pesar de ser poco numerosos, tienen una gran longitud. Por lo tanto, estos muros aportan una considerable rigidez por flexión, que junto con la rigidez por corte, generan una rigidez total mayor a la de la otra dirección.

Tanto en las viviendas de la familia F1 como en las viviendas de la familia F2, el parámetro  $T_y$  representa al periodo fundamental de vibración, debido a que en

todas ellas los valores de los parámetros  $\omega_x/\omega_y$  y  $\Omega$  son mayores que 1 (Cuadros 2.5 y 2.6). Esto significa que en las 10 viviendas estudiadas el primer modo de vibración está asociado a un desplazamiento traslacional en la dirección del eje Y.

Además, ambas familias tienen valores de  $T_y$  que se encuentran comprendidos entre 0.08 s y 0.12 s. El hecho de que los periodos fundamentales de las viviendas de albañilería confinada se encuentren alrededor de 0.10 s demuestra que se trata de sistemas estructurales de gran rigidez.

Por otro lado, el grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ) se define como la razón entre la frecuencia de vibración torsional desacoplada y la frecuencia de vibración traslacional desacoplada en la dirección del eje Y. Los valores de  $\Omega$  de las viviendas de la familia F1 varían entre 1.30 y 1.94, mientras que para las viviendas de la familia F2 varían entre 1.55 y 2.29.

Además, el Cuadro 2.5 muestra que las viviendas de la familia F1 tienen valores de  $\Omega$  que son menores a los valores de  $\omega_x/\omega_y$ . En el caso de las viviendas de la familia F2 sucede exactamente lo opuesto (Cuadro 2.6).

Esto significa que en las viviendas de la familia F1 la rigidez traslacional en la dirección del eje X es mayor que la rigidez torsional, por lo que el segundo modo de vibración y el tercer modo de vibración corresponden al desplazamiento rotacional alrededor del eje Z y al desplazamiento traslacional en la dirección del eje X, respectivamente.

Lo opuesto ocurre con las viviendas de la familia F2 debido a que, al tener plantas cuadradas (valores de  $\kappa$  cercanos a 1), presentan una mayor rigidez torsional, y por lo tanto, durante un movimiento sísmico, los desplazamientos traslacionales serán más críticos que los rotacionales. Esto significa que el segundo modo de vibración corresponde al desplazamiento traslacional en la dirección del eje X, mientras que el tercero corresponde al desplazamiento rotacional alrededor del eje Z.

Con respecto a las excentricidades estáticas normalizadas, lo primero que se puede notar es que en la dirección del eje Y ( $e_y/r$ ) estas son prácticamente nulas. Tanto en las viviendas de la familia F1 como en las viviendas de la familia F2, el promedio de los valores de  $e_{y1}/r$  es igual 0.04, mientras que el promedio de  $e_{y2}/r$  es igual a 0.03 y 0.06, respectivamente. En este sentido, se concluye que en este tipo de viviendas la rigidez de los muros orientados en la dirección del eje X es simétrica con respecto a un eje paralelo que pasa por el CM de cada piso.

Por el contrario, las magnitudes de las excentricidades estáticas normalizadas en la dirección del eje X ( $e_x/r$ ) son considerablemente mayores, lo que implica una gran asimetría de la rigidez de los muros orientados en la dirección del eje Y, con respecto a un eje paralelo que pasa por el CM de cada piso. En el caso de las viviendas de la familia F2 los valores de  $e_{x1}/r$  y  $e_{x2}/r$  llegan a valores máximos de 0.74 y 1.00, y a valores promedio de 0.32 y 0.53, respectivamente (Cuadro 2.6). En el caso de las viviendas de la familia F1 las magnitudes de  $e_{x1}/r$  y  $e_{x2}/r$  son menores: los valores máximos son 0.62 y 0.75, mientras que los valores promedio son 0.36 y 0.46, respectivamente (Cuadro 2.5).

En este tipo de viviendas los valores de  $e_x/r$  son grandes debido a razones funcionales (Sirumbal, 2009). Los muros que se ubican en la fachada de la vivienda (orientados en la dirección del eje Y) tienen aberturas de puertas y ventanas que disminuyen considerablemente su rigidez. Por este motivo, el CR se desplaza hacia el lado opuesto a la fachada de la vivienda, donde los muros tienen una rigidez mayor.

#### 2.4. Radio medio de giro

La inercia de una estructura asociada al gdl rotacional se denomina momento de inercia (J). Si la masa traslacional total de una estructura se discretiza en masas puntuales, el momento de inercia de un estructura queda expresado como se muestra en la Ec. (2.2).

$$J = \sum_i (m_i \cdot l_i^2) \quad (2.2)$$

La expresión del radio medio de giro de la estructura se muestra en la Ec. (2.3).

$$r = \sqrt{J/M} \quad (2.3)$$

En los modelos de masas concentradas con tres gdl's por piso no es posible hacer un cálculo exacto de los momentos de inercia asociados a los gdl's rotacionales. Esto se debe a que en este tipo de modelos no se conoce la ubicación de las masas puntuales (la totalidad de la masa está concentrada en el CM), y por lo tanto, la información brindada por ellos no permite calcular el radio medio de giro de forma directa, mediante las Ecs. (2.2) y (2.3).

En el análisis de edificaciones, una forma aproximada de calcular el momento de inercia es asumir que la masa traslacional total se encuentra uniformemente distribuida sobre la superficie del piso. Consecuentemente, también se asume que el CM de cada piso coincide con el CG de la planta de la edificación. Esta última hipótesis es válida en la medida que se compruebe que el CM no se ubica en una posición muy alejada del CG, tal como se demostró que ocurre en las viviendas de las familias F1 y F2 (Cuadros 2.3 y 2.4).

Al tratarse de masas uniformemente distribuidas sobre una planta de forma geométrica rectangular, el radio medio de giro de la edificación es igual al radio de giro de un rectángulo, cuya expresión se muestra en la Ec. (2.4).

$$r^* = \sqrt{\frac{a^2+b^2}{12}} \quad (2.4)$$

En los Cuadros 2.7 y 2.8 se muestran los valores de los radios de giro calculados con la Ec. (2.3) y la Ec. (2.4), denominados "r<sub>real</sub>" y "r<sub>aprox</sub>", respectivamente. Además, se muestra el resultado del cociente r<sub>real</sub>/r<sub>aprox</sub>.

En todos los casos, r<sub>real</sub> es mayor que r<sub>aprox</sub>. Para las viviendas de la familia F1, r<sub>real</sub>/r<sub>aprox</sub> varía entre 1.08 y 1.17 (Cuadro 2.7), mientras que para las viviendas de

la familia F2,  $r_{real}/r_{aprox}$  varía entre 1.28 y 1.44 (Cuadro 2.8). De estos resultados se puede concluir que cuando el área de piso es más grande (como en el caso de las viviendas de la familia F1, en comparación a las viviendas de la familia F2) el radio de giro de una superficie rectangular, expresado en la Ec. (2.4), se aproxima más al radio medio de giro real, expresado en la Ec. (2.3).

Los promedios de  $r_{real}/r_{aprox}$ , para las viviendas pertenecientes a las familias F1 y F2, son iguales a 1.12 y 1.37, respectivamente. Estos datos estadísticos son muy útiles para determinar los factores de corrección por los que se tiene que multiplicar  $r_{aprox}$ , con el objetivo de obtener un valor más preciso del radio medio de giro asociado a la inercia rotacional del modelo de masas concentradas de una edificación.

Cuadro 2.1: Características geométricas y estructurales de las viviendas de la familia F1.

VIVIENDA	Propiedades geométricas					Ejes estructurales	
	a (m)	b (m)	h (m)	D <sub>x</sub> (%)	D <sub>y</sub> (%)	# ejes X	# ejes Y
TV2	6.45	10.60	2.60	5.42	4.52	3	4
TV3	6.75	15.15	2.50	5.54	3.67	3	5
TV4	6.95	15.80	2.55	5.76	2.67	3	5
TV5	6.15	13.00	2.50	5.29	3.24	3	4
TV9	7.00	16.00	2.60	6.54	2.96	3	3

Cuadro 2.2: Características geométricas y estructurales de las viviendas de la familia F2.

VIVIENDA	Propiedades geométricas					Ejes estructurales	
	a (m)	b (m)	h (m)	D <sub>x</sub> (%)	D <sub>y</sub> (%)	# ejes X	# ejes Y
TV6	6.80	8.05	2.65	7.35	3.84	3	2
TV7	6.60	4.25	2.45	4.55	6.21	2	2
TV12	5.85	4.70	2.40	4.86	3.17	2	2
TV14	6.40	4.25	2.45	4.69	4.60	2	2
AHSL24	7.35	7.00	2.50	5.42	3.02	3	2

Cuadro 2.3: Propiedades inerciales de las viviendas de la familia F1.

VIVIENDA	Primer piso			Segundo piso		
	Wp/Ap (Tn/m <sup>2</sup> )	x <sub>CM</sub> /b	y <sub>CM</sub> /a	W/Ap (Tn/m <sup>2</sup> )	x <sub>CM</sub> /b	y <sub>CM</sub> /a
TV2	1.03	0.45	0.47	0.66	0.46	0.48
TV3	0.96	0.51	0.51	0.62	0.51	0.51
TV4	0.96	0.51	0.50	0.63	0.50	0.50
TV5	0.96	0.49	0.50	0.63	0.49	0.50
TV9	1.00	0.54	0.51	0.64	0.53	0.51



Cuadro 2.4: Propiedades inerciales de las viviendas de la familia F2.

VIVIENDA	Primer piso			Segundo piso		
	W/Ap (Tn/m <sup>2</sup> )	x <sub>CM</sub> /b	y <sub>CM</sub> /a	W/Ap (Tn/m <sup>2</sup> )	x <sub>CM</sub> /b	y <sub>CM</sub> /a
TV6	1.10	0.55	0.50	0.70	0.53	0.50
TV7	1.05	0.49	0.51	0.68	0.49	0.51
TV12	0.94	0.51	0.52	0.62	0.50	0.51
TV14	1.00	0.51	0.47	0.65	0.51	0.48
AHSL24	0.95	0.51	0.49	0.62	0.51	0.49

Cuadro 2.5: Valores de los parámetros de las viviendas de la familia F1.

VIVIENDA	κ	T <sub>y</sub> (s)	ω <sub>x</sub> /ω <sub>y</sub>	Ω	e <sub>x1</sub> /r	e <sub>y1</sub> /r	e <sub>x2</sub> /r	e <sub>y2</sub> /r
TV2	1.64	0.0877	1.51	1.30	0.10	0.10	0.19	0.14
TV3	2.24	0.0891	1.59	1.51	0.30	0.00	0.45	0.01
TV4	2.27	0.1000	1.77	1.70	0.48	0.06	0.59	0.06
TV5	2.11	0.0987	1.73	1.41	0.31	0.01	0.31	0.02
TV9	2.29	0.1172	2.10	1.94	0.62	0.04	0.75	0.05

Cuadro 2.6: Valores de los parámetros de las viviendas de la familia F2.

VIVIENDA	κ	T <sub>y</sub> (s)	ω <sub>x</sub> /ω <sub>y</sub>	Ω	e <sub>x1</sub> /r	e <sub>y1</sub> /r	e <sub>x2</sub> /r	e <sub>y2</sub> /r
TV6	1.18	0.1045	1.86	2.29	0.74	0.06	1.00	0.05
TV7	0.64	0.0812	1.23	1.55	0.17	0.01	0.36	0.01
TV12	0.80	0.1052	1.70	1.88	0.30	0.07	0.58	0.05
TV14	0.66	0.0956	1.48	1.72	0.01	0.03	0.05	0.04
AHSL24	0.95	0.1104	1.83	2.04	0.39	0.02	0.68	0.01

**Cuadro 2.7: Radio medio de giro de las viviendas de la familia F1.**

VIVIENDA	$r_{real}$ (m)	$r_{aprox}$ (m)	$r_{real} / r_{aprox}$
TV2	4.20	3.58	1.17
TV3	5.38	4.79	1.12
TV4	5.59	4.98	1.12
TV5	4.64	4.15	1.12
TV9	5.45	5.04	1.08

**Cuadro 2.8: Radio medio de giro de las viviendas de la familia F2.**

VIVIENDA	$r_{real}$ (m)	$r_{aprox}$ (m)	$r_{real} / r_{aprox}$
TV6	3.90	3.04	1.28
TV7	3.23	2.27	1.43
TV12	3.12	2.17	1.44
TV14	3.18	2.22	1.43
AHSL24	3.76	2.93	1.28

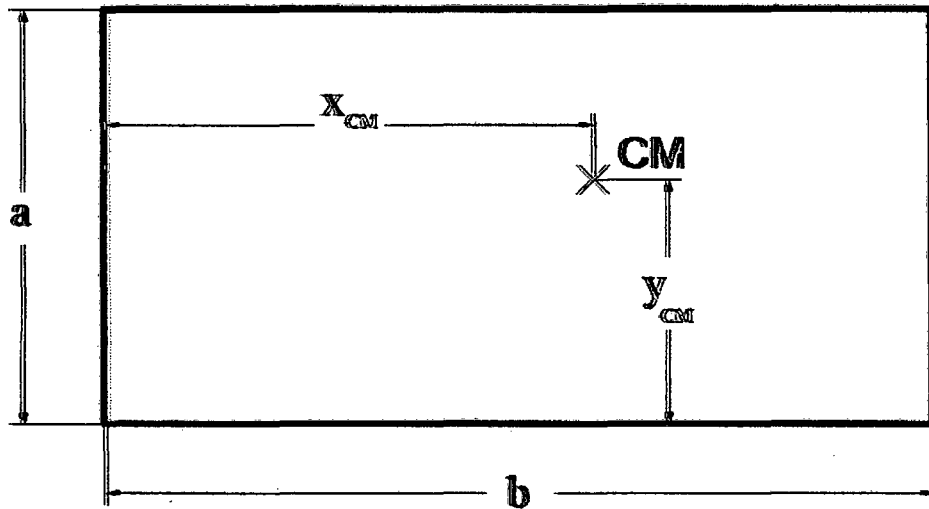


Figura 2.1: Posición relativa del CM de una edificación de planta rectangular.

## CAPÍTULO III

### MODELO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL PARAMÉTRICO DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE DOS PISOS

#### 3.1. Definición de los casos paramétricos

Además de identificar los parámetros que gobiernan el comportamiento sísmico elástico de una determinada estructura, el análisis paramétrico implica asignar un juego de valores a cada uno ellos. De esta manera, al realizarse una combinatoria de todos estos valores, se generan la mayor cantidad posible de casos paramétricos.

Los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad (Capítulo II) permiten que la asignación del juego de valores correspondiente a cada parámetro no sea del todo arbitraria, sino que, por el contrario, represente las características reales de un grupo existente de edificaciones de albañilería confinada de dos pisos.

En base a la información de los Cuadros 2.5 y 2.6 (ítem 2.3), se decidió considerar cinco parámetros en la definición de los casos paramétricos. Estos parámetros son:  $\kappa$ ,  $T_y$ ,  $\omega_x/\omega_y$ ,  $\Omega$ ,  $e_x/r$ .

El parámetro  $e_y/r$  es considerado constante e igual a 0, debido a las razones mencionadas en el ítem 2.3. Esto implica que, para la totalidad de casos paramétricos, la rigidez de los muros orientados en la dirección del eje X está distribuida simétricamente. Además, el parámetro  $e_x/r$  es exactamente el mismo en el primer piso y en el segundo piso ( $e_x/r = e_{x1}/r = e_{x2}/r$ ).

En base a las dos familias de viviendas reales estudiadas en el Capítulo II, se definieron dos tipos de caso paramétricos, denominados F1 y F2. Los Cuadros 3.1 y 3.2 muestran los valores paramétricos seleccionados para la generación de ambos tipos de casos, respectivamente.

Los parámetros  $T_y$ ,  $\omega_x/\omega_y$ ,  $\Omega$  y  $e_x/r$  tienen el mismo juego de valores, tanto para los casos paramétricos tipo F1 como para los tipo F2. Esto se logró mediante la selección de los valores paramétricos comunes a ambos tipos de viviendas, a partir de la información mostrada en los Cuadros 2.5 y 2.6.

Por otro lado, se puede apreciar que la diferencia entre los casos paramétricos tipo F1 y tipo F2 radica en la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ). En los casos tipo F1,  $\kappa$  varía desde 1.50 hasta 2.50, mientras que en los casos tipo F2,  $\kappa$  varía desde 0.50 hasta 1.50. Si bien es cierto que en el Cuadro 2.6 se muestra que en las viviendas F2 el valor máximo de  $\kappa$  es 1.18, se decidió extender el rango de variación hasta 1.50, con la finalidad de contar con un valor en común entre los casos paramétricos tipo F1 y tipo F2. De esta manera es posible comparar las respuestas globales correspondientes a dos casos que tengan el mismo juego de valores paramétricos, pero que representen las características propias de las configuraciones estructurales de correspondientes a los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente.

La combinatoria de los tres valores correspondientes a cada uno de los cinco parámetros en cuestión da como resultado un total de 243 casos paramétricos posibles, por cada tipo. La nomenclatura de cada caso paramétrico está en función de las primeras columnas de los Cuadros 3.1 y 3.2, denominadas "identificación del caso en estudio" (ID). Por ejemplo, el caso F1-13231 corresponde al modelo paramétrico estructural tipo F1, cuyos parámetros de definición son  $\kappa = 1.50$ ;  $T_y = 0.11$  s;  $\omega_x/\omega_y = 1.65$ ;  $\Omega = 2.00$ ;  $e_x/r = 0.00$ . A manera de ejemplo, las combinaciones de los valores paramétricos de algunos casos se muestran en el Anexo B (ítem B.1).

### 3.2. Definición del Modelo Estructural Tridimensional Paramétrico (METP)

#### 3.2.1. Formulación del modelo estructural dinámico de masas concentradas

Para obtener la respuesta sísmica elástica de los casos paramétricos se requiere definir un modelo estructural que sea capaz de representar las características cuantitativas propias de la combinación paramétrica correspondiente a cada uno de ellos. Dicho modelo estructural es el METP.

La Fig. 3.1 muestra los gdl's globales y locales del modelo estructural dinámico de masas concentradas de una edificación de albañilería confinada de dos pisos, en base al cual se desarrolla la formulación del METP. Los gdl's locales están asociados a un muro representativo, denominado "i", cuya posición con respecto al CM está dada por la distancia " $d_i$ ".

El METP fue formulado en base a un modelo pseudo-tridimensional (P3D), cuyas hipótesis de trabajo son las siguientes:

1. Los muros tienen una gran rigidez axial, razón por la cual no son capaces de deformarse en la dirección de su eje vertical.
2. La rigidez lateral de la estructura se calcula considerando, únicamente, el aporte de la rigidez de los muros en su propio plano. La rigidez de los muros en la dirección perpendicular a su plano se considera nula.
3. La rigidez torsional de los muros es pequeña, y por lo tanto, no es considerada en el cálculo de la rigidez torsional global de la estructura.

Por este motivo, el modelo P3D reduce el número de gdl's locales de cada muro a dos por nivel de piso (uno traslacional y uno rotacional), en contraposición a los seis gdl's por nivel de piso, correspondientes al modelo tridimensional (3D). Por lo tanto, luego de realizar la condensación estática de los gdl's rotacionales, la matriz de rigidez lateral de los muros del modelo P3D es de orden 2 (ítem 3.2.4).

En este sentido, la matriz de rigidez asociada al modelo estructural de la Fig. 3.1 está definida por las expresiones que se muestran en las Ecs. (3.1) a (3.6) (Chopra, 1995). Es importante indicar que en la Ec. (3.1) las matrices  $K_{XY} = K_{YX}$  son iguales a la matriz nula ( $0_{2 \times 2}$ ) debido a que en la estructura no existen muros oblicuos. Además, la convención de signos utilizada para el ensamble de las matrices de rigidez lateral de los elementos estructurales (muros) es la que se muestra en la Fig. 3.1.

$$K_{6 \times 6} = \begin{bmatrix} K_{XX_{2 \times 2}} & 0_{2 \times 2} & K_{X\theta_{2 \times 2}} \\ 0_{2 \times 2} & K_{YY_{2 \times 2}} & K_{Y\theta_{2 \times 2}} \\ K_{\theta X_{2 \times 2}} & K_{\theta Y_{2 \times 2}} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$K_{XX_{2 \times 2}} = \sum_i (K_{x_{i2 \times 2}}) \quad (3.2)$$

$$K_{YY_{2 \times 2}} = \sum_i (K_{y_{i2 \times 2}}) \quad (3.3)$$

$$K_{X\theta_{2 \times 2}} = K_{\theta X_{2 \times 2}} = -\sum_i (d_{x_i} \cdot K_{x_{i2 \times 2}}) \quad (3.4)$$

$$K_{Y\theta_{2 \times 2}} = K_{\theta Y_{2 \times 2}} = \sum_i (d_{y_i} \cdot K_{y_{i2 \times 2}}) \quad (3.5)$$

$$K_{\theta\theta_{2 \times 2}} = \sum_i (d_{x_i}^2 \cdot K_{x_{i2 \times 2}}) + \sum_i (d_{y_i}^2 \cdot K_{y_{i2 \times 2}}) \quad (3.6)$$

Por otro lado, la matriz de masas concentradas asociada al modelo estructural de la Fig. 3.1b está definida por las expresiones que se muestran en las Ecs. (3.7) y (3.8) (Chopra, 1995).

$$M_{6 \times 6} = \begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & M_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & 0_{2 \times 2} & r^2 \cdot M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

$$M_{2 \times 2} = \begin{bmatrix} m_1 & 0 \\ 0 & m_2 \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

Los casos paramétricos considerados en el presente estudio (ítem 3.1) tienen una excentricidad estática nula en la dirección del eje Y ( $e_y = 0$ ). Para este tipo de estructuras se cumple lo expresado en la Ec. (3.9).

$$K_{X\theta_{2 \times 2}} = K_{\theta X_{2 \times 2}} = -\sum_i (d_{x_i} \cdot K_{x_i_{2 \times 2}}) = \mathbf{0}_{2 \times 2} \quad (3.9)$$

En base a las expresiones de las Ecs. (3.1) a (3.9), se define la ecuación diferencial del movimiento no amortiguado del METP, la cual queda expresada por la Ec. (3.10).

$$\begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & M_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} & r^2 \cdot M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{U}_{x_{2 \times 1}} \\ \ddot{U}_{y_{2 \times 1}} \\ \ddot{\theta}_{z_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{XX_{2 \times 2}} & \mathbf{0}_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & K_{YY_{2 \times 2}} & K_{Y\theta_{2 \times 2}} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & K_{\theta Y_{2 \times 2}} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{x_{2 \times 1}} \\ U_{y_{2 \times 1}} \\ \theta_{z_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & M_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} & r^2 \cdot M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{U}_{gx} \cdot \mathbf{1}_{2 \times 1} \\ \ddot{U}_{gy} \cdot \mathbf{1}_{2 \times 1} \\ \mathbf{0}_{2 \times 1} \end{Bmatrix} \quad (3.10)$$

La Ec. (3.10) se puede desacoplar en dos ecuaciones independientes, tal como se muestra en las Ecs. (3.11) y (3.12). La primera corresponde al movimiento desacoplado en la dirección del eje X, mientras que la segunda corresponde al movimiento torsionalmente acoplado en la dirección del eje Y.

$$M_{2 \times 2} \cdot \ddot{U}_{x_{2 \times 1}} + K_{XX_{2 \times 2}} \cdot U_{x_{2 \times 1}} = -M_{2 \times 2} \cdot \ddot{U}_{gx} \cdot \mathbf{1}_{2 \times 1} \quad (3.11)$$

$$\begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & r^2 \cdot M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{U}_{y_{2 \times 1}} \\ \ddot{\theta}_{z_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{YY_{2 \times 2}} & K_{Y\theta_{2 \times 2}} \\ K_{\theta Y_{2 \times 2}} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_{y_{2 \times 1}} \\ \theta_{z_{2 \times 1}} \end{Bmatrix} = - \begin{bmatrix} M_{2 \times 2} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & r^2 \cdot M_{2 \times 2} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{U}_{gy} \cdot \mathbf{1}_{2 \times 1} \\ \mathbf{0}_{2 \times 1} \end{Bmatrix} \quad (3.12)$$

### 3.2.2. Una clase especial de edificaciones

Como se mencionó en el ítem 3.2.1, el METP debe ser capaz de representar las características cuantitativas de los casos paramétricos definidos en el ítem 3.1. En este sentido, en el METP la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje X debe ser la misma, tanto para el primer piso como para el segundo piso ( $e_x/r = e_{x1}/r = e_{x2}/r$ ). Para lograr este objetivo, los CR's del primer piso y del



segundo piso tienen que estar contenidos en una misma línea vertical, lo cual, de acuerdo a lo señalado en el ítem 2.3, generalmente no sucede.

Hejal y Chopra (1987) demostraron que para una clase especial de edificaciones los CR's se ubican en la misma posición relativa con respecto a sus CM's, y por lo tanto, la excentricidad estática normalizada es igual en todos los pisos. Esta clase especial de edificaciones se caracteriza por cumplir con las siguientes condiciones:

1. Los CM's de todos los pisos están contenidos en una misma línea vertical.
2. Los elementos estructurales resistentes (pórticos, columnas, muros, etc.) están orientados de forma ortogonal, y conectados en cada piso por un diafragma rígido.
3. Las matrices de rigidez lateral de todos los elementos estructurales orientados en la misma dirección son proporcionales entre sí.

El modelo estructural definido por las Ecs. (3.11) y (3.12) cumple con las dos primeras condiciones. Entonces, con la finalidad de poder trabajar con esta clase especial de edificaciones, de aquí en adelante, las matrices de rigidez lateral de todos los muros pertenecientes al METP serán proporcionales a la matriz de rigidez lateral de un muro patrón, según se muestra en las Ecs. (3.13) y (3.14).

$$K_{x_i 2 \times 2} = c_{x_i} \cdot K^*_{2 \times 2} \quad (3.13)$$

$$K_{y_i 2 \times 2} = c_{y_i} \cdot K^*_{2 \times 2} \quad (3.14)$$

Reemplazando la Ec. (3.13) en la Ec. (3.2), se obtienen las Ecs. (3.15) y (3.16).

$$K_{XX 2 \times 2} = C_{XX} \cdot K^*_{2 \times 2} \quad (3.15)$$

$$C_{XX} = \sum_i (c_{x_i}) \quad (3.16)$$

Reemplazando la Ec. (3.14) en la Ec. (3.3), se obtienen las Ecs. (3.17) y (3.18).

$$K_{YY_{2 \times 2}} = C_{YY} \cdot K^*_{2 \times 2} \quad (3.17)$$

$$C_{YY} = \sum_i (c_{y_i}) \quad (3.18)$$

Reemplazando la Ec. (3.14) en la Ec. (3.5), se obtienen las Ecs. (3.19) y (3.20):

$$K_{Y\theta_{2 \times 2}} = K_{\theta Y_{2 \times 2}} = C_{Y\theta} \cdot K^*_{2 \times 2} \quad (3.19)$$

$$C_{Y\theta} = \sum_i (d_{y_i} \cdot c_{y_i}) \quad (3.20)$$

Reemplazando las Ecs. (3.13) y (3.14) en la Ec. (3.6), se obtienen las Ecs. (3.21) y (3.22).

$$K_{\theta\theta_{2 \times 2}} = C_{\theta\theta} \cdot K^*_{2 \times 2} \quad (3.21)$$

$$C_{\theta\theta} = \sum_i (d_{x_i}^2 \cdot c_{x_i}) + \sum_i (d_{y_i}^2 \cdot c_{y_i}) \quad (3.22)$$

De esta manera, el METP, definido por las Ecs. (3.11) y (3.12), únicamente está en función de la matriz de masa de la estructura (**M**), la matriz de rigidez lateral del muro patrón (**K\***) y las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura ( $C_{XX}$ ,  $C_{YY}$ ,  $C_{Y\theta}$  y  $C_{\theta\theta}$ ).

### 3.2.3. Formulación paramétrica de las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura

Las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura deben ser expresadas en función de los parámetros establecidos en el ítem 3.1, para lo cual es necesario resolver el problema de valores propios del sistema de ecuaciones desacopladas del movimiento, para los tres gdl's por piso

considerados en el presente estudio. De esta manera, es posible tener un juego diferente de valores de  $C_{XX}$ ,  $C_{YY}$ ,  $C_{Y\theta}$  y  $C_{\theta\theta}$  para cada caso paramétrico.

Como se mencionó en el ítem 3.2.1, la ecuación diferencial del movimiento del METP se puede dividir en dos ecuaciones independientes. La primera corresponde al movimiento desacoplado en la dirección del eje X, mientras que la segunda corresponde al movimiento torsionalmente acoplado en la dirección del eje Y.

Para desacoplar esta última expresión en dos movimientos independientes, uno de traslación en la dirección del eje Y, y otro de rotación alrededor del eje Z, es necesario determinar la matriz de rigidez correspondiente a los gdl's ubicados en los CR's de la estructura (Fig. 3.2). Las Ecs. (3.23) y (3.24) muestran las ecuaciones de transformación de coordenadas que permiten determinar dicha matriz de rigidez.

$$U_{4 \times 1} = B_{4 \times 4} \cdot U_{CR_{4 \times 1}} \quad (3.23)$$

$$B_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} \mathbf{1}_{2 \times 2} & -e_x \cdot \mathbf{1}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & \mathbf{1}_{2 \times 2} \end{bmatrix} \quad (3.24)$$

Utilizando la matriz de transformación de coordenadas (**B**), se puede expresar la matriz de rigidez de la estructura con respecto al CR, en función de la matriz de rigidez de la estructura con respecto al CM (Ec. (3.25)).

$$K_{CR_{4 \times 4}} = B_{4 \times 4}^T \cdot K_{4 \times 4} \cdot B_{4 \times 4} \quad (3.25)$$

Además, se puede demostrar (Hejal y Chopra, 1987) que para esta clase especial de edificación de dos pisos se cumple lo expresado en la Ec. (3.26).

$$K_{Y\theta_{2 \times 2}} = K_{\theta Y_{2 \times 2}} = e_x \cdot K_{YY_{2 \times 2}} \quad (3.26)$$

Por lo que, reemplazando la Ec. (3.26) en la matriz de rigidez de la estructura con respecto al CM (Ec. (3.12)), se obtiene la Ec. (3.27).

$$K_{4 \times 4} = \begin{bmatrix} K_{YY_{2 \times 2}} & e_x \cdot K_{YY_{2 \times 2}} \\ e_x \cdot K_{YY_{2 \times 2}} & K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \end{bmatrix} \quad (3.27)$$

Finalmente, reemplazando las Ecs. (3.24) y (3.27) en la Ec. (3.25), se obtiene la matriz de rigidez de la estructura con respecto al CR, según se muestra en las Ecs. (3.28) y (3.29).

$$K_{CR_{4 \times 4}} = \begin{bmatrix} K_{YY_{2 \times 2}} & \mathbf{0}_{2 \times 2} \\ \mathbf{0}_{2 \times 2} & K_{\theta\theta_{CR_{2 \times 2}}} \end{bmatrix} \quad (3.28)$$

$$K_{\theta\theta_{CR_{2 \times 2}}} = -e_x^2 \cdot K_{YY_{2 \times 2}} + K_{\theta\theta_{2 \times 2}} \quad (3.29)$$

Una vez obtenida la matriz de rigidez con respecto al CR, es posible desacoplar la Ec. (3.12) en los dos sistemas independientes que se muestran en las Ecs. (3.30) y (3.31).

$$M_{2 \times 2} \cdot \ddot{U}_{y_{2 \times 1}} + K_{YY_{2 \times 2}} \cdot U_{y_{2 \times 1}} = -M_{2 \times 2} \cdot \ddot{U}_{gy} \cdot \mathbf{1}_{2 \times 1} \quad (3.30)$$

$$r^2 \cdot M_{2 \times 2} \cdot \ddot{\theta}_{z_{CR_{2 \times 1}}} + K_{\theta\theta_{CR_{2 \times 2}}} \cdot \theta_{z_{CR_{2 \times 1}}} = \mathbf{0}_{2 \times 1} \quad (3.31)$$

Así como la Ec. (3.11) es la ecuación del movimiento desacoplado de traslación en la dirección del eje X, las Ecs. (3.30) y (3.31) son las ecuaciones de los movimientos desacoplados de traslación en la dirección del eje Y y de rotación alrededor del eje Z, respectivamente. En base a estas tres ecuaciones se puede plantear el problema de valores propios que se muestra en las Ecs. (3.32) a (3.34).

$$|K_{XX_{2 \times 2}} - \omega_x^2 \cdot M_{2 \times 2}| = 0 \quad (3.32)$$

$$|K_{YY_{2 \times 2}} - \omega_y^2 \cdot M_{2 \times 2}| = 0 \quad (3.33)$$

$$|K_{\theta\theta_{CR_{2 \times 2}}} - \omega_{\theta CR}^2 \cdot r^2 \cdot M_{2 \times 2}| = 0 \quad (3.34)$$

Este problema de valores propios se puede reescribir en función de la matriz de rigidez del muro patrón, los parámetros en estudio y las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. En este sentido, reemplazando la Ec. (3.15) en la Ec. (3.32), se obtiene la Ec. (3.35). Luego, reemplazando la Ec. (3.17) en la Ec. (3.33), se obtiene la Ec. (3.36). Finalmente, reemplazando las Ecs. (3.17), (3.21) y (3.29) en la Ec. (3.34), se obtiene la Ec. (3.37). Estas tres últimas expresiones se muestran a continuación.

$$\left| K^*_{2 \times 2} - \frac{1}{c_{XX}} \cdot \left( \frac{2\pi}{T_y} \right)^2 \cdot (\omega_x / \omega_y)^2 \cdot M_{2 \times 2} \right| = 0 \quad (3.35)$$

$$\left| K^*_{2 \times 2} - \frac{1}{c_{YY}} \cdot \left( \frac{2\pi}{T_y} \right)^2 \cdot M_{2 \times 2} \right| = 0 \quad (3.36)$$

$$\left| K^*_{2 \times 2} - \frac{\Omega^2 \cdot \left( \frac{2\pi}{T_y} \right)^2}{\frac{c_{\theta\theta}}{r^2} - (e_x/r)^2 \cdot c_{YY}} \cdot M_{2 \times 2} \right| = 0 \quad (3.37)$$

Al observar la forma que adoptan las tres últimas ecuaciones correspondientes al problema de valores propios, es posible volver a escribirlas de manera compacta, tal como se muestra en las Ecs. (3.38) y (3.39).

$$|K^*_{2 \times 2} - \lambda \cdot M_{2 \times 2}| = 0 \quad (3.38)$$

$$\lambda = \frac{1}{c_{XX}} \cdot \left( \frac{2\pi}{T_y} \right)^2 \cdot (\omega_x / \omega_y)^2 = \frac{1}{c_{YY}} \cdot \left( \frac{2\pi}{T_y} \right)^2 = \frac{\Omega^2 \cdot \left( \frac{2\pi}{T_y} \right)^2}{\frac{c_{\theta\theta}}{r^2} - (e_x/r)^2 \cdot c_{YY}} \quad (3.39)$$

Además, reemplazando las Ecs. (3.17) y (3.19) en la Ec. (3.26), se llega a la siguiente expresión:

$$C_{Y\theta} = e_x \cdot C_{YY} \quad (3.40)$$

La Ec. (3.38) reduce el problema de valores propios a una sola ecuación. Una vez resuelta, se determina el menor valor de  $\lambda$  (valor propio asociado al primer modo de vibración). Las Ecs. (3.39) y (3.40) permiten formular las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura en función de los parámetros en estudio, tal como se muestra en las Ecs. (3.41) a (3.44).

$$C_{XX} = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{2\pi}{T_y}\right)^2 \cdot (\omega_x/\omega_y)^2 \quad (3.41)$$

$$C_{YY} = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{2\pi}{T_y}\right)^2 \quad (3.42)$$

$$C_{Y\theta} = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{2\pi}{T_y}\right)^2 \cdot r \cdot (e_x/r) \quad (3.43)$$

$$C_{\theta\theta} = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(\frac{2\pi}{T_y}\right)^2 \cdot r^2 \cdot [\Omega^2 + (e_x/r)^2] \quad (3.44)$$

#### 3.2.4. Formulación de la matriz de rigidez lateral del muro patrón

En base a lo expuesto en el ítem 3.2.2, las matrices de rigidez lateral de todos los muros pertenecientes al METP son proporcionales a la matriz de rigidez de un muro particular, denominado muro patrón. En este sentido, el muro patrón se define como un muro de albañilería confinada de dos pisos, cuyo confinamiento consiste en dos columnas de concreto armado, ubicadas en ambos extremos del muro, y una viga solera de concreto armado, ubicada en la parte superior de cada piso (Fig. 3.3).

La Fig. 3.4 muestra el modelo estructural del muro patrón, del cual se extraen las condiciones de borde y los cuatro gdl's considerados en la formulación de la matriz de rigidez. Se trata de una viga en voladizo empotrada en la base, con dos gdl's por nivel de piso, uno de traslación y otro de rotación.

En base al modelo estructural de la Fig. 3.4, la formulación de la matriz de rigidez del muro patrón, considerando las deformaciones por flexión y por corte, se expresa en las Ecs. (3.45) y (3.46). El parámetro  $\Phi_{mp}$  (Ec. (3.46)) define la razón entre la rigidez por flexión y la rigidez por corte del muro patrón.

$$K_{mp} = \frac{E_a \cdot I_{mp}}{(1 + \Phi_{mp}) \cdot h} \begin{bmatrix} 24/h^2 & -12/h^2 & 0 & -6/h \\ -12/h^2 & 12/h^2 & 6/h & 6/h \\ 0 & 6/h & 2 \cdot (4 + \Phi_{mp}) & 2 - \Phi_{mp} \\ -6/h & 6/h & 2 - \Phi_{mp} & 4 + \Phi_{mp} \end{bmatrix} \quad (3.45)$$

$$\Phi_{mp} = \frac{12 \cdot E_a \cdot I_{mp}}{h^2 \cdot G_a \cdot A_{smp}} \quad (3.46)$$

Después de realizar el proceso de condensación estática se suprimen los gdl's rotacionales y se obtiene la matriz de rigidez lateral del muro patrón, según se expresa en las Ecs. (3.47) y (3.48).

$$K^* = \frac{12 \cdot E_a \cdot I_{mp}}{f(\Phi_{mp}) \cdot h^3} \begin{bmatrix} 2 \cdot (\Phi_{mp} + 16) & -(\Phi_{mp} + 10) \\ -(\Phi_{mp} + 10) & (\Phi_{mp} + 4) \end{bmatrix} \quad (3.47)$$

$$f(\Phi_{mp}) = 2 \cdot (4 + \Phi_{mp})^2 - (2 - \Phi_{mp})^2 \quad (3.48)$$

De la Ec. (3.47) se puede concluir que la proporcionalidad que debe existir entre las matrices de rigidez de los muros del METP y la matriz de rigidez del muro patrón sólo es posible si el valor de  $\Phi$  es el mismo para todas ellas. Entonces, considerando que  $E_a$ ,  $G_a$  y  $h$  son constantes, la Ec. (3.46) permite concluir que  $I_i/A_{si}$  debe ser igual a  $I_{mp}/A_{smp}$ , para todos los muros del METP.

En conclusión, la constante de proporcionalidad de la matriz de rigidez lateral de un muro del METP ( $c_i$ ) es un factor que multiplica tanto al momento de inercia como al área de corte, según se muestra en las Ecs. (3.49) y (3.50).

$$I_i = c_i \cdot I_{mp} \quad (3.49)$$

$$A_{si} = c_i \cdot A_{smp} \quad (3.50)$$

### 3.2.5. Formulación de las propiedades geométricas del muro patrón

Debido a que los muros de albañilería confinada están compuestos por dos materiales diferentes (albañilería de arcilla cocida y concreto armado), las propiedades geométricas del muro patrón ( $I_{mp}$  y  $A_{smp}$ ) se calculan en base a su sección transformada (Fig. 3.5).

Para transformar las secciones de las columnas de concreto en albañilería, se multiplica el espesor "t" por la relación entre los módulos de elasticidad de ambos materiales (n). La Ec. (3.51) muestra la expresión para calcular n.

$$n = E_c / E_a \quad (3.51)$$

Las propiedades geométricas del muro patrón se calculan según las Ecs. (3.52) y (3.53).

$$A_{smp} = L_{mp} \cdot t_{mp} \quad (3.52)$$

$$I_{mp} = t_{mp} \cdot \left\{ \frac{(L_{mp} - 2 \cdot B_{mp})^3}{12} + \frac{n \cdot B_{mp}}{2} \left[ \frac{B_{mp}^2}{3} + (L_{mp} - B_{mp})^2 \right] \right\} \quad (3.53)$$



De las Ecs. (3.49), (3.50), (3.52) y (3.53), se concluye que las dimensiones geométricas de los muros del METP están relacionadas con las dimensiones del muro patrón, según las expresiones de las Ecs. (3.54) a (3.56).

$$B_i = B_{mp} \quad (3.54)$$

$$L_i = L_{mp} \quad (3.55)$$

$$t_i = c_i \cdot t_{mp} \quad (3.56)$$

### 3.2.6. Resolución del problema de valores propios

Para hallar el valor de  $\lambda$ , las Ecs. (3.8) y (3.47) se reemplazan en la Ec. (3.38), y se procede con la resolución de esta ecuación cuadrática. La solución se muestra en la Ec. (3.57).

$$\lambda = \frac{12 \cdot E_a \cdot I_{mp}}{f(\phi_{mp}) \cdot h^3} \cdot \frac{[2 \cdot (\phi_{mp} + 16) \cdot m_2 + (\phi_{mp} + 4) \cdot m_1] \pm \sqrt{[-2 \cdot (\phi_{mp} + 16) \cdot m_2 - (\phi_{mp} + 4) \cdot m_1]^2 - 4 \cdot m_1 \cdot m_2 \cdot [2 \cdot (\phi_{mp} + 16) \cdot (\phi_{mp} + 4) - (\phi_{mp} + 10)^2]}}{2 \cdot m_1 \cdot m_2} \quad (3.57)$$

### 3.3. Descripción de la configuración estructural simplificada del METP

Para realizar el análisis sísmico de los casos paramétricos descritos en el ítem 3.1, es necesario definir una configuración estructural simplificada que represente físicamente las propiedades del METP definido en el ítem 3.2. Para cada tipo de caso paramétrico (F1 y F2), se definió una configuración estructural diferente, según se muestra en las Figs. 3.6 y 3.7, respectivamente.

El número de muros considerados en la configuración estructural simplificada está directamente relacionado con el número de parámetros que definen el METP. Tomando en cuenta que la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ) únicamente está relacionada con la forma y las dimensiones de la misma, los cuatro parámetros restantes ( $T_y$ ,  $\omega_x/\omega_y$ ,  $\Omega$ ,  $e_x/r$ ) determinan que la configuración

estructural simplificada esté conformada por cuatro muros. De otra manera, no sería posible resolver el sistema de ecuaciones lineales definido por las Ecs. (3.16), (3.18), (3.20) y (3.22).

No obstante, las Figs. 3.6 y 3.7 muestran que las dos configuraciones estructurales simplificadas están compuestas por cinco muros. Esto se debe a que dos de ellos (los muros denominados "XA") tienen propiedades geométricas iguales entre sí, por lo que, en realidad, las configuraciones estructurales simplificadas únicamente están conformadas por cuatro muros diferentes.

Por otro lado, las Figs. 3.6 y 3.7 muestran que existen diferencias entre las configuraciones estructurales simplificadas de los casos paramétricos tipo F1 y F2. Mientras que la configuración estructural simplificada de los casos tipo F1 está compuesta por dos muros en la dirección del eje X y tres muros en la dirección del eje Y, la de los casos tipo F2 está compuesta por tres muros en la dirección del eje X y dos muros en la dirección del eje Y.

En ambas configuraciones estructurales simplificadas, cuatro de los cinco muros son perimetrales. El quinto muro se ubica en el CG de la planta (que coincide con el CM) de cada caso paramétrico. Por otro lado, debido a que los muros perimetrales orientados en la dirección del eje X, denominados "XA", tienen las mismas propiedades geométricas entre sí, la excentricidad en la dirección del eje Y es nula, en concordancia con lo establecido en el ítem 3.1.

Finalmente, en base a los resultados expuestos en el Capítulo II, se decidió que la dimensión longitudinal de la planta en la dirección del eje Y ( $a$ ) de las configuraciones estructurales simplificadas sea constante e igual a 6.50 m. De esta manera, solamente la dimensión longitudinal de la planta en la dirección del eje X ( $b$ ) es variable para cada caso paramétrico, según el valor del parámetro  $\kappa$ . Esto se expresa en las Ecs. (3.58) y (3.59).

$$a = 6.50 \text{ m} \quad (3.58)$$

$$b = \kappa \cdot a \quad (3.59)$$

### 3.4. Generación de los METP's

#### 3.4.1. Procedimiento para definir las características geométricas de los METP's

A partir de la definición de la geometría de las configuraciones estructurales simplificadas, se calculan las masas traslacionales por piso, el radio medio de giro y las propiedades geométricas del muro patrón, para cada uno de los casos paramétricos tipo F1 y F2. De esta manera, la definición de las características geométricas de los METP's estaría completa.

Las masas traslacionales de cada piso se calcularon en base a las Ecs. (3.60) y (3.61).

$$m_1 = 1.00 Tn/m^2 \cdot \frac{a \cdot b}{g} \quad (3.60)$$

$$m_2 = 0.65 Tn/m^2 \cdot \frac{a \cdot b}{g} \quad (3.61)$$

El radio medio de giro se calculó con dos expresiones distintas, según el tipo de caso paramétrico. Para los casos tipo F1 se utilizó la Ec. (3.62), mientras que para los casos tipo F2 se utilizó la Ec. (3.63).

$$r_{F1} = 1.10 \cdot \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}} \quad (3.62)$$

$$r_{F2} = 1.30 \cdot \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}} \quad (3.63)$$

El cálculo de las dimensiones longitudinales de la planta, las masas traslacionales y los radios medios de giro, para cada caso paramétrico, se muestra en el Anexo B (Cuadro B.3).

Asimismo, en el Cuadro 3.3 se muestran las propiedades geométricas del muro patrón, según el tipo y la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ) de cada caso paramétrico. El cálculo de las áreas de corte ( $A_{smp}$ ), los momentos de inercia ( $I_{mp}$ ) y las matrices de rigidez lateral ( $K^*$ ) de los seis muros patrón se muestran en el Anexo B (Cuadros B.4 y B.5).

Además, en base a los resultados mostrados en el Capítulo II, se decidió que para todos los casos paramétricos la altura de piso ( $h$ ) sea igual a 2.50 m, según se muestra en la Ec. (3.64). Esta dimensión es necesaria para completar la definición del muro patrón.

$$h = 2.50 \text{ m} \quad (3.64)$$

Por otro lado, de acuerdo a lo explicado en el ítem 3.2.2, la generación de los METP's depende de las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura ( $C_{xx}$ ,  $C_{yy}$ ,  $C_{y\theta}$  y  $C_{\theta\theta}$ ), las cuales fueron calculadas mediante las Ecs. (3.41) a (3.44) (Cuadros B.6 y B.7).

Asimismo, las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros que componen la configuración estructural simplificada ( $C_{xA}$ ,  $C_{xB}$ ,  $C_{yA}$ ,  $C_{yB}$  y  $C_{yC}$ ) se hallan mediante la resolución del sistema de ecuaciones lineales definido por las Ecs. (3.16), (3.18), (3.20) y (3.22) (Cuadros B.8 y B.9).

Por último, es importante resaltar que la posición de los muros que componen la configuración estructural simplificada es fija. Por lo tanto, las características geométricas particulares del METP de cada caso paramétrico dependen únicamente de las dimensiones de la planta y de las propiedades geométricas de los cinco muros (Cuadros B.10 y B.11). Estas últimas, según se mostró en las Ecs. (3.49) y (3.50), pueden ser calculadas a partir de las propiedades geométricas del muro patrón, y de las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral.

### 3.4.2. Propiedades mecánicas de los materiales utilizados en la generación de los METP's

Las propiedades mecánicas de la albañilería y del concreto se calculan en base a la resistencia a la compresión de cada material. Las Ecs. (3.65) y (3.66) muestran los valores de la resistencia a la compresión axial considerados para la albañilería y el concreto, respectivamente.

$$f_a' = 550 \text{ Tn/m}^2 \quad (3.65)$$

$$f_c' = 2100 \text{ Tn/m}^2 \quad (3.66)$$

Las Ecs. (3.67) y (3.68) muestran las expresiones para calcular los módulos de elasticidad de ambos materiales (SENCICO, 2006). El cálculo de la relación entre ambos módulos de elasticidad se muestra en la Ec. (3.69).

$$E_a = 500 \cdot f_a' = 275000 \text{ Tn/m}^2 \quad (3.67)$$

$$E_c = 150000 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2} \cdot \sqrt{\frac{f_c'}{10 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}}} = 2173707 \text{ Tn/m}^2 \quad (3.68)$$

$$n = \frac{E_c}{E_a} = 7.90 \quad (3.69)$$

Los módulos de corte de ambos materiales se calcularon en base al modulo de elasticidad y al coeficiente de poisson, según se muestra en las Ecs. (3.70) a (3.73).

$$\mu_a = 0.25 \quad (3.70)$$

$$\mu_c = 0.20 \quad (3.71)$$

$$G_a = \frac{E_a}{2 \cdot (1 + \mu_a)} = 110000 \text{ Tn/m}^2 \quad (3.72)$$

$$G_c = \frac{E_c}{2 \cdot (1 + \mu_c)} = 905711 \text{ Tn/m}^2 \quad (3.73)$$

### 3.4.3. Número de casos paramétricos generados

No es posible generar los METP's de los 243 casos paramétricos posibles por cada tipo (ítem 3.1). Esto se debe principalmente a dos razones:

1. Los 243 casos paramétricos posibles son el resultado de una combinatoria. Esto implica que muchos de los casos son matemáticamente factibles pero físicamente inviables.
2. El objetivo principal de las configuraciones estructurales simplificadas es que sean lo suficientemente simples y versátiles para realizar numerosos análisis sísmicos de manera rápida. Por este motivo, dichas configuraciones estructurales tienen muros en cantidades y ubicaciones limitadas, lo cual impide la generación de los METP's de la totalidad de casos paramétricos físicamente viables.

Mediante las configuraciones estructurales simplificadas (Figs. 3.6 y 3.7) definidas en el ítem 3.3, se lograron generar los METP's de 77 casos paramétricos tipo F1 y 65 casos paramétricos tipo F2, lo que hace un total de 142 casos.

Los casos paramétricos cuyos METP's no pudieron ser generados se dividen en dos grupos. El primer grupo está compuesto por aquellos casos paramétricos en los que se obtienen soluciones negativas al resolver el sistema de ecuaciones lineales definido por las Ecs. (3.16), (3.18), (3.20) y (3.22), cuyas variables son las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros del METP ( $c_{XA}$ ,  $c_{XB}$ ,  $c_{YA}$ ,  $c_{YB}$ ,  $c_{YC}$ ). Si dichas constantes de proporcionalidad son negativas, entonces las propiedades geométricas de los muros del METP también serían negativas (Ecs. (3.49) y (3.50)), lo cual no es físicamente posible. El segundo grupo está representado por los casos paramétricos cuyos METP's tienen muros con espesores menores a 0.05 m. Se decidió no considerar estos casos debido a la imposibilidad de justificar la existencia de muros con espesores tan pequeños.

Los 142 casos paramétricos generados, denominados “casos reales”, fueron clasificados como “Válidos”. Por otro lado, los casos paramétricos que no pudieron ser generados fueron clasificados como “No Válidos”. Esta clasificación se muestra en los Cuadros B.8 y B.9. Además, las características geométricas de los muros pertenecientes a los 142 casos reales se muestran en los Cuadros B.12 y B.13.

Los Cuadros 3.4 y 3.5 son tablas de doble entrada que muestran esquemáticamente los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente. Cada celda de los Cuadros 3.4 y 3.5 representa un caso paramétrico particular, cuyos valores paramétricos están determinados por la fila y la columna que definen su posición.

En este sentido, las celdas de los Cuadros 3.4 y 3.5 indican el número de cada caso paramétrico y su clasificación, según los criterios explicados líneas arriba. Los casos reales están sombreados con color plomo, los casos no válidos del primer grupo (propiedades geométricas negativas) con color amarillo, y los casos no válidos del segundo grupo (espesores de muro menores a 0.05 m) con color verde.

Los Cuadros 3.4 y 3.5 muestran que la mayor cantidad de casos paramétricos reales tienen un grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ) igual a 1.60. Los casos paramétricos reales con  $\Omega$  iguales a 1.80 y 2.00 están condicionados a razones de aspecto de la planta ( $\kappa$ ) de baja magnitud. En este sentido, el Cuadro 3.4 muestra que no existen casos paramétricos reales tipo F1 con  $\kappa$  igual a 2.00 y  $\Omega$  igual a 2.00. A su vez, tampoco existen casos paramétricos reales tipo F1 con  $\kappa$  igual a 2.50 y  $\Omega$  igual a 1.80 ó 2.00. De la misma manera, el Cuadro 3.5 muestra que no existen casos paramétricos reales tipo F2 con  $\kappa$  igual a 1.00 y  $\Omega$  igual a 2.00. Tampoco existen casos paramétricos reales tipo F2 con  $\kappa$  igual a 1.50 y  $\Omega$  igual a 1.80 ó 2.00.

Además, se puede apreciar que mientras mayores son los valores paramétricos de  $\Omega$  y de  $e_x/r$ , es menos factible encontrar un caso real. Por este motivo, no existen casos paramétricos reales tipo F1 con  $\Omega$  igual a 2.00 y  $e_x/r$  igual a 0.30 ó

0.60 (Cuadro 3.4). Tampoco existen casos paramétricos reales tipo F2 con  $\Omega$  igual a 2.00 y  $e_x/r$  igual a 0.60 (Cuadro 3.5).

Finalmente, debido a la notable diferencia que existe entre los números de casos paramétricos reales con  $\kappa$  igual 1.50 (Cuadros 3.4 y 3.5), se puede concluir que la configuración estructural simplificada de los casos tipo F1 (Fig. 3.6) los representa mejor que la configuración estructural simplificada de los casos tipo F2 (Fig. 3.7).

#### **3.4.4. Discusión sobre el espesor de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales**

En los Cuadros 3.6 y 3.7 se muestran los valores máximos y mínimos de los espesores de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 y F2, respectivamente. También se muestra la longitud de los muros y el peralte de las columnas de confinamiento que, según se expresa en las Ecs. (3.54) y (3.55), son iguales a las dimensiones del muro patrón, y por lo tanto, coinciden con los valores que aparecen en el Cuadro 3.3.

En la práctica, los muros de albañilería confinada, generalmente, tienen espesores iguales a 0.13 m ó 0.23 m, según el tamaño de los ladrillos y la orientación en que son colocados. Sin embargo, los espesores teóricos de los cinco muros que componen la configuración estructural simplificada de los METP's responden a una serie de valores distintos, que van desde 0.05 m hasta 1.06 m. (Cuadros 3.6 y 3.7).

Esto se puede comprender fácilmente si se considera que los espesores teóricos de los muros son consecuencia de un METP, que busca representar el comportamiento global de las edificaciones, utilizando una configuración estructural simplificada. Esta configuración estructural sólo cuenta con un número limitado de muros, cuya longitud ( $L_i$ ) es constante para un número determinado de casos paramétricos (Cuadro 3.3). Por esta razón, se requiere que los espesores teóricos de los muros tengan un amplio rango de variación, que permita representar a la mayor cantidad posible de casos paramétricos.



En este sentido, los muros de los casos paramétricos con espesores teóricos mínimos (entre 0.05 m y 0.10 m) tienen una rigidez lateral equivalente a la de los muros cortos (muros cuyas longitudes varían entre 1.00 m y 1.50 m) o a la de los muros con aberturas (muros de la fachada con aberturas para puertas y ventanas), que comúnmente existen en las edificaciones de albañilería confinada (Sirumbal, 2009). La Fig. 3.8 muestra un ejemplo de estos tipos de muros.

Como se indicó líneas arriba, este tipo de muros no se pueden representar reduciendo su longitud, debido a que la formulación del METP establece que dicha longitud es constante, según queda expresado en la Ec. (3.55). Por lo tanto, la única solución es reducir el espesor teórico.

Asimismo, los muros de los casos paramétricos con espesores teóricos máximos (entre 0.30 m y 1.06 m) tienen una rigidez lateral equivalente a la de los muros largos, que se ubican en los bordes laterales de las viviendas de albañilería confinada. Estos muros suelen tener una longitud igual a las dimensiones de la planta de la edificación (a ó b), según estén orientados en la dirección del eje Y o en la dirección del eje X (Sirumbal, 2009). La Fig. 3.9 muestra un ejemplo de un muro de este tipo, orientado en la dirección del eje X.

Por este motivo, se decidió que las longitudes de los muros de los METP's sean mayores conforme el valor del parámetro  $\kappa$  aumenta (Cuadro 3.3). Aún así, dichos muros no alcanzan a tener la longitud de a ó b, por lo que la única solución es aumentar el espesor teórico.

Cuadro 3.1: Valores de los parámetros seleccionados para los casos paramétricos tipo F1.

ID	$\kappa$	$T_y$ (s)	$\omega_x/\omega_y$	$\Omega$	$e_x/r$
1	1.50	0.090	1.50	1.60	0.00
2	2.00	0.100	1.65	1.80	0.30
3	2.50	0.110	1.80	2.00	0.60

Cuadro 3.2: Valores de los parámetros seleccionados para los casos paramétricos tipo F2.

ID	$\kappa$	$T_y$ (s)	$\omega_x/\omega_y$	$\Omega$	$e_x/r$
1	0.50	0.090	1.50	1.60	0.00
2	1.00	0.100	1.65	1.80	0.30
3	1.50	0.110	1.80	2.00	0.60

Cuadro 3.3: Características geométricas del muro patrón, según el tipo caso paramétrico y la razón de aspecto de la planta.

Tipo	$\kappa$	Características geométricas		
		$B_{mp}$ (m)	$L_{mp}$ (m)	$t_{mp}$ (m)
F1	1.50	0.25	3.75	0.15
	2.00	0.25	4.75	0.15
	2.50	0.25	5.75	0.25
F2	0.50	0.25	3.25	0.15
	1.00	0.25	4.25	0.15
	1.50	0.25	5.25	0.15

Cuadro 3.4: Clasificación de los casos paramétricos tipo F1.

K	T <sub>y</sub> (s)	ω <sub>x</sub> /ω <sub>y</sub>	1.60			1.80			2.00			Ω
			0.00	0.30	0.60	0.00	0.30	0.60	0.00	0.30	0.60	e <sub>x</sub> /r
1.50	0.09	1.50	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		1.65	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
		1.80	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
	0.10	1.50	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
		1.65	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
		1.80	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
	0.11	1.50	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
		1.65	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
		1.80	73	74	75	76	77	78	79	80	81	
2.00	0.09	1.50	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
		1.65	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
		1.80	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
	0.10	1.50	109	110	111	112	113	114	115	116	117	
		1.65	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
		1.80	127	128	129	130	131	132	133	134	135	
	0.11	1.50	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
		1.65	145	146	147	148	149	150	151	152	153	
		1.80	154	155	156	157	158	159	160	161	162	
2.50	0.09	1.50	163	164	165	166	167	168	169	170	171	
		1.65	172	173	174	175	176	177	178	179	180	
		1.80	181	182	183	184	185	186	187	188	189	
	0.10	1.50	190	191	192	193	194	195	196	197	198	
		1.65	199	200	201	202	203	204	205	206	207	
		1.80	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
	0.11	1.50	217	218	219	220	221	222	223	224	225	
		1.65	226	227	228	229	230	231	232	233	234	
		1.80	235	236	237	238	239	240	241	242	243	

- Casos reales
- Casos no válidos del primer grupo
- Casos no válidos del segundo grupo

Cuadro 3.5: Clasificación de los casos paramétricos tipo F2.

K	T <sub>y</sub> (s)	ω <sub>x</sub> /ω <sub>y</sub>	1.60			1.80			2.00			Ω
			0.00	0.30	0.60	0.00	0.30	0.60	0.00	0.30	0.60	
0.50	0.09	1.50	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
		1.65	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
		1.80	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
	0.10	1.50	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
		1.65	37	38	39	40	41	42	43	44	45	
		1.80	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
	0.11	1.50	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
		1.65	64	65	66	67	68	69	70	71	72	
		1.80	73	74	75	76	77	78	79	80	81	
1.00	0.09	1.50	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
		1.65	91	92	93	94	95	96	97	98	99	
		1.80	100	101	102	103	104	105	106	107	108	
	0.10	1.50	109	110	111	112	113	114	115	116	117	
		1.65	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
		1.80	127	128	129	130	131	132	133	134	135	
	0.11	1.50	136	137	138	139	140	141	142	143	144	
		1.65	145	146	147	148	149	150	151	152	153	
		1.80	154	155	156	157	158	159	160	161	162	
1.50	0.09	1.50	163	164	165	166	167	168	169	170	171	
		1.65	172	173	174	175	176	177	178	179	180	
		1.80	181	182	183	184	185	186	187	188	189	
	0.10	1.50	190	191	192	193	194	195	196	197	198	
		1.65	199	200	201	202	203	204	205	206	207	
		1.80	208	209	210	211	212	213	214	215	216	
	0.11	1.50	217	218	219	220	221	222	223	224	225	
		1.65	226	227	228	229	230	231	232	233	234	
		1.80	235	236	237	238	239	240	241	242	243	

- Casos reales
- Casos no válidos del primer grupo
- Casos no válidos del segundo grupo

Cuadro 3.6: Casos paramétricos reales tipo F1. Valores máximos y mínimos de los espesores de los muros de los METP's.

$\kappa$	L (m)	B (m)	$t_{xA}$ (m)		$t_{yA}$ (m)		$t_{yB}$ (m)		$t_{yC}$ (m)	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
1.50	3.75	0.25	0.45	0.98	0.05	0.40	0.05	0.57	0.10	0.60
2.00	4.75	0.25	0.43	0.92	0.05	0.41	0.05	0.29	0.11	0.58
2.50	5.75	0.25	0.41	0.88	0.08	0.41	0.05	0.17	0.12	0.57

Cuadro 3.7: Casos paramétricos reales tipo F2. Valores máximos y mínimos de los espesores de los muros de los METP's.

$\kappa$	L (m)	B (m)	$t_{xA}$ (m)		$t_{xB}$ (m)		$t_{yA}$ (m)		$t_{yB}$ (m)	
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
0.50	3.25	0.25	0.13	0.35	0.05	0.42	0.05	0.13	0.10	0.25
1.00	4.25	0.25	0.21	0.65	0.05	0.45	0.05	0.17	0.11	0.27
1.50	5.25	0.25	0.30	1.06	0.05	0.30	0.06	0.18	0.12	0.28

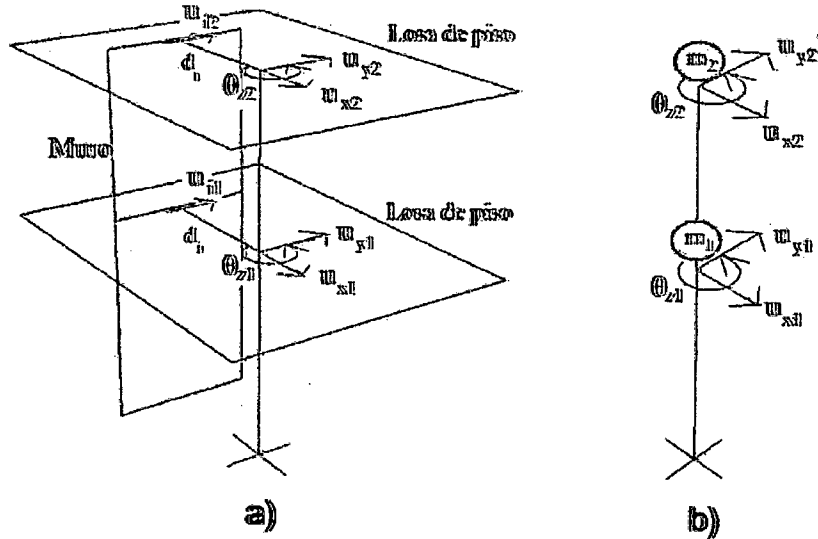


Figura 3.1: gdl's del modelo estructural dinámico de masas concentradas de una edificación de albañilería confinada de dos pisos. a) gdl's locales; b) gdl's globales.

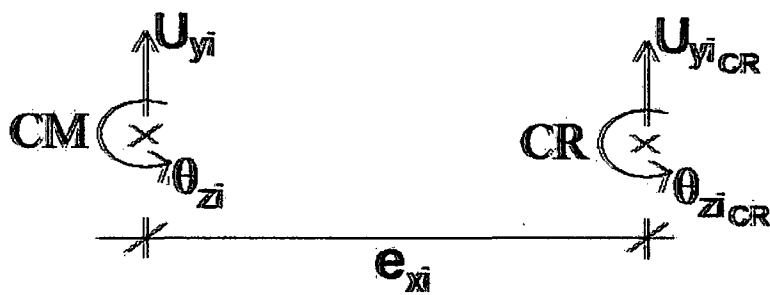


Figura 3.2: gdl's ubicados en el CM y en el CR del i-ésimo piso de una edificación.

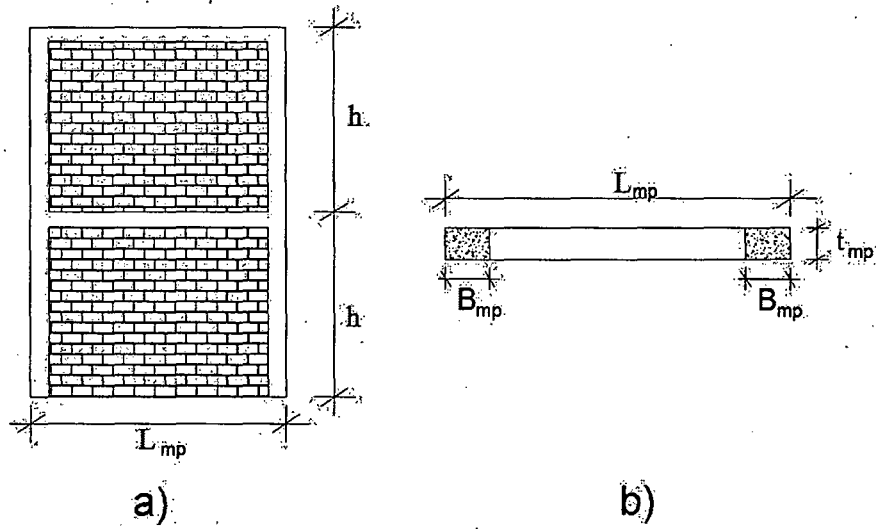


Figura 3.3: Muro patrón. a) Elevación; b) Sección transversal.

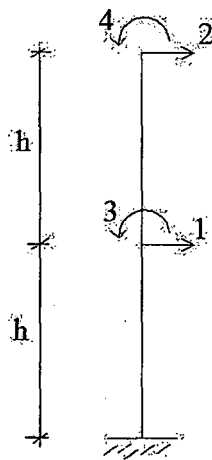


Figura 3.4: Modelo estructural y gdl's del muro patrón.

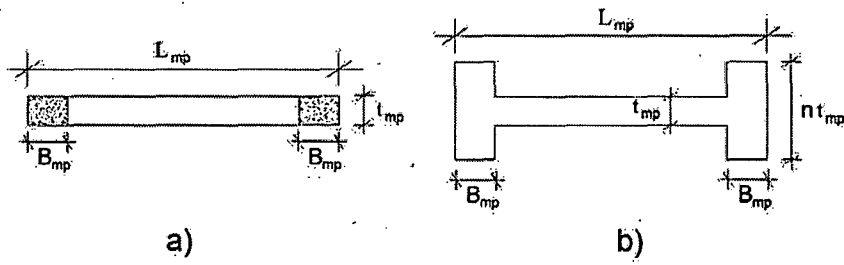


Figura 3.5: Sección transversal del muro patrón. a) Sección real; b) Sección transformada.

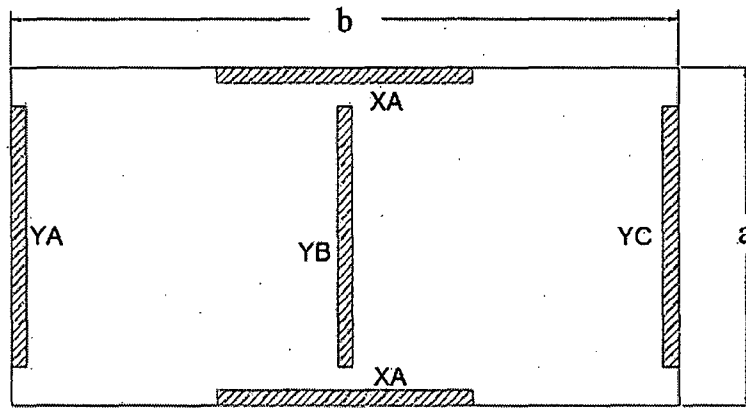


Figura 3.6: Configuración estructural simplificada de los METP's de los casos paramétricos tipo F1.

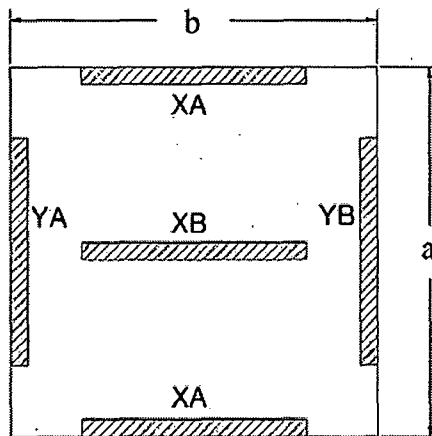


Figura 3.7: Configuración estructural simplificada de los METP's de los casos paramétricos tipo F2.



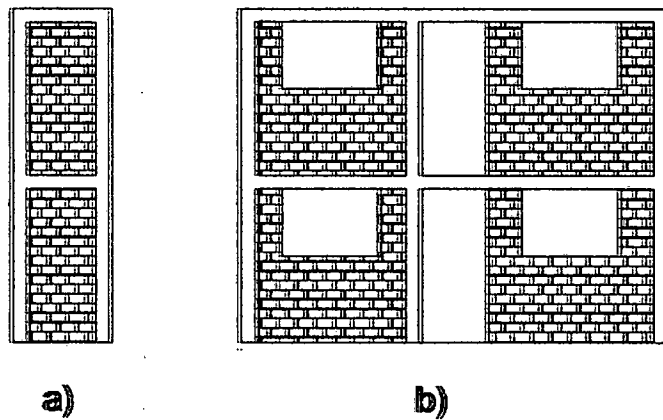


Figura 3.8: Tipos de muros reales de albañilería confinada, representados en los METP's mediante muros con espesores teóricos mínimos. a) Muros cortos; b) Muros con aberturas.

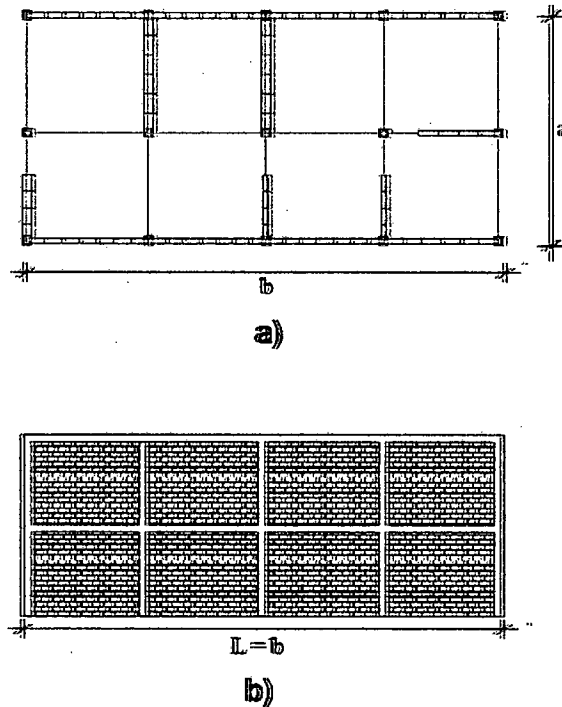


Figura 3.9: Tipo de muro real de albañilería confinada, representado en los METP's mediante muros con espesores teóricos máximos. a) Vista en planta de los muros de una edificación de albañilería confinada; b) Elevación del muro perimetral largo orientado en la dirección del eje X.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS MODELOS ESTRUCTURALES TRIDIMENSIONALES PARAMÉTRICOS

#### 4.1. Análisis dinámico modal-espectral

##### 4.1.1. Cálculo de las respuestas modales máximas

Una vez definidas las características geométricas de los METP's, se realizó el análisis sísmico de los 142 casos paramétricos reales, mediante la utilización del programa de cómputo ETABS (Computers and Structures, 2002).

Con el objetivo de estimar la respuesta sísmica elástica máxima de los 142 casos paramétricos, se decidió llevar a cabo un análisis dinámico modal-espectral. El procedimiento de cálculo de dicho análisis sísmico se expone brevemente a continuación, según Chopra (1995).

Primero, se resuelve el problema de valores y vectores propios asociado a la ecuación diferencial del movimiento que se muestra en la Ec. (3.10). Luego, se resuelve la ecuación diferencial expresada en la Ec. (4.1), para unos valores determinados de la frecuencia de vibración modal ( $\omega_n$ ) y de la razón de amortiguamiento crítico ( $\zeta_n$ ).

$$\ddot{z}_n(t) + 2 \cdot \zeta_n \cdot \omega_n \cdot \dot{z}_n(t) + \omega_n^2 \cdot z_n(t) = -\ddot{U}_g(t) \quad (4.1)$$

La solución de esta ecuación diferencial es una función variable en el tiempo. Sin embargo, el espectro de diseño de pseudo-aceleraciones, definido en SENCICO (2003), permite hallar directamente el valor máximo de dicha función, para diferentes valores de  $\omega_n$ , considerando una  $\zeta_n$  constante. La Ec. (4.2) muestra la expresión para calcular  $z_n$  (max).

$$z_n(\max) = \frac{S_{a_n}}{\omega_n^2} \quad (4.2)$$

Asimismo, los desplazamientos máximos y las fuerzas máximas en la estructura, correspondientes al n-ésimo modo de vibración, se calculan en base a las Ec. (4.3) y (4.4), respectivamente.

$$U_n = \Gamma_n \cdot \phi_n \cdot \frac{S_{a_n}}{\omega_n^2} \quad (4.3)$$

$$F_n = \Gamma_n \cdot M \cdot \phi_n \cdot S_{a_n} \quad (4.4)$$

$\Gamma_n$  es el factor de participación modal del n-ésimo modo de vibración, cuya expresión se muestra en la Ec. (4.5).

$$\Gamma_n = \frac{\phi_n^T \cdot M \cdot \mathbf{1}}{\phi_n^T \cdot M \cdot \phi_n} \quad (4.5)$$

Finalmente, el porcentaje de masa participativa en la dirección del eje X, para el n-ésimo modo de vibración, se calcula mediante la Ec. (4.6). El cálculo de  $p_{xn}$  considera los vectores forma de modo y la matriz de masa correspondientes a los gdl's en la dirección del eje X, únicamente.

$$p_{xn} = 100 \cdot \frac{\Gamma_{xn}^2 \cdot (\phi_{xn}^T \cdot M_x \cdot \phi_{xn})}{\mathbf{1}^T \cdot M_x \cdot \mathbf{1}} \quad (4.6)$$

El porcentaje de masa participativa permite evaluar la importancia que tiene el modo de vibración "n" en el cortante en la base de la estructura en una determinada dirección.

#### 4.1.2. Combinación de las respuestas modales utilizando el método CQC

Una vez determinadas las respuestas máximas de todos los modos de vibración, estas deben ser combinadas utilizando un método apropiado. De esta manera, las respuestas sísmicas máximas elásticas de la estructura habrán sido finalmente estimadas.

Se decidió utilizar el método denominado Combinación Cuadrática Completa (CQC, por sus siglas en inglés), cuya formulación está basada en las teorías de vibración aleatoria. Este método tiene la ventaja de considerar la influencia del espaciamiento entre las frecuencias de vibración modal, a través del cálculo del coeficiente intermodal ( $\rho_{nm}$ ). Esta consideración es particularmente importante cuando se analizan estructuras tridimensionales en las que los efectos torsionales son significativos (Paz, 2004).

Según Wilson (2002), el valor máximo de una respuesta sísmica se puede hallar mediante el método CQC, utilizando la Ec. (4.7).

$$F = \sqrt{\sum_n (\sum_m (f_n \cdot \rho_{nm} \cdot f_m))} \quad (4.7)$$

La doble sumatoria de la Ec. (4.7) se debe desarrollar a través de todos los modos de vibración, calculándose para cada sumando el coeficiente intermodal ( $\rho_{nm}$ ), según se expresa en las Ecs. (4.8) y (4.9), suponiendo que la razón de amortiguamiento crítico ( $\zeta$ ) es constante para todos los modos.

$$\rho_{nm} = \frac{8 \cdot \zeta^2 \cdot (1+j) \cdot j^{3/2}}{(1-j^2)^2 + 4 \cdot \zeta^2 \cdot j \cdot (1+j)^2} \quad (4.8)$$

$$j = \omega_n / \omega_m \quad (4.9)$$

Se debe tener en cuenta que dentro de la doble sumatoria sólo se consideraran aquellos pares de modos de vibración en los que  $m$  es mayor  $n$ . Es una manera de asegurar que “ $j$ ” siempre sea igual o menor que 1.

#### 4.1.3. Definición del espectro de diseño utilizado en el análisis dinámico modal-espectral

La aceleración espectral ( $S_{an}$ ) utilizada en el análisis sísmico corresponde al espectro de diseño de pseudo-aceleraciones, definido en SENCICO (2003), cuya expresión se muestra en la Ec. (4.10). Los valores de los parámetros utilizados para calcular  $S_{an}$  se muestran en el Cuadro 4.1.

$$S_{an} = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (4.10)$$

La Ec. (4.11) muestra la expresión para calcular el factor de amplificación sísmica ( $C$ ), cuyo valor no deberá ser mayor a 2.5.

$$C = 2.5 \cdot \frac{T_p}{T_n} \leq 2.5 \quad (4.11)$$

Se utilizó un coeficiente de reducción de fuerza sísmica ( $R = 6$ ) que corresponde a sistemas estructurales de albañilería confinada, sometidos a movimientos sísmicos moderados (SENCICO, 2006). Con este nivel de fuerzas sísmicas se hizo el diseño local de cada uno de los muros que componen la estructura.

La magnitud de las fuerzas sísmicas que actúan en la estructura durante el estado último o de rotura, corresponde a lo que SENCICO (2006) denomina movimientos sísmicos severos. Con este nivel de fuerzas sísmicas, que se calcula duplicando ( $R=3$ ) las fuerzas obtenidas con el sismo moderado, se verifica la resistencia global de la estructura (ítem 1.2).

La Fig. 4.1 muestra el gráfico del espectro de diseño de pseudo-aceleraciones que se utilizó para realizar el análisis sísmico de los 142 casos paramétricos. Dicho espectro fue calculado en base a las Ecs. (4.10) y (4.11), y utilizando los valores de los parámetros del Cuadro 4.1.

Los Cuadros 3.1 y 3.2 muestran los valores del periodo de vibración fundamental con los que se definieron los casos paramétricos. El máximo valor de  $T_y$  es 0.11s, razón por la cual el Coeficiente de aceleración espectral ( $S_a/g$ ) será igual a 0.23, para los 142 casos paramétricos (Fig. 4.1). Esto se debe a que en el espectro de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente (SENCICO, 2003), a diferencia de lo que ocurre en los espectros de otros reglamentos de diseño sísmico, la platea se extiende hasta los periodos de vibración más pequeños, cercanos a cero. Por lo tanto, a las estructuras de gran rigidez se les asigna conservadoramente el máximo coeficiente de aceleración espectral.

## 4.2. Análisis sísmico de los METP's

### 4.2.1. Definición de los METP's genéricos

En base a lo desarrollado en los ítems 3.3 y 3.4, se realizaron seis METP's genéricos en el programa de cómputo ETABS (Computers and Structures, 2002). Cada uno de ellos representa a los seis valores asignados al parámetro  $\kappa$ , siendo tres de ellos característicos de los casos paramétricos tipo F1, mientras los otros tres lo son de los casos paramétricos tipo F2.

Las posiciones de los muros pertenecientes a los METP's genéricos se definieron en base a las configuraciones estructurales simplificadas de las Figs. 3.6 y 3.7. El Cuadro 4.2 muestra las características geométricas más importantes de los seis METP's genéricos.

Los METP's genéricos son importantes debido a que permiten generar los 142 casos paramétricos de una manera sencilla. De acuerdo al tipo de caso paramétrico (F1 ó F2) y al valor del parámetro  $\kappa$ , se escoge el METP genérico correspondiente. Luego, se asignan los espesores de muro ( $t_i$ ) correspondientes

al caso paramétrico en cuestión. De esta manera, todos los casos paramétricos del mismo tipo (F1 ó F2) y con el mismo valor de  $\kappa$ , fueron modelados utilizando la misma configuración estructural, compuesta por muros de igual longitud ( $L_{mp}$ ) pero de diferentes espesores ( $t_i$ ) (Cuadros B.12 y B.13).

Las Figs. 4.2 y 4.3 muestran, a manera de ejemplo, dos METP's genéricos, uno por cada tipo de caso paramétrico. El Anexo C contiene las imágenes de los seis METP's genéricos.

Los METP's genéricos elaborados con el programa computacional ETABS son modelos estructurales de masas concentradas, al igual que el METP desarrollado en el ítem 3.2 (Fig. 3.1). Sin embargo, entre ambos modelos existen dos diferencias que influyen ligeramente en el cálculo de la matriz de rigidez lateral de los muros, y por lo tanto, de la matriz de rigidez de la estructura a nivel global. Las dos diferencias se señalan a continuación:

1. El METP desarrollado en el ítem 3.2 utiliza una formulación P3D (ítem 3.2.1), mientras que el METP elaborado con ETABS utiliza una formulación 3D. Esto quiere decir que el modelo de los muros elaborado con ETABS considera los seis gdl's en cada nivel de piso, en contraposición a los dos gdl's en cada nivel de piso considerados en el modelo P3D.
2. Los muros del METP desarrollado en el ítem 3.2 son elementos unidimensionales "en voladizo" empotrados en la base (Fig. 3.4), mientras que los muros del METP elaborado con ETABS son elementos finitos bidimensionales (Fig. 4.4).

Las variaciones en el comportamiento sísmico de los METP's debido a estas diferencias se discuten en el ítem 5.1.

Con el objetivo de utilizar en ETABS el modelo de masas concentradas con tres gdl's en los CM's de cada piso, se definieron diafragmas rígidos para modelar las losas como elementos de gran rigidez, que compatibilizan los desplazamientos laterales de todos los muros que componen la estructura, al realizar una condensación cinemática de todos los gdl's ubicados en sus planos horizontales.

Además, mediante la utilización de las expresiones presentadas en el ítem 3.4.1 (Ecs. (3.60) a (3.63)), se calcularon las masas traslacionales y los momentos de inercia correspondientes a cada piso (Cuadro 4.3). Estas propiedades inerciales fueron asignadas a los CG's de los diafragmas de cada piso (Figs. 4.2 y 4.3), convirtiéndose dichos puntos, además, en los CM's del modelo de masas concentradas.

De acuerdo a lo mencionado líneas arriba, la matriz de rigidez de los muros de albañilería confinada fue determinada por el programa de cómputo mediante el método de elementos finitos. La Fig. 4.4 muestra las características geométricas del modelo de uno de los muros, el cual incluye al muro de albañilería, a las columnas de confinamiento y a la viga solera.

Tanto las columnas de confinamiento como las vigas soleras fueron modeladas con elementos unidimensionales tipo "frame", mientras que el muro de albañilería fue modelado con elementos bidimensionales tipo "shell". La discretización de los elementos finitos bidimensionales se hizo de forma tal que se obtuvieran cuadrados de 0.25 m de lado (Fig. 4.4), a fin de lograr una buena representatividad del modelo.

