



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

**DESEMPEÑO AL COLAPSO SÍSMICO BASADO EN ENERGÍA PARA EDIFICIOS
APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO EQUIPADOS CON
AMORTIGUADORES VISCOSOS, LIMA 2024**

**Línea de investigación:
Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y
geotecnia**

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Toledo Espinoza, Vlavec

Asesor

López Bulnes, Jorge Luis

ORCID: 0000-0002-9583-1143

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio

Bedia Guillén, Ciro Sergio

Romero Ríos, David

Lima - Perú

2025

DESEMPEÑO AL COLAPSO SÍSMICO BASADO EN ENERGÍA PARA EDIFICIOS APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO EQUIPADOS CON AMORTIGUADORES VISCOSOS, LIMA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
3	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
4	dokumen.pub Fuente de Internet	<1%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	oa.upm.es Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

DESEMPEÑO AL COLAPSO SÍSMICO BASADO EN ENERGÍA
PARA EDIFICIOS APORTICADOS DE CONCRETO ARMADO
EQUIPADOS CON AMORTIGUADORES VISCOSOS, LIMA 2024

Línea de investigación:

Desarrollo urbano-rural, catastro, prevención de riesgos, hidráulica y geotecnia

Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ingeniería Civil

Autor

Toledo Espinoza, Vlancev

Asesor

López Bulnes, Jorge Luis
(ORCID: 0000-0002-9583-1143)

Jurado

Tello Malpartida, Omart Demetrio
Bedia Guillén, Ciro Sergio
Romero Ríos, David

Lima – Perú
2025

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	21
1.1.	Planteamiento del problema	21
1.2.	Descripción del problema	25
1.3.	Formulación del problema	30
1.3.1	Problema general	30
1.3.2	Problemas específicos	30
1.4.	Antecedentes	30
1.4.1	Antecedentes internacionales	30
1.4.2	Antecedentes nacionales	54
1.5.	Justificación de la investigación	57
1.5.1	Justificación practica	58
1.5.2	Justificación teórica	58
1.5.3	Justificación metodológica	59
1.6.	Limitaciones de la investigación	60
1.7.	Objetivos	61
1.7.1	Objetivo general	61
1.7.2	Objetivos específicos	61
1.8.	Hipótesis	62
1.8.1	Hipótesis general	62
1.8.2	Hipótesis específicas	62
II.	MARCO TEÓRICO	64
2.1.	Marco conceptual	64
2.1.1	Edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos	64

2.1.2	Masa sísmica	69
2.1.3	Índice de colapso	70
2.1.4	Relación de amortiguamiento añadida o suplementaria	71
2.1.5	Exponente de la velocidad en los amortiguadores	72
2.1.6	Desempeño al colapso sísmico	73
2.1.7	Índice de margen de colapso (IMC)	74
2.1.8	Relación entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía	76
2.1.9	Aceleraciones de piso	79
2.1.10	Distorsiones angulares de piso	80
2.2.	Bases teóricas	81
2.2.1	Métodos de cálculo sísmico basados en fuerzas	81
2.2.2	Los métodos de cálculo sísmico basados en desplazamientos	82
2.2.3	Los métodos de cálculo sísmico basados en el balance energético de Housner-Akiyama	84
2.2.4	Parámetros de modelamiento de los elementos estructurales	88
2.2.5	Ajuste de la curva momento-curvatura en vigas y columnas	91
2.2.6	Análisis dinámico no lineal	97
2.2.7	Análisis dinámico incremental (IDA)	98
2.2.8	Colapso sísmico	99
2.2.9	Incertidumbre en la evaluación del comportamiento sísmico	100
2.3.	Marco filosófico	101
2.4.	Marco legal	104
III.	MÉTODO	107
3.1.	Tipo de investigación	107

3.1.1	Tipo de investigación en función al propósito	107
3.1.2	Tipo de investigación por nivel de profundidad	107
3.1.3	Tipo de investigación por la naturaleza de los datos	108
3.1.4	Tipo de investigación por la manipulación de variables	109
3.2.	Población y muestra	110
3.2.1	Población	110
3.2.2	Muestra	110
3.3.	Operacionalización de variables	113
3.3.1	Variable independiente, definición conceptual	114
3.3.2	Variable independiente, definición operacional	115
3.3.3	Variable dependiente, definición conceptual	116
3.3.4	Variable dependiente, definición operacional	116
3.3.5	Matriz de operacionalización de variables	117
3.4.	Instrumentos	118
3.5.	Procedimientos	120
3.5.1	Etapa 01: dimensionamiento y diseño de los prototipos	120
3.5.2	Etapa 02: selección, normalización y escalado de los movimientos del terreno	121
3.5.3	Etapa 03: estudio IDA	122
3.5.4	Etapa 04: análisis de datos	123
3.6.	Análisis de datos	124
3.6.1	Indicadores críticos del colapso	125
3.6.2	Demanda y capacidad al colapso	126
3.6.3	Desarrollo de curvas de fragilidad al colapso	126
3.6.4	Relación entre la entrada de energía	126

3.7.	Consideraciones éticas	126
IV.	RESULTADOS	128
4.1.	Dimensionamiento y diseño de los prototipos	131
4.1.1	Dimensionamiento de los prototipos de concreto armado considerando parámetros de comportamiento no lineal	131
4.1.2	Dimensionamiento de los amortiguadores en los prototipos de concreto armado	139
4.2.	Selección, normalización y escalado de los movimientos del terreno	146
4.3.	Estudio IDA	149
4.3.1	Evaluación del colapso mediante el empleo de análisis IDA	149
4.3.2	Propuesta de curvas IDA con el monitoreo de la energía potencial	151
4.3.3	Propuesta de curvas IDA en sistemas con amortiguamiento suplementario	155
4.4.	Evaluación basada en energía del desempeño al colapso sísmico	159
4.4.1	Análisis estadístico a nivel de colapso	160
4.4.2	Demanda al colapso considerando el IMC como intensidad	176
4.4.3	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/W_p como medida de daño	187
4.4.4	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/E_I como medida de daño	192
4.4.5	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_p/E_I como medida de daño	197
4.4.6	Capacidad al colapso considerando la entrada de energía	202
4.4.7	Capacidad al colapso considerando la aceleración de piso como medida de daño	205

4.4.8	Capacidad al colapso considerando la distorsión de piso como medida de daño	210
4.4.9	Predicción del desplazamiento inelástico máximo en el techo con respecto a la entrada de energía	215
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	217
5.1.	Demanda al colapso considerando el IMC como intensidad	220
5.2.	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía como medida de daño	225
5.2.1	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/W_p como medida de daño	226
5.2.2	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/E_I como medida de daño	229
5.2.3	Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_p/E_I como medida de daño	231
5.2.4	Capacidad al colapso considerando la entrada de energía E_I como medida de daño	235
5.3.	Capacidad al colapso considerando la aceleración de piso como medida de daño	238
5.4.	Capacidad al colapso considerando la distorsión de piso como medida de daño	242
5.5.	Verificación de la fuerza y carrera en los amortiguadores a nivel de colapso	246
5.6.	Predicción del desplazamiento inelástico máximo en el techo con respecto a la entrada de energía	248

5.7.	Propuesta de evaluación del desempeño sísmico de edificios de concreto armado con amortiguadores viscosos basado en la metodología del balance de energía	251
VI.	CONCLUSIONES	254
6.1.	Cumplimiento del objetivo general	254
6.2.	Cumplimiento del objetivo específico en lo que concierne al índice de margen de colapso	255
6.3.	Cumplimiento del objetivo específico considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía	256
6.3.1	Capacidad al colapso considerando la relación de energía W_{D2}/W_p	256
6.3.2	Capacidad al colapso considerando la relación de energía W_{D2}/E_I	256
6.3.3	Capacidad al colapso considerando la relación de energía W_p/E_I	257
6.3.4	Capacidad al colapso considerando la entrada de energía E_I	257
6.4.	Cumplimiento del objetivo específico con respecto a las aceleraciones de piso	258
6.5.	Cumplimiento del objetivo específico referente a distorsiones angulares de piso	258
VII.	RECOMENDACIONES	259
VIII.	REFERENCIAS	261
IX.	ANEXOS	271
	Anexo A. Matriz de consistencia	271
	Anexo B. Validación y confiabilidad de instrumentos	274
	Anexo C. Registros utilizados en el estudio	290
	Anexo D. Diseño del sistema de amortiguamiento en los prototipos	292

