

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes y motivación.....	2
1.2. Descripción del problema.....	3
1.3. Solución propuesta	3
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Alcances.....	4
1.6. Resultados esperados.....	4
1.7. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	4
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. SISTEMAS DE PROTECCIÓN SÍSMICA	6
2.1.1. Sistemas activos.....	6
2.1.2. Sistemas semi activos	6
2.1.3. Sistemas pasivos	7
2.1.3.1. Sistemas de aislación sísmica.....	7
A) Aisladores elastoméricos	8
B) Aisladores deslizantes.....	9
2.1.3.2. Sistemas pasivos de disipación de energía	9
A) Disipadores activados por desplazamientos.....	10
B) Disipadores activados por velocidad	10
C) Disipadores activados por desplazamiento y velocidad.....	11
D) Dispositivos activados por movimiento.....	11

2.2.	DISIPADORES HISTERÉTICOS	12
2.2.1.	Disipadores de barras de pandeo restringido	13
2.2.2.	Disipador Slit-Type Plates.....	13
2.2.3.	Disipador SSD	13
2.2.4.	Disipador YSPD	14
2.2.5.	Disipadores ADAS	15
2.2.6.	Disipadores TADAS.....	15
2.2.7.	Disipador HADAS.....	16
2.2.8.	Disipador WPD	16
2.2.9.	Disipador Honeycomb	17
2.2.10.	Disipador AMD	17
2.2.11.	Disipador SAFYD.....	18
2.3.	COMPORTAMIENTO ELASTOPLÁSTICO DE LOS MATERIALES.....	18
2.4.	CONSIDERACIONES EN EL DISEÑO DE UN DISIPADOR	20
2.5.	METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE DISIPADORES HISTERÉTICOS BASADA EN ENERGÍA	21
2.6.	CURVAS FUERZA-DESPLAZAMIENTO QUE DEBE CUMPLIR EL DISIPADOR HISTERÉTICO	23
2.7.	MÉTODO DE DOBLE INTEGRACIÓN	24
2.8.	SEGUNDO TEOREMA DE CASTIGLIANO	25
2.9.	SISTEMAS DE RESORTES EN SERIE Y PARALELO	26
CAPÍTULO 3. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UNA GEOMETRÍA ADAS.....		28
3.1.	SIMULACIÓN DE PLASTICIDAD EN ANSYS	29
3.2.	ESTIMACIÓN DE LA RIGIDEZ ELÁSTICA DE UN DISIPADOR CON INERCIA CONSTANTE	32