Las propiedades mecánicas de los dos materiales que componen los muros de albañilería confinada (albañilería y concreto) fueron asignadas según lo indicado en el ítem 3.4.2.

Por otro lado, se decidió reducir la rigidez por flexión fuera del plano del muro, multiplicando el momento de inercia de la sección transversal, con respecto a su eje longitudinal, por un factor igual 0.01. Esto se hizo con la finalidad de evitar que los muros del modelo 3D resistan cargas perpendiculares a su plano, tomando en cuenta que en muchos casos paramétricos los espesores teóricos (Cuadros B.12 y B.13) pueden llegar a ser cuatro o cinco veces el espesor real de un muro de albañilería confinada. En este sentido, si se permite que los muros con espesores de dichas magnitudes trabajen a flexión en la dirección perpendicular a su plano, se subestimaría considerablemente el nivel de fuerzas actuantes (fuerza cortante y momento flector) en los demás muros, orientados en la dirección perpendicular.



Por último, la losa se modeló con el objetivo de que transmita a los muros las cargas gravitacionales. El análisis gravitacional, que es totalmente independiente del análisis sísmico lateral, sirve para determinar la carga axial que actúa en un muro durante un movimiento sísmico. Como se explicó en el ítem 1.2, mientras mayor sea esta carga axial, mayor será la resistencia al agrietamiento diagonal de dicho muro.

En este sentido, la losa fue modelada con elementos bidimensionales tipo "membrane" de 0.05 m de espesor (Fig. 4.5). De esta manera, dicho elemento estructural, con rigidez nula frente a las cargas perpendiculares a su plano, únicamente se encarga de transmitir las cargas gravitacionales a cada muro.

Las vigas soleras y las vigas perimetrales también son parte del modelo de la losa que se muestra en la Fig. 4.5. Estas vigas fueron modeladas con elementos unidimensionales tipo "frame", y fueron definidas con una sección transversal única de forma rectangular, cuyas dimensiones de la base y la altura son 0.25 m y 0.20 m, respectivamente.

#### 4.2.2. Análisis de los METP's

De acuerdo a lo explicado en el ítem 4.2.1, al variar las dimensiones de los espesores de los muros pertenecientes a los METP's genéricos (según la información de los Cuadros B.12 y B.13), se lograron generar en ETABS los METP's de los 142 casos paramétricos en estudio. Cada uno de ellos fue sometido al análisis dinámico modal espectral, cuyo fundamento teórico se expuso en los ítems 4.1.1 y 4.1.2.

En base al espectro de diseño definido en el ítem 4.1.3 (Fig. 4.1), se establecieron dos estados de carga sísmica, denominados EQX y EQY. El primero corresponde a una aceleración del suelo en la dirección del eje X ( $\ddot{U}_{gx}$ ), mientras el segundo corresponde a una aceleración del suelo en la dirección del eje Y ( $\ddot{U}_{gy}$ ). Para ambos estados de carga se consideró una razón de amortiguamiento crítico ( $\zeta$ ) constante e igual a 0.05, para todos los modos de vibración.

Por último, se definió un estado de carga para el análisis gravitacional, denominado GRAV. De acuerdo a los resultados presentados en el ítem 2.2, las cargas gravitacionales sísmicas asignadas al primer y al segundo piso fueron  $1.00 \text{ Tn/m}^2$  y  $0.65 \text{ Tn/m}^2$ , respectivamente.

Los resultados completos del análisis sísmico en ETABS de los METP's de los 142 casos paramétricos se muestran en el Anexo D.

Cuadro 4.1: Parámetros utilizados en la definición del espectro de diseño de pseudo-aceleraciones (SENCICO, 2003).

Parámetro	Tipo	Factor
Factor de zona	Zona 3	$Z = 0.4$
Perfil de suelo	Tipo $S_3$	$T_p = 0.9 \text{ s}; S = 1.4$
Coefficiente de uso e importancia	Categoría C	$U = 1.0$
Coefficiente de reducción de fuerza sísmica	Albañilería confinada	$R = 6$

Cuadro 4.2: Características geométricas de los METP's genéricos.

Tipo	$\kappa$	a (m)	b (m)	$B_{mp}$ (m)	$L_{mp}$ (m)
F1	1.50	6.50	9.75	0.25	3.75
	2.00	6.50	13.00	0.25	4.75
	2.50	6.50	16.25	0.25	5.75
F2	0.50	6.50	3.25	0.25	3.25
	1.00	6.50	6.50	0.25	4.25
	1.50	6.50	9.75	0.25	5.25

Cuadro 4.3: Propiedades inerciales de los METP's genéricos.

Tipo	$\kappa$	$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_1 \cdot r^2$ (Tn·m·s <sup>2</sup> )	$m_2 \cdot r^2$ (Tn·m·s <sup>2</sup> )
F1	1.50	6.46	4.20	89.446	58.140
	2.00	8.61	5.60	183.480	119.262
	2.50	10.77	7.00	332.557	216.162
F2	0.50	2.15	1.40	16.017	10.411
	1.00	4.31	2.80	51.253	33.314
	1.50	6.46	4.20	124.929	81.204

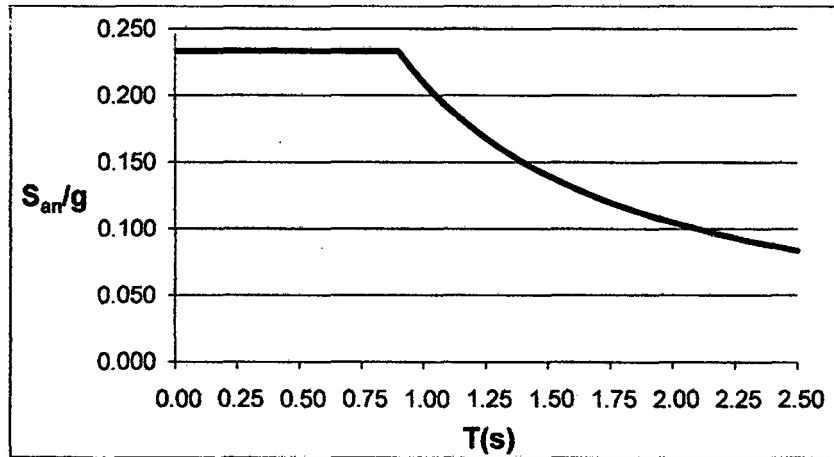


Figura 4.1: Espectro de diseño de pseudo-aceleraciones (SENCICO, 2003).

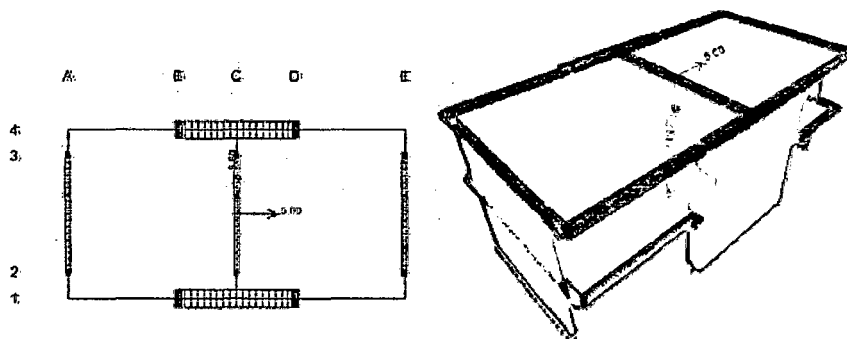


Figura 4.2: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 2.00$ .

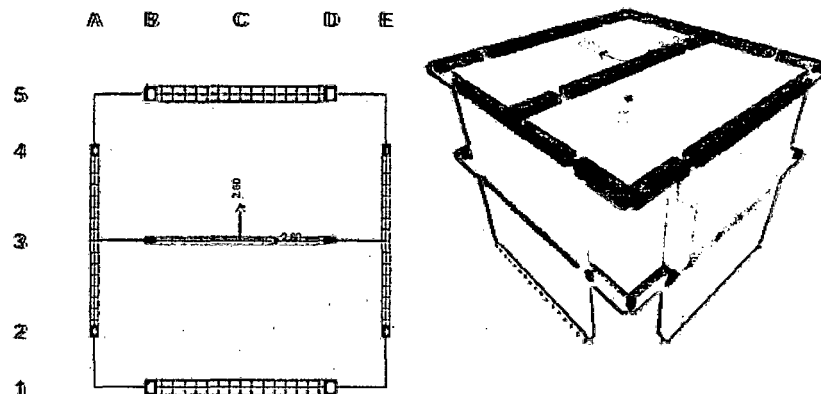


Figura 4.3: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 1.00$ .

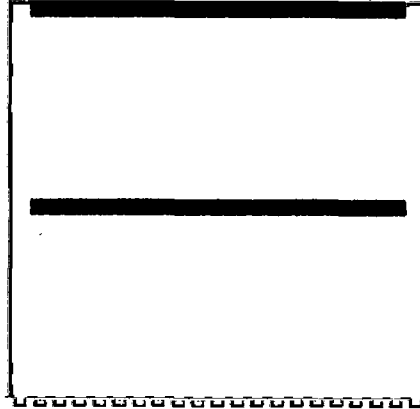


Figura 4.4: Modelo estructural del muro de albañilería confinada, utilizando el método de elementos finitos.

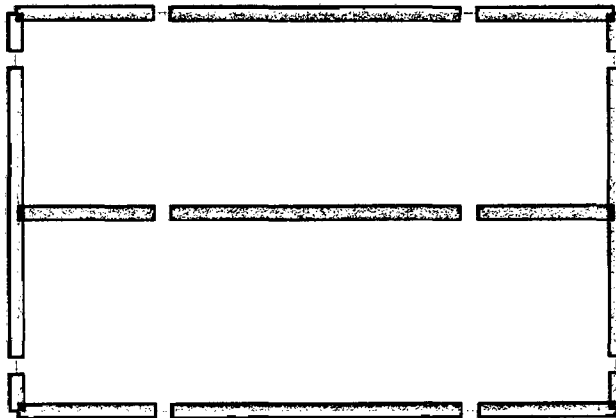


Figura 4.5: Modelo estructural de la losa.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 5.1. Análisis comparativo entre los valores paramétricos desacoplados (VPD) y los valores paramétricos acoplados (VPA)

Cuatro de los cinco parámetros utilizados en la definición de los casos paramétricos (ítem 3.1) fueron calculados a partir de los resultados obtenidos del análisis sísmico de los METP's. Dichos parámetros son:  $T_y$ ,  $\omega_x/\omega_y$ ,  $\Omega$ ,  $e_x/r$ . La razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ) es un parámetro geométrico cuyo cálculo está determinado únicamente por las dimensiones de la losa, y por lo tanto, no requiere la realización de un análisis sísmico.

Los valores paramétricos calculados a partir de los resultados obtenidos del análisis sísmico de los METP's no son exactamente iguales a los valores utilizados en la definición de los casos paramétricos (Cuadros 3.1 y 3.2). Esto se debe a las diferencias que existen entre el METP utilizado en el análisis sísmico, elaborado con ETABS (Computers and Structures, 2002), y el METP utilizado en la definición de los casos paramétricos, desarrollado en el ítem 3.2. Una de las diferencias más relevantes entre ambos modelos, además de las señaladas en el ítem 4.2.1, es que el METP desarrollado en el ítem 3.2 se basa en las ecuaciones de movimiento desacopladas (ítem 3.2.3), mientras que el METP elaborado con ETABS se basa en las ecuaciones de movimiento acopladas (la matriz de rigidez de la estructura se calcula con respecto a los CM's de la edificación).

La variación porcentual entre los valores paramétricos obtenidos del análisis sísmico, denominados VPA, con respecto a los valores paramétricos utilizados en la definición de los casos paramétricos, denominados VPD, se calcularon para cada caso paramétrico mediante la Ec. (5.1).

$$Var. (\%) = \frac{VPA - VPD}{VPD} \cdot 100 \quad (5.1)$$

En el Anexo E (ítem E.1 y E.2) se muestran los VPA de todos los casos paramétricos, y la variación porcentual de estos con respecto a los VPD. En base a estos resultados, el Cuadro 5.1 muestra los valores máximos y mínimos de dichas variaciones porcentuales, según el tipo de caso paramétrico.

En el Cuadro 5.1 se observa que, con excepción del grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ), en ninguno de los 142 casos paramétricos la variación porcentual absoluta es mayor a 10%. Por otro lado, la variación porcentual máxima (variación por exceso) del parámetro  $\Omega$  es aproximadamente 15%, mientras que la variación porcentual mínima (variación por defecto) no llega a -4%. Esto significa que los valores paramétricos de los METP's analizados en ETABS (VPA) son ligeramente diferentes a los valores paramétricos mostrados en los Cuadros 3.1 y 3.2 (VPD).

## 5.2. Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado y la densidad de muros

Uno de los objetivos específicos del presente trabajo de investigación es relacionar al periodo de vibración traslacional acoplado con la densidad de muros, que es el parámetro geométrico más representativo de las edificaciones de albañilería confinada (ítem 1.2):

Para lograr este objetivo se decidió utilizar los conceptos básicos del movimiento de un sistema de un gdl. La expresión para calcular el periodo de vibración traslacional en los sistemas de un gdl se muestra en la Ec. (5.2).

$$T' = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (5.2)$$

En base a lo desarrollado en el análisis de sensibilidad (Capítulo II), se puede establecer que la masa de una edificación de albañilería confinada está directamente relacionada con el área de piso ( $A_p$ ), según se muestra en la Ec. (5.3).

$$m = c_1 \cdot A_p \quad (5.3)$$

Por otro lado, en el ítem 1.2 se explicó la relación que existe entre la rigidez de un muro de albañilería confinada y el área de corte de su respectiva sección transversal. En este sentido, la rigidez de una edificación de albañilería confinada, modelada como un sistema de un gdl, se puede expresar en función de la densidad de muros ( $D$ ) y el área de piso ( $A_p$ ), según se muestra en la Ec. (5.4).

$$k = c_2 \cdot D \cdot A_p \quad (5.4)$$

Reemplazando las Ecs. (5.3) y (5.4) en la Ec. (5.2) se obtiene la expresión de la Ec. (5.5), que permite concluir que existe una relación directamente proporcional entre el periodo de vibración traslacional y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros. En el Anexo E (ítem E.4) se muestra que existe una relación del mismo tipo entre la razón de las frecuencias de vibración en las direcciones de los ejes X y Y, y la raíz cuadrada de la razón de las densidades de muros orientados en las direcciones de los ejes X y Y.

$$T' = c_3 \cdot \frac{1}{\sqrt{D}} \quad (5.5)$$

De esta manera, en base a los resultados obtenidos del análisis sísmico realizado en los 142 casos paramétricos, la Fig. 5.1 muestra la relación expresada en la Ec. (5.5), para los periodos de vibración traslacional acoplados en la dirección del eje X ( $T_x$ ) y las densidades de muros en la dirección del eje X ( $D_x$ ). La dirección del eje X es la de mayor rigidez, por lo que los valores de  $T_x$  varían entre 0.045 s y 0.075 s.

Mediante una regresión lineal a partir de los puntos mostrados en la Fig. 5.1, se obtuvo la ecuación de cada recta que describe su tendencia. De esta manera, la Fig. 5.1 muestra gráficamente la relación lineal expresada en la Ec. (5.5), cuya



constante de proporcionalidad ( $c_3$ ) varía entre 0.144 y 0.166, según la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ) y el tipo de caso paramétrico (F1 ó F2).

Esta ligera variación de los valores de  $c_3$  se debe a las longitudes del muro patrón ( $L_{mp}$ ) (Cuadro 3.3). Si bien, en una edificación de albañilería confinada la densidad de muros está relacionada con la rigidez por corte, la longitud del muro patrón se relaciona con el momento de inercia de la sección transformada de los muros, y por lo tanto, con la rigidez por flexión de la estructura (ítems 3.2.4 y 3.2.5). Por este motivo, cuando en los casos paramétricos el valor de  $L_{mp}$  aumenta, la rigidez global de la estructura es mayor, y en consecuencia, tanto los valores de  $c_3$  como los periodos de vibración traslacional, disminuyen.

Por otro lado, la relación que el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y ( $T_y$ ) tiene con la densidad de muros en la dirección del eje Y ( $D_y$ ) está influenciada por la magnitud de la excentricidad estática en la dirección del eje X ( $e_x$ ). Esto se debe a que, a diferencia de lo que ocurre en la dirección del eje X, el movimiento en la dirección del eje Y está acoplado torsionalmente. Por lo tanto, mientras  $e_x$  sea mayor, el movimiento en la dirección del eje Y estará más influenciado por dicho acoplamiento torsional (ítem E.3).

En este sentido, las Figs. 5.2 a 5.4 muestran la relación entre  $T_y$  y la inversa de la raíz cuadrada de  $D_y$ , para los casos paramétricos con valores de  $e_x/r$  iguales a 0.00, 0.30 y 0.60, respectivamente.

Debido a la menor densidad de muros en la dirección del eje Y y a la excentricidad existente en la dirección del eje X, los valores de  $T_y$  son mayores que los de  $T_x$ . Para todos los casos paramétricos,  $T_y$  varía entre 0.08 s y 0.12 s, lo cual confirma que la dirección del eje Y es la de mayor flexibilidad.

La Fig. 5.2 muestra los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a cero. Por este motivo los valores de  $c_3$  son muy similares a los mostrados en la Fig. 5.1. Por otro lado, las Figs. 5.3 y 5.4 muestran los casos paramétricos cuyos movimientos en la dirección del eje Y están torsionalmente acoplados. En estos casos, los valores de  $c_3$  y  $T_y$  aumentan conforme  $e_x/r$  es mayor.

Por ejemplo, para los casos con  $e_x/r$  igual a 0.30, la Fig. 5.3 muestra que el incremento de  $c_3$ , con respecto a los casos con  $e_x/r$  igual a cero (Fig. 5.2), no es muy significativo (el incremento relativo de  $c_3$  varía entre 1.8% y 3.6%). Sin embargo, para los casos con  $e_x/r$  igual a 0.60, la Fig. 5.4 muestra que el incremento relativo de  $c_3$ , con respecto a los casos con  $e_x/r$  igual a 0.30 (Fig. 5.3), varía entre 6.3% y 6.8%. Esto demuestra que la flexibilidad de la estructura en la dirección del eje Y es influenciada de manera directa por  $e_x/r$ , tal como se muestra en el Anexo E (ítem E.3).

### 5.3. Respuestas globales

#### 5.3.1. Cortante basal y cortante de entrepiso

El cortante de entrepiso es la fuerza cortante total que actúa en los elementos estructurales verticales que se ubican entre dos pisos consecutivos de una edificación. Dicha fuerza se calcula como la sumatoria de todas las fuerzas inerciales laterales en una determinada dirección, que se ubican en los pisos superiores al nivel del entrepiso en estudio.

El cortante evaluado en la base del primer entrepiso se denomina cortante basal. De acuerdo a la definición anterior, se concluye que el cortante basal es igual a la sumatoria de fuerzas inerciales laterales que actúan en toda la edificación.

A través del tiempo, el cortante basal ha tenido mucha importancia en el diseño sísmico de las edificaciones. En el caso de la albañilería confinada su importancia es aún mayor, debido a que permite hallar las fuerzas cortantes que actúan en cada uno de los muros (ítem 1.2).

Por este motivo, diversos estudios han buscado relacionar al cortante basal con el peso total de la edificación mediante un coeficiente sísmico ( $C_w$ ). En consecuencia, en base a los resultados obtenidos del análisis sísmico de los METP's de los casos paramétricos, debido a la acción del sismo severo (SENCICO, 2006), se relacionó el cortante basal y el cortante del segundo

entrepiso con el peso sísmico total de la edificación, según lo expresado en la Ec. (5.6).

$$V_E = C_w \cdot W \quad (5.6)$$

Los resultados obtenidos para el cortante basal y el cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje X ( $V_{EX}$ ), se muestran en la Fig. 5.5. Asimismo, los resultados obtenidos para el cortante basal y el cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y ( $V_{EY}$ ), se muestran en las Fig. 5.6 y 5.7, respectivamente; en ambas figuras se puede apreciar la influencia de  $e_x/r$  en estas respuestas.

Los coeficientes sísmicos para el cortante basal y el cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje X son iguales a 0.43 y 0.24, respectivamente (Fig. 5.5). A modo de comparación, los coeficientes sísmicos calculados mediante el método estático equivalente (SENCICO, 2003), que asume una variación lineal de los desplazamientos laterales asociados al primer modo de vibración, son iguales a 0.47 y 0.26, para el cortante basal y el cortante del segundo entrepiso, respectivamente.

La variación relativa de los coeficientes sísmicos obtenidos con el método estático equivalente, con respecto a los obtenidos con el análisis dinámico modal espectral, es menor que 10%. El cortante basal dinámico es igual al 91% del cortante basal estático. Este porcentaje supera los límites mínimos de 80% y 90%, establecidos en SENCICO (2003) para edificaciones regulares e irregulares, respectivamente. Por lo tanto, es válido utilizar los coeficientes sísmicos dinámicos para calcular los cortantes de entrepiso.

Por otro lado, las Figs. 5.6 y 5.7 muestran que cuando existe acoplamiento torsional, la influencia de  $e_x/r$  en los cortantes de entrepiso en la dirección del eje Y es poco significativa. La variación relativa entre los coeficientes sísmicos de los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.60, con respecto a los coeficientes sísmicos de los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.00, es menor a 10%.

Sin embargo, los coeficientes sísmicos obtenidos a partir del análisis dinámico modal espectral de los casos paramétricos torsionalmente acoplados, con  $e_x/r$  iguales a 0.30 y 0.60, equivalen al 89% y al 85% de los coeficientes sísmicos obtenidos con el método estático equivalente, respectivamente. Esto significa que en estos casos los coeficientes sísmicos dinámicos son válidos únicamente para el análisis de edificaciones regulares, mientras que para las edificaciones irregulares se debe utilizar el 90% del valor de los coeficientes sísmicos estáticos.

### 5.3.2. Momento de torsión en planta

Cuando los CR's y los CM's pertenecientes a diferentes niveles de piso de una edificación no son coincidentes en planta (estructura torsionalmente acoplada), las fuerzas inerciales laterales que actúan en los pisos durante un movimiento sísmico generan momentos de torsión en planta. La magnitud del momento de torsión en planta del  $i$ -ésimo piso, generado por la fuerza inercial orientada en la dirección del eje Y ( $F_{yi}$ ), se calcula mediante la Ec. (5.7).

$$M_{zi} = F_{yi} \cdot e_{xi} \quad (5.7)$$

Similar a lo ocurrido con los cortantes de entrepiso, el momento de torsión en planta que actúa en un determinado entrepiso se calcula como la sumatoria de todos los momentos de torsión en planta correspondientes a los pisos superiores. Por este motivo, el momento de torsión en planta del primer entrepiso (momento de torsión en planta basal) generalmente es de mayor magnitud, en comparación con los momentos de torsión en planta de los entrepisos superiores.

Los momentos de torsión en planta ocasionan la rotación de la estructura alrededor de los ejes verticales que pasan por los CR's de cada piso. Estas rotaciones producen desplazamientos laterales adicionales cuyas magnitudes son mayores en los muros que se encuentran más alejados del CR, debido a que tienen un brazo de giro más largo, según queda expresado en la Ec. (5.8).

$$u_i = d_{iCR} \cdot \theta_{zCR} \quad (5.8)$$

En este sentido, se puede concluir que los muros perimetrales resisten la mayor parte del momento de torsión en planta que actúa en un determinado entrepiso, debido a la gran rigidez torsional que brindan a la estructura. Por lo tanto, el momento de torsión en planta genera fuerzas cortantes adicionales que deben ser tomados en cuenta en el diseño de los muros.

Escobar *et al.* (2004) definen a la excentricidad estática como la distancia entre el CR y el centro de corte de un determinado entrepiso. Demuestran que cuando los CM's de los pisos de una edificación pertenecen a una línea recta vertical (tal como sucede en los casos paramétricos analizados), la ubicación de los centros de corte coincide con la ubicación de dichos CM's, razón por la cual la excentricidad estática también se puede definir como la distancia entre el CR y el CM de un determinado piso.

Según lo expuesto por Escobar *et al.* (2004), cuando se realiza el análisis sísmico dinámico de modelos estructurales tridimensionales de edificios de varios pisos, el acoplamiento entre los modos de vibración traslacionales y torsionales ocasiona una amplificación dinámica de los momentos de torsión en planta.

Si al realizar un análisis estático se desea considerar el efecto de la amplificación dinámica de los momentos de torsión en planta, estos deben ser multiplicados por un factor de amplificación dinámica ( $\beta$ ). La Ec. (5.9) muestra una expresión aproximada para calcular el momento de torsión en planta del  $i$ -ésimo entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y ( $M_{EZYi}$ ).

$$M_{EZYi} = V_{EYi} \cdot e_{xi} \cdot \beta \quad (5.9)$$

En base a los resultados obtenidos del análisis sísmico de los METP's de los casos paramétricos, las Figs. 5.8 y 5.9 muestran la relación que existe entre  $V_{EY}$  y  $M_{EZY}$ , correspondientes al primer y segundo entrepiso, respectivamente. De

esta manera, se puede comprobar que dicha relación presenta una tendencia lineal y está influenciada por los parámetros  $e_x/r$  y  $\Omega$ .

De acuerdo a lo previsto, las Figs. 5.8 y 5.9 indican que los  $M_{EZY}$  de los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual 0.60 son mayores a los  $M_{EZY}$  de los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual 0.30.

Por otro lado, el grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ) también es un parámetro que influye notablemente en la magnitud del  $M_{EZ}$ . Los casos paramétricos con  $\Omega$  igual a 2.00 presentan una mayor rigidez torsional que los casos paramétricos con  $\Omega$  igual a 1.65. Al tener mayor rigidez torsional, frente a una misma fuerza inercial lateral, las estructuras asociadas a dichos casos paramétricos presentan menores rotaciones en planta, y por lo tanto, menores magnitudes de  $M_{EZ}$ .

Esto explica lo que se aprecia en las Figs. 5.8 y 5.9, donde las magnitudes de los  $M_{EZY}$  correspondientes a los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.30 y  $\Omega$  igual a 1.65 son casi iguales a las de los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.60 y  $\Omega$  igual a 2.00. Esto significa que si bien la excentricidad incrementa la magnitud del momento de torsión en planta, la rigidez torsional la disminuye.

La Fig. 5.10 muestra la relación entre  $\beta$  y  $\Omega$ . Se puede observar que para los casos paramétricos estudiados,  $\beta$  varía entre 1.4 y 1.9, lo que significa que en algunos casos la amplificación dinámica incrementa en 90% el valor del  $M_{EZ}$  estático. Este nivel de amplificación es muy significativo, y en consecuencia debe ser considerado en el diseño de este tipo de edificaciones.

La Fig. 5.10 también muestra que  $\beta$  es muy sensible a la variación de  $\Omega$ , no siendo así con la variación de  $e_x/r$ . Las edificaciones de albañilería confinada con grados de acoplamiento torsional de baja magnitud (rigidez torsional baja) presentan amplificaciones dinámicas altas. Por el contrario, si  $\Omega$  aumenta, la rigidez torsional también aumenta, y  $\beta$  disminuye.

### 5.3.3. Desplazamiento traslacional de los CM's

La magnitud de los desplazamientos laterales que se producen en una edificación durante un movimiento sísmico está directamente asociada a los daños estructurales generados. Los desplazamientos laterales mínimos y máximos se producen en los CM's del primer y último piso, respectivamente.

En las viviendas de albañilería confinada, debido a la gran rigidez proporcionada por los muros y a la baja altura que las caracteriza, los desplazamientos traslacionales de los CM's son muy pequeños. En las viviendas de dos pisos, el desplazamiento traslacional máximo del CM del segundo piso es menor a 0.50 cm. No obstante, se decidió estudiar esta respuesta global con la finalidad de comprender la influencia que en ella tienen algunos parámetros, tales como el periodo de vibración traslacional y la excentricidad estática normalizada.

De acuerdo a lo establecido en la Ec. (4.3), los desplazamientos de una estructura están en relación inversa con la frecuencia de vibración al cuadrado. Por lo tanto, se puede concluir que dichos desplazamientos están en relación directa con el periodo de vibración al cuadrado. Esto se puede apreciar de manera general en las Figs. 5.11 y 5.12, para los desplazamientos traslacionales de los CM's de los METP's en las direcciones de los ejes X ( $U_x$ ) y Y ( $U_y$ ), respectivamente, debido a la acción del sismo severo.

Los desplazamientos traslacionales de los CM's de los METP's en la dirección del eje Y (Fig. 5.12) son notablemente mayores que los de la dirección del eje X (Fig. 5.11), aunque, en términos globales, tanto  $U_x$  como  $U_y$  son muy pequeños (el mayor de los desplazamientos traslacionales de los CM's del segundo piso en la dirección del eje Y es igual 0.405 cm).

Con el objetivo de comparar las magnitudes de los desplazamientos traslacionales en ambas direcciones, se calculó la proporción entre  $U_y$  y  $U_x$  para todos los casos paramétricos. En el primer piso, dicha proporción varía entre 1.5 y 5.0, mientras que en el segundo piso varía entre 1.7 y 4.0.

Por otro lado, la Fig. 5.13 permite visualizar de forma esquemática la variación de  $U_x$  a lo largo de la altura total de la edificación ( $H$ ), para todos los casos paramétricos cuyos periodos de vibración traslacional en la dirección del eje  $X$  ( $T_x$ ) pertenecen a un determinado intervalo. Por lo tanto, los cuatro gráficos de la Fig. 5.13 corresponden a cuatro intervalos de  $T_x$ . A medida que los valores de  $T_x$  van creciendo, los valores de  $U_x$  aumentan en múltiplos de 0.045 cm.

Es importante señalar que los valores  $U_x$  en el segundo piso están más influenciados por la variación del parámetro  $T_x$ , que los valores de  $U_x$  en el primer piso. Por ejemplo, en el segundo intervalo de  $T_x$  ( $0.058 \text{ s} < T_x < 0.062 \text{ s}$ ), el valor de  $U_x$  en el segundo piso aumenta con respecto al del primer intervalo ( $0.045 \text{ s} < T_x < 0.058 \text{ s}$ ), mientras que en el primer piso el valor de  $U_x$  se mantiene constante. Al comparar los gráficos correspondientes al tercer y al cuarto intervalo, se puede notar que ocurre el mismo fenómeno. Por este motivo, existen tres valores de  $U_x$  para el segundo piso, mientras que para el primero existen solamente dos. En conclusión, la variación de  $U_x$  en función del parámetro  $T_x$ , se desarrolla con mayor rapidez en el segundo piso que en el primer piso.

De la misma manera, la Fig. 5.14 muestra de forma esquemática la variación de  $U_y$  a lo largo de la altura total de la edificación ( $H$ ), para todos los casos paramétricos cuyos valores de  $T_y$  pertenecen a un determinado intervalo. Además, el Anexo E (ítem E.5) muestra gráficamente la influencia que tiene el parámetro  $e_x/r$  en las magnitudes de  $U_y$ .

Los valores de  $U_y$  en el primer y el segundo piso, también son múltiplos de 0.045 cm. Al igual que la Fig. 5.13, la Fig. 5.14 muestra que  $U_y$  varía más rápidamente en el segundo piso que en el primero.

Sin embargo, la Fig. 5.14 presenta más patrones de desplazamiento lateral que la Fig. 5.13. Existen tres valores de  $U_y$  para el primer piso, y cinco valores de  $U_y$  para el segundo piso, que, al combinarse entre sí, generan ocho gráficos de desplazamiento lateral, correspondientes a ocho intervalos de  $T_y$  (dos veces la cantidad de gráficos generados en la Fig. 5.13 para  $U_x$ ).



En algunos casos, los intervalos de  $T_y$  se intersectan entre sí. Esto quiere decir que para un mismo valor de  $T_y$  es posible que se generen dos o tres patrones diferentes de desplazamiento lateral. Del análisis de los resultados se ha podido observar que los  $T_y$  de mayor magnitud, pertenecientes a un determinado intervalo, corresponden a aquellos casos paramétricos cuyos valores de  $e_x/r$  o  $\kappa$  son altos. Estos casos paramétricos hacen que los intervalos se extiendan de manera tal que se intersectan entre sí.

#### 5.3.4. Distorsión lateral de entrepiso

La distorsión lateral de entrepiso se calcula dividiendo el desplazamiento lateral relativo del entrepiso, producido por las fuerzas sísmicas, entre la altura de piso. La magnitud de esta respuesta está asociada a una probabilidad de que ocurra un determinado nivel de daño en la estructura (Ruiz, 2009).

Según lo establecido en la normativa peruana de diseño sísmico, en el caso de las edificaciones de albañilería, la distorsión lateral máxima de entrepiso para evitar el colapso no debe ser mayor que 0.50% (SENCICO, 2003). Sin embargo, algunos estudios (Ruiz, 2009) y normativas de otros países (NTS, 2004) indican que la distorsión lateral máxima permisible puede disminuir hasta 0.15%, dependiendo del tipo de albañilería (sólida ó hueca; artesanal ó industrial), del sistema de reforzamiento (albañilería confinada ó albañilería armada) y de la presencia o la ausencia del acero de refuerzo horizontal.

Las Figs. 5.15 y 5.16 muestran las distorsiones laterales de entrepiso en las direcciones de los ejes X y Y, respectivamente, que se presentan en los METP's de los casos paramétricos, debido a la acción del sismo severo. Ambas figuras muestran la variación de la distorsión lateral de entrepiso en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del movimiento.

Debido a la gran rigidez de los METP's en la dirección del eje X, las distorsiones laterales de entrepiso en la dirección del eje X ( $\Delta_x/h$ ) no llegan a 0.04%. En la Fig. 5.15 se aprecia una marcada relación lineal entre  $T_x$  y  $\Delta_x/h$ .

Por otro lado, las distorsiones laterales de entrepiso debido al movimiento acoplado en la dirección del eje Y ( $\Delta_y/h$ ) llegan a valores de 0.13% (Fig. 5.16). Aún así, este nivel de distorsión lateral de entrepiso está por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en SENCICO (2003) y Ruiz (2009).

Es importante señalar que la magnitud de  $\Delta_y/h$  es influenciada por los parámetros  $e_x/r$  y  $\Omega$ . Como se muestra en la Fig. 5.16, para valores de  $T_y$  similares, la magnitud de  $\Delta_y/h$  tiende a ser mayor conforme  $e_x/r$  aumenta. Esta tendencia se va consolidando a medida que  $T_y$  va creciendo.

Sucede lo contrario con el parámetro  $\Omega$ . Cuando el valor de  $\Omega$  aumenta, la magnitud de  $\Delta_y/h$  disminuye (Fig. 5.16). Lógicamente, este comportamiento no se verifica en los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a cero, debido a que se tratan de movimientos torsionalmente desacoplados.

Finalmente, la Fig. 5.17 muestra las distorsiones laterales de entrepiso en la dirección del eje X, debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y. Estos valores de  $\Delta_x/h$ , generadas por la rotación en planta de los diafragmas rígidos, se calculan multiplicando el desplazamiento rotacional de la planta por la longitud del brazo de giro (Ec. (5.8)).

Aunque las magnitudes de  $\Delta_x/h$  debido a la rotación en planta son pequeñas (no llegan al 0.025%), es importante señalar que en los casos paramétricos con  $T_x$  bajos (estructuras de gran rigidez traslacional en la dirección del eje X), estas pueden llegar a significar un aumento del 100%, con respecto a las magnitudes de  $\Delta_x/h$  debido al desplazamiento traslacional en la dirección del eje X (Fig. 5.15).

Como se aprecia en la Fig. 5.17, las magnitudes de  $\Delta_x/h$  debido a la rotación en planta, varían en función de tres parámetros:  $T_y$ ,  $\Omega$  y  $e_x/r$ . Los dos primeros están ligados a la flexibilidad traslacional y torsional de la estructura, respectivamente. El tercero está ligado a la magnitud del momento de torsión en planta ( $M_{EZY}$ ).

Además, considerando que la longitud del brazo de giro depende de las dimensiones de la planta, la magnitud de  $\Delta_x/h$  debido a la rotación en planta también está en función del parámetro  $\kappa$ .

### 5.3.5. Aceleración traslacional de los CM's

Así como las distorsiones laterales de entrepiso están asociadas a un determinado nivel de daño estructural, las aceleraciones traslacionales de los CM's están relacionadas con el nivel de daño de los elementos no estructurales de una edificación (Miranda, 2005).

La Fig. 5.18 muestra los valores de la razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje X ( $a_x$ ) y la aceleración espectral ( $S_a$ ), en función de  $T_x$ . El valor de  $S_a$ , que se calcula mediante la Ec. (4.10), es igual a  $10.3005 \text{ m/s}^2$  para los seis modos de vibración de los METP's de todos los casos paramétricos analizados.

La Fig. 5.18 muestra que  $a_x/S_a$  no varía con  $T_x$ . En el primer piso  $a_x/S_a$  tiene un valor constante igual a 0.75, mientras que en el segundo piso el valor de  $a_x/S_a$  es igual 1.30.

Por otro lado, en el caso de la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y ( $a_y$ ),  $a_y/S_a$  también permanece constante en función de  $T_y$ , pero, al tratarse de un movimiento torsionalmente acoplado, varía ligeramente en función de  $e_x/r$ , según se muestra en la Fig. 5.19.

De esta manera, en los casos con  $e_x/r$  igual a 0.30,  $a_y/S_a$  alcanza un valor promedio de 0.85 y 1.50, en el primer y segundo piso, respectivamente. En los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.60,  $a_y/S_a$  alcanza un valor promedio de 0.95 y 1.65, en el primer y segundo piso, respectivamente. Esta dependencia de  $a_y/S_a$ , con respecto al parámetro  $e_x/r$ , también se muestra en las Figs. E.16 y E.17 (ítem E.6).

## 5.4. Respuestas locales

### 5.4.1. Relación entre la fuerza cortante y el momento flector que actúan en los muros

De acuerdo a lo explicado en el Capítulo I (ítem 1.2), el diseño de los muros de albañilería confinada consiste en la verificación de las condiciones expresadas en las Ecs. (1.2) y (1.3). Para lograr este objetivo es necesario calcular la resistencia al agrietamiento diagonal ( $V_m$ ) de cada uno de los muros que conforman el sistema estructural, para lo cual, según lo expresado en las Ecs. (1.4) y (1.5), se requiere conocer las propiedades geométricas de los muros, las propiedades mecánicas de la albañilería, y las fuerzas sísmicas y gravitacionales que actúan en ellos.

Las fuerzas sísmicas consideradas son la fuerza cortante ( $V_e$ ) y el momento flector ( $M_e$ ) actuantes en los muros, debido a la acción del sismo moderado (SENCICO, 2006). La Fig. 5.20 muestra la relación que existe entre ambas respuestas para dos de los muros pertenecientes a las configuraciones estructurales simplificadas (Figs. 3.6 y 3.7) de los METP's de los casos paramétricos analizados.

El muro flexible (MFLEXIBLE) se ubica en el lado menos rígido de los METP's, por lo que, para ambos tipos de casos paramétricos, corresponde al muro YA. Por el contrario, el muro rígido (MRIGIDO) se ubica en el lado más rígido de los METP's, por lo que corresponde a los muros YC y YB, para los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente.

La Fig. 5.20 muestra que la relación entre  $V_e$  y  $M_e$  es constante y de igual magnitud en ambos tipos de muro (MFLEXIBLE Y MRIGIDO), y en todos los casos paramétricos analizados. Por lo tanto,  $M_e/V_e$  no es influenciada por ninguno de los parámetros en estudio, ni por la ubicación en planta de los muros de la estructura (lado flexible ó lado rígido).

Sin embargo, el valor de  $M_e/V_e$  en el primer piso no es el mismo que en el segundo piso. De acuerdo a la Fig. 5.20,  $M_e/V_e$  es igual a 3.77 m en el primer

piso, mientras que en el segundo piso es igual a 2.48 m. Considerando que la altura de piso ( $h$ ) de los METP's es igual 2.50 m, dichos valores de  $M_e/V_e$  en el primer y segundo piso corresponden, aproximadamente, a  $1.5 \cdot h$  y  $1.0 \cdot h$ , respectivamente.

#### **5.4.2. Fuerza cortante que actúa en los muros debido al momento de torsión en planta**

Los momentos de torsión en planta generan fuerzas cortantes adicionales en los muros, que deben ser añadidas a las fuerzas cortantes transmitidas directamente por las fuerzas cortantes de entrepiso.

De acuerdo a lo establecido en el ítem 5.3.2, la magnitud de dichas fuerzas cortantes adicionales depende de  $M_{EZY}$ ,  $e_x/r$ ,  $\Omega$  y  $d_{CR}$ . En este sentido, las Figs. 5.21 y 5.22 muestran la relación que existe entre los parámetros mencionados y la fuerza cortante adicional en el muro XA ( $V_{eXA}$ ) de los METP's, debido al momento de torsión en planta generado por el sismo moderado en la dirección del eje Y, para el primer y segundo piso, respectivamente.

Considerando que la magnitud de la fuerza cortante en un muro debido al momento de torsión en planta es proporcional a la distancia que lo separa del CR ( $d_{CR}$ ), se decidió dividir  $V_{eXA}$  entre  $d_{CR}$ .

En las Figs. 5.21 y 5.22 se puede apreciar que  $V_{eXA}$  aumenta conforme  $e_x/r$  es mayor. De la misma manera, esta respuesta aumenta cuando la frecuencia de vibración torsional ( $\Omega/T_y$ ) disminuye. Finalmente, se observa que en el segundo piso los valores de  $V_{eXA}$  son aproximadamente la mitad que en el primer piso.

Cuadro 5.1: Valores máximos y mínimos de las variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD.

Tipo	$T_y$ (s)		$\omega_x/\omega_y$		$\Omega$		$e_x/r$	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
F1	6.24	-9.82	9.45	-3.24	14.88	-2.04	7.29	-8.76
F2	6.34	-7.07	9.73	-2.23	15.33	-3.41	6.80	-5.84

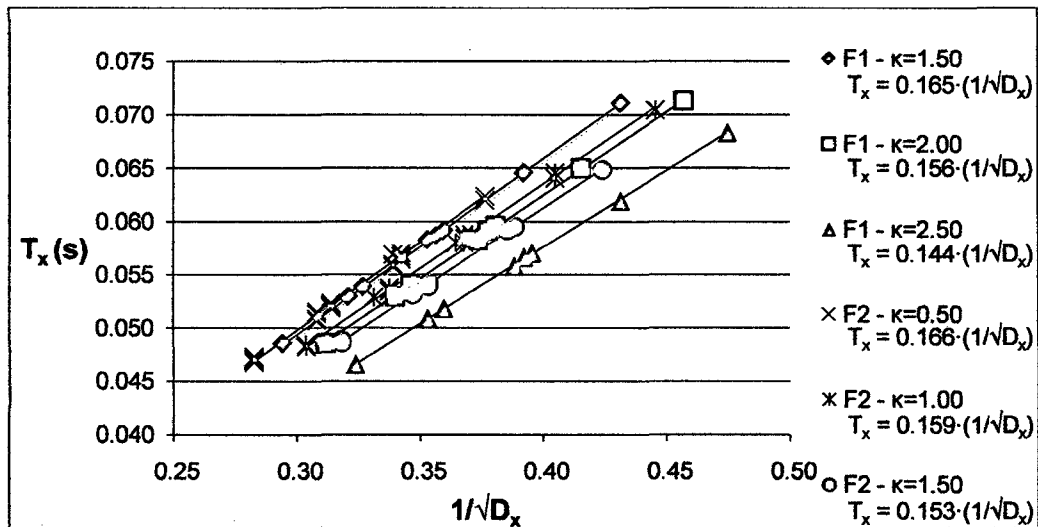


Figura 5.1: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje X.

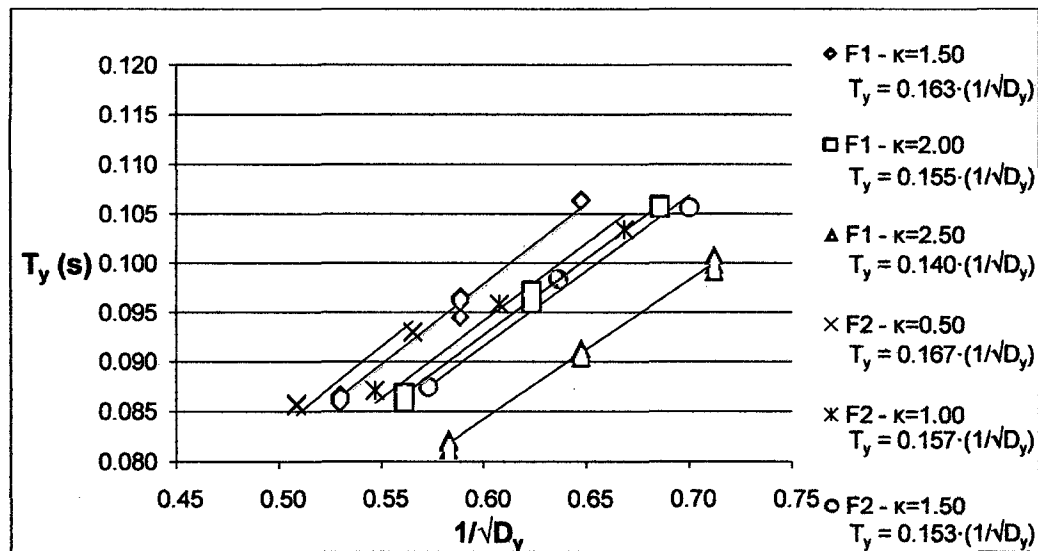


Figura 5.2: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.00$ .

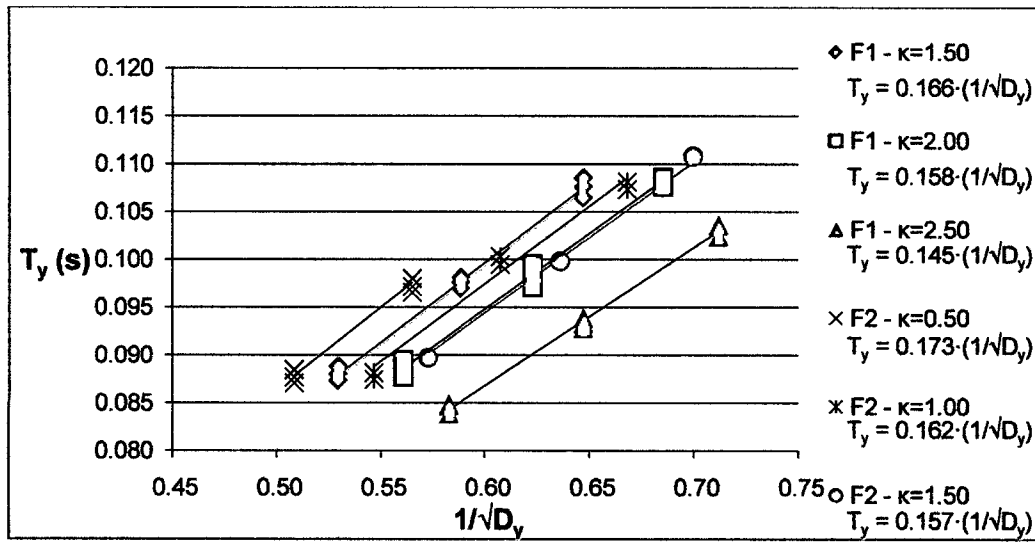


Figura 5.3: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.30$ .

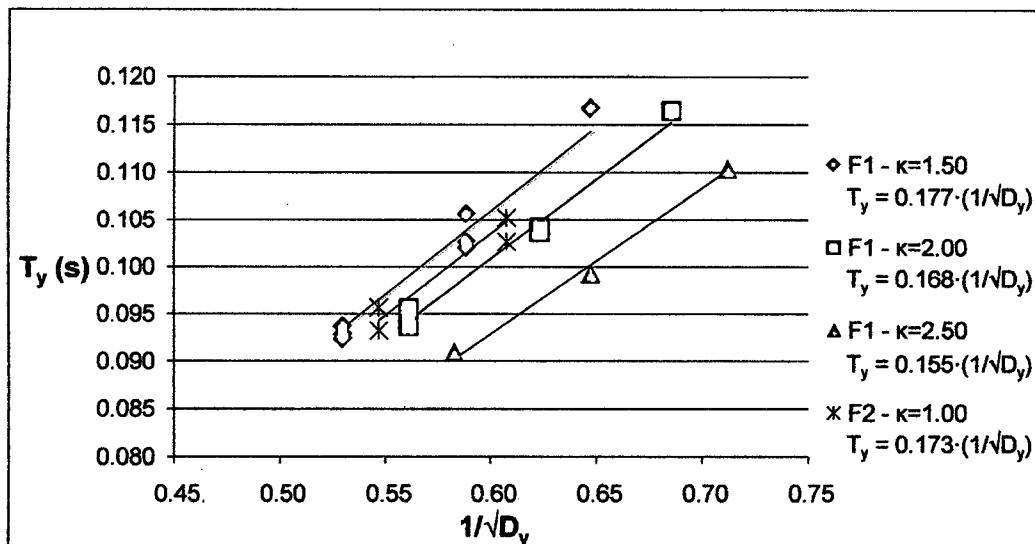


Figura 5.4: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.60$ .



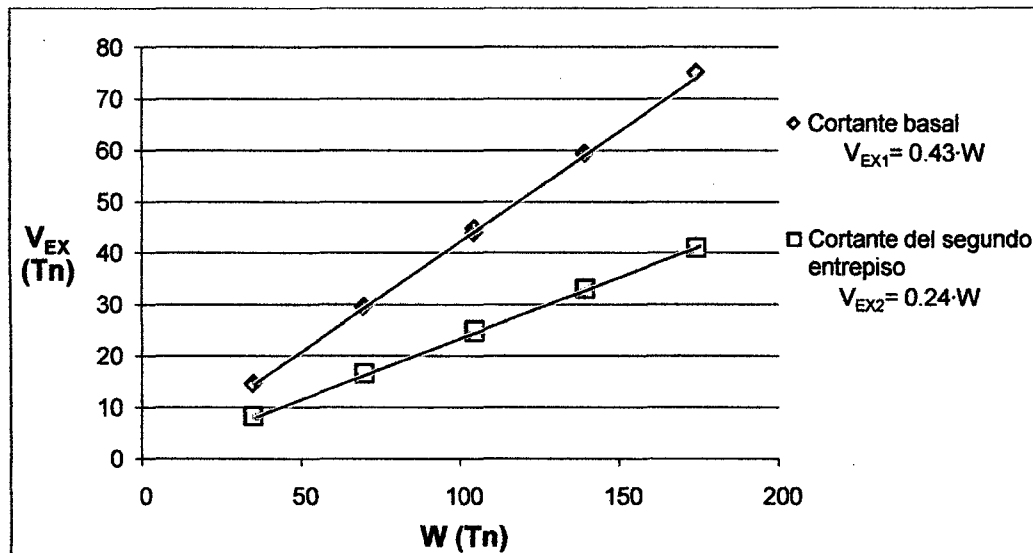


Figura 5.5: Relación entre la fuerza cortante de entrepiso en la dirección del eje X y el peso sísmico total de la edificación.

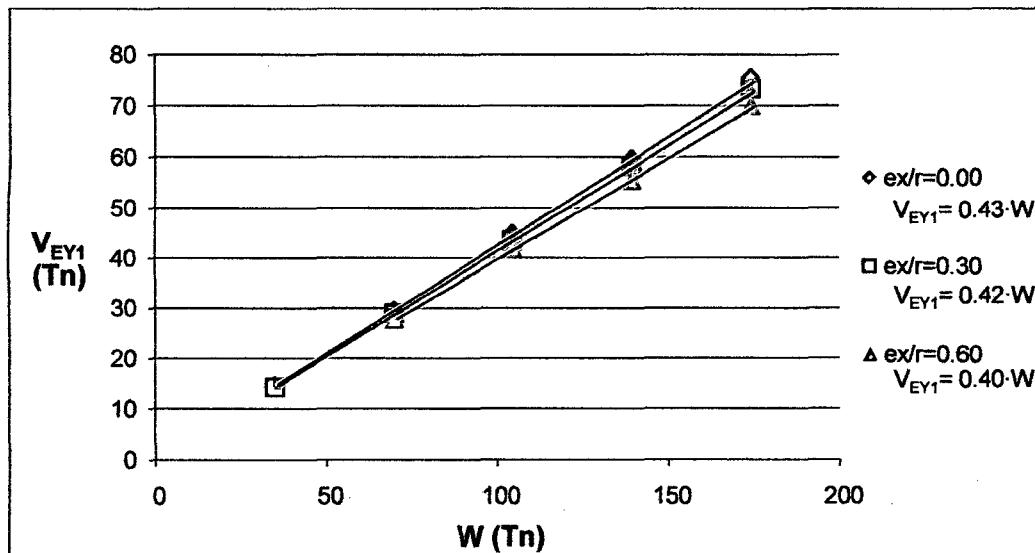


Figura 5.6: Relación entre la fuerza cortante basal en la dirección del eje Y y el peso sísmico total de la edificación.

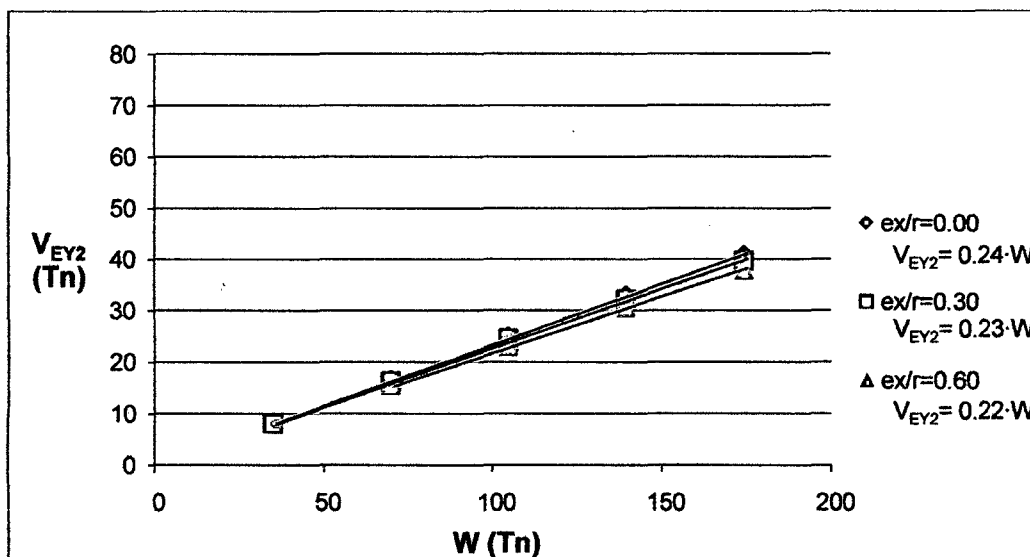


Figura 5.7: Relación entre la fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y y el peso sísmico total de la edificación.

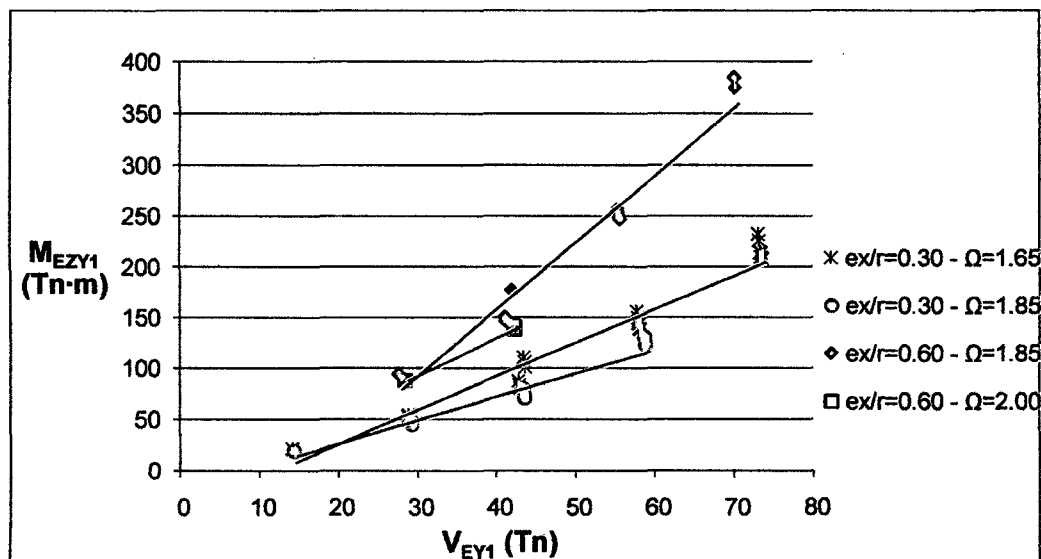


Figura 5.8: Relación entre el momento de torsión en planta basal y la fuerza cortante basal en la dirección del eje Y.

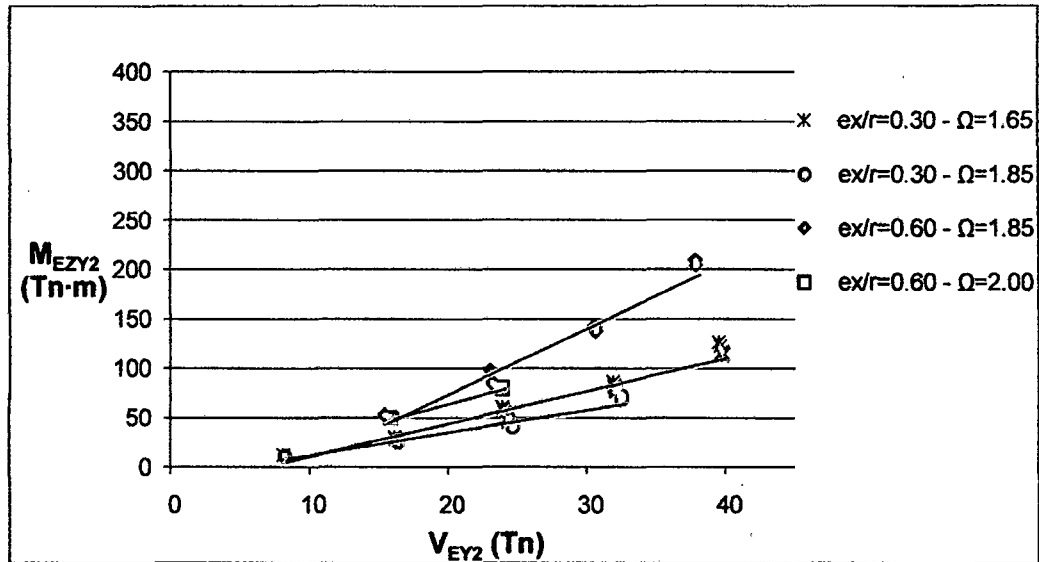


Figura 5.9: Relación entre el momento de torsión en planta del segundo entrepiso y la fuerza cortante del segundo entrepiso en la dirección del eje Y.

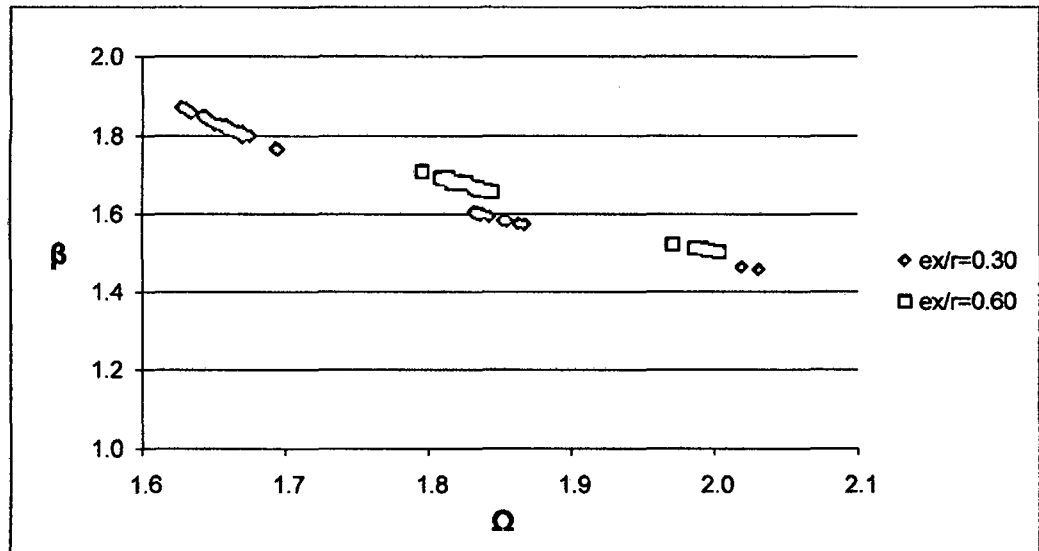


Figura 5.10: Relación entre el factor de amplificación dinámica y el grado de acoplamiento torsional.

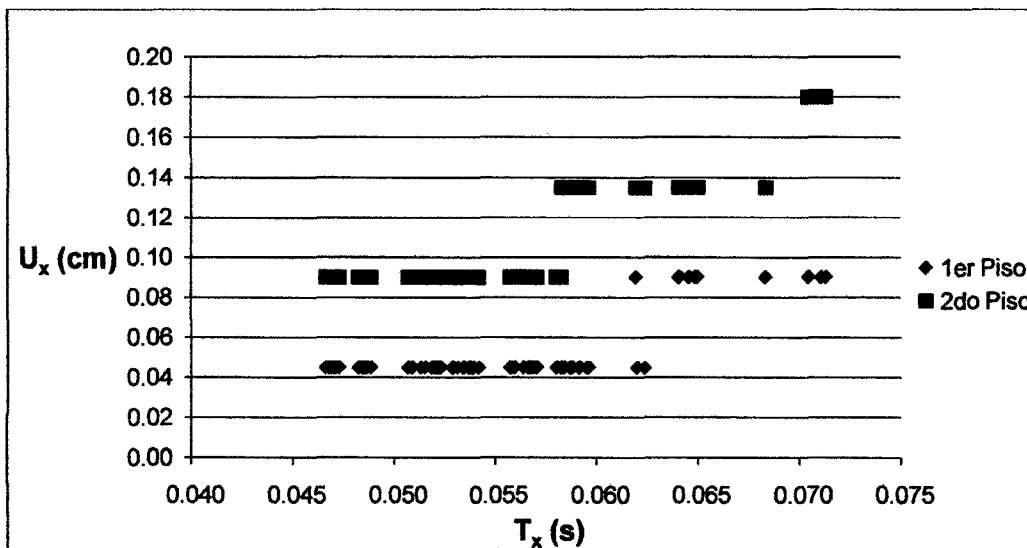


Figura 5.11: Relación entre el desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje X y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X.

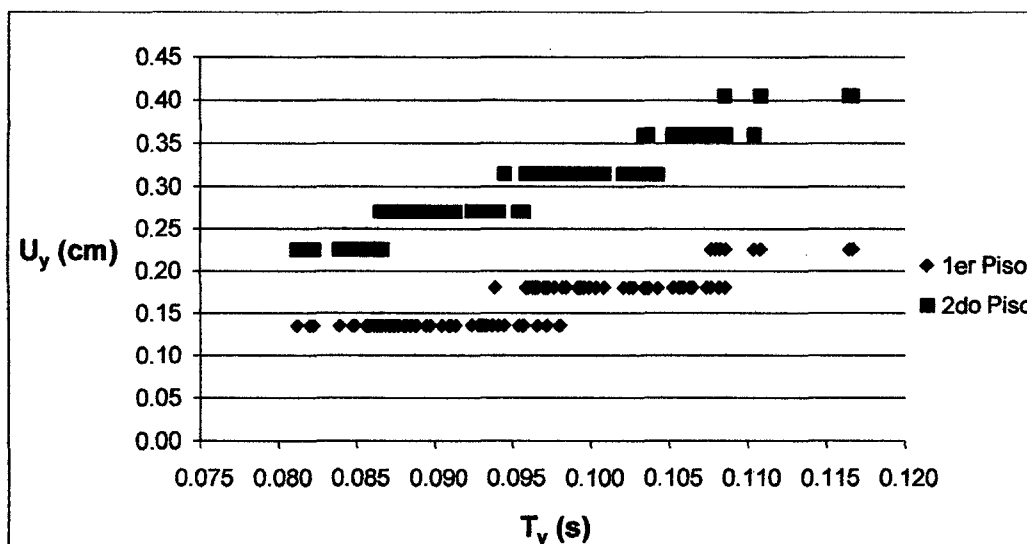


Figura 5.12: Relación entre el desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y.

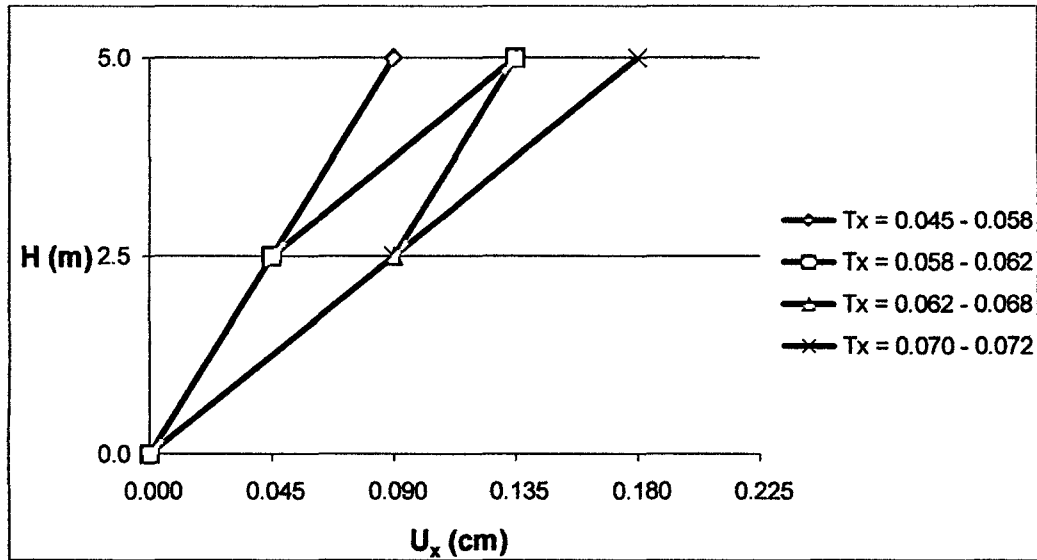


Figura 5.13: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje X, a lo largo de la altura de la edificación.

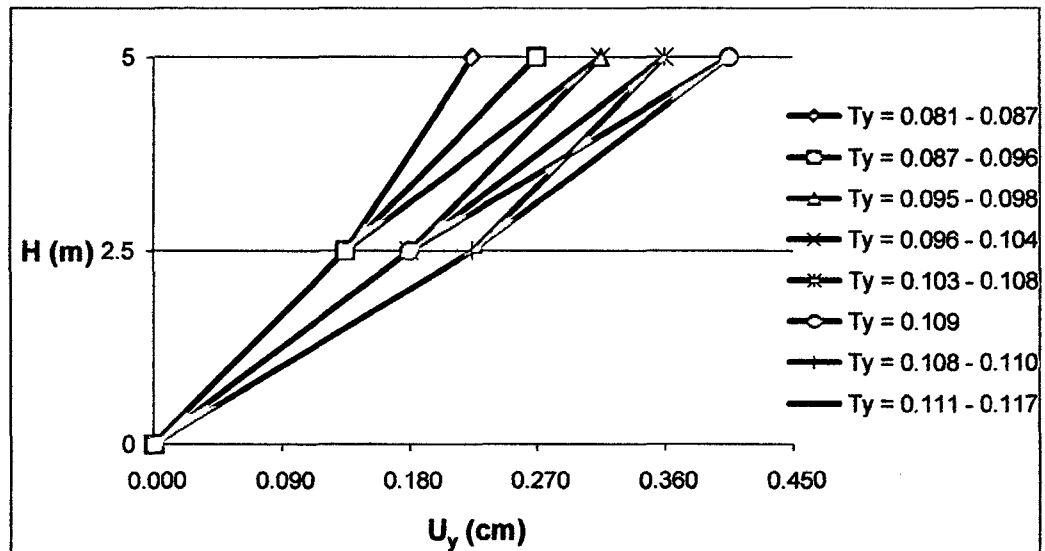


Figura 5.14: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación.

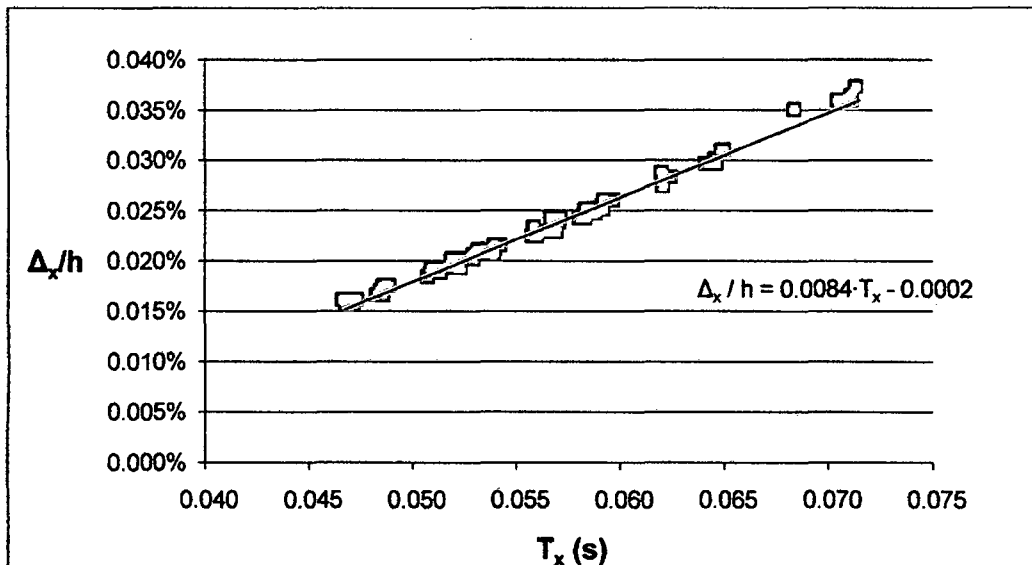


Figura 5.15: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje X y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X.

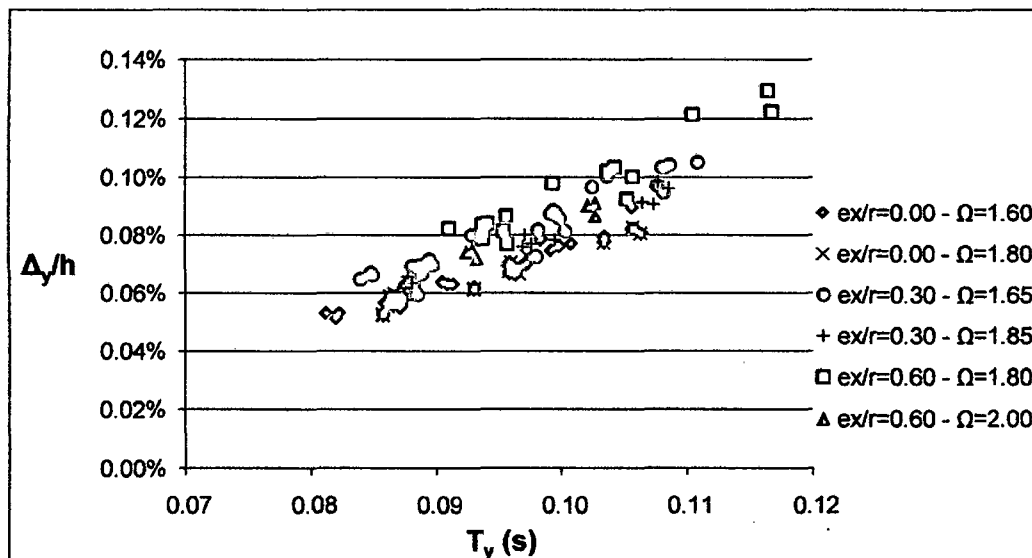


Figura 5.16: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje Y y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y.

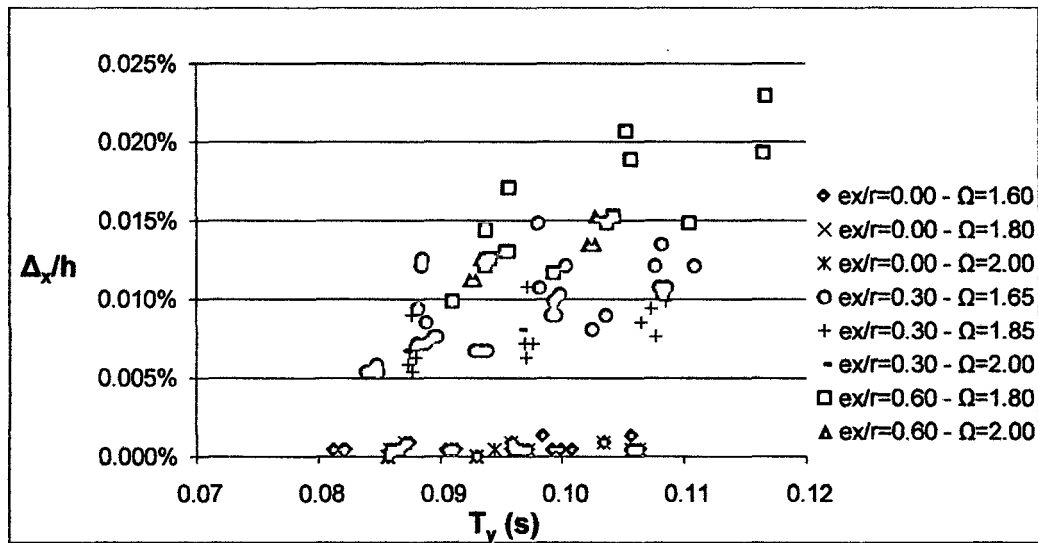


Figura 5.17: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje X, debido a la rotación en planta, y el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y.

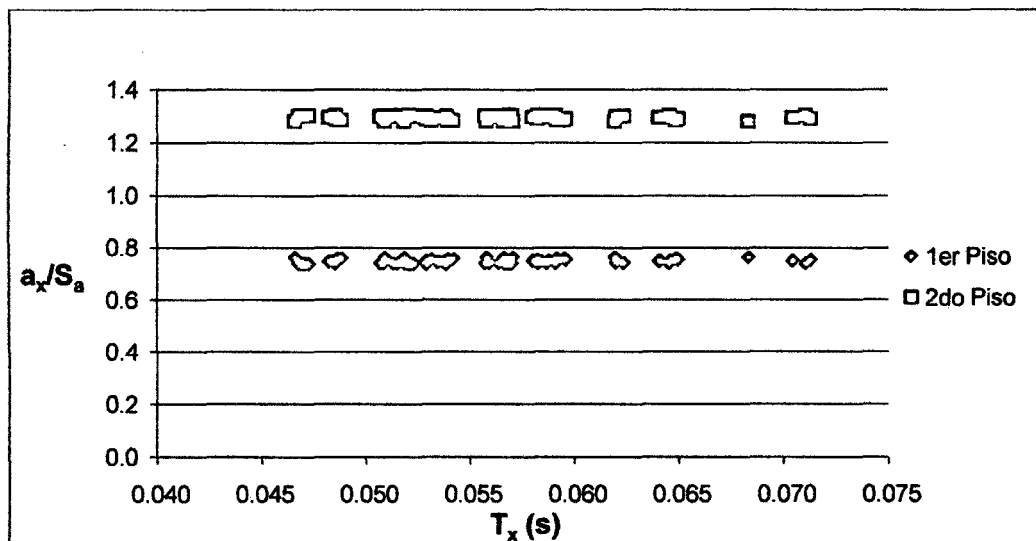


Figura 5.18: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje X y la aceleración espectral, en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje X.

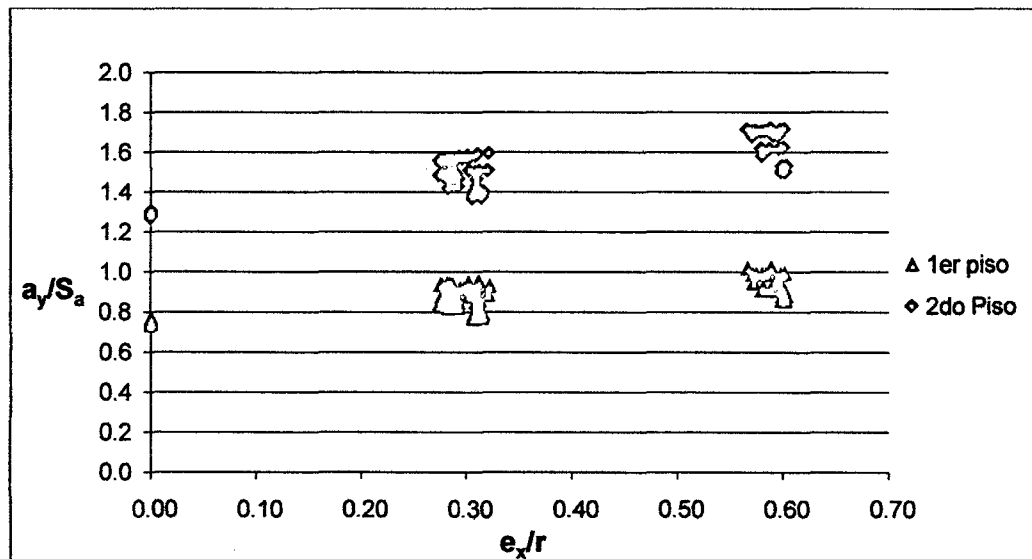


Figura 5.19: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral, en función de la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje X.

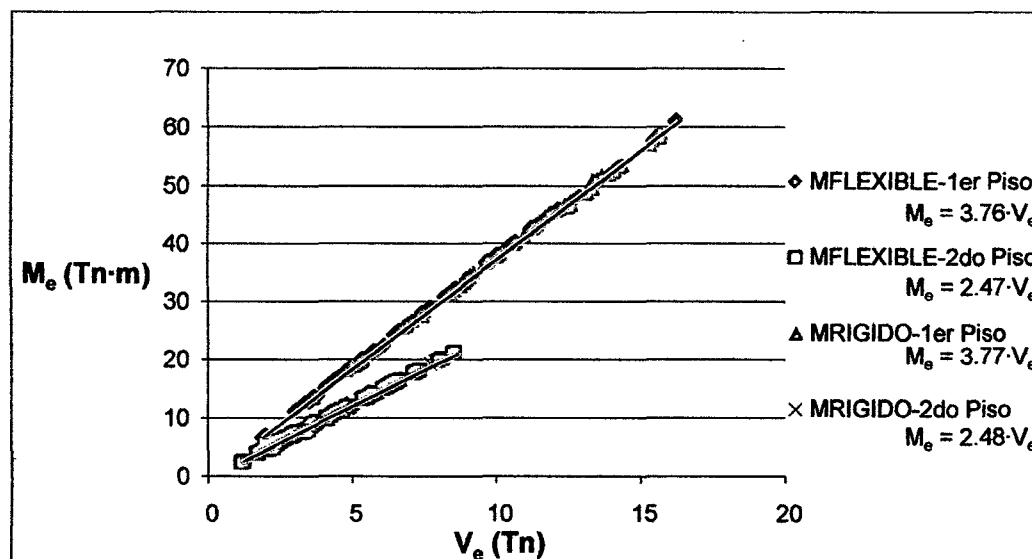


Figura 5.20: Relación entre el momento flector y la fuerza cortante que actúan en un muro.



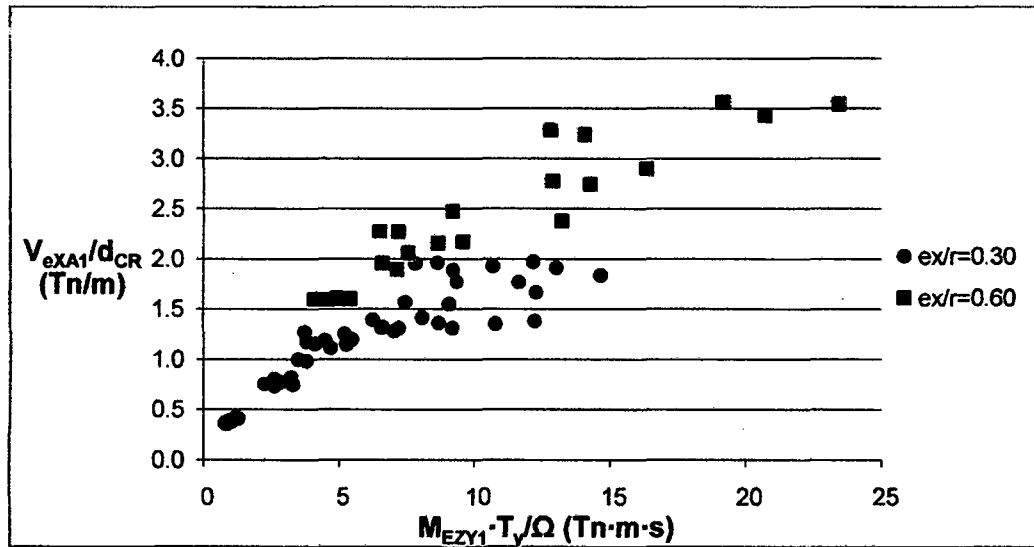


Figura 5.21: Relación entre la fuerza cortante adicional por torsión del muro XA en el primer piso y el momento de torsión en planta basal.

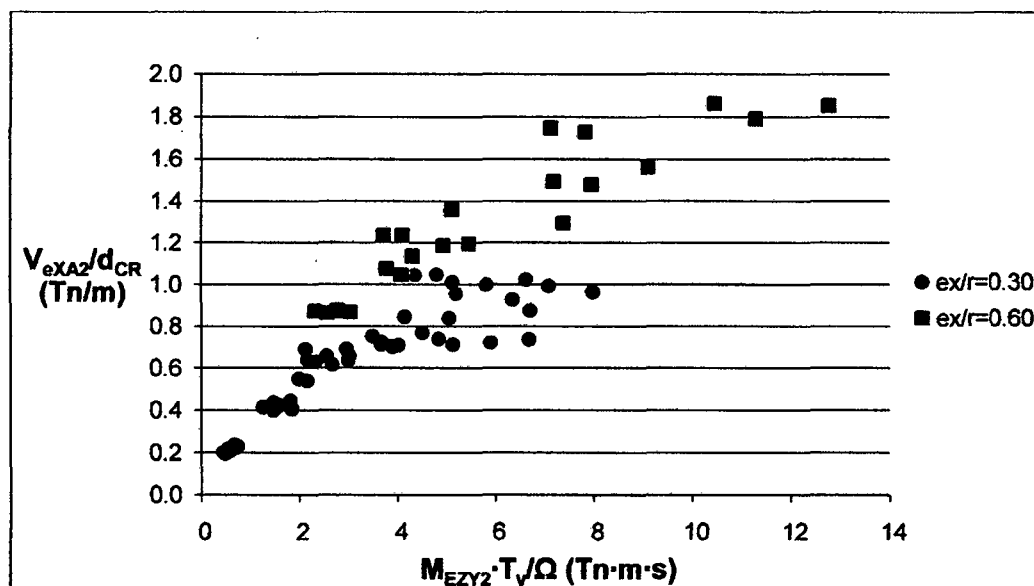


Figura 5.22: Relación entre la fuerza cortante adicional por torsión del muro XA en el segundo piso y el momento de torsión en planta del segundo entrepiso.

## CAPÍTULO VI

### MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE DOS PISOS

#### 6.1. Introducción al Método Simplificado de Análisis Sísmico (MSAS)

El MSAS que se presenta a continuación tiene como objetivo determinar, de forma aproximada, las respuestas sísmicas globales máximas más importantes de las edificaciones de albañilería confinada de dos pisos, que cumplen con las siguientes condiciones:

1. La edificación es de dos pisos.
2. La planta de la edificación es de forma rectangular.
3. Los elementos estructurales sismo resistentes principales son muros de albañilería confinada, únicamente. No existen muros de corte de concreto armado (placas).
4. Los muros de albañilería confinada están orientados en forma paralela a cada lado de la planta rectangular de la edificación.
5. Los muros de albañilería confinada tienen continuidad en toda su altura, y están conectados en cada nivel de piso por una losa maciza que se comporta como diafragma rígido.
6. Los muros de albañilería confinada poseen empotramiento perfecto en su base.