Anexo E. Resumen del análisis de datos para los prototipos

294

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valores de aceptabilidad del IMC.....	76
Tabla 2 Prototipos de tres, seis y nueve pisos, con y sin amortiguadores	112
Tabla 3 Matriz de operacionalización de variables.....	118
Tabla 4 Listado de las fichas técnicas empleadas	119
Tabla 5 Parámetros dinámicos en los prototipos	132
Tabla 6 Cálculo de los coeficientes de amortiguamiento por piso para el prototipo de 06 pisos, con $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$	141
Tabla 7 Cálculo de los coeficientes de amortiguamiento por piso para el prototipo de 06 pisos, con $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha = 0.7$	142
Tabla 8 Coeficientes de amortiguamiento para los prototipos de 03 pisos.....	143
Tabla 9 Coeficientes de amortiguamiento para los prototipos de 06 pisos.....	144
Tabla 10 Coeficientes de amortiguamiento para los prototipos de 09 pisos.....	145
Tabla 11 Comparación del PGA y PGV antes y luego de la normalización	147
Tabla 12 Indicadores considerados en el análisis estadístico	161
Tabla 13 Estadística descriptiva para el prototipo de 06 pisos con $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$.	162
Tabla 14 Estadística descriptiva y análisis de normalidad, para el prototipo de 06 pisos $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$	167
Tabla 15 Matriz de correlación de Pearson, para el prototipo de 06 pisos $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha =$ 1.0	170
Tabla 16 P-value para la correlación de Pearson, para el prototipo de 06 pisos $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$	171
Tabla 17 Matriz de correlación de Spearman, para el prototipo de 06 pisos $\xi v1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$	172

Tabla 18 Indicadores con correlación de Pearson fuerte ($r \geq 0.90$) y Spearman fuerte ($\rho \geq 0.90$).....	173
Tabla 19 Valores de aceptabilidad del IMC.....	220
Tabla 20 Predicción del IMC	223
Tabla 21 Predicción de las relaciones de energía W_{D2}/W_p	227
Tabla 22 Predicción de las relaciones de energía W_{D2}/E_I	230
Tabla 23 Predicción de las relaciones de energía W_{D2}/E_I	233
Tabla 24 Predicción de la entrada de energía E_I	236
Tabla 25 Predicción de las aceleraciones de piso	240
Tabla 26 Predicción de las distorsiones de piso.....	244
Tabla 27 Fuerza y carrera en los amortiguadores a nivel de colapso	246
Tabla 28 Predicción del desplazamiento máximo en el techo	249
Tabla 29 Predicción de indicadores basados en energía para un edificio de 6 pisos con $\xi V1 = 12\%$ y $\alpha = 1.0$	252

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Amortiguador de fluido típico y sus partes	66
Figura 2 Modelo de Maxwell para modelamiento de amortiguadores viscosos lineales	67
Figura 3 Configuraciones típicas de amortiguadores en pórticos.....	68
Figura 4 Amortiguadores en pórticos con “mega arriostres”	69
Figura 5 Comparación de la energía absorbida con varios exponentes de amortiguamiento.	73
Figura 6 Niveles de desempeño estructural	74
Figura 7 Cálculo del IMC según el FEMA.....	75
Figura 8 Respuesta en una rótula plástica: (a) momentos, (b) rotaciones; y (c) trazado histerético	78
Figura 9 Respuesta en un amortiguador: (a) fuerzas, (b) carrera, y (c) trazado histerético....	78
Figura 10 Relaciones de energía entre los disipadores viscosos y la estructura principal.....	79
Figura 11 Determinación de las distorsiones de piso	81
Figura 12 Mecanismo plástico formado y criterios de aceptabilidad locales	84
Figura 13 Historia de energías	87
Figura 14 Pórtico resistente a momento mostrando rótulas concentradas.....	89
Figura 15 Modelado con rótulas concentradas y proceso de calibración de la curva backbone con ensayos cíclicos	91
Figura 16 Parámetros para la curva backbone inicial a utilizar en el modelamiento	92
Figura 17 Curva backbone para viga de 30 × 60	94
Figura 18 Parámetros de modelamiento no lineal para columna de 60 × 60: (a) diagrama de interacción y (b) curva backbone	95
Figura 19 Modelo de deterioro cíclico IK: (a) curva monotónica y (b) modos básicos de deterioro cíclico	96

Figura 20 Ejemplo de análisis dinámico incremental y ajuste para una distribución lognormal	99
Figura 21 Esquema básico de los prototipos de tres, seis y nueve pisos considerados	113
Figura 22 Resumen del procedimiento seguido.....	124
Figura 23 Curvas IDA e histogramas	125
Figura 24 Flujo de trabajo para la obtención y discusión de resultados	129
Figura 25 Modelo del diseño de investigación centrado en el proceso (framework).....	130
Figura 26 Modelo utilizado de un prototipo típico con pórticos ordinarios resistentes a la carga sísmica: (a) vista en planta y (b) vista en elevación.....	132
Figura 27 Parámetros de diseño para el pórtico representativo de 03 pisos	134
Figura 28 Parámetros de modelamiento inelástico para el pórtico representativo de 03 pisos	134
Figura 29 Parámetros de diseño para el pórtico representativo de 06 pisos	135
Figura 30 Parámetros de modelamiento inelástico para el pórtico representativo de 06 pisos	136
Figura 31 Parámetros de diseño para el pórtico representativo de 09 pisos	137
Figura 32 Parámetros de modelamiento inelástico para el pórtico representativo de 09 pisos	138
Figura 33 Escalado de los espectros de los movimientos del terreno, para el prototipo de 06 pisos	148
Figura 34 Curvas IDA para el prototipo de 6 pisos sin amortiguadores: (a) distorsiones angulares y (b) entrada de energía	150
Figura 35 Monitoreo del colapso con historia de la energía potencial: (a) punto IDA sin colapso y (b) punto IDA con inestabilidad numérica	154

Figura 36 Curvas IDA en los prototipos sin amortiguadores considerando la energía histerética	156
Figura 37 Análisis IDA en prototipo de seis pisos con amortiguadores.....	157
Figura 38 Curvas IDA en prototipo de seis pisos con amortiguadores, considerando la fuerza axial y carrera en los dispositivos	159
Figura 39 Curvas IDA e histogramas a partir de los resultados a nivel de colapso.....	160
Figura 40 Curvas IDA para los primeros seis indicadores de la Tabla 12.....	163
Figura 41 Curvas IDA para los segundos seis indicadores de la Tabla 12.....	164
Figura 42 Curvas IDA para los últimos seis indicadores de la Tabla 12.....	165
Figura 43 Regresión lineal entre el índice de colapso y medidas de daño máximas de piso, para el prototipo de 06 pisos $\xi v_1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$	174
Figura 44 Regresión lineal entre el índice de colapso y las relaciones de energía, para el prototipo de 06 pisos $\xi v_1 = 10\%$ y $\alpha = 1.0$	175
Figura 45 Regresión simple para pronosticar el IMC variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	178
Figura 46 Regresión múltiple para pronosticar el IMC empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, los exponentes de velocidad y las masas, utilizando todos los prototipos	181
Figura 47 Curvas IDA para el prototipo de 03 pisos	183
Figura 48 Curvas IDA para el prototipo de 06 pisos	184
Figura 49 Curvas IDA para el prototipo de 09 pisos	185
Figura 50 Curvas de fragilidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos	186
Figura 51 Curvas de fragilidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos	186

Figura 52 Curvas de fragilidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos	187
Figura 53 Regresión simple para pronosticar las relaciones de energía W_{D2}/W_p variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	188
Figura 54 Regresión múltiple para pronosticar la relación de energía W_{D2}/W_p empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas.....	190
Figura 55 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/W_p	191
Figura 56 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/W_p	191
Figura 57 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/W_p	192
Figura 58 Regresión simple para pronosticar las relaciones de energía W_{D2}/E_1 variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	193
Figura 59 Regresión múltiple para pronosticar la relación de energía W_{D2}/E_1 empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas.....	195
Figura 60 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/E_1	196
Figura 61 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/E_1	196
Figura 62 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/E_1	197
Figura 63 Regresión simple para pronosticar las relaciones de energía W_p/E_1 variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	198