3.3. ESTIMACIÓN DE LA RIGIDEZ ELÁSTICA DE UN DISIPADOR CON INERCIA VARIABLE	37
3.4. ESTIMACIÓN DE LA RELACIÓN POST FLUENCIA DEL DISIPADOR CON INERCIA VARIABLE.....	40
3.5. ESTIMACIÓN DE LA FUERZA DE FLUENCIA DEL DISIPADOR CON INERCIA VARIABLE.....	42
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA Y RESULTADOS	44
4.1. CÁLCULO DE LA DISPOSICIÓN DE LAS UNIDADES BÁSICAS EN SERIE Y PARALELO	45
4.2. METODOLOGÍA PROPUESTA.....	47
4.3. RESULTADOS PLANTA 1	47
4.4. RESULTADOS PLANTA 2	51
4.5. RESULTADOS PLANTA 3	51
4.6. RESULTADOS PLANTA 4	52
4.7. RESULTADOS PLANTA 5	53
CAPÍTULO 5. ESTUDIO DE NUEVAS GEOMETRÍAS Y CONFIGURACIONES.....	55
5.1. NUEVAS GEOMETRÍAS	56
5.2. NUEVA CONFIGURACIÓN	60
CONCLUSIONES.....	64
REFERENCIAS	66
ANEXO 1: CÁLCULO DE CURVA ELÁSTICA PARA GEOMETRÍA DE INERCIA CONSTANTE	68
ANEXO 2: CÁLCULO DE CURVA ELÁSTICA PARA GEOMETRÍA DE INERCIA VARIABLE.....	70
ANEXO 3: CÁLCULO DE DESPLAZAMIENTO GENERADO POR CORTE.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ejemplo de edificio construido utilizando pórticos estructurales. Fuente: Tena-Colunga y Nangullasmú-Hernández, 2015.....	2
Figura 2.1: Principales protecciones sísmicas. Fuente: Elaboración Propia.	12
Figura 2.2: Disipadores BRB. Fuente: Morillas, 2013.	13
Figura 2.3: Disipador hysterético Slit-Type Plate. Fuente: Journal of Structural Engineering, Vol 144, issue 1.	14
Figura 2.4: Disipador SSD. Fuente: Dimopoulos, 2012.....	14
Figura 2.5: Disipador YSPD. Fuente: Nath, 2016.....	14
Figura 2.6: Comportamiento del disipador ADAS al estar sometido a cargas sísmicas. Fuente: Alehashem y otros, 2008.	15
Figura 2.7: Comportamiento del disipador TADAS al estar sometido a cargas sísmicas. Fuente: Alehashem y otros, 2008.	16
Figura 2.8: Disipador HADAS. Fuente: Basu & Reddy, 2016.	16
Figura 2.9: Disipador WPD. Fuente: Morillas, 2013.	16
Figura 2.10: Disipador Honeycomb. Fuente: Somarriba, 2012.....	17
Figura 2.11: Forma de los tubos corrugados. De izquierda a derecha se muestran S, C y U respectivamente. Fuente: Motamedi & Nateghi-A, 2018.....	17
Figura 2.12: Comportamiento de un sistema disipador compuesto por dos AMD. Fuente: Motamedi & Nateghi-A, 2018.....	18
Figura 2.13: Disipador SAFYD luego de un ensayo de falla. Fuente: Sahoo et al., 2015.	18
Figura 2.14: Comportamiento elastoplástico perfecto. Fuente: Gilbert & Hadzi-Janev, 2009.	19
Figura 2.15: Comportamiento idealizado en plasticidad. Fuente: Gilbert & Hadzi-Janev, 2009.	19
Figura 2.16: Curva carga lateral Q v/s desplazamiento δ_i . (a) estructura existente. (b) disipador de energía hysterético. (c) conjunto estructura- disipador. Fuente: Benavent-Climent, 2011. ...	23
Figura 2.17: Sistemas de resortes. El de la izquierda corresponde al sistema en serie y el de la derecha al sistema en paralelo. Fuente: Rico, 2018.....	26
Figura 3.1: Condiciones de borde de la simulación computacional de un HADAS. Fuente: Briones y de la Llera, 2014.....	29

Figura 3.2: Dimensiones del disipador ADAS simulado. Fuente: Elaboración propia.	30
Figura 3.3: Condiciones de borde y malla utilizadas. Fuente: Ansys v19.1.....	30
Figura 3.4: Dimensiones de la geometría en la que se estudiará la rigidez. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 3.5: Condiciones de borde de la placa central. Fuente: Elaboración propia.	33
Figura 3.6: DCL de la geometría. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 3.7: Deflexión esperada en la placa del disipador. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 3.8: DCL para determinar el momento interno de la geometría. Fuente: Elaboración propia.	34
Figura 3.9: Variación de la base de la sección rectangular en función de x. La imagen de la izquierda es para el tramo $0 \leq x \leq L/2$ y la de la derecha para $L/2 \leq x \leq L$. Fuente: Elaboración propia.	37
Figura 3.10: Deformación observada en geometrías con e/L mayor a 0,05. Fuente: Ansys v19.1	39
Figura 4.1: Condiciones de borde aplicadas en la simulación de un sistema de disipación de energía sísmica. Fuente: Ansys v19.1	49
Figura 4.2: Sistema de disipación de energía sísmica de la planta 1. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 4.3: Sistema de disipación de energía sísmica de la planta 2. Fuente: Elaboración propia.	51
Figura 4.4: Sistema de disipación de energía sísmica de la planta 3. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 4.5: Sistema de disipación de energía sísmica de la planta 4. Fuente: Elaboración propia.	52
Figura 4.6: Sistema de disipación de energía sísmica de la planta 5. Fuente: Elaboración propia.	53
Figura 5.1: Geometría curva propuesta. Fuente: Elaboración propia.	56
Figura 5.2: Sistema de disipación para la planta 4 con geometrías curvas. Fuente elaboración propia.	58
Figura 5.3: Nueva geometría propuesta. Fuente: Elaboración propia.	59