Además, por tratarse de un método simplificado, fue necesario establecer las siguientes simplificaciones:

1. Los CM's se ubican en los CG's de las plantas rectangulares de cada nivel de piso ( $x_{CMi} = 0$  m;  $y_{CMi} = 0$  m, siendo  $i = 1, 2$ ).
2. Las excentricidades estáticas tienen el mismo valor en cada nivel de piso ( $e_{x1} = e_{x2}$ ;  $e_{y1} = e_{y2}$ ).

Si bien en el Capítulo II (ítem 2.2) se demostró que la primera simplificación puede resultar en una buena aproximación de lo que realmente sucede en las edificaciones de albañilería confinada, la segunda simplificación es inexacta, debido a que los CR's suelen tener posiciones distintas en cada piso. Aún así, el MSAS permite conocer el orden de magnitud de la excentricidad estática presente en una determinada edificación.

El MSAS considera el efecto del acoplamiento torsional, y debe aplicarse de manera independiente para cada una de las direcciones de análisis (ejes X y Y). En ambas direcciones, el MSAS permite calcular los valores aproximados de cuatro respuestas sísmicas globales máximas de interés, correspondientes a una edificación de albañilería confinada de dos pisos. Las cuatro respuestas sísmicas de interés son:

1. Periodo de vibración traslacional acoplado ( $T_x, T_y$ ).
2. Fuerzas cortantes del primer y segundo entrepiso ( $V_{EX1}, V_{EX2}, V_{EY1}, V_{EY2}$ ).
3. Momentos de torsión en planta del primer y segundo entrepiso ( $M_{EZx1}, M_{EZx2}, M_{EZY1}, M_{EZY2}$ ).
4. Distorsión lateral de entrepiso ( $\Delta_x/h, \Delta_y/h$ ).

Las expresiones para calcular las cuatro respuestas de interés se exponen en el ítem 6.2. Estas expresiones fueron determinadas empíricamente, en base a procesos de regresión e interpolación lineales de los resultados obtenidos en el Capítulo V. Alternativamente, algunas de las expresiones fueron derivadas del procedimiento de análisis P3D de las edificaciones de un piso.

En el Anexo F se muestra el desarrollo de un ejemplo de análisis sísmico de una vivienda de dos pisos mediante el MSAS.

## 6.2. Descripción del MSAS

### 6.2.1. Datos básicos

La información que se requiere para aplicar el MSAS se basa únicamente en las características geométricas de la edificación y de los elementos estructurales que la componen. Por lo tanto, se requiere la siguiente información:

- Dimensiones longitudinales de la planta rectangular de la edificación en las direcciones de los ejes X y Y (b, a).
- Longitudes de todos los muros estructurales de albañilería confinada orientados en las direcciones de los ejes X y Y ( $L_{xi}$ ,  $L_{yi}$ ).
- Espesores de todos los muros estructurales de albañilería confinada orientados en las direcciones de los ejes X y Y ( $t_{xi}$ ,  $t_{yi}$ ).
- Distancias entre los muros estructurales de albañilería confinada orientados en las direcciones de los ejes X y Y, y el CG de la planta rectangular de la edificación ( $d_{xi}$ ,  $d_{yi}$ ).
- Altura de piso (h).
- Altura total de la edificación (H).
- Tipo de edificación: regular o irregular (Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente).

### 6.2.2. Cálculo del periodo de vibración traslacional acoplado ( $T_x$ , $T_y$ )

Paso 1: Cálculo de los coeficientes de rigidez lateral de los muros estructurales.

$$k_{xi}^* = \frac{t_{xi}}{4 \cdot \left(\frac{h}{L_{xi}}\right)^3 + 2.5 \cdot \left(\frac{h}{L_{xi}}\right)} \quad (6.1)$$

$$k_{yi}^* = \frac{t_{yi}}{4 \cdot \left(\frac{h}{L_{yi}}\right)^3 + 2.5 \cdot \left(\frac{h}{L_{yi}}\right)} \quad (6.2)$$

Paso 2: Cálculo de los coeficientes de rigidez traslacional de la edificación.

$$K^*_x = \sum_i(k^*_{xi}) \quad (6.3)$$

$$K^*_y = \sum_i(k^*_{yi}) \quad (6.4)$$

Paso 3: Cálculo del radio medio de giro de la edificación.

$$r = 0.8335 \cdot \sqrt{\frac{a^2+b^2}{12}} + 1.3138 \quad (6.5)$$

Paso 4: Cálculo de la posición del CR de la edificación.

$$x_{CR} = \frac{\sum_i(k^*_{yi} \cdot d_{yi})}{K^*_y} \quad (6.6)$$

$$y_{CR} = \frac{\sum_i(k^*_{xi} \cdot d_{xi})}{K^*_x} \quad (6.7)$$

Paso 5: Cálculo de las excentricidades estáticas normalizadas de la edificación.

$$e_x/r = \frac{|x_{CR}|}{r} \quad (6.8)$$

$$e_y/r = \frac{|y_{CR}|}{r} \quad (6.9)$$

Paso 6: Cálculo de las densidades de muros de la edificación.

$$D_x = \frac{\sum_i(L_{xi} \cdot t_{xi})}{a \cdot b} \cdot 100 \quad (6.10)$$

$$D_y = \frac{\sum_i(L_{yi} \cdot t_{yi})}{a \cdot b} \cdot 100 \quad (6.11)$$

**Paso 7:** Cálculo de las longitudes de los muros patrón.

$$L_{mpx} = Prom(L_{xi}) \quad (6.12)$$

$$L_{mpy} = Prom(L_{yi}) \quad (6.13)$$

**Paso 8:** Cálculo de los coeficientes de los periodos de vibración traslacional acoplados de la edificación.

$$C_{Tx} = \begin{cases} 0.116 + \frac{h}{L_{mpx}} \cdot \left(0.0253 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.0679\right); & \text{si } \frac{e_y}{r} \leq 0.30 \\ 0.116 + \frac{h}{L_{mpx}} \cdot \left(0.058 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.0581\right); & \text{si } \frac{e_y}{r} > 0.30 \end{cases} \quad (6.14)$$

$$C_{Ty} = \begin{cases} 0.116 + \frac{h}{L_{mpy}} \cdot \left(0.0253 \cdot \frac{e_x}{r} + 0.0679\right); & \text{si } \frac{e_x}{r} \leq 0.30 \\ 0.116 + \frac{h}{L_{mpy}} \cdot \left(0.058 \cdot \frac{e_x}{r} + 0.0581\right); & \text{si } \frac{e_x}{r} > 0.30 \end{cases} \quad (6.15)$$

**Paso 9:** Cálculo de los periodos de vibración traslacional acoplados de la edificación.

$$T_x = \frac{C_{Tx} \cdot H}{5 \cdot \sqrt{D_x}} \quad (6.16)$$

$$T_y = \frac{H \cdot C_{Ty}}{5 \cdot \sqrt{D_y}} \quad (6.17)$$

### 6.2.3. Cálculo de las fuerzas cortantes de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $V_{EX1}$ , $V_{EX2}$ , $V_{EY1}$ , $V_{EY2}$ )

**Paso 10:** Cálculo del peso total de la edificación.

$$W = 1.65 \cdot a \cdot b \quad (6.18)$$

**Paso 11:** Cálculo de los coeficientes sísmicos de la edificación.

$$C_{wx1} = \begin{cases} 0.43 - \frac{e_y/r}{30}; & \text{si Edificación regular} \\ 0.43; & \text{si Edificación irregular} \end{cases} \quad (6.19)$$

$$C_{wx2} = \begin{cases} 0.24 - \frac{e_y/r}{30}; & \text{si Edificación regular} \\ 0.24; & \text{si Edificación irregular} \end{cases} \quad (6.20)$$

$$C_{wy1} = \begin{cases} 0.43 - \frac{e_x/r}{30}; & \text{si Edificación regular} \\ 0.43; & \text{si Edificación irregular} \end{cases} \quad (6.21)$$

$$C_{wy2} = \begin{cases} 0.24 - \frac{e_x/r}{30}; & \text{si Edificación regular} \\ 0.24; & \text{si Edificación irregular} \end{cases} \quad (6.22)$$

**Paso 12:** Cálculo de las fuerzas cortantes del primer y segundo entrepiso de la edificación.

$$V_{EX1} = C_{wx1} \cdot W \quad (6.23)$$

$$V_{EX2} = C_{wx2} \cdot W \quad (6.24)$$

$$V_{EY1} = C_{wy1} \cdot W \quad (6.25)$$

$$V_{EY2} = C_{wy2} \cdot W \quad (6.26)$$

#### 6.2.4. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $M_{EZx1}$ , $M_{EZx2}$ , $M_{EZY1}$ , $M_{EZY2}$ )

**Paso 13:** Cálculo del coeficiente de rigidez torsional de la edificación.

$$K^*_\theta = \sum_i [k^*_{xi} \cdot (d_{xi} - y_{CR})^2] + \sum_i [k^*_{yi} \cdot (d_{yi} - x_{CR})^2] \quad (6.27)$$

**Paso 14:** Cálculo de los coeficientes del grado de acoplamiento torsional de la edificación.

$$C_{\Omega x} = \begin{cases} 0.1233 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.993; & \text{si } \frac{e_y}{r} \leq 0.30 \\ 0.3333 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.93; & \text{si } \frac{e_y}{r} > 0.30 \end{cases} \quad (6.28)$$

$$C_{\Omega y} = \begin{cases} 0.1233 \cdot \frac{e_x}{r} + 0.993; & \text{si } \frac{e_x}{r} \leq 0.30 \\ 0.3333 \cdot \frac{e_x}{r} + 0.93; & \text{si } \frac{e_x}{r} > 0.30 \end{cases} \quad (6.29)$$

**Paso 15:** Cálculo de los grados de acoplamiento torsional de la edificación.

$$\Omega_x = 1.15 \cdot C_{\Omega x} \cdot \sqrt{\frac{K^* \theta}{K^*_x \cdot r^2}} \quad (6.30)$$

$$\Omega_y = 1.15 \cdot C_{\Omega y} \cdot \sqrt{\frac{K^* \theta}{K^*_y \cdot r^2}} \quad (6.31)$$

**Paso 16:** Cálculo de los factores de amplificación dinámica.

$$\beta_x = -1.144 \cdot \Omega_x + 3.718 \quad (6.32)$$

$$\beta_y = -1.144 \cdot \Omega_y + 3.718 \quad (6.33)$$

**Paso 17:** Cálculo de los momentos de torsión en planta del primer y segundo entrepiso de la edificación.

$$M_{EZX1} = \beta_x \cdot V_{EX1} \cdot |y_{CR}| \quad (6.34)$$

$$M_{EZY1} = \beta_y \cdot V_{EY1} \cdot |x_{CR}| \quad (6.35)$$

$$M_{EZX2} = \beta_x \cdot V_{EX2} \cdot |y_{CR}| \quad (6.36)$$

$$M_{EZY2} = \beta_y \cdot V_{EY2} \cdot |x_{CR}| \quad (6.37)$$



### 6.2.5. Cálculo de la distorsión lateral de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $\Delta_x/h$ , $\Delta_y/h$ )

Paso 18: Cálculo de las distorsiones laterales de entrepiso de la edificación.

$$\Delta_x/h = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{e_y}{r} \cdot \left( \frac{22.55 \cdot T_x - 0.99}{30} \right) + 0.8368 \cdot T_x - 0.0237; & \text{si } T_x < 0.08 \text{ s} \\ \frac{e_y}{r} \cdot \left( \frac{22.55 \cdot T_x - 0.99}{30} \right) + 1.3658 \cdot T_x - 0.0618; & \text{si } T_x \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_y}{r} \leq 0.30 \\ \left( \frac{e_y}{r} - 0.30 \right) \cdot \left( \frac{38 \cdot T_x - 3.19}{30} \right) + 1.5913 \cdot T_x - 0.0717; & \text{si } T_x \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_y}{r} > 0.30 \end{array} \right\} \quad (6.38)$$

$$\Delta_y/h = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{e_x}{r} \cdot \left( \frac{22.55 \cdot T_y - 0.99}{30} \right) + 0.8368 \cdot T_y - 0.0237; & \text{si } T_y < 0.08 \text{ s} \\ \frac{e_x}{r} \cdot \left( \frac{22.55 \cdot T_y - 0.99}{30} \right) + 1.3658 \cdot T_y - 0.0618; & \text{si } T_y \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_x}{r} \leq 0.30 \\ \left( \frac{e_x}{r} - 0.30 \right) \cdot \left( \frac{38 \cdot T_y - 3.19}{30} \right) + 1.5913 \cdot T_y - 0.0717; & \text{si } T_y \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_x}{r} > 0.30 \end{array} \right\} \quad (6.39)$$

## 6.3. Validación del MSAS

### 6.3.1. Antecedentes

El proceso de validación consistió en aplicar el MSAS en las diez viviendas que fueron materia de estudio en el Capítulo II, y que cumplen con las condiciones señaladas en el ítem 6.1.

En base a las variaciones porcentuales entre los valores exactos de las respuestas de interés y los resultados obtenidos del MSAS, se formulan comentarios, se evalúa la precisión del MSAS, y se establecen los alcances de su aplicación.

Las características geométricas de las diez viviendas analizadas, además de los valores exactos de las respuestas de interés, se muestran en el Anexo A.

### 6.3.2. Cálculo del periodo de vibración traslacional acoplado ( $T_x$ , $T_y$ )

Los Cuadros 6.1 al 6.10 muestran los valores de  $k_x^*$ ,  $k_y^*$ ,  $d_x$  y  $d_y$ , para los muros de las diez viviendas analizadas. Los valores de  $k_x^*$  y  $k_y^*$  fueron calculados mediante las Ecs. (6.1) y (6.2), respectivamente, del MSAS.

El Cuadro 6.11 muestra el cálculo de  $e_x/r$  y  $e_y/r$ . Los resultados se obtuvieron al aplicar las expresiones de las Ecs. (6.3) a (6.9) del MSAS.

El Cuadro 6.12 muestra el cálculo de  $T_x$  y  $T_y$  mediante las expresiones de la Ecs. (6.10) a (6.17) del MSAS.

El Cuadro 6.13 muestra las variaciones porcentuales de los valores de  $T_x$  y  $T_y$  calculados con el MSAS, con respecto a los calculados con el método exacto. En las diez viviendas analizadas, dicha variación está dentro de  $\pm 15\%$ , lo cual indica que las expresiones propuestas en el MSAS (Ecs. (6.16) y (6.17)) tienen una buena precisión desde el punto de vista de la ingeniería civil.

Finalmente, es importante mencionar que el MSAS también puede ser utilizado para calcular los periodos de vibración traslacional acoplados de edificaciones con más de dos pisos de altura. Para estos casos es necesario conocer la altura total de la edificación ( $H$ ) y reemplazarla en las Ecs. (6.16) y (6.17).

### 6.3.3. Cálculo de las fuerzas cortantes de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $V_{EX1}$ , $V_{EX2}$ , $V_{EY1}$ , $V_{EY2}$ )

Los Cuadros 6.14 y 6.15 muestran el cálculo de las fuerzas cortantes del primer y del segundo entrepiso, respectivamente, mediante las expresiones de las Ecs. (6.18) a (6.26) del MSAS.

Los Cuadros 6.16 y 6.17 muestran las variaciones porcentuales de las fuerzas cortantes calculadas con el MSAS, con respecto a las calculadas con el método exacto, para el primer y segundo entrepiso, respectivamente. En las diez

viviendas analizadas, dicha variación está entre -10% y +25%. Para fines de diseño este rango de variación es aceptablemente conservador.

#### **6.3.4. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $M_{EZX1}$ , $M_{EZX2}$ , $M_{EZY1}$ , $M_{EZY2}$ )**

El Cuadro 6.18 muestra el cálculo de los grados de acoplamiento torsional mediante las expresiones de las Ecs. (6.27) a (6.31) del MSAS.

El Cuadros 6.19 muestra el cálculo de los momentos de torsión en planta del primer y segundo entrepiso, mediante las expresiones de las Ecs. (6.32) a (6.37) del MSAS.

Los Cuadros 6.20 y 6.21 muestran las variaciones porcentuales de los momentos de torsión en planta calculados con el MSAS, con respecto a los calculados con el método exacto, para el primer y segundo entrepiso, respectivamente. Los porcentajes de variación son bastante altos (entre -100% y +173%), lo que indica que la precisión del método para esta respuesta no siempre se encuentra dentro del rango admisible.

No obstante, es importante indicar que las variaciones de mayor magnitud generalmente se producen en aquellos casos donde los momentos son pequeños (menores a 10 Tn·m). En este sentido, el máximo porcentaje de variación por exceso, igual a 173%, se produce para un momento de torsión en planta igual a 8.50 Tn·m, frente a las 23.22 Tn·m obtenidas con el MSAS. Las diferencias efectivas entre los efectos que ambos momentos de torsión en planta producen en la estructura son poco significativas.

#### **6.3.5. Cálculo de la distorsión lateral de entrepiso, debido a la acción del sismo severo ( $\Delta_x/h$ , $\Delta_y/h$ )**

El Cuadro 6.22 muestra el cálculo de  $\Delta_x/h$  y  $\Delta_y/h$  mediante las expresiones de las Ecs. (6.38) y (6.39) del MSAS. Además, se muestran las variaciones

porcentuales de los valores de  $\Delta_x/h$  y  $\Delta_y/h$  calculados con el MSAS, con respecto a los calculados con el método exacto. Para las diez viviendas analizadas, la variación porcentual se encuentra entre -22% y +45%. Para fines de diseño, este rango de variación es aceptablemente conservador.

#### 6.4. Discusión de las expresiones propuestas por el MSAS para el cálculo del periodo de vibración traslacional acoplado

Las expresiones del MSAS para estimar los periodos de vibración traslacional acoplados (Ecs. (6.16) y (6.17)) fueron comparadas con otras expresiones aproximadas que figuran en los siguientes códigos de diseño sísmico de edificaciones:

- Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo Resistente (E.030-2003).
- Norma de Diseño Sismo Resistente del Reglamento Nacional de Construcciones (RNC-77).
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NSR-98).

La norma E.030-2003 (SENCICO, 2003) es el reglamento peruano vigente para el diseño sísmico de edificaciones. Este código presenta una expresión para calcular el periodo fundamental de vibración de una edificación de albañilería, independientemente de la dirección en la que se produzca el movimiento vibratorio. Dicha expresión, que se muestra en la Ec. (6.40), depende únicamente de un parámetro: la altura total de la edificación (H).

$$T = \frac{H}{60} \quad (6.40)$$

La norma RNC-77 (Oficina de Investigación y Normalización, 1977) es un reglamento peruano de diseño sísmico de edificaciones anterior a la norma E.030-2003. A pesar que este reglamento ya no es válido dentro de la actividad profesional, se decidió considerarlo debido a que presenta dos expresiones para calcular el periodo de vibración traslacional de una edificación de albañilería

confinada en cada una de sus direcciones principales, según se muestra en las Ecs. (6.41) y (6.42).

$$T_x = 0.05 \cdot \frac{H}{\sqrt{b}} \quad (6.41)$$

$$T_y = 0.05 \cdot \frac{H}{\sqrt{a}} \quad (6.42)$$

La norma NSR-98 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1998) es el reglamento colombiano vigente para el diseño sísmico de edificaciones. Este código presenta dos procedimientos simplificados para calcular aproximadamente los periodos de vibración traslacional de una edificación de albañilería confinada.

El primer procedimiento está constituido por la Ec. (6.43), que, al igual que la expresión de la norma E.030-2003, permite calcular el periodo fundamental de vibración, independientemente de la dirección en la que se produzca el movimiento vibratorio. Es importante señalar que este procedimiento, en adelante denominado NSR-98 (I), es el mismo que el de la norma ASCE/SEI 7-05 (American Society of Civil Engineers, 2005).

$$T = 0.05 \cdot H^{\frac{3}{4}} \quad (6.43)$$

El segundo procedimiento está constituido por las Ecs. (6.44) a (6.46), que, al igual que la norma RNC-77, permite calcular el periodo de vibración traslacional para cada una de las direcciones principales de la edificación. En adelante, este procedimiento será denominado NSR-98 (II).

$$T = \frac{0.075}{\sqrt{A_c}} \cdot H^{\frac{3}{4}} \quad (6.44)$$

$$A_c = \sum_i \left( A_{s_i} \cdot \left[ 0.2 + \left( \frac{L_i}{H} \right)^2 \right] \right) \quad (6.45)$$

$$\frac{L_i}{H} \leq 0.90 \quad (6.46)$$

El valor de  $A_c$  se debe calcular para cada una de las direcciones principales de la edificación (X y Y), reemplazando en la Ec. (6.45) los valores de  $A_{si}$  y  $L_i$  correspondientes a los muros orientados en dichas direcciones.

Los Cuadros 6.23 a 6.27 muestran los periodos de vibración traslacional aproximados de las diez viviendas previamente estudiadas (Anexo A), calculados mediante las expresiones del MSAS (Cuadro 6.27) y de las normas E.030-2003 (Cuadro 6.23), RNC-77 (Cuadro 6.24), NSR-98 (I) (Cuadro 6.25) y NSR-98 (II) (Cuadro 6.26).

Con el objetivo de evaluar la precisión de estas expresiones en edificaciones de diferentes alturas, los periodos de vibración de cada vivienda fueron calculados para dos alturas totales (H), correspondientes a edificaciones de dos y tres pisos, respectivamente.

Los Cuadros 6.28 y 6.29 muestran las variaciones porcentuales de los periodos de vibración traslacional calculados con las expresiones del MSAS y de las normas E.030-2003, RNC-77, NSR-98 (I) y NSR-98 (II), con respecto a los calculados con el método exacto, para las diez viviendas estudiadas de dos y tres pisos, respectivamente.

En la mayoría de las viviendas analizadas, los periodos obtenidos mediante la expresión dada por la norma E.030-2003 son menores a los exactos (generalmente la variación porcentual se encuentra entre -20% y -30%). Además, una de las principales limitaciones de esta expresión es que tiene como único parámetro a la altura de la edificación. Esto supone que todas las edificaciones de igual altura tienen el mismo periodo fundamental de vibración, lo cual generalmente es inexacto.

Para  $T_x$  las variaciones porcentuales generadas por las expresiones de la norma RNC-77 son positivas en todas las viviendas, mientras que para  $T_y$  son negativas en la mayoría de ellas. Al ser la dirección del eje X la de mayor rigidez, es lógico

que las variaciones porcentuales en esta dirección sean positivas y de gran magnitud (la mayor es +84%). En la dirección del eje Y las variaciones porcentuales negativas de mayor magnitud son -16% y -23%, para las viviendas de dos y tres pisos, respectivamente. La principal limitación de estas expresiones es que asumen que la dirección de mayor rigidez es aquella que tiene la mayor longitud en planta, y viceversa. Generalmente esto se cumple, pero existen algunos casos, tales como las viviendas TV7, TV12, TV14 y AHSL24, en los que sucede exactamente lo opuesto.

Las expresiones de la norma NSR-98 son demasiado conservadoras. Para todas las viviendas analizadas, los periodos calculados son considerablemente mayores a los exactos, y por lo tanto, frente a un mismo nivel de fuerza sísmica actuante (la aceleración sísmica actuante es constante debido a que se ubica en la platea del espectro de diseño), se obtienen desplazamientos y distorsiones laterales de entrepiso mayores a los reales. Aún así, es importante mencionar que la expresión del procedimiento NSR-98 (I) (que es igual a la de la norma ASCE/SEI 7-05), a pesar de ser menos elaborada, tiene una mayor precisión que las expresiones del procedimiento NSR-98 (II). Para el procedimiento NSR-98 (I), la máxima variación porcentual es igual a 103%, mientras que para el procedimiento NSR-98 (II) es igual a 298%.

De acuerdo a lo mencionado en el ítem 6.3.2, las expresiones del MSAS para calcular los periodos de vibración traslacional tienen una excelente precisión en la dirección de mayor rigidez, tanto para las viviendas de dos pisos como para las de tres pisos. La variación porcentual de  $T_x$  está entre -3% y 9%. En el caso de  $T_y$ , la precisión del método simplificado sigue siendo buena, no obstante que en la mayoría de las viviendas analizadas la variación porcentual es negativa. Para las viviendas de dos pisos, la mínima variación porcentual es -15%, mientras que para las viviendas de tres pisos, la mínima variación porcentual disminuye hasta -22%.

## 6.5. Expresiones del MSAS para calcular la densidad de muros mínima

### 6.5.1. Densidad de muros mínima por criterios de resistencia

La Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006) establece que en cada entrepiso la sumatoria de las resistencias al corte de todos los muros orientados en cada una de las direcciones principales de la edificación debe ser mayor a la fuerza cortante de entrepiso debido a la acción del sismo severo.

La formulación de esta condición de diseño por resistencia está dada por la Ec. (1.3). Al reemplazar las Ecs. (1.4) y (5.6) en la Ec. (1.3), se obtiene la Ec. (6.47).

$$\sum_i (0.50 \cdot v'_a \cdot \alpha_i \cdot t_i \cdot L_i) + \sum_i (0.23 \cdot P_{g_i}) \geq C_w \cdot W \quad (6.47)$$

Para los muros del primer entrepiso (que son los que resisten la fuerza cortante sísmica de mayor magnitud), se puede afirmar que la sumatoria de las fuerzas axiales que actúan en cada uno de ellos, debido a la carga gravitacional sísmica, es igual al peso sísmico total de la edificación ( $W$ ), tal como queda expresado en la Ec. (6.48).

$$\sum_i (P_{g_i}) = W \quad (6.48)$$

A su vez, el área de corte de la sección transversal de un muro se define como el producto de su longitud por su espesor, tal como queda expresado en la Ec. (6.49).

$$A_{s_i} = L_i \cdot t_i \quad (6.49)$$

Reemplazando las Ecs. (6.48) y (6.49) en la Ec. (6.47), y ordenando, se obtiene la Ec. (6.50).



$$\sum_i (0.50 \cdot v'_a \cdot \alpha_i \cdot A_{s_i}) \geq (C_w - 0.23) \cdot W \quad (6.50)$$

La Ec. (1.5) indica que  $\alpha$  debe estar comprendido entre  $\frac{1}{3}$  y 1. Conservadoramente, se puede asumir que todos los muros del primer entrepiso tienen valores de  $\alpha$  iguales al límite mínimo. En ese caso, la Ec. (6.50) se convierte en la Ec. (6.51).

$$\frac{0.5}{3} \cdot v'_a \cdot \sum_i (A_{s_i}) \geq (C_w - 0.23) \cdot W \quad (6.51)$$

Reemplazando la Ec. (1.1) en la Ec. (6.51), se obtiene la Ec. (6.52).

$$\frac{0.5}{3} \cdot v'_a \cdot D \cdot Ap \geq (C_w - 0.23) \cdot W \quad (6.52)$$

Con el objetivo de obtener una expresión para la densidad de muros mínima, que sea válida para las edificaciones de dos o más pisos, se propone calcular  $W$  de manera aproximada, mediante la Ec. (6.53). Esta expresión, que se basa en los resultados obtenidos en el Capítulo II (ítem 2.2), considera un peso sísmico distribuido de 1.00 Tn/m<sup>2</sup> para cada uno de los pisos, con excepción del último piso, en el que se considera un peso sísmico distribuido igual a 0.65 Tn/m<sup>2</sup>.

$$W = Ap \cdot [1.00 \cdot (np - 1) + 0.65] \quad (6.53)$$

Reemplazando la Ec. (6.53) en la Ec. (6.52), y luego despejando  $D$ , se obtiene la Ec. (6.54), que es la expresión general del MSAS para el cálculo de la densidad de muros mínima por criterios de resistencia. Dicha expresión está en función de la resistencia al corte de la albañilería ( $v'_a$ ), el coeficiente sísmico ( $C_w$ ) y el número de pisos ( $np$ ).

$$D \geq \frac{6 \cdot (C_w - 0.23) \cdot (np - 0.35)}{v'_a} \quad (6.54)$$

La Tabla 9 de la Norma Técnica E.070 de Albañilería sugiere algunos valores referenciales de  $v'_a$ , para diferentes materiales y tipos de ladrillo. Entre los ladrillos de arcilla cocida figuran el "King Kong Artesanal" y el "King Kong Industrial", cuyos valores referenciales de  $v'_a$  son  $51 \text{ Tn/m}^2$  y  $81 \text{ Tn/m}^2$ , respectivamente.

Considerando que un gran número de viviendas de albañilería confinada son construidas de manera informal, es interesante evaluar la densidad de muros mínima en el caso más crítico, lo que implica utilizar el valor de  $v'_a$  correspondiente al ladrillo tipo "King Kong Artesanal". De esta manera, se obtiene la Ec. (6.55), que puede utilizarse como herramienta de diseño para hallar la densidad de muros mínima por criterios de resistencia, en edificaciones autoconstruidas de uno o varios pisos.

$$D \geq \frac{2 \cdot (C_w - 0.23) \cdot (np - 0.35)}{17} \quad (6.55)$$

Es importante mencionar que la densidad de muros mínima es la misma para ambas direcciones principales de la estructura. Por ejemplo, para edificaciones autoconstruidas de dos pisos, la densidad de muros mínima en ambas direcciones se obtiene al reemplazar  $np = 2$  y  $C_w = 0.43$  en la Ec. (6.55). De esta manera, se obtiene una densidad de muros mínima igual 3.88%.

### 6.5.2. Densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos

Las expresiones del MSAS para calcular las distorsiones laterales de entrepiso (Ecs. (6.38) y (6.39)) de una edificación de albañilería confinada de dos pisos están en función de dos parámetros: el periodo de vibración traslacional acoplado y la excentricidad estática normalizada. A su vez, las expresiones del MSAS para calcular los periodos de vibración traslacional acoplados (Ecs. (6.16) y (6.17)) están en función de la densidad de muros.

Por lo tanto, es posible hallar una expresión que permita determinar la densidad de muros mínima requerida, para no superar la distorsión lateral de entrepiso

máxima permisible en edificaciones de albañilería confinada. De acuerdo a lo explicado en el ítem 5.3.4, dependiendo del tipo de albañilería que se utilice, dicha distorsión lateral máxima permisible puede llegar a 0.15%, en el caso más crítico.

El cálculo de la densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos únicamente es necesario cuando el periodo de vibración traslacional en la dirección de análisis es mayor o igual que 0.08 s. En caso contrario, no es posible que la distorsión lateral de entrepiso iguale o supere a 0.15%. A manera de comprobación, se calculó  $\Delta_x/h$  mediante la Ec. (6.38), para los máximos valores posibles de  $T_x$  y  $e_y/r$ , iguales a 0.08 s y 0.90, respectivamente. Como resultado se obtuvo un valor de  $\Delta_x/h$  igual a 0.07%, que es menos de la mitad del valor máximo permisible.

Por el contrario, cuando el periodo de vibración traslacional es mayor o igual a 0.08 s, sí se puede hallar una densidad de muros mínima, que sirva como criterio de diseño. En este sentido, al reemplazar las Ecs. (6.14) y (6.16) en la Ec. (6.38), se obtiene la Ec. (6.56).

$$\Delta_x/h = \left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{5} \cdot \sqrt{1/D_x} \cdot \left[ 0.116 + \frac{h}{L_{mpx}} \cdot (0.0253 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.0679) \right] \cdot \left[ \frac{22.55}{30} \cdot \frac{e_y}{r} + 1.3658 \right] - \frac{0.90}{30} \cdot \frac{e_y}{r} - 0.0618; \text{ si } T_x \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_y}{r} \leq 0.30 \\ \frac{H}{5} \cdot \sqrt{1/D_x} \cdot \left[ 0.116 + \frac{h}{L_{mpx}} \cdot (0.058 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.0581) \right] \cdot \left[ \frac{38}{30} \cdot \frac{e_y}{r} + 1.2113 \right] - \frac{3.19}{30} \cdot \frac{e_y}{r} - 0.0398; \text{ si } T_x \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_y}{r} > 0.30 \end{array} \right\} \quad (6.56)$$

La Ec. (6.56) está en función de los siguientes parámetros:  $e_y/r$ ,  $H$ ,  $h/L_{mpx}$  y  $D_x$ . Con el objetivo de simplificar dichas expresiones, conservadoramente se puede asumir un valor  $h/L_{mpx}$  igual a 0.90, que corresponde a una edificación de albañilería cuyos muros orientados en la dirección del eje X tienen una longitud pequeña (longitud promedio igual a 3m., aproximadamente). Reemplazando este valor de  $h/L_{mpx}$  en la Ec. (6.56), se obtiene la Ec. (6.57).

$$\Delta_x/h = \left\{ \begin{array}{l} \frac{H}{5} \cdot \sqrt{1/D_x} \cdot (0.0228 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.1771) \cdot \left( \frac{22.55}{30} \cdot \frac{e_y}{r} + 1.3658 \right) - \frac{0.90}{30} \cdot \frac{e_y}{r} - 0.0618; \text{ si } T_x \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_y}{r} \leq 0.30 \\ \frac{H}{5} \cdot \sqrt{1/D_x} \cdot (0.0522 \cdot \frac{e_y}{r} + 0.1683) \cdot \left( \frac{38}{30} \cdot \frac{e_y}{r} + 1.2113 \right) - \frac{3.19}{30} \cdot \frac{e_y}{r} - 0.0398; \text{ si } T_x \geq 0.08 \text{ s } \wedge \frac{e_y}{r} > 0.30 \end{array} \right\} \quad (6.57)$$

Para obtener expresiones de  $\Delta_x/h$  que estén solamente en función de  $H$  y  $D_x$ , se decidió evaluar la Ec. (6.57) para cuatro valores característicos de  $e_y/r$  iguales a 0.00, 0.30, 0.60 y 0.90. Los resultados obtenidos quedan expresados en las Ecs. (6.58) a (6.61).

- Para  $T_x \geq 0.08$  s  $\wedge e_y/r = 0.00$ ;

$$\Delta_x/h = 0.0484 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_x} - 0.0618 \quad (6.58)$$

- Para  $T_x \geq 0.08$  s  $\wedge e_y/r = 0.30$ ;

$$\Delta_x/h = 0.0586 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_x} - 0.0717 \quad (6.59)$$

- Para  $T_x \geq 0.08$  s  $\wedge e_y/r = 0.60$ ;

$$\Delta_x/h = 0.0787 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_x} - 0.1036 \quad (6.60)$$

- Para  $T_x \geq 0.08$  s  $\wedge e_y/r = 0.90$ ;

$$\Delta_x/h = 0.1013 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_x} - 0.1355 \quad (6.61)$$

Si se realiza el mismo proceso para  $\Delta_y/h$ , utilizando las Ecs. (6.15), (6.17) y (6.39), se obtienen las Ecs. (6.62) a (6.65).

- Para  $T_y \geq 0.08$  s  $\wedge e_x/r = 0.00$ ;

$$\Delta_y/h = 0.0484 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_y} - 0.0618 \quad (6.62)$$

- Para  $T_y \geq 0.08$  s  $\wedge e_x/r = 0.30$ ;

$$\Delta_y/h = 0.0586 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_y} - 0.0717 \quad (6.63)$$

- Para  $T_y \geq 0.08$  s  $\wedge e_x/r = 0.60$ ;

$$\Delta_y/h = 0.0787 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_y} - 0.1036 \quad (6.64)$$

- Para  $T_y \geq 0.08$  s  $\wedge e_x/r = 0.90$ ;

$$\Delta_y/h = 0.1013 \cdot H \cdot \sqrt{1/D_y} - 0.1355 \quad (6.65)$$

La Fig. 6.1 muestra las gráficas de las Ecs. (6.58) a (6.61), para una edificación de dos pisos con H igual a 5.20 m. Además, la Fig. 6.1 muestra las distorsiones laterales de entrepiso máximas permisibles, establecidas por la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2003) y por las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTS, 2004).

Lo primero que se observa en la Fig. 6.1 es que los valores de  $\Delta_x/h$  no superan los límites máximos permisibles de 0.50% y 0.40%, establecidos por SENCICO (2003) y NTS (2004), respectivamente, para las edificaciones de albañilería maciza (por ejemplo, ladrillos tipo "King Kong") confinada, ni siquiera en el caso más crítico e irreal, correspondiente a las viviendas con  $D_x$  igual a 1% y  $e_y/r$  igual 0.90. Por lo tanto, se puede concluir que en las edificaciones de albañilería maciza confinada de dos pisos no es necesario calcular una densidad mínima de muros por criterios de desplazamientos, sino únicamente por criterios de resistencia.

En el caso de las edificaciones de albañilería hueca (por ejemplo, ladrillos tubulares) confinada la situación cambia totalmente. NTS (2004) establece que en este tipo de edificaciones el límite máximo permisible para las distorsiones laterales de entrepiso disminuye hasta 0.15%.

La Fig. 6.1 muestra que, cuando la excentricidad estática normalizada es pequeña (menor o igual a 0.30), dicho límite máximo generalmente no es superado. Para que esto suceda, la densidad de muros en la dirección de análisis tendría que ser menor a 2%, lo cual es poco común.

Sin embargo, cuando la excentricidad estática normalizada es mayor a 0.30, es necesario calcular una densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos, para que la distorsión lateral de entrepiso no sea mayor a 0.15%. La Fig. 6.1 muestra que dichas densidades de muros mínimas son

iguales a 2.60% y 3.40%, para las edificaciones con excentricidades estáticas normalizadas iguales a 0.60 y 0.90, respectivamente.

#### 6.6. Discusión de la expresión del MSAS para el cálculo de la densidad de muros mínima por criterios de resistencia

La expresión general del MSAS para calcular la densidad de muros mínima por criterios de resistencia (Ec. (6.54)) fue comparada con la expresión de la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006), reglamento peruano vigente para el diseño de edificaciones de albañilería. Dicha expresión (Ec. (6.66)) está en función del número de pisos de la edificación ( $n_p$ ) y de tres parámetros sísmicos:  $Z$ ,  $U$  y  $S$  (SENCICO, 2003).

$$D \geq \frac{Z \cdot U \cdot S \cdot n_p}{56} \quad (6.66)$$

No obstante que la Ec. (6.66) también está formulada por criterios de resistencia, su derivación se basa en tres consideraciones que la diferencian de la expresión propuesta por el MSAS (Ec. (6.54)). Dichas consideraciones, expuestas por San Bartolomé (2008), se explican a continuación:

- La resistencia al corte de la edificación no se basa en la resistencia al agrietamiento diagonal de los muros ( $V_m$ ), sino en el esfuerzo al corte que resiste la albañilería como material, también denominado resistencia característica al corte de la albañilería ( $v'_a$ ). El valor de  $v'_a$  que se considera en SENCICO (2006) para la derivación de la Ec. (6.66) es igual a 37 Tn/m<sup>2</sup>.
- Para determinar la fuerza cortante basal se utiliza el coeficiente sísmico ( $C_w$ ) del método estático equivalente (SENCICO, 2003), el cual se calcula dividiendo la aceleración espectral ( $S_a$ ) entre la aceleración de la gravedad ( $g$ ). Se admite que, debido a la gran rigidez de las edificaciones de albañilería confinada, los periodos de vibración fundamental se ubican en la platea del espectro sísmico de diseño, donde el factor de amplificación sísmica ( $C$ ) es igual a 2.5. A su vez, el coeficiente de reducción de la

fuerza sísmica ( $R$ ) considerado, correspondiente a una edificación de albañilería sujeta a un sismo severo, es igual a 3.

- El peso sísmico distribuido es igual en todos los pisos (incluido el último) y equivale a  $0.80 \text{ Tn/m}^2$ .

Con el objetivo de expresar la Ec. (6.54) en los mismos términos de la Ec. (6.66), y de esa manera poder realizar un ejercicio comparativo entre los resultados que se obtienen con ambas fórmulas, se decidió que, en base a lo establecido en el ítem 5.3.1,  $C_w$  sea igual al 90% del coeficiente sísmico calculado mediante el método estático equivalente, tal como se muestra en la Ec. (6.67).

$$C_w = 0.90 \cdot \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \quad (6.67)$$

Considerando que  $C$  y  $R$  son iguales a 2.5 y 3, respectivamente, se reemplaza la Ec. (6.67) en la Ec. (6.54), y se obtiene la Ec. (6.68).

$$D \geq \frac{(4.50 \cdot Z \cdot U \cdot S - 1.38)(np - 0.35)}{v'_a} \quad (6.68)$$

El Cuadro 6.30 muestra que las Ecs. (6.66) y (6.68) fueron evaluadas para edificaciones de dos, tres y cuatro pisos. Sin embargo, la Ec. (6.68) tiene un parámetro adicional ( $v'_a$ ), por lo que fue evaluada considerando tres casos correspondientes a los siguientes valores de  $v'_a$ :  $37 \text{ Tn/m}^2$ ,  $51 \text{ Tn/m}^2$  y  $81 \text{ Tn/m}^2$ . El primero de ellos corresponde al valor de  $v'_a$  con el que se derivó la Ec. (6.66). El segundo y el tercero, según lo explicado en el ítem 6.5.1, son los valores referenciales de  $v'_a$  correspondientes a la albañilería de arcilla cocida tipo "King Kong Artesanal" y "King Kong Industrial", respectivamente (SENCICO, 2006).

En el Cuadro 6.30 se aprecia que, sin importar el número de pisos de la edificación ( $np$ ) ni el valor de  $v'_a$ , las densidades de muros mínimas calculadas mediante la expresión del MSAS (Ec. (6.68)) son mayores que las calculadas mediante la expresión de la Norma Técnica E.070 de Albañilería (Ec. (6.66)). Esto permite concluir que, al considerar que la resistencia al corte de cada muro

depende exclusivamente de  $v'_a$ , y no de  $V_m$ , se adjudica a los muros una capacidad mayor a la que realmente tienen, reduciéndose, en consecuencia, las densidades de muros mínimas requeridas por criterios de resistencia. Por este motivo, la Ec. (6.66) fue derivada utilizando un valor de  $v'_a$  muy bajo ( $37 \text{ Tn/m}^2$ ), considerando que si se utilizaban los valores referenciales de  $v'_a$ , iguales a  $51 \text{ Tn/m}^2$  y  $81 \text{ Tn/m}^2$ , las densidades de muros mínimas resultantes hubiesen sido aún menores a las del Cuadro 6.30.

Los valores de los parámetros sísmicos  $Z$ ,  $U$  y  $S$ , que se utilizaron para evaluar las Ecs. (6.66) y (6.68), son los que se indican en el Cuadro 4.1. Es importante indicar que dichos valores son los más críticos, y corresponden a la Zona 3 ( $Z = 0.4$ ) y al Suelo Tipo  $S_3$  ( $S = 1.4$ ). Por este motivo, las densidades de muros mínimas obtenidas mediante la Ec. (6.68) llegan a valores de grandes magnitudes, tales como 8.16% y 11.25%. En la práctica, es poco factible tener densidades de muros mayores a 7%, por lo que en estos casos críticos la solución consiste en mejorar la calidad de la albañilería ( $v'_a$ ), a medida que aumenta el número de pisos ( $np$ ) de la edificación analizada.

Finalmente, si al hacer un diseño preliminar no se sabe el tipo de albañilería que se va a utilizar, y por lo tanto, no se conocen sus propiedades mecánicas, se puede asumir un valor intermedio de  $v'_a$  igual a  $51 \text{ Tn/m}^2$ , para calcular la densidad de muros mínima por criterios de resistencia mediante la expresión del MSAS (Ec. (6.68)). De esta manera, no se toma una decisión demasiado conservadora, al considerar un valor de  $v'_a$  igual a  $37 \text{ Tn/m}^2$ , ni se asume arriesgadamente que se van a utilizar ladrillos tipo "King Kong Industrial", al considerar un valor de  $v'_a$  igual a  $81 \text{ Tn/m}^2$ .



Cuadro 6.1: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV2.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.2231	-3.23	Y1	0.1128	-5.30
X2	0.1086	-0.13	Y2	0.0935	-0.90
X3	0.1259	3.23	Y3	0.0337	1.45
--	--	--	Y4	0.0050	1.45
--	--	--	Y5	0.0337	5.30

(--) No existe información.

Cuadro 6.2: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV3.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.3484	-3.38	Y1	0.0075	-7.58
X2	0.0425	0.08	Y2	0.1060	-2.83
X3	0.0617	0.08	Y3	0.0191	-0.48
X4	0.3484	3.38	Y4	0.0750	0.62
--	--	--	Y5	0.0191	3.48
--	--	--	Y6	0.1328	7.58

(--) No existe información.

Cuadro 6.3: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV4.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.3569	-3.48	Y1	0.0123	-5.65
X2	0.0682	-2.03	Y2	0.0458	-2.30
X3	0.0173	-0.08	Y3	0.0458	0.90
X4	0.0272	-0.08	Y4	0.0458	4.15
X5	0.3569	3.48	Y5	0.1345	7.90

Cuadro 6.4: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV5.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.2946	-3.08	Y1	0.0176	-6.50
X2	0.0172	-0.13	Y2	0.0648	-3.15
X3	0.2946	3.08	Y3	0.0106	0.10
--	--	--	Y4	0.0648	0.10
--	--	--	Y5	0.0106	3.35

(--) No existe información.

Cuadro 6.5: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV9.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.3026	-3.50	Y1	0.0897	0.20
X2	0.1472	0.45	Y2	0.0174	2.40
X3	0.1818	0.45	Y3	0.1130	4.15
X4	0.3543	3.50	Y4	0.1323	8.00

Cuadro 6.6: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV6.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.2001	-3.40	Y1	0.0112	-2.63
X2	0.0078	0.25	Y2	0.2064	4.03
X3	0.2589	3.40	--	--	--

(--) No existe información.

Cuadro 6.7: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV7.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.0680	-3.30	Y1	0.0064	-2.13
X2	0.0680	3.30	Y2	0.0402	-2.13
--	--	--	Y3	0.1009	2.13

(--) No existe información.

Cuadro 6.8: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV12.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.0829	-2.93	Y1	0.0182	-2.35
X2	0.0690	2.93	Y2	0.0346	2.35

Cuadro 6.9: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda TV14.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.0680	-3.20	Y1	0.0333	-2.13
X2	0.0680	3.20	Y2	0.0181	2.13
--	--	--	Y3	0.0200	2.13

(--) No existe información.

Cuadro 6.10: MSAS. Coeficientes de rigidez lateral de los muros y distancias con respecto al CM. Vivienda AHSL24.

Muros orientados en la dirección del eje X			Muros orientados en la dirección del eje Y		
ID	$k_x^*$	$d_x$ (m)	ID	$k_y^*$	$d_y$ (m)
X1	0.1395	-3.68	Y1	0.0060	-3.50
X2	0.0750	0.38	Y2	0.0101	-3.50
X3	0.1395	3.68	Y3	0.1113	3.50

Cuadro 6.11: MSAS. Cálculo de las excentricidades estáticas normalizadas.

VIVIENDA	$K_x^*$	$K_y^*$	$r$ (m)	$x_{CR}$ (m)	$y_{CR}$ (m)	$e_x/r$	$e_y/r$
TV2	0.4576	0.2786	4.30	-1.61	-0.72	0.37	0.17
TV3	0.8011	0.3595	5.30	2.10	0.01	0.40	0.00
TV4	0.8265	0.2841	5.47	3.94	-0.17	0.72	0.03
TV5	0.6064	0.1683	4.77	-1.64	0.00	0.34	0.00
TV9	0.9858	0.3524	5.52	4.50	0.33	0.82	0.06
TV6	0.4668	0.2176	3.85	3.68	0.43	0.96	0.11
TV7	0.1359	0.1475	3.20	0.78	0.00	0.24	0.00
TV12	0.1519	0.0528	3.12	0.73	-0.27	0.23	0.09
TV14	0.1359	0.0714	3.16	0.14	0.00	0.04	0.00
AHSL24	0.3540	0.1275	3.76	2.61	0.08	0.70	0.02

Cuadro 6.12: MSAS. Cálculo de los periodos de vibración traslacional acoplados.

VIVIENDA	$L_{mpx}$ (m)	$L_{mpy}$ (m)	$D_x$ (%)	$D_y$ (%)	$C_{Tx}$	$C_{Ty}$	$T_x$ (s)	$T_y$ (s)
TV2	7.25	3.52	5.42	4.52	0.14	0.17	0.0634	0.0856
TV3	9.44	3.64	5.54	3.67	0.13	0.17	0.0569	0.0896
TV4	7.99	3.91	5.76	2.67	0.14	0.18	0.0586	0.1131
TV5	9.40	2.36	5.29	3.24	0.13	0.20	0.0583	0.1104
TV9	10.31	4.88	6.54	2.96	0.13	0.17	0.0543	0.1040
TV6	5.37	4.20	7.35	3.84	0.15	0.19	0.0590	0.1016
TV7	4.25	3.05	4.55	6.21	0.16	0.18	0.0713	0.0690
TV12	4.45	2.33	4.86	3.17	0.15	0.19	0.0670	0.1036
TV14	4.25	2.27	4.69	4.60	0.16	0.19	0.0702	0.0871
AHSL24	6.20	2.87	5.42	3.02	0.14	0.20	0.0617	0.1161

Cuadro 6.13: Periodos de vibración traslacional acoplados. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.

VIVIENDA	MSAS		Método Exacto		Variación (%)	
	$T_x$ (s)	$T_y$ (s)	$T_x$ (s)	$T_y$ (s)	$T_x$	$T_y$
TV2	0.0634	0.0856	0.0582	0.0876	9	-2
TV3	0.0569	0.0896	0.0559	0.0891	2	1
TV4	0.0586	0.1131	0.0564	0.1000	4	13
TV5	0.0583	0.1104	0.0571	0.0987	2	12
TV9	0.0543	0.1040	0.0559	0.1172	-3	-11
TV6	0.0590	0.1016	0.0563	0.1045	5	-3
TV7	0.0713	0.0690	0.0659	0.0812	8	-15
TV12	0.0670	0.1036	0.0619	0.1052	8	-2
TV14	0.0702	0.0871	0.0646	0.0956	9	-9
AHSL24	0.0617	0.1161	0.0603	0.1104	2	5

Cuadro 6.14: MSAS. Cálculo de las fuerzas cortantes del primer entrespiso.

VIVIENDA	W (Tn)	$C_{wx1}$	$C_{wy1}$	$V_{EX1}$ (Tn)	$V_{EY1}$ (Tn)
TV2	112.81	0.424	0.418	47.88	47.10
TV3	168.73	0.430	0.417	72.54	70.33
TV4	181.19	0.429	0.406	77.72	73.56
TV5	131.92	0.430	0.419	56.72	55.22
TV9	184.80	0.428	0.403	79.09	74.43
TV6	90.32	0.426	0.398	38.50	35.96
TV7	46.28	0.430	0.422	19.90	19.52
TV12	45.37	0.427	0.422	19.38	19.15
TV14	44.88	0.430	0.429	19.30	19.23
AHSL24	84.89	0.429	0.407	36.44	34.53

Cuadro 6.15: MSAS. Cálculo de las fuerzas cortantes del segundo entrespiso.

VIVIENDA	W (Tn)	$C_{wx2}$	$C_{wy2}$	$V_{EX2}$ (Tn)	$V_{EY2}$ (Tn)
TV2	112.81	0.234	0.228	26.45	25.67
TV3	168.73	0.240	0.227	40.49	38.27
TV4	181.19	0.239	0.216	43.30	39.13
TV5	131.92	0.240	0.229	31.66	30.15
TV9	184.80	0.238	0.213	43.98	39.32
TV6	90.32	0.236	0.208	21.34	18.80
TV7	46.28	0.240	0.232	11.11	10.73
TV12	45.37	0.237	0.232	10.76	10.53
TV14	44.88	0.240	0.239	10.77	10.70
AHSL24	84.89	0.239	0.217	20.31	18.40

Cuadro 6.16: Fuerzas cortantes del primer entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.

VIVIENDA	MSAS		Método Exacto		Variación (%)	
	$V_{EX1}$ (Tn)	$V_{EY1}$ (Tn)	$V_{EX1}$ (Tn)	$V_{EY1}$ (Tn)	$V_{EX1}$	$V_{EY1}$
TV2	47.88	47.10	43.18	46.00	11	2
TV3	72.54	70.33	71.50	58.26	1	21
TV4	77.72	73.56	74.36	62.12	5	18
TV5	56.72	55.22	55.80	46.40	2	19
TV9	79.09	74.43	77.30	60.34	2	23
TV6	38.50	35.96	42.38	35.64	-9	1
TV7	19.90	19.52	21.14	19.02	-6	3
TV12	19.38	19.15	18.42	16.68	5	15
TV14	19.30	19.23	19.42	18.34	-1	5
AHSL24	36.44	34.53	35.12	31.72	4	9

Cuadro 6.17: Fuerzas cortantes del segundo entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.

VIVIENDA	MSAS		Método Exacto		Variación (%)	
	$V_{EX2}$ (Tn)	$V_{EY2}$ (Tn)	$V_{EX2}$ (Tn)	$V_{EY2}$ (Tn)	$V_{EX2}$	$V_{EY2}$
TV2	26.45	25.67	22.48	26.18	18	-2
TV3	40.49	38.27	37.08	32.82	9	17
TV4	43.30	39.13	39.14	34.08	11	15
TV5	31.66	30.15	29.12	26.46	9	14
TV9	43.98	39.32	40.80	33.18	8	19
TV6	21.34	18.80	22.38	19.70	-5	-5
TV7	11.11	10.73	11.28	11.08	-2	-3
TV12	10.76	10.53	10.02	9.88	7	7
TV14	10.77	10.70	10.48	10.88	3	-2
AHSL24	20.31	18.40	18.86	18.58	8	-1

Cuadro 6.18: MSAS. Cálculo de los grados de acoplamiento torsional.

VIVIENDA	$K^*_e$	$C_{\Omega_x}$	$C_{\Omega_y}$	$\Omega_x$	$\Omega_y$
TV2	6.95	1.014	1.055	1.06	1.41
TV3	15.52	0.993	1.062	0.95	1.51
TV4	14.32	0.997	1.170	0.87	1.75
TV5	6.63	0.993	1.044	0.79	1.58
TV9	11.37	1.000	1.202	0.71	1.42
TV6	5.69	1.007	1.249	1.05	1.91
TV7	2.06	0.993	1.023	1.39	1.37
TV12	1.55	1.004	1.022	1.18	2.04
TV14	1.71	0.993	0.998	1.28	1.78
AHSL24	4.47	0.996	1.162	1.08	2.11

Cuadro 6.19: MSAS. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrespiso.

VIVIENDA	$\beta_x$	$\beta_y$	$M_{EZX1}$ (Tn·m)	$M_{EZY1}$ (Tn·m)	$M_{EZX2}$ (Tn·m)	$M_{EZY2}$ (Tn·m)
TV2	2.51	2.11	85.92	159.44	47.46	86.89
TV3	2.63	1.99	1.86	293.28	1.04	159.59
TV4	2.72	1.72	36.16	498.10	20.14	264.99
TV5	2.81	1.91	0.57	172.90	0.32	94.41
TV9	2.91	2.09	76.75	700.33	42.68	369.97
TV6	2.52	1.54	41.89	203.36	23.22	106.31
TV7	2.13	2.15	0.00	32.79	0.00	18.02
TV12	2.37	1.38	12.31	19.32	6.83	10.63
TV14	2.25	1.68	0.00	4.54	0.00	2.53
AHSL24	2.48	1.31	7.18	118.16	4.00	62.97



Cuadro 6.20: Momentos de torsión en planta del primer entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.

VIVIENDA	MSAS		Método Exacto		Variación (%)	
	$M_{EZX1}$ (Tn·m)	$M_{EZY1}$ (Tn·m)	$M_{EZX1}$ (Tn·m)	$M_{EZY1}$ (Tn·m)	$M_{EZX1}$	$M_{EZY1}$
TV2	85.92	159.44	100.68	70.64	-15	126
TV3	1.86	293.28	7.82	257.04	-76	14
TV4	36.16	498.10	65.97	347.84	-45	43
TV5	0.57	172.90	13.91	167.87	-96	3
TV9	76.75	700.33	62.21	402.72	23	74
TV6	41.89	203.36	22.76	164.86	84	23
TV7	0.00	32.79	2.05	28.86	-100	14
TV12	12.31	19.32	7.76	30.85	59	-37
TV14	0.00	4.54	4.04	1.92	-100	137
AHSL24	7.18	118.16	2.73	78.47	162	51

Cuadro 6.21: Momentos de torsión en planta del segundo entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.

VIVIENDA	MSAS		Método Exacto		Variación (%)	
	$M_{EZX2}$ (Tn·m)	$M_{EZY2}$ (Tn·m)	$M_{EZX2}$ (Tn·m)	$M_{EZY2}$ (Tn·m)	$M_{EZX2}$	$M_{EZY2}$
TV2	47.46	86.89	52.28	49.95	-9	74
TV3	1.04	159.59	3.38	164.11	-69	-3
TV4	20.14	264.99	31.77	206.54	-37	28
TV5	0.32	94.41	6.29	93.87	-95	1
TV9	42.68	369.97	23.55	237.86	81	56
TV6	23.22	106.31	8.50	111.87	173	-5
TV7	0.00	18.02	1.86	22.35	-100	-19
TV12	6.83	10.63	4.01	26.12	70	-59
TV14	0.00	2.53	3.62	2.40	-100	5
AHSL24	4.00	62.97	1.47	45.98	172	37

Cuadro 6.22: Distorsiones laterales de entrepiso. Variación porcentual del MSAS con respecto al Método Exacto.

VIVIENDA	MSAS		Método Exacto		Variación (%)	
	$\Delta_x/h$ (%)	$\Delta_y/h$ (%)	$\Delta_x/h$ (%)	$\Delta_y/h$ (%)	$\Delta_x/h$	$\Delta_y/h$
TV2	0.032	0.065	0.027	0.059	20	10
TV3	0.024	0.072	0.025	0.076	-5	-5
TV4	0.026	0.124	0.025	0.099	4	26
TV5	0.025	0.105	0.027	0.093	-6	14
TV9	0.022	0.107	0.024	0.138	-7	-22
TV6	0.027	0.105	0.025	0.087	9	20
TV7	0.036	0.039	0.034	0.047	5	-17
TV12	0.034	0.090	0.031	0.079	9	14
TV14	0.035	0.059	0.032	0.058	8	1
AHSL24	0.028	0.129	0.028	0.089	1	45

Cuadro 6.23: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma E.030-2003.

VIVIENDA	2 pisos		3 pisos	
	E.030-2003	Método Exacto	E.030-2003	Método Exacto
	$T_y$ (s)	$T_y$ (s)	$T_y$ (s)	$T_y$ (s)
TV2	0.0867	0.0876	0.1300	0.1412
TV3	0.0833	0.0891	0.1250	0.1419
TV4	0.0850	0.1000	0.1275	0.1571
TV5	0.0833	0.0987	0.1250	0.1591
TV9	0.0867	0.1172	0.1300	0.1817
TV6	0.0883	0.1045	0.1325	0.1797
TV7	0.0817	0.0812	0.1225	0.1330
TV12	0.0800	0.1052	0.1200	0.1778
TV14	0.0817	0.0956	0.1225	0.1586
AHSL24	0.0833	0.1104	0.1250	0.1804

Cuadro 6.24: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma RNC-77.

VIVIENDA	2 pisos				3 pisos			
	RNC-77		Método Exacto		RNC-77		Método Exacto	
	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)
TV2	0.0799	0.1024	0.0582	0.0876	0.1198	0.1536	0.0875	0.1412
TV3	0.0642	0.0962	0.0559	0.0891	0.0963	0.1443	0.0834	0.1419
TV4	0.0642	0.0967	0.0564	0.1000	0.0962	0.1451	0.0843	0.1571
TV5	0.0693	0.1008	0.0571	0.0987	0.1040	0.1512	0.0852	0.1591
TV9	0.0650	0.0983	0.0559	0.1172	0.0975	0.1474	0.0843	0.1817
TV6	0.0934	0.1016	0.0563	0.1045	0.1401	0.1524	0.0871	0.1797
TV7	0.1188	0.0954	0.0659	0.0812	0.1783	0.1430	0.1028	0.1330
TV12	0.1107	0.0992	0.0619	0.1052	0.1661	0.1488	0.0975	0.1778
TV14	0.1188	0.0968	0.0646	0.0956	0.1783	0.1453	0.1019	0.1586
AHSL24	0.0945	0.0922	0.0603	0.1104	0.1417	0.1383	0.0929	0.1804

Cuadro 6.25: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma NSR-98 (I).

VIVIENDA	2 pisos		3 pisos	
	NSR-98 (I)	Método Exacto	NSR-98 (I)	Método Exacto
	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)
TV2	0.1722	0.0876	0.2334	0.1412
TV3	0.1672	0.0891	0.2266	0.1419
TV4	0.1697	0.1000	0.2300	0.1571
TV5	0.1672	0.0987	0.2266	0.1591
TV9	0.1722	0.1172	0.2334	0.1817
TV6	0.1747	0.1045	0.2367	0.1797
TV7	0.1647	0.0812	0.2232	0.1330
TV12	0.1621	0.1052	0.2198	0.1778
TV14	0.1647	0.0956	0.2232	0.1586
AHSL24	0.1672	0.1104	0.2266	0.1804

Cuadro 6.26: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones de la norma NSR-98 (II).

VIVIENDA	2 pisos				3 pisos			
	NSR-98 (II)		Método Exacto		NSR-98 (II)		Método Exacto	
	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)
TV2	0.1354	0.1642	0.0582	0.0876	0.1976	0.2806	0.0875	0.1412
TV3	0.1074	0.1486	0.0559	0.0891	0.1505	0.2225	0.0834	0.1419
TV4	0.1071	0.1698	0.0564	0.1000	0.1492	0.2576	0.0843	0.1571
TV5	0.1243	0.2198	0.0571	0.0987	0.1692	0.3652	0.0852	0.1591
TV9	0.0949	0.1514	0.0559	0.1172	0.1359	0.2262	0.0843	0.1817
TV6	0.1343	0.1935	0.0563	0.1045	0.1869	0.2740	0.0871	0.1797
TV7	0.2242	0.2263	0.0659	0.0812	0.4056	0.3572	0.1028	0.1330
TV12	0.2117	0.3887	0.0619	0.1052	0.3728	0.6333	0.0975	0.1778
TV14	0.2242	0.3428	0.0646	0.0956	0.4056	0.5507	0.1019	0.1586
AHSL24	0.1494	0.2411	0.0603	0.1104	0.2142	0.3595	0.0929	0.1804

Cuadro 6.27: Cálculo aproximado de los periodos de vibración traslacional mediante las expresiones del MSAS.

VIVIENDA	2 pisos				3 pisos			
	MSAS		Método Exacto		MSAS		Método Exacto	
	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)	T <sub>x</sub> (s)	T <sub>y</sub> (s)
TV2	0.0634	0.0856	0.0582	0.0876	0.0951	0.1284	0.0875	0.1412
TV3	0.0569	0.0896	0.0559	0.0891	0.0854	0.1344	0.0834	0.1419
TV4	0.0586	0.1131	0.0564	0.1000	0.0879	0.1696	0.0843	0.1571
TV5	0.0583	0.1104	0.0571	0.0987	0.0874	0.1655	0.0852	0.1591
TV9	0.0543	0.1040	0.0559	0.1172	0.0814	0.1561	0.0843	0.1817
TV6	0.0590	0.1016	0.0563	0.1045	0.0885	0.1523	0.0871	0.1797
TV7	0.0713	0.0690	0.0659	0.0812	0.1070	0.1035	0.1028	0.1330
TV12	0.0670	0.1036	0.0619	0.1052	0.1005	0.1554	0.0975	0.1778
TV14	0.0702	0.0871	0.0646	0.0956	0.1053	0.1307	0.1019	0.1586
AHSL24	0.0617	0.1161	0.0603	0.1104	0.0925	0.1742	0.0929	0.1804

Cuadro 6.28: Periodos de vibración traslacional de las viviendas de dos pisos.  
Variación porcentual de los métodos aproximados con respecto al método exacto.

VIVIENDA	E.030-2003	RNC-77		NSR-98 (I)	NSR-98 (II)		MSAS	
	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>x</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>x</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>x</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)
TV2	-1	37	17	97	133	87	9	-2
TV3	-6	15	8	88	92	67	2	1
TV4	-15	14	-3	70	90	70	4	13
TV5	-16	21	2	69	118	123	2	12
TV9	-26	16	-16	47	70	29	-3	-11
TV6	-15	66	-3	67	139	85	5	-3
TV7	1	80	17	103	240	179	8	-15
TV12	-24	79	-6	54	242	270	8	-2
TV14	-15	84	1	72	247	259	9	-9
AHSL24	-24	57	-16	51	148	118	2	5

Cuadro 6.29: Periodos de vibración traslacional de las viviendas de tres pisos.  
Variación porcentual de los métodos aproximados con respecto al método exacto.

VIVIENDA	E.030-2003	RNC-77		NSR-98 (I)	NSR-98 (II)		MSAS	
	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>x</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>x</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)	T <sub>x</sub> (%)	T <sub>y</sub> (%)
TV2	-8	37	9	65	126	99	9	-9
TV3	-12	15	2	60	80	57	2	-5
TV4	-19	14	-8	46	77	64	4	8
TV5	-21	22	-5	42	99	130	3	4
TV9	-28	16	-19	28	61	24	-3	-14
TV6	-26	61	-15	32	115	52	2	-15
TV7	-8	73	8	68	295	169	4	-22
TV12	-33	70	-16	24	282	256	3	-13
TV14	-23	75	-8	41	298	247	3	-18
AHSL24	-31	53	-23	26	130	99	0	-3

Cuadro 6.30: Densidad de muros mínima por criterios de resistencia. Análisis comparativo entre las expresiones de la Norma Técnica E.070 y del MSAS.

np	E.070-2006	MSAS		
		$v'_a = 37 \text{ Tn/m}^2$	$v'_a = 51 \text{ Tn/m}^2$	$v'_a = 81 \text{ Tn/m}^2$
2	2.00%	5.08%	3.69%	2.32%
3	3.00%	8.16%	5.92%	3.73%
4	4.00%	11.25%	8.16%	5.14%

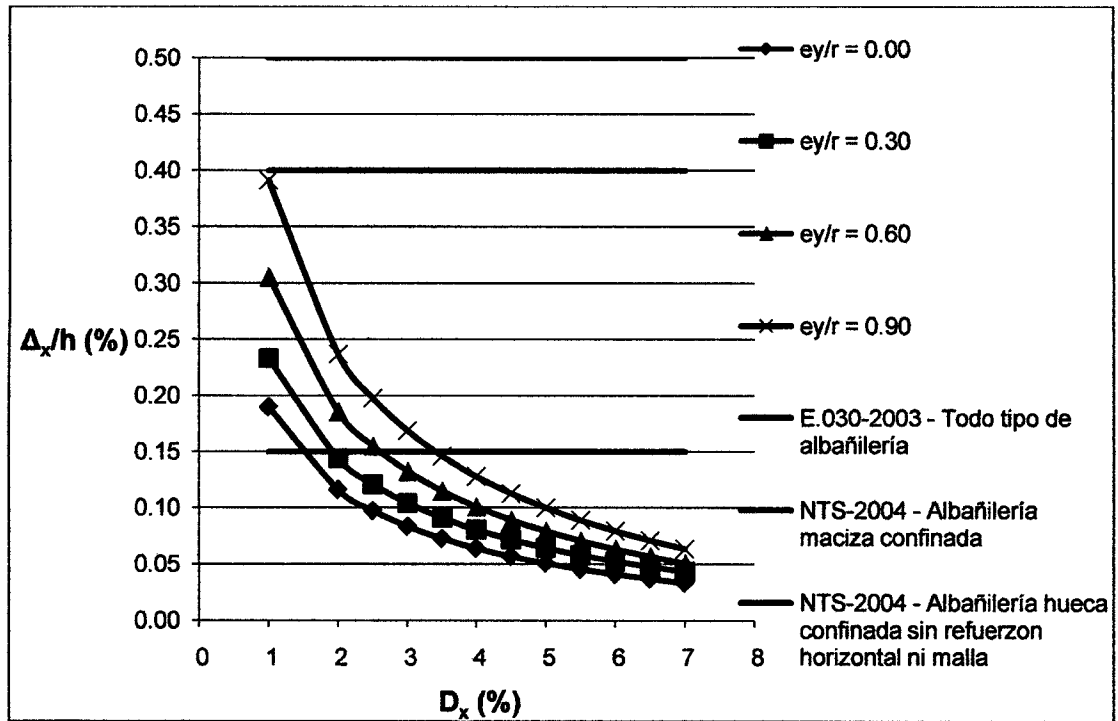


Figura 6.1: Relación entre la distorsión lateral de entrepiso en la dirección del eje X y la densidad de muros orientados en la dirección del eje X, para una edificación de albañilería confinada de dos pisos con  $H = 5.20$  m.

## CONCLUSIONES

A partir de la evidencia empírica y del análisis desplegado en el presente trabajo de investigación, se desprenden las siguientes conclusiones, agrupadas por áreas temáticas:

*De los parámetros característicos de las edificaciones de albañilería confinada:*

1. La densidad de muros en las direcciones principales de una edificación de albañilería confinada es un parámetro geométrico característico que define su comportamiento sísmico. Esto se debe a que está directamente relacionada con el área de corte (y por lo tanto, con la rigidez lateral por corte) de los muros que componen el sistema estructural de este tipo de edificaciones.
2. La importancia del parámetro "razón de aspecto de la planta de la edificación" ( $\kappa$ ) radica en que define la forma y el tamaño de la superficie rectangular donde se distribuyen los elementos estructurales (los muros, en el caso de las edificaciones de albañilería confinada) de dicha edificación. Esto significa que, generalmente, las viviendas familiares de albañilería confinada que tienen valores similares del parámetro  $\kappa$ , también tienen configuraciones estructurales y comportamientos sísmicos similares.

*Del análisis de sensibilidad:*

3. En las viviendas de albañilería confinada de dos pisos, la densidad de muros en cada una de las direcciones principales varía entre 2.5% y 7.5%.
4. En una vivienda familiar de albañilería confinada se puede considerar con una buena precisión que los pesos sísmicos distribuidos en los pisos típicos y en el último piso son iguales a  $1.00 \text{ Tn/m}^2$  y  $0.65 \text{ Tn/m}^2$ , respectivamente.
5. En una edificación de albañilería confinada se puede considerar, con una buena precisión, que la ubicación de los CM's en cada nivel de piso coincide con la ubicación del CG de la planta rectangular de la edificación.
6. En las viviendas de albañilería confinada de dos pisos, el periodo de vibración fundamental se encuentra entre 0.08 s y 0.12 s. Este periodo



corresponde al modo de vibración traslacional en la dirección de mayor flexibilidad.

7. Las viviendas de albañilería confinada con valores de  $\kappa$  cercanos a 1 (por ejemplo, las viviendas de la familia F2) tienen una gran rigidez torsional, y por lo tanto, en este tipo de edificaciones se cumple que  $\Omega$  es mayor que  $\omega_x/\omega_y$ . Por el contrario, en las viviendas de albañilería confinada con valores de  $\kappa$  cercanos a 2 (por ejemplo, las viviendas de la familia F1) sucede lo opuesto.
8. La magnitud del radio medio de giro ( $r$ ) de las edificaciones de albañilería confinada depende de las dimensiones de la planta rectangular de la edificación ("a" y "b").

*De la formulación del METP:*

9. Para que la matriz de rigidez lateral de un muro del METP sea proporcional a la del muro patrón, la razón entre la rigidez por flexión y la rigidez por corte debe ser la misma en ambos muros ( $\Phi_i = \Phi_{mp}$ ). Esto implica que ambos muros deben tener la misma longitud ( $L_i = L_{mp}$ ), y que sus espesores deben estar en la misma proporción que sus matrices de rigidez lateral ( $t_i = c_i \cdot t_{mp}$ ).
10. Utilizar la formulación P3D y modelar los muros de albañilería confinada mediante el criterio de la sección transformada, resulta en una muy buena aproximación del comportamiento sísmico de la estructura en el rango elástico.

*De los resultados del análisis sísmico de los METP's:*

11. En las edificaciones de albañilería confinada, existe una relación lineal entre el periodo de vibración traslacional y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros. La pendiente de la recta que representa la relación lineal entre ambas variables es un indicador de la magnitud de la rigidez lateral por flexión de la estructura, y por lo tanto, está fuertemente influenciada por la longitud de los muros ( $L$ ) que componen el sistema estructural.
12. En una edificación de albañilería confinada, los coeficientes sísmicos dinámicos (y por lo tanto, las fuerzas cortantes de entrepiso obtenidas del

análisis sísmico dinámico) disminuyen muy levemente conforme la magnitud de la excentricidad estática normalizada en la dirección perpendicular aumenta.

13. Existe una relación lineal entre el momento de torsión en planta de entrepiso y la fuerza cortante de entrepiso. La pendiente de la recta que representa dicha relación lineal es influenciada por la excentricidad estática normalizada y por el grado de acoplamiento torsional.
14. Cuando los modelos estructurales 3D de los edificios son sometidos a un análisis sísmico dinámico, se produce una amplificación dinámica de los momentos de torsión en planta. Si se desea considerar este efecto al realizar un análisis sísmico estático, los momentos de torsión en planta deben ser multiplicados por un factor de amplificación dinámica ( $\beta$ ).
15. En los casos paramétricos estudiados  $\beta$  varía entre 1.4 y 1.9, lo cual significa que en algunas edificaciones de albañilería confinada de dos pisos (principalmente aquellas que tienen valores bajos de  $\Omega$ , entre 1.5 y 1.7) la amplificación dinámica puede llegar a incrementar en 90% el valor del momento de torsión en planta calculado mediante un análisis sísmico estático.
16. En las viviendas de albañilería confinada, debido a la gran rigidez proporcionada por los muros y a la baja altura que las caracteriza, los desplazamientos traslacionales de los CM's son muy pequeños. En las viviendas de dos pisos, el desplazamiento traslacional máximo del CM del segundo piso en la dirección de mayor flexibilidad es menor a 0.50 cm.
17. Existe una relación lineal entre la distorsión lateral de entrepiso y el periodo de vibración traslacional. La pendiente de la recta que representa dicha relación lineal es influenciada por la excentricidad estática normalizada y por el grado de acoplamiento torsional.
18. Las edificaciones de albañilería confinada con periodos de vibración fundamental menores a 0.12 s (como es el caso de la mayoría de viviendas de albañilería confinada de dos pisos), generalmente, tienen distorsiones laterales de entrepiso menores a 0.15%.
19. Existe una relación lineal entre el momento flector ( $M_e$ ) y la fuerza cortante ( $V_e$ ) de un muro de albañilería confinada. La pendiente de la recta que representa dicha relación lineal depende únicamente de la altura de piso ( $h$ ), y por lo tanto, no es influenciada por ninguno de los parámetros en estudio.

En el primer piso dicha pendiente ( $M_e/V_e$ ) es igual a 1.5·h, mientras que en el segundo piso es igual a 1.0·h.

*Del MSAS:*

20. Las expresiones del MSAS propuesto en el presente trabajo de investigación para estimar los periodos de vibración traslacional ( $T_x$ ,  $T_y$ ), las fuerzas cortantes de entrepiso ( $V_{EX}$ ,  $V_{EY}$ ) y las distorsiones laterales de entrepiso ( $\Delta_x/h$ ,  $\Delta_y/h$ ), tienen una buena precisión. Por lo tanto, el MSAS puede utilizarse para estimar dichas respuestas sísmicas de interés, tanto en la evaluación de las edificaciones existentes de albañilería confinada de dos pisos, como en el diseño preliminar de las edificaciones nuevas.
21. Las expresiones del MSAS propuesto en el presente trabajo de investigación para estimar los momentos de torsión en planta de entrepiso ( $M_{EZX}$ ,  $M_{EZY}$ ) tienen una precisión que no siempre se encuentra dentro del rango admisible, principalmente en aquellos casos en que la excentricidad estática normalizada es pequeña (menor a 0.20), y por lo tanto, el momento de torsión en planta también lo es. Sin embargo, aún en estos casos, es posible utilizar el MSAS para estimar dicha respuesta de interés, considerando que la inclusión obligatoria de los momentos de torsión en planta accidentales en el diseño sísmico de las edificaciones (SENCICO, 2003) hace que el cálculo de esta respuesta siempre sea, de una forma u otra, bastante conservador.
22. Las expresiones del MSAS propuesto en el presente trabajo de investigación para calcular la densidad de muros mínima en una edificación de albañilería confinada están basadas en dos criterios de diseño sísmico: resistencia y desplazamientos. La densidad de muros mínima por criterios de resistencia depende del número de pisos ( $n_p$ ), del coeficiente sísmico ( $C_w$ ) y de la resistencia al corte de la albañilería ( $v'a$ ). La densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos depende de la altura total de la edificación ( $H$ ), de la excentricidad estática normalizada y del límite máximo permisible para la distorsión lateral de entrepiso.

*De las expresiones simplificadas para estimar los periodos de vibración de las edificaciones de albañilería confinada:*

23. La expresión simplificada de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2003), para estimar el periodo de vibración fundamental de las edificaciones de albañilería confinada, no tiene una buena precisión. Esto se debe a que los periodos de vibración fundamental que se obtienen mediante dicha expresión son considerablemente menores que los periodos reales.
24. La principal limitación de la expresión simplificada dada por la Norma Técnica E.030, para estimar el periodo de vibración fundamental de las edificaciones de albañilería confinada, es que tiene una sola variable: la altura total de la edificación (H). Esto significa que asigna el mismo periodo de vibración fundamental a todas las edificaciones de igual altura, lo cual generalmente es inexacto.
25. La principal limitación de las expresiones simplificadas dadas por las Normas de Diseño Sismo-resistente RNC-77 (Oficina de Investigación y Normalización, 1977), para estimar los periodos de vibración traslacional de una edificación de albañilería confinada, es asumir que la dirección de mayor rigidez es aquella que tiene la mayor longitud de la planta de la edificación, y viceversa. Aunque esto se cumple generalmente, existen algunos casos en los que sucede lo opuesto.
26. Las expresiones simplificadas dadas por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-98 (ACIS, 1998) y por la norma ASCE/SEI 7-05 (American Society of Civil Engineers, 2005), para estimar los periodos de vibración traslacional de una edificación de albañilería confinada, son demasiado conservadoras. Esto se debe a que los periodos de vibración que se obtienen mediante dichas expresiones son considerablemente mayores que los periodos reales, y por lo tanto, al mantenerse constante la magnitud de la fuerza sísmica actuante (la aceleración sísmica actuante es constante debido a que se ubica en la platea del espectro de diseño), la flexibilidad y los desplazamientos de la estructura son sobre estimados.
27. Las expresiones del MSAS propuesto en el presente trabajo de investigación, para estimar los periodos de vibración traslacional de las

edificaciones de albañilería confinada, tienen una muy buena precisión en la dirección de mayor rigidez, tanto para las edificaciones de dos pisos, como para las de tres pisos. En la dirección de menor rigidez, la precisión de las expresiones del MŞAS sigue siendo buena, con la diferencia que en la mayoría de edificaciones estudiadas los periodos estimados mediante dichas expresiones son menores que los periodos reales.

*De la densidad de muros mínima en las edificaciones de albañilería confinada:*

28. La densidad de muros mínima por criterios de resistencia de una vivienda de albañilería confinada de dos pisos con  $v'_a$  igual a  $51 \text{ Tn/m}^2$ , ubicada en la zona sísmica 3 ( $Z = 0.4$ ) y en un suelo tipo  $S_3$  ( $S = 1.4$ ), es igual a 3.88%.
29. Las edificaciones de albañilería confinada de dos pisos, cuyos periodos de vibración fundamental son menores a 0.08 s, tienen una gran rigidez, y por lo tanto, sus distorsiones laterales de entrepiso son menores que 0.15%. Por este motivo, en este tipo de edificaciones no es necesario calcular la densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos.
30. Las densidades de muros mínimas por criterios de resistencia, que se obtienen mediante la expresión dada por la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006), son menores a las requeridas realmente. Esto se debe a que la expresión de la Norma Técnica E.070 sobre estima la capacidad de los muros de albañilería para resistir las fuerzas cortantes, al considerar que esta depende exclusivamente de  $v'_a$ , cuando en realidad depende de  $V_m$ .

*De los parámetros que gobiernan el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada:*

31. Las edificaciones de albañilería confinada con grados de acoplamiento torsional de gran magnitud (valores de  $\Omega$  entre 1.80 y 2.20) presentan un excelente comportamiento sísmico, debido a que, al tener una mayor rigidez torsional, la amplificación dinámica, los momentos de torsión en planta y las distorsiones laterales de entrepiso disminuyen considerablemente.
32. Las edificaciones de albañilería confinada con valores de  $\kappa$  alrededor de 1 presentan un excelente comportamiento sísmico, debido a que las

densidades de muros y las rigideces traslacionales en ambas direcciones principales están más equilibradas, y por lo tanto, no existe una dirección "débil". Además, este tipo de edificaciones está asociado a dimensiones de la planta pequeñas ("a" y "b" menores a 10 m.) y a radios medios de giro ( $r$ ) cortos, que a su vez implican grados de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ) de gran magnitud, lo cual es favorable.

33. Las edificaciones de albañilería confinada con excentricidades estáticas normalizadas de gran magnitud (mayores a 0.50) tienen un comportamiento sísmico deficiente, debido a que la estructura es más flexible (aumenta el periodo de vibración traslacional), y se producen grandes desplazamientos traslacionales y rotacionales, que incrementan las distorsiones laterales de entrepiso y los momentos de torsión en planta, respectivamente.

*De los criterios de diseño sísmico, según el tipo de albañilería (maciza o hueca):*

34. Los límites máximos para las distorsiones laterales de entrepiso de las edificaciones de albañilería maciza confinada, establecidos por SENCICO (2003) y NTS (2004), son iguales a 0.50% y 0.40%, respectivamente. Tomando en cuenta la gran rigidez que tienen las edificaciones de albañilería confinada de dos pisos, no es posible que dichos niveles de distorsión lateral de entrepiso sean superados. Por lo tanto, el diseño sísmico de las edificaciones de albañilería maciza confinada de baja altura está gobernado únicamente por criterios de resistencia, y en consecuencia, no es necesario calcular la densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos.
35. El límite máximo para las distorsiones laterales de entrepiso de las edificaciones de albañilería hueca confinada, establecido por NTS (2004), es igual a 0.15%. A pesar de la gran rigidez que tienen las edificaciones de albañilería confinada de dos pisos, existen casos en los que la distorsión lateral de entrepiso supera el 0.15%. Estos casos se caracterizan por presentar una combinación de bajas densidades de muros (menores a 4%) y altas excentricidades estáticas normalizadas (mayores a 0.50). Por ejemplo, cuando las excentricidades estáticas normalizadas son iguales a 0.60 y 0.90, las densidades de muros mínimas por criterios de desplazamientos son 2.60% y 3.40%, respectivamente. Por lo tanto, el diseño sísmico de las

edificaciones de albañilería hueca confinada de baja altura está gobernado, tanto por criterios de resistencia, como por criterios de desplazamientos.

## RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones del presente trabajo de investigación se desprenden las siguientes recomendaciones, agrupadas por áreas temáticas:

*De los criterios prácticos de estructuración para lograr un buen comportamiento sísmico en las edificaciones de albañilería confinada de baja altura:*

1. En la estructuración de una edificación de albañilería confinada es preferible tener pocos muros largos, en vez de tener muchos muros cortos. En este sentido, se recomienda que los muros estructurales de albañilería confinada (que son considerados en el cálculo de la densidad de muros) tengan longitudes mayores o iguales a 3.00 m. De esta manera, el aporte de la rigidez por flexión de los muros tendrá una mayor importancia.
2. Es recomendable que los muros estructurales de albañilería confinada tengan continuidad en altura, de manera tal que se tenga la misma configuración estructural en todos los pisos, que no haya una variación brusca de la rigidez de un entrepiso al otro, que no existan muros estructurales que nacen en los pisos superiores y no están cimentados en el suelo, y que la diferencia entre las magnitudes de las excentricidades de los pisos no sea excesiva.
3. Se recomienda que los muros de albañilería confinada que tengan aberturas por motivos funcionales (puertas, ventanas, etc.) no sean considerados como muros estructurales, y por lo tanto, tampoco sean considerados en el cálculo de la densidad de muros.
4. Se recomienda que los muros estructurales perimetrales tengan la mayor longitud posible, con la finalidad de proveer una mayor rigidez torsional a la edificación de albañilería confinada.