Figura 64 Regresión múltiple para pronosticar la relación de energía W_p/E_I empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas.....	200
Figura 65 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la relación de energía W_p/E_I	201
Figura 66 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la relación de energía W_p/E_I	201
Figura 67 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la relación de energía W_p/E_I	202
Figura 68 Regresión simple para pronosticar la entrada de energía E_I variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	203
Figura 69 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la entrada de energía E_I	204
Figura 70 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la entrada de energía E_I	204
Figura 71 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la entrada de energía E_I	205
Figura 72 Regresión simple para pronosticar las aceleraciones de piso variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	206
Figura 73 Regresión múltiple para pronosticar la aceleración de piso empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas.....	208
Figura 74 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando las aceleraciones de piso	209
Figura 75 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando las aceleraciones de piso	209

Figura 76 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando las aceleraciones de piso	210
Figura 77 Regresión simple para pronosticar las distorsiones de piso variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad	211
Figura 78 Regresión múltiple para pronosticar la distorsión angular de piso empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas.....	213
Figura 79 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando las distorsiones angulares de piso	214
Figura 80 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando las distorsiones angulares de piso	214
Figura 81 Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando las distorsiones angulares de piso	215
Figura 82 Regresión múltiple para pronosticar el desplazamiento inelástico máximo en el techo	216

RESUMEN

Este estudio analiza el comportamiento de edificios de concreto armado con pórticos resistentes a momentos, equipados con amortiguadores, bajo condiciones de colapso sísmico, utilizando un enfoque de balance de energía en todo el proceso de análisis. Se evaluaron tanto amortiguadores lineales como no lineales (α de 1.0, 0.7, 0.5 y 0.3) bajo un enfoque cuantitativo y cuasiexperimental. Para medir el desempeño sísmico, se emplearon curvas IDA siguiendo la metodología del FEMA P-695, analizando edificios de 3, 6 y 9 pisos con diferentes niveles de amortiguamiento suplementario (ξ_{VI} de 5%, 10%, 20%, 30% y 40%). Se restringió la energía histerética estructural al máximo observado en los prototipos sin amortiguadores, manteniendo un enfoque aleatorio en el análisis. Si bien se recomienda el uso de amortiguadores no lineales, los resultados destacan que los amortiguadores lineales presentan ventajas frente al colapso. La demanda al colapso, evaluada mediante el índice de margen de colapso (IMC), aumentó entre 1.08 y 2.46, mientras que la capacidad al colapso, medida a través de las aceleraciones de piso, incrementó entre 1.09 y 2.32 veces. No obstante, las distorsiones de piso no evidenciaron una tendencia clara. A nivel de colapso, la energía disipada por los amortiguadores representó entre el 30% y 90% de la entrada de energía. Además, el estudio propone un método de dimensionado basado en el balance de energía que optimiza la selección de amortiguadores mediante ecuaciones predictivas derivadas de análisis de regresión.

Palabras claves: energía sísmica disipada, amortiguadores viscosos, índice de margen al colapso, análisis dinámico incremental.

ABSTRACT

This study analyzes the behavior of reinforced concrete buildings with moment-resisting frames equipped with dampers under seismic collapse conditions, using an energy balance approach throughout the entire analysis process. Both linear and nonlinear dampers (α of 1.0, 0.7, 0.5, and 0.3) were evaluated through a quantitative and quasi-experimental approach. To assess seismic performance, IDA curves were used following the FEMA P-695 methodology, examining 3, 6, and 9-story buildings with varying levels of supplemental damping (ξ_{v1} of 5%, 10%, 20%, 30%, and 40%). Structural hysteretic energy was limited to the maximum observed in prototypes without dampers, maintaining a random approach in the analysis. Although the use of nonlinear dampers is commonly recommended, the results highlight that linear dampers offer advantages in terms of collapse performance. Collapse demand, evaluated through the collapse margin ratio (CMR), increased between 1.08 and 2.46, while collapse capacity, measured through floor accelerations, increased between 1.09 and 2.32 times. However, no clear trend was observed in floor distortions. At collapse level, the energy dissipated by the dampers accounted for between 30% and 90% of the total input energy. Additionally, the study proposes a sizing method based on energy balance that optimizes damper selection through predictive equations derived from regression analysis.

Keywords: seismic energy dissipation, viscous dampers, collapse margin ratio, incremental dynamic analysis.

RESUMO

Este estudo analisa o comportamento de edifícios de concreto armado com pórticos resistentes a momentos, equipados com amortecedores, sob condições de colapso sísmico, utilizando uma abordagem de balanço de energia ao longo de todo o processo de análise. Foram avaliados tanto amortecedores lineares quanto não lineares (α de 1,0, 0,7, 0,5 e 0,3) sob uma abordagem quantitativa e quasi-experimental. Para medir o desempenho sísmico, foram empregadas curvas IDA seguindo a metodologia do FEMA P-695, analisando edifícios de 3, 6 e 9 pavimentos com diferentes níveis de amortecimento suplementar (ξ_{v1} de 5%, 10%, 20%, 30% e 40%). A energia histerética estrutural foi limitada ao máximo observado nos protótipos sem amortecedores, mantendo uma abordagem aleatória na análise. Embora o uso de amortecedores não lineares seja recomendado, os resultados destacam que os amortecedores lineares oferecem vantagens em termos de colapso. A demanda de colapso, avaliada através do índice de margem de colapso (IMC), aumentou entre 1,08 e 2,46, enquanto a capacidade de colapso, medida pelas acelerações de piso, aumentou entre 1,09 e 2,32 vezes. No entanto, as distorções de piso não apresentaram uma tendência clara. No nível de colapso, a energia dissipada pelos amortecedores representou entre 30% e 90% da energia de entrada. Além disso, o estudo propõe um método de dimensionamento baseado no balanço de energia que otimiza a seleção de amortecedores por meio de equações preditivas derivadas de análises de regressão.

Palavras-chave: energia sísmica dissipada, amortecedores viscosos, índice de margem ao colapso, análise dinâmica incremental.

RIASSUNTO

Questo studio analizza il comportamento degli edifici in cemento armato con telai resistenti a momento, equipaggiati con ammortizzatori, in condizioni di collasso sismico, utilizzando un approccio basato sul bilancio energetico durante l'intero processo di analisi. Sono stati valutati sia ammortizzatori lineari che non lineari (α di 1.0, 0.7, 0.5 e 0.3) secondo un approccio quantitativo e quasi-sperimentale. Per misurare le prestazioni sismiche, sono state utilizzate curve IDA seguendo la metodologia FEMA P-695, analizzando edifici di 3, 6 e 9 piani con diversi livelli di smorzamento supplementare (ξ_{v1} di 5%, 10%, 20%, 30% e 40%). L'energia isteretica strutturale è stata limitata al massimo osservato nei prototipi senza ammortizzatori, mantenendo un approccio casuale nell'analisi. Sebbene si raccomandi l'uso di ammortizzatori non lineari, i risultati evidenziano che gli ammortizzatori lineari offrono vantaggi in termini di collasso. La domanda di collasso, valutata attraverso l'indice di margine di collasso (IMC), è aumentata tra 1.08 e 2.46, mentre la capacità di collasso, misurata tramite le accelerazioni di piano, è incrementata tra 1.09 e 2.32 volte. Tuttavia, le deformazioni angolari di piano non hanno mostrato una tendenza chiara. Al livello di collasso, l'energia dissipata dagli ammortizzatori ha rappresentato tra il 30% e il 90% dell'energia in ingresso. Inoltre, lo studio propone un metodo di dimensionamento basato sul bilancio energetico, che ottimizza la selezione degli ammortizzatori mediante equazioni predittive derivate da analisi di regressione.