Figura 5.4: Nueva propuesta de sistema de disipación para la planta 5. Fuente: Elaboración propia.....	59
Figura 5.5: Nueva configuración de geometría ADAS $z=150$, $a=30$, $L=180$, $e=10$. Fuente: Elaboración propia.....	60
Figura 5.6: Condiciones de borde de la nueva configuración. Fuente: Ansys v19.1	60
Figura 5.7: Desplazamientos de la nueva configuración. Fuente: Ansys v19.1	61
Figura 5.8: Configuración equivalente a 2 disipadores en paralelo y 3 en serie.	62
Figura 5.9: Sistema de disipación para la planta 1 utilizando la nueva configuración. Fuente: Elaboración propia.....	63
Figura 5.10: Opciones para instalar esta configuración en el pórtico. Fuente: Elaboración propia.....	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1: Curva fuerza-desplazamiento. Fuente: Elaboración propia.	31
Gráfico 3.2: Fuerza de fluencia. Fuente: Elaboración propia.	32
Gráfico 3.3: Relación K_p/K_e en función del espesor de la geometría $z=150$, $a=30$ y $L=180$. Fuente: Elaboración propia.....	41
Gráfico 3.4: Fuerza de fluencia en función del espesor de la geometría $z=150$, $a=30$ y $L=180$. Fuente: Elaboración propia.....	42
Gráfico 5.1: K_p/K_e versus espesor para la geometría curva propuesta. Fuente: Elaboración propia.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos de los disipadores calculados por el profesor David Domínguez	24
Tabla 3.1 Comparación de rigidez teórica y rigidez obtenida de simulación computacional. Fuente: Elaboración propia.....	36
Tabla 3.2 Comparación de los errores de estimación de la rigidez de las tres expresiones planteadas. Fuente: Elaboración propia.....	40
Tabla 3.3: Coeficientes α y β para cada geometría analizada. Fuente: Elaboración propia.	41
Tabla 3.4: Coeficientes γ , θ y μ para cada geometría analizada. Fuente: Elaboración propia. .	43
Tabla 4.1: Resultados sistemas serie y paralelo. Fuente: Elaboración propia.....	46
Tabla 4.2: Resultados de la primera iteración para la planta 1. Fuente: Elaboración propia. ...	48
Tabla 4.3: Espesores que cumplen el requerimiento K_p/K_e para la planta 1. Fuente: Elaboración propia.....	48
Tabla 4.4: Sistemas de disipación para la planta 1. Fuente: Elaboración propia.	49
Tabla 4.5: Resultados de las simulaciones de las geometrías seleccionadas para la planta 1. Fuente: Elaboración propia.....	50
Tabla 4.6: Resumen de los resultados obtenidos. Fuente: Elaboración propia.	54
Tabla 5.1: Variación de la dimensión "d" en geometría curva. Fuente: Elaboración propia. ...	57
Tabla 5.2: Estimaciones de los sistemas de disipación utilizando geometrías curvas. Fuente: Elaboración propia.....	57
Tabla 5.3: Comparación entre la estimación del comportamiento a partir de la simulación de una placa y los resultados de la simulación del sistema completo. Fuente: Elaboración propia.	61
Tabla 5.4: Comparación entre la estimación del comportamiento a partir de la simulación de una placa y los resultados de la simulación del sistema de la figura 5.8. Fuente: Elaboración propia.....	62