*Del orden de magnitud de los parámetros que gobiernan el comportamiento sísmico de las edificaciones de albañilería confinada:*

5. En una edificación informal de albañilería confinada de dos pisos (autoconstrucción), se recomienda que la densidad de muros en ambas direcciones principales de la edificación sea mayor o igual a 4%.
6. Con el objetivo de lograr un buen comportamiento sísmico en una edificación de albañilería confinada, se recomienda que el valor de  $\Omega$  sea lo más alto posible (preferiblemente entre 1.80 y 2.20), y que además, sea mayor que el valor de  $\omega_x/\omega_y$ . De esta manera, se provee a la estructura de una gran rigidez torsional, y se logra que los dos primeros modos de vibración correspondan a los movimientos traslacionales en las direcciones principales de la edificación.
7. En la medida que la forma geométrica del terreno lo permita, se recomienda que el valor de  $\kappa$  esté alrededor de 1.00 (planta de la edificación de albañilería confinada de forma cuadrada).
8. Con el objetivo de lograr un buen comportamiento sísmico en una edificación de albañilería confinada, se recomienda que las excentricidades estáticas normalizadas en ambas direcciones principales de la estructura sean menores que 0.50. En ningún caso es recomendable proyectar edificaciones de albañilería confinada con excentricidades estáticas normalizadas mayores a 0.90.

*De los trabajos de investigación necesarios para revisar y modificar la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismo Resistente (SENCICO, 2003):*

9. Se recomienda realizar investigaciones experimentales de laboratorio con el objetivo de incorporar en la Norma Técnica E.030 más límites máximos permisibles para la distorsión lateral de entrepiso de las edificaciones de albañilería confinada, dependiendo del tipo de albañilería (sólida ó hueca; artesanal ó industrial), del sistema de reforzamiento (albañilería confinada ó albañilería armada) y de la presencia o la ausencia del acero de refuerzo horizontal, tal como han sido incorporados en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTS, 2004). Esto es particularmente importante en Perú, donde la mayoría de edificaciones de

albañilería confinada corresponden a viviendas construidas de manera informal con albañilería hueca o artesanal.

10. Se recomienda incorporar en la Norma Técnica E.030 una expresión simplificada para estimar los periodos de vibración traslacional de las edificaciones de albañilería confinada, que tenga una estructura similar a la propuesta en el MSAS del presente trabajo de investigación. Esto ha de lograrse a través del estudio paramétrico de las edificaciones de albañilería confinada, en el que los principales parámetros a estudiar son: el periodo de vibración traslacional ( $T_x$ ,  $T_y$ ), la altura total de la edificación ( $H$ ) y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros ( $1/\sqrt{D_x}$ ,  $1/\sqrt{D_y}$ ). Esto es muy importante, tomando en cuenta que para la mayoría de las edificaciones estudiadas en el presente trabajo de investigación, las variaciones porcentuales de los periodos fundamentales de vibración estimados mediante la expresión simplificada de la Norma Técnica E.030, con respecto a los periodos reales, están entre -15% y -33%.

*De los trabajos de investigación necesarios para revisar y modificar la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006):*

11. Se recomienda incorporar en la Norma Técnica E.070 una expresión para calcular la densidad de muros mínima por criterios de resistencia en las edificaciones de albañilería confinada, que, al igual que la expresión propuesta en el MSAS del presente trabajo de investigación, esté basada en la resistencia al agrietamiento diagonal de los muros ( $V_m$ ). Esto ha de lograrse a través del estudio paramétrico de las edificaciones de albañilería confinada, en el que los principales parámetros a estudiar son: el número de pisos ( $np$ ), el coeficiente sísmico ( $C_w$ ) y la resistencia al corte de la albañilería ( $v'a$ ).
12. Se recomienda incorporar expresiones o gráficos similares a los a los propuestos en el MSAS del presente trabajo de investigación, que sirvan para determinar la densidad de muros mínima por criterios de desplazamientos en las edificaciones de albañilería confinada. Esto ha de lograrse a través del estudio paramétrico de las edificaciones de albañilería confinada, en el que los principales parámetros a estudiar son: la distorsión lateral de entrepiso ( $\Delta_x/h$ ,  $\Delta_y/h$ ), la densidad de muros ( $D_x$ ,  $D_y$ ), el coeficiente

sísmico ( $C_w$ ), la altura total de la edificación ( $H$ ) y la excentricidad estática normalizada ( $e_x/r$ ,  $e_y/r$ ).

*De la aplicación del MSAS para estimar las respuestas sísmicas globales de interés correspondientes a una edificación de albañilería confinada de dos pisos:*

13. Se recomienda utilizar el MSAS para realizar el diseño preliminar (estructuración) de las edificaciones nuevas. El MSAS es de gran utilidad para reducir considerablemente la vulnerabilidad sísmica de viviendas que serán construidas de manera informal (autoconstrucción), cuyos propietarios no tienen suficientes recursos económicos para contratar profesionales (ingenieros civiles o arquitectos) que se encarguen del diseño y de la construcción.
14. Se recomienda utilizar el MSAS para evaluar la vulnerabilidad sísmica de las viviendas informales existentes, ubicadas en las grandes áreas urbanas con mayor riesgo sísmico del Perú. De esta manera, se podrá estimar pérdidas, realizar acciones de planificación y prevención, y responder rápida y efectivamente en situaciones de emergencia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society of Civil Engineers. *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*. ASCE/SEI 7-05. USA, 2005.
2. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (ACIS). *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente. NSR-98 Tomo 1*. Colombia, 1998.
3. Annabelle H., E. *Dynamic Analysis of Concrete Coupled Wall Structures – A Parametric Study*. Degree of Master of Engineering in Civil and Environmental Engineering – Massachusetts Institute of Technology. USA, 2005.
4. Blondet, M. *Construcción y Mantenimiento de Viviendas de Albañilería – Para albañiles y maestros de obra*. SENCICO – PUCP. Perú, 2005.
5. Carrión P., L. E., Dünner D., R. A. *Análisis y Diseño Sísmico de Chimeneas Industriales*. Memoria para obtener el Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles – Universidad Central de Chile. Chile, 1999.
6. Chopra, A. K. *Dynamics of Structures*. Prentice Hall. USA, 1995.
7. Computers and Structures, Inc. *ETABS Non Linear Version 8.4.8*. USA, 2002.
8. Escobar, J. A., Mendoza, A., Gómez, R. *Diseño Simplificado por Torsión Sísmica Estática*. Revista de Ingeniería Sísmica – Número 70. México, 2004.
9. Fernández-Dávila, V. I., Cruz, E. F. *Estudio Paramétrico de la Respuesta Sísmica No Lineal de Modelos Tridimensionales de Edificios*. XXXI Jornadas Sud-Americanas de Ingeniería Estructural. Argentina, 2004.
10. Flores S., A. P. *Estudio de la Densidad de Muros de Corte para el Control de Desplazamientos en Edificios de Concreto Armado*. Tesis de Grado – Universidad Nacional de Ingeniería. Perú, 2008.
11. Hejal, R., Chopra, A. K. *Earthquake Response of Torsionally-Coupled Buildings*. Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley. USA, 1987.
12. Kan, C. L., Chopra, A. K. *Coupled Lateral Torsional Response of Buildings to Ground Shaking*. Earthquake Engineering Research Center, University of California Berkeley. USA, 1976.

13. Laucata L., J. *Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de Ladrillo de Arcilla en la Ciudad de Trujillo – Fichas de Encuestas*. SENCICO. Perú, 2003.
14. Lobos U., D. A. *Efectos de Excitaciones Sísmicas Bi-Direccionales con Ángulos de Incidencia Variables Sobre Edificios de Un Piso*. Memoria para Optar al Título de Ingeniero Civil – Universidad Nacional Andrés Bello. Chile, 2001.
15. Miranda, E. *Simplified Building Response Analysis for Rapid Seismic Performance Evaluation of Existing Buildings*. International Symposium on Earthquake Engineering Commemorating Tenth Anniversary of the 1995 Kobe Earthquake. Japan, 2005.
16. Muñoz, M. *Análisis y Diseño Sísmico de Estanques Elevados*. Memoria para obtener el Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles – Universidad Central de Chile. Chile, 2001.
17. NTS. *Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo*. Gaceta Oficial, Gobierno del Distrito Federal. México, 2004.
18. Oficina de Investigación y Normalización. *Normas de Diseño Sismo-resistente RNC-77*. Ministerio de Vivienda y Construcción. Perú, 1977.
19. Oliva A., F. A., Zuñiga V., O. S. *Efecto de la Incorporación de la Componente Vertical del Sismo en el Comportamiento Elástico de Edificios Tridimensionales*. Memoria para Obtener el Título de Ingeniero Civil en Obras Civiles – Universidad de Santiago de Chile. Chile, 2003.
20. Paz, M., Leigh, W. *Structural Dynamics: Theory and Computation*. Springer. USA, 2004.
21. Proaño, R., Zavala, C. *Estimación de la Respuesta Sísmica de Estructuras en Base a Sistemas de 1 Grado de Libertad para el Cálculo de la Vulnerabilidad Sísmica*. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Perú, 2003.
22. Ruiz G., J. *Evaluación de la Fragilidad Basada en Distorsión Lateral para Muros de Mampostería Confinada*. Revista de Ingeniería Sísmica – Número 80. México, 2009.
23. San Bartolomé, A. *Construcciones de Albañilería – Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural*. Pontificia Universidad Católica del Perú – Fondo Editorial. Perú, 2001.

24. San Bartolomé, A. *Comentarios a la Norma Técnica de Edificación E.070 Albañilería*. SENCICO. Perú, 2008.
25. SENCICO. *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.070 Albañilería*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú, 2006.
26. SENCICO. *Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú, 2003.
27. Sirumbal Z., L. F. *Propuesta de una Configuración Estructural Resistente a Movimientos Sísmicos Severos para Viviendas Típicas de Autoconstrucción*. Boletín del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería – Año 1, Número 02. Perú, 2009.
28. Sirumbal Z., L. F. *Comportamiento Sísmico de Edificaciones de Albañilería Confinada de Baja Altura*. Boletín del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería – Año 3, Número 05. Perú, 2011.
29. Sirumbal Z., L. F., Fernández-Dávila, V. I. *Análisis Paramétrico de Viviendas de Albañilería Confinada de Un Piso*. XVII Congreso Nacional de Ingeniería Civil. Perú, 2009.
30. Sirumbal Z., L. F., Fernández-Dávila, V. I. *Comportamiento Sísmico de Edificaciones de Albañilería Confinada de Baja Altura*. XXXIV Jornadas Sud-Americanas de Ingeniería Estructural. Argentina, 2010.
31. Valdiviezo M., C. *Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de Ladrillo de Arcilla en la Ciudad de Ica – Segundo Informe*. SENCICO. Perú, 2003.
32. Valdiviezo M., C. *Estudio de Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Autoconstruidas de Ladrillo de Arcilla en la Ciudad de Ica – Informe Final*. SENCICO. Perú, 2003.
33. Wilson, E. L. *Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures*. Computers and Structures, Inc. USA, 2002.

## ANEXOS

<b>ANEXO A: ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS</b>	<b>190</b>
A.1. PLANOS ARQUITECTÓNICOS	190
A.2. PLANOS ESTRUCTURALES Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS MUROS DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	195
A.3. MODELOS ESTRUCTURALES 3D EN ETABS	204
A.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO EN ETABS	207
<b>ANEXO B: DEFINICIÓN DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS Y DEL MODELO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL PARAMÉTRICO</b>	<b>214</b>
B.1. COMBINACIONES DE LOS VALORES PARAMÉTRICOS	214
B.2. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, INERCIALES Y ESTRUCTURALES DE LOS METP'S DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS	217
B.3. PROPIEDADES ESTRUCTURALES DE LOS MUROS DE LOS METP'S Y VALIDEZ DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS	233
B.4. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS MUROS DE LOS METP'S DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES	248
<b>ANEXO C: MODELOS ESTRUCTURALES TRIDIMENSIONALES PARAMÉTRICOS GENÉRICOS</b>	<b>258</b>
<b>ANEXO D: RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES</b>	<b>261</b>
D.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES TIPO F1	261
D.2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES TIPO F2	281
<b>ANEXO E: ANÁLISIS COMPLEMENTARIO DE RESULTADOS</b>	<b>300</b>
E.1. VARIACIÓN PORCENTUAL ENTRE LOS VPA Y LOS VPD DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES TIPO F1	300
E.2. VARIACIÓN PORCENTUAL ENTRE LOS VPA Y LOS VPD DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES TIPO F2	306

E.3. INFLUENCIA DE LA EXCENTRICIDAD ESTÁTICA NORMALIZADA EN LA RELACIÓN ENTRE EL PERIODO DE VIBRACIÓN TRASLACIONAL ACOPLADO Y LA DENSIDAD DE MUROS	311
E.4. RELACIÓN ENTRE LA RAZÓN DE FRECUENCIAS DE VIBRACIÓN TRASLACIONAL ACOPLADAS Y LA RAZÓN DE DENSIDADES DE MUROS EN LAS DIRECCIONES DE LOS EJES X y Y	314
E.5. DESPLAZAMIENTO TRASLACIONAL DEL CM EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Y A LO LARGO DE LA ALTURA DE LA EDIFICACIÓN	317
E.6. RAZÓN ENTRE LA ACELERACIÓN TRASLACIONAL DEL CM EN LA DIRECCIÓN DEL EJE Y LA ACELERACIÓN ESPECTRAL	319
<b>ANEXO F: EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS SÍSMICO EN UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE DOS PISOS</b>	<b>320</b>
F.1. DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA ANALIZADA	320
F.2. DESCRIPCIÓN DEL MSAS IMPLEMENTADO EN UNA HOJA DE CÁLCULO	321
F.3. APLICACIÓN DEL MSAS MEDIANTE UNA HOJA DE CÁLCULO	322



## ANEXO A

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD: CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS VIVIENDAS ESTUDIADAS

#### A.1. Planos arquitectónicos

Las Figs. A.1 a A.10 muestran los planos de arquitectura de las plantas típicas de las diez viviendas reales de albañilería confinada de dos pisos (Valdiviezo, 2003) que se utilizaron para realizar el análisis de sensibilidad (Capítulo II). Las Figs. A.1 a A.5 corresponden a las viviendas de la familia F1, mientras que las Figs. A.6 a A.10 corresponden a las viviendas de la familia F2.

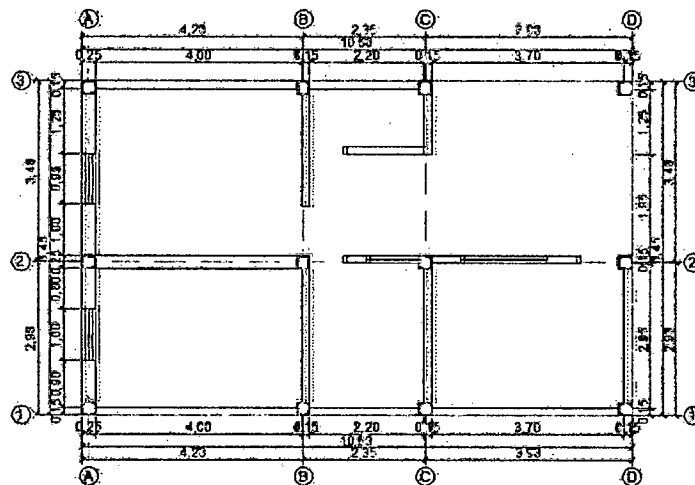


Figura A.1: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV2.

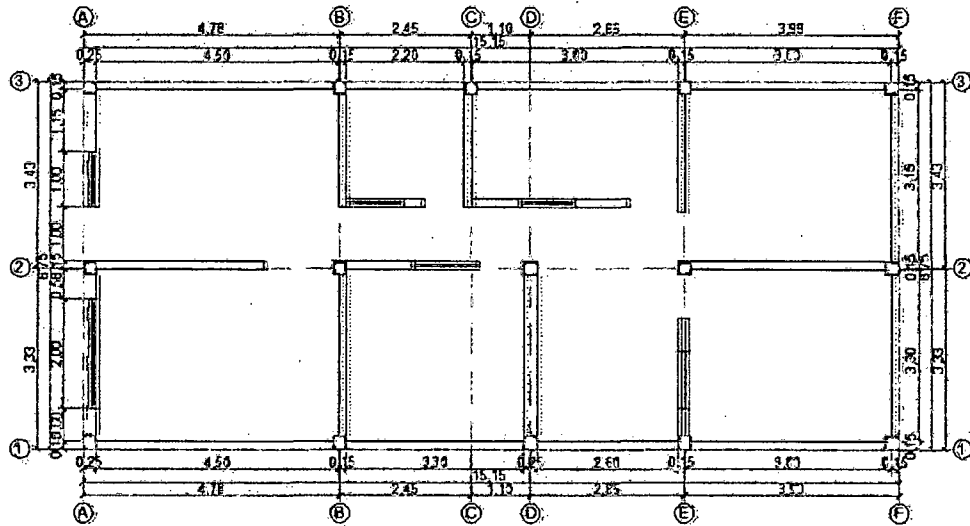


Figura A.2: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV3.

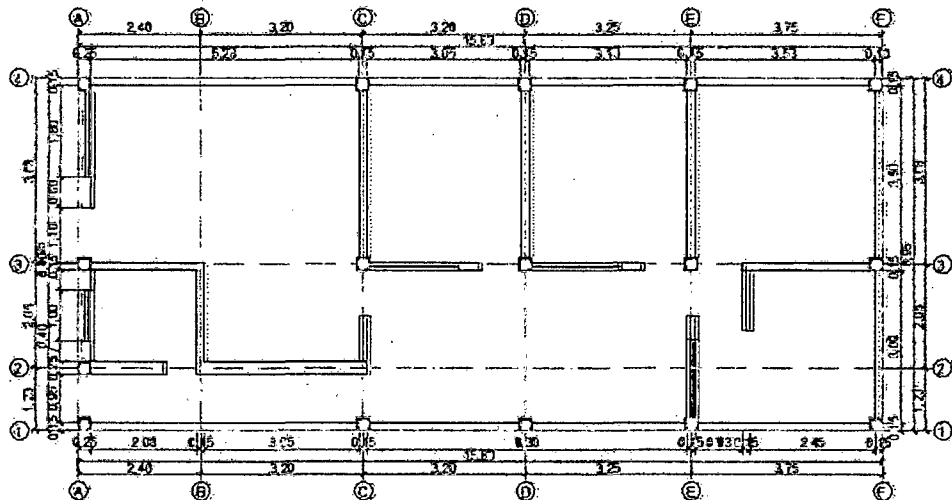


Figura A.3: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV4.

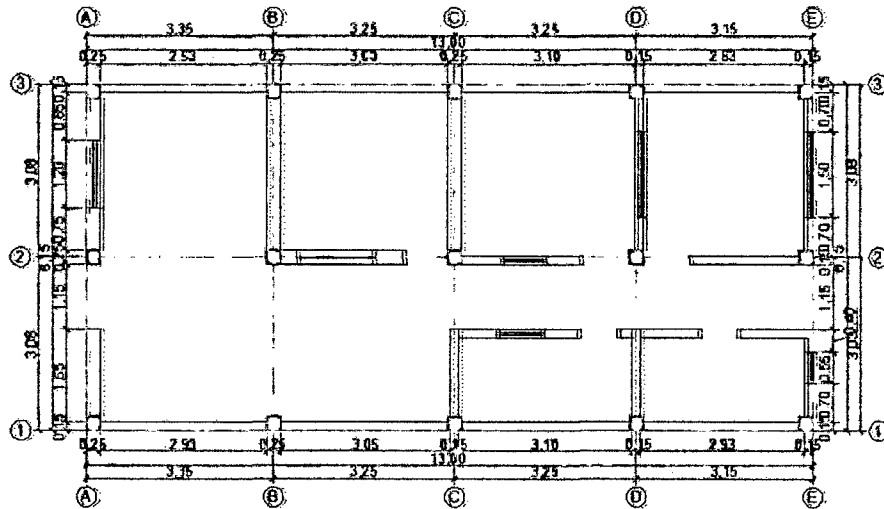


Figura A.4: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV5.

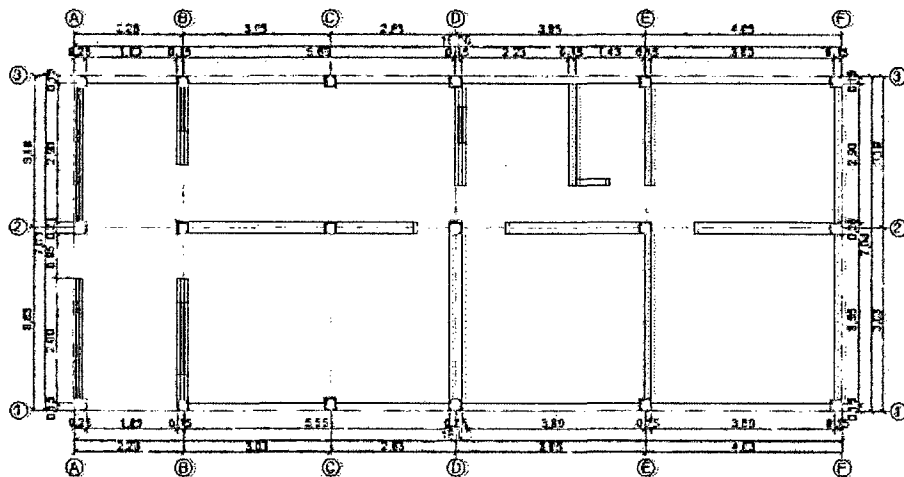


Figura A.5: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV9.

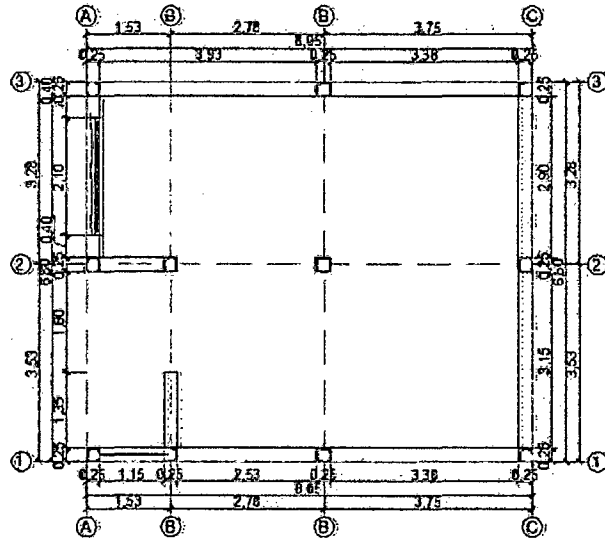


Figura A.6: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV6.

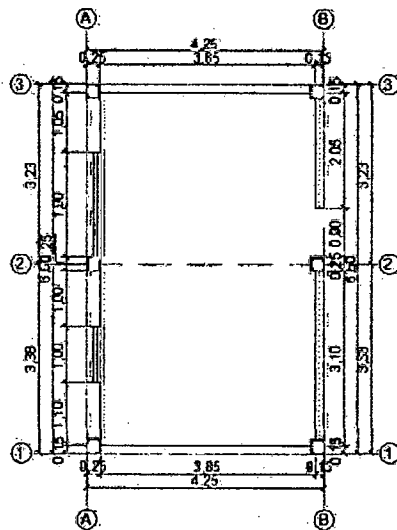


Figura A.7: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV7.

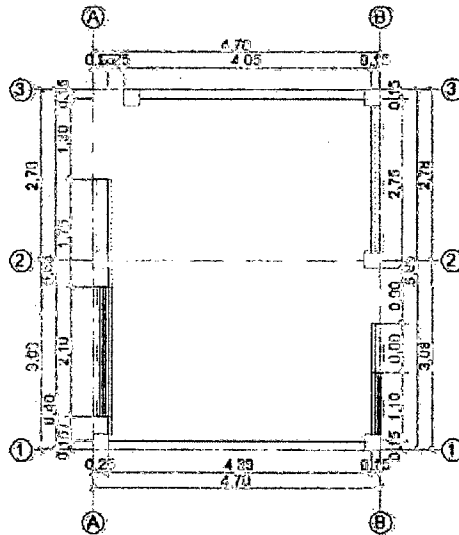


Figura A.8: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV12.

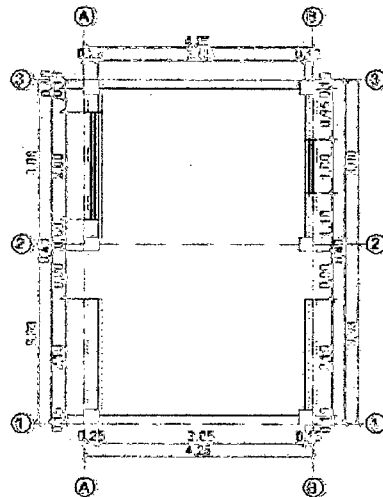


Figura A.9: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda TV14.

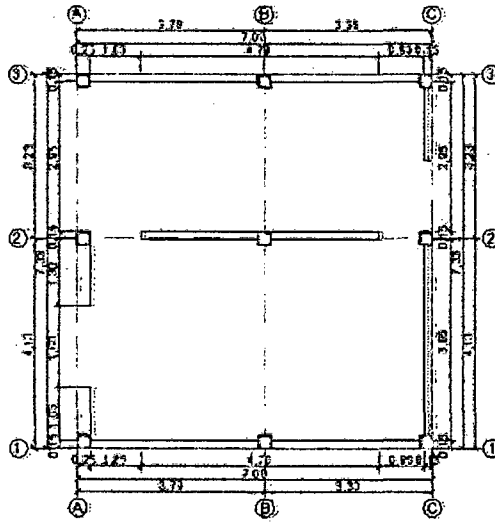


Figura A.10: Plano de arquitectura de la planta típica de la Vivienda AHSL24.

## A.2. Planos estructurales y características geométricas de los muros de albañilería confinada

Los Cuadros A.1 a A.10 indican las características geométricas (L, t) de los muros estructurales de las diez viviendas estudiadas, y sus ubicaciones con respecto a la esquina inferior izquierda de la planta de la edificación. Los Cuadros A.1 a A.5 corresponden a las viviendas de la familia F1, mientras que los Cuadros A.6 a A.10 corresponden a las viviendas de la familia F2.

Por otro lado, las Figs. A.11 a A.20 muestran los planos de estructuras de las plantas típicas de las diez viviendas reales de albañilería confinada de dos pisos que se utilizaron para realizar el análisis de sensibilidad (Capítulo II). Los elementos estructurales resistentes que se muestran en estos planos son los muros de albañilería confinada, únicamente.

Las Figs. A.11 a A.15 corresponden a las viviendas de la familia F1, mientras que las Figs. A.16 a A.20 corresponden a las viviendas de la familia F2.

Cuadro A.1: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV2.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	10.60	0.15	5.30	0.00	Y1	4.50	0.25	0.00	3.32
X2	4.40	0.25	2.20	3.10	Y2	5.50	0.15	4.40	3.16
X3	6.75	0.15	3.38	6.45	Y3	3.10	0.15	6.75	1.55
--	--	--	--	--	Y4	1.40	0.15	6.75	5.75
--	--	--	--	--	Y5	3.10	0.15	10.60	1.55

(--) No existe información.

Cuadro A.2: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV3.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	15.15	0.15	7.58	0.00	Y1	1.30	0.25	0.00	6.10
X2	3.35	0.15	1.68	3.45	Y2	5.75	0.15	4.75	3.28
X3	4.10	0.15	13.10	3.45	Y3	2.30	0.15	7.10	5.60
X4	15.15	0.15	7.58	6.75	Y4	3.45	0.25	8.20	1.73
--	--	--	--	--	Y5	2.30	0.15	11.05	5.60
--	--	--	--	--	Y6	6.75	0.15	15.15	3.38

(--) No existe información.

Cuadro A.3: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV4.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	15.80	0.15	7.90	0.00	Y1	1.95	0.15	2.25	2.43
X2	3.35	0.25	3.93	1.45	Y2	3.55	0.15	5.60	5.18
X3	2.25	0.15	1.13	3.40	Y3	3.55	0.15	8.80	5.18
X4	2.75	0.15	14.43	3.40	Y4	3.55	0.15	12.05	5.18
X5	15.80	0.15	7.90	6.95	Y5	6.95	0.15	15.80	3.48

Cuadro A.4: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV5.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	13.00	0.15	6.50	0.00	Y1	1.80	0.25	0.00	0.90
X2	2.20	0.15	11.90	2.95	Y2	3.20	0.25	3.35	4.55
X3	13.00	0.15	6.50	6.15	Y3	1.80	0.15	6.60	0.90
X4	--	--	--	--	Y4	3.20	0.25	6.60	4.55
X5	--	--	--	--	Y5	1.80	0.15	9.85	0.90

(--) No existe información.

Cuadro A.5: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV9.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	13.85	0.15	9.08	0.00	Y1	3.95	0.25	8.20	1.98
X2	5.30	0.25	4.80	3.95	Y2	2.30	0.15	10.40	5.85
X3	6.10	0.25	12.55	3.95	Y3	6.25	0.15	12.15	3.40
X4	16.00	0.15	8.00	7.00	Y4	7.00	0.15	16.00	3.50

Cuadro A.6: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV6.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	6.65	0.25	4.73	0.00	Y1	1.60	0.25	1.40	0.80
X2	1.40	0.25	0.70	3.65	Y2	6.80	0.25	8.05	3.40
X3	8.05	0.25	4.03	6.80	--	--	--	--	--

(--) No existe información.

Cuadro A.7: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV7.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	4.25	0.15	2.13	0.00	Y1	1.20	0.25	0.00	0.60
X2	4.25	0.15	2.13	6.60	Y2	2.50	0.25	0.00	4.98
--	--	--	--	--	Y3	5.45	0.15	4.25	3.41

(--) No existe información.



Cuadro A.8: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV12.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	4.70	0.15	2.35	0.00	Y1	1.75	0.25	0.00	3.53
X2	4.20	0.15	2.60	5.85	Y2	2.90	0.15	4.70	4.40

Cuadro A.9: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda TV14.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	4.25	0.15	2.13	0.00	Y1	2.30	0.25	0.00	1.15
X2	4.25	0.15	2.13	6.40	Y2	2.20	0.15	4.25	4.80
--	--	--	--	--	Y3	2.30	0.15	4.25	1.15

(--) No existe información.

Cuadro A.10: Características geométricas y ubicación de los muros. Vivienda AHSL24.

Muros en la dirección del eje X					Muros en la dirección del eje Y				
ID	L (m)	t (m)	Ubicación		ID	L (m)	t (m)	Ubicación	
			X (m)	Y (m)				X (m)	Y (m)
X1	7.00	0.15	3.50	0.00	Y1	1.20	0.25	0.00	0.60
X2	4.60	0.15	3.50	4.05	Y2	1.45	0.25	0.00	3.33
X3	7.00	0.15	3.50	7.35	Y3	5.95	0.15	7.00	3.42

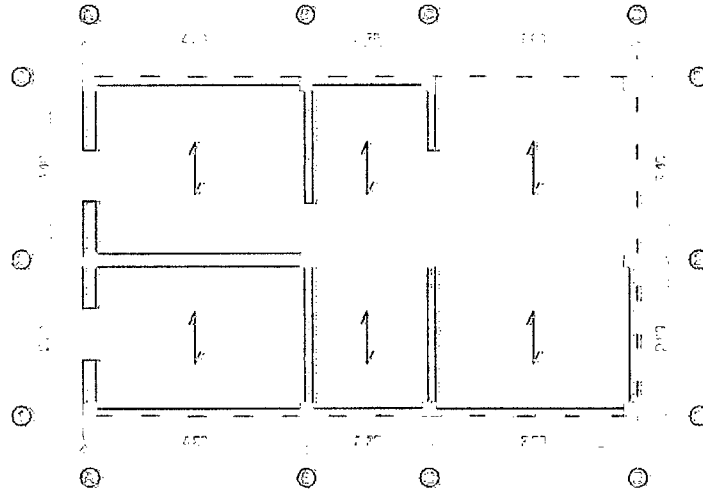


Figura A.11: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV2.

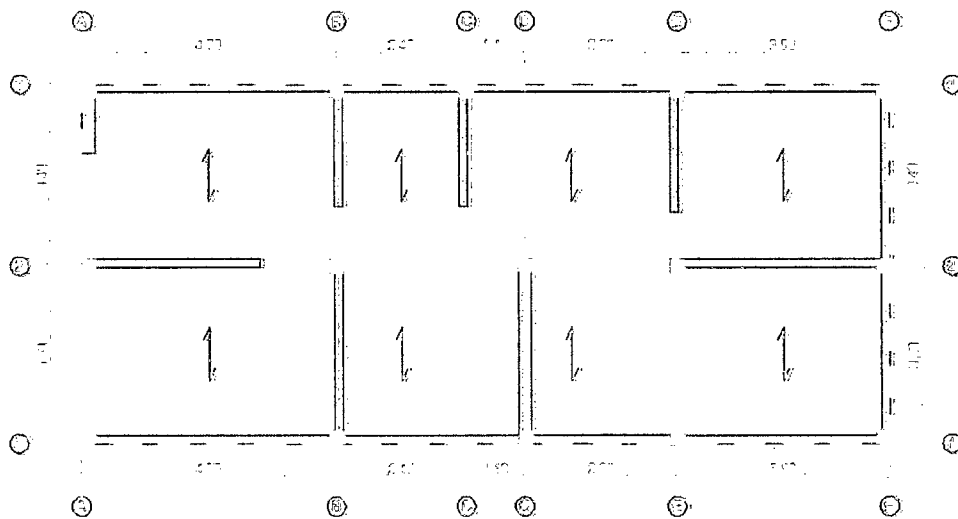


Figura A.12: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV3.

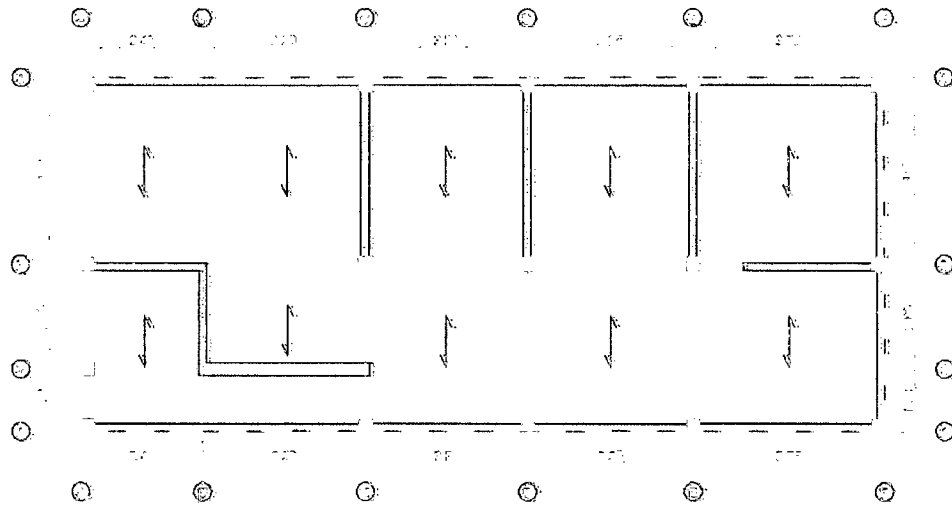


Figura A.13: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV4.

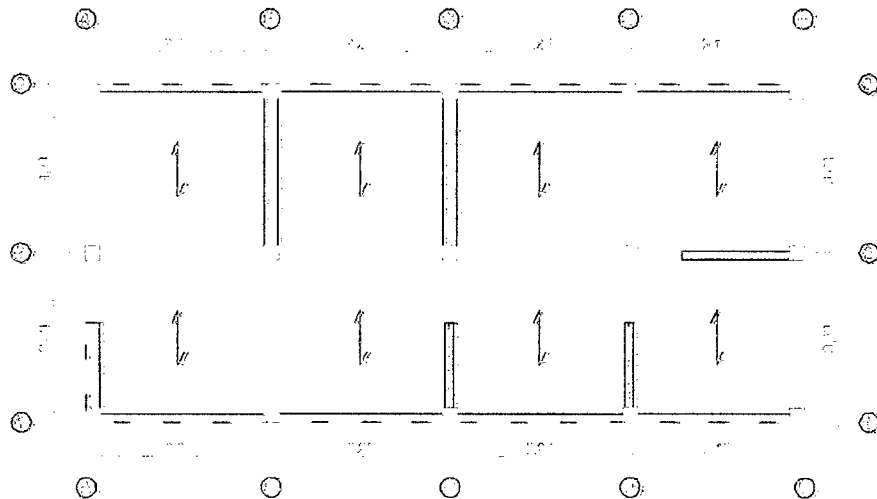


Figura A.14: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV5.

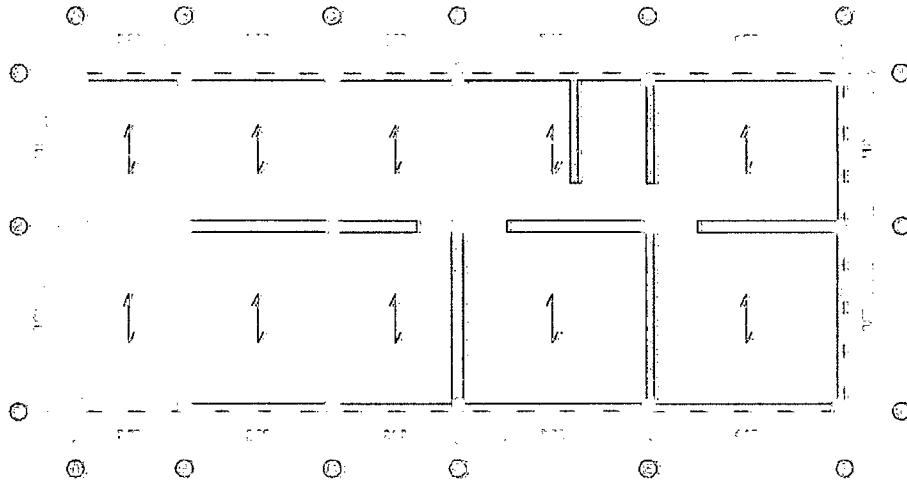


Figura A.15: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV9.

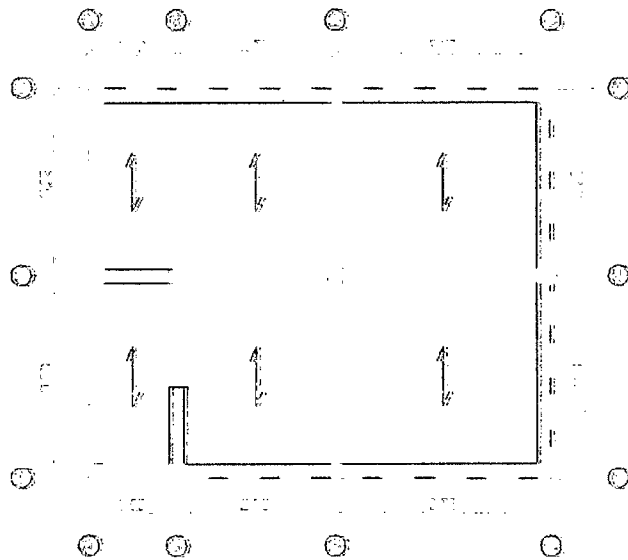


Figura A.16: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV6.

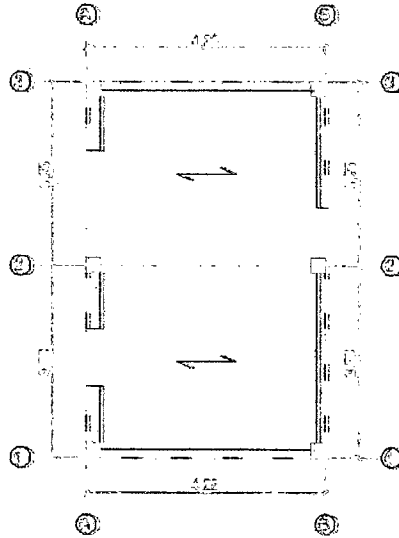


Figura A.17: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV7.

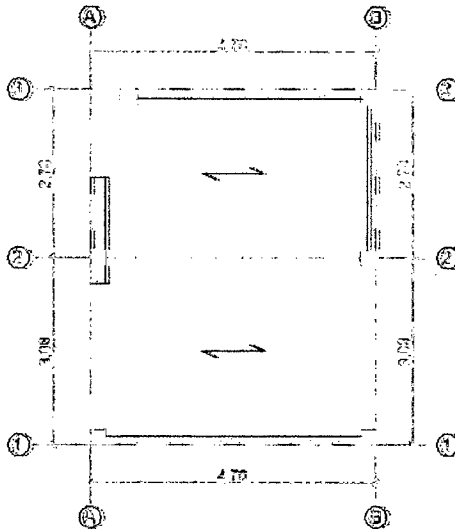


Figura A.18: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV12.

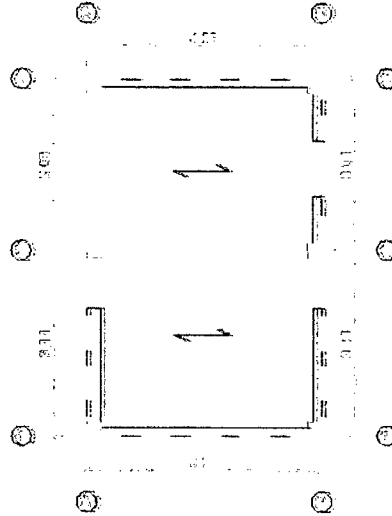


Figura A.19: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda TV14.

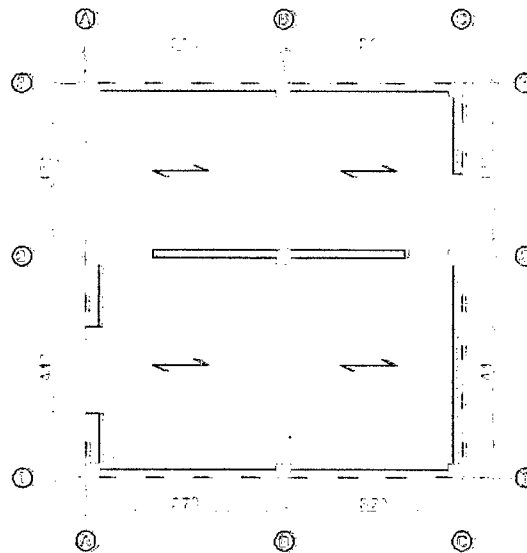


Figura A.20: Plano de estructuras de la planta típica de la Vivienda AHSL24.

### A.3. Modelos estructurales 3D en ETABS

Las Figs. A.21 a A.30 muestran los modelos estructurales 3D de las diez viviendas reales de albañilería confinada de dos pisos, elaborados en el programa de cómputo ETABS (Computers and Structures, 2002). Las Figs. A.21 a A.25 corresponden a las viviendas de la familia F1, mientras que las Figs. A.26 a A.30 corresponden a las viviendas de la familia F2.



Figura A.21: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV2.

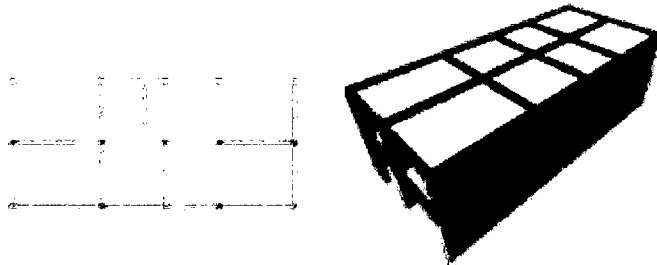


Figura A.22: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV3.

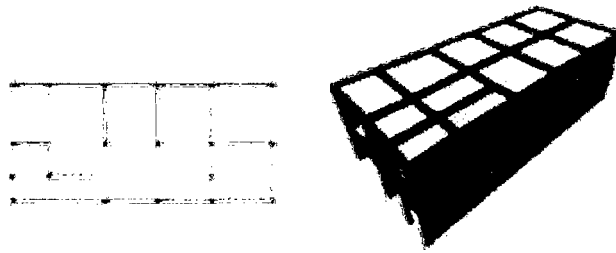


Figura A.23: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV4.

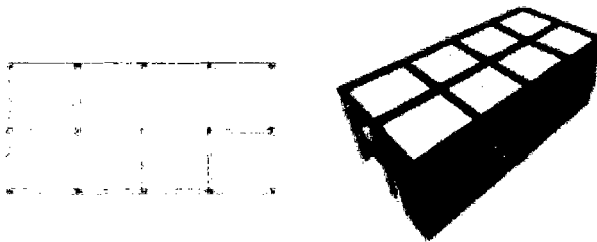


Figura A.24: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV5.

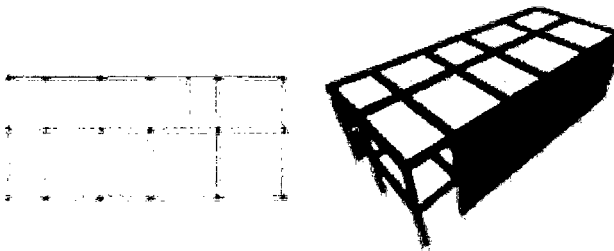


Figura A.25: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV9.



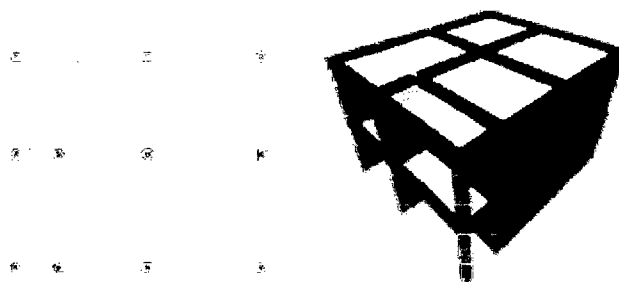


Figura A.26: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV6.

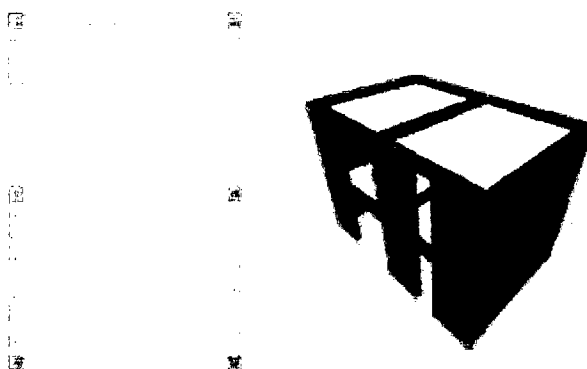


Figura A.27: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV7.

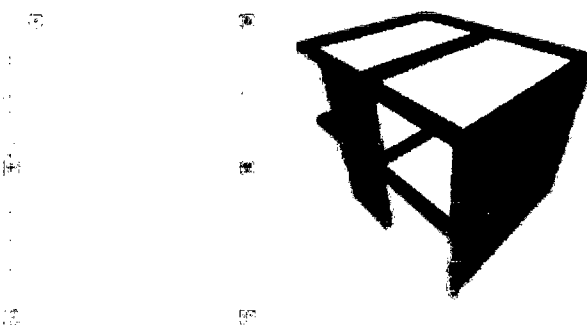


Figura A.28: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV12.

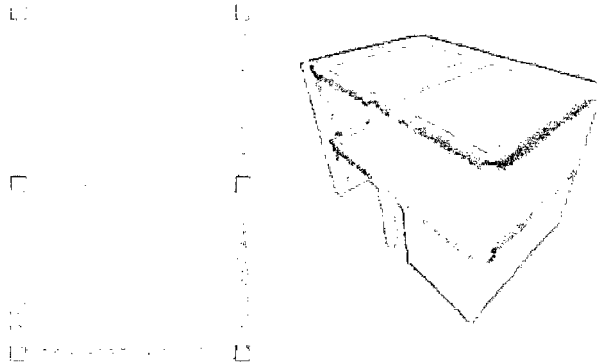


Figura A.29: Modelo estructural 3D de la Vivienda TV14.



Figura A.30: Modelo estructural 3D de la Vivienda AHSL24.

#### A.4. Resultados del análisis sísmico en ETABS

Los Cuadros A.11 a A.22 muestran los resultados del análisis sísmico modal-espectral realizado en las diez viviendas estudiadas en el análisis de sensibilidad (Capítulo II), según lo estipulado en la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente (SENCICO, 2003) y en la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006).

Cuadro A.11: Análisis de sensibilidad. Propiedades inerciales.

VIVIENDA	$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$r$ (m)
TV2	7.146	4.596	4.20
TV3	10.005	6.495	5.38
TV4	10.702	7.007	5.59
TV5	7.808	5.112	4.64
TV9	11.387	7.344	5.45
TV6	6.148	3.904	3.90
TV7	3.013	1.941	3.23
TV12	2.643	1.750	3.12
TV14	2.773	1.809	3.18
AHSL24	4.966	3.252	3.76

Cuadro A.12: Análisis de sensibilidad. Ubicaciones del CM y del CR.

VIVIENDA	CM				CR			
	$x_{CM1}$ (m)	$x_{CM2}$ (m)	$y_{CM1}$ (m)	$y_{CM2}$ (m)	$x_{CR1}$ (m)	$x_{CR2}$ (m)	$y_{CR1}$ (m)	$y_{CR2}$ (m)
TV2	4.803	4.917	3.042	3.081	5.216	5.705	2.636	2.476
TV3	7.793	7.749	3.418	3.409	9.377	10.170	3.426	3.452
TV4	8.023	7.954	3.477	3.467	10.705	11.255	3.171	3.128
TV5	6.368	6.401	3.078	3.076	4.950	4.953	3.037	2.987
TV9	8.610	8.453	3.576	3.564	12.006	12.547	3.816	3.809
TV6	4.391	4.304	3.395	3.392	7.274	8.205	3.638	3.589
TV7	2.095	2.101	3.345	3.336	2.646	3.249	3.320	3.376
TV12	2.378	2.370	3.030	3.007	3.312	4.168	2.803	2.836
TV14	2.156	2.148	3.004	3.050	2.182	2.295	3.089	2.908
AHSL24	3.574	3.559	3.606	3.626	5.052	6.104	3.688	3.595

Cuadro A.13: Análisis de sensibilidad. Periodos correspondientes a los seis modos de vibración.

VIVIENDA	T (s)					
	1° modo	2° modo	3° modo	4° modo	5° modo	6° modo
TV2	0.08761	0.06765	0.05823	0.03179	0.02641	0.02337
TV3	0.08906	0.05892	0.05595	0.03320	0.02375	0.02252
TV4	0.10003	0.05883	0.05645	0.03857	0.02375	0.02258
TV5	0.09868	0.06999	0.05708	0.03669	0.02689	0.02292
TV9	0.11718	0.06026	0.05591	0.04490	0.02415	0.02227
TV6	0.10452	0.05629	0.04568	0.03861	0.02233	0.01862
TV7	0.08121	0.06590	0.05236	0.02835	0.02605	0.02086
TV12	0.10518	0.06191	0.05610	0.03600	0.02431	0.02194
TV14	0.09561	0.06462	0.05556	0.03240	0.02538	0.02180
AHSL24	0.11036	0.06027	0.05404	0.03848	0.02376	0.02151

Cuadro A.14: Análisis de sensibilidad. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.

VIVIENDA	1° modo			2° modo			3° modo		
	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
TV2	0.225	3.141	-2.787	-1.683	0.761	11.573	2.853	0.194	7.073
TV3	0.025	-3.490	8.896	-0.141	-1.650	-19.252	3.946	-0.037	-0.738
TV4	-0.241	-3.604	10.132	-1.792	1.712	18.090	-3.656	-0.574	-9.573
TV5	-0.005	3.127	6.387	0.195	1.303	-14.711	-3.486	0.068	-0.880
TV9	0.113	-3.474	12.677	1.440	2.079	17.969	-3.928	0.664	6.904
TV6	-0.062	2.738	-4.927	3.032	0.210	1.363	0.398	-1.272	-10.822
TV7	0.058	2.021	1.585	-2.145	0.047	0.191	0.050	-0.521	6.750
TV12	0.153	1.893	-1.436	1.993	-0.229	-0.639	0.250	0.482	6.077
TV14	-0.104	-1.989	0.127	-2.054	0.113	0.426	-0.136	-0.038	-6.529
AHSL24	-0.008	2.614	-2.277	-2.765	-0.009	0.040	-0.012	-0.655	-10.128

Cuadro A.15: Análisis de sensibilidad. Factores de participación modal correspondientes a los 4°, 5° y 6° modos de vibración.

VIVIENDA	4° modo			5° modo			6° modo		
	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
TV2	0.065	1.111	-0.957	-0.495	0.145	3.324	0.689	0.032	1.899
TV3	0.010	-1.184	2.740	-0.023	-0.437	-4.486	-0.955	-0.001	0.038
TV4	-0.120	-1.115	2.453	-0.388	0.441	4.252	0.953	0.144	1.975
TV5	-0.019	1.055	1.758	-0.063	-0.571	4.041	0.852	-0.022	0.151
TV9	-0.029	1.229	-2.046	-0.328	-0.604	-4.132	-1.052	0.146	1.350
TV6	0.023	0.906	-1.955	0.824	0.064	0.273	0.128	-0.265	-2.399
TV7	0.025	0.763	0.625	0.589	-0.016	-0.083	0.113	0.010	-1.769
TV12	-0.075	-0.719	0.733	-0.553	0.037	0.273	0.149	0.083	1.702
TV14	0.043	0.781	-0.098	0.575	-0.023	-0.092	0.045	-0.004	-1.827
AHSL24	-0.006	0.968	-1.159	-0.754	-0.004	-0.061	0.074	-0.131	-2.643

Cuadro A.16: Análisis de sensibilidad. Porcentajes de masa participativa correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.

VIVIENDA	1° modo			2° modo			3° modo		
	$p_{UX}$ (%)	$p_{UY}$ (%)	$p_{RZ}$ (%)	$p_{UX}$ (%)	$p_{UY}$ (%)	$p_{RZ}$ (%)	$p_{UX}$ (%)	$p_{UY}$ (%)	$p_{RZ}$ (%)
TV2	0.43	84.04	3.75	24.11	4.93	64.61	69.30	0.32	24.14
TV3	0.00	73.83	16.56	0.12	16.51	77.55	94.35	0.01	0.11
TV4	0.33	73.36	18.68	18.14	16.55	59.55	75.47	1.86	16.68
TV5	0.00	75.68	14.71	0.29	13.14	78.01	94.06	0.04	0.28
TV9	0.07	64.44	28.99	11.07	23.08	58.25	82.37	2.36	8.60
TV6	0.04	74.57	15.88	91.47	0.44	1.22	1.57	16.09	76.59
TV7	0.07	82.48	4.87	92.88	0.05	0.07	0.05	5.47	88.23
TV12	0.53	81.58	4.81	90.46	1.19	0.95	1.42	5.28	86.06
TV14	0.24	86.36	0.03	92.07	0.28	0.39	0.40	0.03	92.31
AHSL24	0.00	83.15	4.47	93.01	0.00	0.00	0.00	5.22	88.35

Cuadro A.17: Análisis de sensibilidad. Porcentajes de masa participativa correspondientes a los 4°, 5° y 6° modos de vibración.

VIVIENDA	4° modo			5° modo			6° modo		
	P <sub>UX</sub> (%)	P <sub>UY</sub> (%)	P <sub>RZ</sub> (%)	P <sub>UX</sub> (%)	P <sub>UY</sub> (%)	P <sub>RZ</sub> (%)	P <sub>UX</sub> (%)	P <sub>UY</sub> (%)	P <sub>RZ</sub> (%)
TV2	0.04	10.52	0.44	2.09	0.18	5.33	4.04	0.01	1.74
TV3	0.00	8.50	1.57	0.00	1.16	4.21	5.53	0.00	0.00
TV4	0.08	7.02	1.09	0.85	1.10	3.29	5.13	0.12	0.71
TV5	0.00	8.61	1.11	0.03	2.53	5.88	5.62	0.00	0.01
TV9	0.00	8.06	0.76	0.57	1.95	3.08	5.91	0.11	0.33
TV6	0.01	8.16	2.50	6.75	0.04	0.05	0.16	0.70	3.76
TV7	0.01	11.74	0.76	6.99	0.01	0.01	0.00	0.26	6.06
TV12	0.13	11.76	1.25	6.95	0.03	0.17	0.51	0.16	6.75
TV14	0.04	13.32	0.02	7.21	0.01	0.02	0.04	0.00	7.23
AHSL24	0.00	11.41	1.16	6.92	0.00	0.00	0.07	0.21	6.02

Cuadro A.18: Análisis de sensibilidad. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje X.

VIVIENDA	U <sub>x1</sub> (m)	U <sub>x2</sub> (m)	U <sub>y1</sub> (m)	U <sub>y2</sub> (m)	θ <sub>z1</sub> (rad)	θ <sub>z2</sub> (rad)
TV2	0.00045	0.00090	0.00000	0.00045	0.000090	0.000180
TV3	0.00045	0.00090	0.00000	0.00000	0.000000	0.000000
TV4	0.00045	0.00090	0.00000	0.00000	0.000045	0.000045
TV5	0.00045	0.00090	0.00000	0.00000	0.000000	0.000000
TV9	0.00045	0.00090	0.00000	0.00000	0.000045	0.000045
TV6	0.00045	0.00090	0.00000	0.00000	0.000000	0.000045
TV7	0.00090	0.00135	0.00000	0.00000	0.000000	0.000000
TV12	0.00090	0.00135	0.00000	0.00045	0.000045	0.000045
TV14	0.00090	0.00135	0.00000	0.00000	0.000000	0.000045
AHSL24	0.00090	0.00135	0.00000	0.00000	0.000000	0.000000

Cuadro A.19: Análisis de sensibilidad. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y.

VIVIENDA	$U_{x1}$ (m)	$U_{x2}$ (m)	$U_{y1}$ (m)	$U_{y2}$ (m)	$\theta_{z1}$ (rad)	$\theta_{z2}$ (rad)
TV2	0.00000	0.00045	0.00135	0.00225	0.000090	0.000135
TV3	0.00000	0.00000	0.00135	0.00225	0.000090	0.000180
TV4	0.00000	0.00000	0.00135	0.00270	0.000135	0.000225
TV5	0.00000	0.00000	0.00135	0.00270	0.000135	0.000270
TV9	0.00000	0.00000	0.00180	0.00315	0.000225	0.000360
TV6	0.00000	0.00000	0.00135	0.00315	0.000180	0.000360
TV7	0.00000	0.00000	0.00090	0.00225	0.000090	0.000180
TV12	0.00000	0.00045	0.00180	0.00360	0.000135	0.000270
TV14	0.00000	0.00000	0.00135	0.00315	0.000000	0.000000
AHSL24	0.00000	0.00000	0.00180	0.00405	0.000135	0.000225

Cuadro A.20: Análisis de sensibilidad. Distorsiones laterales de entrecaposo debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

VIVIENDA	EQX				EQY			
	$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{y1}/h$ (%)	$\Delta_{y2}/h$ (%)	$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{y1}/h$ (%)	$\Delta_{y2}/h$ (%)
TV2	0.0266	0.0180	0.0239	0.0171	0.0140	0.0140	0.0585	0.0603
TV3	0.0252	0.0153	0.0009	0.0005	0.0149	0.0126	0.0756	0.0698
TV4	0.0248	0.0162	0.0095	0.0059	0.0230	0.0176	0.0986	0.0779
TV5	0.0266	0.0162	0.0036	0.0027	0.0189	0.0144	0.0927	0.0815
TV9	0.0239	0.0162	0.0122	0.0077	0.0333	0.0239	0.1377	0.1080
TV6	0.0248	0.0171	0.0045	0.0032	0.0243	0.0230	0.0873	0.0851
TV7	0.0342	0.0252	0.0018	0.0018	0.0122	0.0131	0.0468	0.0527
TV12	0.0311	0.0230	0.0072	0.0077	0.0203	0.0257	0.0792	0.0932
TV14	0.0324	0.0261	0.0041	0.0041	0.0041	0.0059	0.0581	0.0689
AHSL24	0.0279	0.0207	0.0005	0.0009	0.0167	0.0194	0.0891	0.1008

Cuadro A.21: Análisis de sensibilidad. Fuerzas cortantes de entrepiso debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

VIVIENDA	EQX				EQY			
	V <sub>EX1</sub> (Tn)	V <sub>EX2</sub> (Tn)	V <sub>EY1</sub> (Tn)	V <sub>EY2</sub> (Tn)	V <sub>EX1</sub> (Tn)	V <sub>EX2</sub> (Tn)	V <sub>EY1</sub> (Tn)	V <sub>EY2</sub> (Tn)
TV2	43.18	22.48	6.18	3.38	6.18	3.38	46.00	26.18
TV3	71.50	37.08	0.76	0.42	0.76	0.44	58.26	32.82
TV4	74.36	39.14	8.58	4.56	8.58	4.54	62.12	34.08
TV5	55.80	29.12	1.44	0.90	1.44	0.78	46.40	26.46
TV9	77.30	40.80	11.16	6.48	11.16	5.88	60.34	33.18
TV6	42.38	22.38	3.44	1.92	3.44	1.84	35.64	19.70
TV7	21.14	11.28	0.66	0.36	0.66	0.36	19.02	11.08
TV12	18.42	10.02	2.28	1.16	2.28	1.26	16.68	9.88
TV14	19.42	10.48	1.38	0.76	1.38	0.78	18.34	10.88
AHSL24	35.12	18.86	0.18	0.10	0.18	0.08	31.72	18.58

Cuadro A.22: Análisis de sensibilidad. Momentos de torsión en planta de entrepiso debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

VIVIENDA	EQX		EQY	
	M <sub>EZX1</sub> (Tn·m)	M <sub>EZX2</sub> (Tn·m)	M <sub>EZY1</sub> (Tn·m)	M <sub>EZY2</sub> (Tn·m)
TV2	100.68	52.28	70.64	49.95
TV3	7.82	3.38	257.04	164.11
TV4	65.97	31.77	347.84	206.54
TV5	13.91	6.29	167.87	93.87
TV9	62.21	23.55	402.72	237.86
TV6	22.76	8.50	164.86	111.87
TV7	2.05	1.86	28.86	22.35
TV12	7.76	4.01	30.85	26.12
TV14	4.04	3.62	1.92	2.40
AHSL24	2.73	1.47	78.47	45.98



## ANEXO B

### DEFINICIÓN DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS Y DEL MODELO ESTRUCTURAL TRIDIMENSIONAL PARAMÉTRICO

#### B.1. Combinaciones de los valores paramétricos

A partir de la información mostrada en los Cuadros 3.1 y 3.2, los Cuadros B.1 y B.2 muestran, a manera de ejemplo, las combinaciones de los valores paramétricos ( $\kappa$ ,  $T_y$ ,  $\omega_x/\omega_y$ ,  $\Omega$  y  $e_x/r$ ) asociados a las identificaciones (ID) de algunos casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente.

Cuadro B.1: Ejemplos de combinaciones de los valores paramétricos. Casos paramétricos tipo F1.

Caso	ID	$\kappa$	$T_y$ (s)	$\omega_x/\omega_y$	$\Omega$	$e_x/r$
31	F1- 1 2 1 2 1	1.50	0.10	1.50	1.80	0.00
32	F1- 1 2 1 2 2	1.50	0.10	1.50	1.80	0.30
33	F1- 1 2 1 2 3	1.50	0.10	1.50	1.80	0.60
34	F1- 1 2 1 3 1	1.50	0.10	1.50	2.00	0.00
35	F1- 1 2 1 3 2	1.50	0.10	1.50	2.00	0.30
36	F1- 1 2 1 3 3	1.50	0.10	1.50	2.00	0.60
37	F1- 1 2 2 1 1	1.50	0.10	1.65	1.60	0.00
38	F1- 1 2 2 1 2	1.50	0.10	1.65	1.60	0.30
39	F1- 1 2 2 1 3	1.50	0.10	1.65	1.60	0.60
40	F1- 1 2 2 2 1	1.50	0.10	1.65	1.80	0.00
41	F1- 1 2 2 2 2	1.50	0.10	1.65	1.80	0.30
42	F1- 1 2 2 2 3	1.50	0.10	1.65	1.80	0.60
43	F1- 1 2 2 3 1	1.50	0.10	1.65	2.00	0.00
44	F1- 1 2 2 3 2	1.50	0.10	1.65	2.00	0.30
45	F1- 1 2 2 3 3	1.50	0.10	1.65	2.00	0.60
46	F1- 1 2 3 1 1	1.50	0.10	1.80	1.60	0.00
47	F1- 1 2 3 1 2	1.50	0.10	1.80	1.60	0.30
48	F1- 1 2 3 1 3	1.50	0.10	1.80	1.60	0.60
49	F1- 1 2 3 2 1	1.50	0.10	1.80	1.80	0.00
50	F1- 1 2 3 2 2	1.50	0.10	1.80	1.80	0.30
51	F1- 1 2 3 2 3	1.50	0.10	1.80	1.80	0.60
52	F1- 1 2 3 3 1	1.50	0.10	1.80	2.00	0.00
53	F1- 1 2 3 3 2	1.50	0.10	1.80	2.00	0.30
54	F1- 1 2 3 3 3	1.50	0.10	1.80	2.00	0.60
55	F1- 1 3 1 1 1	1.50	0.11	1.50	1.60	0.00
56	F1- 1 3 1 1 2	1.50	0.11	1.50	1.60	0.30
57	F1- 1 3 1 1 3	1.50	0.11	1.50	1.60	0.60
58	F1- 1 3 1 2 1	1.50	0.11	1.50	1.80	0.00
59	F1- 1 3 1 2 2	1.50	0.11	1.50	1.80	0.30
60	F1- 1 3 1 2 3	1.50	0.11	1.50	1.80	0.60
61	F1- 1 3 1 3 1	1.50	0.11	1.50	2.00	0.00
62	F1- 1 3 1 3 2	1.50	0.11	1.50	2.00	0.30
63	F1- 1 3 1 3 3	1.50	0.11	1.50	2.00	0.60
64	F1- 1 3 2 1 1	1.50	0.11	1.65	1.60	0.00
65	F1- 1 3 2 1 2	1.50	0.11	1.65	1.60	0.30
66	F1- 1 3 2 1 3	1.50	0.11	1.65	1.60	0.60
67	F1- 1 3 2 2 1	1.50	0.11	1.65	1.80	0.00
68	F1- 1 3 2 2 2	1.50	0.11	1.65	1.80	0.30
69	F1- 1 3 2 2 3	1.50	0.11	1.65	1.80	0.60
70	F1- 1 3 2 3 1	1.50	0.11	1.65	2.00	0.00

Cuadro B.2: Ejemplos de combinaciones de los valores paramétricos. Casos paramétricos tipo F2.

Caso	ID	$\kappa$	$T_y$ (s)	$\omega_x/\omega_y$	$\Omega$	$e_x/r$
181	F2- 3 1 3 1 1	1.50	0.09	1.80	1.60	0.00
182	F2- 3 1 3 1 2	1.50	0.09	1.80	1.60	0.30
183	F2- 3 1 3 1 3	1.50	0.09	1.80	1.60	0.60
184	F2- 3 1 3 2 1	1.50	0.09	1.80	1.80	0.00
185	F2- 3 1 3 2 2	1.50	0.09	1.80	1.80	0.30
186	F2- 3 1 3 2 3	1.50	0.09	1.80	1.80	0.60
187	F2- 3 1 3 3 1	1.50	0.09	1.80	2.00	0.00
188	F2- 3 1 3 3 2	1.50	0.09	1.80	2.00	0.30
189	F2- 3 1 3 3 3	1.50	0.09	1.80	2.00	0.60
190	F2- 3 2 1 1 1	1.50	0.10	1.50	1.60	0.00
191	F2- 3 2 1 1 2	1.50	0.10	1.50	1.60	0.30
192	F2- 3 2 1 1 3	1.50	0.10	1.50	1.60	0.60
193	F2- 3 2 1 2 1	1.50	0.10	1.50	1.80	0.00
194	F2- 3 2 1 2 2	1.50	0.10	1.50	1.80	0.30
195	F2- 3 2 1 2 3	1.50	0.10	1.50	1.80	0.60
196	F2- 3 2 1 3 1	1.50	0.10	1.50	2.00	0.00
197	F2- 3 2 1 3 2	1.50	0.10	1.50	2.00	0.30
198	F2- 3 2 1 3 3	1.50	0.10	1.50	2.00	0.60
199	F2- 3 2 2 1 1	1.50	0.10	1.65	1.60	0.00
200	F2- 3 2 2 1 2	1.50	0.10	1.65	1.60	0.30
201	F2- 3 2 2 1 3	1.50	0.10	1.65	1.60	0.60
202	F2- 3 2 2 2 1	1.50	0.10	1.65	1.80	0.00
203	F2- 3 2 2 2 2	1.50	0.10	1.65	1.80	0.30
204	F2- 3 2 2 2 3	1.50	0.10	1.65	1.80	0.60
205	F2- 3 2 2 3 1	1.50	0.10	1.65	2.00	0.00
206	F2- 3 2 2 3 2	1.50	0.10	1.65	2.00	0.30
207	F2- 3 2 2 3 3	1.50	0.10	1.65	2.00	0.60
208	F2- 3 2 3 1 1	1.50	0.10	1.80	1.60	0.00
209	F2- 3 2 3 1 2	1.50	0.10	1.80	1.60	0.30
210	F2- 3 2 3 1 3	1.50	0.10	1.80	1.60	0.60
211	F2- 3 2 3 2 1	1.50	0.10	1.80	1.80	0.00
212	F2- 3 2 3 2 2	1.50	0.10	1.80	1.80	0.30
213	F2- 3 2 3 2 3	1.50	0.10	1.80	1.80	0.60
214	F2- 3 2 3 3 1	1.50	0.10	1.80	2.00	0.00
215	F2- 3 2 3 3 2	1.50	0.10	1.80	2.00	0.30
216	F2- 3 2 3 3 3	1.50	0.10	1.80	2.00	0.60
217	F2- 3 3 1 1 1	1.50	0.11	1.50	1.60	0.00
218	F2- 3 3 1 1 2	1.50	0.11	1.50	1.60	0.30
219	F2- 3 3 1 1 3	1.50	0.11	1.50	1.60	0.60
220	F2- 3 3 1 2 1	1.50	0.11	1.50	1.80	0.00

## B.2. Características geométricas, inerciales y estructurales de los METP's de los casos paramétricos

El Cuadro B.3 muestra las características geométricas e inerciales de los METP's de los casos paramétricos, según el tipo y la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ). Las características geométricas mostradas son las dimensiones de la planta (a y b). Las características inerciales mostradas son las masas traslacionales en el primer y segundo piso ( $m_1$  y  $m_2$ ), y el radio medio de giro (r).

Los Cuadros B.4 y B.5 muestran las propiedades geométricas y los parámetros asociados al cálculo de la matriz de rigidez lateral de los muros patrón de los METP's de los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente, según el valor de  $\kappa$ . Las propiedades geométricas mostradas son el área de corte ( $A_{smp}$ ) y el momento de inercia ( $I_{mp}$ ) de la sección transversal del muro patrón. También se muestran los valores de la razón entre la rigidez por flexión y la rigidez por corte del muro patrón ( $\Phi_{mp}$ ).

Finalmente, los Cuadros B.6 y B.7 muestran las soluciones mínimas del problema de valores propios ( $\lambda$ ) y las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura ( $C_{xx}$ ,  $C_{yy}$ ,  $C_{y\theta}$ ,  $C_{\theta\theta}$ ) de los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente.

Cuadro B.3: Características geométricas e inerciales de los METP's, según el tipo de caso paramétrico y la razón de aspecto de la planta.

Tipo	$\kappa$	a (m)	b (m)	$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	r (m)
F1	1.5	6.50	9.75	6.46	4.20	3.72
	2.0	6.50	13.00	8.61	5.60	4.62
	2.5	6.50	16.25	10.77	7.00	5.56
F2	0.5	6.50	3.25	2.15	1.40	2.73
	1.0	6.50	6.50	4.31	2.80	3.45
	1.5	6.50	9.75	6.46	4.20	4.40

Cuadro B.4: Propiedades geométricas y matriz de rigidez lateral de los muros patrón de los casos paramétricos tipo F1, según la razón de aspecto de la planta.

	$\kappa = 1.50$	$\kappa = 2.00$	$\kappa = 2.50$
$A_{\text{smp}} \text{ (m}^2\text{)}$	0.5625	0.7125	1.4375
$I_{\text{mp}} \text{ (m}^4\text{)}$	2.2477	3.9639	10.4919
$\Phi_{\text{mp}}$	19.18	26.70	35.03
$f(\Phi_{\text{mp}})$	779.51	1275.17	1956.05
$K^*$	$\begin{bmatrix} 42850 & -17771 \\ -17771 & 14117 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 56071 & -24097 \\ -24097 & 20157 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 115626 & -51016 \\ -51016 & 44219 \end{bmatrix}$

Cuadro B.5: Propiedades geométricas y matriz de rigidez lateral de los muros patrón de los casos paramétricos tipo F2, según la razón de aspecto de la planta.

	$\kappa = 0.50$	$\kappa = 1.00$	$\kappa = 1.50$
$A_{\text{smp}} \text{ (m}^2\text{)}$	0.4875	0.6375	0.7875
$I_{\text{mp}} \text{ (m}^4\text{)}$	1.5969	3.0336	5.0479
$\Phi_{\text{mp}}$	15.72	22.84	30.77
$f(\Phi_{\text{mp}})$	589.70	1006.54	1590.05
$K^*$	$\begin{bmatrix} 36288 & -14712 \\ -14712 & 11281 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 49447 & -20904 \\ -20904 & 17085 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 62716 & -27335 \\ -27335 & 23312 \end{bmatrix}$

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1.