Parole chiave: energia sismica dissipata, ammortizzatori viscosi, indice di margine di collasso, analisi dinamica incrementale.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Se puede evaluar el desempeño sísmico de los edificios de concreto para resistir eventos extremos examinando su potencial de colapso. En este sentido, la American Society of Civil Engineers (ASCE, 2022) ha adoptado un enfoque basado en la fiabilidad que deben alcanzar los sistemas estructurales frente a cargas sísmicas dependientes de su categoría de riesgo o importancia. Esto implica considerar la probabilidad condicional de colapso causado por sismos máximos considerados (SMC), que se sitúan en el 10%, 5% y 2.5% para edificios convencionales, importantes y especiales respectivamente. Estos porcentajes se derivan de curvas de fragilidad al colapso con desviaciones estándar logarítmicas de 0.6.

La Federal Emergency Management Agency (FEMA, 2009), detalla un enfoque que implica desarrollar varios análisis historia de respuesta no lineal empleando múltiples modelos de edificios utilizando registros de movimientos del terreno, conocido como análisis dinámico incremental (IDA), los cuales se van escalando gradualmente generando varios análisis hasta alcanzar un colapso numérico. Esto proporciona parámetros de diseño sísmico considerando márgenes de seguridad de colapso ante eventos SMC.

Los estándares y normativas de diseño clasifican los sistemas pasivos de protección sísmica entre dependientes del desplazamiento (por ejemplo, disipadores metálicos o histeréticos y por fricción) y los que dependen de la velocidad (por ejemplo, amortiguadores de fluido viscoso, viscoelásticos sólidos o de fluido). Los primeros incrementan la rigidez y resistencia del edificio, mientras que los amortiguadores, trabajando en rangos bajos de frecuencia, no incrementan la rigidez, pero si modifican el amortiguamiento. El Capítulo 18 del ASCE (2022) establece requisitos para edificios con amortiguamiento suplementario, aunque no exige explícitamente cumplir con una probabilidad de colapso ante eventos SMC.

La inclusión de sistemas de protección sísmica, puede mejorar el desempeño estructural (Chalarca et al., 2020; Mota-Páez et al., 2021; Scozzese et al., 2021; Zhou et al., 2022b), ya que controlan la respuesta de tal manera que se disminuye la energía disipada por comportamiento plástico en la estructura principal; aunque aún se desconoce en qué medida afectan la probabilidad de colapso. Los disipadores viscosos disipan la demanda de energía que generan los terremotos, esto hace que la demanda de energía a ser disipada por la estructura sea menor.

El uso de amortiguadores lineales y no lineales conlleva una notable disminución en varios parámetros ingenieriles, como la distorsión angular del piso, las aceleraciones y las cortantes en la base. Los amortiguadores sísmicos se distinguen por la relación de amortiguamiento adicional que proporcionan, ξ_{V1} , y por el exponente de velocidad al cual operan, α . El problema con el empleo de amortiguadores lineales ($\alpha = 1.0$) radica en que pueden generar fuerzas de amortiguamiento y velocidades elevadas; mientras que los no lineales ($\alpha < 1.0$) pueden prevenir deformaciones inelásticas y resultar más efectivos reduciendo las distorsiones de piso, sin embargo, asimismo, podrían afectar de manera adversa la eficacia de los componentes no estructurales (Zhou et al., 2022b). Los estándares vigentes posibilitan que el diseño de edificios con amortiguadores tome en cuenta la deformación (stroke o carrera) y la velocidad que experimentan, evaluadas en condiciones de diseño y amplificadas por factores de seguridad. Sin embargo, no se especifica cómo se aborda en caso de que estos indicadores alcancen valores máximos, lo cual, de ser excesivo, puede ocasionar un comportamiento frágil de los amortiguadores dando lugar a su propia falla y afectando a toda la estructura (Scozzese et al., 2021). Como lo menciona Chalarca et al. (2020) la mayor ventaja de un amortiguador viscoso no lineal radica en que se limita la fuerza en el amortiguador para prevenir la sobrecarga, durante velocidades de excitación elevadas, tanto del propio amortiguador como de los elementos a los que está conectado.

La fuerza y deformación presentes en estos amortiguadores, que son indicadores empleados en el diseño, deben interpretarse como una medida global del daño en términos de energía. Se han propuesto enfoques basados en la energía considerando una distribución uniforme de daño teniendo en cuenta la capacidad de disipación de los amortiguadores y la altura del edificio (De Domenico y Hajirasouliha, 2021), o la inclusión explícita de la energía para evaluar la probabilidad de colapso (Zhou et al., 2022b). Un parámetro clave en estos métodos basados en energía es el estudio de las relaciones entre la energía plástica de la estructura y la energía que disipan los amortiguadores, en relación con la entrada de energía (Toledo Espinoza, 2021; Zhou et al., 2022a).

Akiyama (2008) propone un sistema combinado rígido-flexible que integra la flexibilidad de los sistemas aperticados con la rigidez lateral elevada proporcionada por disipadores histeréticos. Durante un terremoto, la parte flexible de este sistema sostiene las cargas gravitatorias, mientras que los disipadores absorben las deformaciones plásticas gracias a su alta capacidad de disipación. Este enfoque busca mejorar la capacidad de las estructuras ante eventos sísmicos al combinar la flexibilidad estructural con la capacidad de absorción de energía de los disipadores y ha sido el que se ha venido empleando en los métodos de diseño. Una solución similar no se ha planteado para el caso de dispositivos dependientes de la velocidad debido a su comportamiento básico distinto. Se justifica la necesidad de contar con una metodología consistente en el empleo de la energía ya que la entrada de energía es un indicador estable y que está mayormente influenciado por la masa del sistema y el periodo fundamental; además, la energía es un parámetro escalar y se emplea como un indicador global, lo cual es un beneficio si se compara con los criterios de aceptabilidad actuales que usan medidas vectoriales como el desplazamiento.

En los edificios equipados con dispositivos dependientes de la velocidad, el amortiguamiento es una cualidad que disminuye la magnitud de la oscilación, lo que resulta en

una menor energía histerética estructural. Este proceso transforma la energía mecánica en calor, el cual posteriormente se transfiere al entorno mediante tres procesos de intercambio: conducción, convección y radiación (Taylor Devices, Inc., 2020).

Los terremotos son movimientos de la corteza terrestre provocados por la repentina liberación de energía, la cual se dispersa desde el hipocentro distribuyéndose en forma de ondas en todas las direcciones. La ingeniería sísmica tradicionalmente ha considerado que los terremotos ejercen fuerzas en las estructuras, pero en realidad lo que se transmite es energía, ocasionando desplazamientos en el suelo y movimientos relativos en los edificios (Fardis, 2018). Por lo tanto, adoptar un enfoque que estudie el efecto de los terremotos en las estructuras desde la perspectiva de la energía resulta más coherente. Esta consideración ha dado lugar a los enfoques que utilizan el balance energético, también denominados metodología basada en el concepto de energía de Housner-Akiyama. Estos métodos pueden aplicarse tanto a edificios convencionales como a aquellos con sistemas de protección sísmica, pero hasta la fecha su uso se ha limitado al diseño de estructuras con disipadores histeréticos.

Fardis (2018), señala que emplear el concepto de energía en la ingeniería sísmica ofrece una forma más adecuada de incluir los efectos de los terremotos en el diseño sísmico en comparación con los métodos basados en fuerzas o desplazamientos. Por ejemplo, en los métodos basados en fuerzas se utilizan fuerzas equivalentes ficticias a las que generaría un terremoto, pero la energía es el verdadero impulsor de los desplazamientos. La investigación inicial sobre los métodos basados en el balance energético se centró en la distribución de la energía sísmica dentro de la estructura, principalmente en sistemas de un único grado de libertad, mientras que los estudios en estructuras con varios grados de libertad son esporádicos e inconclusos, debido a la necesidad de realizar análisis historia de respuesta en el rango inelástico que, incluso a la fecha, consumen mucho tiempo. A pesar de que algunos estudios intentaron considerar la capacidad de disipar energía junto con la demanda de energía, los

resultados fueron limitados y muchas veces no concluyentes. Posteriormente, los trabajos se enfocaron en el diseño empleando disipadores histeréticos, donde la energía es el enfoque que debería adoptarse por naturaleza. Aunque se ha logrado un avance en la comprensión de la demanda total de energía, su distribución dentro de la estructura sigue siendo un desafío importante. Durante la respuesta, la energía que introduce el terremoto se convierte en energía potencial como cinética, así como en calor, que se disipa a través del amortiguamiento histerético y viscoso. Dado que la energía potencial se caracteriza principalmente por la deformación, sus picos durante la respuesta corresponden a picos de deformación, es decir, de daño. La cantidad de disipación de energía histerética y viscosa suele ser grande y es clave para calcular la magnitud de la energía potencial, y por lo tanto para la gravedad del daño predicho o la proximidad al colapso. Otro asunto no resuelto son los efectos P-Delta y su efecto en la energía potencial.