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	$C_{xx}$	$C_{yy}$	$C_{ye}$ (m)	$C_{\theta\theta}$ (m <sup>2</sup> )
1	F1- 1 1 1 1 1	1213.66	9.04	4.02	0.00	142.34
2	F1- 1 1 1 1 2	1213.66	9.04	4.02	4.48	147.35
3	F1- 1 1 1 1 3	1213.66	9.04	4.02	8.97	162.36
4	F1- 1 1 1 2 1	1213.66	9.04	4.02	0.00	180.15
5	F1- 1 1 1 2 2	1213.66	9.04	4.02	4.48	185.16
6	F1- 1 1 1 2 3	1213.66	9.04	4.02	8.97	200.17
7	F1- 1 1 1 3 1	1213.66	9.04	4.02	0.00	222.41
8	F1- 1 1 1 3 2	1213.66	9.04	4.02	4.48	227.41
9	F1- 1 1 1 3 3	1213.66	9.04	4.02	8.97	242.43
10	F1- 1 1 2 1 1	1213.66	10.93	4.02	0.00	142.34

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Yθ</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
11	F1- 1 1 2 1 2	1213.66	10.93	4.02	4.48	147.35
12	F1- 1 1 2 1 3	1213.66	10.93	4.02	8.97	162.36
13	F1- 1 1 2 2 1	1213.66	10.93	4.02	0.00	180.15
14	F1- 1 1 2 2 2	1213.66	10.93	4.02	4.48	185.16
15	F1- 1 1 2 2 3	1213.66	10.93	4.02	8.97	200.17
16	F1- 1 1 2 3 1	1213.66	10.93	4.02	0.00	222.41
17	F1- 1 1 2 3 2	1213.66	10.93	4.02	4.48	227.41
18	F1- 1 1 2 3 3	1213.66	10.93	4.02	8.97	242.43
19	F1- 1 1 3 1 1	1213.66	13.01	4.02	0.00	142.34
20	F1- 1 1 3 1 2	1213.66	13.01	4.02	4.48	147.35
21	F1- 1 1 3 1 3	1213.66	13.01	4.02	8.97	162.36
22	F1- 1 1 3 2 1	1213.66	13.01	4.02	0.00	180.15
23	F1- 1 1 3 2 2	1213.66	13.01	4.02	4.48	185.16
24	F1- 1 1 3 2 3	1213.66	13.01	4.02	8.97	200.17
25	F1- 1 1 3 3 1	1213.66	13.01	4.02	0.00	222.41
26	F1- 1 1 3 3 2	1213.66	13.01	4.02	4.48	227.41
27	F1- 1 1 3 3 3	1213.66	13.01	4.02	8.97	242.43
28	F1- 1 2 1 1 1	1213.66	7.32	3.25	0.00	115.30
29	F1- 1 2 1 1 2	1213.66	7.32	3.25	3.63	119.35
30	F1- 1 2 1 1 3	1213.66	7.32	3.25	7.26	131.51
31	F1- 1 2 1 2 1	1213.66	7.32	3.25	0.00	145.92
32	F1- 1 2 1 2 2	1213.66	7.32	3.25	3.63	149.98
33	F1- 1 2 1 2 3	1213.66	7.32	3.25	7.26	162.14
34	F1- 1 2 1 3 1	1213.66	7.32	3.25	0.00	180.15
35	F1- 1 2 1 3 2	1213.66	7.32	3.25	3.63	184.20
36	F1- 1 2 1 3 3	1213.66	7.32	3.25	7.26	196.37
37	F1- 1 2 2 1 1	1213.66	8.86	3.25	0.00	115.30
38	F1- 1 2 2 1 2	1213.66	8.86	3.25	3.63	119.35
39	F1- 1 2 2 1 3	1213.66	8.86	3.25	7.26	131.51
40	F1- 1 2 2 2 1	1213.66	8.86	3.25	0.00	145.92
41	F1- 1 2 2 2 2	1213.66	8.86	3.25	3.63	149.98
42	F1- 1 2 2 2 3	1213.66	8.86	3.25	7.26	162.14
43	F1- 1 2 2 3 1	1213.66	8.86	3.25	0.00	180.15
44	F1- 1 2 2 3 2	1213.66	8.86	3.25	3.63	184.20
45	F1- 1 2 2 3 3	1213.66	8.86	3.25	7.26	196.37

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
46	F1- 1 2 3 1 1	1213.66	10.54	3.25	0.00	115.30
47	F1- 1 2 3 1 2	1213.66	10.54	3.25	3.63	119.35
48	F1- 1 2 3 1 3	1213.66	10.54	3.25	7.26	131.51
49	F1- 1 2 3 2 1	1213.66	10.54	3.25	0.00	145.92
50	F1- 1 2 3 2 2	1213.66	10.54	3.25	3.63	149.98
51	F1- 1 2 3 2 3	1213.66	10.54	3.25	7.26	162.14
52	F1- 1 2 3 3 1	1213.66	10.54	3.25	0.00	180.15
53	F1- 1 2 3 3 2	1213.66	10.54	3.25	3.63	184.20
54	F1- 1 2 3 3 3	1213.66	10.54	3.25	7.26	196.37
55	F1- 1 3 1 1 1	1213.66	6.05	2.69	0.00	95.29
56	F1- 1 3 1 1 2	1213.66	6.05	2.69	3.00	98.64
57	F1- 1 3 1 1 3	1213.66	6.05	2.69	6.00	108.69
58	F1- 1 3 1 2 1	1213.66	6.05	2.69	0.00	120.60
59	F1- 1 3 1 2 2	1213.66	6.05	2.69	3.00	123.95
60	F1- 1 3 1 2 3	1213.66	6.05	2.69	6.00	134.00
61	F1- 1 3 1 3 1	1213.66	6.05	2.69	0.00	148.89
62	F1- 1 3 1 3 2	1213.66	6.05	2.69	3.00	152.24
63	F1- 1 3 1 3 3	1213.66	6.05	2.69	6.00	162.29
64	F1- 1 3 2 1 1	1213.66	7.32	2.69	0.00	95.29
65	F1- 1 3 2 1 2	1213.66	7.32	2.69	3.00	98.64
66	F1- 1 3 2 1 3	1213.66	7.32	2.69	6.00	108.69
67	F1- 1 3 2 2 1	1213.66	7.32	2.69	0.00	120.60
68	F1- 1 3 2 2 2	1213.66	7.32	2.69	3.00	123.95
69	F1- 1 3 2 2 3	1213.66	7.32	2.69	6.00	134.00
70	F1- 1 3 2 3 1	1213.66	7.32	2.69	0.00	148.89
71	F1- 1 3 2 3 2	1213.66	7.32	2.69	3.00	152.24
72	F1- 1 3 2 3 3	1213.66	7.32	2.69	6.00	162.29
73	F1- 1 3 3 1 1	1213.66	8.71	2.69	0.00	95.29
74	F1- 1 3 3 1 2	1213.66	8.71	2.69	3.00	98.64
75	F1- 1 3 3 1 3	1213.66	8.71	2.69	6.00	108.69
76	F1- 1 3 3 2 1	1213.66	8.71	2.69	0.00	120.60
77	F1- 1 3 3 2 2	1213.66	8.71	2.69	3.00	123.95
78	F1- 1 3 3 2 3	1213.66	8.71	2.69	6.00	134.00
79	F1- 1 3 3 3 1	1213.66	8.71	2.69	0.00	148.89
80	F1- 1 3 3 3 2	1213.66	8.71	2.69	3.00	152.24

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Yθ</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
81	F1- 1 3 3 3 3	1213.66	8.71	2.69	6.00	162.29
82	F1- 2 1 1 1 1	1292.49	8.48	3.77	0.00	205.63
83	F1- 2 1 1 1 2	1292.49	8.48	3.77	5.22	212.86
84	F1- 2 1 1 1 3	1292.49	8.48	3.77	10.44	234.55
85	F1- 2 1 1 2 1	1292.49	8.48	3.77	0.00	260.25
86	F1- 2 1 1 2 2	1292.49	8.48	3.77	5.22	267.48
87	F1- 2 1 1 2 3	1292.49	8.48	3.77	10.44	289.17
88	F1- 2 1 1 3 1	1292.49	8.48	3.77	0.00	321.30
89	F1- 2 1 1 3 2	1292.49	8.48	3.77	5.22	328.53
90	F1- 2 1 1 3 3	1292.49	8.48	3.77	10.44	350.21
91	F1- 2 1 2 1 1	1292.49	10.27	3.77	0.00	205.63
92	F1- 2 1 2 1 2	1292.49	10.27	3.77	5.22	212.86
93	F1- 2 1 2 1 3	1292.49	10.27	3.77	10.44	234.55
94	F1- 2 1 2 2 1	1292.49	10.27	3.77	0.00	260.25
95	F1- 2 1 2 2 2	1292.49	10.27	3.77	5.22	267.48
96	F1- 2 1 2 2 3	1292.49	10.27	3.77	10.44	289.17
97	F1- 2 1 2 3 1	1292.49	10.27	3.77	0.00	321.30
98	F1- 2 1 2 3 2	1292.49	10.27	3.77	5.22	328.53
99	F1- 2 1 2 3 3	1292.49	10.27	3.77	10.44	350.21
100	F1- 2 1 3 1 1	1292.49	12.22	3.77	0.00	205.63
101	F1- 2 1 3 1 2	1292.49	12.22	3.77	5.22	212.86
102	F1- 2 1 3 1 3	1292.49	12.22	3.77	10.44	234.55
103	F1- 2 1 3 2 1	1292.49	12.22	3.77	0.00	260.25
104	F1- 2 1 3 2 2	1292.49	12.22	3.77	5.22	267.48
105	F1- 2 1 3 2 3	1292.49	12.22	3.77	10.44	289.17
106	F1- 2 1 3 3 1	1292.49	12.22	3.77	0.00	321.30
107	F1- 2 1 3 3 2	1292.49	12.22	3.77	5.22	328.53
108	F1- 2 1 3 3 3	1292.49	12.22	3.77	10.44	350.21
109	F1- 2 2 1 1 1	1292.49	6.87	3.05	0.00	166.56
110	F1- 2 2 1 1 2	1292.49	6.87	3.05	4.23	172.42
111	F1- 2 2 1 1 3	1292.49	6.87	3.05	8.46	189.98
112	F1- 2 2 1 2 1	1292.49	6.87	3.05	0.00	210.80
113	F1- 2 2 1 2 2	1292.49	6.87	3.05	4.23	216.66
114	F1- 2 2 1 2 3	1292.49	6.87	3.05	8.46	234.23
115	F1- 2 2 1 3 1	1292.49	6.87	3.05	0.00	260.25



Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Yθ</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
116	F1- 2 2 1 3 2	1292.49	6.87	3.05	4.23	266.11
117	F1- 2 2 1 3 3	1292.49	6.87	3.05	8.46	283.67
118	F1- 2 2 2 1 1	1292.49	8.32	3.05	0.00	166.56
119	F1- 2 2 2 1 2	1292.49	8.32	3.05	4.23	172.42
120	F1- 2 2 2 1 3	1292.49	8.32	3.05	8.46	189.98
121	F1- 2 2 2 2 1	1292.49	8.32	3.05	0.00	210.80
122	F1- 2 2 2 2 2	1292.49	8.32	3.05	4.23	216.66
123	F1- 2 2 2 2 3	1292.49	8.32	3.05	8.46	234.23
124	F1- 2 2 2 3 1	1292.49	8.32	3.05	0.00	260.25
125	F1- 2 2 2 3 2	1292.49	8.32	3.05	4.23	266.11
126	F1- 2 2 2 3 3	1292.49	8.32	3.05	8.46	283.67
127	F1- 2 2 3 1 1	1292.49	9.90	3.05	0.00	166.56
128	F1- 2 2 3 1 2	1292.49	9.90	3.05	4.23	172.42
129	F1- 2 2 3 1 3	1292.49	9.90	3.05	8.46	189.98
130	F1- 2 2 3 2 1	1292.49	9.90	3.05	0.00	210.80
131	F1- 2 2 3 2 2	1292.49	9.90	3.05	4.23	216.66
132	F1- 2 2 3 2 3	1292.49	9.90	3.05	8.46	234.23
133	F1- 2 2 3 3 1	1292.49	9.90	3.05	0.00	260.25
134	F1- 2 2 3 3 2	1292.49	9.90	3.05	4.23	266.11
135	F1- 2 2 3 3 3	1292.49	9.90	3.05	8.46	283.67
136	F1- 2 3 1 1 1	1292.49	5.68	2.52	0.00	137.65
137	F1- 2 3 1 1 2	1292.49	5.68	2.52	3.50	142.49
138	F1- 2 3 1 1 3	1292.49	5.68	2.52	6.99	157.01
139	F1- 2 3 1 2 1	1292.49	5.68	2.52	0.00	174.22
140	F1- 2 3 1 2 2	1292.49	5.68	2.52	3.50	179.06
141	F1- 2 3 1 2 3	1292.49	5.68	2.52	6.99	193.58
142	F1- 2 3 1 3 1	1292.49	5.68	2.52	0.00	215.08
143	F1- 2 3 1 3 2	1292.49	5.68	2.52	3.50	219.92
144	F1- 2 3 1 3 3	1292.49	5.68	2.52	6.99	234.44
145	F1- 2 3 2 1 1	1292.49	6.87	2.52	0.00	137.65
146	F1- 2 3 2 1 2	1292.49	6.87	2.52	3.50	142.49
147	F1- 2 3 2 1 3	1292.49	6.87	2.52	6.99	157.01
148	F1- 2 3 2 2 1	1292.49	6.87	2.52	0.00	174.22
149	F1- 2 3 2 2 2	1292.49	6.87	2.52	3.50	179.06
150	F1- 2 3 2 2 3	1292.49	6.87	2.52	6.99	193.58

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
151	F1- 2 3 2 3 1	1292.49	6.87	2.52	0.00	215.08
152	F1- 2 3 2 3 2	1292.49	6.87	2.52	3.50	219.92
153	F1- 2 3 2 3 3	1292.49	6.87	2.52	6.99	234.44
154	F1- 2 3 3 1 1	1292.49	8.18	2.52	0.00	137.65
155	F1- 2 3 3 1 2	1292.49	8.18	2.52	3.50	142.49
156	F1- 2 3 3 1 3	1292.49	8.18	2.52	6.99	157.01
157	F1- 2 3 3 2 1	1292.49	8.18	2.52	0.00	174.22
158	F1- 2 3 3 2 2	1292.49	8.18	2.52	3.50	179.06
159	F1- 2 3 3 2 3	1292.49	8.18	2.52	6.99	193.58
160	F1- 2 3 3 3 1	1292.49	8.18	2.52	0.00	215.08
161	F1- 2 3 3 3 2	1292.49	8.18	2.52	3.50	219.92
162	F1- 2 3 3 3 3	1292.49	8.18	2.52	6.99	234.44
163	F1- 3 1 1 1 1	2249.72	4.87	2.17	0.00	171.30
164	F1- 3 1 1 1 2	2249.72	4.87	2.17	3.61	177.32
165	F1- 3 1 1 1 3	2249.72	4.87	2.17	7.22	195.39
166	F1- 3 1 1 2 1	2249.72	4.87	2.17	0.00	216.80
167	F1- 3 1 1 2 2	2249.72	4.87	2.17	3.61	222.82
168	F1- 3 1 1 2 3	2249.72	4.87	2.17	7.22	240.89
169	F1- 3 1 1 3 1	2249.72	4.87	2.17	0.00	267.66
170	F1- 3 1 1 3 2	2249.72	4.87	2.17	3.61	273.68
171	F1- 3 1 1 3 3	2249.72	4.87	2.17	7.22	291.74
172	F1- 3 1 2 1 1	2249.72	5.90	2.17	0.00	171.30
173	F1- 3 1 2 1 2	2249.72	5.90	2.17	3.61	177.32
174	F1- 3 1 2 1 3	2249.72	5.90	2.17	7.22	195.39
175	F1- 3 1 2 2 1	2249.72	5.90	2.17	0.00	216.80
176	F1- 3 1 2 2 2	2249.72	5.90	2.17	3.61	222.82
177	F1- 3 1 2 2 3	2249.72	5.90	2.17	7.22	240.89
178	F1- 3 1 2 3 1	2249.72	5.90	2.17	0.00	267.66
179	F1- 3 1 2 3 2	2249.72	5.90	2.17	3.61	273.68
180	F1- 3 1 2 3 3	2249.72	5.90	2.17	7.22	291.74
181	F1- 3 1 3 1 1	2249.72	7.02	2.17	0.00	171.30
182	F1- 3 1 3 1 2	2249.72	7.02	2.17	3.61	177.32
183	F1- 3 1 3 1 3	2249.72	7.02	2.17	7.22	195.39
184	F1- 3 1 3 2 1	2249.72	7.02	2.17	0.00	216.80
185	F1- 3 1 3 2 2	2249.72	7.02	2.17	3.61	222.82

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>yθ</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
186	F1- 3 1 3 2 3	2249.72	7.02	2.17	7.22	240.89
187	F1- 3 1 3 3 1	2249.72	7.02	2.17	0.00	267.66
188	F1- 3 1 3 3 2	2249.72	7.02	2.17	3.61	273.68
189	F1- 3 1 3 3 3	2249.72	7.02	2.17	7.22	291.74
190	F1- 3 2 1 1 1	2249.72	3.95	1.75	0.00	138.75
191	F1- 3 2 1 1 2	2249.72	3.95	1.75	2.93	143.63
192	F1- 3 2 1 1 3	2249.72	3.95	1.75	5.85	158.26
193	F1- 3 2 1 2 1	2249.72	3.95	1.75	0.00	175.61
194	F1- 3 2 1 2 2	2249.72	3.95	1.75	2.93	180.49
195	F1- 3 2 1 2 3	2249.72	3.95	1.75	5.85	195.12
196	F1- 3 2 1 3 1	2249.72	3.95	1.75	0.00	216.80
197	F1- 3 2 1 3 2	2249.72	3.95	1.75	2.93	221.68
198	F1- 3 2 1 3 3	2249.72	3.95	1.75	5.85	236.31
199	F1- 3 2 2 1 1	2249.72	4.78	1.75	0.00	138.75
200	F1- 3 2 2 1 2	2249.72	4.78	1.75	2.93	143.63
201	F1- 3 2 2 1 3	2249.72	4.78	1.75	5.85	158.26
202	F1- 3 2 2 2 1	2249.72	4.78	1.75	0.00	175.61
203	F1- 3 2 2 2 2	2249.72	4.78	1.75	2.93	180.49
204	F1- 3 2 2 2 3	2249.72	4.78	1.75	5.85	195.12
205	F1- 3 2 2 3 1	2249.72	4.78	1.75	0.00	216.80
206	F1- 3 2 2 3 2	2249.72	4.78	1.75	2.93	221.68
207	F1- 3 2 2 3 3	2249.72	4.78	1.75	5.85	236.31
208	F1- 3 2 3 1 1	2249.72	5.69	1.75	0.00	138.75
209	F1- 3 2 3 1 2	2249.72	5.69	1.75	2.93	143.63
210	F1- 3 2 3 1 3	2249.72	5.69	1.75	5.85	158.26
211	F1- 3 2 3 2 1	2249.72	5.69	1.75	0.00	175.61
212	F1- 3 2 3 2 2	2249.72	5.69	1.75	2.93	180.49
213	F1- 3 2 3 2 3	2249.72	5.69	1.75	5.85	195.12
214	F1- 3 2 3 3 1	2249.72	5.69	1.75	0.00	216.80
215	F1- 3 2 3 3 2	2249.72	5.69	1.75	2.93	221.68
216	F1- 3 2 3 3 3	2249.72	5.69	1.75	5.85	236.31
217	F1- 3 3 1 1 1	2249.72	3.26	1.45	0.00	114.67
218	F1- 3 3 1 1 2	2249.72	3.26	1.45	2.42	118.70
219	F1- 3 3 1 1 3	2249.72	3.26	1.45	4.84	130.80
220	F1- 3 3 1 2 1	2249.72	3.26	1.45	0.00	145.13

Cuadro B.6: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
221	F1- 3 3 1 2 2	2249.72	3.26	1.45	2.42	149.16
222	F1- 3 3 1 2 3	2249.72	3.26	1.45	4.84	161.26
223	F1- 3 3 1 3 1	2249.72	3.26	1.45	0.00	179.17
224	F1- 3 3 1 3 2	2249.72	3.26	1.45	2.42	183.21
225	F1- 3 3 1 3 3	2249.72	3.26	1.45	4.84	195.30
226	F1- 3 3 2 1 1	2249.72	3.95	1.45	0.00	114.67
227	F1- 3 3 2 1 2	2249.72	3.95	1.45	2.42	118.70
228	F1- 3 3 2 1 3	2249.72	3.95	1.45	4.84	130.80
229	F1- 3 3 2 2 1	2249.72	3.95	1.45	0.00	145.13
230	F1- 3 3 2 2 2	2249.72	3.95	1.45	2.42	149.16
231	F1- 3 3 2 2 3	2249.72	3.95	1.45	4.84	161.26
232	F1- 3 3 2 3 1	2249.72	3.95	1.45	0.00	179.17
233	F1- 3 3 2 3 2	2249.72	3.95	1.45	2.42	183.21
234	F1- 3 3 2 3 3	2249.72	3.95	1.45	4.84	195.30
235	F1- 3 3 3 1 1	2249.72	4.70	1.45	0.00	114.67
236	F1- 3 3 3 1 2	2249.72	4.70	1.45	2.42	118.70
237	F1- 3 3 3 1 3	2249.72	4.70	1.45	4.84	130.80
238	F1- 3 3 3 2 1	2249.72	4.70	1.45	0.00	145.13
239	F1- 3 3 3 2 2	2249.72	4.70	1.45	2.42	149.16
240	F1- 3 3 3 2 3	2249.72	4.70	1.45	4.84	161.26
241	F1- 3 3 3 3 1	2249.72	4.70	1.45	0.00	179.17
242	F1- 3 3 3 3 2	2249.72	4.70	1.45	2.42	183.21
243	F1- 3 3 3 3 3	2249.72	4.70	1.45	4.84	195.30

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2.

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
1	F2- 1 1 1 1 1	2908.70	3.77	1.68	0.00	31.90
2	F2- 1 1 1 1 2	2908.70	3.77	1.68	1.37	33.03
3	F2- 1 1 1 1 3	2908.70	3.77	1.68	2.74	36.39
4	F2- 1 1 1 2 1	2908.70	3.77	1.68	0.00	40.38
5	F2- 1 1 1 2 2	2908.70	3.77	1.68	1.37	41.50

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
6	F2- 1 1 1 2 3	2908.70	3.77	1.68	2.74	44.87
7	F2- 1 1 1 3 1	2908.70	3.77	1.68	0.00	49.85
8	F2- 1 1 1 3 2	2908.70	3.77	1.68	1.37	50.97
9	F2- 1 1 1 3 3	2908.70	3.77	1.68	2.74	54.34
10	F2- 1 1 2 1 1	2908.70	4.56	1.68	0.00	31.90
11	F2- 1 1 2 1 2	2908.70	4.56	1.68	1.37	33.03
12	F2- 1 1 2 1 3	2908.70	4.56	1.68	2.74	36.39
13	F2- 1 1 2 2 1	2908.70	4.56	1.68	0.00	40.38
14	F2- 1 1 2 2 2	2908.70	4.56	1.68	1.37	41.50
15	F2- 1 1 2 2 3	2908.70	4.56	1.68	2.74	44.87
16	F2- 1 1 2 3 1	2908.70	4.56	1.68	0.00	49.85
17	F2- 1 1 2 3 2	2908.70	4.56	1.68	1.37	50.97
18	F2- 1 1 2 3 3	2908.70	4.56	1.68	2.74	54.34
19	F2- 1 1 3 1 1	2908.70	5.43	1.68	0.00	31.90
20	F2- 1 1 3 1 2	2908.70	5.43	1.68	1.37	33.03
21	F2- 1 1 3 1 3	2908.70	5.43	1.68	2.74	36.39
22	F2- 1 1 3 2 1	2908.70	5.43	1.68	0.00	40.38
23	F2- 1 1 3 2 2	2908.70	5.43	1.68	1.37	41.50
24	F2- 1 1 3 2 3	2908.70	5.43	1.68	2.74	44.87
25	F2- 1 1 3 3 1	2908.70	5.43	1.68	0.00	49.85
26	F2- 1 1 3 3 2	2908.70	5.43	1.68	1.37	50.97
27	F2- 1 1 3 3 3	2908.70	5.43	1.68	2.74	54.34
28	F2- 1 2 1 1 1	2908.70	3.05	1.36	0.00	25.84
29	F2- 1 2 1 1 2	2908.70	3.05	1.36	1.11	26.75
30	F2- 1 2 1 1 3	2908.70	3.05	1.36	2.22	29.48
31	F2- 1 2 1 2 1	2908.70	3.05	1.36	0.00	32.71
32	F2- 1 2 1 2 2	2908.70	3.05	1.36	1.11	33.62
33	F2- 1 2 1 2 3	2908.70	3.05	1.36	2.22	36.34
34	F2- 1 2 1 3 1	2908.70	3.05	1.36	0.00	40.38
35	F2- 1 2 1 3 2	2908.70	3.05	1.36	1.11	41.29
36	F2- 1 2 1 3 3	2908.70	3.05	1.36	2.22	44.01
37	F2- 1 2 2 1 1	2908.70	3.70	1.36	0.00	25.84
38	F2- 1 2 2 1 2	2908.70	3.70	1.36	1.11	26.75
39	F2- 1 2 2 1 3	2908.70	3.70	1.36	2.22	29.48
40	F2- 1 2 2 2 1	2908.70	3.70	1.36	0.00	32.71

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Yθ</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
41	F2- 1 2 2 2 2	2908.70	3.70	1.36	1.11	33.62
42	F2- 1 2 2 2 3	2908.70	3.70	1.36	2.22	36.34
43	F2- 1 2 2 3 1	2908.70	3.70	1.36	0.00	40.38
44	F2- 1 2 2 3 2	2908.70	3.70	1.36	1.11	41.29
45	F2- 1 2 2 3 3	2908.70	3.70	1.36	2.22	44.01
46	F2- 1 2 3 1 1	2908.70	4.40	1.36	0.00	25.84
47	F2- 1 2 3 1 2	2908.70	4.40	1.36	1.11	26.75
48	F2- 1 2 3 1 3	2908.70	4.40	1.36	2.22	29.48
49	F2- 1 2 3 2 1	2908.70	4.40	1.36	0.00	32.71
50	F2- 1 2 3 2 2	2908.70	4.40	1.36	1.11	33.62
51	F2- 1 2 3 2 3	2908.70	4.40	1.36	2.22	36.34
52	F2- 1 2 3 3 1	2908.70	4.40	1.36	0.00	40.38
53	F2- 1 2 3 3 2	2908.70	4.40	1.36	1.11	41.29
54	F2- 1 2 3 3 3	2908.70	4.40	1.36	2.22	44.01
55	F2- 1 3 1 1 1	2908.70	2.52	1.12	0.00	21.36
56	F2- 1 3 1 1 2	2908.70	2.52	1.12	0.92	22.11
57	F2- 1 3 1 1 3	2908.70	2.52	1.12	1.84	24.36
58	F2- 1 3 1 2 1	2908.70	2.52	1.12	0.00	27.03
59	F2- 1 3 1 2 2	2908.70	2.52	1.12	0.92	27.78
60	F2- 1 3 1 2 3	2908.70	2.52	1.12	1.84	30.03
61	F2- 1 3 1 3 1	2908.70	2.52	1.12	0.00	33.37
62	F2- 1 3 1 3 2	2908.70	2.52	1.12	0.92	34.12
63	F2- 1 3 1 3 3	2908.70	2.52	1.12	1.84	36.38
64	F2- 1 3 2 1 1	2908.70	3.05	1.12	0.00	21.36
65	F2- 1 3 2 1 2	2908.70	3.05	1.12	0.92	22.11
66	F2- 1 3 2 1 3	2908.70	3.05	1.12	1.84	24.36
67	F2- 1 3 2 2 1	2908.70	3.05	1.12	0.00	27.03
68	F2- 1 3 2 2 2	2908.70	3.05	1.12	0.92	27.78
69	F2- 1 3 2 2 3	2908.70	3.05	1.12	1.84	30.03
70	F2- 1 3 2 3 1	2908.70	3.05	1.12	0.00	33.37
71	F2- 1 3 2 3 2	2908.70	3.05	1.12	0.92	34.12
72	F2- 1 3 2 3 3	2908.70	3.05	1.12	1.84	36.38
73	F2- 1 3 3 1 1	2908.70	3.63	1.12	0.00	21.36
74	F2- 1 3 3 1 2	2908.70	3.63	1.12	0.92	22.11
75	F2- 1 3 3 1 3	2908.70	3.63	1.12	1.84	24.36

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
76	F2- 1 3 3 2 1	2908.70	3.63	1.12	0.00	27.03
77	F2- 1 3 3 2 2	2908.70	3.63	1.12	0.92	27.78
78	F2- 1 3 3 2 3	2908.70	3.63	1.12	1.84	30.03
79	F2- 1 3 3 3 1	2908.70	3.63	1.12	0.00	33.37
80	F2- 1 3 3 3 2	2908.70	3.63	1.12	0.92	34.12
81	F2- 1 3 3 3 3	2908.70	3.63	1.12	1.84	36.38
82	F2- 2 1 1 1 1	2198.49	4.99	2.22	0.00	67.54
83	F2- 2 1 1 1 2	2198.49	4.99	2.22	2.29	69.91
84	F2- 2 1 1 1 3	2198.49	4.99	2.22	4.59	77.04
85	F2- 2 1 1 2 1	2198.49	4.99	2.22	0.00	85.48
86	F2- 2 1 1 2 2	2198.49	4.99	2.22	2.29	87.85
87	F2- 2 1 1 2 3	2198.49	4.99	2.22	4.59	94.98
88	F2- 2 1 1 3 1	2198.49	4.99	2.22	0.00	105.53
89	F2- 2 1 1 3 2	2198.49	4.99	2.22	2.29	107.90
90	F2- 2 1 1 3 3	2198.49	4.99	2.22	4.59	115.03
91	F2- 2 1 2 1 1	2198.49	6.04	2.22	0.00	67.54
92	F2- 2 1 2 1 2	2198.49	6.04	2.22	2.29	69.91
93	F2- 2 1 2 1 3	2198.49	6.04	2.22	4.59	77.04
94	F2- 2 1 2 2 1	2198.49	6.04	2.22	0.00	85.48
95	F2- 2 1 2 2 2	2198.49	6.04	2.22	2.29	87.85
96	F2- 2 1 2 2 3	2198.49	6.04	2.22	4.59	94.98
97	F2- 2 1 2 3 1	2198.49	6.04	2.22	0.00	105.53
98	F2- 2 1 2 3 2	2198.49	6.04	2.22	2.29	107.90
99	F2- 2 1 2 3 3	2198.49	6.04	2.22	4.59	115.03
100	F2- 2 1 3 1 1	2198.49	7.18	2.22	0.00	67.54
101	F2- 2 1 3 1 2	2198.49	7.18	2.22	2.29	69.91
102	F2- 2 1 3 1 3	2198.49	7.18	2.22	4.59	77.04
103	F2- 2 1 3 2 1	2198.49	7.18	2.22	0.00	85.48
104	F2- 2 1 3 2 2	2198.49	7.18	2.22	2.29	87.85
105	F2- 2 1 3 2 3	2198.49	7.18	2.22	4.59	94.98
106	F2- 2 1 3 3 1	2198.49	7.18	2.22	0.00	105.53
107	F2- 2 1 3 3 2	2198.49	7.18	2.22	2.29	107.90
108	F2- 2 1 3 3 3	2198.49	7.18	2.22	4.59	115.03
109	F2- 2 2 1 1 1	2198.49	4.04	1.80	0.00	54.71
110	F2- 2 2 1 1 2	2198.49	4.04	1.80	1.86	56.63

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
111	F2- 2 2 1 1 3	2198.49	4.04	1.80	3.72	62.40
112	F2- 2 2 1 2 1	2198.49	4.04	1.80	0.00	69.24
113	F2- 2 2 1 2 2	2198.49	4.04	1.80	1.86	71.16
114	F2- 2 2 1 2 3	2198.49	4.04	1.80	3.72	76.93
115	F2- 2 2 1 3 1	2198.49	4.04	1.80	0.00	85.48
116	F2- 2 2 1 3 2	2198.49	4.04	1.80	1.86	87.40
117	F2- 2 2 1 3 3	2198.49	4.04	1.80	3.72	93.17
118	F2- 2 2 2 1 1	2198.49	4.89	1.80	0.00	54.71
119	F2- 2 2 2 1 2	2198.49	4.89	1.80	1.86	56.63
120	F2- 2 2 2 1 3	2198.49	4.89	1.80	3.72	62.40
121	F2- 2 2 2 2 1	2198.49	4.89	1.80	0.00	69.24
122	F2- 2 2 2 2 2	2198.49	4.89	1.80	1.86	71.16
123	F2- 2 2 2 2 3	2198.49	4.89	1.80	3.72	76.93
124	F2- 2 2 2 3 1	2198.49	4.89	1.80	0.00	85.48
125	F2- 2 2 2 3 2	2198.49	4.89	1.80	1.86	87.40
126	F2- 2 2 2 3 3	2198.49	4.89	1.80	3.72	93.17
127	F2- 2 2 3 1 1	2198.49	5.82	1.80	0.00	54.71
128	F2- 2 2 3 1 2	2198.49	5.82	1.80	1.86	56.63
129	F2- 2 2 3 1 3	2198.49	5.82	1.80	3.72	62.40
130	F2- 2 2 3 2 1	2198.49	5.82	1.80	0.00	69.24
131	F2- 2 2 3 2 2	2198.49	5.82	1.80	1.86	71.16
132	F2- 2 2 3 2 3	2198.49	5.82	1.80	3.72	76.93
133	F2- 2 2 3 3 1	2198.49	5.82	1.80	0.00	85.48
134	F2- 2 2 3 3 2	2198.49	5.82	1.80	1.86	87.40
135	F2- 2 2 3 3 3	2198.49	5.82	1.80	3.72	93.17
136	F2- 2 3 1 1 1	2198.49	3.34	1.48	0.00	45.21
137	F2- 2 3 1 1 2	2198.49	3.34	1.48	1.54	46.80
138	F2- 2 3 1 1 3	2198.49	3.34	1.48	3.07	51.57
139	F2- 2 3 1 2 1	2198.49	3.34	1.48	0.00	57.22
140	F2- 2 3 1 2 2	2198.49	3.34	1.48	1.54	58.81
141	F2- 2 3 1 2 3	2198.49	3.34	1.48	3.07	63.58
142	F2- 2 3 1 3 1	2198.49	3.34	1.48	0.00	70.64
143	F2- 2 3 1 3 2	2198.49	3.34	1.48	1.54	72.23
144	F2- 2 3 1 3 3	2198.49	3.34	1.48	3.07	77.00
145	F2- 2 3 2 1 1	2198.49	4.04	1.48	0.00	45.21



Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>xx</sub>	C <sub>yy</sub>	C <sub>ye</sub> (m)	C <sub>ee</sub> (m <sup>2</sup> )
146	F2- 2 3 2 1 2	2198.49	4.04	1.48	1.54	46.80
147	F2- 2 3 2 1 3	2198.49	4.04	1.48	3.07	51.57
148	F2- 2 3 2 2 1	2198.49	4.04	1.48	0.00	57.22
149	F2- 2 3 2 2 2	2198.49	4.04	1.48	1.54	58.81
150	F2- 2 3 2 2 3	2198.49	4.04	1.48	3.07	63.58
151	F2- 2 3 2 3 1	2198.49	4.04	1.48	0.00	70.64
152	F2- 2 3 2 3 2	2198.49	4.04	1.48	1.54	72.23
153	F2- 2 3 2 3 3	2198.49	4.04	1.48	3.07	77.00
154	F2- 2 3 3 1 1	2198.49	4.81	1.48	0.00	45.21
155	F2- 2 3 3 1 2	2198.49	4.81	1.48	1.54	46.80
156	F2- 2 3 3 1 3	2198.49	4.81	1.48	3.07	51.57
157	F2- 2 3 3 2 1	2198.49	4.81	1.48	0.00	57.22
158	F2- 2 3 3 2 2	2198.49	4.81	1.48	1.54	58.81
159	F2- 2 3 3 2 3	2198.49	4.81	1.48	3.07	63.58
160	F2- 2 3 3 3 1	2198.49	4.81	1.48	0.00	70.64
161	F2- 2 3 3 3 2	2198.49	4.81	1.48	1.54	72.23
162	F2- 2 3 3 3 3	2198.49	4.81	1.48	3.07	77.00
163	F2- 3 1 1 1 1	1985.06	5.52	2.46	0.00	121.55
164	F2- 3 1 1 1 2	1985.06	5.52	2.46	3.24	125.82
165	F2- 3 1 1 1 3	1985.06	5.52	2.46	6.48	138.64
166	F2- 3 1 1 2 1	1985.06	5.52	2.46	0.00	153.84
167	F2- 3 1 1 2 2	1985.06	5.52	2.46	3.24	158.11
168	F2- 3 1 1 2 3	1985.06	5.52	2.46	6.48	170.93
169	F2- 3 1 1 3 1	1985.06	5.52	2.46	0.00	189.92
170	F2- 3 1 1 3 2	1985.06	5.52	2.46	3.24	194.20
171	F2- 3 1 1 3 3	1985.06	5.52	2.46	6.48	207.02
172	F2- 3 1 2 1 1	1985.06	6.68	2.46	0.00	121.55
173	F2- 3 1 2 1 2	1985.06	6.68	2.46	3.24	125.82
174	F2- 3 1 2 1 3	1985.06	6.68	2.46	6.48	138.64
175	F2- 3 1 2 2 1	1985.06	6.68	2.46	0.00	153.84
176	F2- 3 1 2 2 2	1985.06	6.68	2.46	3.24	158.11
177	F2- 3 1 2 2 3	1985.06	6.68	2.46	6.48	170.93
178	F2- 3 1 2 3 1	1985.06	6.68	2.46	0.00	189.92
179	F2- 3 1 2 3 2	1985.06	6.68	2.46	3.24	194.20
180	F2- 3 1 2 3 3	1985.06	6.68	2.46	6.48	207.02

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Ye</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
181	F2- 3 1 3 1 1	1985.06	7.96	2.46	0.00	121.55
182	F2- 3 1 3 1 2	1985.06	7.96	2.46	3.24	125.82
183	F2- 3 1 3 1 3	1985.06	7.96	2.46	6.48	138.64
184	F2- 3 1 3 2 1	1985.06	7.96	2.46	0.00	153.84
185	F2- 3 1 3 2 2	1985.06	7.96	2.46	3.24	158.11
186	F2- 3 1 3 2 3	1985.06	7.96	2.46	6.48	170.93
187	F2- 3 1 3 3 1	1985.06	7.96	2.46	0.00	189.92
188	F2- 3 1 3 3 2	1985.06	7.96	2.46	3.24	194.20
189	F2- 3 1 3 3 3	1985.06	7.96	2.46	6.48	207.02
190	F2- 3 2 1 1 1	1985.06	4.47	1.99	0.00	98.46
191	F2- 3 2 1 1 2	1985.06	4.47	1.99	2.62	101.92
192	F2- 3 2 1 1 3	1985.06	4.47	1.99	5.25	112.30
193	F2- 3 2 1 2 1	1985.06	4.47	1.99	0.00	124.61
194	F2- 3 2 1 2 2	1985.06	4.47	1.99	2.62	128.07
195	F2- 3 2 1 2 3	1985.06	4.47	1.99	5.25	138.45
196	F2- 3 2 1 3 1	1985.06	4.47	1.99	0.00	153.84
197	F2- 3 2 1 3 2	1985.06	4.47	1.99	2.62	157.30
198	F2- 3 2 1 3 3	1985.06	4.47	1.99	5.25	167.68
199	F2- 3 2 2 1 1	1985.06	5.41	1.99	0.00	98.46
200	F2- 3 2 2 1 2	1985.06	5.41	1.99	2.62	101.92
201	F2- 3 2 2 1 3	1985.06	5.41	1.99	5.25	112.30
202	F2- 3 2 2 2 1	1985.06	5.41	1.99	0.00	124.61
203	F2- 3 2 2 2 2	1985.06	5.41	1.99	2.62	128.07
204	F2- 3 2 2 2 3	1985.06	5.41	1.99	5.25	138.45
205	F2- 3 2 2 3 1	1985.06	5.41	1.99	0.00	153.84
206	F2- 3 2 2 3 2	1985.06	5.41	1.99	2.62	157.30
207	F2- 3 2 2 3 3	1985.06	5.41	1.99	5.25	167.68
208	F2- 3 2 3 1 1	1985.06	6.44	1.99	0.00	98.46
209	F2- 3 2 3 1 2	1985.06	6.44	1.99	2.62	101.92
210	F2- 3 2 3 1 3	1985.06	6.44	1.99	5.25	112.30
211	F2- 3 2 3 2 1	1985.06	6.44	1.99	0.00	124.61
212	F2- 3 2 3 2 2	1985.06	6.44	1.99	2.62	128.07
213	F2- 3 2 3 2 3	1985.06	6.44	1.99	5.25	138.45
214	F2- 3 2 3 3 1	1985.06	6.44	1.99	0.00	153.84
215	F2- 3 2 3 3 2	1985.06	6.44	1.99	2.62	157.30

Cuadro B.7: Solución mínima del problema de valores propios y constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez de la estructura. Casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	$\lambda$ (1/s <sup>2</sup> )	C <sub>XX</sub>	C <sub>YY</sub>	C <sub>Yθ</sub> (m)	C <sub>θθ</sub> (m <sup>2</sup> )
216	F2- 3 2 3 3 3	1985.06	6.44	1.99	5.25	167.68
217	F2- 3 3 1 1 1	1985.06	3.70	1.64	0.00	81.37
218	F2- 3 3 1 1 2	1985.06	3.70	1.64	2.17	84.23
219	F2- 3 3 1 1 3	1985.06	3.70	1.64	4.34	92.81
220	F2- 3 3 1 2 1	1985.06	3.70	1.64	0.00	102.98
221	F2- 3 3 1 2 2	1985.06	3.70	1.64	2.17	105.84
222	F2- 3 3 1 2 3	1985.06	3.70	1.64	4.34	114.42
223	F2- 3 3 1 3 1	1985.06	3.70	1.64	0.00	127.14
224	F2- 3 3 1 3 2	1985.06	3.70	1.64	2.17	130.00
225	F2- 3 3 1 3 3	1985.06	3.70	1.64	4.34	138.58
226	F2- 3 3 2 1 1	1985.06	4.47	1.64	0.00	81.37
227	F2- 3 3 2 1 2	1985.06	4.47	1.64	2.17	84.23
228	F2- 3 3 2 1 3	1985.06	4.47	1.64	4.34	92.81
229	F2- 3 3 2 2 1	1985.06	4.47	1.64	0.00	102.98
230	F2- 3 3 2 2 2	1985.06	4.47	1.64	2.17	105.84
231	F2- 3 3 2 2 3	1985.06	4.47	1.64	4.34	114.42
232	F2- 3 3 2 3 1	1985.06	4.47	1.64	0.00	127.14
233	F2- 3 3 2 3 2	1985.06	4.47	1.64	2.17	130.00
234	F2- 3 3 2 3 3	1985.06	4.47	1.64	4.34	138.58
235	F2- 3 3 3 1 1	1985.06	5.33	1.64	0.00	81.37
236	F2- 3 3 3 1 2	1985.06	5.33	1.64	2.17	84.23
237	F2- 3 3 3 1 3	1985.06	5.33	1.64	4.34	92.81
238	F2- 3 3 3 2 1	1985.06	5.33	1.64	0.00	102.98
239	F2- 3 3 3 2 2	1985.06	5.33	1.64	2.17	105.84
240	F2- 3 3 3 2 3	1985.06	5.33	1.64	4.34	114.42
241	F2- 3 3 3 3 1	1985.06	5.33	1.64	0.00	127.14
242	F2- 3 3 3 3 2	1985.06	5.33	1.64	2.17	130.00
243	F2- 3 3 3 3 3	1985.06	5.33	1.64	4.34	138.58

### **B.3. Propiedades estructurales de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos**

Los Cuadros B.8 y B.9 muestran las constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's ( $C_{XA}$ ,  $C_{XB}$ ,  $C_{YA}$ ,  $C_{YB}$ ,  $C_{YC}$ ) de los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente. También se indica la validez de los casos paramétricos, según los criterios explicados en el Capítulo III (ítem 3.4.3).

Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1.

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
1	F1- 1 1 1 1 1	4.5178	0.9868	2.0423	0.9868	Válido
2	F1- 1 1 1 1 2	4.5178	0.6323	1.8318	1.5518	Válido
3	F1- 1 1 1 1 3	4.5178	0.4883	1.2001	2.3275	Válido
4	F1- 1 1 1 2 1	4.5178	1.7822	0.4514	1.7822	Válido
5	F1- 1 1 1 2 2	4.5178	1.4277	0.2408	2.3473	No Válido
6	F1- 1 1 1 2 3	4.5178	1.2838	-0.3909	3.1229	No Válido
7	F1- 1 1 1 3 1	4.5178	2.6713	-1.3267	2.6713	No Válido
8	F1- 1 1 1 3 2	4.5178	2.3168	-1.5373	3.2364	No Válido
9	F1- 1 1 1 3 3	4.5178	2.1729	-2.1690	4.0120	No Válido
10	F1- 1 1 2 1 1	5.4666	0.5651	2.8857	0.5651	No Válido
11	F1- 1 1 2 1 2	5.4666	0.2106	2.6751	1.1302	No Válido
12	F1- 1 1 2 1 3	5.4666	0.0667	2.0434	1.9058	No Válido
13	F1- 1 1 2 2 1	5.4666	1.3606	1.2947	1.3606	Válido
14	F1- 1 1 2 2 2	5.4666	1.0061	1.0841	1.9256	Válido
15	F1- 1 1 2 2 3	5.4666	0.8621	0.4525	2.7013	Válido
16	F1- 1 1 2 3 1	5.4666	2.2496	-0.4834	2.2496	No Válido
17	F1- 1 1 2 3 2	5.4666	1.8951	-0.6940	2.8147	No Válido
18	F1- 1 1 2 3 3	5.4666	1.7512	-1.3257	3.5903	No Válido
19	F1- 1 1 3 1 1	6.5057	0.1033	3.8093	0.1033	No Válido
20	F1- 1 1 3 1 2	6.5057	-0.2512	3.5987	0.6683	No Válido
21	F1- 1 1 3 1 3	6.5057	-0.3952	2.9670	1.4440	No Válido
22	F1- 1 1 3 2 1	6.5057	0.8988	2.2184	0.8988	Válido
23	F1- 1 1 3 2 2	6.5057	0.5442	2.0078	1.4638	Válido
24	F1- 1 1 3 2 3	6.5057	0.4003	1.3761	2.2394	Válido
25	F1- 1 1 3 3 1	6.5057	1.7878	0.4403	1.7878	Válido
26	F1- 1 1 3 3 2	6.5057	1.4333	0.2297	2.3529	No Válido
27	F1- 1 1 3 3 3	6.5057	1.2894	-0.4020	3.1285	No Válido
28	F1- 1 2 1 1 1	3.6595	0.7993	1.6543	0.7993	Válido
29	F1- 1 2 1 1 2	3.6595	0.5121	1.4837	1.2570	Válido
30	F1- 1 2 1 1 3	3.6595	0.3956	0.9720	1.8852	Válido
31	F1- 1 2 1 2 1	3.6595	1.4436	0.3656	1.4436	Válido
32	F1- 1 2 1 2 2	3.6595	1.1565	0.1951	1.9013	No Válido
33	F1- 1 2 1 2 3	3.6595	1.0399	-0.3166	2.5296	No Válido
34	F1- 1 2 1 3 1	3.6595	2.1637	-1.0746	2.1637	No Válido
35	F1- 1 2 1 3 2	3.6595	1.8766	-1.2452	2.6214	No Válido

Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
36	F1- 1 2 1 3 3	3.6595	1.7600	-1.7569	3.2497	No Válido
37	F1- 1 2 2 1 1	4.4279	0.4577	2.3374	0.4577	No Válido
38	F1- 1 2 2 1 2	4.4279	0.1706	2.1668	0.9154	No Válido
39	F1- 1 2 2 1 3	4.4279	0.0540	1.6551	1.5437	No Válido
40	F1- 1 2 2 2 1	4.4279	1.1021	1.0487	1.1021	Válido
41	F1- 1 2 2 2 2	4.4279	0.8149	0.8782	1.5598	Válido
42	F1- 1 2 2 2 3	4.4279	0.6983	0.3665	2.1880	Válido
43	F1- 1 2 2 3 1	4.4279	1.8222	-0.3915	1.8222	No Válido
44	F1- 1 2 2 3 2	4.4279	1.5351	-0.5621	2.2799	No Válido
45	F1- 1 2 2 3 3	4.4279	1.4185	-1.0738	2.9082	No Válido
46	F1- 1 2 3 1 1	5.2696	0.0837	3.0855	0.0837	No Válido
47	F1- 1 2 3 1 2	5.2696	-0.2035	2.9150	0.5414	No Válido
48	F1- 1 2 3 1 3	5.2696	-0.3201	2.4033	1.1696	No Válido
49	F1- 1 2 3 2 1	5.2696	0.7280	1.7969	0.7280	Válido
50	F1- 1 2 3 2 2	5.2696	0.4408	1.6263	1.1857	Válido
51	F1- 1 2 3 2 3	5.2696	0.3243	1.1146	1.8140	Válido
52	F1- 1 2 3 3 1	5.2696	1.4481	0.3566	1.4481	Válido
53	F1- 1 2 3 3 2	5.2696	1.1610	0.1861	1.9058	No Válido
54	F1- 1 2 3 3 3	5.2696	1.0444	-0.3256	2.5341	No Válido
55	F1- 1 3 1 1 1	3.0243	0.6606	1.3672	0.6606	Válido
56	F1- 1 3 1 1 2	3.0243	0.4233	1.2262	1.0388	Válido
57	F1- 1 3 1 1 3	3.0243	0.3269	0.8033	1.5581	Válido
58	F1- 1 3 1 2 1	3.0243	1.1931	0.3022	1.1931	No Válido
59	F1- 1 3 1 2 2	3.0243	0.9558	0.1612	1.5713	No Válido
60	F1- 1 3 1 2 3	3.0243	0.8594	-0.2617	2.0906	No Válido
61	F1- 1 3 1 3 1	3.0243	1.7882	-0.8881	1.7882	No Válido
62	F1- 1 3 1 3 2	3.0243	1.5509	-1.0291	2.1665	No Válido
63	F1- 1 3 1 3 3	3.0243	1.4546	-1.4520	2.6857	No Válido
64	F1- 1 3 2 1 1	3.6595	0.3783	1.9317	0.3783	No Válido
65	F1- 1 3 2 1 2	3.6595	0.1410	1.7908	0.7566	No Válido
66	F1- 1 3 2 1 3	3.6595	0.0446	1.3679	1.2758	No Válido
67	F1- 1 3 2 2 1	3.6595	0.9108	0.8667	0.9108	Válido
68	F1- 1 3 2 2 2	3.6595	0.6735	0.7258	1.2891	Válido
69	F1- 1 3 2 2 3	3.6595	0.5771	0.3029	1.8083	No Válido
70	F1- 1 3 2 3 1	3.6595	1.5059	-0.3236	1.5059	No Válido

Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
71	F1- 1 3 2 3 2	3.6595	1.2686	-0.4645	1.8842	No Válido
72	F1- 1 3 2 3 3	3.6595	1.1723	-0.8874	2.4034	No Válido
73	F1- 1 3 3 1 1	4.3551	0.0691	2.5500	0.0691	No Válido
74	F1- 1 3 3 1 2	4.3551	-0.1682	2.4091	0.4474	No Válido
75	F1- 1 3 3 1 3	4.3551	-0.2645	1.9862	0.9666	No Válido
76	F1- 1 3 3 2 1	4.3551	0.6016	1.4850	0.6016	No Válido
77	F1- 1 3 3 2 2	4.3551	0.3643	1.3441	0.9799	Válido
78	F1- 1 3 3 2 3	4.3551	0.2680	0.9212	1.4991	No Válido
79	F1- 1 3 3 3 1	4.3551	1.1968	0.2947	1.1968	No Válido
80	F1- 1 3 3 3 2	4.3551	0.9595	0.1538	1.5751	No Válido
81	F1- 1 3 3 3 3	4.3551	0.8631	-0.2691	2.0943	No Válido
82	F1- 2 1 1 1 1	4.2423	1.3729	1.0251	1.3729	Válido
83	F1- 2 1 1 1 2	4.2423	1.0569	0.8540	1.8601	Válido
84	F1- 2 1 1 1 3	4.2423	0.9119	0.3406	2.5184	Válido
85	F1- 2 1 1 2 1	4.2423	2.0193	-0.2677	2.0193	No Válido
86	F1- 2 1 1 2 2	4.2423	1.7032	-0.4388	2.5065	No Válido
87	F1- 2 1 1 2 3	4.2423	1.5583	-0.9522	3.1648	No Válido
88	F1- 2 1 1 3 1	4.2423	2.7418	-1.7126	2.7418	No Válido
89	F1- 2 1 1 3 2	4.2423	2.4257	-1.8837	3.2290	No Válido
90	F1- 2 1 1 3 3	4.2423	2.2807	-2.3970	3.8872	No Válido
91	F1- 2 1 2 1 1	5.1332	1.1502	1.4705	1.1502	Válido
92	F1- 2 1 2 1 2	5.1332	0.8341	1.2994	1.6374	Válido
93	F1- 2 1 2 1 3	5.1332	0.6892	0.7861	2.2957	Válido
94	F1- 2 1 2 2 1	5.1332	1.7966	0.1777	1.7966	No Válido
95	F1- 2 1 2 2 2	5.1332	1.4805	0.0066	2.2838	No Válido
96	F1- 2 1 2 2 3	5.1332	1.3356	-0.5067	2.9421	No Válido
97	F1- 2 1 2 3 1	5.1332	2.5190	-1.2672	2.5190	No Válido
98	F1- 2 1 2 3 2	5.1332	2.2030	-1.4383	3.0062	No Válido
99	F1- 2 1 2 3 3	5.1332	2.0580	-1.9516	3.6645	No Válido
100	F1- 2 1 3 1 1	6.1089	0.9063	1.9584	0.9063	Válido
101	F1- 2 1 3 1 2	6.1089	0.5902	1.7873	1.3935	Válido
102	F1- 2 1 3 1 3	6.1089	0.4452	1.2739	2.0517	Válido
103	F1- 2 1 3 2 1	6.1089	1.5527	0.6656	1.5527	Válido
104	F1- 2 1 3 2 2	6.1089	1.2366	0.4945	2.0399	Válido
105	F1- 2 1 3 2 3	6.1089	1.0916	-0.0189	2.6981	No Válido

Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
106	F1- 2 1 3 3 1	6.1089	2.2751	-0.7793	2.2751	No Válido
107	F1- 2 1 3 3 2	6.1089	1.9590	-0.9504	2.7623	No Válido
108	F1- 2 1 3 3 3	6.1089	1.8141	-1.4637	3.4206	No Válido
109	F1- 2 2 1 1 1	3.4362	1.1121	0.8303	1.1121	Válido
110	F1- 2 2 1 1 2	3.4362	0.8560	0.6917	1.5067	Válido
111	F1- 2 2 1 1 3	3.4362	0.7386	0.2759	2.0399	No Válido
112	F1- 2 2 1 2 1	3.4362	1.6357	-0.2169	1.6357	No Válido
113	F1- 2 2 1 2 2	3.4362	1.3796	-0.3555	2.0303	No Válido
114	F1- 2 2 1 2 3	3.4362	1.2622	-0.7712	2.5635	No Válido
115	F1- 2 2 1 3 1	3.4362	2.2208	-1.3872	2.2208	No Válido
116	F1- 2 2 1 3 2	3.4362	1.9648	-1.5258	2.6155	No Válido
117	F1- 2 2 1 3 3	3.4362	1.8474	-1.9416	3.1487	No Válido
118	F1- 2 2 2 1 1	4.1579	0.9317	1.1911	0.9317	Válido
119	F1- 2 2 2 1 2	4.1579	0.6756	1.0525	1.3263	Válido
120	F1- 2 2 2 1 3	4.1579	0.5582	0.6367	1.8595	Válido
121	F1- 2 2 2 2 1	4.1579	1.4553	0.1439	1.4553	No Válido
122	F1- 2 2 2 2 2	4.1579	1.1992	0.0053	1.8499	No Válido
123	F1- 2 2 2 2 3	4.1579	1.0818	-0.4104	2.3831	No Válido
124	F1- 2 2 2 3 1	4.1579	2.0404	-1.0264	2.0404	No Válido
125	F1- 2 2 2 3 2	4.1579	1.7844	-1.1650	2.4350	No Válido
126	F1- 2 2 2 3 3	4.1579	1.6670	-1.5808	2.9683	No Válido
127	F1- 2 2 3 1 1	4.9482	0.7341	1.5863	0.7341	Válido
128	F1- 2 2 3 1 2	4.9482	0.4781	1.4477	1.1287	Válido
129	F1- 2 2 3 1 3	4.9482	0.3606	1.0319	1.6619	Válido
130	F1- 2 2 3 2 1	4.9482	1.2577	0.5391	1.2577	Válido
131	F1- 2 2 3 2 2	4.9482	1.0016	0.4005	1.6523	Válido
132	F1- 2 2 3 2 3	4.9482	0.8842	-0.0153	2.1855	No Válido
133	F1- 2 2 3 3 1	4.9482	1.8428	-0.6313	1.8428	No Válido
134	F1- 2 2 3 3 2	4.9482	1.5868	-0.7698	2.2375	No Válido
135	F1- 2 2 3 3 3	4.9482	1.4694	-1.1856	2.7707	No Válido
136	F1- 2 3 1 1 1	2.8399	0.9191	0.6862	0.9191	Válido
137	F1- 2 3 1 1 2	2.8399	0.7075	0.5717	1.2452	Válido
138	F1- 2 3 1 1 3	2.8399	0.6104	0.2280	1.6859	No Válido
139	F1- 2 3 1 2 1	2.8399	1.3518	-0.1792	1.3518	No Válido
140	F1- 2 3 1 2 2	2.8399	1.1402	-0.2938	1.6779	No Válido



Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
141	F1- 2 3 1 2 3	2.8399	1.0431	-0.6374	2.1186	No Válido
142	F1- 2 3 1 3 1	2.8399	1.8354	-1.1465	1.8354	No Válido
143	F1- 2 3 1 3 2	2.8399	1.6238	-1.2610	2.1615	No Válido
144	F1- 2 3 1 3 3	2.8399	1.5268	-1.6046	2.6022	No Válido
145	F1- 2 3 2 1 1	3.4362	0.7700	0.9844	0.7700	Válido
146	F1- 2 3 2 1 2	3.4362	0.5584	0.8698	1.0961	Válido
147	F1- 2 3 2 1 3	3.4362	0.4613	0.5262	1.5368	Válido
148	F1- 2 3 2 2 1	3.4362	1.2027	0.1190	1.2027	No Válido
149	F1- 2 3 2 2 2	3.4362	0.9911	0.0044	1.5288	No Válido
150	F1- 2 3 2 2 3	3.4362	0.8941	-0.3392	1.9695	No Válido
151	F1- 2 3 2 3 1	3.4362	1.6863	-0.8483	1.6863	No Válido
152	F1- 2 3 2 3 2	3.4362	1.4747	-0.9628	2.0124	No Válido
153	F1- 2 3 2 3 3	3.4362	1.3777	-1.3064	2.4531	No Válido
154	F1- 2 3 3 1 1	4.0894	0.6067	1.3110	0.6067	No Válido
155	F1- 2 3 3 1 2	4.0894	0.3951	1.1964	0.9328	Válido
156	F1- 2 3 3 1 3	4.0894	0.2980	0.8528	1.3735	No Válido
157	F1- 2 3 3 2 1	4.0894	1.0394	0.4455	1.0394	Válido
158	F1- 2 3 3 2 2	4.0894	0.8278	0.3310	1.3655	Válido
159	F1- 2 3 3 2 3	4.0894	0.7308	-0.0126	1.8062	No Válido
160	F1- 2 3 3 3 1	4.0894	1.5230	-0.5217	1.5230	No Válido
161	F1- 2 3 3 3 2	4.0894	1.3114	-0.6362	1.8491	No Válido
162	F1- 2 3 3 3 3	4.0894	1.2144	-0.9799	2.2898	No Válido
163	F1- 3 1 1 1 1	2.4372	0.9075	0.3515	0.9075	Válido
164	F1- 3 1 1 1 2	2.4372	0.7308	0.2603	1.1753	Válido
165	F1- 3 1 1 1 3	2.4372	0.6453	-0.0134	1.5345	No Válido
166	F1- 3 1 1 2 1	2.4372	1.2521	-0.3377	1.2521	No Válido
167	F1- 3 1 1 2 2	2.4372	1.0754	-0.4289	1.5200	No Válido
168	F1- 3 1 1 2 3	2.4372	0.9900	-0.7026	1.8791	No Válido
169	F1- 3 1 1 3 1	2.4372	1.6373	-1.1081	1.6373	No Válido
170	F1- 3 1 1 3 2	2.4372	1.4606	-1.1993	1.9051	No Válido
171	F1- 3 1 1 3 3	2.4372	1.3751	-1.4730	2.2643	No Válido
172	F1- 3 1 2 1 1	2.9491	0.8256	0.5153	0.8256	Válido
173	F1- 3 1 2 1 2	2.9491	0.6489	0.4241	1.0935	Válido
174	F1- 3 1 2 1 3	2.9491	0.5635	0.1504	1.4526	No Válido
175	F1- 3 1 2 2 1	2.9491	1.1702	-0.1739	1.1702	No Válido

Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
176	F1- 3 1 2 2 2	2.9491	0.9935	-0.2652	1.4381	No Válido
177	F1- 3 1 2 2 3	2.9491	0.9081	-0.5388	1.7972	No Válido
178	F1- 3 1 2 3 1	2.9491	1.5554	-0.9443	1.5554	No Válido
179	F1- 3 1 2 3 2	2.9491	1.3787	-1.0355	1.8233	No Válido
180	F1- 3 1 2 3 3	2.9491	1.2933	-1.3092	2.1824	No Válido
181	F1- 3 1 3 1 1	3.5096	0.7359	0.6947	0.7359	Válido
182	F1- 3 1 3 1 2	3.5096	0.5592	0.6035	1.0038	Válido
183	F1- 3 1 3 1 3	3.5096	0.4738	0.3298	1.3629	Válido
184	F1- 3 1 3 2 1	3.5096	1.0805	0.0054	1.0805	No Válido
185	F1- 3 1 3 2 2	3.5096	0.9038	-0.0858	1.3484	No Válido
186	F1- 3 1 3 2 3	3.5096	0.8184	-0.3595	1.7075	No Válido
187	F1- 3 1 3 3 1	3.5096	1.4657	-0.7649	1.4657	No Válido
188	F1- 3 1 3 3 2	3.5096	1.2890	-0.8561	1.7336	No Válido
189	F1- 3 1 3 3 3	3.5096	1.2036	-1.1298	2.0927	No Válido
190	F1- 3 2 1 1 1	1.9742	0.7350	0.2847	0.7350	Válido
191	F1- 3 2 1 1 2	1.9742	0.5919	0.2108	0.9520	Válido
192	F1- 3 2 1 1 3	1.9742	0.5227	-0.0108	1.2429	No Válido
193	F1- 3 2 1 2 1	1.9742	1.0142	-0.2736	1.0142	No Válido
194	F1- 3 2 1 2 2	1.9742	0.8711	-0.3474	1.2312	No Válido
195	F1- 3 2 1 2 3	1.9742	0.8019	-0.5691	1.5221	No Válido
196	F1- 3 2 1 3 1	1.9742	1.3262	-0.8975	1.3262	No Válido
197	F1- 3 2 1 3 2	1.9742	1.1831	-0.9714	1.5432	No Válido
198	F1- 3 2 1 3 3	1.9742	1.1139	-1.1931	1.8340	No Válido
199	F1- 3 2 2 1 1	2.3887	0.6687	0.4174	0.6687	Válido
200	F1- 3 2 2 1 2	2.3887	0.5256	0.3435	0.8857	Válido
201	F1- 3 2 2 1 3	2.3887	0.4564	0.1218	1.1766	No Válido
202	F1- 3 2 2 2 1	2.3887	0.9479	-0.1409	0.9479	No Válido
203	F1- 3 2 2 2 2	2.3887	0.8048	-0.2148	1.1648	No Válido
204	F1- 3 2 2 2 3	2.3887	0.7355	-0.4365	1.4557	No Válido
205	F1- 3 2 2 3 1	2.3887	1.2598	-0.7649	1.2598	No Válido
206	F1- 3 2 2 3 2	2.3887	1.1167	-0.8388	1.4768	No Válido
207	F1- 3 2 2 3 3	2.3887	1.0475	-1.0604	1.7677	No Válido
208	F1- 3 2 3 1 1	2.8428	0.5961	0.5627	0.5961	Válido
209	F1- 3 2 3 1 2	2.8428	0.4530	0.4888	0.8130	Válido
210	F1- 3 2 3 1 3	2.8428	0.3837	0.2671	1.1039	Válido

Cuadro B.8: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	C <sub>YC</sub>	VALIDEZ
211	F1- 3 2 3 2 1	2.8428	0.8752	0.0044	0.8752	No Válido
212	F1- 3 2 3 2 2	2.8428	0.7321	-0.0695	1.0922	No Válido
213	F1- 3 2 3 2 3	2.8428	0.6629	-0.2912	1.3831	No Válido
214	F1- 3 2 3 3 1	2.8428	1.1872	-0.6196	1.1872	No Válido
215	F1- 3 2 3 3 2	2.8428	1.0441	-0.6935	1.4042	No Válido
216	F1- 3 2 3 3 3	2.8428	0.9749	-0.9151	1.6951	No Válido
217	F1- 3 3 1 1 1	1.6315	0.6075	0.2353	0.6075	Válido
218	F1- 3 3 1 1 2	1.6315	0.4892	0.1743	0.7868	No Válido
219	F1- 3 3 1 1 3	1.6315	0.4320	-0.0089	1.0272	No Válido
220	F1- 3 3 1 2 1	1.6315	0.8382	-0.2261	0.8382	No Válido
221	F1- 3 3 1 2 2	1.6315	0.7199	-0.2871	1.0175	No Válido
222	F1- 3 3 1 2 3	1.6315	0.6627	-0.4703	1.2579	No Válido
223	F1- 3 3 1 3 1	1.6315	1.0960	-0.7418	1.0960	No Válido
224	F1- 3 3 1 3 2	1.6315	0.9777	-0.8028	1.2753	No Válido
225	F1- 3 3 1 3 3	1.6315	0.9205	-0.9860	1.5157	No Válido
226	F1- 3 3 2 1 1	1.9742	0.5527	0.3450	0.5527	Válido
227	F1- 3 3 2 1 2	1.9742	0.4344	0.2839	0.7320	Válido
228	F1- 3 3 2 1 3	1.9742	0.3772	0.1007	0.9724	No Válido
229	F1- 3 3 2 2 1	1.9742	0.7834	-0.1164	0.7834	No Válido
230	F1- 3 3 2 2 2	1.9742	0.6651	-0.1775	0.9627	No Válido
231	F1- 3 3 2 2 3	1.9742	0.6079	-0.3607	1.2031	No Válido
232	F1- 3 3 2 3 1	1.9742	1.0412	-0.6321	1.0412	No Válido
233	F1- 3 3 2 3 2	1.9742	0.9229	-0.6932	1.2205	No Válido
234	F1- 3 3 2 3 3	1.9742	0.8657	-0.8764	1.4609	No Válido
235	F1- 3 3 3 1 1	2.3494	0.4926	0.4650	0.4926	Válido
236	F1- 3 3 3 1 2	2.3494	0.3743	0.4040	0.6719	Válido
237	F1- 3 3 3 1 3	2.3494	0.3171	0.2208	0.9123	Válido
238	F1- 3 3 3 2 1	2.3494	0.7233	0.0036	0.7233	No Válido
239	F1- 3 3 3 2 2	2.3494	0.6050	-0.0574	0.9026	No Válido
240	F1- 3 3 3 2 3	2.3494	0.5478	-0.2406	1.1430	No Válido
241	F1- 3 3 3 3 1	2.3494	0.9812	-0.5120	0.9812	No Válido
242	F1- 3 3 3 3 2	2.3494	0.8629	-0.5731	1.1605	No Válido
243	F1- 3 3 3 3 3	2.3494	0.8057	-0.7563	1.4009	No Válido

Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2.

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
1	F2- 1 1 1 1 1	1.3008	1.1685	0.8378	0.8378	Válido
2	F2- 1 1 1 1 2	1.3539	1.0623	0.4160	1.2596	Válido
3	F2- 1 1 1 1 3	1.5132	0.7437	-0.0058	1.6815	No Válido
4	F2- 1 1 1 2 1	1.7020	0.3661	0.8378	0.8378	Válido
5	F2- 1 1 1 2 2	1.7551	0.2599	0.4160	1.2596	No Válido
6	F2- 1 1 1 2 3	1.9144	-0.0586	-0.0058	1.6815	No Válido
7	F2- 1 1 1 3 1	2.1504	-0.5306	0.8378	0.8378	No Válido
8	F2- 1 1 1 3 2	2.2035	-0.6368	0.4160	1.2596	No Válido
9	F2- 1 1 1 3 3	2.3628	-0.9554	-0.0058	1.6815	No Válido
10	F2- 1 1 2 1 1	1.3008	1.9602	0.8378	0.8378	Válido
11	F2- 1 1 2 1 2	1.3539	1.8540	0.4160	1.2596	Válido
12	F2- 1 1 2 1 3	1.5132	1.5354	-0.0058	1.6815	No Válido
13	F2- 1 1 2 2 1	1.7020	1.1579	0.8378	0.8378	Válido
14	F2- 1 1 2 2 2	1.7551	1.0517	0.4160	1.2596	Válido
15	F2- 1 1 2 2 3	1.9144	0.7331	-0.0058	1.6815	No Válido
16	F2- 1 1 2 3 1	2.1504	0.2611	0.8378	0.8378	No Válido
17	F2- 1 1 2 3 2	2.2035	0.1549	0.4160	1.2596	No Válido
18	F2- 1 1 2 3 3	2.3628	-0.1637	-0.0058	1.6815	No Válido
19	F2- 1 1 3 1 1	1.3008	2.8273	0.8378	0.8378	Válido
20	F2- 1 1 3 1 2	1.3539	2.7211	0.4160	1.2596	Válido
21	F2- 1 1 3 1 3	1.5132	2.4026	-0.0058	1.6815	No Válido
22	F2- 1 1 3 2 1	1.7020	2.0250	0.8378	0.8378	Válido
23	F2- 1 1 3 2 2	1.7551	1.9188	0.4160	1.2596	Válido
24	F2- 1 1 3 2 3	1.9144	1.6002	-0.0058	1.6815	No Válido
25	F2- 1 1 3 3 1	2.1504	1.1283	0.8378	0.8378	Válido
26	F2- 1 1 3 3 2	2.2035	1.0221	0.4160	1.2596	Válido
27	F2- 1 1 3 3 3	2.3628	0.7035	-0.0058	1.6815	No Válido
28	F2- 1 2 1 1 1	1.0537	0.9465	0.6786	0.6786	Válido
29	F2- 1 2 1 1 2	1.0967	0.8604	0.3369	1.0203	Válido
30	F2- 1 2 1 1 3	1.2257	0.6024	-0.0047	1.3620	No Válido
31	F2- 1 2 1 2 1	1.3786	0.2966	0.6786	0.6786	No Válido
32	F2- 1 2 1 2 2	1.4216	0.2105	0.3369	1.0203	No Válido
33	F2- 1 2 1 2 3	1.5507	-0.0475	-0.0047	1.3620	No Válido
34	F2- 1 2 1 3 1	1.7418	-0.4298	0.6786	0.6786	No Válido
35	F2- 1 2 1 3 2	1.7848	-0.5158	0.3369	1.0203	No Válido

Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
36	F2- 1 2 1 3 3	1.9138	-0.7739	-0.0047	1.3620	No Válido
37	F2- 1 2 2 1 1	1.0537	1.5878	0.6786	0.6786	Válido
38	F2- 1 2 2 1 2	1.0967	1.5017	0.3369	1.0203	Válido
39	F2- 1 2 2 1 3	1.2257	1.2437	-0.0047	1.3620	No Válido
40	F2- 1 2 2 2 1	1.3786	0.9379	0.6786	0.6786	Válido
41	F2- 1 2 2 2 2	1.4216	0.8518	0.3369	1.0203	Válido
42	F2- 1 2 2 2 3	1.5507	0.5938	-0.0047	1.3620	No Válido
43	F2- 1 2 2 3 1	1.7418	0.2115	0.6786	0.6786	No Válido
44	F2- 1 2 2 3 2	1.7848	0.1255	0.3369	1.0203	No Válido
45	F2- 1 2 2 3 3	1.9138	-0.1326	-0.0047	1.3620	No Válido
46	F2- 1 2 3 1 1	1.0537	2.2901	0.6786	0.6786	Válido
47	F2- 1 2 3 1 2	1.0967	2.2041	0.3369	1.0203	Válido
48	F2- 1 2 3 1 3	1.2257	1.9461	-0.0047	1.3620	No Válido
49	F2- 1 2 3 2 1	1.3786	1.6402	0.6786	0.6786	Válido
50	F2- 1 2 3 2 2	1.4216	1.5542	0.3369	1.0203	Válido
51	F2- 1 2 3 2 3	1.5507	1.2962	-0.0047	1.3620	No Válido
52	F2- 1 2 3 3 1	1.7418	0.9139	0.6786	0.6786	Válido
53	F2- 1 2 3 3 2	1.7848	0.8279	0.3369	1.0203	Válido
54	F2- 1 2 3 3 3	1.9138	0.5698	-0.0047	1.3620	No Válido
55	F2- 1 3 1 1 1	0.8708	0.7822	0.5608	0.5608	No Válido
56	F2- 1 3 1 1 2	0.9064	0.7111	0.2785	0.8432	No Válido
57	F2- 1 3 1 1 3	1.0130	0.4978	-0.0039	1.1256	No Válido
58	F2- 1 3 1 2 1	1.1394	0.2451	0.5608	0.5608	No Válido
59	F2- 1 3 1 2 2	1.1749	0.1740	0.2785	0.8432	No Válido
60	F2- 1 3 1 2 3	1.2815	-0.0393	-0.0039	1.1256	No Válido
61	F2- 1 3 1 3 1	1.4395	-0.3552	0.5608	0.5608	No Válido
62	F2- 1 3 1 3 2	1.4751	-0.4263	0.2785	0.8432	No Válido
63	F2- 1 3 1 3 3	1.5817	-0.6396	-0.0039	1.1256	No Válido
64	F2- 1 3 2 1 1	0.8708	1.3122	0.5608	0.5608	No Válido
65	F2- 1 3 2 1 2	0.9064	1.2411	0.2785	0.8432	No Válido
66	F2- 1 3 2 1 3	1.0130	1.0278	-0.0039	1.1256	No Válido
67	F2- 1 3 2 2 1	1.1394	0.7751	0.5608	0.5608	No Válido
68	F2- 1 3 2 2 2	1.1749	0.7040	0.2785	0.8432	No Válido
69	F2- 1 3 2 2 3	1.2815	0.4907	-0.0039	1.1256	No Válido
70	F2- 1 3 2 3 1	1.4395	0.1748	0.5608	0.5608	No Válido

Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
71	F2- 1 3 2 3 2	1.4751	0.1037	0.2785	0.8432	No Válido
72	F2- 1 3 2 3 3	1.5817	-0.1096	-0.0039	1.1256	No Válido
73	F2- 1 3 3 1 1	0.8708	1.8927	0.5608	0.5608	No Válido
74	F2- 1 3 3 1 2	0.9064	1.8216	0.2785	0.8432	No Válido
75	F2- 1 3 3 1 3	1.0130	1.6083	-0.0039	1.1256	No Válido
76	F2- 1 3 3 2 1	1.1394	1.3556	0.5608	0.5608	No Válido
77	F2- 1 3 3 2 2	1.1749	1.2845	0.2785	0.8432	No Válido
78	F2- 1 3 3 2 3	1.2815	1.0712	-0.0039	1.1256	No Válido
79	F2- 1 3 3 3 1	1.4395	0.7553	0.5608	0.5608	No Válido
80	F2- 1 3 3 3 2	1.4751	0.6842	0.2785	0.8432	No Válido
81	F2- 1 3 3 3 3	1.5817	0.4709	-0.0039	1.1256	No Válido
82	F2- 2 1 1 1 1	2.0886	0.8108	1.1085	1.1085	Válido
83	F2- 2 1 1 1 2	2.2010	0.5860	0.7555	1.4614	Válido
84	F2- 2 1 1 1 3	2.5382	-0.0884	0.4025	1.8144	No Válido
85	F2- 2 1 1 2 1	2.9379	-0.8877	1.1085	1.1085	No Válido
86	F2- 2 1 1 2 2	3.0503	-1.1125	0.7555	1.4614	No Válido
87	F2- 2 1 1 2 3	3.3875	-1.7868	0.4025	1.8144	No Válido
88	F2- 2 1 1 3 1	3.8870	-2.7859	1.1085	1.1085	No Válido
89	F2- 2 1 1 3 2	3.9994	-3.0107	0.7555	1.4614	No Válido
90	F2- 2 1 1 3 3	4.3366	-3.6851	0.4025	1.8144	No Válido
91	F2- 2 1 2 1 1	2.0886	1.8583	1.1085	1.1085	Válido
92	F2- 2 1 2 1 2	2.2010	1.6335	0.7555	1.4614	Válido
93	F2- 2 1 2 1 3	2.5382	0.9591	0.4025	1.8144	Válido
94	F2- 2 1 2 2 1	2.9379	0.1598	1.1085	1.1085	No Válido
95	F2- 2 1 2 2 2	3.0503	-0.0650	0.7555	1.4614	No Válido
96	F2- 2 1 2 2 3	3.3875	-0.7393	0.4025	1.8144	No Válido
97	F2- 2 1 2 3 1	3.8870	-1.7384	1.1085	1.1085	No Válido
98	F2- 2 1 2 3 2	3.9994	-1.9632	0.7555	1.4614	No Válido
99	F2- 2 1 2 3 3	4.3366	-2.6376	0.4025	1.8144	No Válido
100	F2- 2 1 3 1 1	2.0886	3.0056	1.1085	1.1085	Válido
101	F2- 2 1 3 1 2	2.2010	2.7808	0.7555	1.4614	Válido
102	F2- 2 1 3 1 3	2.5382	2.1064	0.4025	1.8144	Válido
103	F2- 2 1 3 2 1	2.9379	1.3071	1.1085	1.1085	Válido
104	F2- 2 1 3 2 2	3.0503	1.0823	0.7555	1.4614	Válido
105	F2- 2 1 3 2 3	3.3875	0.4079	0.4025	1.8144	Válido

Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
106	F2- 2 1 3 3 1	3.8870	-0.5912	1.1085	1.1085	No Válido
107	F2- 2 1 3 3 2	3.9994	-0.8160	0.7555	1.4614	No Válido
108	F2- 2 1 3 3 3	4.3366	-1.4904	0.4025	1.8144	No Válido
109	F2- 2 2 1 1 1	1.6918	0.6568	0.8979	0.8979	Válido
110	F2- 2 2 1 1 2	1.7828	0.4747	0.6119	1.1838	Válido
111	F2- 2 2 1 1 3	2.0560	-0.0716	0.3260	1.4697	No Válido
112	F2- 2 2 1 2 1	2.3797	-0.7190	0.8979	0.8979	No Válido
113	F2- 2 2 1 2 2	2.4707	-0.9011	0.6119	1.1838	No Válido
114	F2- 2 2 1 2 3	2.7438	-1.4473	0.3260	1.4697	No Válido
115	F2- 2 2 1 3 1	3.1485	-2.2566	0.8979	0.8979	No Válido
116	F2- 2 2 1 3 2	3.2395	-2.4387	0.6119	1.1838	No Válido
117	F2- 2 2 1 3 3	3.5126	-2.9849	0.3260	1.4697	No Válido
118	F2- 2 2 2 1 1	1.6918	1.5052	0.8979	0.8979	Válido
119	F2- 2 2 2 1 2	1.7828	1.3231	0.6119	1.1838	Válido
120	F2- 2 2 2 1 3	2.0560	0.7769	0.3260	1.4697	Válido
121	F2- 2 2 2 2 1	2.3797	0.1295	0.8979	0.8979	No Válido
122	F2- 2 2 2 2 2	2.4707	-0.0526	0.6119	1.1838	No Válido
123	F2- 2 2 2 2 3	2.7438	-0.5989	0.3260	1.4697	No Válido
124	F2- 2 2 2 3 1	3.1485	-1.4081	0.8979	0.8979	No Válido
125	F2- 2 2 2 3 2	3.2395	-1.5902	0.6119	1.1838	No Válido
126	F2- 2 2 2 3 3	3.5126	-2.1365	0.3260	1.4697	No Válido
127	F2- 2 2 3 1 1	1.6918	2.4345	0.8979	0.8979	Válido
128	F2- 2 2 3 1 2	1.7828	2.2524	0.6119	1.1838	Válido
129	F2- 2 2 3 1 3	2.0560	1.7062	0.3260	1.4697	Válido
130	F2- 2 2 3 2 1	2.3797	1.0588	0.8979	0.8979	Válido
131	F2- 2 2 3 2 2	2.4707	0.8767	0.6119	1.1838	Válido
132	F2- 2 2 3 2 3	2.7438	0.3304	0.3260	1.4697	Válido
133	F2- 2 2 3 3 1	3.1485	-0.4789	0.8979	0.8979	No Válido
134	F2- 2 2 3 3 2	3.2395	-0.6609	0.6119	1.1838	No Válido
135	F2- 2 2 3 3 3	3.5126	-1.2072	0.3260	1.4697	No Válido
136	F2- 2 3 1 1 1	1.3982	0.5428	0.7420	0.7420	Válido
137	F2- 2 3 1 1 2	1.4734	0.3923	0.5057	0.9783	Válido
138	F2- 2 3 1 1 3	1.6991	-0.0592	0.2695	1.2146	No Válido
139	F2- 2 3 1 2 1	1.9667	-0.5942	0.7420	0.7420	No Válido
140	F2- 2 3 1 2 2	2.0419	-0.7447	0.5057	0.9783	No Válido

Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
141	F2- 2 3 1 2 3	2.2676	-1.1962	0.2695	1.2146	No Válido
142	F2- 2 3 1 3 1	2.6020	-1.8650	0.7420	0.7420	No Válido
143	F2- 2 3 1 3 2	2.6773	-2.0154	0.5057	0.9783	No Válido
144	F2- 2 3 1 3 3	2.9030	-2.4669	0.2695	1.2146	No Válido
145	F2- 2 3 2 1 1	1.3982	1.2440	0.7420	0.7420	Válido
146	F2- 2 3 2 1 2	1.4734	1.0935	0.5057	0.9783	Válido
147	F2- 2 3 2 1 3	1.6991	0.6421	0.2695	1.2146	No Válido
148	F2- 2 3 2 2 1	1.9667	0.1070	0.7420	0.7420	No Válido
149	F2- 2 3 2 2 2	2.0419	-0.0435	0.5057	0.9783	No Válido
150	F2- 2 3 2 2 3	2.2676	-0.4949	0.2695	1.2146	No Válido
151	F2- 2 3 2 3 1	2.6020	-1.1637	0.7420	0.7420	No Válido
152	F2- 2 3 2 3 2	2.6773	-1.3142	0.5057	0.9783	No Válido
153	F2- 2 3 2 3 3	2.9030	-1.7657	0.2695	1.2146	No Válido
154	F2- 2 3 3 1 1	1.3982	2.0120	0.7420	0.7420	Válido
155	F2- 2 3 3 1 2	1.4734	1.8615	0.5057	0.9783	Válido
156	F2- 2 3 3 1 3	1.6991	1.4101	0.2695	1.2146	No Válido
157	F2- 2 3 3 2 1	1.9667	0.8750	0.7420	0.7420	Válido
158	F2- 2 3 3 2 2	2.0419	0.7245	0.5057	0.9783	Válido
159	F2- 2 3 3 2 3	2.2676	0.2731	0.2695	1.2146	No Válido
160	F2- 2 3 3 3 1	2.6020	-0.3957	0.7420	0.7420	No Válido
161	F2- 2 3 3 3 2	2.6773	-0.5462	0.5057	0.9783	No Válido
162	F2- 2 3 3 3 3	2.9030	-0.9977	0.2695	1.2146	No Válido
163	F2- 3 1 1 1 1	2.9917	-0.4590	1.2276	1.2276	No Válido
164	F2- 3 1 1 1 2	3.1940	-0.8635	0.8954	1.5599	No Válido
165	F2- 3 1 1 1 3	3.8008	-2.0773	0.5632	1.8921	No Válido
166	F2- 3 1 1 2 1	4.5201	-3.5157	1.2276	1.2276	No Válido
167	F2- 3 1 1 2 2	4.7223	-3.9203	0.8954	1.5599	No Válido
168	F2- 3 1 1 2 3	5.3292	-5.1340	0.5632	1.8921	No Válido
169	F2- 3 1 1 3 1	6.2282	-6.9321	1.2276	1.2276	No Válido
170	F2- 3 1 1 3 2	6.4305	-7.3367	0.8954	1.5599	No Válido
171	F2- 3 1 1 3 3	7.0374	-8.5504	0.5632	1.8921	No Válido
172	F2- 3 1 2 1 1	2.9917	0.7011	1.2276	1.2276	Válido
173	F2- 3 1 2 1 2	3.1940	0.2966	0.8954	1.5599	No Válido
174	F2- 3 1 2 1 3	3.8008	-0.9171	0.5632	1.8921	No Válido
175	F2- 3 1 2 2 1	4.5201	-2.3556	1.2276	1.2276	No Válido



Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
176	F2- 3 1 2 2 2	4.7223	-2.7602	0.8954	1.5599	No Válido
177	F2- 3 1 2 2 3	5.3292	-3.9739	0.5632	1.8921	No Válido
178	F2- 3 1 2 3 1	6.2282	-5.7720	1.2276	1.2276	No Válido
179	F2- 3 1 2 3 2	6.4305	-6.1765	0.8954	1.5599	No Válido
180	F2- 3 1 2 3 3	7.0374	-7.3902	0.5632	1.8921	No Válido
181	F2- 3 1 3 1 1	2.9917	1.9718	1.2276	1.2276	Válido
182	F2- 3 1 3 1 2	3.1940	1.5672	0.8954	1.5599	Válido
183	F2- 3 1 3 1 3	3.8008	0.3535	0.5632	1.8921	Válido
184	F2- 3 1 3 2 1	4.5201	-1.0850	1.2276	1.2276	No Válido
185	F2- 3 1 3 2 2	4.7223	-1.4896	0.8954	1.5599	No Válido
186	F2- 3 1 3 2 3	5.3292	-2.7033	0.5632	1.8921	No Válido
187	F2- 3 1 3 3 1	6.2282	-4.5014	1.2276	1.2276	No Válido
188	F2- 3 1 3 3 2	6.4305	-4.9059	0.8954	1.5599	No Válido
189	F2- 3 1 3 3 3	7.0374	-6.1196	0.5632	1.8921	No Válido
190	F2- 3 2 1 1 1	2.4233	-0.3718	0.9944	0.9944	No Válido
191	F2- 3 2 1 1 2	2.5871	-0.6995	0.7253	1.2635	No Válido
192	F2- 3 2 1 1 3	3.0787	-1.6826	0.4562	1.5326	No Válido
193	F2- 3 2 1 2 1	3.6612	-2.8477	0.9944	0.9944	No Válido
194	F2- 3 2 1 2 2	3.8251	-3.1754	0.7253	1.2635	No Válido
195	F2- 3 2 1 2 3	4.3166	-4.1585	0.4562	1.5326	No Válido
196	F2- 3 2 1 3 1	5.0449	-5.6150	0.9944	0.9944	No Válido
197	F2- 3 2 1 3 2	5.2087	-5.9427	0.7253	1.2635	No Válido
198	F2- 3 2 1 3 3	5.7003	-6.9258	0.4562	1.5326	No Válido
199	F2- 3 2 2 1 1	2.4233	0.5679	0.9944	0.9944	Válido
200	F2- 3 2 2 1 2	2.5871	0.2402	0.7253	1.2635	No Válido
201	F2- 3 2 2 1 3	3.0787	-0.7429	0.4562	1.5326	No Válido
202	F2- 3 2 2 2 1	3.6612	-1.9080	0.9944	0.9944	No Válido
203	F2- 3 2 2 2 2	3.8251	-2.2357	0.7253	1.2635	No Válido
204	F2- 3 2 2 2 3	4.3166	-3.2188	0.4562	1.5326	No Válido
205	F2- 3 2 2 3 1	5.0449	-4.6753	0.9944	0.9944	No Válido
206	F2- 3 2 2 3 2	5.2087	-5.0030	0.7253	1.2635	No Válido
207	F2- 3 2 2 3 3	5.7003	-5.9861	0.4562	1.5326	No Válido
208	F2- 3 2 3 1 1	2.4233	1.5971	0.9944	0.9944	Válido
209	F2- 3 2 3 1 2	2.5871	1.2694	0.7253	1.2635	Válido
210	F2- 3 2 3 1 3	3.0787	0.2863	0.4562	1.5326	No Válido

Cuadro B.9: Constantes de proporcionalidad de las matrices de rigidez lateral de los muros de los METP's y validez de los casos paramétricos tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	C <sub>XA</sub>	C <sub>XB</sub>	C <sub>YA</sub>	C <sub>YB</sub>	VALIDEZ
211	F2- 3 2 3 2 1	3.6612	-0.8788	0.9944	0.9944	No Válido
212	F2- 3 2 3 2 2	3.8251	-1.2065	0.7253	1.2635	No Válido
213	F2- 3 2 3 2 3	4.3166	-2.1896	0.4562	1.5326	No Válido
214	F2- 3 2 3 3 1	5.0449	-3.6461	0.9944	0.9944	No Válido
215	F2- 3 2 3 3 2	5.2087	-3.9738	0.7253	1.2635	No Válido
216	F2- 3 2 3 3 3	5.7003	-4.9569	0.4562	1.5326	No Válido
217	F2- 3 3 1 1 1	2.0027	-0.3072	0.8218	0.8218	No Válido
218	F2- 3 3 1 1 2	2.1381	-0.5781	0.5994	1.0442	No Válido
219	F2- 3 3 1 1 3	2.5443	-1.3906	0.3770	1.2666	No Válido
220	F2- 3 3 1 2 1	3.0258	-2.3535	0.8218	0.8218	No Válido
221	F2- 3 3 1 2 2	3.1612	-2.6243	0.5994	1.0442	No Válido
222	F2- 3 3 1 2 3	3.5675	-3.4368	0.3770	1.2666	No Válido
223	F2- 3 3 1 3 1	4.1693	-4.6405	0.8218	0.8218	No Válido
224	F2- 3 3 1 3 2	4.3047	-4.9113	0.5994	1.0442	No Válido
225	F2- 3 3 1 3 3	4.7110	-5.7238	0.3770	1.2666	No Válido
226	F2- 3 3 2 1 1	2.0027	0.4694	0.8218	0.8218	Válido
227	F2- 3 3 2 1 2	2.1381	0.1985	0.5994	1.0442	No Válido
228	F2- 3 3 2 1 3	2.5443	-0.6139	0.3770	1.2666	No Válido
229	F2- 3 3 2 2 1	3.0258	-1.5769	0.8218	0.8218	No Válido
230	F2- 3 3 2 2 2	3.1612	-1.8477	0.5994	1.0442	No Válido
231	F2- 3 3 2 2 3	3.5675	-2.6602	0.3770	1.2666	No Válido
232	F2- 3 3 2 3 1	4.1693	-3.8639	0.8218	0.8218	No Válido
233	F2- 3 3 2 3 2	4.3047	-4.1347	0.5994	1.0442	No Válido
234	F2- 3 3 2 3 3	4.7110	-4.9472	0.3770	1.2666	No Válido
235	F2- 3 3 3 1 1	2.0027	1.3199	0.8218	0.8218	Válido
236	F2- 3 3 3 1 2	2.1381	1.0491	0.5994	1.0442	Válido
237	F2- 3 3 3 1 3	2.5443	0.2366	0.3770	1.2666	No Válido
238	F2- 3 3 3 2 1	3.0258	-0.7263	0.8218	0.8218	No Válido
239	F2- 3 3 3 2 2	3.1612	-0.9971	0.5994	1.0442	No Válido
240	F2- 3 3 3 2 3	3.5675	-1.8096	0.3770	1.2666	No Válido
241	F2- 3 3 3 3 1	4.1693	-3.0133	0.8218	0.8218	No Válido
242	F2- 3 3 3 3 2	4.3047	-3.2841	0.5994	1.0442	No Válido
243	F2- 3 3 3 3 3	4.7110	-4.0966	0.3770	1.2666	No Válido

#### **B.4. Propiedades y características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales**

Los Cuadros B.10 y B.11 muestran las propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 y F2, respectivamente. Las propiedades geométricas mostradas son el área de corte ( $A_{sXA}$ ,  $A_{sXB}$ ,  $A_{sYA}$ ,  $A_{sYB}$ ,  $A_{sYC}$ ) y el momento de inercia ( $I_{XA}$ ,  $I_{XB}$ ,  $I_{YA}$ ,  $I_{YB}$ ,  $I_{YC}$ ) de la sección transversal de los muros.

Finalmente, los Cuadros B.12 y B.13 muestran las características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 y F2, respectivamente. Las características geométricas mostradas son la longitud ( $L_{XA}$ ,  $L_{XB}$ ,  $L_{YA}$ ,  $L_{YB}$ ,  $L_{YC}$ ) y el espesor ( $t_{XA}$ ,  $t_{XB}$ ,  $t_{YA}$ ,  $t_{YB}$ ,  $t_{YC}$ ) de los muros.

Cuadro B.10: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1.

Caso	ID	MURO XA		MURO YA		MURO YB		MURO YC	
		A <sub>sXA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>XA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYB</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YB</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYC</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YC</sub> (m <sup>4</sup> )
1	F1- 1 1 1 1 1	2.541	10.155	0.555	2.218	1.149	4.591	0.555	2.218
2	F1- 1 1 1 1 2	2.541	10.155	0.356	1.421	1.030	4.117	0.873	3.488
3	F1- 1 1 1 1 3	2.541	10.155	0.275	1.098	0.675	2.697	1.309	5.232
4	F1- 1 1 1 2 1	2.541	10.155	1.003	4.006	0.254	1.015	1.003	4.006
13	F1- 1 1 2 2 1	3.075	12.287	0.765	3.058	0.728	2.910	0.765	3.058
14	F1- 1 1 2 2 2	3.075	12.287	0.566	2.261	0.610	2.437	1.083	4.328
15	F1- 1 1 2 2 3	3.075	12.287	0.485	1.938	0.255	1.017	1.519	6.072
22	F1- 1 1 3 2 1	3.659	14.623	0.506	2.020	1.248	4.986	0.506	2.020
23	F1- 1 1 3 2 2	3.659	14.623	0.306	1.223	1.129	4.513	0.823	3.290
24	F1- 1 1 3 2 3	3.659	14.623	0.225	0.900	0.774	3.093	1.260	5.034
25	F1- 1 1 3 3 1	3.659	14.623	1.006	4.018	0.248	0.990	1.006	4.018
28	F1- 1 2 1 1 1	2.058	8.225	0.450	1.797	0.931	3.718	0.450	1.797
29	F1- 1 2 1 1 2	2.058	8.225	0.288	1.151	0.835	3.335	0.707	2.825
30	F1- 1 2 1 1 3	2.058	8.225	0.222	0.889	0.547	2.185	1.060	4.238
31	F1- 1 2 1 2 1	2.058	8.225	0.812	3.245	0.206	0.822	0.812	3.245
40	F1- 1 2 2 2 1	2.491	9.953	0.620	2.477	0.590	2.357	0.620	2.477
41	F1- 1 2 2 2 2	2.491	9.953	0.458	1.832	0.494	1.974	0.877	3.506
42	F1- 1 2 2 2 3	2.491	9.953	0.393	1.570	0.206	0.824	1.231	4.918
49	F1- 1 2 3 2 1	2.964	11.845	0.409	1.636	1.011	4.039	0.409	1.636
50	F1- 1 2 3 2 2	2.964	11.845	0.248	0.991	0.915	3.656	0.667	2.665
51	F1- 1 2 3 2 3	2.964	11.845	0.182	0.729	0.627	2.505	1.020	4.077
52	F1- 1 2 3 3 1	2.964	11.845	0.815	3.255	0.201	0.802	0.815	3.255
55	F1- 1 3 1 1 1	1.701	6.798	0.372	1.485	0.769	3.073	0.372	1.485
56	F1- 1 3 1 1 2	1.701	6.798	0.238	0.951	0.690	2.756	0.584	2.335
57	F1- 1 3 1 1 3	1.701	6.798	0.184	0.735	0.452	1.806	0.876	3.502
67	F1- 1 3 2 2 1	2.058	8.225	0.512	2.047	0.488	1.948	0.512	2.047
68	F1- 1 3 2 2 2	2.058	8.225	0.379	1.514	0.408	1.631	0.725	2.897
77	F1- 1 3 3 2 2	2.450	9.789	0.205	0.819	0.756	3.021	0.551	2.203
82	F1- 2 1 1 1 1	3.023	16.816	0.978	5.442	0.730	4.063	0.978	5.442
83	F1- 2 1 1 1 2	3.023	16.816	0.753	4.189	0.608	3.385	1.325	7.373
84	F1- 2 1 1 1 3	3.023	16.816	0.650	3.615	0.243	1.350	1.794	9.983
91	F1- 2 1 2 1 1	3.657	20.347	0.820	4.559	1.048	5.829	0.820	4.559
92	F1- 2 1 2 1 2	3.657	20.347	0.594	3.306	0.926	5.151	1.167	6.490
93	F1- 2 1 2 1 3	3.657	20.347	0.491	2.732	0.560	3.116	1.636	9.100
100	F1- 2 1 3 1 1	4.353	24.215	0.646	3.592	1.395	7.763	0.646	3.592

Cuadro B.10: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO YA		MURO YB		MURO YC	
		A <sub>sXA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>XA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYB</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YB</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYC</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YC</sub> (m <sup>4</sup> )
101	F1- 2 1 3 1 2	4.353	24.215	0.421	2.339	1.273	7.084	0.993	5.523
102	F1- 2 1 3 1 3	4.353	24.215	0.317	1.765	0.908	5.050	1.462	8.133
103	F1- 2 1 3 2 1	4.353	24.215	1.106	6.155	0.474	2.638	1.106	6.155
104	F1- 2 1 3 2 2	4.353	24.215	0.881	4.902	0.352	1.960	1.453	8.086
109	F1- 2 2 1 1 1	2.448	13.621	0.792	4.408	0.592	3.291	0.792	4.408
110	F1- 2 2 1 1 2	2.448	13.621	0.610	3.393	0.493	2.742	1.074	5.972
118	F1- 2 2 2 1 1	2.962	16.481	0.664	3.693	0.849	4.721	0.664	3.693
119	F1- 2 2 2 1 2	2.962	16.481	0.481	2.678	0.750	4.172	0.945	5.257
120	F1- 2 2 2 1 3	2.962	16.481	0.398	2.213	0.454	2.524	1.325	7.371
127	F1- 2 2 3 1 1	3.526	19.614	0.523	2.910	1.130	6.288	0.523	2.910
128	F1- 2 2 3 1 2	3.526	19.614	0.341	1.895	1.031	5.738	0.804	4.474
129	F1- 2 2 3 1 3	3.526	19.614	0.257	1.430	0.735	4.090	1.184	6.588
130	F1- 2 2 3 2 1	3.526	19.614	0.896	4.985	0.384	2.137	0.896	4.985
131	F1- 2 2 3 2 2	3.526	19.614	0.714	3.970	0.285	1.588	1.177	6.549
136	F1- 2 3 1 1 1	2.023	11.257	0.655	3.643	0.489	2.720	0.655	3.643
137	F1- 2 3 1 1 2	2.023	11.257	0.504	2.804	0.407	2.266	0.887	4.936
145	F1- 2 3 2 1 1	2.448	13.621	0.549	3.052	0.701	3.902	0.549	3.052
146	F1- 2 3 2 1 2	2.448	13.621	0.398	2.213	0.620	3.448	0.781	4.345
147	F1- 2 3 2 1 3	2.448	13.621	0.329	1.829	0.375	2.086	1.095	6.092
155	F1- 2 3 3 1 2	2.914	16.210	0.282	1.566	0.852	4.742	0.665	3.698
157	F1- 2 3 3 2 1	2.914	16.210	0.741	4.120	0.317	1.766	0.741	4.120
158	F1- 2 3 3 2 2	2.914	16.210	0.590	3.281	0.236	1.312	0.973	5.413
163	F1- 3 1 1 1 1	3.504	25.571	1.304	9.521	0.505	3.688	1.304	9.521
164	F1- 3 1 1 1 2	3.504	25.571	1.051	7.667	0.374	2.731	1.690	12.332
172	F1- 3 1 2 1 1	4.239	30.941	1.187	8.662	0.741	5.407	1.187	8.662
173	F1- 3 1 2 1 2	4.239	30.941	0.933	6.808	0.610	4.449	1.572	11.472
181	F1- 3 1 3 1 1	5.045	36.823	1.058	7.721	0.999	7.289	1.058	7.721
182	F1- 3 1 3 1 2	5.045	36.823	0.804	5.867	0.867	6.332	1.443	10.531
183	F1- 3 1 3 1 3	5.045	36.823	0.681	4.971	0.474	3.460	1.959	14.299
190	F1- 3 2 1 1 1	2.838	20.713	1.057	7.712	0.409	2.987	1.057	7.712
191	F1- 3 2 1 1 2	2.838	20.713	0.851	6.211	0.303	2.212	1.369	9.989
199	F1- 3 2 2 1 1	3.434	25.062	0.961	7.016	0.600	4.379	0.961	7.016
200	F1- 3 2 2 1 2	3.434	25.062	0.756	5.515	0.494	3.604	1.273	9.293

Cuadro B.10: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO YA		MURO YB		MURO YC	
		A <sub>sXA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>XA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYB</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YB</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYC</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YC</sub> (m <sup>4</sup> )
208	F1- 3 2 3 1 1	4.087	29.826	0.857	6.254	0.809	5.904	0.857	6.254
209	F1- 3 2 3 1 2	4.087	29.826	0.651	4.752	0.703	5.129	1.169	8.530
210	F1- 3 2 3 1 3	4.087	29.826	0.552	4.026	0.384	2.803	1.587	11.582
217	F1- 3 3 1 1 1	2.345	17.118	0.873	6.374	0.338	2.469	0.873	6.374
226	F1- 3 3 2 1 1	2.838	20.713	0.794	5.798	0.496	3.619	0.794	5.798
227	F1- 3 3 2 1 2	2.838	20.713	0.624	4.558	0.408	2.979	1.052	7.680
235	F1- 3 3 3 1 1	3.377	24.650	0.708	5.168	0.668	4.879	0.708	5.168
236	F1- 3 3 3 1 2	3.377	24.650	0.538	3.928	0.581	4.238	0.966	7.050
237	F1- 3 3 3 1 3	3.377	24.650	0.456	3.327	0.317	2.316	1.311	9.572

Cuadro B.11: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2.

Caso	ID	MURO XA		MURO XB		MURO YA		MURO YB	
		A <sub>sXA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>XA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sXB</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>XB</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYA</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YA</sub> (m <sup>4</sup> )	A <sub>sYB</sub> (m <sup>2</sup> )	I <sub>YB</sub> (m <sup>4</sup> )
1	F2- 1 1 1 1 1	0.634	2.077	0.570	1.866	0.408	1.338	0.408	1.338
2	F2- 1 1 1 1 2	0.660	2.162	0.518	1.696	0.203	0.664	0.614	2.012
4	F2- 1 1 1 2 1	0.830	2.718	0.178	0.585	0.408	1.338	0.408	1.338
10	F2- 1 1 2 1 1	0.634	2.077	0.956	3.130	0.408	1.338	0.408	1.338
11	F2- 1 1 2 1 2	0.660	2.162	0.904	2.961	0.203	0.664	0.614	2.012
13	F2- 1 1 2 2 1	0.830	2.718	0.564	1.849	0.408	1.338	0.408	1.338
14	F2- 1 1 2 2 2	0.856	2.803	0.513	1.679	0.203	0.664	0.614	2.012
19	F2- 1 1 3 1 1	0.634	2.077	1.378	4.515	0.408	1.338	0.408	1.338
20	F2- 1 1 3 1 2	0.660	2.162	1.327	4.345	0.203	0.664	0.614	2.012
22	F2- 1 1 3 2 1	0.830	2.718	0.987	3.234	0.408	1.338	0.408	1.338
23	F2- 1 1 3 2 2	0.856	2.803	0.935	3.064	0.203	0.664	0.614	2.012
25	F2- 1 1 3 3 1	1.048	3.434	0.550	1.802	0.408	1.338	0.408	1.338
26	F2- 1 1 3 3 2	1.074	3.519	0.498	1.632	0.203	0.664	0.614	2.012
28	F2- 1 2 1 1 1	0.514	1.683	0.461	1.511	0.331	1.084	0.331	1.084
29	F2- 1 2 1 1 2	0.535	1.751	0.419	1.374	0.164	0.538	0.497	1.629
37	F2- 1 2 2 1 1	0.514	1.683	0.774	2.536	0.331	1.084	0.331	1.084
38	F2- 1 2 2 1 2	0.535	1.751	0.732	2.398	0.164	0.538	0.497	1.629
40	F2- 1 2 2 2 1	0.672	2.202	0.457	1.498	0.331	1.084	0.331	1.084

Cuadro B.11: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO XB		MURO YA		MURO YB	
		$A_{sXA}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{XA}$ (m <sup>4</sup> )	$A_{sXB}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{XB}$ (m <sup>4</sup> )	$A_{sYA}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{YA}$ (m <sup>4</sup> )	$A_{sYB}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{YB}$ (m <sup>4</sup> )
41	F2- 1 2 2 2 2	0.693	2.270	0.415	1.360	0.164	0.538	0.497	1.629
46	F2- 1 2 3 1 1	0.514	1.683	1.116	3.657	0.331	1.084	0.331	1.084
47	F2- 1 2 3 1 2	0.535	1.751	1.075	3.520	0.164	0.538	0.497	1.629
49	F2- 1 2 3 2 1	0.672	2.202	0.800	2.619	0.331	1.084	0.331	1.084
50	F2- 1 2 3 2 2	0.693	2.270	0.758	2.482	0.164	0.538	0.497	1.629
52	F2- 1 2 3 3 1	0.849	2.782	0.446	1.459	0.331	1.084	0.331	1.084
53	F2- 1 2 3 3 2	0.870	2.850	0.404	1.322	0.164	0.538	0.497	1.629
82	F2- 2 1 1 1 1	1.332	6.336	0.517	2.460	0.707	3.363	0.707	3.363
83	F2- 2 1 1 1 2	1.403	6.677	0.374	1.778	0.482	2.292	0.932	4.433
91	F2- 2 1 2 1 1	1.332	6.336	1.185	5.637	0.707	3.363	0.707	3.363
92	F2- 2 1 2 1 2	1.403	6.677	1.041	4.955	0.482	2.292	0.932	4.433
93	F2- 2 1 2 1 3	1.618	7.700	0.611	2.910	0.257	1.221	1.157	5.504
100	F2- 2 1 3 1 1	1.332	6.336	1.916	9.118	0.707	3.363	0.707	3.363
101	F2- 2 1 3 1 2	1.403	6.677	1.773	8.436	0.482	2.292	0.932	4.433
102	F2- 2 1 3 1 3	1.618	7.700	1.343	6.390	0.257	1.221	1.157	5.504
103	F2- 2 1 3 2 1	1.873	8.912	0.833	3.965	0.707	3.363	0.707	3.363
104	F2- 2 1 3 2 2	1.945	9.253	0.690	3.283	0.482	2.292	0.932	4.433
105	F2- 2 1 3 2 3	2.160	10.276	0.260	1.237	0.257	1.221	1.157	5.504
109	F2- 2 2 1 1 1	1.079	5.132	0.419	1.992	0.572	2.724	0.572	2.724
110	F2- 2 2 1 1 2	1.137	5.408	0.303	1.440	0.390	1.856	0.755	3.591
118	F2- 2 2 2 1 1	1.079	5.132	0.960	4.566	0.572	2.724	0.572	2.724
119	F2- 2 2 2 1 2	1.137	5.408	0.844	4.014	0.390	1.856	0.755	3.591
120	F2- 2 2 2 1 3	1.311	6.237	0.495	2.357	0.208	0.989	0.937	4.458
127	F2- 2 2 3 1 1	1.079	5.132	1.552	7.385	0.572	2.724	0.572	2.724
128	F2- 2 2 3 1 2	1.137	5.408	1.436	6.833	0.390	1.856	0.755	3.591
129	F2- 2 2 3 1 3	1.311	6.237	1.088	5.176	0.208	0.989	0.937	4.458
130	F2- 2 2 3 2 1	1.517	7.219	0.675	3.212	0.572	2.724	0.572	2.724
131	F2- 2 2 3 2 2	1.575	7.495	0.559	2.659	0.390	1.856	0.755	3.591
132	F2- 2 2 3 2 3	1.749	8.324	0.211	1.002	0.208	0.989	0.937	4.458
136	F2- 2 3 1 1 1	0.891	4.241	0.346	1.647	0.473	2.251	0.473	2.251
137	F2- 2 3 1 1 2	0.939	4.470	0.250	1.190	0.322	1.534	0.624	2.968
145	F2- 2 3 2 1 1	0.891	4.241	0.793	3.774	0.473	2.251	0.473	2.251
146	F2- 2 3 2 1 2	0.939	4.470	0.697	3.317	0.322	1.534	0.624	2.968
154	F2- 2 3 3 1 1	0.891	4.241	1.283	6.104	0.473	2.251	0.473	2.251
155	F2- 2 3 3 1 2	0.939	4.470	1.187	5.647	0.322	1.534	0.624	2.968
157	F2- 2 3 3 2 1	1.254	5.966	0.558	2.654	0.473	2.251	0.473	2.251
158	F2- 2 3 3 2 2	1.302	6.194	0.462	2.198	0.322	1.534	0.624	2.968
172	F2- 3 1 2 1 1	2.356	15.102	0.552	3.539	0.967	6.197	0.967	6.197

Cuadro B.11: Propiedades geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO XB		MURO YA		MURO YB	
		$A_{sXA}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{XA}$ (m <sup>4</sup> )	$A_{sXB}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{XB}$ (m <sup>4</sup> )	$A_{sYA}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{YA}$ (m <sup>4</sup> )	$A_{sYB}$ (m <sup>2</sup> )	$I_{YB}$ (m <sup>4</sup> )
181	F2- 3 1 3 1 1	2.356	15.102	1.553	9.953	0.967	6.197	0.967	6.197
182	F2- 3 1 3 1 2	2.515	16.123	1.234	7.911	0.705	4.520	1.228	7.874
183	F2- 3 1 3 1 3	2.993	19.186	0.278	1.784	0.444	2.843	1.490	9.551
199	F2- 3 2 2 1 1	1.908	12.232	0.447	2.867	0.783	5.020	0.783	5.020
208	F2- 3 2 3 1 1	1.908	12.232	1.258	8.062	0.783	5.020	0.783	5.020
209	F2- 3 2 3 1 2	2.037	13.060	1.000	6.408	0.571	3.661	0.995	6.378
226	F2- 3 3 2 1 1	1.577	10.109	0.370	2.369	0.647	4.148	0.647	4.148
235	F2- 3 3 3 1 1	1.577	10.109	1.039	6.663	0.647	4.148	0.647	4.148
236	F2- 3 3 3 1 2	1.684	10.793	0.826	5.296	0.472	3.026	0.822	5.271

Cuadro B.12: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1.

Caso	ID	MURO XA		MURO YA		MURO YB		MURO YC	
		$L_{XA}$ (m)	$t_{XA}$ (m)	$L_{YA}$ (m)	$t_{YA}$ (m)	$L_{YB}$ (m)	$t_{YB}$ (m)	$L_{YC}$ (m)	$t_{YC}$ (m)
1	F1- 1 1 1 1 1	3.75	0.68	3.75	0.15	3.75	0.31	3.75	0.15
2	F1- 1 1 1 1 2	3.75	0.68	3.75	0.09	3.75	0.27	3.75	0.23
3	F1- 1 1 1 1 3	3.75	0.68	3.75	0.07	3.75	0.18	3.75	0.35
4	F1- 1 1 1 2 1	3.75	0.68	3.75	0.27	3.75	0.07	3.75	0.27
13	F1- 1 1 2 2 1	3.75	0.82	3.75	0.20	3.75	0.19	3.75	0.20
14	F1- 1 1 2 2 2	3.75	0.82	3.75	0.15	3.75	0.16	3.75	0.29
15	F1- 1 1 2 2 3	3.75	0.82	3.75	0.13	3.75	0.07	3.75	0.41
22	F1- 1 1 3 2 1	3.75	0.98	3.75	0.13	3.75	0.33	3.75	0.13
23	F1- 1 1 3 2 2	3.75	0.98	3.75	0.08	3.75	0.30	3.75	0.22
24	F1- 1 1 3 2 3	3.75	0.98	3.75	0.06	3.75	0.21	3.75	0.34
25	F1- 1 1 3 3 1	3.75	0.98	3.75	0.27	3.75	0.07	3.75	0.27
28	F1- 1 2 1 1 1	3.75	0.55	3.75	0.12	3.75	0.25	3.75	0.12
29	F1- 1 2 1 1 2	3.75	0.55	3.75	0.08	3.75	0.22	3.75	0.19
30	F1- 1 2 1 1 3	3.75	0.55	3.75	0.06	3.75	0.15	3.75	0.28
31	F1- 1 2 1 2 1	3.75	0.55	3.75	0.22	3.75	0.05	3.75	0.22
40	F1- 1 2 2 2 1	3.75	0.66	3.75	0.17	3.75	0.16	3.75	0.17
41	F1- 1 2 2 2 2	3.75	0.66	3.75	0.12	3.75	0.13	3.75	0.23
42	F1- 1 2 2 2 3	3.75	0.66	3.75	0.10	3.75	0.05	3.75	0.33
49	F1- 1 2 3 2 1	3.75	0.79	3.75	0.11	3.75	0.27	3.75	0.11
50	F1- 1 2 3 2 2	3.75	0.79	3.75	0.07	3.75	0.24	3.75	0.18



Cuadro B.12: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO YA		MURO YB		MURO YC	
		L <sub>XA</sub> (m)	t <sub>XA</sub> (m)	L <sub>YA</sub> (m)	t <sub>YA</sub> (m)	L <sub>YB</sub> (m)	t <sub>YB</sub> (m)	L <sub>YC</sub> (m)	t <sub>YC</sub> (m)
51	F1- 1 2 3 2 3	3.75	0.79	3.75	0.05	3.75	0.17	3.75	0.27
52	F1- 1 2 3 3 1	3.75	0.79	3.75	0.22	3.75	0.05	3.75	0.22
55	F1- 1 3 1 1 1	3.75	0.45	3.75	0.10	3.75	0.21	3.75	0.10
56	F1- 1 3 1 1 2	3.75	0.45	3.75	0.06	3.75	0.18	3.75	0.16
57	F1- 1 3 1 1 3	3.75	0.45	3.75	0.05	3.75	0.12	3.75	0.23
67	F1- 1 3 2 2 1	3.75	0.55	3.75	0.14	3.75	0.13	3.75	0.14
68	F1- 1 3 2 2 2	3.75	0.55	3.75	0.10	3.75	0.11	3.75	0.19
77	F1- 1 3 3 2 2	3.75	0.65	3.75	0.05	3.75	0.20	3.75	0.15
82	F1- 2 1 1 1 1	4.75	0.64	4.75	0.21	4.75	0.15	4.75	0.21
83	F1- 2 1 1 1 2	4.75	0.64	4.75	0.16	4.75	0.13	4.75	0.28
84	F1- 2 1 1 1 3	4.75	0.64	4.75	0.14	4.75	0.05	4.75	0.38
91	F1- 2 1 2 1 1	4.75	0.77	4.75	0.17	4.75	0.22	4.75	0.17
92	F1- 2 1 2 1 2	4.75	0.77	4.75	0.13	4.75	0.19	4.75	0.25
93	F1- 2 1 2 1 3	4.75	0.77	4.75	0.10	4.75	0.12	4.75	0.34
100	F1- 2 1 3 1 1	4.75	0.92	4.75	0.14	4.75	0.29	4.75	0.14
101	F1- 2 1 3 1 2	4.75	0.92	4.75	0.09	4.75	0.27	4.75	0.21
102	F1- 2 1 3 1 3	4.75	0.92	4.75	0.07	4.75	0.19	4.75	0.31
103	F1- 2 1 3 2 1	4.75	0.92	4.75	0.23	4.75	0.10	4.75	0.23
104	F1- 2 1 3 2 2	4.75	0.92	4.75	0.19	4.75	0.07	4.75	0.31
109	F1- 2 2 1 1 1	4.75	0.52	4.75	0.17	4.75	0.12	4.75	0.17
110	F1- 2 2 1 1 2	4.75	0.52	4.75	0.13	4.75	0.10	4.75	0.23
118	F1- 2 2 2 1 1	4.75	0.62	4.75	0.14	4.75	0.18	4.75	0.14
119	F1- 2 2 2 1 2	4.75	0.62	4.75	0.10	4.75	0.16	4.75	0.20
120	F1- 2 2 2 1 3	4.75	0.62	4.75	0.08	4.75	0.10	4.75	0.28
127	F1- 2 2 3 1 1	4.75	0.74	4.75	0.11	4.75	0.24	4.75	0.11
128	F1- 2 2 3 1 2	4.75	0.74	4.75	0.07	4.75	0.22	4.75	0.17
129	F1- 2 2 3 1 3	4.75	0.74	4.75	0.05	4.75	0.15	4.75	0.25
130	F1- 2 2 3 2 1	4.75	0.74	4.75	0.19	4.75	0.08	4.75	0.19
131	F1- 2 2 3 2 2	4.75	0.74	4.75	0.15	4.75	0.06	4.75	0.25
136	F1- 2 3 1 1 1	4.75	0.43	4.75	0.14	4.75	0.10	4.75	0.14
137	F1- 2 3 1 1 2	4.75	0.43	4.75	0.11	4.75	0.09	4.75	0.19
145	F1- 2 3 2 1 1	4.75	0.52	4.75	0.12	4.75	0.15	4.75	0.12
146	F1- 2 3 2 1 2	4.75	0.52	4.75	0.08	4.75	0.13	4.75	0.16
147	F1- 2 3 2 1 3	4.75	0.52	4.75	0.07	4.75	0.08	4.75	0.23
155	F1- 2 3 3 1 2	4.75	0.61	4.75	0.06	4.75	0.18	4.75	0.14
157	F1- 2 3 3 2 1	4.75	0.61	4.75	0.16	4.75	0.07	4.75	0.16
158	F1- 2 3 3 2 2	4.75	0.61	4.75	0.12	4.75	0.05	4.75	0.20

Cuadro B.12: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F1 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO YA		MURO YB		MURO YC	
		L <sub>XA</sub> (m)	t <sub>XA</sub> (m)	L <sub>YA</sub> (m)	t <sub>YA</sub> (m)	L <sub>YB</sub> (m)	t <sub>YB</sub> (m)	L <sub>YC</sub> (m)	t <sub>YC</sub> (m)
163	F1- 3 1 1 1 1	5.75	0.61	5.75	0.23	5.75	0.09	5.75	0.23
164	F1- 3 1 1 1 2	5.75	0.61	5.75	0.18	5.75	0.07	5.75	0.29
172	F1- 3 1 2 1 1	5.75	0.74	5.75	0.21	5.75	0.13	5.75	0.21
173	F1- 3 1 2 1 2	5.75	0.74	5.75	0.16	5.75	0.11	5.75	0.27
181	F1- 3 1 3 1 1	5.75	0.88	5.75	0.18	5.75	0.17	5.75	0.18
182	F1- 3 1 3 1 2	5.75	0.88	5.75	0.14	5.75	0.15	5.75	0.25
183	F1- 3 1 3 1 3	5.75	0.88	5.75	0.12	5.75	0.08	5.75	0.34
190	F1- 3 2 1 1 1	5.75	0.49	5.75	0.18	5.75	0.07	5.75	0.18
191	F1- 3 2 1 1 2	5.75	0.49	5.75	0.15	5.75	0.05	5.75	0.24
199	F1- 3 2 2 1 1	5.75	0.60	5.75	0.17	5.75	0.10	5.75	0.17
200	F1- 3 2 2 1 2	5.75	0.60	5.75	0.13	5.75	0.09	5.75	0.22
208	F1- 3 2 3 1 1	5.75	0.71	5.75	0.15	5.75	0.14	5.75	0.15
209	F1- 3 2 3 1 2	5.75	0.71	5.75	0.11	5.75	0.12	5.75	0.20
210	F1- 3 2 3 1 3	5.75	0.71	5.75	0.10	5.75	0.07	5.75	0.28
217	F1- 3 3 1 1 1	5.75	0.41	5.75	0.15	5.75	0.06	5.75	0.15
226	F1- 3 3 2 1 1	5.75	0.49	5.75	0.14	5.75	0.09	5.75	0.14
227	F1- 3 3 2 1 2	5.75	0.49	5.75	0.11	5.75	0.07	5.75	0.18
235	F1- 3 3 3 1 1	5.75	0.59	5.75	0.12	5.75	0.12	5.75	0.12
236	F1- 3 3 3 1 2	5.75	0.59	5.75	0.09	5.75	0.10	5.75	0.17
237	F1- 3 3 3 1 3	5.75	0.59	5.75	0.08	5.75	0.06	5.75	0.23

Cuadro B.13: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2.

Caso	ID	MURO XA		MURO XB		MURO YA		MURO YB	
		L <sub>XA</sub> (m)	t <sub>XA</sub> (m)	L <sub>XB</sub> (m)	t <sub>XB</sub> (m)	L <sub>YA</sub> (m)	t <sub>YA</sub> (m)	L <sub>YB</sub> (m)	t <sub>YB</sub> (m)
1	F2- 1 1 1 1 1	3.25	0.20	3.25	0.18	3.25	0.13	3.25	0.13
2	F2- 1 1 1 1 2	3.25	0.20	3.25	0.16	3.25	0.06	3.25	0.19
4	F2- 1 1 1 2 1	3.25	0.26	3.25	0.05	3.25	0.13	3.25	0.13
10	F2- 1 1 2 1 1	3.25	0.20	3.25	0.29	3.25	0.13	3.25	0.13
11	F2- 1 1 2 1 2	3.25	0.20	3.25	0.28	3.25	0.06	3.25	0.19
13	F2- 1 1 2 2 1	3.25	0.26	3.25	0.17	3.25	0.13	3.25	0.13
14	F2- 1 1 2 2 2	3.25	0.26	3.25	0.16	3.25	0.06	3.25	0.19
19	F2- 1 1 3 1 1	3.25	0.20	3.25	0.42	3.25	0.13	3.25	0.13
20	F2- 1 1 3 1 2	3.25	0.20	3.25	0.41	3.25	0.06	3.25	0.19

Cuadro B.13: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO XB		MURO YA		MURO YB	
		L <sub>XA</sub> (m)	t <sub>XA</sub> (m)	L <sub>XB</sub> (m)	t <sub>XB</sub> (m)	L <sub>YA</sub> (m)	t <sub>YA</sub> (m)	L <sub>YB</sub> (m)	t <sub>YB</sub> (m)
22	F2- 1 1 3 2 1	3.25	0.26	3.25	0.30	3.25	0.13	3.25	0.13
23	F2- 1 1 3 2 2	3.25	0.26	3.25	0.29	3.25	0.06	3.25	0.19
25	F2- 1 1 3 3 1	3.25	0.32	3.25	0.17	3.25	0.13	3.25	0.13
26	F2- 1 1 3 3 2	3.25	0.33	3.25	0.15	3.25	0.06	3.25	0.19
28	F2- 1 2 1 1 1	3.25	0.16	3.25	0.14	3.25	0.10	3.25	0.10
29	F2- 1 2 1 1 2	3.25	0.16	3.25	0.13	3.25	0.05	3.25	0.15
37	F2- 1 2 2 1 1	3.25	0.16	3.25	0.24	3.25	0.10	3.25	0.10
38	F2- 1 2 2 1 2	3.25	0.16	3.25	0.23	3.25	0.05	3.25	0.15
40	F2- 1 2 2 2 1	3.25	0.21	3.25	0.14	3.25	0.10	3.25	0.10
41	F2- 1 2 2 2 2	3.25	0.21	3.25	0.13	3.25	0.05	3.25	0.15
46	F2- 1 2 3 1 1	3.25	0.16	3.25	0.34	3.25	0.10	3.25	0.10
47	F2- 1 2 3 1 2	3.25	0.16	3.25	0.33	3.25	0.05	3.25	0.15
49	F2- 1 2 3 2 1	3.25	0.21	3.25	0.25	3.25	0.10	3.25	0.10
50	F2- 1 2 3 2 2	3.25	0.21	3.25	0.23	3.25	0.05	3.25	0.15
52	F2- 1 2 3 3 1	3.25	0.26	3.25	0.14	3.25	0.10	3.25	0.10
53	F2- 1 2 3 3 2	3.25	0.27	3.25	0.12	3.25	0.05	3.25	0.15
82	F2- 2 1 1 1 1	4.25	0.31	4.25	0.12	4.25	0.17	4.25	0.17
83	F2- 2 1 1 1 2	4.25	0.33	4.25	0.09	4.25	0.11	4.25	0.22
91	F2- 2 1 2 1 1	4.25	0.31	4.25	0.28	4.25	0.17	4.25	0.17
92	F2- 2 1 2 1 2	4.25	0.33	4.25	0.25	4.25	0.11	4.25	0.22
93	F2- 2 1 2 1 3	4.25	0.38	4.25	0.14	4.25	0.06	4.25	0.27
100	F2- 2 1 3 1 1	4.25	0.31	4.25	0.45	4.25	0.17	4.25	0.17
101	F2- 2 1 3 1 2	4.25	0.33	4.25	0.42	4.25	0.11	4.25	0.22
102	F2- 2 1 3 1 3	4.25	0.38	4.25	0.32	4.25	0.06	4.25	0.27
103	F2- 2 1 3 2 1	4.25	0.44	4.25	0.20	4.25	0.17	4.25	0.17
104	F2- 2 1 3 2 2	4.25	0.46	4.25	0.16	4.25	0.11	4.25	0.22
105	F2- 2 1 3 2 3	4.25	0.51	4.25	0.06	4.25	0.06	4.25	0.27
109	F2- 2 2 1 1 1	4.25	0.25	4.25	0.10	4.25	0.13	4.25	0.13
110	F2- 2 2 1 1 2	4.25	0.27	4.25	0.07	4.25	0.09	4.25	0.18
118	F2- 2 2 2 1 1	4.25	0.25	4.25	0.23	4.25	0.13	4.25	0.13
119	F2- 2 2 2 1 2	4.25	0.27	4.25	0.20	4.25	0.09	4.25	0.18
120	F2- 2 2 2 1 3	4.25	0.31	4.25	0.12	4.25	0.05	4.25	0.22
127	F2- 2 2 3 1 1	4.25	0.25	4.25	0.37	4.25	0.13	4.25	0.13
128	F2- 2 2 3 1 2	4.25	0.27	4.25	0.34	4.25	0.09	4.25	0.18
129	F2- 2 2 3 1 3	4.25	0.31	4.25	0.26	4.25	0.05	4.25	0.22
130	F2- 2 2 3 2 1	4.25	0.36	4.25	0.16	4.25	0.13	4.25	0.13

Cuadro B.13: Características geométricas de los muros de los METP's de los casos paramétricos reales tipo F2 (Cont.).

Caso	ID	MURO XA		MURO XB		MURO YA		MURO YB	
		L <sub>XA</sub> (m)	t <sub>XA</sub> (m)	L <sub>XB</sub> (m)	t <sub>XB</sub> (m)	L <sub>YA</sub> (m)	t <sub>YA</sub> (m)	L <sub>YB</sub> (m)	t <sub>YB</sub> (m)
131	F2- 2 2 3 2 2	4.25	0.37	4.25	0.13	4.25	0.09	4.25	0.18
132	F2- 2 2 3 2 3	4.25	0.41	4.25	0.05	4.25	0.05	4.25	0.22
136	F2- 2 3 1 1 1	4.25	0.21	4.25	0.08	4.25	0.11	4.25	0.11
137	F2- 2 3 1 1 2	4.25	0.22	4.25	0.06	4.25	0.08	4.25	0.15
145	F2- 2 3 2 1 1	4.25	0.21	4.25	0.19	4.25	0.11	4.25	0.11
146	F2- 2 3 2 1 2	4.25	0.22	4.25	0.16	4.25	0.08	4.25	0.15
154	F2- 2 3 3 1 1	4.25	0.21	4.25	0.30	4.25	0.11	4.25	0.11
155	F2- 2 3 3 1 2	4.25	0.22	4.25	0.28	4.25	0.08	4.25	0.15
157	F2- 2 3 3 2 1	4.25	0.30	4.25	0.13	4.25	0.11	4.25	0.11
158	F2- 2 3 3 2 2	4.25	0.31	4.25	0.11	4.25	0.08	4.25	0.15
172	F2- 3 1 2 1 1	5.25	0.45	5.25	0.11	5.25	0.18	5.25	0.18
181	F2- 3 1 3 1 1	5.25	0.45	5.25	0.30	5.25	0.18	5.25	0.18
182	F2- 3 1 3 1 2	5.25	0.48	5.25	0.24	5.25	0.13	5.25	0.23
183	F2- 3 1 3 1 3	5.25	0.57	5.25	0.05	5.25	0.08	5.25	0.28
199	F2- 3 2 2 1 1	5.25	0.36	5.25	0.09	5.25	0.15	5.25	0.15
208	F2- 3 2 3 1 1	5.25	0.36	5.25	0.24	5.25	0.15	5.25	0.15
209	F2- 3 2 3 1 2	5.25	0.39	5.25	0.19	5.25	0.11	5.25	0.19
226	F2- 3 3 2 1 1	5.25	0.30	5.25	0.07	5.25	0.12	5.25	0.12
235	F2- 3 3 3 1 1	5.25	0.30	5.25	0.20	5.25	0.12	5.25	0.12
236	F2- 3 3 3 1 2	5.25	0.32	5.25	0.16	5.25	0.09	5.25	0.16

## ANEXO C

### MODELOS ESTRUCTURALES TRIDIMENSIONALES PARAMÉTRICOS GENÉRICOS

Las Figs. C.1 a C.6 muestran los seis METP's genéricos que se utilizaron para efectuar el análisis sísmico de los casos paramétricos reales, según el tipo y la razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ).

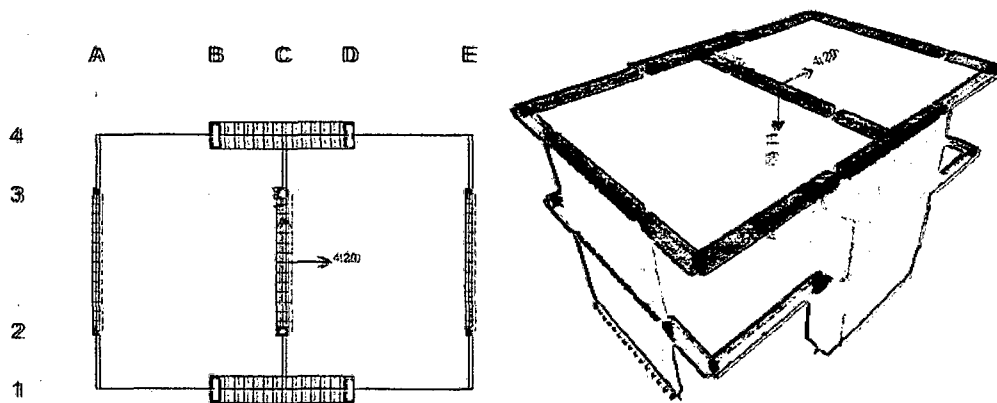


Figura C.1: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 1.50$ .

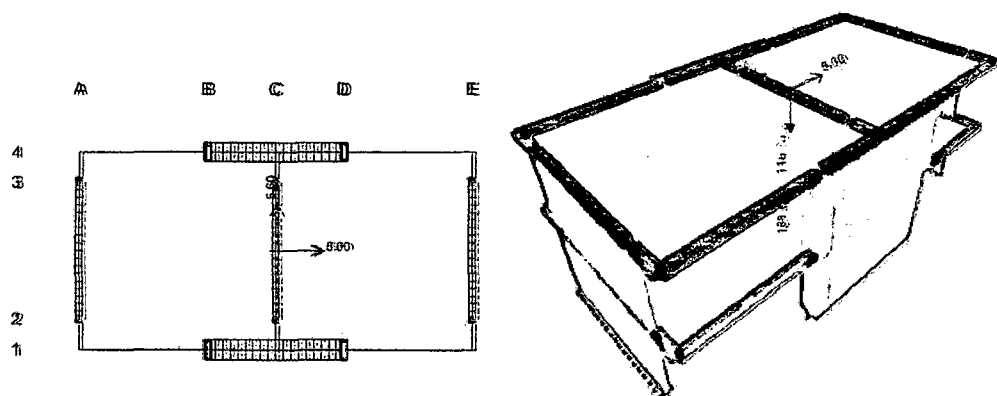


Figura C.2: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 2.00$ .

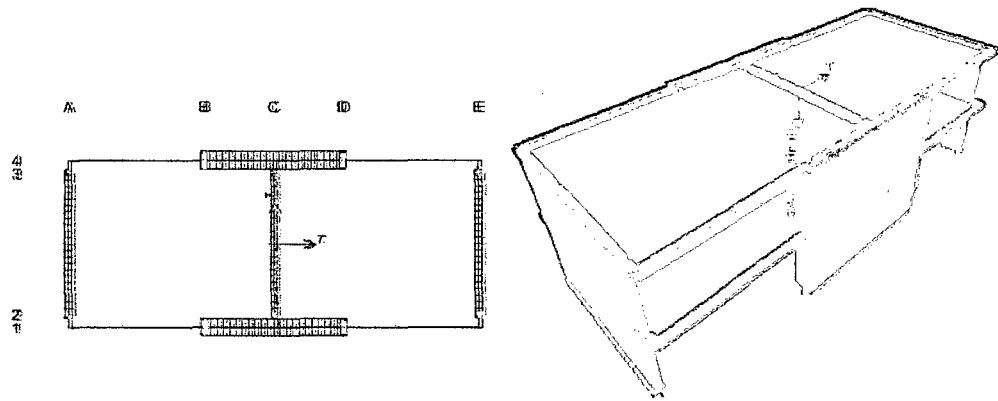


Figura C.3: METP genérico de los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 2.50$ .

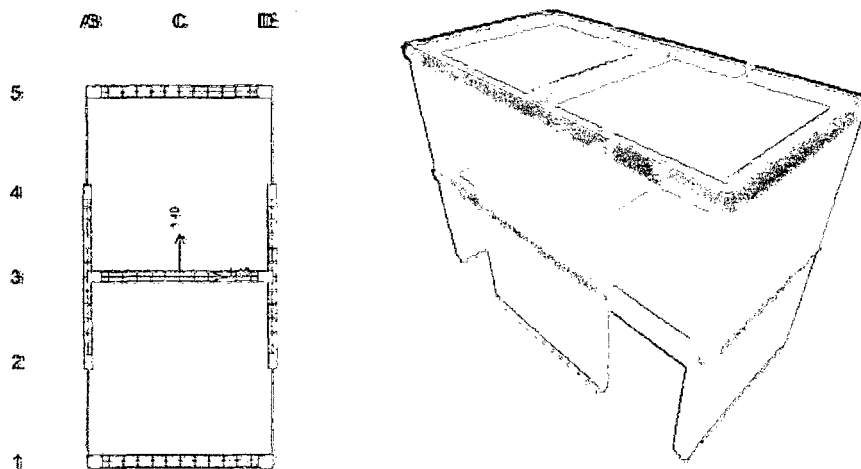


Figura C.4: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 0.50$ .

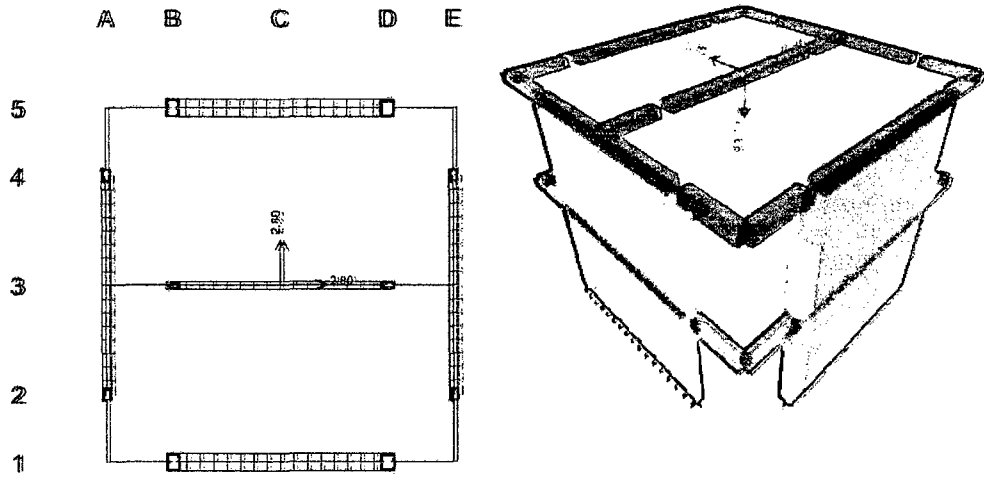


Figura C.5: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 1.00$ .

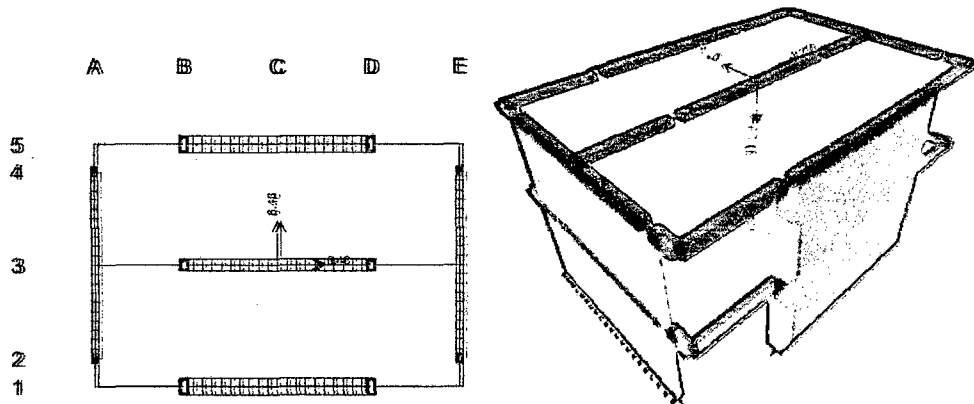


Figura C.6: METP genérico de los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 1.50$ .

## ANEXO D

### RESULTADOS DEL ANÁLISIS SÍSMICO DE LOS CASOS PARAMÉTRICOS REALES

#### D.1. Resultados del análisis sísmico de los casos paramétricos reales tipo F1

Los Cuadros D.1 a D.9 muestran los resultados del análisis sísmico modal-espectral de los METP's (Capítulo IV) de los casos paramétricos reales tipo F1, según lo estipulado en la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente (SENCICO, 2003) y en la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006).

El Cuadro D.1 muestra las masas traslacionales concentradas en los CM's del primer y segundo piso ( $m_1$ ,  $m_2$ ). Además, el Cuadro D.1 muestra las ubicaciones en planta de los CM's ( $x_{CM}$ ,  $y_{CM}$ ) y los CR's ( $x_{CR1}$ ,  $y_{CR1}$ ;  $x_{CR2}$ ,  $y_{CR2}$ ).

El Cuadro D.2 muestra los periodos ( $T$ ) correspondientes a los seis modos de vibración de la estructura.

El Cuadro D.3 muestra los factores de participación modal en las tres direcciones de los gdl's ( $\Gamma_{UX}$ ,  $\Gamma_{UY}$  y  $\Gamma_{RZ}$ ) de la estructura, correspondientes a los tres primeros modos de vibración. Estos modos son los que se utilizan para el cálculo de los VPA que se muestran en el Anexo E (ítem E.1).

Los Cuadros D.4 a D.7 muestran las respuestas globales debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY). El Cuadro D.4 muestra las aceleraciones traslacionales de los CM's; el Cuadro D.5 muestra los desplazamientos de los CM's; el Cuadro D.6 muestra las distorsiones laterales de entrepiso; y el Cuadro D.7 muestra las fuerzas cortantes de entrepiso y los momentos de torsión en planta de entrepiso.



Los Cuadros D.8 y D.9 muestran las respuestas locales ( $P_g$ ,  $V_e$ ,  $M_e$ ) del muro YA (lado flexible) y del muro YC (lado rígido), respectivamente, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).

Cuadro D.1: Casos paramétricos tipo F1. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's.

Caso	ID	Masas		CM		CR			
		$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$x_{CM}$ (m)	$y_{CM}$ (m)	$x_{CR1}$ (m)	$x_{CR2}$ (m)	$y_{CR1}$ (m)	$y_{CR2}$ (m)
1	F1- 1 1 1 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
2	F1- 1 1 1 1 2	6.46	4.20	4.88	3.25	5.96	5.95	3.25	3.25
3	F1- 1 1 1 1 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.02	6.99	3.25	3.25
4	F1- 1 1 1 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
13	F1- 1 1 2 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
14	F1- 1 1 2 2 2	6.46	4.20	4.88	3.25	5.94	5.93	3.25	3.25
15	F1- 1 1 2 2 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.13	7.09	3.25	3.25
22	F1- 1 1 3 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
23	F1- 1 1 3 2 2	6.46	4.20	4.88	3.25	6.03	6.01	3.25	3.25
24	F1- 1 1 3 2 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.12	7.08	3.25	3.25
25	F1- 1 1 3 3 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
28	F1- 1 2 1 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
29	F1- 1 2 1 1 2	6.46	4.20	4.88	3.25	6.01	5.99	3.25	3.25
30	F1- 1 2 1 1 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.10	7.06	3.25	3.25
31	F1- 1 2 1 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
40	F1- 1 2 2 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
41	F1- 1 2 2 2 2	6.46	4.20	4.88	3.25	5.91	5.89	3.25	3.25
42	F1- 1 2 2 2 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.05	7.01	3.25	3.25
49	F1- 1 2 3 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
50	F1- 1 2 3 2 2	6.46	4.20	4.88	3.25	5.93	5.91	3.25	3.25
51	F1- 1 2 3 2 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.08	7.04	3.25	3.25
52	F1- 1 2 3 3 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
55	F1- 1 3 1 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
56	F1- 1 3 1 1 2	6.46	4.20	4.88	3.25	5.91	5.89	3.25	3.25
57	F1- 1 3 1 1 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.11	7.07	3.25	3.25
67	F1- 1 3 2 2 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
68	F1- 1 3 2 2 2	6.46	4.20	4.88	3.25	6.05	6.03	3.25	3.25

Cuadro D.1: Casos paramétricos tipo F1. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's (Cont.).

Caso	ID	Masas		CM		CR			
		$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$x_{CM}$ (m)	$y_{CM}$ (m)	$x_{CR1}$ (m)	$x_{CR2}$ (m)	$y_{CR1}$ (m)	$y_{CR2}$ (m)
77	F1- 1 3 3 2 2	6.46	4.20	4.88	3.25	5.91	5.88	3.25	3.25
82	F1- 2 1 1 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
83	F1- 2 1 1 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.94	7.92	3.25	3.25
84	F1- 2 1 1 1 3	8.61	5.60	6.50	3.25	9.28	9.24	3.25	3.25
91	F1- 2 1 2 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
92	F1- 2 1 2 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.83	7.80	3.25	3.25
93	F1- 2 1 2 1 3	8.61	5.60	6.50	3.25	9.22	9.17	3.25	3.25
100	F1- 2 1 3 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
101	F1- 2 1 3 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.91	7.87	3.25	3.25
102	F1- 2 1 3 1 3	8.61	5.60	6.50	3.25	9.21	9.15	3.25	3.25
103	F1- 2 1 3 2 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
104	F1- 2 1 3 2 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.91	7.89	3.25	3.25
109	F1- 2 2 1 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
110	F1- 2 2 1 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.87	7.84	3.25	3.25
118	F1- 2 2 2 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
119	F1- 2 2 2 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	8.00	7.97	3.25	3.25
120	F1- 2 2 2 1 3	8.61	5.60	6.50	3.25	9.18	9.12	3.25	3.25
127	F1- 2 2 3 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
128	F1- 2 2 3 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.89	7.85	3.25	3.25
129	F1- 2 2 3 1 3	8.61	5.60	6.50	3.25	9.17	9.10	3.25	3.25
130	F1- 2 2 3 2 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
131	F1- 2 2 3 2 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.84	7.81	3.25	3.25
136	F1- 2 3 1 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
137	F1- 2 3 1 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.82	7.80	3.25	3.25
145	F1- 2 3 2 1 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
146	F1- 2 3 2 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.82	7.79	3.25	3.25
147	F1- 2 3 2 1 3	8.61	5.60	6.50	3.25	9.30	9.25	3.25	3.25
155	F1- 2 3 3 1 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.82	7.78	3.25	3.25
157	F1- 2 3 3 2 1	8.61	5.60	6.50	3.25	6.50	6.50	3.25	3.25
158	F1- 2 3 3 2 2	8.61	5.60	6.50	3.25	7.82	7.79	3.25	3.25
163	F1- 3 1 1 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
164	F1- 3 1 1 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.71	9.67	3.25	3.25
172	F1- 3 1 2 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
173	F1- 3 1 2 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.83	9.77	3.25	3.25
181	F1- 3 1 3 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
182	F1- 3 1 3 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.69	9.63	3.25	3.25
183	F1- 3 1 3 1 3	10.77	7.00	8.13	3.25	11.44	11.35	3.25	3.25

Cuadro D.1: Casos paramétricos tipo F1. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's (Cont.).

Caso	ID	Masas		CM		CR			
		$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$x_{CM}$ (m)	$y_{CM}$ (m)	$x_{CR1}$ (m)	$x_{CR2}$ (m)	$y_{CR1}$ (m)	$y_{CR2}$ (m)
190	F1- 3 2 1 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
191	F1- 3 2 1 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.73	9.70	3.25	3.25
199	F1- 3 2 2 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
200	F1- 3 2 2 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.73	9.67	3.25	3.25
208	F1- 3 2 3 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
209	F1- 3 2 3 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.72	9.65	3.25	3.25
210	F1- 3 2 3 1 3	10.77	7.00	8.13	3.25	11.32	11.22	3.25	3.25
217	F1- 3 3 1 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
226	F1- 3 3 2 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
227	F1- 3 3 2 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.88	9.83	3.25	3.25
235	F1- 3 3 3 1 1	10.77	7.00	8.13	3.25	8.13	8.13	3.25	3.25
236	F1- 3 3 3 1 2	10.77	7.00	8.13	3.25	9.68	9.62	3.25	3.25
237	F1- 3 3 3 1 3	10.77	7.00	8.13	3.25	11.44	11.35	3.25	3.25

Cuadro D.2: Casos paramétricos tipo F1. Periodos de vibración de la estructura.

Caso	ID	T (s)					
		1° modo	2° modo	3° modo	4° modo	5° modo	6° modo
1	F1- 1 1 1 1 1	0.08662	0.05830	0.05414	0.03231	0.02164	0.02018
2	F1- 1 1 1 1 2	0.08882	0.05829	0.05256	0.03315	0.02164	0.01958
3	F1- 1 1 1 1 3	0.09372	0.05829	0.04921	0.03500	0.02164	0.01832
4	F1- 1 1 1 2 1	0.08612	0.05829	0.04795	0.03209	0.02164	0.01785
13	F1- 1 1 2 2 1	0.08650	0.05292	0.04785	0.03226	0.01965	0.01784
14	F1- 1 1 2 2 2	0.08735	0.05292	0.04683	0.03258	0.01965	0.01746
15	F1- 1 1 2 2 3	0.09290	0.05291	0.04466	0.03466	0.01964	0.01664
22	F1- 1 1 3 2 1	0.08628	0.04856	0.04743	0.03217	0.01803	0.01771
23	F1- 1 1 3 2 2	0.08802	0.04856	0.04660	0.03283	0.01803	0.01740
24	F1- 1 1 3 2 3	0.09240	0.04856	0.04435	0.03450	0.01803	0.01655
25	F1- 1 1 3 3 1	0.08584	0.04856	0.04282	0.03197	0.01803	0.01597
28	F1- 1 2 1 1 1	0.09641	0.06458	0.06031	0.03599	0.02398	0.02247
29	F1- 1 2 1 1 2	0.09817	0.06458	0.05820	0.03665	0.02398	0.02167
30	F1- 1 2 1 1 3	0.10564	0.06457	0.05484	0.03948	0.02398	0.02042
31	F1- 1 2 1 2 1	0.09662	0.06457	0.05367	0.03603	0.02398	0.01998

Cuadro D.2: Casos paramétricos tipo F1. Periodos de vibración de la estructura  
(Cont.).

Caso	ID	T (s)					
		1° modo	2° modo	3° modo	4° modo	5° modo	6° modo
40	F1- 1 2 2 2 1	0.09628	0.05871	0.05331	0.03595	0.02180	0.01986
41	F1- 1 2 2 2 2	0.09697	0.05871	0.05225	0.03620	0.02180	0.01946
42	F1- 1 2 2 2 3	0.10206	0.05871	0.04968	0.03810	0.02180	0.01850
49	F1- 1 2 3 2 1	0.09602	0.05388	0.05315	0.03586	0.02000	0.01983
50	F1- 1 2 3 2 2	0.09764	0.05388	0.05211	0.03648	0.02000	0.01943
51	F1- 1 2 3 2 3	0.10268	0.05387	0.04957	0.03838	0.02000	0.01848
52	F1- 1 2 3 3 1	0.09448	0.05387	0.04765	0.03523	0.02000	0.01775
55	F1- 1 3 1 1 1	0.10641	0.07109	0.06637	0.03974	0.02640	0.02472
56	F1- 1 3 1 1 2	0.10763	0.07109	0.06430	0.04020	0.02640	0.02395
57	F1- 1 3 1 1 3	0.11670	0.07108	0.06039	0.04363	0.02640	0.02248
67	F1- 1 3 2 2 1	0.10629	0.06458	0.05880	0.03971	0.02398	0.02190
68	F1- 1 3 2 2 2	0.10855	0.06458	0.05773	0.04056	0.02398	0.02150
77	F1- 1 3 3 2 2	0.10647	0.05915	0.05733	0.03981	0.02196	0.02136
82	F1- 2 1 1 1 1	0.08686	0.05826	0.05455	0.03335	0.02226	0.02087
83	F1- 2 1 1 1 2	0.08945	0.05826	0.05294	0.03434	0.02226	0.02026
84	F1- 2 1 1 1 3	0.09562	0.05825	0.04955	0.03669	0.02226	0.01896
91	F1- 2 1 2 1 1	0.08589	0.05402	0.05293	0.03299	0.02068	0.02022
92	F1- 2 1 2 1 2	0.08877	0.05293	0.05286	0.03410	0.02023	0.02022
93	F1- 2 1 2 1 3	0.09409	0.05292	0.04917	0.03615	0.02022	0.01882
100	F1- 2 1 3 1 1	0.08636	0.05392	0.04858	0.03318	0.02066	0.01856
101	F1- 2 1 3 1 2	0.08806	0.05237	0.04858	0.03384	0.02006	0.01856
102	F1- 2 1 3 1 3	0.09370	0.04910	0.04858	0.03602	0.01880	0.01856
103	F1- 2 1 3 2 1	0.08663	0.04858	0.04809	0.03324	0.01856	0.01841
104	F1- 2 1 3 2 2	0.08770	0.04858	0.04708	0.03365	0.01856	0.01803
109	F1- 2 2 1 1 1	0.09649	0.06500	0.06082	0.03706	0.02484	0.02327
110	F1- 2 2 1 1 2	0.09913	0.06499	0.05926	0.03808	0.02484	0.02267
118	F1- 2 2 2 1 1	0.09724	0.06094	0.05916	0.03738	0.02332	0.02261
119	F1- 2 2 2 1 2	0.09934	0.05916	0.05881	0.03819	0.02261	0.02250
120	F1- 2 2 2 1 3	0.10424	0.05916	0.05493	0.04007	0.02261	0.02102
127	F1- 2 2 3 1 1	0.09592	0.06047	0.05395	0.03689	0.02315	0.02061
128	F1- 2 2 3 1 2	0.09953	0.05895	0.05395	0.03829	0.02257	0.02061
129	F1- 2 2 3 1 3	0.10366	0.05461	0.05395	0.03989	0.02090	0.02061
130	F1- 2 2 3 2 1	0.09727	0.05395	0.05389	0.03736	0.02063	0.02061
131	F1- 2 2 3 2 2	0.09709	0.05395	0.05228	0.03727	0.02061	0.02001
136	F1- 2 3 1 1 1	0.10589	0.07132	0.06693	0.04068	0.02726	0.02561
137	F1- 2 3 1 1 2	0.10860	0.07132	0.06505	0.04172	0.02726	0.02488
145	F1- 2 3 2 1 1	0.10562	0.06651	0.06500	0.04062	0.02545	0.02484
146	F1- 2 3 2 1 2	0.10825	0.06500	0.06466	0.04163	0.02484	0.02474
147	F1- 2 3 2 1 3	0.11648	0.06499	0.06056	0.04480	0.02484	0.02317

Cuadro D.2: Casos paramétricos tipo F1. Periodos de vibración de la estructura  
(Cont.).

Caso	ID	T (s)					
		1° modo	2° modo	3° modo	4° modo	5° modo	6° modo
155	F1- 2 3 3 1 2	0.10797	0.06511	0.05963	0.04156	0.02492	0.02279
157	F1- 2 3 3 2 1	0.10569	0.05963	0.05927	0.04061	0.02279	0.02268
158	F1- 2 3 3 2 2	0.10767	0.05963	0.05807	0.04136	0.02279	0.02222
163	F1- 3 1 1 1 1	0.08201	0.05582	0.05191	0.03209	0.02171	0.02020
164	F1- 3 1 1 1 2	0.08488	0.05582	0.05077	0.03319	0.02171	0.01976
172	F1- 3 1 2 1 1	0.08224	0.05233	0.05091	0.03223	0.02037	0.01980
173	F1- 3 1 2 1 2	0.08475	0.05090	0.05075	0.03320	0.01980	0.01975
181	F1- 3 1 3 1 1	0.08119	0.05175	0.04662	0.03185	0.02015	0.01813
182	F1- 3 1 3 1 2	0.08390	0.05062	0.04662	0.03291	0.01971	0.01813
183	F1- 3 1 3 1 3	0.09100	0.04754	0.04662	0.03564	0.01851	0.01813
190	F1- 3 2 1 1 1	0.09134	0.06195	0.05777	0.03575	0.02410	0.02248
191	F1- 3 2 1 1 2	0.09386	0.06195	0.05630	0.03672	0.02409	0.02191
199	F1- 3 2 2 1 1	0.09090	0.05792	0.05665	0.03564	0.02254	0.02203
200	F1- 3 2 2 1 2	0.09337	0.05665	0.05643	0.03659	0.02203	0.02196
208	F1- 3 2 3 1 1	0.09044	0.05770	0.05185	0.03551	0.02246	0.02016
209	F1- 3 2 3 1 2	0.09284	0.05624	0.05185	0.03644	0.02189	0.02016
210	F1- 3 2 3 1 3	0.09931	0.05274	0.05185	0.03893	0.02053	0.02016
217	F1- 3 3 1 1 1	0.10082	0.06835	0.06409	0.03948	0.02658	0.02494
226	F1- 3 3 2 1 1	0.09920	0.06326	0.06196	0.03890	0.02461	0.02410
227	F1- 3 3 2 1 2	0.10362	0.06196	0.06194	0.04062	0.02410	0.02410
235	F1- 3 3 3 1 1	0.09990	0.06367	0.05708	0.03924	0.02478	0.02220
236	F1- 3 3 3 1 2	0.10244	0.06187	0.05708	0.04022	0.02408	0.02220
237	F1- 3 3 3 1 3	0.11041	0.05790	0.05708	0.04328	0.02254	0.02220

Cuadro D.3: Casos paramétricos tipo F1. Factores de participación modal  
correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.

Caso	ID	1° modo			2° modo			3° modo		
		$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
1	F1- 1 1 1 1 1	0.00	3.09	0.00	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
2	F1- 1 1 1 1 2	0.00	-3.05	1.91	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.51	11.34
3	F1- 1 1 1 1 3	0.00	2.98	-3.08	3.09	0.00	0.00	0.00	0.82	11.08
4	F1- 1 1 1 2 1	0.00	-3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.50
13	F1- 1 1 2 2 1	0.00	-3.09	0.00	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
14	F1- 1 1 2 2 2	0.00	-3.07	1.37	-3.09	0.00	0.00	0.00	-0.37	-11.42
15	F1- 1 1 2 2 3	0.00	-3.02	2.44	3.09	0.00	0.00	0.00	0.65	11.24

Cuadro D.3: Casos paramétricos tipo F1. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración (Cont.).

Caso	ID	1° modo			2° modo			3° modo		
		$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
22	F1- 1 1 3 2 1	0.00	3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.51
23	F1- 1 1 3 2 2	0.00	-3.07	1.45	3.09	0.00	0.00	0.00	0.39	11.42
24	F1- 1 1 3 2 3	0.00	3.03	-2.40	-3.09	0.00	0.00	0.00	-0.64	-11.26
25	F1- 1 1 3 3 1	0.00	-3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
28	F1- 1 2 1 1 1	0.00	-3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.50
29	F1- 1 2 1 1 2	0.00	-3.05	2.02	-3.09	0.00	0.00	0.00	-0.54	-11.32
30	F1- 1 2 1 1 3	0.00	-2.98	3.12	3.09	0.00	0.00	0.00	-0.84	-11.07
31	F1- 1 2 1 2 1	0.00	-3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.50
40	F1- 1 2 2 2 1	0.00	-3.09	0.00	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
41	F1- 1 2 2 2 2	0.00	3.07	-1.35	3.09	0.00	0.00	0.00	-0.36	-11.42
42	F1- 1 2 2 2 3	0.00	-3.03	2.41	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.64	11.25
49	F1- 1 2 3 2 1	0.00	3.09	0.00	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
50	F1- 1 2 3 2 2	0.00	-3.07	1.33	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.36	11.43
51	F1- 1 2 3 2 3	0.00	-3.03	2.39	3.09	0.00	0.00	0.00	0.64	11.26
52	F1- 1 2 3 3 1	0.00	-3.09	0.00	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
55	F1- 1 3 1 1 1	0.00	-3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
56	F1- 1 3 1 1 2	0.00	-3.05	1.86	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.50	11.35
57	F1- 1 3 1 1 3	0.00	2.98	-3.12	3.09	0.00	0.00	0.00	0.84	11.07
67	F1- 1 3 2 2 1	0.00	-3.09	0.00	3.09	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50
68	F1- 1 3 2 2 2	0.00	3.07	-1.49	-3.09	0.00	0.00	0.00	0.40	11.40
77	F1- 1 3 3 2 2	0.00	-3.07	1.33	-3.09	0.00	0.00	0.00	-0.36	-11.43
82	F1- 2 1 1 1 1	0.00	3.60	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	0.00	16.59
83	F1- 2 1 1 1 2	0.00	-3.54	2.97	3.59	0.00	0.00	0.00	0.64	16.33
84	F1- 2 1 1 1 3	0.00	-3.46	4.55	3.59	0.00	0.00	0.00	-0.99	-15.96
91	F1- 2 1 2 1 1	0.00	-3.60	0.00	0.00	0.00	16.60	-3.59	0.00	0.00
92	F1- 2 1 2 1 2	0.00	3.55	-2.75	3.59	0.00	0.00	0.00	0.60	16.37
93	F1- 2 1 2 1 3	0.00	3.47	-4.51	-3.59	0.00	0.00	0.00	-0.98	-15.97
100	F1- 2 1 3 1 1	0.00	3.60	0.00	0.00	0.00	16.60	3.59	0.00	0.00
101	F1- 2 1 3 1 2	0.00	3.55	-2.93	0.00	0.63	16.34	-3.59	0.00	0.00
102	F1- 2 1 3 1 3	0.00	-3.47	4.51	0.00	0.98	15.98	3.59	0.00	0.00
103	F1- 2 1 3 2 1	0.00	3.60	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.60
104	F1- 2 1 3 2 2	0.00	3.57	-2.13	3.59	0.00	0.00	0.00	-0.46	-16.46
109	F1- 2 2 1 1 1	0.00	3.60	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	0.00	16.59
110	F1- 2 2 1 1 2	0.00	-3.55	2.90	3.59	0.00	0.00	0.00	-0.63	-16.34
118	F1- 2 2 2 1 1	0.00	-3.60	0.00	0.00	0.00	16.60	-3.59	0.00	0.00
119	F1- 2 2 2 1 2	0.00	-3.54	3.11	-3.59	0.00	0.00	0.00	-0.67	-16.30
120	F1- 2 2 2 1 3	0.00	3.47	-4.53	3.59	0.00	0.00	0.00	-0.98	-15.96
127	F1- 2 2 3 1 1	0.00	-3.60	0.00	0.00	0.00	-16.60	3.59	0.00	0.00
128	F1- 2 2 3 1 2	0.00	3.55	-2.84	0.00	-0.61	-16.35	-3.59	0.00	0.00
129	F1- 2 2 3 1 3	0.00	-3.47	4.48	0.00	-0.97	-15.98	-3.59	0.00	0.00

Cuadro D.3: Casos paramétricos tipo F1. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración (Cont.).

Caso	ID	1° modo			2° modo			3° modo		
		$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
130	F1- 2 2 3 2 1	0.00	-3.60	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.60
131	F1- 2 2 3 2 2	0.00	-3.57	2.02	-3.59	0.00	0.00	0.00	-0.44	-16.47
136	F1- 2 3 1 1 1	0.00	-3.60	0.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	0.00	16.59
137	F1- 2 3 1 1 2	0.00	3.55	-2.80	-3.59	0.00	0.00	0.00	0.61	16.36
145	F1- 2 3 2 1 1	0.00	-3.60	0.00	0.00	0.00	16.60	-3.59	0.00	0.00
146	F1- 2 3 2 1 2	0.00	-3.55	2.76	3.59	0.00	0.00	0.00	-0.60	-16.37
147	F1- 2 3 2 1 3	0.00	-3.46	4.65	-3.59	0.00	0.00	0.00	1.01	15.93
155	F1- 2 3 3 1 2	0.00	-3.55	2.83	0.00	-0.61	-16.35	3.59	0.00	0.00
157	F1- 2 3 3 2 1	0.00	3.60	0.00	3.59	0.00	0.00	0.00	0.00	-16.60
158	F1- 2 3 3 2 2	0.00	3.57	-2.00	-3.59	0.00	0.00	0.00	-0.43	-16.47
163	F1- 3 1 1 1 1	0.00	-4.05	0.00	4.04	0.00	0.00	0.00	0.00	-22.46
164	F1- 3 1 1 1 2	0.00	-3.99	3.73	4.04	0.00	0.00	0.00	-0.67	-22.15
172	F1- 3 1 2 1 1	0.00	-4.05	0.00	0.00	0.00	22.46	-4.04	0.00	0.00
173	F1- 3 1 2 1 2	0.00	3.99	-4.06	-4.04	0.00	0.00	0.00	0.73	22.09
181	F1- 3 1 3 1 1	0.00	-4.06	0.00	0.00	0.00	22.46	-4.04	0.00	0.00
182	F1- 3 1 3 1 2	0.00	4.00	-3.75	0.00	-0.68	-22.15	-4.04	0.00	0.00
183	F1- 3 1 3 1 3	0.00	-3.90	6.18	0.00	-1.11	-21.59	4.04	0.00	0.00
190	F1- 3 2 1 1 1	0.00	-4.05	0.00	4.04	0.00	0.00	0.00	0.00	22.46
191	F1- 3 2 1 1 2	0.00	-3.99	3.84	4.04	0.00	0.00	0.00	0.69	22.13
199	F1- 3 2 2 1 1	0.00	-4.05	0.00	0.00	0.00	22.46	-4.04	0.00	0.00
200	F1- 3 2 2 1 2	0.00	-3.99	3.90	4.04	0.00	0.00	0.00	0.70	22.12
208	F1- 3 2 3 1 1	0.00	4.06	0.00	0.00	0.00	-22.46	4.04	0.00	0.00
209	F1- 3 2 3 1 2	0.00	-4.00	3.88	0.00	0.70	22.12	-4.04	0.00	0.00
210	F1- 3 2 3 1 3	0.00	3.90	-6.17	0.00	1.11	21.60	-4.04	0.00	0.00
217	F1- 3 3 1 1 1	0.00	4.05	0.00	4.04	0.00	0.00	0.00	0.00	22.46
226	F1- 3 3 2 1 1	0.00	4.05	0.00	0.00	0.00	22.46	4.04	0.00	0.00
227	F1- 3 3 2 1 2	0.00	3.98	-4.18	-4.04	0.00	0.00	0.00	0.75	22.07
235	F1- 3 3 3 1 1	0.00	4.06	0.00	0.00	0.00	-22.46	-4.04	0.00	0.00
236	F1- 3 3 3 1 2	0.00	-4.00	3.74	0.00	0.67	22.15	-4.04	0.00	0.00
237	F1- 3 3 3 1 3	0.00	-3.89	6.26	0.00	1.13	21.57	4.04	0.00	0.00

Cuadro D.4: Casos paramétricos tipo F1. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$a_{x1}$	$a_{x2}$	$a_{x1}$	$a_{x2}$	$a_{y1}$	$a_{y2}$
		(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )	(m/s <sup>2</sup> )
1	F1- 1 1 1 1 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
2	F1- 1 1 1 1 2	7.62	13.42	1.51	2.68	9.11	16.04
3	F1- 1 1 1 1 3	7.62	13.42	2.36	4.25	9.79	17.31
4	F1- 1 1 1 2 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.63	13.40
13	F1- 1 1 2 2 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
14	F1- 1 1 2 2 2	7.61	13.42	1.09	1.95	8.73	15.39
15	F1- 1 1 2 2 3	7.61	13.42	1.88	3.44	9.41	16.74
22	F1- 1 1 3 2 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
23	F1- 1 1 3 2 2	7.61	13.42	1.15	2.05	8.79	15.48
24	F1- 1 1 3 2 3	7.61	13.42	1.86	3.38	9.40	16.69
25	F1- 1 1 3 3 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
28	F1- 1 2 1 1 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
29	F1- 1 2 1 1 2	7.62	13.42	1.59	2.82	9.18	16.16
30	F1- 1 2 1 1 3	7.62	13.42	2.39	4.30	9.81	17.35
31	F1- 1 2 1 2 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
40	F1- 1 2 2 2 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.64	13.39
41	F1- 1 2 2 2 2	7.62	13.42	1.07	1.92	8.72	15.35
42	F1- 1 2 2 2 3	7.62	13.42	1.86	3.40	9.40	16.70
49	F1- 1 2 3 2 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.65	13.39
50	F1- 1 2 3 2 2	7.61	13.42	1.06	1.89	8.71	15.32
51	F1- 1 2 3 2 3	7.61	13.42	1.85	3.37	9.40	16.67
52	F1- 1 2 3 3 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.64	13.40
55	F1- 1 3 1 1 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.65	13.39
56	F1- 1 3 1 1 2	7.62	13.42	1.47	2.60	9.08	15.97
57	F1- 1 3 1 1 3	7.62	13.42	2.39	4.31	9.81	17.35
67	F1- 1 3 2 2 1	7.62	13.42	0.00	0.00	7.65	13.39
68	F1- 1 3 2 2 2	7.62	13.42	1.18	2.11	8.82	15.53
77	F1- 1 3 3 2 2	7.62	13.42	1.06	1.89	8.71	15.31
82	F1- 2 1 1 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.78	13.27
83	F1- 2 1 1 1 2	7.75	13.30	1.33	2.30	9.53	16.32
84	F1- 2 1 1 1 3	7.75	13.30	1.98	3.48	10.21	17.64
91	F1- 2 1 2 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.79	13.26
92	F1- 2 1 2 1 2	7.75	13.30	1.23	2.13	9.42	16.11
93	F1- 2 1 2 1 3	7.75	13.30	1.96	3.45	10.21	17.59
100	F1- 2 1 3 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.80	13.26
101	F1- 2 1 3 1 2	7.75	13.30	1.31	2.26	9.52	16.26
102	F1- 2 1 3 1 3	7.75	13.30	1.97	3.45	10.22	17.58
103	F1- 2 1 3 2 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.79	13.27
104	F1- 2 1 3 2 2	7.75	13.30	0.96	1.67	9.07	15.56



Cuadro D.4: Casos paramétricos tipo F1. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		a <sub>x1</sub> (m/s <sup>2</sup> )	a <sub>x2</sub> (m/s <sup>2</sup> )	a <sub>x1</sub> (m/s <sup>2</sup> )	a <sub>x2</sub> (m/s <sup>2</sup> )	a <sub>y1</sub> (m/s <sup>2</sup> )	a <sub>y2</sub> (m/s <sup>2</sup> )
109	F1- 2 2 1 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.79	13.27
110	F1- 2 2 1 1 2	7.75	13.30	1.29	2.24	9.49	16.25
118	F1- 2 2 2 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.80	13.26
119	F1- 2 2 2 1 2	7.75	13.30	1.39	2.41	9.61	16.43
120	F1- 2 2 2 1 3	7.75	13.30	1.97	3.47	10.22	17.60
127	F1- 2 2 3 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.80	13.25
128	F1- 2 2 3 1 2	7.75	13.30	1.27	2.20	9.48	16.18
129	F1- 2 2 3 1 3	7.75	13.30	1.95	3.42	10.22	17.55
130	F1- 2 2 3 2 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.79	13.26
131	F1- 2 2 3 2 2	7.75	13.30	0.91	1.59	9.01	15.45
136	F1- 2 3 1 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.79	13.26
137	F1- 2 3 1 1 2	7.75	13.30	1.25	2.17	9.44	16.15
145	F1- 2 3 2 1 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.80	13.26
146	F1- 2 3 2 1 2	7.75	13.30	1.23	2.14	9.43	16.11
147	F1- 2 3 2 1 3	7.75	13.30	2.02	3.55	10.26	17.69
155	F1- 2 3 3 1 2	7.75	13.30	1.26	2.19	9.47	16.16
157	F1- 2 3 3 2 1	7.75	13.30	0.00	0.00	7.79	13.26
158	F1- 2 3 3 2 2	7.75	13.30	0.90	1.57	9.00	15.43
163	F1- 3 1 1 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.92	13.15
164	F1- 3 1 1 1 2	7.86	13.20	1.04	1.76	9.64	16.12
172	F1- 3 1 2 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.94	13.13
173	F1- 3 1 2 1 2	7.86	13.20	1.13	1.91	9.79	16.32
181	F1- 3 1 3 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.95	13.12
182	F1- 3 1 3 1 2	7.86	13.20	1.04	1.77	9.69	16.09
183	F1- 3 1 3 1 3	7.86	13.20	1.67	2.88	10.53	17.70
190	F1- 3 2 1 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.92	13.15
191	F1- 3 2 1 1 2	7.86	13.20	1.07	1.81	9.68	16.19
199	F1- 3 2 2 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.94	13.13
200	F1- 3 2 2 1 2	7.86	13.20	1.08	1.84	9.73	16.20
208	F1- 3 2 3 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.96	13.11
209	F1- 3 2 3 1 2	7.86	13.20	1.08	1.83	9.74	16.17
210	F1- 3 2 3 1 3	7.86	13.20	1.67	2.87	10.54	17.68
217	F1- 3 3 1 1 1	7.87	13.20	0.00	0.00	7.92	13.14
226	F1- 3 3 2 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.94	13.13
227	F1- 3 3 2 1 2	7.86	13.20	1.16	1.97	9.85	16.40
235	F1- 3 3 3 1 1	7.86	13.20	0.00	0.00	7.96	13.11
236	F1- 3 3 3 1 2	7.86	13.20	1.04	1.76	9.69	16.07
237	F1- 3 3 3 1 3	7.86	13.20	1.69	2.91	10.56	17.74

Cuadro D.5: Casos paramétricos tipo F1. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		U <sub>x1</sub> (cm)	U <sub>x2</sub> (cm)	U <sub>y1</sub> (cm)	U <sub>y2</sub> (cm)	θ <sub>z1</sub> (rad)	θ <sub>z2</sub> (rad)
1	F1- 1 1 1 1 1	0.05	0.14	0.14	0.27	0.00000	0.00000
2	F1- 1 1 1 1 2	0.05	0.14	0.14	0.27	0.00005	0.00014
3	F1- 1 1 1 1 3	0.05	0.14	0.14	0.27	0.00009	0.00023
4	F1- 1 1 1 2 1	0.05	0.14	0.14	0.23	0.00000	0.00000
13	F1- 1 1 2 2 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
14	F1- 1 1 2 2 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
15	F1- 1 1 2 2 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
22	F1- 1 1 3 2 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
23	F1- 1 1 3 2 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
24	F1- 1 1 3 2 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
25	F1- 1 1 3 3 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
28	F1- 1 2 1 1 1	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
29	F1- 1 2 1 1 2	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00009	0.00014
30	F1- 1 2 1 1 3	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00014	0.00027
31	F1- 1 2 1 2 1	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
40	F1- 1 2 2 2 1	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
41	F1- 1 2 2 2 2	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00005	0.00009
42	F1- 1 2 2 2 3	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00009	0.00018
49	F1- 1 2 3 2 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
50	F1- 1 2 3 2 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00005	0.00009
51	F1- 1 2 3 2 3	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00018
52	F1- 1 2 3 3 1	0.05	0.09	0.14	0.32	0.00000	0.00000
55	F1- 1 3 1 1 1	0.09	0.18	0.18	0.36	0.00000	0.00000
56	F1- 1 3 1 1 2	0.09	0.18	0.18	0.36	0.00009	0.00018
57	F1- 1 3 1 1 3	0.09	0.18	0.23	0.41	0.00018	0.00032
67	F1- 1 3 2 2 1	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
68	F1- 1 3 2 2 2	0.09	0.14	0.18	0.41	0.00009	0.00014
77	F1- 1 3 3 2 2	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00005	0.00014
82	F1- 2 1 1 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
83	F1- 2 1 1 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
84	F1- 2 1 1 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
91	F1- 2 1 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
92	F1- 2 1 2 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
93	F1- 2 1 2 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
100	F1- 2 1 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
101	F1- 2 1 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
102	F1- 2 1 3 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
103	F1- 2 1 3 2 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
104	F1- 2 1 3 2 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009

Cuadro D.5: Casos paramétricos tipo F1. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		U <sub>x1</sub> (cm)	U <sub>x2</sub> (cm)	U <sub>y1</sub> (cm)	U <sub>y2</sub> (cm)	θ <sub>z1</sub> (rad)	θ <sub>z2</sub> (rad)
109	F1- 2 2 1 1 1	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
110	F1- 2 2 1 1 2	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00009	0.00014
118	F1- 2 2 2 1 1	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
119	F1- 2 2 2 1 2	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00009	0.00014
120	F1- 2 2 2 1 3	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00014	0.00023
127	F1- 2 2 3 1 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
128	F1- 2 2 3 1 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00014
129	F1- 2 2 3 1 3	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00023
130	F1- 2 2 3 2 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
131	F1- 2 2 3 2 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00005	0.00009
136	F1- 2 3 1 1 1	0.09	0.18	0.18	0.36	0.00000	0.00000
137	F1- 2 3 1 1 2	0.09	0.18	0.23	0.36	0.00009	0.00014
145	F1- 2 3 2 1 1	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
146	F1- 2 3 2 1 2	0.09	0.14	0.23	0.36	0.00009	0.00014
147	F1- 2 3 2 1 3	0.09	0.14	0.23	0.41	0.00014	0.00027
155	F1- 2 3 3 1 2	0.05	0.14	0.23	0.36	0.00009	0.00014
157	F1- 2 3 3 2 1	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
158	F1- 2 3 3 2 2	0.05	0.14	0.23	0.36	0.00005	0.00009
163	F1- 3 1 1 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
164	F1- 3 1 1 1 2	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00005	0.00009
172	F1- 3 1 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
173	F1- 3 1 2 1 2	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00005	0.00009
181	F1- 3 1 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
182	F1- 3 1 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00005	0.00009
183	F1- 3 1 3 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00014
190	F1- 3 2 1 1 1	0.09	0.14	0.14	0.27	0.00000	0.00000
191	F1- 3 2 1 1 2	0.09	0.14	0.18	0.27	0.00005	0.00009
199	F1- 3 2 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
200	F1- 3 2 2 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
208	F1- 3 2 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
209	F1- 3 2 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
210	F1- 3 2 3 1 3	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00018
217	F1- 3 3 1 1 1	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
226	F1- 3 3 2 1 1	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
227	F1- 3 3 2 1 2	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00009	0.00014
235	F1- 3 3 3 1 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
236	F1- 3 3 3 1 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00005	0.00009
237	F1- 3 3 3 1 3	0.05	0.09	0.23	0.36	0.00009	0.00018