1.2. Descripción del problema

Entender cómo se comportan los edificios de concreto armado equipados con amortiguadores ante terremotos requiere considerar directrices prácticas de diseño, las cuales aún no están incluidas en muchos códigos vigentes. Estándares como los del ASCE (2022, 2023) proporcionan especificaciones para alcanzar niveles de fiabilidad utilizando métodos que se basan en fuerzas y/o desplazamientos, pero el cálculo no es explícito. Sin embargo, el uso de métodos que se fundamentan en el balance energético es todavía poco común y están en una etapa inicial, principalmente debido a la dificultad de los análisis y el volumen de información requerida (como la realización de numerosos análisis historia de respuesta con múltiples movimientos del suelo para calcular la energía disipada, los cuales consumen tiempo de cálculo y más si se quieren evaluar edificios tridimensionales de varios pisos). En el caso de edificios con amortiguadores sísmicos, es crucial entender cómo se distribuye la energía tanto en la estructura como en los amortiguadores, para poder desarrollar procedimientos de diseño

simplificados basados en métodos energéticos. La evaluación del comportamiento sísmico utilizando el balance energético se considera apropiada, coherente y necesaria debido a la naturaleza del fenómeno sísmico y al comportamiento de los amortiguadores. Sin embargo, en la actualidad, el uso de estos métodos está limitado a estructuras que cuentan con disipadores histeréticos.

Ante un terremoto de diseño o un evento SMC, equivalentes a 475 años y 2475 años si se considera el periodo de retorno, según estándares como los del ASCE (2022, 2023), las estructuras con amortiguadores viscosos pueden experimentar incursiones inelásticas. Esto implica que parte de la energía sísmica es disipada por la estructura principal a través de deformaciones plásticas, mientras que otra parte es absorbida por los amortiguadores viscosos. En el caso de los disipadores que dependen del desplazamiento, la distribución de energía en cada planta entre los disipadores histeréticos y la estructura principal se establece de acuerdo con cómo se distribuiría en un ciclo de desplazamiento, equivalente al desplazamiento máximo (Mota-Páez et al., 2021). Sin embargo, este criterio no es válido para los amortiguadores, ya que la fuente de disipación proviene de la energía que es inicialmente mecánica para luego convertirse en calor en los dispositivos.

Akiyama (2008) relata la manera cómo se ha ido desarrollando la ingeniería sismo-resistente en Japón, la cual se inició tras el Gran Terremoto de Kanto de 1923, lo que impulsó significativos avances en este ámbito. No obstante, los sucesivos terremotos evidenciaron la incompletitud de la metodología. Inicialmente, consistía en diseñar estructuras para soportar cargas gravitacionales con una resistencia adicional ante terremotos. Surgieron debates sobre si considerar una estructura flexible o rígida, luego de la adopción del método de fuerzas laterales. La revisión del código de diseño en Japón en 1981 introdujo la capacidad de absorción de energía como requisito básico. También, con la introducción de estructuras con aislamiento en la base se siguió generando controversia, pero estas demostraron ser altamente efectivas

dotando de un buen desempeño ante terremotos. El terremoto Hyogoken-Nambu de 1995 subrayó la necesidad de continuar mejorando las estructuras resistentes a sismos.

En una revisión del diseño sísmico basado en energía, Benavent et al. (2021), identifican problemas críticos que necesitan atención. Es fundamental caracterizar el impacto de la carga sísmica en términos de energía total de entrada, separándola de otros parámetros como los desplazamientos. Esta metodología ofrece estabilidad y desvinculación de aspectos como resistencia, amortiguamiento y comportamiento histerético. Los desplazamientos, resultado de la energía que ingresa, varían según el tipo de la estructura y el suelo. Tras evaluar la demanda energética, se estiman desplazamientos máximos basados en ciclos plásticos equivalentes. La evaluación de la eficacia en la disipación de energía de elementos estructurales presenta un desafío debido a su dependencia con la ruta de carga, especialmente en concreto armado que muestra un ciclo histerético con pinching (apretamiento) y degradación de rigidez y resistencia (considerados componentes estructurales deteriorables). Esta dificultad persiste en la caracterización de la eficacia de disipación última de energía en los componentes de concreto armado, lo que representa una brecha en el conocimiento actual, a diferencia de los componentes de acero (componentes estructurales no deteriorables) en los cuales se puede capturar esta dependencia mediante la descomposición de la curva fuerza-desplazamiento.

Donaire y Benavent (2020) mencionan que los métodos o enfoques basados en el desempeño sísmico, tienen como objetivo el diseño de estructuras que satisfagan múltiples niveles de prestaciones frente a diferentes intensidades de movimientos sísmicos, para luego reseñar la situación problemática de los enfoques basados en energía que muestra la necesidad de la inclusión de un enfoque basado en energía que permita optimizar de forma eficiente el diseño de estructuras equipadas con protección sísmica. También, señalan que Housner estableció los fundamentos del enfoque de diseño basado en la energía en 1956, proponiendo una ecuación para estimar la entrada de energía en estructuras durante terremotos. Akiyama

desarrolló este enfoque y diseñó un método de diseño sísmico resistente que abarca desde edificios de un solo piso hasta edificios de gran altura, entre 1970 y 1980. Posteriormente, Uang y Bertero estudiaron una definición alternativa de la entrada de energía, basada en el movimiento absoluto en lugar de la relativa. Es importante destacar que el concepto de energía originalmente propuesto por Housner y desarrollado por otros difiere del concepto de energía utilizado posteriormente por Veletsos y Newmark. La formulación de un planteamiento de diseño sustentado en la energía implica definir la entrada de energía del terremoto, determinar su distribución dentro de la estructura, calcular la fuerza cortante requerida en la base de esta y cumplir con requisitos de desplazamientos máximos entre pisos. Sin embargo, se requiere una mayor investigación para abordar problemas específicos relacionados con la entrada de energía y la capacidad de absorción de energía de los componentes estructurales y la relación entre la energía plástica acumulada y el desplazamiento inelástico máximo.

Según el enfoque del diseño sísmico basado en desempeño propuesto por el FEMA (2018), el diseño de edificios se realiza dentro de un marco probabilístico, evaluando el riesgo de posibles víctimas, costos de arreglo y sustitución, duración de las reparaciones e impactos ambientales debido a terremotos futuros. Se utilizan análisis estructurales para predecir la respuesta del edificio al terremoto asociadas con daños estructurales y no estructurales. Las distorsiones de piso se recomiendan como el mejor indicador que se relaciona con los daños potenciales para la mayoría de los componentes estructurales y muchos no estructurales. Las aceleraciones y velocidades de piso también son otros indicadores empleados, mientras que otros menos comunes son las rotaciones plásticas a nivel local y fuerzas axiales.

Por lo tanto, se plantea que el diseño sísmico debe considerar la energía tanto en la demanda como en la capacidad. Sin embargo, hasta la fecha, de forma general no se han desarrollado ni se han incluido en estándares y códigos las metodologías para evaluar el desempeño de edificios equipados con amortiguadores viscosos. Esto se debe a la escasez de

investigaciones que aborden la distribución de energía entre la estructura principal y el sistema de amortiguamiento, tanto numéricos como experimentales. La evaluación del desempeño hasta el punto de colapso debe contemplar el monitoreo de la energía potencial y la energía generada por los efectos P-Delta, ya que normalmente se basa en un límite máximo de distorsión angular o en una reducción con respecto a la rigidez inicial en puntos consecutivos de los análisis IDA.