Cuadro D.6: Casos paramétricos tipo F1. Distorsiones laterales de entrespiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$\Delta_{x1}/h$	$\Delta_{x2}/h$	$\Delta_{x1}/h$	$\Delta_{x2}/h$	$\Delta_{y1}/h$	$\Delta_{y2}/h$
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	F1- 1 1 1 1 1	0.023	0.023	0.000	0.000	0.051	0.049
2	F1- 1 1 1 1 2	0.023	0.023	0.008	0.008	0.064	0.061
3	F1- 1 1 1 1 3	0.023	0.023	0.014	0.014	0.076	0.072
4	F1- 1 1 1 2 1	0.023	0.023	0.000	0.000	0.050	0.049
13	F1- 1 1 2 2 1	0.019	0.018	0.000	0.000	0.051	0.049
14	F1- 1 1 2 2 2	0.019	0.018	0.005	0.005	0.059	0.057
15	F1- 1 1 2 2 3	0.019	0.018	0.011	0.010	0.072	0.069
22	F1- 1 1 3 2 1	0.016	0.016	0.000	0.000	0.051	0.049
23	F1- 1 1 3 2 2	0.016	0.016	0.006	0.006	0.061	0.058
24	F1- 1 1 3 2 3	0.016	0.016	0.011	0.010	0.072	0.068
25	F1- 1 1 3 3 1	0.016	0.016	0.000	0.000	0.050	0.048
28	F1- 1 2 1 1 1	0.028	0.027	0.000	0.000	0.063	0.061
29	F1- 1 2 1 1 2	0.028	0.027	0.010	0.010	0.079	0.075
30	F1- 1 2 1 1 3	0.028	0.027	0.018	0.017	0.097	0.092
31	F1- 1 2 1 2 1	0.028	0.027	0.000	0.000	0.064	0.061
40	F1- 1 2 2 2 1	0.023	0.023	0.000	0.000	0.063	0.060
41	F1- 1 2 2 2 2	0.023	0.023	0.007	0.006	0.073	0.070
42	F1- 1 2 2 2 3	0.023	0.023	0.013	0.013	0.087	0.083
49	F1- 1 2 3 2 1	0.020	0.019	0.000	0.000	0.063	0.060
50	F1- 1 2 3 2 2	0.020	0.019	0.007	0.006	0.074	0.071
51	F1- 1 2 3 2 3	0.020	0.019	0.013	0.013	0.089	0.084
52	F1- 1 2 3 3 1	0.020	0.019	0.000	0.000	0.061	0.059
55	F1- 1 3 1 1 1	0.034	0.033	0.000	0.000	0.077	0.074
56	F1- 1 3 1 1 2	0.034	0.033	0.012	0.011	0.094	0.089
57	F1- 1 3 1 1 3	0.034	0.033	0.022	0.021	0.118	0.113
67	F1- 1 3 2 2 1	0.028	0.027	0.000	0.000	0.077	0.074
68	F1- 1 3 2 2 2	0.028	0.027	0.009	0.009	0.093	0.088
77	F1- 1 3 3 2 2	0.024	0.023	0.008	0.008	0.089	0.084
82	F1- 2 1 1 1 1	0.024	0.021	0.000	0.000	0.054	0.046
83	F1- 2 1 1 1 2	0.024	0.021	0.008	0.006	0.070	0.059
84	F1- 2 1 1 1 3	0.024	0.021	0.013	0.011	0.085	0.072
91	F1- 2 1 2 1 1	0.020	0.018	0.000	0.000	0.053	0.045
92	F1- 2 1 2 1 2	0.020	0.018	0.007	0.006	0.068	0.058
93	F1- 2 1 2 1 3	0.020	0.018	0.012	0.010	0.082	0.070
100	F1- 2 1 3 1 1	0.017	0.015	0.000	0.000	0.054	0.045
101	F1- 2 1 3 1 2	0.017	0.015	0.007	0.006	0.068	0.057
102	F1- 2 1 3 1 3	0.017	0.015	0.012	0.010	0.082	0.069
103	F1- 2 1 3 2 1	0.017	0.015	0.000	0.000	0.054	0.046
104	F1- 2 1 3 2 2	0.017	0.015	0.005	0.005	0.064	0.054

Cuadro D.6: Casos paramétricos tipo F1. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{y1}/h$ (%)	$\Delta_{y2}/h$ (%)
109	F1- 2 2 1 1 1	0.030	0.026	0.000	0.000	0.067	0.057
110	F1- 2 2 1 1 2	0.030	0.026	0.009	0.008	0.085	0.072
118	F1- 2 2 2 1 1	0.025	0.022	0.000	0.000	0.068	0.058
119	F1- 2 2 2 1 2	0.025	0.022	0.009	0.008	0.087	0.073
120	F1- 2 2 2 1 3	0.025	0.022	0.015	0.013	0.101	0.086
127	F1- 2 2 3 1 1	0.021	0.018	0.000	0.000	0.066	0.056
128	F1- 2 2 3 1 2	0.021	0.018	0.009	0.008	0.086	0.072
129	F1- 2 2 3 1 3	0.021	0.018	0.014	0.012	0.100	0.084
130	F1- 2 2 3 2 1	0.021	0.018	0.000	0.000	0.068	0.058
131	F1- 2 2 3 2 2	0.021	0.018	0.006	0.005	0.078	0.067
136	F1- 2 3 1 1 1	0.036	0.032	0.000	0.000	0.081	0.068
137	F1- 2 3 1 1 2	0.036	0.032	0.010	0.009	0.102	0.087
145	F1- 2 3 2 1 1	0.030	0.026	0.000	0.000	0.080	0.068
146	F1- 2 3 2 1 2	0.030	0.026	0.010	0.009	0.101	0.086
147	F1- 2 3 2 1 3	0.030	0.026	0.019	0.016	0.126	0.108
155	F1- 2 3 3 1 2	0.025	0.022	0.010	0.009	0.101	0.085
157	F1- 2 3 3 2 1	0.025	0.022	0.000	0.000	0.080	0.068
158	F1- 2 3 3 2 2	0.025	0.022	0.007	0.006	0.096	0.081
163	F1- 3 1 1 1 1	0.023	0.018	0.000	0.000	0.050	0.039
164	F1- 3 1 1 1 2	0.023	0.018	0.005	0.004	0.064	0.050
172	F1- 3 1 2 1 1	0.019	0.015	0.000	0.000	0.050	0.039
173	F1- 3 1 2 1 2	0.019	0.015	0.006	0.005	0.066	0.050
181	F1- 3 1 3 1 1	0.016	0.013	0.000	0.000	0.049	0.037
182	F1- 3 1 3 1 2	0.016	0.013	0.005	0.004	0.064	0.049
183	F1- 3 1 3 1 3	0.016	0.013	0.010	0.008	0.081	0.062
190	F1- 3 2 1 1 1	0.028	0.023	0.000	0.000	0.062	0.048
191	F1- 3 2 1 1 2	0.028	0.023	0.007	0.005	0.079	0.062
199	F1- 3 2 2 1 1	0.023	0.019	0.000	0.000	0.062	0.047
200	F1- 3 2 2 1 2	0.023	0.019	0.007	0.005	0.079	0.061
208	F1- 3 2 3 1 1	0.020	0.016	0.000	0.000	0.061	0.046
209	F1- 3 2 3 1 2	0.020	0.016	0.007	0.005	0.078	0.059
210	F1- 3 2 3 1 3	0.020	0.016	0.012	0.009	0.096	0.074
217	F1- 3 3 1 1 1	0.034	0.027	0.000	0.000	0.076	0.058
226	F1- 3 3 2 1 1	0.028	0.023	0.000	0.000	0.073	0.056
227	F1- 3 3 2 1 2	0.028	0.023	0.009	0.007	0.099	0.076
235	F1- 3 3 3 1 1	0.024	0.019	0.000	0.000	0.075	0.056
236	F1- 3 3 3 1 2	0.024	0.019	0.008	0.006	0.095	0.072
237	F1- 3 3 3 1 3	0.024	0.019	0.014	0.011	0.119	0.091

Cuadro D.7: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		V <sub>EX1</sub> (Tn)	V <sub>EX2</sub> (Tn)	V <sub>EY1</sub> (Tn)	V <sub>EY2</sub> (Tn)	M <sub>EZY1</sub> (Tn·m)	M <sub>EZY2</sub> (Tn·m)
1	F1- 1 1 1 1 1	43.98	25.06	44.12	25.00	0.00	0.00
2	F1- 1 1 1 1 2	43.98	25.06	42.96	24.34	83.64	47.57
3	F1- 1 1 1 1 3	43.98	25.04	41.20	23.30	146.41	83.33
4	F1- 1 1 1 2 1	44.00	25.04	44.08	25.02	0.00	0.00
13	F1- 1 1 2 2 1	43.98	25.06	44.12	25.00	0.00	0.00
14	F1- 1 1 2 2 2	43.98	25.06	43.52	24.66	73.15	41.65
15	F1- 1 1 2 2 3	43.98	25.06	42.24	23.90	141.53	80.74
22	F1- 1 1 3 2 1	43.98	25.06	44.12	25.00	0.00	0.00
23	F1- 1 1 3 2 2	43.98	25.06	43.46	24.62	78.32	44.58
24	F1- 1 1 3 2 3	43.98	25.06	42.34	23.92	140.49	80.05
25	F1- 1 1 3 3 1	43.98	25.06	44.08	25.02	0.00	0.00
28	F1- 1 2 1 1 1	44.00	25.04	44.12	25.00	0.00	0.00
29	F1- 1 2 1 1 2	44.00	25.04	42.84	24.26	87.48	49.74
30	F1- 1 2 1 1 3	44.00	25.04	41.14	23.24	150.11	85.39
31	F1- 1 2 1 2 1	44.00	25.04	44.10	25.02	0.00	0.00
40	F1- 1 2 2 2 1	43.98	25.04	44.12	25.00	0.00	0.00
41	F1- 1 2 2 2 2	43.98	25.04	43.54	24.66	71.36	40.61
42	F1- 1 2 2 2 3	43.98	25.04	42.30	23.92	137.85	78.58
49	F1- 1 2 3 2 1	43.98	25.06	44.16	25.00	0.00	0.00
50	F1- 1 2 3 2 2	43.98	25.06	43.58	24.66	71.80	40.83
51	F1- 1 2 3 2 3	43.98	25.06	42.38	23.92	138.92	79.08
52	F1- 1 2 3 3 1	43.98	25.06	44.10	25.02	0.00	0.00
55	F1- 1 3 1 1 1	44.00	25.04	44.14	25.00	0.00	0.00
56	F1- 1 3 1 1 2	44.00	25.04	43.04	24.38	80.39	45.71
57	F1- 1 3 1 1 3	44.00	25.04	41.14	23.24	150.80	85.79
67	F1- 1 3 2 2 1	44.00	25.04	44.14	25.00	0.00	0.00
68	F1- 1 3 2 2 2	44.00	25.04	43.44	24.58	79.74	45.36
77	F1- 1 3 3 2 2	43.98	25.06	43.60	24.66	70.61	40.14
82	F1- 2 1 1 1 1	59.46	33.10	59.66	33.02	0.00	0.00
83	F1- 2 1 1 1 2	59.46	33.10	57.84	32.00	149.83	83.29
84	F1- 2 1 1 1 3	59.46	33.10	55.46	30.66	253.85	141.40
91	F1- 2 1 2 1 1	59.46	33.10	59.68	33.02	0.00	0.00
92	F1- 2 1 2 1 2	59.46	33.10	58.14	32.14	138.53	76.93
93	F1- 2 1 2 1 3	59.46	33.10	55.60	30.68	249.79	138.89
100	F1- 2 1 3 1 1	59.46	33.10	59.72	33.00	0.00	0.00
101	F1- 2 1 3 1 2	59.46	33.10	57.96	32.02	146.75	81.45
102	F1- 2 1 3 1 3	59.46	33.10	55.64	30.66	249.00	138.27
103	F1- 2 1 3 2 1	59.46	33.10	59.64	33.02	0.00	0.00
104	F1- 2 1 3 2 2	59.46	33.10	58.70	32.50	130.69	72.74

Cuadro D.7: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		V <sub>EX1</sub> (Tn)	V <sub>EX2</sub> (Tn)	V <sub>EY1</sub> (Tn)	V <sub>EY2</sub> (Tn)	M <sub>EZY1</sub> (Tn·m)	M <sub>EZY2</sub> (Tn·m)
109	F1- 2 2 1 1 1	59.46	33.10	59.66	33.02	0.00	0.00
110	F1- 2 2 1 1 2	59.46	33.10	57.94	32.06	144.05	80.07
118	F1- 2 2 2 1 1	59.46	33.10	59.70	33.00	0.00	0.00
119	F1- 2 2 2 1 2	59.46	33.10	57.72	31.90	156.00	86.63
120	F1- 2 2 2 1 3	59.46	33.10	55.56	30.66	247.87	137.81
127	F1- 2 2 3 1 1	59.46	33.10	59.74	32.98	0.00	0.00
128	F1- 2 2 3 1 2	59.46	33.10	58.10	32.06	144.00	79.86
129	F1- 2 2 3 1 3	59.46	33.10	55.72	30.68	246.31	136.70
130	F1- 2 2 3 2 1	59.46	33.10	59.68	33.02	0.00	0.00
131	F1- 2 2 3 2 2	59.46	33.10	58.80	32.54	124.10	69.04
136	F1- 2 3 1 1 1	59.48	33.10	59.68	33.02	0.00	0.00
137	F1- 2 3 1 1 2	59.48	33.10	58.08	32.12	139.23	77.36
145	F1- 2 3 2 1 1	59.46	33.10	59.72	33.00	0.00	0.00
146	F1- 2 3 2 1 2	59.46	33.10	58.16	32.12	138.15	76.68
147	F1- 2 3 2 1 3	59.46	33.10	55.38	30.52	256.61	142.59
155	F1- 2 3 3 1 2	59.46	33.10	58.12	32.06	139.34	77.26
157	F1- 2 3 3 2 1	59.46	33.10	59.68	33.02	0.00	0.00
158	F1- 2 3 3 2 2	59.46	33.10	58.84	32.54	122.52	68.13
163	F1- 3 1 1 1 1	75.10	41.06	75.42	40.90	0.00	0.00
164	F1- 3 1 1 1 2	75.10	41.06	73.42	39.84	209.62	114.36
172	F1- 3 1 2 1 1	75.08	41.06	75.52	40.86	0.00	0.00
173	F1- 3 1 2 1 2	75.08	41.06	73.18	39.60	225.71	122.88
181	F1- 3 1 3 1 1	75.08	41.06	75.60	40.82	0.00	0.00
182	F1- 3 1 3 1 2	75.08	41.06	73.60	39.74	208.25	113.16
183	F1- 3 1 3 1 3	75.08	41.06	70.20	37.92	383.83	209.20
190	F1- 3 2 1 1 1	75.10	41.06	75.42	40.90	0.00	0.00
191	F1- 3 2 1 1 2	75.10	41.06	73.32	39.78	214.10	116.79
199	F1- 3 2 2 1 1	75.08	41.06	75.54	40.86	0.00	0.00
200	F1- 3 2 2 1 2	75.08	41.06	73.36	39.68	214.54	116.76
208	F1- 3 2 3 1 1	75.08	41.06	75.62	40.80	0.00	0.00
209	F1- 3 2 3 1 2	75.08	41.06	73.48	39.64	213.37	115.89
210	F1- 3 2 3 1 3	75.08	41.06	70.26	37.92	374.83	204.11
217	F1- 3 3 1 1 1	75.10	41.06	75.44	40.90	0.00	0.00
226	F1- 3 3 2 1 1	75.10	41.06	75.54	40.84	0.00	0.00
227	F1- 3 3 2 1 2	75.10	41.06	73.06	39.50	232.50	126.51
235	F1- 3 3 3 1 1	75.08	41.06	75.64	40.80	0.00	0.00
236	F1- 3 3 3 1 2	75.08	41.06	73.64	39.72	207.63	112.76
237	F1- 3 3 3 1 3	75.10	41.06	70.08	37.82	385.18	209.81

Cuadro D.8: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYA1</sub> (Tn)	P <sub>gYA2</sub> (Tn)	V <sub>eYA1</sub> (Tn)	V <sub>eYA2</sub> (Tn)	M <sub>eYA1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYA2</sub> (Tn·m)
1	F1- 1 1 1 1 1	-19.21	-7.56	5.29	2.94	20.16	7.27
2	F1- 1 1 1 1 2	-19.18	-7.55	4.41	2.46	16.76	6.04
3	F1- 1 1 1 1 3	-19.16	-7.54	4.21	2.35	15.92	5.74
4	F1- 1 1 1 2 1	-19.26	-7.59	9.71	5.41	37.17	13.44
13	F1- 1 1 2 2 1	-19.23	-7.57	7.38	4.08	28.14	10.13
14	F1- 1 1 2 2 2	-19.21	-7.56	6.55	3.63	24.94	8.98
15	F1- 1 1 2 2 3	-19.19	-7.56	6.47	3.60	24.63	8.88
22	F1- 1 1 3 2 1	-19.19	-7.56	4.90	2.71	18.67	6.71
23	F1- 1 1 3 2 2	-19.15	-7.54	3.36	1.87	12.73	4.58
24	F1- 1 1 3 2 3	-19.12	-7.52	2.97	1.66	11.21	4.03
25	F1- 1 1 3 3 1	-19.25	-7.58	9.65	5.37	36.93	13.34
28	F1- 1 2 1 1 1	-19.20	-7.56	5.25	2.91	19.98	7.19
29	F1- 1 2 1 1 2	-19.17	-7.55	4.35	2.43	16.49	5.94
30	F1- 1 2 1 1 3	-19.14	-7.53	4.03	2.25	15.19	5.47
31	F1- 1 2 1 2 1	-19.25	-7.58	9.62	5.35	36.77	13.28
40	F1- 1 2 2 2 1	-19.22	-7.57	7.42	4.09	28.23	10.14
41	F1- 1 2 2 2 2	-19.20	-7.56	6.56	3.63	24.93	8.96
42	F1- 1 2 2 2 3	-19.19	-7.56	6.61	3.68	25.12	9.05
49	F1- 1 2 3 2 1	-19.18	-7.55	4.79	2.64	18.17	6.51
50	F1- 1 2 3 2 2	-19.14	-7.53	3.60	1.99	13.58	4.87
51	F1- 1 2 3 2 3	-19.11	-7.52	3.07	1.71	11.52	4.13
52	F1- 1 2 3 3 1	-19.24	-7.58	9.63	5.34	36.76	13.25
55	F1- 1 3 1 1 1	-19.19	-7.56	5.34	2.96	20.29	7.29
56	F1- 1 3 1 1 2	-19.16	-7.54	4.54	2.53	17.16	6.18
57	F1- 1 3 1 1 3	-19.13	-7.53	4.10	2.30	15.43	5.56
67	F1- 1 3 2 2 1	-19.21	-7.57	7.46	4.11	28.34	10.17
68	F1- 1 3 2 2 2	-19.19	-7.56	6.41	3.55	24.29	8.72
77	F1- 1 3 3 2 2	-19.14	-7.53	3.67	2.04	13.84	4.96
82	F1- 2 1 1 1 1	-23.45	-9.24	10.67	5.73	40.50	14.29
83	F1- 2 1 1 1 2	-23.38	-9.21	10.49	5.65	39.80	14.06
84	F1- 2 1 1 1 3	-23.36	-9.21	11.16	6.05	42.44	15.06
91	F1- 2 1 2 1 1	-23.39	-9.22	8.97	4.79	33.95	11.93
92	F1- 2 1 2 1 2	-23.34	-9.20	8.32	4.45	31.49	11.08
93	F1- 2 1 2 1 3	-23.32	-9.19	8.52	4.57	32.25	11.36
100	F1- 2 1 3 1 1	-23.34	-9.20	7.07	3.75	26.71	9.35
101	F1- 2 1 3 1 2	-23.30	-9.18	5.74	3.06	21.66	7.59
102	F1- 2 1 3 1 3	-23.29	-9.17	5.40	2.88	20.36	7.13
103	F1- 2 1 3 2 1	-23.48	-9.24	12.13	6.51	46.03	16.24
104	F1- 2 1 3 2 2	-23.40	-9.22	11.43	6.16	43.43	15.35



Cuadro D.8: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYA1</sub> (Tn)	P <sub>gYA2</sub> (Tn)	V <sub>eYA1</sub> (Tn)	V <sub>eYA2</sub> (Tn)	M <sub>eYA1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYA2</sub> (Tn·m)
109	F1- 2 2 1 1 1	-23.40	-9.23	10.67	5.73	40.47	14.27
110	F1- 2 2 1 1 2	-23.36	-9.21	10.43	5.62	39.57	13.97
118	F1- 2 2 2 1 1	-23.36	-9.21	8.96	4.77	33.86	11.87
119	F1- 2 2 2 1 2	-23.33	-9.19	8.18	4.37	30.90	10.86
120	F1- 2 2 2 1 3	-23.32	-9.19	8.57	4.60	32.42	11.41
127	F1- 2 2 3 1 1	-23.32	-9.19	6.87	3.63	25.89	9.04
128	F1- 2 2 3 1 2	-23.30	-9.18	5.69	3.02	21.43	7.49
129	F1- 2 2 3 1 3	-23.29	-9.18	5.67	3.02	21.34	7.46
130	F1- 2 2 3 2 1	-23.41	-9.22	12.13	6.49	45.95	16.17
131	F1- 2 2 3 2 2	-23.37	-9.21	11.74	6.32	44.55	15.74
136	F1- 2 3 1 1 1	-23.39	-9.22	10.60	5.68	40.14	14.14
137	F1- 2 3 1 1 2	-23.36	-9.21	10.55	5.68	39.98	14.11
145	F1- 2 3 2 1 1	-23.35	-9.21	9.07	4.82	34.25	12.00
146	F1- 2 3 2 1 2	-23.33	-9.20	8.59	4.59	32.44	11.39
147	F1- 2 3 2 1 3	-23.32	-9.19	8.37	4.49	31.60	11.11
155	F1- 2 3 3 1 2	-23.30	-9.18	5.74	3.05	21.60	7.54
157	F1- 2 3 3 2 1	-23.38	-9.22	12.07	6.45	45.70	16.07
158	F1- 2 3 3 2 2	-23.35	-9.20	11.73	6.30	44.46	15.69
163	F1- 3 1 1 1 1	-27.27	-10.73	15.56	8.07	58.48	20.16
164	F1- 3 1 1 1 2	-27.07	-10.66	16.26	8.53	61.32	21.29
172	F1- 3 1 2 1 1	-27.13	-10.68	13.92	7.10	52.03	17.73
173	F1- 3 1 2 1 2	-26.95	-10.61	14.16	7.29	53.06	18.20
181	F1- 3 1 3 1 1	-27.04	-10.64	12.44	6.27	46.30	15.65
182	F1- 3 1 3 1 2	-26.88	-10.59	12.25	6.21	45.68	15.51
183	F1- 3 1 3 1 3	-26.82	-10.57	12.61	6.50	47.26	16.22
190	F1- 3 2 1 1 1	-27.08	-10.66	15.60	8.09	58.61	20.19
191	F1- 3 2 1 1 2	-26.95	-10.62	16.18	8.47	60.98	21.15
199	F1- 3 2 2 1 1	-27.00	-10.63	14.06	7.16	52.51	17.89
200	F1- 3 2 2 1 2	-26.88	-10.59	14.24	7.33	53.35	18.28
208	F1- 3 2 3 1 1	-26.92	-10.61	12.52	6.28	46.52	15.68
209	F1- 3 2 3 1 2	-26.83	-10.57	12.27	6.21	45.69	15.49
210	F1- 3 2 3 1 3	-26.80	-10.56	12.72	6.54	47.62	16.31
217	F1- 3 3 1 1 1	-26.97	-10.63	15.41	7.97	57.82	19.88
226	F1- 3 3 2 1 1	-26.92	-10.61	14.11	7.19	52.68	17.94
227	F1- 3 3 2 1 2	-26.84	-10.58	14.20	7.30	53.16	18.21
235	F1- 3 3 3 1 1	-26.86	-10.59	12.59	6.31	46.75	15.74
236	F1- 3 3 3 1 2	-26.81	-10.57	12.57	6.36	46.82	15.87
237	F1- 3 3 3 1 3	-26.79	-10.56	12.89	6.64	48.28	16.56

Cuadro D.9: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas locales del muro YC debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYC1</sub> (Tn)	P <sub>gYC2</sub> (Tn)	V <sub>eYC1</sub> (Tn)	V <sub>eYC2</sub> (Tn)	M <sub>eYC1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYC2</sub> (Tn·m)
1	F1- 1 1 1 1 1	-19.21	-7.56	5.29	2.94	20.16	7.27
2	F1- 1 1 1 1 2	-19.24	-7.58	6.80	3.75	25.96	9.33
3	F1- 1 1 1 1 3	-19.29	-7.60	8.97	4.92	34.22	12.27
4	F1- 1 1 1 2 1	-19.26	-7.59	9.71	5.41	37.17	13.44
13	F1- 1 1 2 2 1	-19.23	-7.57	7.38	4.08	28.14	10.13
14	F1- 1 1 2 2 2	-19.26	-7.59	8.94	4.93	34.15	12.28
15	F1- 1 1 2 2 3	-19.30	-7.60	11.70	6.45	44.72	16.07
22	F1- 1 1 3 2 1	-19.19	-7.56	4.90	2.71	18.67	6.71
23	F1- 1 1 3 2 2	-19.23	-7.57	6.89	3.80	26.29	9.44
24	F1- 1 1 3 2 3	-19.27	-7.59	9.75	5.33	37.15	13.29
25	F1- 1 1 3 3 1	-19.25	-7.58	9.65	5.37	36.93	13.34
28	F1- 1 2 1 1 1	-19.20	-7.56	5.25	2.91	19.98	7.19
29	F1- 1 2 1 1 2	-19.23	-7.58	6.81	3.75	25.96	9.32
30	F1- 1 2 1 1 3	-19.27	-7.59	9.10	4.97	34.68	12.39
31	F1- 1 2 1 2 1	-19.25	-7.58	9.62	5.35	36.77	13.28
40	F1- 1 2 2 2 1	-19.22	-7.57	7.42	4.09	28.23	10.14
41	F1- 1 2 2 2 2	-19.24	-7.58	8.87	4.88	33.81	12.13
42	F1- 1 2 2 2 3	-19.28	-7.60	11.52	6.33	43.98	15.78
49	F1- 1 2 3 2 1	-19.18	-7.55	4.79	2.64	18.17	6.51
50	F1- 1 2 3 2 2	-19.21	-7.57	6.78	3.71	25.78	9.22
51	F1- 1 2 3 2 3	-19.25	-7.58	9.69	5.27	36.83	13.12
52	F1- 1 2 3 3 1	-19.24	-7.58	9.63	5.34	36.76	13.25
55	F1- 1 3 1 1 1	-19.19	-7.56	5.34	2.96	20.29	7.29
56	F1- 1 3 1 1 2	-19.23	-7.58	6.74	3.71	25.66	9.20
57	F1- 1 3 1 1 3	-19.26	-7.59	9.21	5.02	35.03	12.50
67	F1- 1 3 2 2 1	-19.21	-7.57	7.46	4.11	28.34	10.17
68	F1- 1 3 2 2 2	-19.24	-7.58	9.08	4.98	34.57	12.38
77	F1- 1 3 3 2 2	-19.21	-7.56	6.74	3.68	25.57	9.12
82	F1- 2 1 1 1 1	-23.45	-9.24	10.67	5.73	40.50	14.29
83	F1- 2 1 1 1 2	-23.59	-9.29	11.41	6.10	43.27	15.23
84	F1- 2 1 1 1 3	-23.79	-9.36	13.64	7.32	51.81	18.28
91	F1- 2 1 2 1 1	-23.39	-9.22	8.97	4.79	33.95	11.93
92	F1- 2 1 2 1 2	-23.50	-9.25	10.00	5.31	37.84	13.26
93	F1- 2 1 2 1 3	-23.72	-9.33	12.36	6.54	46.73	16.34
100	F1- 2 1 3 1 1	-23.34	-9.20	7.07	3.75	26.71	9.35
101	F1- 2 1 3 1 2	-23.44	-9.23	8.48	4.48	32.04	11.19
102	F1- 2 1 3 1 3	-23.63	-9.30	10.94	5.74	41.24	14.34
103	F1- 2 1 3 2 1	-23.48	-9.24	12.13	6.51	46.03	16.24
104	F1- 2 1 3 2 2	-23.63	-9.30	13.38	7.18	50.80	17.93

Cuadro D.9: Casos paramétricos tipo F1. Fuerzas locales del muro YC debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYC1</sub> (Tn)	P <sub>gYC2</sub> (Tn)	V <sub>eYC1</sub> (Tn)	V <sub>eYC2</sub> (Tn)	M <sub>eYC1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYC2</sub> (Tn·m)
109	F1- 2 2 1 1 1	-23.40	-9.23	10.67	5.73	40.47	14.27
110	F1- 2 2 1 1 2	-23.49	-9.26	11.25	6.01	42.62	14.99
118	F1- 2 2 2 1 1	-23.36	-9.21	8.96	4.77	33.86	11.87
119	F1- 2 2 2 1 2	-23.45	-9.24	10.05	5.32	37.97	13.27
120	F1- 2 2 2 1 3	-23.59	-9.29	12.20	6.44	46.06	16.08
127	F1- 2 2 3 1 1	-23.32	-9.19	6.87	3.63	25.89	9.04
128	F1- 2 2 3 1 2	-23.38	-9.21	8.50	4.46	32.00	11.12
129	F1- 2 2 3 1 3	-23.52	-9.26	10.97	5.73	41.26	14.30
130	F1- 2 2 3 2 1	-23.41	-9.22	12.13	6.49	45.95	16.17
131	F1- 2 2 3 2 2	-23.52	-9.26	13.50	7.23	51.23	18.05
136	F1- 2 3 1 1 1	-23.39	-9.22	10.60	5.68	40.14	14.14
137	F1- 2 3 1 1 2	-23.45	-9.24	11.31	6.03	42.81	15.05
145	F1- 2 3 2 1 1	-23.35	-9.21	9.07	4.82	34.25	12.00
146	F1- 2 3 2 1 2	-23.40	-9.22	10.14	5.36	38.27	13.37
147	F1- 2 3 2 1 3	-23.51	-9.26	12.36	6.50	46.60	16.23
155	F1- 2 3 3 1 2	-23.36	-9.21	8.27	4.33	31.10	10.79
157	F1- 2 3 3 2 1	-23.38	-9.22	12.07	6.45	45.70	16.07
158	F1- 2 3 3 2 2	-23.45	-9.24	13.47	7.20	51.05	17.96
163	F1- 3 1 1 1 1	-27.27	-10.73	15.56	8.07	58.48	20.16
164	F1- 3 1 1 1 2	-27.61	-10.84	15.69	8.16	59.02	20.38
172	F1- 3 1 2 1 1	-27.13	-10.68	13.92	7.10	52.03	17.73
173	F1- 3 1 2 1 2	-27.50	-10.80	14.33	7.29	53.53	18.22
181	F1- 3 1 3 1 1	-27.04	-10.64	12.44	6.27	46.30	15.65
182	F1- 3 1 3 1 2	-27.34	-10.75	13.15	6.59	48.88	16.46
183	F1- 3 1 3 1 3	-27.82	-10.92	15.66	7.93	58.42	19.83
190	F1- 3 2 1 1 1	-27.08	-10.66	15.60	8.09	58.61	20.19
191	F1- 3 2 1 1 2	-27.34	-10.75	15.55	8.07	58.46	20.16
199	F1- 3 2 2 1 1	-27.00	-10.63	14.06	7.16	52.51	17.89
200	F1- 3 2 2 1 2	-27.23	-10.71	14.28	7.25	53.30	18.12
208	F1- 3 2 3 1 1	-26.92	-10.61	12.52	6.28	46.52	15.68
209	F1- 3 2 3 1 2	-27.13	-10.68	13.10	6.53	48.58	16.31
210	F1- 3 2 3 1 3	-27.50	-10.80	15.32	7.71	57.02	19.28
217	F1- 3 3 1 1 1	-26.97	-10.63	15.41	7.97	57.82	19.88
226	F1- 3 3 2 1 1	-26.92	-10.61	14.11	7.19	52.68	17.94
227	F1- 3 3 2 1 2	-27.08	-10.66	14.36	7.28	53.56	18.18
235	F1- 3 3 3 1 1	-26.86	-10.59	12.59	6.31	46.75	15.74
236	F1- 3 3 3 1 2	-27.00	-10.63	13.35	6.65	49.51	16.62
237	F1- 3 3 3 1 3	-27.28	-10.73	15.64	7.88	58.25	19.70

## D.2. Resultados del análisis sísmico de los casos paramétricos reales tipo F2

Los Cuadros D.10 a D.18 muestran los resultados del análisis sísmico modal-espectral de los METP's (Capítulo IV) de los casos paramétricos reales tipo F2, según lo estipulado en la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente (SENCICO, 2003) y en la Norma Técnica E.070 de Albañilería (SENCICO, 2006).

El Cuadro D.10 muestra las masas traslacionales concentradas en los CM's del primer y segundo piso ( $m_1$ ,  $m_2$ ). Además, el Cuadro D.10 muestra las ubicaciones en planta de los CM's ( $x_{CM}$ ,  $y_{CM}$ ) y los CR's ( $x_{CR1}$ ,  $y_{CR1}$ ;  $x_{CR2}$ ,  $y_{CR2}$ ).

El Cuadro D.11 muestra los periodos (T) correspondientes a los seis modos de vibración de la estructura.

El Cuadro D.12 muestra los factores de participación modal en las tres direcciones de los gdl's ( $\Gamma_{UX}$ ,  $\Gamma_{UY}$  y  $\Gamma_{RZ}$ ) de la estructura, correspondientes a los tres primeros modos de vibración. Estos modos son los que se utilizan para el cálculo de los VPA que se muestran en el Anexo E (ítem E.2).

Los Cuadros D.13 a D.16 muestran las respuestas globales debido a la acción del sismo severo en las direcciones de los ejes X (EQX) y Y (EQY). El Cuadro D.13 muestra las aceleraciones traslacionales de los CM's; el Cuadro D.14 muestra los desplazamientos de los CM's; el Cuadro D.15 muestra las distorsiones laterales de entrepiso; y el Cuadro D.16 muestra las fuerzas cortantes de entrepiso y los momentos de torsión en planta de entrepiso.

Los Cuadros D.17 y D.18 muestran las respuestas locales ( $P_g$ ,  $V_e$ ,  $M_e$ ) del muro YA (lado flexible) y del muro YB (lado rígido), respectivamente, debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).

Cuadro D.10: Casos paramétricos tipo F2. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's.

Caso	ID	Masas		CM		CR			
		$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$x_{CM}$ (m)	$y_{CM}$ (m)	$x_{CR1}$ (m)	$x_{CR2}$ (m)	$y_{CR1}$ (m)	$y_{CR2}$ (m)
1	F2- 1 1 1 1 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
2	F2- 1 1 1 1 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.49	2.48	3.25	3.25
4	F2- 1 1 1 2 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
10	F2- 1 1 2 1 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
11	F2- 1 1 2 1 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.49	2.48	3.25	3.25
13	F2- 1 1 2 2 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
14	F2- 1 1 2 2 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.49	2.48	3.25	3.25
19	F2- 1 1 3 1 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
20	F2- 1 1 3 1 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.49	2.48	3.25	3.25
22	F2- 1 1 3 2 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
23	F2- 1 1 3 2 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.49	2.48	3.25	3.25
25	F2- 1 1 3 3 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
26	F2- 1 1 3 3 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.49	2.48	3.25	3.25
28	F2- 1 2 1 1 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
29	F2- 1 2 1 1 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.47	2.46	3.25	3.25
37	F2- 1 2 2 1 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
38	F2- 1 2 2 1 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.47	2.46	3.25	3.25
40	F2- 1 2 2 2 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
41	F2- 1 2 2 2 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.47	2.45	3.25	3.25
46	F2- 1 2 3 1 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
47	F2- 1 2 3 1 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.47	2.46	3.25	3.25
49	F2- 1 2 3 2 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
50	F2- 1 2 3 2 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.47	2.45	3.25	3.25
52	F2- 1 2 3 3 1	2.15	1.40	1.63	3.25	1.63	1.63	3.25	3.25
53	F2- 1 2 3 3 2	2.15	1.40	1.63	3.25	2.47	2.45	3.25	3.25
82	F2- 2 1 1 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
83	F2- 2 1 1 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.27	4.25	3.25	3.25
91	F2- 2 1 2 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
92	F2- 2 1 2 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.27	4.25	3.25	3.25
93	F2- 2 1 2 1 3	4.31	2.80	3.25	3.25	5.34	5.32	3.25	3.25
100	F2- 2 1 3 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
101	F2- 2 1 3 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.27	4.25	3.25	3.25
102	F2- 2 1 3 1 3	4.31	2.80	3.25	3.25	5.34	5.32	3.25	3.25
103	F2- 2 1 3 2 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
104	F2- 2 1 3 2 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.26	4.25	3.25	3.25

Cuadro D.10: Casos paramétricos tipo F2. Masas traslacionales y ubicaciones de los CM's y CR's (Cont.).

Caso	ID	Masas		CM		CR			
		$m_1$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$m_2$ (Tn·s <sup>2</sup> /m)	$x_{CM}$ (m)	$y_{CM}$ (m)	$x_{CR1}$ (m)	$x_{CR2}$ (m)	$y_{CR1}$ (m)	$y_{CR2}$ (m)
105	F2- 2 1 3 2 3	4.31	2.80	3.25	3.25	5.34	5.32	3.25	3.25
109	F2- 2 2 1 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
110	F2- 2 2 1 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.33	4.31	3.25	3.25
118	F2- 2 2 2 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
119	F2- 2 2 2 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.33	4.31	3.25	3.25
120	F2- 2 2 2 1 3	4.31	2.80	3.25	3.25	5.33	5.30	3.25	3.25
127	F2- 2 2 3 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
128	F2- 2 2 3 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.33	4.31	3.25	3.25
129	F2- 2 2 3 1 3	4.31	2.80	3.25	3.25	5.33	5.30	3.25	3.25
130	F2- 2 2 3 2 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
131	F2- 2 2 3 2 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.33	4.31	3.25	3.25
132	F2- 2 2 3 2 3	4.31	2.80	3.25	3.25	5.33	5.30	3.25	3.25
136	F2- 2 3 1 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
137	F2- 2 3 1 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.23	4.22	3.25	3.25
145	F2- 2 3 2 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
146	F2- 2 3 2 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.23	4.22	3.25	3.25
154	F2- 2 3 3 1 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
155	F2- 2 3 3 1 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.23	4.22	3.25	3.25
157	F2- 2 3 3 2 1	4.31	2.80	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25	3.25
158	F2- 2 3 3 2 2	4.31	2.80	3.25	3.25	4.23	4.22	3.25	3.25
172	F2- 3 1 2 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
181	F2- 3 1 3 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
182	F2- 3 1 3 1 2	6.46	4.20	4.88	3.25	6.15	6.15	3.25	3.25
183	F2- 3 1 3 1 3	6.46	4.20	4.88	3.25	7.43	7.43	3.25	3.25
199	F2- 3 2 2 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
208	F2- 3 2 3 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
209	F2- 3 2 3 1 2	6.46	4.20	4.88	3.25	6.29	6.28	3.25	3.25
226	F2- 3 3 2 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
235	F2- 3 3 3 1 1	6.46	4.20	4.88	3.25	4.88	4.88	3.25	3.25
236	F2- 3 3 3 1 2	6.46	4.20	4.88	3.25	6.24	6.23	3.25	3.25

Cuadro D.11: Casos paramétricos tipo F2. Periodos de vibración de la estructura.

Caso	ID	T (s)					
		1° modo	2° modo	3° modo	4° modo	5° modo	6° modo
1	F2- 1 1 1 1 1	0.08580	0.05598	0.05404	0.03145	0.02088	0.01977
2	F2- 1 1 1 1 2	0.08849	0.05576	0.05236	0.03245	0.02074	0.01915
4	F2- 1 1 1 2 1	0.08573	0.05690	0.04827	0.03144	0.02102	0.01764
10	F2- 1 1 2 1 1	0.08579	0.05394	0.05070	0.03145	0.01974	0.01889
11	F2- 1 1 2 1 2	0.08847	0.05228	0.05087	0.03244	0.01913	0.01891
13	F2- 1 1 2 2 1	0.08573	0.05132	0.04825	0.03144	0.01906	0.01764
14	F2- 1 1 2 2 2	0.08768	0.05153	0.04716	0.03216	0.01909	0.01723
19	F2- 1 1 3 1 1	0.08576	0.05373	0.04678	0.03144	0.01969	0.01739
20	F2- 1 1 3 1 2	0.08842	0.05212	0.04691	0.03242	0.01908	0.01741
22	F2- 1 1 3 2 1	0.08572	0.04817	0.04689	0.03143	0.01761	0.01741
23	F2- 1 1 3 2 2	0.08766	0.04709	0.04702	0.03215	0.01743	0.01721
25	F2- 1 1 3 3 1	0.08561	0.04713	0.04337	0.03142	0.01744	0.01584
26	F2- 1 1 3 3 2	0.08708	0.04729	0.04261	0.03196	0.01747	0.01556
28	F2- 1 2 1 1 1	0.09308	0.06202	0.06008	0.03416	0.02317	0.02201
29	F2- 1 2 1 1 2	0.09804	0.06239	0.05817	0.03600	0.02323	0.02129
37	F2- 1 2 2 1 1	0.09307	0.06000	0.05642	0.03416	0.02199	0.02106
38	F2- 1 2 2 1 2	0.09802	0.05812	0.05668	0.03600	0.02128	0.02110
40	F2- 1 2 2 2 1	0.09303	0.05675	0.05351	0.03415	0.02111	0.01957
41	F2- 1 2 2 2 2	0.09719	0.05704	0.05226	0.03570	0.02115	0.01911
46	F2- 1 2 3 1 1	0.09305	0.05984	0.05186	0.03415	0.02194	0.01931
47	F2- 1 2 3 1 2	0.09798	0.05798	0.05206	0.03598	0.02124	0.01934
49	F2- 1 2 3 2 1	0.09302	0.05344	0.05199	0.03415	0.01955	0.01933
50	F2- 1 2 3 2 2	0.09718	0.05221	0.05220	0.03569	0.01936	0.01909
52	F2- 1 2 3 3 1	0.09294	0.05231	0.04787	0.03414	0.01938	0.01749
53	F2- 1 2 3 3 2	0.09658	0.05214	0.04702	0.03549	0.01926	0.01718
82	F2- 2 1 1 1 1	0.08715	0.05804	0.05420	0.03304	0.02199	0.02059
83	F2- 2 1 1 1 2	0.08817	0.05806	0.05238	0.03344	0.02199	0.01989
91	F2- 2 1 2 1 1	0.08714	0.05416	0.05286	0.03303	0.02057	0.02001
92	F2- 2 1 2 1 2	0.08816	0.05286	0.05236	0.03343	0.02001	0.01988
93	F2- 2 1 2 1 3	0.09570	0.05288	0.04932	0.03633	0.02002	0.01871
100	F2- 2 1 3 1 1	0.08712	0.05405	0.04843	0.03302	0.02054	0.01833
101	F2- 2 1 3 1 2	0.08813	0.05228	0.04843	0.03342	0.01985	0.01833
102	F2- 2 1 3 1 3	0.09567	0.04928	0.04844	0.03632	0.01870	0.01833
103	F2- 2 1 3 2 1	0.08707	0.04823	0.04780	0.03301	0.01825	0.01814
104	F2- 2 1 3 2 2	0.08745	0.04845	0.04699	0.03316	0.01833	0.01783
105	F2- 2 1 3 2 3	0.09327	0.04827	0.04457	0.03539	0.01826	0.01691
109	F2- 2 2 1 1 1	0.09590	0.06460	0.05991	0.03639	0.02448	0.02277
110	F2- 2 2 1 1 2	0.10032	0.06412	0.05828	0.03809	0.02430	0.02215

Cuadro D.11: Casos paramétricos tipo F2. Periodos de vibración de la estructura  
(Cont.).

Caso	ID	T (s)					
		1° modo	2° modo	3° modo	4° modo	5° modo	6° modo
118	F2- 2 2 2 1 1	0.09590	0.05988	0.05878	0.03638	0.02277	0.02227
119	F2- 2 2 2 1 2	0.10031	0.05826	0.05803	0.03809	0.02214	0.02198
120	F2- 2 2 2 1 3	0.10524	0.05843	0.05439	0.03999	0.02213	0.02065
127	F2- 2 2 3 1 1	0.09588	0.05979	0.05372	0.03637	0.02274	0.02034
128	F2- 2 2 3 1 2	0.10029	0.05819	0.05343	0.03808	0.02212	0.02023
129	F2- 2 2 3 1 3	0.10522	0.05436	0.05373	0.03998	0.02064	0.02034
130	F2- 2 2 3 2 1	0.09582	0.05374	0.05311	0.03636	0.02035	0.02017
131	F2- 2 2 3 2 2	0.09951	0.05375	0.05256	0.03778	0.02035	0.01996
132	F2- 2 2 3 2 3	0.10269	0.05350	0.04940	0.03900	0.02025	0.01875
136	F2- 2 3 1 1 1	0.10346	0.07045	0.06488	0.03928	0.02672	0.02469
137	F2- 2 3 1 1 2	0.10816	0.07048	0.06389	0.04109	0.02672	0.02430
145	F2- 2 3 2 1 1	0.10346	0.06486	0.06406	0.03928	0.02468	0.02428
146	F2- 2 3 2 1 2	0.10815	0.06407	0.06387	0.04109	0.02430	0.02429
154	F2- 2 3 3 1 1	0.10345	0.06480	0.05878	0.03927	0.02466	0.02227
155	F2- 2 3 3 1 2	0.10814	0.06382	0.05879	0.04108	0.02428	0.02227
157	F2- 2 3 3 2 1	0.10339	0.05842	0.05780	0.03926	0.02213	0.02197
158	F2- 2 3 3 2 2	0.10735	0.05882	0.05720	0.04079	0.02228	0.02173
172	F2- 3 1 2 1 1	0.08748	0.05455	0.05315	0.03377	0.02109	0.02053
181	F2- 3 1 3 1 1	0.08747	0.05452	0.04865	0.03377	0.02108	0.01879
182	F2- 3 1 3 1 2	0.08971	0.05313	0.04885	0.03464	0.02054	0.01886
183	F2- 3 1 3 1 3	0.09539	0.04954	0.04866	0.03683	0.01915	0.01879
199	F2- 3 2 2 1 1	0.09842	0.06110	0.05918	0.03801	0.02362	0.02286
208	F2- 3 2 3 1 1	0.09841	0.06108	0.05421	0.03800	0.02362	0.02093
209	F2- 3 2 3 1 2	0.09984	0.05872	0.05394	0.03856	0.02270	0.02083
226	F2- 3 3 2 1 1	0.10569	0.06621	0.06488	0.04082	0.02560	0.02506
235	F2- 3 3 3 1 1	0.10568	0.06619	0.05953	0.04082	0.02560	0.02299
236	F2- 3 3 3 1 2	0.11084	0.06506	0.05953	0.04282	0.02516	0.02300

Cuadro D.12: Casos paramétricos tipo F2. Factores de participación modal  
correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración.

Caso	ID	1° modo			2° modo			3° modo		
		$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
1	F2- 1 1 1 1 1	0.00	1.78	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4.85
2	F2- 1 1 1 1 2	0.00	-1.75	0.89	1.78	0.00	0.00	0.00	0.32	4.76
4	F2- 1 1 1 2 1	0.00	1.78	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4.84
10	F2- 1 1 2 1 1	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	-4.85	1.78	0.00	0.00



Cuadro D.12: Casos paramétricos tipo F2. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración (Cont.).

Caso	ID	1° modo			2° modo			3° modo		
		$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
11	F2- 1 1 2 1 2	0.00	1.75	-0.88	0.00	0.32	4.76	1.78	0.00	0.00
13	F2- 1 1 2 2 1	0.00	1.78	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.84
14	F2- 1 1 2 2 2	0.00	-1.76	0.65	1.78	0.00	0.00	0.00	-0.24	-4.80
19	F2- 1 1 3 1 1	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	-4.85	1.78	0.00	0.00
20	F2- 1 1 3 1 2	0.00	1.75	-0.88	0.00	-0.32	-4.77	-1.78	0.00	0.00
22	F2- 1 1 3 2 1	0.00	-1.78	0.00	0.00	0.00	-4.84	1.78	0.00	0.00
23	F2- 1 1 3 2 2	0.00	-1.76	0.65	0.00	0.24	4.80	-1.78	0.00	0.00
25	F2- 1 1 3 3 1	0.00	1.78	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	-4.84
26	F2- 1 1 3 3 2	0.00	-1.77	0.50	1.78	0.00	0.00	0.00	-0.18	-4.82
28	F2- 1 2 1 1 1	0.00	-1.78	0.00	-1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	4.85
29	F2- 1 2 1 1 2	0.00	1.75	-0.87	-1.78	0.00	0.00	0.00	0.32	4.77
37	F2- 1 2 2 1 1	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	4.85	1.79	0.00	0.00
38	F2- 1 2 2 1 2	0.00	-1.75	0.86	0.00	-0.32	-4.77	-1.78	0.00	0.00
40	F2- 1 2 2 2 1	0.00	1.78	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4.85
41	F2- 1 2 2 2 2	0.00	-1.76	0.63	-1.78	0.00	0.00	0.00	-0.23	-4.80
46	F2- 1 2 3 1 1	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	-4.85	1.78	0.00	0.00
47	F2- 1 2 3 1 2	0.00	-1.75	0.86	0.00	-0.31	-4.77	1.78	0.00	0.00
49	F2- 1 2 3 2 1	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	4.85	1.78	0.00	0.00
50	F2- 1 2 3 2 2	0.00	-1.76	0.63	0.00	-0.23	-4.80	-1.78	0.00	0.00
52	F2- 1 2 3 3 1	0.00	-1.78	0.00	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	4.84
53	F2- 1 2 3 3 2	0.00	1.77	-0.48	-1.78	0.00	0.00	0.00	-0.17	-4.82
82	F2- 2 1 1 1 1	0.00	2.54	0.00	-2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.76
83	F2- 2 1 1 1 2	0.00	2.50	-1.49	2.54	0.00	0.00	0.00	0.43	8.63
91	F2- 2 1 2 1 1	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	8.76	-2.54	0.00	0.00
92	F2- 2 1 2 1 2	0.00	-2.50	1.49	-2.54	0.00	0.00	0.00	-0.43	-8.63
93	F2- 2 1 2 1 3	0.00	-2.44	2.39	-2.54	0.00	0.00	0.00	0.69	8.43
100	F2- 2 1 3 1 1	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	8.76	2.54	0.00	0.00
101	F2- 2 1 3 1 2	0.00	2.50	-1.48	0.00	0.43	8.63	-2.54	0.00	0.00
102	F2- 2 1 3 1 3	0.00	2.44	-2.38	0.00	-0.69	-8.43	-2.54	0.00	0.00
103	F2- 2 1 3 2 1	0.00	-2.54	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.75
104	F2- 2 1 3 2 2	0.00	2.52	-1.08	2.54	0.00	0.00	0.00	0.31	8.69
105	F2- 2 1 3 2 3	0.00	2.48	-1.83	-2.53	0.00	0.00	0.00	0.52	8.56
109	F2- 2 2 1 1 1	0.00	2.54	0.00	-2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.76
110	F2- 2 2 1 1 2	0.00	2.50	-1.48	2.54	0.00	0.00	0.00	-0.43	-8.63
118	F2- 2 2 2 1 1	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	-8.76	-2.54	0.00	0.00
119	F2- 2 2 2 1 2	0.00	2.50	-1.48	0.00	0.43	8.63	-2.54	0.00	0.00
120	F2- 2 2 2 1 3	0.00	-2.44	2.39	2.54	0.00	0.00	0.00	-0.69	-8.43
127	F2- 2 2 3 1 1	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	-8.76	-2.54	0.00	0.00
128	F2- 2 2 3 1 2	0.00	-2.50	1.47	0.00	0.42	8.63	2.54	0.00	0.00
129	F2- 2 2 3 1 3	0.00	2.44	-2.38	0.00	-0.69	-8.43	2.54	0.00	0.00
130	F2- 2 2 3 2 1	0.00	2.54	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.76

Cuadro D.12: Casos paramétricos tipo F2. Factores de participación modal correspondientes a los 1°, 2° y 3° modos de vibración (Cont.).

Caso	ID	1° modo			2° modo			3° modo		
		$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$	$\Gamma_{UX}$	$\Gamma_{UY}$	$\Gamma_{RZ}$
131	F2- 2 2 3 2 2	0.00	2.52	-1.10	-2.54	0.00	0.00	0.00	-0.32	-8.69
132	F2- 2 2 3 2 3	0.00	-2.48	1.85	2.54	0.00	0.00	0.00	0.53	8.56
136	F2- 2 3 1 1 1	0.00	2.54	0.00	-2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	8.76
137	F2- 2 3 1 1 2	0.00	-2.51	1.41	2.54	0.00	0.00	0.00	-0.40	-8.65
145	F2- 2 3 2 1 1	0.00	-2.54	0.00	0.00	0.00	-8.76	-2.54	0.00	0.00
146	F2- 2 3 2 1 2	0.00	2.51	-1.41	-2.54	0.00	0.00	0.00	0.40	8.65
154	F2- 2 3 3 1 1	0.00	2.54	0.00	0.00	0.00	8.76	-2.54	0.00	0.00
155	F2- 2 3 3 1 2	0.00	-2.51	1.40	0.00	-0.40	-8.65	-2.54	0.00	0.00
157	F2- 2 3 3 2 1	0.00	2.54	0.00	-2.54	0.00	0.00	0.00	0.00	-8.76
158	F2- 2 3 3 2 2	0.00	-2.52	1.02	2.54	0.00	0.00	0.00	-0.29	-8.70
172	F2- 3 1 2 1 1	0.00	3.12	0.00	0.00	0.00	13.74	-3.12	0.00	0.00
181	F2- 3 1 3 1 1	0.00	-3.12	0.00	0.00	0.00	13.74	-3.12	0.00	0.00
182	F2- 3 1 3 1 2	0.00	3.08	-2.30	0.00	-0.52	-13.55	-3.12	0.00	0.00
183	F2- 3 1 3 1 3	0.00	3.01	-3.64	0.00	-0.82	-13.25	-3.12	0.00	0.00
199	F2- 3 2 2 1 1	0.00	-3.12	0.00	0.00	0.00	-13.74	-3.12	0.00	0.00
208	F2- 3 2 3 1 1	0.00	-3.12	0.00	0.00	0.00	13.74	-3.12	0.00	0.00
209	F2- 3 2 3 1 2	0.00	3.07	-2.52	0.00	-0.57	-13.51	3.12	0.00	0.00
226	F2- 3 3 2 1 1	0.00	3.12	0.00	0.00	0.00	13.74	-3.12	0.00	0.00
235	F2- 3 3 3 1 1	0.00	3.12	0.00	0.00	0.00	-13.74	3.12	0.00	0.00
236	F2- 3 3 3 1 2	0.00	3.08	-2.40	0.00	0.54	13.53	-3.12	0.00	0.00

Cuadro D.13: Casos paramétricos tipo F2. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y2}$ (m/s <sup>2</sup> )
1	F2- 1 1 1 1 1	7.64	13.39	0.00	0.00	7.58	13.45
2	F2- 1 1 1 1 2	7.63	13.40	2.24	4.03	8.13	14.45
4	F2- 1 1 1 2 1	7.60	13.43	0.00	0.00	7.58	13.45
10	F2- 1 1 2 1 1	7.64	13.40	0.00	0.00	7.58	13.45
11	F2- 1 1 2 1 2	7.63	13.40	2.23	4.01	8.13	14.45
13	F2- 1 1 2 2 1	7.62	13.41	0.00	0.00	7.58	13.45
14	F2- 1 1 2 2 2	7.61	13.42	1.66	3.01	8.04	14.29
19	F2- 1 1 3 1 1	7.63	13.41	0.00	0.00	7.58	13.45
20	F2- 1 1 3 1 2	7.62	13.41	2.21	3.98	8.13	14.44

Cuadro D.13: Casos paramétricos tipo F2. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y2}$ (m/s <sup>2</sup> )
22	F2- 1 1 3 2 1	7.62	13.41	0.00	0.00	7.58	13.45
23	F2- 1 1 3 2 2	7.61	13.42	1.66	3.00	8.03	14.29
25	F2- 1 1 3 3 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.58	13.44
26	F2- 1 1 3 3 2	7.60	13.43	1.26	2.32	7.95	14.14
28	F2- 1 2 1 1 1	7.65	13.39	0.00	0.00	7.58	13.44
29	F2- 1 2 1 1 2	7.63	13.40	2.19	3.94	8.13	14.43
37	F2- 1 2 2 1 1	7.64	13.39	0.00	0.00	7.58	13.44
38	F2- 1 2 2 1 2	7.63	13.40	2.18	3.92	8.13	14.43
40	F2- 1 2 2 2 1	7.63	13.40	0.00	0.00	7.59	13.44
41	F2- 1 2 2 2 2	7.62	13.42	1.61	2.92	8.03	14.26
46	F2- 1 2 3 1 1	7.63	13.40	0.00	0.00	7.58	13.44
47	F2- 1 2 3 1 2	7.62	13.41	2.17	3.90	8.13	14.42
49	F2- 1 2 3 2 1	7.63	13.41	0.00	0.00	7.59	13.44
50	F2- 1 2 3 2 2	7.62	13.41	1.61	2.91	8.03	14.26
52	F2- 1 2 3 3 1	7.61	13.42	0.00	0.00	7.59	13.44
53	F2- 1 2 3 3 2	7.60	13.43	1.21	2.22	7.94	14.11
82	F2- 2 1 1 1 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
83	F2- 2 1 1 1 2	7.71	13.34	1.69	2.94	8.73	15.11
91	F2- 2 1 2 1 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
92	F2- 2 1 2 1 2	7.71	13.34	1.68	2.93	8.73	15.10
93	F2- 2 1 2 1 3	7.71	13.34	2.62	4.64	9.09	15.79
100	F2- 2 1 3 1 1	7.70	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
101	F2- 2 1 3 1 2	7.70	13.34	1.68	2.92	8.72	15.10
102	F2- 2 1 3 1 3	7.70	13.34	2.62	4.63	9.09	15.79
103	F2- 2 1 3 2 1	7.70	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
104	F2- 2 1 3 2 2	7.70	13.34	1.23	2.17	8.49	14.72
105	F2- 2 1 3 2 3	7.70	13.35	2.02	3.64	8.86	15.47
109	F2- 2 2 1 1 1	7.71	13.33	0.00	0.00	7.72	13.33
110	F2- 2 2 1 1 2	7.71	13.34	1.67	2.91	8.73	15.09
118	F2- 2 2 2 1 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
119	F2- 2 2 2 1 2	7.71	13.34	1.67	2.91	8.73	15.09
120	F2- 2 2 2 1 3	7.71	13.34	2.62	4.63	9.10	15.79
127	F2- 2 2 3 1 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
128	F2- 2 2 3 1 2	7.71	13.34	1.67	2.90	8.73	15.09
129	F2- 2 2 3 1 3	7.71	13.34	2.62	4.63	9.10	15.78
130	F2- 2 2 3 2 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
131	F2- 2 2 3 2 2	7.71	13.34	1.25	2.19	8.51	14.73
132	F2- 2 2 3 2 3	7.70	13.34	2.04	3.68	8.88	15.48
136	F2- 2 3 1 1 1	7.72	13.33	0.00	0.00	7.73	13.32

Cuadro D.13: Casos paramétricos tipo F2. Aceleraciones traslacionales de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$a_{x1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{x2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y2}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y1}$ (m/s <sup>2</sup> )	$a_{y2}$ (m/s <sup>2</sup> )
137	F2- 2 3 1 1 2	7.72	13.33	1.59	2.77	8.69	15.02
145	F2- 2 3 2 1 1	7.72	13.33	0.00	0.00	7.73	13.33
146	F2- 2 3 2 1 2	7.72	13.33	1.59	2.77	8.69	15.02
154	F2- 2 3 3 1 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.72	13.33
155	F2- 2 3 3 1 2	7.71	13.34	1.59	2.76	8.69	15.01
157	F2- 2 3 3 2 1	7.71	13.34	0.00	0.00	7.73	13.32
158	F2- 2 3 3 2 2	7.71	13.34	1.16	2.04	8.46	14.64
172	F2- 3 1 2 1 1	7.82	13.24	0.00	0.00	7.82	13.24
181	F2- 3 1 3 1 1	7.82	13.24	0.00	0.00	7.82	13.24
182	F2- 3 1 3 1 2	7.82	13.24	1.31	2.25	9.05	15.38
183	F2- 3 1 3 1 3	7.82	13.24	2.03	3.52	9.54	16.30
199	F2- 3 2 2 1 1	7.82	13.24	0.00	0.00	7.82	13.24
208	F2- 3 2 3 1 1	7.82	13.24	0.00	0.00	7.82	13.24
209	F2- 3 2 3 1 2	7.82	13.24	1.44	2.46	9.15	15.54
226	F2- 3 3 2 1 1	7.82	13.24	0.00	0.00	7.82	13.24
235	F2- 3 3 3 1 1	7.82	13.24	0.00	0.00	7.82	13.24
236	F2- 3 3 3 1 2	7.82	13.24	1.37	2.35	9.10	15.45

Cuadro D.14: Casos paramétricos tipo F2. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$U_{x1}$ (cm)	$U_{x2}$ (cm)	$U_{y1}$ (cm)	$U_{y2}$ (cm)	$\theta_{z1}$ (rad)	$\theta_{z2}$ (rad)
1	F2- 1 1 1 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
2	F2- 1 1 1 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
4	F2- 1 1 1 2 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
10	F2- 1 1 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
11	F2- 1 1 2 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
13	F2- 1 1 2 2 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
14	F2- 1 1 2 2 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00014
19	F2- 1 1 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
20	F2- 1 1 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
22	F2- 1 1 3 2 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
23	F2- 1 1 3 2 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00014

Cuadro D.14: Casos paramétricos tipo F2. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		U <sub>x1</sub> (cm)	U <sub>x2</sub> (cm)	U <sub>y1</sub> (cm)	U <sub>y2</sub> (cm)	θ <sub>z1</sub> (rad)	θ <sub>z2</sub> (rad)
25	F2- 1 1 3 3 1	0.05	0.09	0.14	0.23	0.00000	0.00000
26	F2- 1 1 3 3 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
28	F2- 1 2 1 1 1	0.05	0.14	0.14	0.27	0.00000	0.00000
29	F2- 1 2 1 1 2	0.05	0.14	0.14	0.32	0.00009	0.00023
37	F2- 1 2 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
38	F2- 1 2 2 1 2	0.05	0.09	0.14	0.32	0.00009	0.00023
40	F2- 1 2 2 2 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
41	F2- 1 2 2 2 2	0.05	0.09	0.14	0.32	0.00009	0.00014
46	F2- 1 2 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
47	F2- 1 2 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.32	0.00009	0.00023
49	F2- 1 2 3 2 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
50	F2- 1 2 3 2 2	0.05	0.09	0.14	0.32	0.00009	0.00014
52	F2- 1 2 3 3 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
53	F2- 1 2 3 3 2	0.05	0.09	0.14	0.32	0.00005	0.00014
82	F2- 2 1 1 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
83	F2- 2 1 1 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00014
91	F2- 2 1 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
92	F2- 2 1 2 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00014
93	F2- 2 1 2 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00014	0.00023
100	F2- 2 1 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
101	F2- 2 1 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00014
102	F2- 2 1 3 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00014	0.00023
103	F2- 2 1 3 2 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
104	F2- 2 1 3 2 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
105	F2- 2 1 3 2 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
109	F2- 2 2 1 1 1	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
110	F2- 2 2 1 1 2	0.09	0.14	0.18	0.32	0.00009	0.00018
118	F2- 2 2 2 1 1	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
119	F2- 2 2 2 1 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00018
120	F2- 2 2 2 1 3	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00014	0.00027
127	F2- 2 2 3 1 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
128	F2- 2 2 3 1 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00018
129	F2- 2 2 3 1 3	0.05	0.09	0.18	0.36	0.00014	0.00027
130	F2- 2 2 3 2 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
131	F2- 2 2 3 2 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00005	0.00014
132	F2- 2 2 3 2 3	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00014	0.00023
136	F2- 2 3 1 1 1	0.09	0.18	0.18	0.36	0.00000	0.00000
137	F2- 2 3 1 1 2	0.09	0.18	0.18	0.36	0.00009	0.00018
145	F2- 2 3 2 1 1	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000

Cuadro D.14: Casos paramétricos tipo F2. Desplazamientos de los CM's debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		U <sub>x1</sub> (cm)	U <sub>x2</sub> (cm)	U <sub>y1</sub> (cm)	U <sub>y2</sub> (cm)	θ <sub>z1</sub> (rad)	θ <sub>z2</sub> (rad)
146	F2- 2 3 2 1 2	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00009	0.00018
154	F2- 2 3 3 1 1	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
155	F2- 2 3 3 1 2	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00009	0.00018
157	F2- 2 3 3 2 1	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
158	F2- 2 3 3 2 2	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00009	0.00014
172	F2- 3 1 2 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
181	F2- 3 1 3 1 1	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00000	0.00000
182	F2- 3 1 3 1 2	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00005	0.00009
183	F2- 3 1 3 1 3	0.05	0.09	0.14	0.27	0.00009	0.00018
199	F2- 3 2 2 1 1	0.05	0.14	0.18	0.32	0.00000	0.00000
208	F2- 3 2 3 1 1	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00000	0.00000
209	F2- 3 2 3 1 2	0.05	0.09	0.18	0.32	0.00009	0.00014
226	F2- 3 3 2 1 1	0.09	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
235	F2- 3 3 3 1 1	0.05	0.14	0.18	0.36	0.00000	0.00000
236	F2- 3 3 3 1 2	0.05	0.14	0.23	0.41	0.00009	0.00018

Cuadro D.15: Casos paramétricos tipo F2. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		Δ <sub>x1</sub> /h (%)	Δ <sub>x2</sub> /h (%)	Δ <sub>x1</sub> /h (%)	Δ <sub>x2</sub> /h (%)	Δ <sub>y1</sub> /h (%)	Δ <sub>y2</sub> /h (%)
1	F2- 1 1 1 1 1	0.022	0.020	0.000	0.000	0.049	0.050
2	F2- 1 1 1 1 2	0.021	0.020	0.012	0.012	0.056	0.057
4	F2- 1 1 1 2 1	0.022	0.022	0.000	0.000	0.049	0.050
10	F2- 1 1 2 1 1	0.018	0.017	0.000	0.000	0.049	0.050
11	F2- 1 1 2 1 2	0.018	0.017	0.012	0.012	0.056	0.057
13	F2- 1 1 2 2 1	0.018	0.018	0.000	0.000	0.049	0.050
14	F2- 1 1 2 2 2	0.018	0.018	0.009	0.009	0.054	0.055
19	F2- 1 1 3 1 1	0.015	0.014	0.000	0.000	0.049	0.050
20	F2- 1 1 3 1 2	0.015	0.014	0.012	0.012	0.056	0.057
22	F2- 1 1 3 2 1	0.015	0.014	0.000	0.000	0.049	0.050
23	F2- 1 1 3 2 2	0.015	0.015	0.009	0.009	0.054	0.055

Cuadro D.15: Casos paramétricos tipo F2. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{y1}/h$ (%)	$\Delta_{y2}/h$ (%)
25	F2- 1 1 3 3 1	0.015	0.015	0.000	0.000	0.049	0.049
26	F2- 1 1 3 3 2	0.015	0.015	0.006	0.006	0.053	0.054
28	F2- 1 2 1 1 1	0.027	0.025	0.000	0.000	0.058	0.058
29	F2- 1 2 1 1 2	0.027	0.026	0.014	0.014	0.069	0.069
37	F2- 1 2 2 1 1	0.022	0.021	0.000	0.000	0.058	0.058
38	F2- 1 2 2 1 2	0.022	0.021	0.014	0.014	0.069	0.069
40	F2- 1 2 2 2 1	0.022	0.021	0.000	0.000	0.058	0.058
41	F2- 1 2 2 2 2	0.022	0.022	0.010	0.010	0.067	0.067
46	F2- 1 2 3 1 1	0.018	0.018	0.000	0.000	0.058	0.058
47	F2- 1 2 3 1 2	0.018	0.018	0.014	0.014	0.069	0.069
49	F2- 1 2 3 2 1	0.018	0.018	0.000	0.000	0.058	0.058
50	F2- 1 2 3 2 2	0.018	0.018	0.010	0.010	0.067	0.067
52	F2- 1 2 3 3 1	0.018	0.018	0.000	0.000	0.058	0.058
53	F2- 1 2 3 3 2	0.018	0.018	0.007	0.008	0.066	0.066
82	F2- 2 1 1 1 1	0.023	0.021	0.000	0.000	0.053	0.048
83	F2- 2 1 1 1 2	0.023	0.021	0.009	0.008	0.062	0.055
91	F2- 2 1 2 1 1	0.019	0.018	0.000	0.000	0.053	0.048
92	F2- 2 1 2 1 2	0.019	0.018	0.009	0.008	0.062	0.055
93	F2- 2 1 2 1 3	0.019	0.018	0.016	0.014	0.076	0.068
100	F2- 2 1 3 1 1	0.016	0.015	0.000	0.000	0.053	0.048
101	F2- 2 1 3 1 2	0.016	0.015	0.009	0.008	0.062	0.055
102	F2- 2 1 3 1 3	0.016	0.015	0.016	0.014	0.076	0.068
103	F2- 2 1 3 2 1	0.016	0.015	0.000	0.000	0.053	0.048
104	F2- 2 1 3 2 2	0.016	0.015	0.006	0.006	0.059	0.053
105	F2- 2 1 3 2 3	0.016	0.015	0.012	0.011	0.070	0.063
109	F2- 2 2 1 1 1	0.029	0.027	0.000	0.000	0.064	0.058
110	F2- 2 2 1 1 2	0.029	0.026	0.012	0.010	0.080	0.071
118	F2- 2 2 2 1 1	0.024	0.022	0.000	0.000	0.064	0.058
119	F2- 2 2 2 1 2	0.023	0.021	0.012	0.010	0.080	0.071
120	F2- 2 2 2 1 3	0.024	0.022	0.020	0.018	0.091	0.081
127	F2- 2 2 3 1 1	0.020	0.018	0.000	0.000	0.064	0.058
128	F2- 2 2 3 1 2	0.020	0.018	0.012	0.010	0.080	0.071
129	F2- 2 2 3 1 3	0.020	0.018	0.020	0.018	0.091	0.081
130	F2- 2 2 3 2 1	0.020	0.018	0.000	0.000	0.064	0.058
131	F2- 2 2 3 2 2	0.020	0.018	0.009	0.008	0.077	0.068
132	F2- 2 2 3 2 3	0.020	0.018	0.015	0.013	0.085	0.076
136	F2- 2 3 1 1 1	0.035	0.032	0.000	0.000	0.075	0.067
137	F2- 2 3 1 1 2	0.035	0.032	0.013	0.011	0.093	0.082
145	F2- 2 3 2 1 1	0.029	0.026	0.000	0.000	0.075	0.067

Cuadro D.15: Casos paramétricos tipo F2. Distorsiones laterales de entrepiso debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{x1}/h$ (%)	$\Delta_{x2}/h$ (%)	$\Delta_{y1}/h$ (%)	$\Delta_{y2}/h$ (%)
146	F2- 2 3 2 1 2	0.029	0.026	0.013	0.011	0.092	0.082
154	F2- 2 3 3 1 1	0.024	0.022	0.000	0.000	0.075	0.067
155	F2- 2 3 3 1 2	0.024	0.022	0.013	0.011	0.092	0.082
157	F2- 2 3 3 2 1	0.024	0.022	0.000	0.000	0.075	0.067
158	F2- 2 3 3 2 2	0.024	0.022	0.009	0.008	0.089	0.079
172	F2- 3 1 2 1 1	0.020	0.017	0.000	0.000	0.055	0.046
181	F2- 3 1 3 1 1	0.017	0.014	0.000	0.000	0.055	0.046
182	F2- 3 1 3 1 2	0.017	0.014	0.008	0.006	0.067	0.056
183	F2- 3 1 3 1 3	0.017	0.014	0.013	0.011	0.080	0.067
199	F2- 3 2 2 1 1	0.025	0.021	0.000	0.000	0.070	0.059
208	F2- 3 2 3 1 1	0.021	0.018	0.000	0.000	0.070	0.058
209	F2- 3 2 3 1 2	0.021	0.018	0.010	0.009	0.084	0.070
226	F2- 3 3 2 1 1	0.031	0.025	0.000	0.000	0.081	0.067
235	F2- 3 3 3 1 1	0.026	0.021	0.000	0.000	0.081	0.067
236	F2- 3 3 3 1 2	0.026	0.021	0.012	0.010	0.103	0.086

Cuadro D.16: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY).

Caso	ID	EQX		EQY			
		$V_{EX1}$ (Tn)	$V_{EX2}$ (Tn)	$V_{EY1}$ (Tn)	$V_{EY2}$ (Tn)	$M_{EZY1}$ (Tn·m)	$M_{EZY2}$ (Tn·m)
1	F2- 1 1 1 1 1	14.70	8.34	14.58	8.36	0.00	0.00
2	F2- 1 1 1 1 2	14.68	8.34	14.12	8.10	9.92	5.74
4	F2- 1 1 1 2 1	14.62	8.36	14.58	8.36	0.00	0.00
10	F2- 1 1 2 1 1	14.68	8.34	14.58	8.36	0.00	0.00
11	F2- 1 1 2 1 2	14.66	8.34	14.12	8.10	9.88	5.71
13	F2- 1 1 2 2 1	14.66	8.34	14.58	8.36	0.00	0.00
14	F2- 1 1 2 2 2	14.64	8.34	14.34	8.22	7.39	4.29
19	F2- 1 1 3 1 1	14.66	8.34	14.58	8.36	0.00	0.00
20	F2- 1 1 3 1 2	14.66	8.34	14.14	8.10	9.79	5.66
22	F2- 1 1 3 2 1	14.66	8.34	14.58	8.36	0.00	0.00
23	F2- 1 1 3 2 2	14.64	8.34	14.34	8.22	7.36	4.27



Cuadro D.16: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		V <sub>EX1</sub> (Tn)	V <sub>EX2</sub> (Tn)	V <sub>EY1</sub> (Tn)	V <sub>EY2</sub> (Tn)	M <sub>EZY1</sub> (Tn·m)	M <sub>EZY2</sub> (Tn·m)
25	F2- 1 1 3 3 1	14.64	8.36	14.60	8.36	0.00	0.00
26	F2- 1 1 3 3 2	14.62	8.36	14.44	8.28	5.65	3.30
28	F2- 1 2 1 1 1	14.70	8.34	14.60	8.36	0.00	0.00
29	F2- 1 2 1 1 2	14.68	8.34	14.16	8.10	9.70	5.60
37	F2- 1 2 2 1 1	14.70	8.34	14.60	8.36	0.00	0.00
38	F2- 1 2 2 1 2	14.68	8.34	14.16	8.10	9.67	5.59
40	F2- 1 2 2 2 1	14.66	8.34	14.60	8.36	0.00	0.00
41	F2- 1 2 2 2 2	14.64	8.34	14.36	8.22	7.17	4.16
46	F2- 1 2 3 1 1	14.68	8.34	14.60	8.36	0.00	0.00
47	F2- 1 2 3 1 2	14.66	8.34	14.16	8.12	9.61	5.55
49	F2- 1 2 3 2 1	14.66	8.34	14.60	8.36	0.00	0.00
50	F2- 1 2 3 2 2	14.64	8.34	14.36	8.22	7.15	4.15
52	F2- 1 2 3 3 1	14.64	8.36	14.60	8.36	0.00	0.00
53	F2- 1 2 3 3 2	14.62	8.36	14.46	8.28	5.42	3.17
82	F2- 2 1 1 1 1	29.64	16.60	29.64	16.60	0.00	0.00
83	F2- 2 1 1 1 2	29.62	16.60	28.84	16.14	23.75	13.38
91	F2- 2 1 2 1 1	29.62	16.60	29.64	16.60	0.00	0.00
92	F2- 2 1 2 1 2	29.62	16.60	28.84	16.14	23.72	13.36
93	F2- 2 1 2 1 3	29.62	16.60	27.62	15.40	37.27	21.15
100	F2- 2 1 3 1 1	29.62	16.60	29.64	16.60	0.00	0.00
101	F2- 2 1 3 1 2	29.62	16.60	28.84	16.14	23.61	13.30
102	F2- 2 1 3 1 3	29.62	16.60	27.62	15.40	37.20	21.11
103	F2- 2 1 3 2 1	29.62	16.60	29.66	16.60	0.00	0.00
104	F2- 2 1 3 2 2	29.62	16.60	29.22	16.34	17.43	9.87
105	F2- 2 1 3 2 3	29.60	16.62	28.44	15.88	28.92	16.58
109	F2- 2 2 1 1 1	29.64	16.60	29.66	16.58	0.00	0.00
110	F2- 2 2 1 1 2	29.64	16.60	28.88	16.12	23.57	13.27
118	F2- 2 2 2 1 1	29.64	16.60	29.66	16.58	0.00	0.00
119	F2- 2 2 2 1 2	29.64	16.60	28.88	16.14	23.55	13.26
120	F2- 2 2 2 1 3	29.64	16.60	27.64	15.40	37.24	21.11
127	F2- 2 2 3 1 1	29.62	16.60	29.66	16.58	0.00	0.00
128	F2- 2 2 3 1 2	29.62	16.60	28.88	16.14	23.47	13.22
129	F2- 2 2 3 1 3	29.62	16.60	27.64	15.40	37.20	21.09
130	F2- 2 2 3 2 1	29.62	16.60	29.66	16.58	0.00	0.00
131	F2- 2 2 3 2 2	29.62	16.60	29.22	16.32	17.65	10.00
132	F2- 2 2 3 2 3	29.62	16.60	28.44	15.86	29.25	16.74
136	F2- 2 3 1 1 1	29.66	16.60	29.68	16.58	0.00	0.00
137	F2- 2 3 1 1 2	29.66	16.60	28.96	16.16	22.44	12.62
145	F2- 2 3 2 1 1	29.64	16.60	29.68	16.58	0.00	0.00

Cuadro D.16: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas cortantes de entrepiso y momentos de torsión en planta de entrepiso, debido a la acción del sismo severo en la dirección de los ejes X (EQX) y Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	EQX		EQY			
		V <sub>EX1</sub> (Tn)	V <sub>EX2</sub> (Tn)	V <sub>EY1</sub> (Tn)	V <sub>EY2</sub> (Tn)	M <sub>EZY1</sub> (Tn·m)	M <sub>EZY2</sub> (Tn·m)
146	F2- 2 3 2 1 2	29.64	16.60	28.96	16.16	22.42	12.61
154	F2- 2 3 3 1 1	29.64	16.60	29.68	16.58	0.00	0.00
155	F2- 2 3 3 1 2	29.64	16.60	28.96	16.18	22.37	12.58
157	F2- 2 3 3 2 1	29.64	16.60	29.68	16.58	0.00	0.00
158	F2- 2 3 3 2 2	29.64	16.60	29.30	16.36	16.40	9.28
172	F2- 3 1 2 1 1	44.88	24.72	44.86	24.72	0.00	0.00
181	F2- 3 1 3 1 1	44.86	24.72	44.86	24.72	0.00	0.00
182	F2- 3 1 3 1 2	44.86	24.72	43.68	24.06	45.13	25.03
183	F2- 3 1 3 1 3	44.86	24.72	41.94	23.06	70.02	39.12
199	F2- 3 2 2 1 1	44.88	24.72	44.88	24.72	0.00	0.00
208	F2- 3 2 3 1 1	44.88	24.72	44.88	24.72	0.00	0.00
209	F2- 3 2 3 1 2	44.88	24.72	43.46	23.92	49.29	27.34
226	F2- 3 3 2 1 1	44.88	24.72	44.88	24.72	0.00	0.00
235	F2- 3 3 3 1 1	44.88	24.72	44.88	24.72	0.00	0.00
236	F2- 3 3 3 1 2	44.88	24.72	43.60	23.98	46.98	26.05

Cuadro D.17: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYA1</sub> (Tn)	P <sub>gYA2</sub> (Tn)	V <sub>eYA1</sub> (Tn)	V <sub>eYA2</sub> (Tn)	M <sub>eYA1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYA2</sub> (Tn·m)
1	F2- 1 1 1 1 1	-7.16	-2.78	3.64	2.09	13.55	4.93
2	F2- 1 1 1 1 2	-5.97	-2.23	1.95	1.17	7.05	2.61
4	F2- 1 1 1 2 1	-8.69	-3.47	3.64	2.09	13.52	4.92
10	F2- 1 1 2 1 1	-6.43	-2.44	3.64	2.09	13.55	4.93
11	F2- 1 1 2 1 2	-5.38	-1.96	1.95	1.17	7.04	2.60
13	F2- 1 1 2 2 1	-7.15	-2.77	3.64	2.09	13.52	4.91
14	F2- 1 1 2 2 2	-6.02	-2.25	1.89	1.14	6.84	2.53
19	F2- 1 1 3 1 1	-6.03	-2.26	3.64	2.09	13.54	4.93
20	F2- 1 1 3 1 2	-5.06	-1.81	1.95	1.17	7.04	2.60
22	F2- 1 1 3 2 1	-6.38	-2.42	3.64	2.09	13.52	4.91
23	F2- 1 1 3 2 2	-5.33	-1.93	1.89	1.14	6.84	2.53

Cuadro D.17: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYA1</sub> (Tn)	P <sub>gYA2</sub> (Tn)	V <sub>eYA1</sub> (Tn)	V <sub>eYA2</sub> (Tn)	M <sub>eYA1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYA2</sub> (Tn·m)
25	F2- 1 1 3 3 1	-7.13	-2.77	3.64	2.08	13.48	4.89
26	F2- 1 1 3 3 2	-5.99	-2.24	1.85	1.11	6.67	2.47
28	F2- 1 2 1 1 1	-7.17	-2.78	3.65	2.09	13.48	4.89
29	F2- 1 2 1 1 2	-6.03	-2.25	2.01	1.21	7.18	2.65
37	F2- 1 2 2 1 1	-6.46	-2.46	3.65	2.09	13.48	4.89
38	F2- 1 2 2 1 2	-5.36	-1.95	2.01	1.21	7.18	2.65
40	F2- 1 2 2 2 1	-7.15	-2.77	3.65	2.09	13.46	4.88
41	F2- 1 2 2 2 2	-6.00	-2.24	1.95	1.17	6.98	2.57
46	F2- 1 2 3 1 1	-6.02	-2.26	3.64	2.09	13.48	4.89
47	F2- 1 2 3 1 2	-5.01	-1.78	2.00	1.21	7.17	2.64
49	F2- 1 2 3 2 1	-6.40	-2.43	3.65	2.09	13.46	4.88
50	F2- 1 2 3 2 2	-5.30	-1.92	1.95	1.17	6.97	2.57
52	F2- 1 2 3 3 1	-7.24	-2.81	3.65	2.08	13.43	4.87
53	F2- 1 2 3 3 2	-5.98	-2.23	1.91	1.15	6.81	2.51
82	F2- 2 1 1 1 1	-9.41	-3.72	7.41	4.14	27.77	9.97
83	F2- 2 1 1 1 2	-9.41	-3.72	6.08	3.43	22.51	8.09
91	F2- 2 1 2 1 1	-9.31	-3.66	7.41	4.14	27.76	9.97
92	F2- 2 1 2 1 2	-9.25	-3.64	6.07	3.43	22.51	8.09
93	F2- 2 1 2 1 3	-9.11	-3.56	3.77	2.19	13.57	4.91
100	F2- 2 1 3 1 1	-9.27	-3.64	7.40	4.14	27.75	9.97
101	F2- 2 1 3 1 2	-9.20	-3.61	6.07	3.43	22.49	8.08
102	F2- 2 1 3 1 3	-9.01	-3.50	3.77	2.19	13.56	4.90
103	F2- 2 1 3 2 1	-9.34	-3.68	7.40	4.14	27.70	9.94
104	F2- 2 1 3 2 2	-9.30	-3.66	5.82	3.29	21.59	7.77
105	F2- 2 1 3 2 3	-9.30	-3.66	3.50	2.04	12.62	4.58
109	F2- 2 2 1 1 1	-9.43	-3.73	7.41	4.14	27.66	9.91
110	F2- 2 2 1 1 2	-9.41	-3.72	5.93	3.36	21.77	7.81
118	F2- 2 2 2 1 1	-9.30	-3.66	7.41	4.14	27.66	9.91
119	F2- 2 2 2 1 2	-9.21	-3.61	5.93	3.36	21.77	7.81
120	F2- 2 2 2 1 3	-9.09	-3.55	3.82	2.23	13.61	4.92
127	F2- 2 2 3 1 1	-9.25	-3.64	7.41	4.14	27.65	9.91
128	F2- 2 2 3 1 2	-9.15	-3.58	5.93	3.35	21.75	7.80
129	F2- 2 2 3 1 3	-8.97	-3.48	3.82	2.23	13.61	4.92
130	F2- 2 2 3 2 1	-9.34	-3.68	7.41	4.14	27.60	9.88
131	F2- 2 2 3 2 2	-9.26	-3.64	5.70	3.23	20.91	7.51
132	F2- 2 2 3 2 3	-9.29	-3.65	3.56	2.08	12.70	4.60
136	F2- 2 3 1 1 1	-9.46	-3.75	7.42	4.14	27.56	9.86
137	F2- 2 3 1 1 2	-9.43	-3.73	6.12	3.46	22.37	8.01
145	F2- 2 3 2 1 1	-9.31	-3.67	7.42	4.14	27.56	9.86

Cuadro D.17: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YA debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYA1</sub> (Tn)	P <sub>gYA2</sub> (Tn)	V <sub>eYA1</sub> (Tn)	V <sub>eYA2</sub> (Tn)	M <sub>eYA1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYA2</sub> (Tn·m)
146	F2- 2 3 2 1 2	-9.22	-3.62	6.12	3.46	22.36	8.01
154	F2- 2 3 3 1 1	-9.25	-3.64	7.41	4.14	27.56	9.86
155	F2- 2 3 3 1 2	-9.15	-3.58	6.12	3.46	22.36	8.00
157	F2- 2 3 3 2 1	-9.33	-3.68	7.41	4.14	27.51	9.83
158	F2- 2 3 3 2 2	-9.27	-3.65	5.88	3.33	21.48	7.70
172	F2- 3 1 2 1 1	-12.57	-4.97	11.20	6.18	42.78	15.32
181	F2- 3 1 3 1 1	-12.47	-4.92	11.20	6.18	42.78	15.32
182	F2- 3 1 3 1 2	-12.46	-4.92	10.04	5.54	38.23	13.69
183	F2- 3 1 3 1 3	-12.59	-4.98	7.68	4.26	29.14	10.44
199	F2- 3 2 2 1 1	-12.58	-4.98	11.21	6.18	42.73	15.29
208	F2- 3 2 3 1 1	-12.47	-4.93	11.21	6.18	42.73	15.29
209	F2- 3 2 3 1 2	-12.46	-4.92	9.88	5.46	37.54	13.43
226	F2- 3 3 2 1 1	-12.61	-4.99	11.21	6.18	42.70	15.27
235	F2- 3 3 3 1 1	-12.49	-4.93	11.21	6.18	42.70	15.27
236	F2- 3 3 3 1 2	-12.47	-4.93	9.93	5.48	37.62	13.44

Cuadro D.18: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YB debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYB1</sub> (Tn)	P <sub>gYB2</sub> (Tn)	V <sub>eYB1</sub> (Tn)	V <sub>eYB2</sub> (Tn)	M <sub>eYB1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYB2</sub> (Tn·m)
1	F2- 1 1 1 1 1	-7.16	-2.78	3.64	2.09	13.55	4.93
2	F2- 1 1 1 1 2	-7.93	-3.13	5.11	2.87	19.19	6.93
4	F2- 1 1 1 2 1	-8.69	-3.47	3.64	2.09	13.52	4.92
10	F2- 1 1 2 1 1	-6.43	-2.44	3.64	2.09	13.55	4.93
11	F2- 1 1 2 1 2	-7.15	-2.78	5.11	2.87	19.20	6.94
13	F2- 1 1 2 2 1	-7.15	-2.77	3.64	2.09	13.52	4.91
14	F2- 1 1 2 2 2	-8.03	-3.17	5.27	2.96	19.73	7.13
19	F2- 1 1 3 1 1	-6.03	-2.26	3.64	2.09	13.54	4.93
20	F2- 1 1 3 1 2	-6.67	-2.55	5.12	2.88	19.21	6.94
22	F2- 1 1 3 2 1	-6.38	-2.42	3.64	2.09	13.52	4.91
23	F2- 1 1 3 2 2	-7.11	-2.76	5.27	2.96	19.73	7.13

Cuadro D.18: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YB debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYB1</sub> (Tn)	P <sub>gYB2</sub> (Tn)	V <sub>eYB1</sub> (Tn)	V <sub>eYB2</sub> (Tn)	M <sub>eYB1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYB2</sub> (Tn·m)
25	F2- 1 1 3 3 1	-7.13	-2.77	3.64	2.08	13.48	4.89
26	F2- 1 1 3 3 2	-8.03	-3.18	5.35	3.01	20.01	7.22
28	F2- 1 2 1 1 1	-7.17	-2.78	3.65	2.09	13.48	4.89
29	F2- 1 2 1 1 2	-7.99	-3.16	5.07	2.84	18.93	6.81
37	F2- 1 2 2 1 1	-6.46	-2.46	3.65	2.09	13.48	4.89
38	F2- 1 2 2 1 2	-7.14	-2.77	5.07	2.84	18.93	6.81
40	F2- 1 2 2 2 1	-7.15	-2.77	3.65	2.09	13.46	4.88
41	F2- 1 2 2 2 2	-8.01	-3.16	5.23	2.93	19.46	7.00
46	F2- 1 2 3 1 1	-6.02	-2.26	3.64	2.09	13.48	4.89
47	F2- 1 2 3 1 2	-6.61	-2.53	5.07	2.84	18.94	6.82
49	F2- 1 2 3 2 1	-6.40	-2.43	3.65	2.09	13.46	4.88
50	F2- 1 2 3 2 2	-7.09	-2.75	5.23	2.93	19.47	7.01
52	F2- 1 2 3 3 1	-7.24	-2.81	3.65	2.08	13.43	4.87
53	F2- 1 2 3 3 2	-8.01	-3.17	5.32	2.98	19.75	7.10
82	F2- 2 1 1 1 1	-9.41	-3.72	7.41	4.14	27.77	9.97
83	F2- 2 1 1 1 2	-9.53	-3.78	8.36	4.63	31.55	11.31
91	F2- 2 1 2 1 1	-9.31	-3.66	7.41	4.14	27.76	9.97
92	F2- 2 1 2 1 2	-9.37	-3.70	8.36	4.63	31.56	11.31
93	F2- 2 1 2 1 3	-9.46	-3.75	10.05	5.51	38.00	13.55
100	F2- 2 1 3 1 1	-9.27	-3.64	7.40	4.14	27.75	9.97
101	F2- 2 1 3 1 2	-9.32	-3.67	8.36	4.64	31.57	11.32
102	F2- 2 1 3 1 3	-9.36	-3.69	10.06	5.51	38.01	13.56
103	F2- 2 1 3 2 1	-9.34	-3.68	7.40	4.14	27.70	9.94
104	F2- 2 1 3 2 2	-9.41	-3.72	8.76	4.86	33.02	11.83
105	F2- 2 1 3 2 3	-9.65	-3.84	10.69	5.87	40.34	14.39
109	F2- 2 2 1 1 1	-9.43	-3.73	7.41	4.14	27.66	9.91
110	F2- 2 2 1 1 2	-9.55	-3.80	8.52	4.71	32.00	11.43
118	F2- 2 2 2 1 1	-9.30	-3.66	7.41	4.14	27.66	9.91
119	F2- 2 2 2 1 2	-9.36	-3.69	8.52	4.71	32.01	11.43
120	F2- 2 2 2 1 3	-9.48	-3.75	10.02	5.48	37.77	13.43
127	F2- 2 2 3 1 1	-9.25	-3.64	7.41	4.14	27.65	9.91
128	F2- 2 2 3 1 2	-9.30	-3.66	8.52	4.71	32.02	11.44
129	F2- 2 2 3 1 3	-9.37	-3.70	10.02	5.48	37.78	13.44
130	F2- 2 2 3 2 1	-9.34	-3.68	7.41	4.14	27.60	9.88
131	F2- 2 2 3 2 2	-9.41	-3.72	8.90	4.92	33.37	11.91
132	F2- 2 2 3 2 3	-9.67	-3.85	10.64	5.82	40.01	14.23
136	F2- 2 3 1 1 1	-9.46	-3.75	7.42	4.14	27.56	9.86
137	F2- 2 3 1 1 2	-9.57	-3.81	8.38	4.63	31.36	11.18
145	F2- 2 3 2 1 1	-9.31	-3.67	7.42	4.14	27.56	9.86

Cuadro D.18: Casos paramétricos tipo F2. Fuerzas locales del muro YB debido a la acción de la carga gravitacional sísmica (GRAV) y del sismo moderado en la dirección del eje Y (EQY) (Cont.).

Caso	ID	GRAV		EQY			
		P <sub>gYB1</sub> (Tn)	P <sub>gYB2</sub> (Tn)	V <sub>eYB1</sub> (Tn)	V <sub>eYB2</sub> (Tn)	M <sub>eYB1</sub> (Tn·m)	M <sub>eYB2</sub> (Tn·m)
146	F2- 2 3 2 1 2	-9.36	-3.70	8.38	4.63	31.36	11.18
154	F2- 2 3 3 1 1	-9.25	-3.64	7.41	4.14	27.56	9.86
155	F2- 2 3 3 1 2	-9.30	-3.66	8.38	4.63	31.37	11.19
157	F2- 2 3 3 2 1	-9.33	-3.68	7.41	4.14	27.51	9.83
158	F2- 2 3 3 2 2	-9.42	-3.73	8.76	4.84	32.72	11.65
172	F2- 3 1 2 1 1	-12.57	-4.97	11.20	6.18	42.78	15.32
181	F2- 3 1 3 1 1	-12.47	-4.92	11.20	6.18	42.78	15.32
182	F2- 3 1 3 1 2	-12.53	-4.95	11.82	6.51	45.21	16.19
183	F2- 3 1 3 1 3	-12.77	-5.06	13.32	7.32	50.98	18.24
199	F2- 3 2 2 1 1	-12.58	-4.98	11.21	6.18	42.73	15.29
208	F2- 3 2 3 1 1	-12.47	-4.93	11.21	6.18	42.73	15.29
209	F2- 3 2 3 1 2	-12.52	-4.95	11.88	6.53	45.41	16.24
226	F2- 3 3 2 1 1	-12.61	-4.99	11.21	6.18	42.70	15.27
235	F2- 3 3 3 1 1	-12.49	-4.93	11.21	6.18	42.70	15.27
236	F2- 3 3 3 1 2	-12.52	-4.95	11.91	6.54	45.45	16.24

## ANEXO E

### ANÁLISIS COMPLEMENTARIO DE RESULTADOS

#### E.1. Variación porcentual entre los VPA y los VPD de los casos paramétricos reales tipo F1

Los Cuadros E.1 y E.2 muestran los porcentajes de variación entre los valores paramétricos desacoplados utilizados en la definición de los casos paramétricos tipo F1, denominados VPD, y los valores paramétricos acoplados calculados en base a los resultados obtenidos del análisis sísmico de los METP's de los casos paramétricos tipo F1, denominados VPA.

El Cuadro E.1 muestra las variaciones porcentuales correspondientes al periodo de vibración traslacional en la dirección del eje Y ( $T_y$ ) y a la razón de frecuencias de vibración traslacionales en las direcciones de los ejes X y Y ( $\omega_x/\omega_y$ ).

El Cuadro E.2 muestra las variaciones porcentuales correspondientes al grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ) y a la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje X ( $e_x/r$ ).

Cuadro E.1: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $T_y$  y  $\omega_x/\omega_y$ .

Caso	ID	$T_y$ (s)			$\omega_x/\omega_y$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
1	F1- 1 1 1 1 1	0.09	0.0866	-3.8	1.50	1.49	-0.9
2	F1- 1 1 1 1 2	0.09	0.0888	-1.3	1.50	1.52	1.6
3	F1- 1 1 1 1 3	0.09	0.0937	4.1	1.50	1.61	7.2
4	F1- 1 1 1 2 1	0.09	0.0861	-4.3	1.50	1.48	-1.5
13	F1- 1 1 2 2 1	0.09	0.0865	-3.9	1.65	1.63	-0.9
14	F1- 1 1 2 2 2	0.09	0.0874	-2.9	1.65	1.65	0.0
15	F1- 1 1 2 2 3	0.09	0.0929	3.2	1.65	1.76	6.4
22	F1- 1 1 3 2 1	0.09	0.0863	-4.1	1.80	1.78	-1.3
23	F1- 1 1 3 2 2	0.09	0.0880	-2.2	1.80	1.81	0.7
24	F1- 1 1 3 2 3	0.09	0.0924	2.7	1.80	1.90	5.7
25	F1- 1 1 3 3 1	0.09	0.0858	-4.6	1.80	1.77	-1.8
28	F1- 1 2 1 1 1	0.10	0.0964	-3.6	1.50	1.49	-0.5
29	F1- 1 2 1 1 2	0.10	0.0982	-1.8	1.50	1.52	1.3
30	F1- 1 2 1 1 3	0.10	0.1056	5.6	1.50	1.64	9.1
31	F1- 1 2 1 2 1	0.10	0.0966	-3.4	1.50	1.50	-0.2
40	F1- 1 2 2 2 1	0.10	0.0963	-3.7	1.65	1.64	-0.6
41	F1- 1 2 2 2 2	0.10	0.0970	-3.0	1.65	1.65	0.1
42	F1- 1 2 2 2 3	0.10	0.1021	2.1	1.65	1.74	5.4
49	F1- 1 2 3 2 1	0.10	0.0960	-4.0	1.80	1.78	-1.0
50	F1- 1 2 3 2 2	0.10	0.0976	-2.4	1.80	1.81	0.7
51	F1- 1 2 3 2 3	0.10	0.1027	2.7	1.80	1.91	5.9
52	F1- 1 2 3 3 1	0.10	0.0945	-5.5	1.80	1.75	-2.6
55	F1- 1 3 1 1 1	0.11	0.1064	-3.3	1.50	1.50	-0.2
56	F1- 1 3 1 1 2	0.11	0.1076	-2.2	1.50	1.51	0.9
57	F1- 1 3 1 1 3	0.11	0.1167	6.1	1.50	1.64	9.5
67	F1- 1 3 2 2 1	0.11	0.1063	-3.4	1.65	1.65	-0.2
68	F1- 1 3 2 2 2	0.11	0.1086	-1.3	1.65	1.68	1.9
77	F1- 1 3 3 2 2	0.11	0.1065	-3.2	1.80	1.80	0.0



Cuadro E.1: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $T_y$  y  $\omega_x/\omega_y$  (Cont.).

Caso	ID	$T_y$ (s)			$\omega_x/\omega_y$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
82	F1- 2 1 1 1 1	0.09	0.0869	-3.5	1.50	1.49	-0.6
83	F1- 2 1 1 1 2	0.09	0.0894	-0.6	1.50	1.54	2.4
84	F1- 2 1 1 1 3	0.09	0.0956	6.2	1.50	1.64	9.4
91	F1- 2 1 2 1 1	0.09	0.0859	-4.6	1.65	1.62	-1.7
92	F1- 2 1 2 1 2	0.09	0.0888	-1.4	1.65	1.68	1.6
93	F1- 2 1 2 1 3	0.09	0.0941	4.5	1.65	1.78	7.8
100	F1- 2 1 3 1 1	0.09	0.0864	-4.0	1.80	1.78	-1.2
101	F1- 2 1 3 1 2	0.09	0.0881	-2.2	1.80	1.81	0.7
102	F1- 2 1 3 1 3	0.09	0.0937	4.1	1.80	1.93	7.2
103	F1- 2 1 3 2 1	0.09	0.0866	-3.7	1.80	1.78	-0.9
104	F1- 2 1 3 2 2	0.09	0.0877	-2.6	1.80	1.81	0.3
109	F1- 2 2 1 1 1	0.10	0.0965	-3.5	1.50	1.48	-1.0
110	F1- 2 2 1 1 2	0.10	0.0991	-0.9	1.50	1.53	1.7
118	F1- 2 2 2 1 1	0.10	0.0972	-2.8	1.65	1.64	-0.4
119	F1- 2 2 2 1 2	0.10	0.0993	-0.7	1.65	1.68	1.8
120	F1- 2 2 2 1 3	0.10	0.1042	4.2	1.65	1.76	6.8
127	F1- 2 2 3 1 1	0.10	0.0959	-4.1	1.80	1.78	-1.2
128	F1- 2 2 3 1 2	0.10	0.0995	-0.5	1.80	1.84	2.5
129	F1- 2 2 3 1 3	0.10	0.1037	3.7	1.80	1.92	6.8
130	F1- 2 2 3 2 1	0.10	0.0973	-2.7	1.80	1.80	0.2
131	F1- 2 2 3 2 2	0.10	0.0971	-2.9	1.80	1.80	0.0
136	F1- 2 3 1 1 1	0.11	0.1059	-3.7	1.50	1.48	-1.0
137	F1- 2 3 1 1 2	0.11	0.1086	-1.3	1.50	1.52	1.5
145	F1- 2 3 2 1 1	0.11	0.1056	-4.0	1.65	1.63	-1.5
146	F1- 2 3 2 1 2	0.11	0.1083	-1.6	1.65	1.67	0.9
147	F1- 2 3 2 1 3	0.11	0.1165	5.9	1.65	1.79	8.6
155	F1- 2 3 3 1 2	0.11	0.1080	-1.8	1.80	1.81	0.6
157	F1- 2 3 3 2 1	0.11	0.1057	-3.9	1.80	1.77	-1.5
158	F1- 2 3 3 2 2	0.11	0.1077	-2.1	1.80	1.81	0.3
163	F1- 3 1 1 1 1	0.09	0.0820	-8.9	1.50	1.47	-2.0
164	F1- 3 1 1 1 2	0.09	0.0849	-5.7	1.50	1.52	1.4
172	F1- 3 1 2 1 1	0.09	0.0822	-8.6	1.65	1.62	-2.1
173	F1- 3 1 2 1 2	0.09	0.0847	-5.8	1.65	1.66	0.9
181	F1- 3 1 3 1 1	0.09	0.0812	-9.8	1.80	1.74	-3.2
182	F1- 3 1 3 1 2	0.09	0.0839	-6.8	1.80	1.80	0.0
183	F1- 3 1 3 1 3	0.09	0.0910	1.1	1.80	1.95	8.5
190	F1- 3 2 1 1 1	0.10	0.0913	-8.7	1.50	1.47	-1.7
191	F1- 3 2 1 1 2	0.10	0.0939	-6.1	1.50	1.52	1.0
199	F1- 3 2 2 1 1	0.10	0.0909	-9.1	1.65	1.60	-2.8

Cuadro E.1: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $T_y$  y  $\omega_x/\omega_y$  (Cont.).

Caso	ID	$T_y$ (s)			$\omega_x/\omega_y$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
200	F1- 3 2 2 1 2	0.10	0.0934	-6.6	1.65	1.65	-0.1
208	F1- 3 2 3 1 1	0.10	0.0904	-9.6	1.80	1.74	-3.1
209	F1- 3 2 3 1 2	0.10	0.0928	-7.2	1.80	1.79	-0.5
210	F1- 3 2 3 1 3	0.10	0.0993	-0.7	1.80	1.92	6.4
217	F1- 3 3 1 1 1	0.11	0.1008	-8.3	1.50	1.48	-1.7
226	F1- 3 3 2 1 1	0.11	0.0992	-9.8	1.65	1.60	-3.0
227	F1- 3 3 2 1 2	0.11	0.1036	-5.8	1.65	1.67	1.4
235	F1- 3 3 3 1 1	0.11	0.0999	-9.2	1.80	1.75	-2.8
236	F1- 3 3 3 1 2	0.11	0.1024	-6.9	1.80	1.79	-0.3
237	F1- 3 3 3 1 3	0.11	0.1104	0.4	1.80	1.93	7.5

Cuadro E.2: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $\Omega$  y  $e_x/r$ .

Caso	ID	$\Omega$			$e_x/r$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
1	F1- 1 1 1 1 1	1.60	1.60	0.0	0.00	0.00	0.0
2	F1- 1 1 1 1 2	1.60	1.66	4.1	0.30	0.29	-3.3
3	F1- 1 1 1 1 3	1.60	1.82	13.6	0.60	0.57	-4.7
4	F1- 1 1 1 2 1	1.80	1.80	-0.2	0.00	0.00	0.0
13	F1- 1 1 2 2 1	1.80	1.81	0.4	0.00	0.00	0.0
14	F1- 1 1 2 2 2	1.80	1.84	2.4	0.30	0.28	-5.0
15	F1- 1 1 2 2 3	1.80	1.99	10.6	0.60	0.60	0.1
22	F1- 1 1 3 2 1	1.80	1.82	1.1	0.00	0.00	0.0
23	F1- 1 1 3 2 2	1.80	1.86	3.5	0.30	0.31	2.9
24	F1- 1 1 3 2 3	1.80	2.00	10.9	0.60	0.60	-0.5
25	F1- 1 1 3 3 1	2.00	2.00	0.2	0.00	0.00	0.0
28	F1- 1 2 1 1 1	1.60	1.60	-0.1	0.00	0.00	0.0
29	F1- 1 2 1 1 2	1.60	1.66	3.7	0.30	0.30	0.9
30	F1- 1 2 1 1 3	1.60	1.83	14.6	0.60	0.59	-1.4
31	F1- 1 2 1 2 1	1.80	1.80	0.0	0.00	0.00	0.0
40	F1- 1 2 2 2 1	1.80	1.81	0.3	0.00	0.00	0.0
41	F1- 1 2 2 2 2	1.80	1.84	2.0	0.30	0.28	-7.8
42	F1- 1 2 2 2 3	1.80	1.97	9.5	0.60	0.58	-3.4
49	F1- 1 2 3 2 1	1.80	1.81	0.4	0.00	0.00	0.0
50	F1- 1 2 3 2 2	1.80	1.85	2.9	0.30	0.28	-6.4

Cuadro E.2: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $\Omega$  y  $e_x/r$  (Cont.).

Caso	ID	$\Omega$			$e_x/r$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
51	F1- 1 2 3 2 3	1.80	1.99	10.4	0.60	0.59	-2.1
52	F1- 1 2 3 3 1	2.00	1.98	-0.9	0.00	0.00	0.0
55	F1- 1 3 1 1 1	1.60	1.60	0.2	0.00	0.00	0.0
56	F1- 1 3 1 1 2	1.60	1.65	3.2	0.30	0.28	-8.1
57	F1- 1 3 1 1 3	1.60	1.84	14.9	0.60	0.60	-0.6
67	F1- 1 3 2 2 1	1.80	1.81	0.4	0.00	0.00	0.0
68	F1- 1 3 2 2 2	1.80	1.85	3.0	0.30	0.31	4.2
77	F1- 1 3 3 2 2	1.80	1.84	2.1	0.30	0.27	-8.8
82	F1- 2 1 1 1 1	1.60	1.59	-0.5	0.00	0.00	0.0
83	F1- 2 1 1 1 2	1.60	1.66	3.8	0.30	0.31	3.2
84	F1- 2 1 1 1 3	1.60	1.83	14.7	0.60	0.60	-0.4
91	F1- 2 1 2 1 1	1.60	1.59	-0.6	0.00	0.00	0.0
92	F1- 2 1 2 1 2	1.60	1.66	3.4	0.30	0.28	-5.3
93	F1- 2 1 2 1 3	1.60	1.82	13.9	0.60	0.58	-2.8
100	F1- 2 1 3 1 1	1.60	1.60	0.1	0.00	0.00	0.0
101	F1- 2 1 3 1 2	1.60	1.65	3.4	0.30	0.30	0.4
102	F1- 2 1 3 1 3	1.60	1.82	13.6	0.60	0.58	-3.3
103	F1- 2 1 3 2 1	1.80	1.80	0.1	0.00	0.00	0.0
104	F1- 2 1 3 2 2	1.80	1.84	2.1	0.30	0.30	0.9
109	F1- 2 2 1 1 1	1.60	1.59	-0.8	0.00	0.00	0.0
110	F1- 2 2 1 1 2	1.60	1.65	2.9	0.30	0.29	-2.0
118	F1- 2 2 2 1 1	1.60	1.60	-0.3	0.00	0.00	0.0
119	F1- 2 2 2 1 2	1.60	1.66	3.6	0.30	0.32	7.3
120	F1- 2 2 2 1 3	1.60	1.81	13.0	0.60	0.57	-4.3
127	F1- 2 2 3 1 1	1.60	1.59	-0.9	0.00	0.00	0.0
128	F1- 2 2 3 1 2	1.60	1.66	3.9	0.30	0.30	-0.9
129	F1- 2 2 3 1 3	1.60	1.81	13.2	0.60	0.57	-4.8
130	F1- 2 2 3 2 1	1.80	1.80	0.3	0.00	0.00	0.0
131	F1- 2 2 3 2 2	1.80	1.83	1.9	0.30	0.29	-4.4
136	F1- 2 3 1 1 1	1.60	1.58	-1.1	0.00	0.00	0.0
137	F1- 2 3 1 1 2	1.60	1.65	2.8	0.30	0.28	-5.5
145	F1- 2 3 2 1 1	1.60	1.59	-0.7	0.00	0.00	0.0
146	F1- 2 3 2 1 2	1.60	1.65	3.1	0.30	0.28	-5.9
147	F1- 2 3 2 1 3	1.60	1.83	14.2	0.60	0.60	0.2
155	F1- 2 3 3 1 2	1.60	1.63	2.1	0.30	0.28	-6.4
157	F1- 2 3 3 2 1	1.80	1.78	-0.9	0.00	0.00	0.0
158	F1- 2 3 3 2 2	1.80	1.83	1.8	0.30	0.28	-5.8
163	F1- 3 1 1 1 1	1.60	1.58	-1.3	0.00	0.00	0.0
164	F1- 3 1 1 1 2	1.60	1.65	3.0	0.30	0.28	-6.3

Cuadro E.2: Casos paramétricos tipo F1. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $\Omega$  y  $e_x/r$  (Cont.).

Caso	ID	$\Omega$			$e_x/r$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
172	F1- 3 1 2 1 1	1.60	1.57	-1.8	0.00	0.00	0.0
173	F1- 3 1 2 1 2	1.60	1.64	2.6	0.30	0.30	0.5
181	F1- 3 1 3 1 1	1.60	1.57	-1.9	0.00	0.00	0.0
182	F1- 3 1 3 1 2	1.60	1.63	2.1	0.30	0.28	-8.1
183	F1- 3 1 3 1 3	1.60	1.82	13.8	0.60	0.59	-1.9
190	F1- 3 2 1 1 1	1.60	1.58	-1.2	0.00	0.00	0.0
191	F1- 3 2 1 1 2	1.60	1.64	2.7	0.30	0.29	-4.7
199	F1- 3 2 2 1 1	1.60	1.57	-1.9	0.00	0.00	0.0
200	F1- 3 2 2 1 2	1.60	1.63	1.9	0.30	0.28	-5.5
208	F1- 3 2 3 1 1	1.60	1.57	-2.0	0.00	0.00	0.0
209	F1- 3 2 3 1 2	1.60	1.63	1.7	0.30	0.28	-6.4
210	F1- 3 2 3 1 3	1.60	1.80	12.2	0.60	0.57	-5.6
217	F1- 3 3 1 1 1	1.60	1.57	-1.7	0.00	0.00	0.0
226	F1- 3 3 2 1 1	1.60	1.57	-2.0	0.00	0.00	0.0
227	F1- 3 3 2 1 2	1.60	1.64	2.7	0.30	0.31	3.8
235	F1- 3 3 3 1 1	1.60	1.57	-1.9	0.00	0.00	0.0
236	F1- 3 3 3 1 2	1.60	1.63	2.0	0.30	0.27	-8.5
237	F1- 3 3 3 1 3	1.60	1.81	13.4	0.60	0.59	-2.0

## E.2. Variación porcentual entre los VPA y los VPD de los casos paramétricos reales tipo F2

Los Cuadros E.3 y E.4 muestran los porcentajes de variación entre los valores paramétricos desacoplados utilizados en la definición de los casos paramétricos tipo F2, denominados VPD, y los valores paramétricos acoplados calculados en base a los resultados obtenidos del análisis sísmico de los METP's de los casos paramétricos tipo F2, denominados VPA.

El Cuadro E.3 muestra las variaciones porcentuales correspondientes al periodo de vibración traslacional en la dirección del eje Y ( $T_y$ ) y a la razón de frecuencias de vibración traslacionales en las direcciones de los ejes X y Y ( $\omega_x/\omega_y$ ).

El Cuadro E.4 muestra las variaciones porcentuales correspondientes al grado de acoplamiento torsional ( $\Omega$ ) y a la excentricidad estática normalizada en la dirección del eje X ( $e_x/r$ ).

Cuadro E.3: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $T_y$  y  $\omega_x/\omega_y$ .

Caso	ID	$T_y$ (s)			$\omega_x/\omega_y$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
1	F2- 1 1 1 1 1	0.09	0.0858	-4.7	1.50	1.53	2.2
2	F2- 1 1 1 1 2	0.09	0.0885	-1.7	1.50	1.59	5.8
4	F2- 1 1 1 2 1	0.09	0.0857	-4.7	1.50	1.51	0.4
10	F2- 1 1 2 1 1	0.09	0.0858	-4.7	1.65	1.69	2.6
11	F2- 1 1 2 1 2	0.09	0.0885	-1.7	1.65	1.74	5.4
13	F2- 1 1 2 2 1	0.09	0.0857	-4.7	1.65	1.67	1.2
14	F2- 1 1 2 2 2	0.09	0.0877	-2.6	1.65	1.70	3.1
19	F2- 1 1 3 1 1	0.09	0.0858	-4.7	1.80	1.83	1.8
20	F2- 1 1 3 1 2	0.09	0.0884	-1.8	1.80	1.89	4.7

Cuadro E.3: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $T_y$  y  $\omega_x/\omega_y$  (Cont.).

Caso	ID	$T_y$ (s)			$\omega_x/\omega_y$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
22	F2- 1 1 3 2 1	0.09	0.0857	-4.8	1.80	1.83	1.6
23	F2- 1 1 3 2 2	0.09	0.0877	-2.6	1.80	1.86	3.6
25	F2- 1 1 3 3 1	0.09	0.0856	-4.9	1.80	1.82	0.9
26	F2- 1 1 3 3 2	0.09	0.0871	-3.2	1.80	1.84	2.3
28	F2- 1 2 1 1 1	0.10	0.0931	-6.9	1.50	1.50	0.1
29	F2- 1 2 1 1 2	0.10	0.0980	-2.0	1.50	1.57	4.8
37	F2- 1 2 2 1 1	0.10	0.0931	-6.9	1.65	1.65	0.0
38	F2- 1 2 2 1 2	0.10	0.0980	-2.0	1.65	1.73	4.8
40	F2- 1 2 2 2 1	0.10	0.0930	-7.0	1.65	1.64	-0.7
41	F2- 1 2 2 2 2	0.10	0.0972	-2.8	1.65	1.70	3.3
46	F2- 1 2 3 1 1	0.10	0.0931	-6.9	1.80	1.79	-0.3
47	F2- 1 2 3 1 2	0.10	0.0980	-2.0	1.80	1.88	4.6
49	F2- 1 2 3 2 1	0.10	0.0930	-7.0	1.80	1.79	-0.6
50	F2- 1 2 3 2 2	0.10	0.0972	-2.8	1.80	1.86	3.4
52	F2- 1 2 3 3 1	0.10	0.0929	-7.1	1.80	1.78	-1.3
53	F2- 1 2 3 3 2	0.10	0.0966	-3.4	1.80	1.85	2.9
82	F2- 2 1 1 1 1	0.09	0.0871	-3.2	1.50	1.50	0.1
83	F2- 2 1 1 1 2	0.09	0.0882	-2.0	1.50	1.52	1.2
91	F2- 2 1 2 1 1	0.09	0.0871	-3.2	1.65	1.65	-0.1
92	F2- 2 1 2 1 2	0.09	0.0882	-2.0	1.65	1.67	1.1
93	F2- 2 1 2 1 3	0.09	0.0957	6.3	1.65	1.81	9.7
100	F2- 2 1 3 1 1	0.09	0.0871	-3.2	1.80	1.80	-0.1
101	F2- 2 1 3 1 2	0.09	0.0881	-2.1	1.80	1.82	1.1
102	F2- 2 1 3 1 3	0.09	0.0957	6.3	1.80	1.98	9.7
103	F2- 2 1 3 2 1	0.09	0.0871	-3.3	1.80	1.81	0.3
104	F2- 2 1 3 2 2	0.09	0.0874	-2.8	1.80	1.80	0.3
105	F2- 2 1 3 2 3	0.09	0.0933	3.6	1.80	1.93	7.3
109	F2- 2 2 1 1 1	0.10	0.0959	-4.1	1.50	1.48	-1.0
110	F2- 2 2 1 1 2	0.10	0.1003	0.3	1.50	1.56	4.3
118	F2- 2 2 2 1 1	0.10	0.0959	-4.1	1.65	1.63	-1.1
119	F2- 2 2 2 1 2	0.10	0.1003	0.3	1.65	1.73	4.8
120	F2- 2 2 2 1 3	0.10	0.1052	5.2	1.65	1.80	9.2
127	F2- 2 2 3 1 1	0.10	0.0959	-4.1	1.80	1.78	-0.8
128	F2- 2 2 3 1 2	0.10	0.1003	0.3	1.80	1.88	4.3
129	F2- 2 2 3 1 3	0.10	0.1052	5.2	1.80	1.96	8.8
130	F2- 2 2 3 2 1	0.10	0.0958	-4.2	1.80	1.78	-0.9
131	F2- 2 2 3 2 2	0.10	0.0995	-0.5	1.80	1.85	2.9

Cuadro E.3: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $T_y$  y  $\omega_x/\omega_y$  (Cont.).

Caso	ID	$T_y$ (s)			$\omega_x/\omega_y$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
132	F2- 2 2 3 2 3	0.10	0.1027	2.7	1.80	1.92	6.6
136	F2- 2 3 1 1 1	0.11	0.1035	-5.9	1.50	1.47	-2.1
137	F2- 2 3 1 1 2	0.11	0.1082	-1.7	1.50	1.53	2.3
145	F2- 2 3 2 1 1	0.11	0.1035	-5.9	1.65	1.62	-2.1
146	F2- 2 3 2 1 2	0.11	0.1082	-1.7	1.65	1.69	2.3
154	F2- 2 3 3 1 1	0.11	0.1034	-6.0	1.80	1.76	-2.2
155	F2- 2 3 3 1 2	0.11	0.1081	-1.7	1.80	1.84	2.2
157	F2- 2 3 3 2 1	0.11	0.1034	-6.0	1.80	1.77	-1.7
158	F2- 2 3 3 2 2	0.11	0.1074	-2.4	1.80	1.83	1.4
172	F2- 3 1 2 1 1	0.09	0.0875	-2.8	1.65	1.65	-0.2
181	F2- 3 1 3 1 1	0.09	0.0875	-2.8	1.80	1.80	-0.1
182	F2- 3 1 3 1 2	0.09	0.0897	-0.3	1.80	1.84	2.0
183	F2- 3 1 3 1 3	0.09	0.0954	6.0	1.80	1.96	8.9
199	F2- 3 2 2 1 1	0.10	0.0984	-1.6	1.65	1.66	0.8
208	F2- 3 2 3 1 1	0.10	0.0984	-1.6	1.80	1.82	0.9
209	F2- 3 2 3 1 2	0.10	0.0998	-0.2	1.80	1.85	2.8
226	F2- 3 3 2 1 1	0.11	0.1057	-3.9	1.65	1.63	-1.3
235	F2- 3 3 3 1 1	0.11	0.1057	-3.9	1.80	1.78	-1.4
236	F2- 3 3 3 1 2	0.11	0.1108	0.8	1.80	1.86	3.4

Cuadro E.4: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $\Omega$  y  $e_x/r$ .

Caso	ID	$\Omega$			$e_x/r$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
1	F2- 1 1 1 1 1	1.60	1.59	-0.8	0.00	0.00	0.0
2	F2- 1 1 1 1 2	1.60	1.66	3.8	0.30	0.32	5.3
4	F2- 1 1 1 2 1	1.80	1.78	-1.3	0.00	0.00	0.0
10	F2- 1 1 2 1 1	1.60	1.59	-0.6	0.00	0.00	0.0
11	F2- 1 1 2 1 2	1.60	1.66	3.9	0.30	0.32	5.2
13	F2- 1 1 2 2 1	1.80	1.78	-1.3	0.00	0.00	0.0
14	F2- 1 1 2 2 2	1.80	1.83	1.8	0.30	0.32	5.2
19	F2- 1 1 3 1 1	1.60	1.60	-0.2	0.00	0.00	0.0
20	F2- 1 1 3 1 2	1.60	1.67	4.2	0.30	0.32	5.2
22	F2- 1 1 3 2 1	1.80	1.78	-1.1	0.00	0.00	0.0
23	F2- 1 1 3 2 2	1.80	1.83	1.9	0.30	0.32	5.2
25	F2- 1 1 3 3 1	2.00	1.97	-1.3	0.00	0.00	0.0

Cuadro E.4: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $\Omega$  y  $e_x/r$  (Cont.).

Caso	ID	$\Omega$			$e_x/r$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
26	F2- 1 1 3 3 2	2.00	2.02	1.0	0.30	0.31	5.0
28	F2- 1 2 1 1 1	1.60	1.55	-3.2	0.00	0.00	0.0
29	F2- 1 2 1 1 2	1.60	1.66	3.6	0.30	0.31	2.3
37	F2- 1 2 2 1 1	1.60	1.55	-3.1	0.00	0.00	0.0
38	F2- 1 2 2 1 2	1.60	1.66	3.7	0.30	0.31	2.3
40	F2- 1 2 2 2 1	1.80	1.74	-3.4	0.00	0.00	0.0
41	F2- 1 2 2 2 2	1.80	1.83	1.9	0.30	0.31	2.2
46	F2- 1 2 3 1 1	1.60	1.56	-2.8	0.00	0.00	0.0
47	F2- 1 2 3 1 2	1.60	1.66	3.9	0.30	0.31	2.3
49	F2- 1 2 3 2 1	1.80	1.74	-3.3	0.00	0.00	0.0
50	F2- 1 2 3 2 2	1.80	1.84	2.0	0.30	0.31	2.2
52	F2- 1 2 3 3 1	2.00	1.94	-2.9	0.00	0.00	0.0
53	F2- 1 2 3 3 2	2.00	2.03	1.5	0.30	0.31	2.1
82	F2- 2 1 1 1 1	1.60	1.61	0.5	0.00	0.00	0.0
83	F2- 2 1 1 1 2	1.60	1.66	3.6	0.30	0.29	-2.5
91	F2- 2 1 2 1 1	1.60	1.61	0.6	0.00	0.00	0.0
92	F2- 2 1 2 1 2	1.60	1.66	3.6	0.30	0.29	-2.5
93	F2- 2 1 2 1 3	1.60	1.84	15.3	0.60	0.60	0.5
100	F2- 2 1 3 1 1	1.60	1.61	0.7	0.00	0.00	0.0
101	F2- 2 1 3 1 2	1.60	1.66	3.8	0.30	0.29	-2.5
102	F2- 2 1 3 1 3	1.60	1.85	15.3	0.60	0.60	0.5
103	F2- 2 1 3 2 1	1.80	1.82	1.2	0.00	0.00	0.0
104	F2- 2 1 3 2 2	1.80	1.84	2.1	0.30	0.29	-2.6
105	F2- 2 1 3 2 3	1.80	2.00	11.3	0.60	0.60	0.3
109	F2- 2 2 1 1 1	1.60	1.60	0.1	0.00	0.00	0.0
110	F2- 2 2 1 1 2	1.60	1.69	5.8	0.30	0.31	3.3
118	F2- 2 2 2 1 1	1.60	1.60	0.1	0.00	0.00	0.0
119	F2- 2 2 2 1 2	1.60	1.69	5.9	0.30	0.31	3.3
120	F2- 2 2 2 1 3	1.60	1.84	15.0	0.60	0.60	-0.2
127	F2- 2 2 3 1 1	1.60	1.60	0.2	0.00	0.00	0.0
128	F2- 2 2 3 1 2	1.60	1.70	6.0	0.30	0.31	3.3
129	F2- 2 2 3 1 3	1.60	1.84	15.0	0.60	0.60	-0.2
130	F2- 2 2 3 2 1	1.80	1.80	0.2	0.00	0.00	0.0
131	F2- 2 2 3 2 2	1.80	1.87	3.8	0.30	0.31	3.2
132	F2- 2 2 3 2 3	1.80	1.99	10.6	0.60	0.60	-0.3
136	F2- 2 3 1 1 1	1.60	1.59	-0.3	0.00	0.00	0.0
137	F2- 2 3 1 1 2	1.60	1.67	4.3	0.30	0.28	-5.7
145	F2- 2 3 2 1 1	1.60	1.60	-0.3	0.00	0.00	0.0
146	F2- 2 3 2 1 2	1.60	1.67	4.3	0.30	0.28	-5.7



Cuadro E.4: Casos paramétricos tipo F2. Variaciones porcentuales de los VPA con respecto a los VPD, correspondientes a los parámetros  $\Omega$  y  $e_x/r$  (Cont.).

Caso	ID	$\Omega$			$e_x/r$		
		VPD	VPA	Var. (%)	VPD	VPA	Var. (%)
154	F2- 2 3 3 1 1	1.60	1.60	-0.2	0.00	0.00	0.0
155	F2- 2 3 3 1 2	1.60	1.67	4.4	0.30	0.28	-5.7
157	F2- 2 3 3 2 1	1.80	1.79	-0.6	0.00	0.00	0.0
158	F2- 2 3 3 2 2	1.80	1.86	3.1	0.30	0.28	-5.8
172	F2- 3 1 2 1 1	1.60	1.60	0.2	0.00	0.00	0.0
181	F2- 3 1 3 1 1	1.60	1.60	0.3	0.00	0.00	0.0
182	F2- 3 1 3 1 2	1.60	1.66	4.0	0.30	0.29	-3.2
183	F2- 3 1 3 1 3	1.60	1.84	14.7	0.60	0.58	-3.2
199	F2- 3 2 2 1 1	1.60	1.61	0.7	0.00	0.00	0.0
208	F2- 3 2 3 1 1	1.60	1.61	0.7	0.00	0.00	0.0
209	F2- 3 2 3 1 2	1.60	1.67	4.4	0.30	0.32	6.8
226	F2- 3 3 2 1 1	1.60	1.60	-0.2	0.00	0.00	0.0
235	F2- 3 3 3 1 1	1.60	1.60	-0.2	0.00	0.00	0.0
236	F2- 3 3 3 1 2	1.60	1.68	4.7	0.30	0.31	3.0

**E.3. Influencia de la excentricidad estática normalizada en la relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado y la densidad de muros**

Las Figs. E.1 a E.6 muestran la relación entre  $T_y$  y  $1/\sqrt{D_y}$ , para los casos paramétricos de un determinado tipo y con una determinada razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ). Además, estas figuras muestran la influencia de  $e_x/r$  en dicha relación.

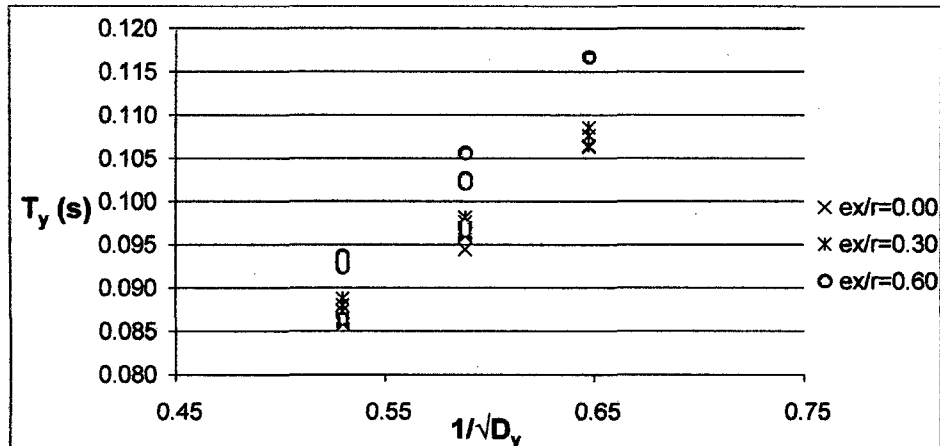


Figura E.1: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 1.50$ .

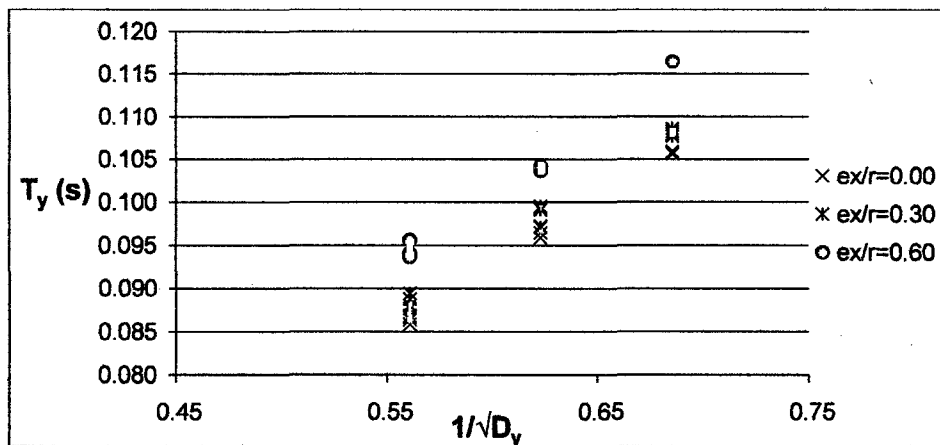


Figura E.2: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 2.00$ .

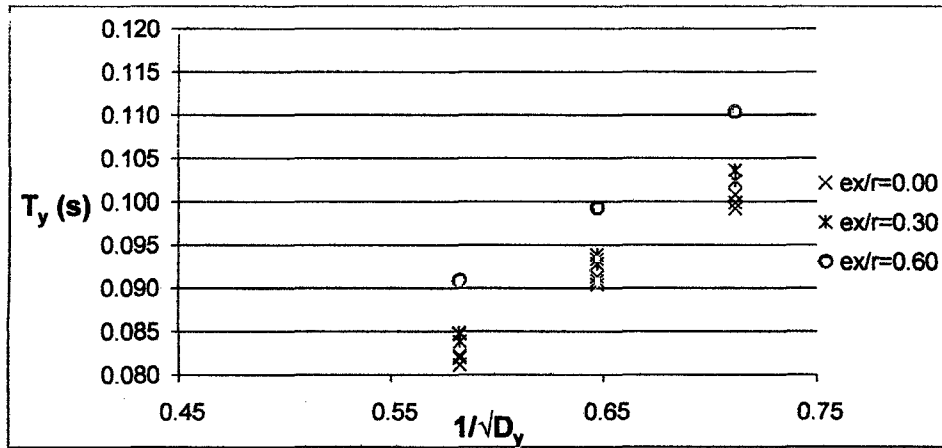


Figura E.3: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa = 2.50$ .

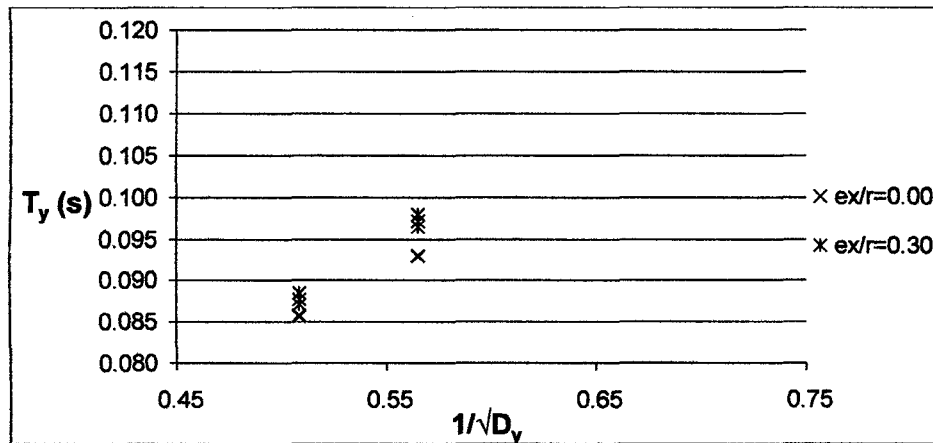


Figura E.4: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 0.50$ .

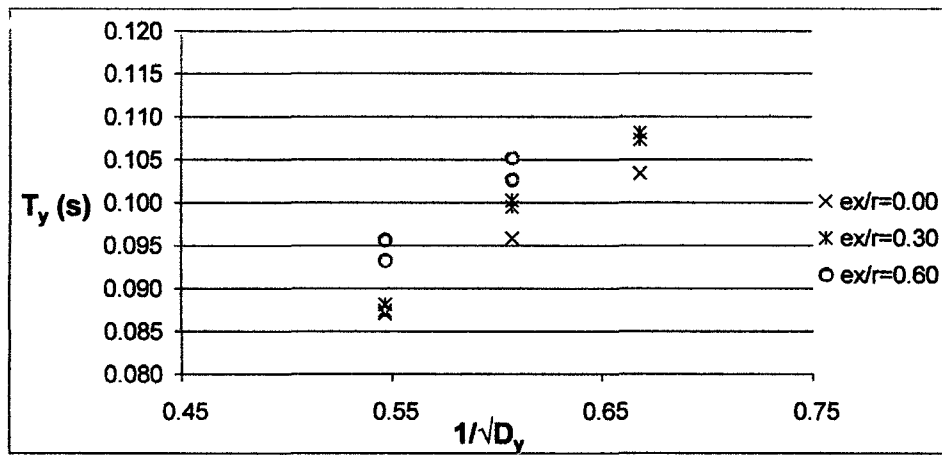


Figura E.5: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 1.00$ .

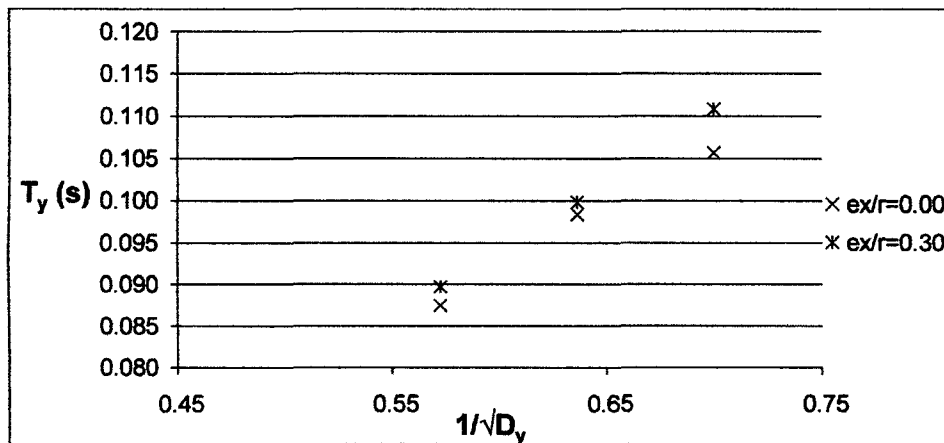


Figura E.6: Relación entre el periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y y la inversa de la raíz cuadrada de la densidad de muros en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa = 1.50$ .

**E.4. Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y**

Las Figs. E.7 a E.12 muestran la relación entre  $\omega_x/\omega_y$  y  $\sqrt{(D_x/D_y)}$ , para los casos paramétricos de un determinado tipo y con una determinada razón de aspecto de la planta ( $\kappa$ ). Además, estas figuras muestran la influencia de  $e_x/r$  en dicha relación.

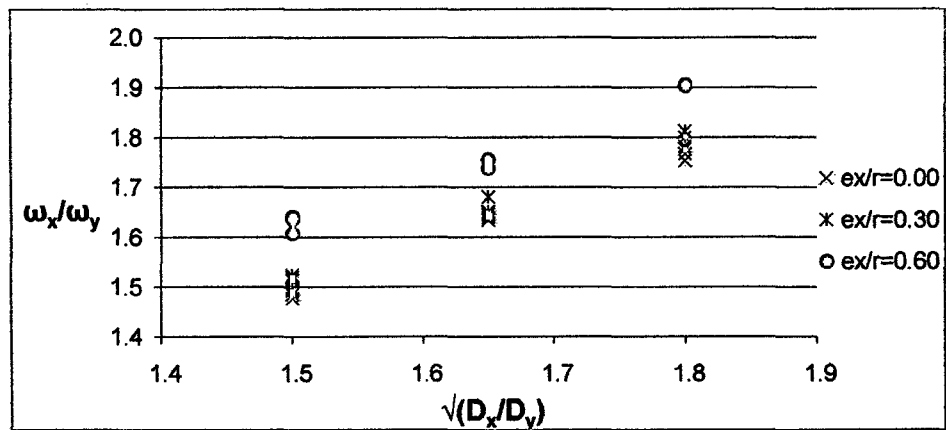


Figura E.7: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa=1.50$ .

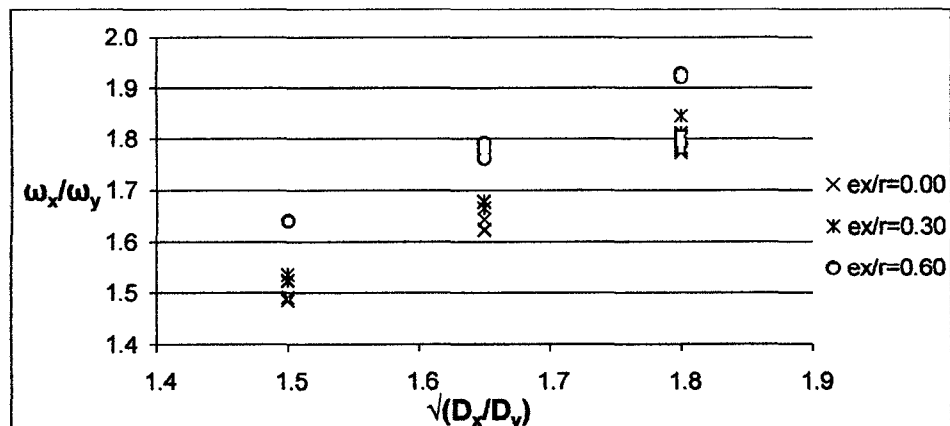


Figura E.8: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa=2.00$ .

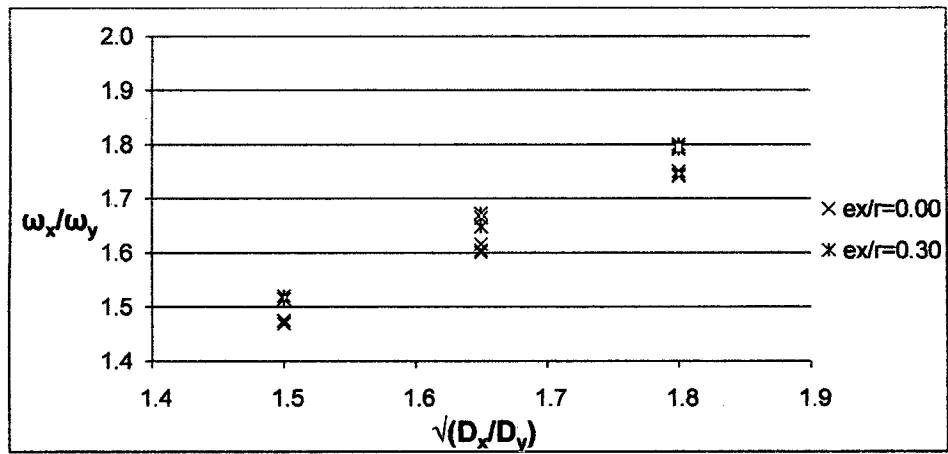


Figura E.9: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F1 con  $\kappa=2.50$ .

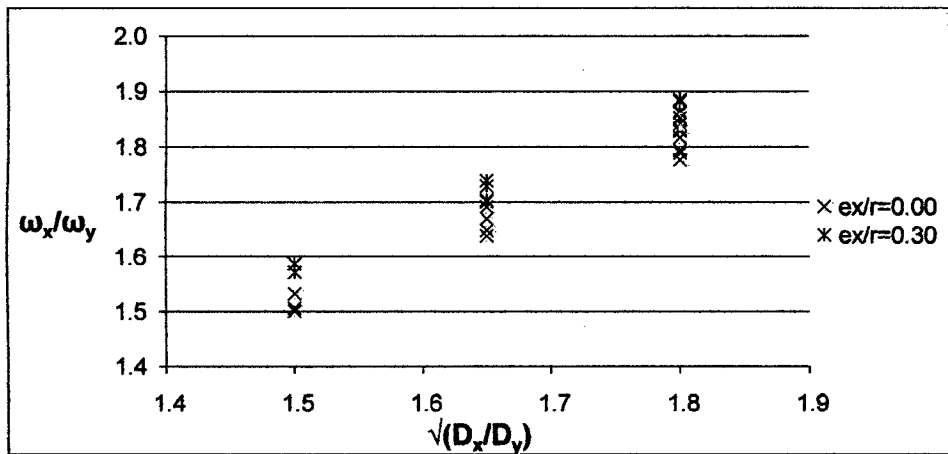


Figura E.10: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa=0.50$ .

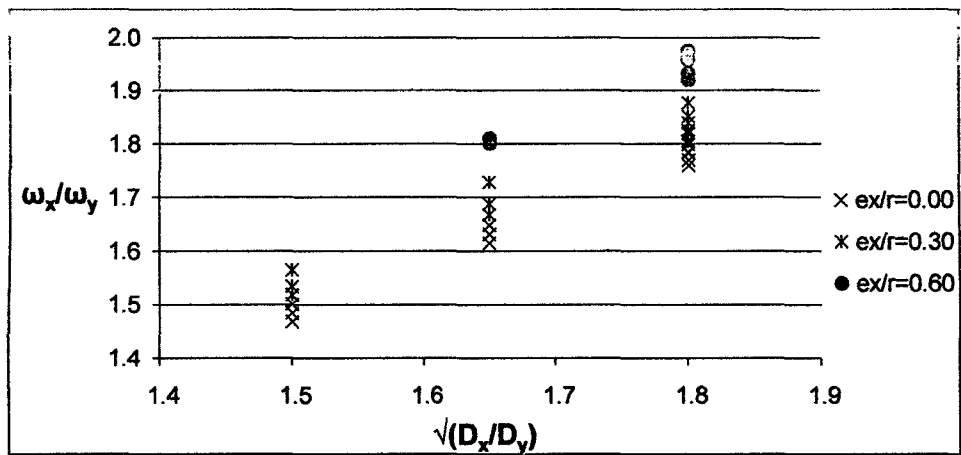


Figura E.11: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa=1.00$ .

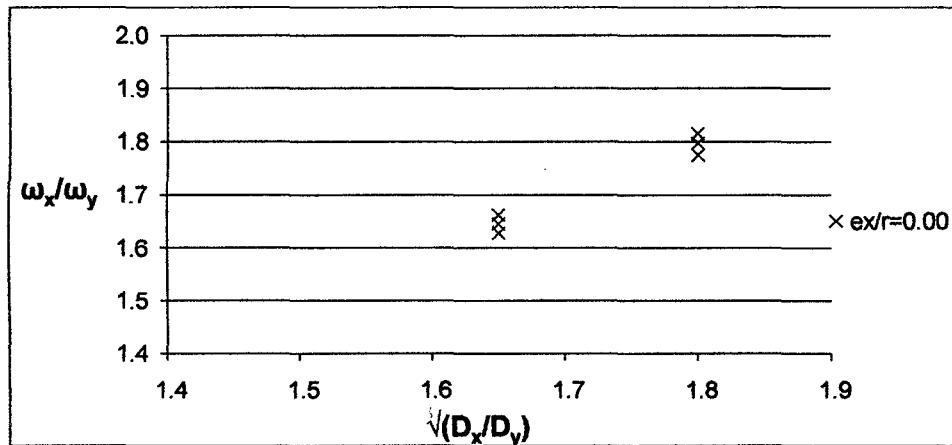


Figura E.12: Relación entre la razón de frecuencias de vibración traslacional acopladas y la raíz cuadrada de la razón de densidades de muros en las direcciones de los ejes X y Y, para los casos paramétricos tipo F2 con  $\kappa=1.50$ .

### E.5. Desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y a lo largo de la altura de la edificación

Las Figs. E.13 a E.15 muestran la variación de  $U_y$  a lo largo de la altura total de la edificación ( $H$ ), debido a la acción del sismo severo en la dirección del eje Y.

Los patrones de desplazamiento lateral varían para cada caso paramétrico, según la magnitud de  $T_y$ .

La Fig. E.13 corresponde a los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a cero; la Fig. E.14 corresponde a los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.30; y la Fig. E.15 corresponde a los casos paramétricos con  $e_x/r$  igual a 0.60.

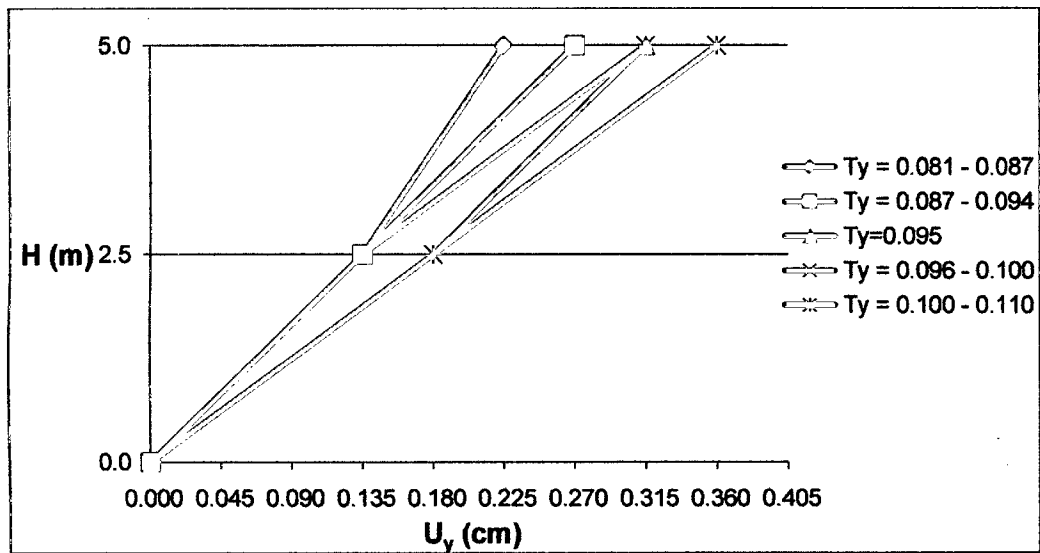


Figura E.13: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.00$ .



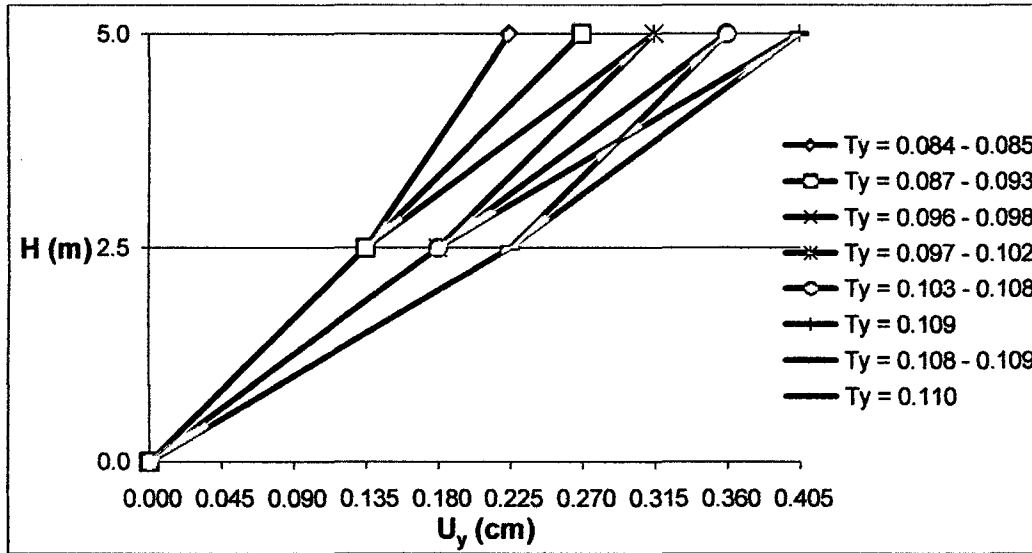


Figura E.14: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.30$ .

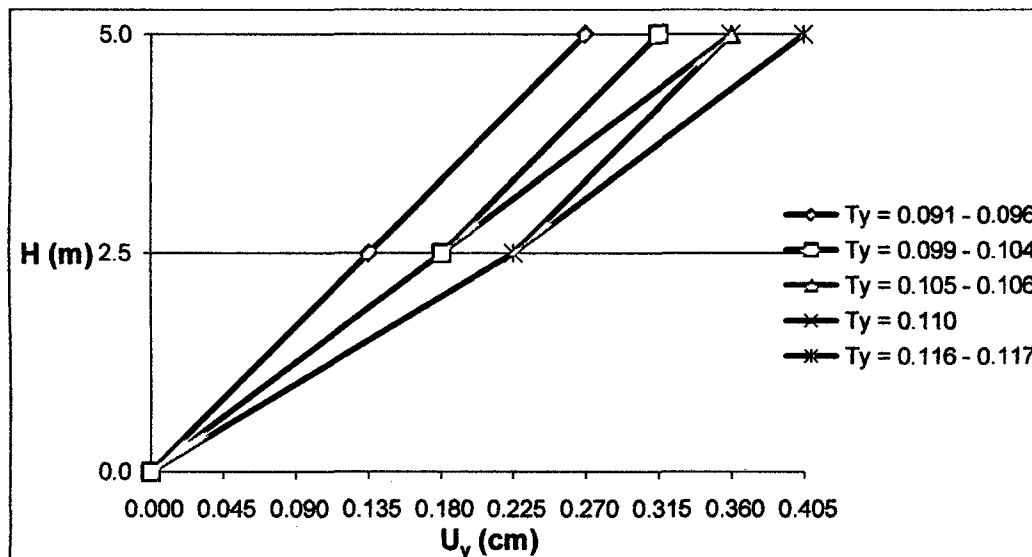


Figura E.15: Gráfico de la variación del desplazamiento traslacional del CM en la dirección del eje Y, a lo largo de la altura de la edificación, para los casos paramétricos con  $e_x/r = 0.60$ .

**E.6. Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral**

Las Figs. E.16 y E.17 muestran la razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y ( $a_y$ ) y la aceleración espectral ( $S_a$ ), en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y ( $T_y$ ), para los casos paramétricos tipo F1 y F2, respectivamente.

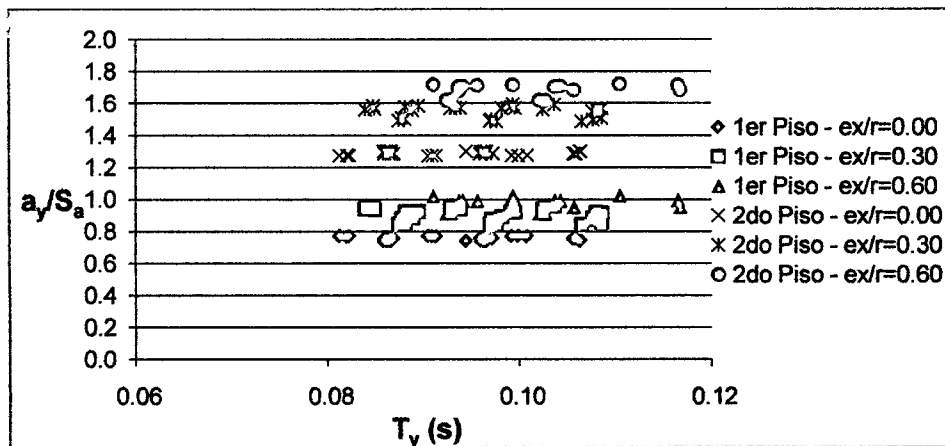


Figura E.16: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral, en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F1.

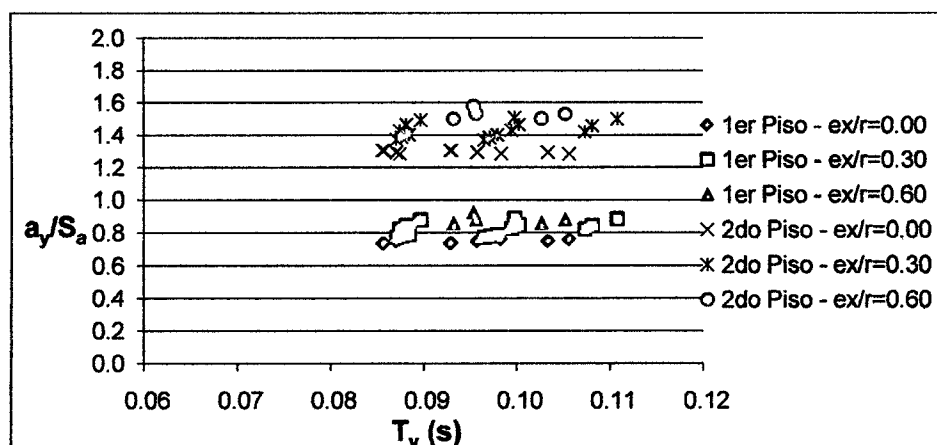


Figura E.17: Razón entre la aceleración traslacional del CM en la dirección del eje Y y la aceleración espectral, en función del periodo de vibración traslacional acoplado en la dirección del eje Y, para los casos paramétricos tipo F2.

## ANEXO F

### EJEMPLO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLIFICADO DE ANÁLISIS SÍSMICO EN UNA VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA DE DOS PISOS

#### F.1. Descripción de la vivienda analizada

La vivienda de albañilería confinada de dos pisos, utilizada a manera de ejemplo para aplicar el MSAS, fue tomada de Blondet (2005). Los planos de arquitectura de ambos pisos se muestran en la Fig. F.1.

Únicamente la zona techada de la vivienda fue incluida dentro del análisis. Por lo tanto las dimensiones de la planta de la edificación consideradas no corresponden a las dimensiones del terreno, sino a las de la zona techada. De la misma manera, en el análisis sólo se consideraron los muros ubicados dentro de dicha zona.

Finalmente, la dimensión en planta de mayor longitud fue orientada en la dirección del eje X, mientras que la dimensión en planta de menor longitud fue orientada en la dirección del eje Y.

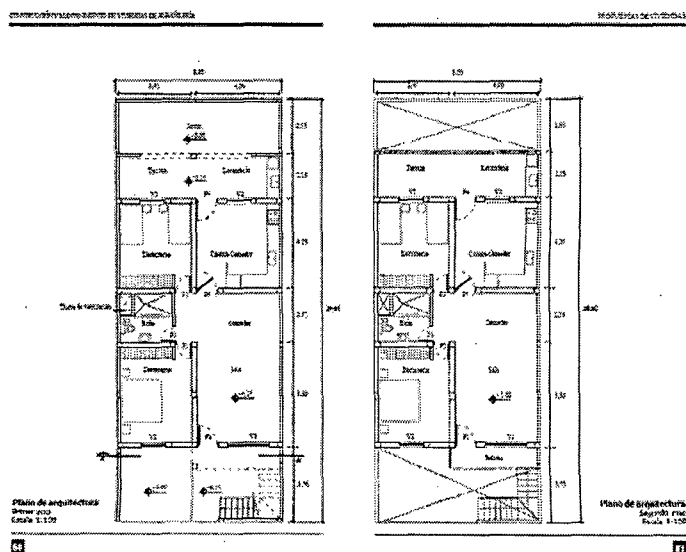


Figura F.1: Planos de arquitectura de la vivienda confinada de dos pisos analizada mediante el MSAS (según Blondet, 2005).

## **F.2. Descripción del MSAS implementado en una hoja de calculo**

La entrada de datos se realiza en los pasos 1, 2 y 3. Esta consiste en datos geométricos y estructurales de la vivienda y de los muros que la componen. Las celdas que constituyen la entrada de datos son de color celeste.

Del paso 4 al 24, la hoja de cálculo desarrolla el análisis sísmico simplificado descrito en el Capítulo VI (ítem 6.2), para las direcciones X y Y. Adicionalmente, se realizan las verificaciones de resistencia global y local especificadas en SENCICO (2006), las cuales se resumen en las expresiones expuestas en el Capítulo I (Ecs. (1.2) a (1.5)).

Mientras que los cálculos de procedimiento (de menor relevancia) se muestran en las celdas de color rosado, los resultados más importantes se muestran en las celdas de color verde. Entre estos resultados importantes se encuentran la densidad de muros, la ubicación del CR con respecto al CG de la planta, la excentricidad estática normalizada, el periodo de vibración traslacional, el grado de acoplamiento torsional, el peso total de la edificación, las fuerzas cortantes de entrepiso, los momentos de torsión en planta de entrepiso y las fuerzas cortantes totales de los muros.

Las verificaciones de la resistencia al corte global y local de la vivienda, además de la verificación correspondiente a la distorsión lateral de entrepiso máxima permisible, se muestran en las celdas de color amarillo.

### F.3. Aplicación del MSAS mediante una hoja de cálculo

#### Método Simplificado de Análisis Sísmico de Viviendas de Albañilería Confinada de 2 Pisos

##### 1. Datos geométricos de la vivienda

Dimensión longitudinal de la planta en la dirección Y:  $a = 8.00$  m  
 Dimensión longitudinal de la planta en la dirección X:  $b = 13.95$  m  
 Altura de piso:  $h = 2.80$  m  
 Altura total de la edificación:  $H = 5.45$  m

##### 2. Datos estructurales y de sitio de la vivienda

Tipo de edificación:

Zona sísmica:

Tipo de suelo:

Resistencia al corte de la albañilería:

Dirección de techado:

$v'a =$ 

Regular
3
S1
51
Y

 $Tn/m^2$   $Z = 0.40$   
 $S = 1$

##### 3. Datos geométricos de los muros estructurales de la vivienda

MUROS X			
ID	$L_x$ (mm)	$t_x$ (mm)	$d_x$ (mm)
MX1	13.95	0.13	-3.93
MX2	5.00	0.23	-0.26
MX3	4.50	0.23	-0.26
MX4	13.95	0.13	3.93

MUROS Y			
ID	$L_y$ (mm)	$t_y$ (mm)	$d_y$ (mm)
MY1	2.67	0.23	-6.85
MY2	2.82	0.23	-2.10
MY3	2.82	0.23	0.45
MY4	3.14	0.23	0.45
MY5	2.67	0.23	4.70
MY6	1.50	0.23	4.70
MY7	1.50	0.13	6.90

$L_{mpx} = 9.35$  m  
 $D_x = 5.21$  %

$L_{mpy} = 2.45$  m  
 $D_y = 3.39$  %

#### 4. Cálculo de los coeficientes de rigidez

MUROS X	
ID	$k_x^*$
MX1	0.2434
MX2	0.1094
MX3	0.0913
MX4	0.2434

MUROS Y	
ID	$k_y^*$
MY1	0.0318
MY2	0.0360
MY3	0.0360
MY4	0.0454
MY5	0.0318
MY6	0.0075
MY7	0.0042

$$K_x^* = 0.6875$$

$$K_y^* = 0.1926$$

#### 5. Cálculo de la posición del CR con respecto al CG de la planta

$$x_{CR} = -0.222 \text{ m}$$

$$y_{CR} = -0.074 \text{ m}$$

#### 6. Cálculo del radio medio de giro

$$r = 5.18 \text{ m}$$

#### 7. Cálculo de las excentricidades estáticas normalizadas

$$e_x/r = 0.04$$

$$e_y/r = 0.01$$

#### 8. Cálculo de los coeficientes de los periodos de vibración traslacional acoplados

$$C_{Tx} = 0.14$$

$$C_{Ty} = 0.19$$

#### 9. Cálculo de los periodos de vibración traslacional acoplados

$$T_x = 0.0652 \text{ s}$$

$$T_y = 0.1154 \text{ s}$$

**10. Cálculo del coeficiente de rigidez torsional**

MUROS X	
ID	$d_x - y_{CR}$ (m)
MX1	-3.8509
MX2	-0.1859
MX3	-0.1859
MX4	4.0041

MUROS Y	
ID	$d_y - x_{CR}$ (m)
MY1	-6.6280
MY2	-1.8780
MY3	0.6720
MY4	0.6720
MY5	4.9220
MY6	4.9220
MY7	7.1220

$$K_{\theta}^* = 10.2450$$

**11. Cálculo de los coeficientes de los grados de acoplamiento torsional**

$$C_{\Omega_x} = 0.9948$$

$$C_{\Omega_y} = 0.9983$$

**12. Cálculo de los grados de acoplamiento torsional**

$$\Omega_x = 0.85$$

$$\Omega_y = 1.62$$

**13. Cálculo del peso sísmico total de la edificación**

$$W = 184.14 \text{ Tn}$$

**14. Cálculo de los coeficientes sísmicos**

$$C_{wx1} = 0.43$$

$$C_{wy1} = 0.43$$

$$C_{wx2} = 0.24$$

$$C_{wy2} = 0.24$$

**15. Cálculo de las fuerzas cortantes de entrepiso**

$$V_{EX1} = \boxed{56.49} \text{ Tn} \quad V_{EY1} = \boxed{56.37} \text{ Tn}$$

$$V_{EX2} = \boxed{31.50} \text{ Tn} \quad V_{EY2} = \boxed{31.38} \text{ Tn}$$

**16. Cálculo de la fuerza cortante resistente del primer entrepiso y verificación de la resistencia global al corte**

MUROS X			
ID	$\alpha$	$P_g$ (Tn)	$V_m$ (Tn)
MX1	1.00	57.46	59.46
MX2	1.00	36.44	37.71
MX3	1.00	32.79	33.93
MX4	1.00	57.46	59.46

MUROS Y			
ID	$\alpha$	$P_g$ (Tn)	$V_m$ (Tn)
MY1	0.64	0.00	9.95
MY2	0.67	0.00	11.10
MY3	0.67	0.00	11.10
MY4	0.75	0.00	13.77
MY5	0.64	0.00	9.95
MY6	0.36	0.00	3.14
MY7	0.36	0.00	1.78

$$\Sigma V_{mxd} = \boxed{190.56} \text{ Tn}$$

$$V_{EX1} = \boxed{56.49} \text{ Tn}$$

Validez = **OK**

$$\Sigma V_{myl} = \boxed{60.81} \text{ Tn}$$

$$V_{EY1} = \boxed{56.37} \text{ Tn}$$

Validez = **OK**

**17. Cálculo de los factores de amplificación dinámica**

$$\beta_x = \boxed{2.74}$$

$$\beta_y = \boxed{1.87}$$

**18. Cálculo de los momentos de torsión en planta de entrepiso**

$$M_{EZX1} = \boxed{-11.49} \text{ Tn}\cdot\text{m} \quad M_{EZY1} = \boxed{-23.41} \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

$$M_{EZX2} = \boxed{-6.41} \text{ Tn}\cdot\text{m} \quad M_{EZY2} = \boxed{-13.03} \text{ Tn}\cdot\text{m}$$



**19. Cálculo de los momentos accidentales de torsión en planta de entrepiso**

$$M_{AX1} = 22.60 \text{ Tn}\cdot\text{m} \quad M_{AY1} = 39.32 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

$$M_{AX2} = 12.60 \text{ Tn}\cdot\text{m} \quad M_{AY2} = 21.89 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

**20. Cálculo de las fuerzas cortantes directas de los muros del primer piso**

SISMO X	
ID	$V_{ed}$ (Tn)
MX1	10.00
MX2	4.49
MX3	3.75
MX4	10.00

SISMO Y	
ID	$V_{ed}$ (Tn)
MY1	4.65
MY2	5.26
MY3	5.26
MY4	6.64
MY5	4.65
MY6	1.10
MY7	0.62

**21. Cálculo de las fuerzas cortantes por torsión de los muros del primer piso**

Caso 1:

$$M_{TX1} = 5.55 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

$$M_{TY1} = 7.96 \text{ Tn}\cdot\text{m}$$

SISMO X			
MUROS X		MUROS Y	
ID	$V_{et}$ (Tn)	ID	$V_{et}$ (Tn)
MX1	0.51	MY1	-0.11
MX2	0.01	MY2	-0.04
MX3	0.01	MY3	0.01
MX4	-0.53	MY4	0.02
		MY5	0.08
		MY6	0.02
		MY7	0.02

SISMO Y			
MUROS X		MUROS Y	
ID	$V_{et}$ (Tn)	ID	$V_{et}$ (Tn)
MX1	-0.73	MY1	0.16
MX2	-0.02	MY2	0.05
MX3	-0.01	MY3	-0.02
MX4	0.76	MY4	-0.02
		MY5	-0.12
		MY6	-0.03
		MY7	-0.02

Caso 2:

$$M_{TX1} = -17.04 \text{ Tn-m}$$

$$M_{TY1} = -31.36 \text{ Tn-m}$$

SISMO X			
MUROS X		MUROS Y	
ID	$V_{et}$ (Tn)	ID	$V_{et}$ (Tn)
MX1	-1.56	MY1	0.35
MX2	-0.03	MY2	0.11
MX3	-0.03	MY3	-0.04
MX4	1.62	MY4	-0.05
		MY5	-0.26
		MY6	-0.06
		MY7	-0.05

SISMO Y			
MUROS X		MUROS Y	
ID	$V_{et}$ (Tn)	ID	$V_{et}$ (Tn)
MX1	2.87	MY1	-0.65
MX2	0.06	MY2	-0.21
MX3	0.05	MY3	0.07
MX4	-2.98	MY4	0.09
		MY5	0.48
		MY6	0.11
		MY7	0.09

22. Cálculo de las fuerzas cortantes totales de los muros del primer piso

SISMO X			
MUROS X		MUROS Y	
ID	$V_e$ (Tn)	ID	$V_e$ (Tn)
MX1	10.51	MY1	0.35
MX2	4.51	MY2	0.11
MX3	3.76	MY3	0.01
MX4	11.62	MY4	0.02
		MY5	0.08
		MY6	0.02
		MY7	0.02

SISMO Y			
MUROS X		MUROS Y	
ID	$V_e$ (Tn)	ID	$V_e$ (Tn)
MX1	2.87	MY1	4.82
MX2	0.06	MY2	5.31
MX3	0.05	MY3	5.33
MX4	0.76	MY4	6.74
		MY5	5.13
		MY6	1.21
		MY7	0.71

### 23. Verificación de la resistencia local al corte de los muros del primer piso

MUROS X			
ID	$V_e$ (Tn)	$0.55V_m$ (Tn)	Validez
MX1	10.51	32.70	OK
MX2	4.51	20.74	OK
MX3	3.76	18.66	OK
MX4	11.62	32.70	OK

MUROS Y			
ID	$V_e$ (Tn)	$0.55V_m$ (Tn)	Validez
MY1	4.82	5.48	OK
MY2	5.31	6.11	OK
MY3	5.33	6.11	OK
MY4	6.74	7.57	OK
MY5	5.13	5.48	OK
MY6	1.21	1.73	OK
MY7	0.71	0.98	OK

### 24. Cálculo de la distorsión lateral de entrepiso

$$\Delta_x/h = 0.0222 \%$$

$$\text{Validez} = \text{OK}$$

$$\Delta_y/h = 0.0700 \%$$

$$\text{Validez} = \text{OK}$$