En este estudio, se busca evaluar de manera numérica el desempeño ante sismos que tienen los edificios aporticados de concreto armado, al ser equipados con amortiguadores viscosos. El objetivo es determinar cómo mejora su desempeño ante eventos sísmicos, considerando diferentes niveles de amortiguamiento y amortiguadores lineales como no lineales. Se analiza la energía a nivel global teniendo en cuenta tanto la demanda como la capacidad, así la manera cómo la entrada de energía se distribuye en la estructura principal (sistema flexible aporticado de concreto armado) y el sistema de disipación (los vanos equipados con amortiguadores). Esto se logra mediante estudios IDA, variando características como la entrada de energía (con el empleo de pares de movimientos del terreno), la masa de los edificios aporticados de concreto armado (considerando pórticos equivalentes a edificios de varios niveles), además del amortiguamiento suplementario y el exponente de velocidad de los amortiguadores a implementar. De esta manera, se examina la capacidad hasta el punto de colapso siguiendo la metodología del FEMA P-695, empleando curvas de fragilidad al colapso, pero con el monitoreo de la energía potencial, que permitan obtener la energía en el nivel de colapso. Estos resultados permiten establecer relaciones entre varios parámetros ingenieriles comúnmente utilizados como criterios de aceptación en los códigos vigentes (tales como aceleraciones y distorsiones angulares en la estructura principal, recomendados por el FEMA P-58), y la distribución de energía en el punto de colapso estructural, según los antecedentes revisados.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, Lima 2024?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024?
- ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024?
- ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024?
- ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes internacionales

Arjmand et al. (2024) evalúan el daño en pórticos de concreto resistentes a momentos, enfocándose en el mejoramiento mediante amortiguadores viscosos no lineales (NFVD). El principal objetivo es minimizar los costos de los trabajos de mejoramiento mientras se evalúa el índice de Park-Ang como indicador del daño estructural. Este estudio, de carácter cuasiexperimental, aplica un enfoque de optimización para determinar tanto la ubicación como

las características de los amortiguadores. La metodología incluye el análisis IDA, utilizando el software OpenSees para modelar los pórticos de concreto armado con los NFVD. Emplean siete registros sísmicos de grandes terremotos, como el de Northridge y Loma Prieta, para evaluar un edificio de 8 pisos, optimizando la distribución de los amortiguadores con el fin de mitigar el daño estructural. Los resultados muestran que el mejoramiento con los NFVD reduce significativamente los índices de daño, manteniéndolos en niveles aceptables. Al alcanzar el nivel de colapso o daño extremo, el uso de amortiguadores logra disminuir el índice de daño estructural en un 25.2% para el edificio con 4 amortiguadores, 33.4% para con 6 y 30.4% para con 8. Las aceleraciones de piso se redujeron en los edificios mejorados con NFVD, especialmente cuando se optimizaron los parámetros de estos dispositivos, siendo más efectivo en las configuraciones con 6 y 8 amortiguadores. Además, las derivas de piso disminuyeron considerablemente, mostrando una reducción entre el 40% y 50%.

Chalarca et al. (2024) plantean como reto evaluar el desempeño de edificios de acero con pórticos resistentes a momento, enfocándose en las pérdidas económicas derivadas de eventos sísmicos. Con este fin, se proponen analizar la prestación sísmica de estructuras que han sido mejoradas con amortiguadores de fluido viscoso (FVD) para luego calcular las pérdidas anuales esperadas (EAL). La metodología incluye análisis dinámicos no lineales, utilizando un conjunto de 22 pares de registros sísmicos de campo lejano recomendados por el FEMA P-695, escalados en diez niveles de intensidad. Estudiaron tres edificios arquetípicos de acero de 3, 6 y 9 pisos. Los resultados revelaron que las configuraciones y parámetros de los FVD, como el amortiguamiento adicional, el exponente de velocidad y la rigidez axial, impactan de manera notable en la respuesta sísmica, afectando tanto los desplazamientos como las aceleraciones de los pisos. En algunos casos, los FVD generaron mayores EAL que las estructuras sin amortiguadores, según el cálculo con el FEMA P-58. Respecto al IMC, los prototipos no alcanzaron los niveles mínimos requeridos, aunque se registró una mejora al

añadir amortiguadores: un incremento del 4% en el edificio de 3 pisos, y de 5.7% y 2.7% en los de 6 y 9 pisos, respectivamente, durante eventos SMC, destacando un mejor desempeño con dispositivos lineales, pero no simularon de forma directa los valores máximos que pueden alcanzar los amortiguadores. En cuanto a las distorsiones angulares, hubo una disminución considerable en comparación con los prototipos sin amortiguadores. Respecto a las aceleraciones, el edificio de 3 pisos presentó valores menores con relaciones de rigidez mayores a 0.5. En el caso del edificio de 6 pisos, se observó que un mayor exponente de velocidad reduce las aceleraciones, mientras que exponentes inferiores a 0.5 podrían incrementarlas. Para el prototipo de 9 pisos, los resultados fueron similares a los del edificio de 3 pisos.

Dai et al. (2024) exploran cómo la duración de los movimientos sísmicos del terreno influye en el comportamiento de pórticos de acero resistentes a momento. El estudio se centra en evaluar la eficacia de los amortiguadores viscosos para mitigar los efectos de la duración del sismo en la respuesta estructural. Para ello, realizan un análisis IDA con 44 pares de registros sísmicos, clasificados según su corta o larga duración y ajustados espectralmente. Las estructuras evaluadas incluyen tres pórticos de acero de 3, 6 y 9 pisos, diseñados bajo el Código de Construcción de California de 1994, lo que refleja características anteriores al terremoto de Northridge. En los edificios no equipados con amortiguadores, se observó una disminución notable en la capacidad de colapso ante sismos de larga duración (LD), con una reducción superior al 35% en la aceleración espectral (S_a) que provocaba el colapso, en comparación con los sismos de corta duración (SD). No obstante, la instalación de amortiguadores viscosos mejoró esta capacidad, reduciendo la diferencia entre LD y SD a menos del 20%. En las estructuras de 3, 6 y 9 pisos equipados con disipadores, esta diferencia se redujo al 19.5%, 14.8% y 5.1%, respectivamente. Los amortiguadores viscosos desempeñaron un rol fundamental en la disipación de la energía plástica, absorbiendo entre el 40% y el 60% de la

entrada de energía en los edificios de 3 a 9 pisos. Este porcentaje varió según la intensidad del sismo, pero se mantuvo dentro de estos rangos en la mayoría de los casos. En cuanto a las distorsiones angulares, los edificios sin dispositivos experimentaron derivas que excedieron el 3% bajo sismos de larga duración a nivel de eventos SMC. Sin embargo, las estructuras equipadas con amortiguadores mostraron una reducción significativa de estas derivas. En condiciones de un evento de diseño, las derivas máximas promediaron 0.79%, 0.78% y 0.86% para los edificios de 3, 6 y 9 pisos, respectivamente. Bajo el nivel del evento SMC, las derivas máximas oscilaron entre 1.22% y 1.48%, lo que demuestra una mejora considerable en el desempeño estructural, independientemente de la duración del sismo.

Guo et al. (2024) tienen como objetivo principal optimizar el diseño sísmico mediante el uso de amortiguadores viscosos, priorizando un enfoque basado en el desplazamiento que garantice la resistencia y estabilidad de las edificaciones. La metodología incluye la creación de modelos estructurales que simulan el comportamiento de edificios frente a diferentes escenarios sísmicos. Llevaron a cabo pruebas experimentales para validar el desempeño de los amortiguadores y analizaron el efecto que causan los registros de terremotos. El estudio evalúa no solo el desempeño de los amortiguadores viscosos (DV), sino también dispositivos amplificadores de estos (ADV). Los sistemas ADV incrementan la capacidad de absorción de energía en un 35.65% en comparación con estructuras sin amortiguadores. En términos de capacidad de colapso, se evidencia una mejora en la reducción de las distorsiones angulares, especialmente en terremotos severos. Los sistemas AVD3 y AVD2 registraron desplazamientos de 162 mm y 169 mm en la dirección X, respectivamente, en contraste con los 212 mm de las estructuras sin sistema de protección. En cuanto a la energía disipada, los sistemas con AVD demostraron una prestación superior a los amortiguadores viscosos convencionales (VD), destacándose en terremotos raros, donde los AVD3 y AVD2 lograron tasas de absorción de energía superiores en un 25.65% y 21.56%, respectivamente, en

comparación con estructuras sin amortiguadores. Esto muestra la capacidad de estos dispositivos para absorber entre un 20% y un 35% más de energía. Por último, en lo que respecta a las distorsiones angulares, los AVD redujeron significativamente los desplazamientos bajo cargas sísmicas extremas.

Pollini (2024) introduce un enfoque innovador para la optimización de labores de mejoramiento sísmico en estructuras mediante el uso de amortiguadores viscosos (FVD). El objetivo fue desarrollar un método simultáneo de análisis y diseño (SAND) que optimice tanto el tamaño como la ubicación de los amortiguadores sin necesidad de realizar análisis detallados historia de respuesta. La metodología empleada consiste en la formulación de problemas de optimización no lineales, utilizando herramientas avanzadas de programación. El estudio analiza estructuras con pórticos planos en dos escenarios: uno con comportamiento lineal y otro con comportamiento no lineal de los FVD. Los resultados destacan que el enfoque SAND puede abordar problemas de optimización complejos, gestionando hasta 180017 variables. Además, la optimización permitió identificar coeficientes de amortiguamiento que minimizan la fuerza generada por los FVD, lo que contribuye a reducir los costos de fabricación y a mejorar la respuesta sísmica de las estructuras. La fuerza máxima que soportan los amortiguadores en los casos analizados varía entre 238.19 kN para los amortiguadores lineales y 173.55 kN para los no lineales, lo que indica una mejor capacidad para controlar grandes deformaciones. En cuanto a las distorsiones angulares, los resultados muestran que los amortiguadores no lineales nunca superan el desplazamiento máximo permitido, asegurando un comportamiento eficiente. Además, identifican una relación directa entre la reducción del límite de deriva y el incremento de los coeficientes de amortiguamiento optimizados.

Raval y Mevada (2024) analizan el problema de la seguridad estructural en edificios elevados frente a terremotos, con el objetivo de evaluar la efectividad de los amortiguadores viscosos, tanto lineales como no lineales, en un edificio de 25 pisos diseñado con pórticos

especiales resistentes a cargas sísmicas. Para ello, modelan tridimensionalmente la estructura en el programa ETABS y realizan análisis numéricos adicionales en MATLAB, simulando la respuesta del edificio ante seis registros sísmicos. La investigación incluye la optimización de los coeficientes de amortiguamiento y la evaluación de diferentes esquemas de disposición de los amortiguadores. En términos de aceleraciones de piso, se constata que tanto los amortiguadores lineales (LVD) como los no lineales (NLVD) logran reducir las aceleraciones máximas entre un 14% y un 58%, dependiendo del esquema utilizado. Analizando bajo el terremoto de Loma Prieta, las aceleraciones en el piso superior fueron de 0.83 m/s^2 para los LVD y 0.88 m/s^2 para los NLVD, mostrando diferencias mínimas entre diversos esquemas (aproximadamente del 1% al 3%). En cuanto a las distorsiones angulares o relaciones de derivas de piso, los resultados indican que ambos tipos de amortiguadores son eficaces, logrando una reducción de hasta el 56% en la deriva para los LVD y del 50% para los NLVD. Los esquemas I y III demostraron ser los más efectivos, con diferencias en la reducción de desplazamientos de entre el 10% y el 15%, lo que sugiere que son comparables, aunque presentan ligeras variaciones. Por último, los NLVD ofrecen ventajas económicas, ya que requieren coeficientes de amortiguamiento menores para obtener resultados similares a los LVD.

Alici y Sucuoğlu (2023) enfrentan el reto de predecir la distribución de la energía histerética en estructuras aporticadas sometidas a cargas sísmicas, con el objetivo principal de desarrollar un método de evaluación basado en la energía para estimar de manera precisa la demanda de energía disipada y la localización de las rótulas plásticas. Utilizando un modelo de respuesta espectral (RSA) modificado, la investigación implementa un análisis basado en energía aplicado a un pórtico de cinco pisos, obteniendo sus propiedades modales a través de un análisis de valores propios. A partir de espectros de entrada de energía, se calcula la energía en cada modo sin necesidad de realizar análisis dinámicos no lineales, simplificando el

procedimiento. Los resultados indican que el método propuesto puede predecir de manera precisa la energía disipada en cada nivel de la estructura, mostrando una correlación efectiva entre la entrada de energía y la energía disipada, demostrando su viabilidad en aplicaciones prácticas en evaluación sísmica. Se calculó una energía interna (E_i) de 201 kJ, mientras que la energía disipada por las rótulas plásticas fue de 262 kJ, mostrando una diferencia del 30%, atribuida a la predicción del método de desplazamiento igual modificado para un único movimiento sísmico.

Bañuelos et al. (2023) exploran la creciente necesidad de asegurar la resiliencia estructural frente a demandas sísmicas más rigurosas. Su investigación tiene como objetivo principal desarrollar un procedimiento de diseño sísmico basado en la energía, que equilibre la disipación de energía a través de amortiguadores viscosos y las deformaciones inelásticas en las estructuras. Este estudio, de carácter aplicado, se enfoca en la creación y validación de este novedoso enfoque. La metodología incluye análisis modal espectral y análisis no lineales paso a paso, utilizando el software PERFORM-3D. Se emplearon registros del terremoto de Michoacán de 1985, específicamente la componente EW, para validar las demandas sísmicas. Cuatro estructuras regulares de pórticos con alturas de 8, 12, 16 y 20 pisos fueron diseñadas, considerando concreto de 30 MPa y acero con un esfuerzo de fluencia de 450 MPa. Los resultados indicaron que la inclusión de amortiguadores mantuvo las distorsiones angulares de piso dentro de los límites de diseño, con un desplazamiento máximo de 0.015, cumpliendo los requisitos de la norma NTC-DS-2020 de México. Además, se observó que el método propuesto mejoraba la precisión en comparación con otros enfoques, logrando una distribución de daños similar a la obtenida mediante análisis no lineales, lo que permitió reducir el tamaño de los dispositivos entre un 10% y un 20%. Los hallazgos del estudio sugieren que, al implementar un modelo lineal junto con un enfoque de desplazamiento modificado, es posible predecir con precisión tanto la cantidad como la ubicación de las rótulas plásticas. Este método no solo

facilita el análisis, sino que también permite obtener estimaciones realistas sobre la capacidad de disipación de energía. Por tanto, las estructuras desarrolladas mediante este enfoque lograron equilibrar la entrada de energía y la disipada por los amortiguadores, cumpliendo así con los objetivos de diseño sin superar un 25% de amortiguamiento adicional. En el caso de edificios de diversas alturas, se evidenció que las construcciones más altas tienden a disipar mayor energía, lo que resalta la necesidad de integrar sistemas de amortiguación en su diseño. Respecto a las distorsiones angulares, las estructuras que adoptaron este método mantuvieron las distorsiones dentro de niveles aceptables, mostrando que las diferencias en las derivas entre los distintos modelos fueron mínimas.

Çalim et al. (2023) resaltan la necesidad de un enfoque más completo en el diseño sísmico de estructuras, señalando que los métodos tradicionales, centrados en fuerzas y desplazamientos, no logran capturar adecuadamente la duración y el contenido de frecuencia de los movimientos del terreno. El objetivo central de su investigación es desarrollar una metodología que permita determinar las demandas sísmicas de energía en pórticos de múltiples grados de libertad (MDOF), evaluando cómo los tipos impulsivos y la duración significativa de los sismos influyen en las correlaciones entre la energía elástica e inelástica. Para lograrlo, realizaron análisis no lineales historia de respuesta en cuatro pórticos de acero MDOF de diferentes alturas (3, 6, 9 y 20 pisos), utilizando un conjunto de 44 registros de terremotos, seleccionados por sus características impulsivas y duraciones significativas. Las estructuras se modelaron con base en estudios previos, adaptando pórticos de acero. Los resultados mostraron que la correlación entre las energías sísmicas elásticas e inelásticas fue alta. También se observó que la duración significativa del sismo tuvo un impacto mínimo en dicha correlación, mientras que los sistemas con un amortiguamiento del 5% mostraron mejores correlaciones en condiciones de movimientos no impulsivos. Asimismo, la diferencia relativa entre la energía disipada por el amortiguamiento y la energía de entrada aumentó considerablemente en

estructuras con un índice de amortiguamiento del 2%, alcanzando hasta el 30.1% en edificios de 20 pisos.

Cheng et al. (2023) tienen como objetivo desarrollar correlaciones empíricas que vinculen la energía de entrada con la aceleración espectral para mejorar la estimación de la respuesta estructural ante terremotos. Este estudio, basado en datos empíricos, utilizan 12 registros sísmicos seleccionados de la base de datos NGA-West2, lo que garantiza un análisis representativo y robusto. La metodología incluye el uso de espectros de energía y de aceleración, junto con herramientas estadísticas para evaluar la relación entre ambas variables. Se analizan estructuras de distintos tipos, enfocándose en edificios de concreto y acero, considerando características como la ductilidad y la capacidad de disipación de energía. Presentan modelos empíricos que correlacionan la velocidad de energía equivalente (V_{EI}) con la aceleración espectral (S_a), utilizando datos de movimiento del suelo y modelos de predicción de peligros sísmicos (GMPEs). Los coeficientes de correlación entre V_{EI} y S_a son asimétricos según los períodos de vibración, mostrando que la velocidad equivalente considerando la energía absoluta se correlaciona más con S_a en períodos largos, mientras que la con la energía relativa lo hace en períodos cortos. También se encontró que la correlación es más fuerte cuando se evalúan ambos índices en el mismo período, lo que subraya la importancia de seleccionar períodos adecuados en análisis estructurales. Por tanto, estos resultados muestran que las correlaciones propuestas permiten predecir de manera eficiente la demanda de energía, con variaciones significativas en la relación entre la energía de entrada y la aceleración espectral,

Donaire et al. (2023) examinan cómo se concentra el daño en estructuras durante sismos moderados o severos, con el objetivo de evaluar la influencia de distintos modelos constitutivos en la distribución del daño en edificios diseñados bajo un enfoque basado en la energía. Este estudio, de carácter experimental y analítico, se centra en cuatro prototipos de edificios de 3,

6, 9 y 12 pisos, empleando cinco estrategias distintas para la distribución óptima de la resistencia. La metodología incluyó análisis historia de respuesta no lineal utilizando dos conjuntos de registros sísmicos de campo lejano. Capturan la relación entre la fuerza cortante y el desplazamiento entre pisos, utilizando tres modelos constitutivos: el elásticamente perfectamente plástico (EPP), el modelo de Clough y una versión modificada del mismo. Los resultados revelan que una distribución de resistencia óptima propicia un daño más uniforme, el cual se evalúa mediante un parámetro η relacionado con la demanda de ductilidad. Este enfoque no solo facilita una mejor comprensión del comportamiento estructural ante sismos, sino que también destaca la relevancia de seleccionar el modelo constitutivo adecuado para un diseño sísmico efectivo. Los hallazgos muestran que las estructuras de concreto armado diseñadas con estas distribuciones óptimas presentaron desviaciones significativas en la distribución del daño, con coeficientes de variación (COV_{η}) que fluctúan entre el 50% y el 100%. Las desviaciones en la distribución del daño, en particular en edificios de 3 pisos, sugieren que estos diseños tienden a generar un exceso de resistencia en los pisos intermedios y superiores. Esto no solo pone en riesgo la uniformidad del daño, sino que también podría dar lugar a posibles mecanismos de fallo durante eventos sísmicos.

Güllü et al. (2023) identifican la necesidad de estimar de manera precisa la distribución de la energía sísmica en edificios con pórticos resistentes a momentos (MRF) durante un terremoto. Como objetivo principal, buscan desarrollar un método práctico para calcular la entrada de energía y sus efectos en las respuestas estructurales, evitando realizar análisis no lineales que sean computacionalmente costosos. La investigación sigue un enfoque basado en la energía, validando los resultados a través de análisis historia de respuesta no lineal (NRHA). Utilizaron 92 registros sísmicos, de los cuales 32 eran no impulsivos y 60 impulsivos, aplicados a cuatro edificios de acero MRF. La metodología propuesta permite calcular la entrada de energía en cada nivel del edificio y las respuestas de desplazamiento, velocidad y aceleración,

mediante el uso de propiedades modales y la historia de la entrada de energía en sistemas de un grado de libertad equivalentes. La comparación de las entradas de energía obtenidas y las generadas por un algoritmo, revelaron diferencias relativas que van de un máximo de 24.48% a un mínimo de 2.83%. Las medias geométrica y aritmética de estas diferencias son 9.99% y 11.83%, respectivamente, lo cual es razonable. Esta variabilidad podría atribuirse al número de modos considerados, lo que sugiere que el algoritmo, basado en un método por tramos, es eficaz en el rango inelástico de sistemas de múltiples grados de libertad. El algoritmo fue validado mediante pruebas en mesa vibradora en especímenes de un grado de libertad, obteniendo medias geométricas de diferencias relativas de 15.4% y 15.3% en rangos elásticos e inelásticos, respectivamente.

Hu et al. (2023) reconocen que las altas aceleraciones en los pisos de los edificios durante eventos sísmicos pueden ocasionar daños severos tanto en componentes estructurales como no estructurales. Por ello, el objetivo principal de su estudio es desarrollar un enfoque de diseño basado en prestaciones que incorpore amortiguadores viscosos para controlar estas aceleraciones en pórticos con arriostres concéntricos autocentrantes (HSCBF). Realizan una investigación experimental y numérica, realizando análisis dinámicos no lineales para evaluar el comportamiento de los SCBF. La metodología incluye la selección y escalado de un conjunto de 17 registros de terremotos, siguiendo las directrices de ASCE 7-16. Los edificios se diseñan con el propósito de mantener la estabilidad estructural y minimizar la deformación residual, destacando el comportamiento histerético de los SCBF, optimizado mediante un pre-estiramiento de estos, favoreciendo una respuesta más estable y eficiente ante cargas cíclicas. El uso de amortiguadores viscosos (VD) se prueba como efectivo reduciendo las aceleraciones en todos los movimientos del terreno analizados. En comparación con los sistemas de pórticos de acero con arriostres concéntricos (SCBF), los sistemas híbridos que combinan un VD y un arriostre concéntrico autocentrante (HSCBF) muestran una menor dispersión en las respuestas

de aceleración (FA), indicando una mejora en la uniformidad del comportamiento estructural. Los valores máximos de FA para los SCBF (entre 1.75 g y 2.03 g) son significativamente más altos que los de los HSCBF (cerca de 1.0 g), con reducciones de hasta el 56.9% en algunos casos. Además, la incorporación de los VD no solo controla la FA, sino que también mejora la capacidad de absorción de energía de la estructura. Al evaluar las respuestas modales, se observa que las contribuciones de los modos más altos son significativas en los SCBF, mientras que en los HSCBF son mínimas, lo que sugiere que los VD son efectivos para controlar estas respuestas. En términos de distorsiones máximas durante eventos SMC, los HSCBF demuestran una mejor prestación con distorsiones que oscilan entre 1.60% y 1.92%, en contraste con los SCBF, que superan el 2.9%.

Mehmandousti y Jalaefar (2023) exploran el comportamiento de sistemas apertados de acero de mediana altura frente a secuencias sísmicas, centrándose en la mejora del desempeño estructural mediante la utilización de amortiguadores de fluido viscoso. El objetivo principal del estudio es evaluar cómo estos sistemas responden bajo la influencia de eventos sísmicos, mejorando su capacidad de resistencia. La investigación se basa en un análisis dinámico no lineal utilizando el software SAP2000 para modelar y simular las estructuras. Seleccionaron 20 registros sísmicos de campo cercano y 20 de campo lejano, cada uno compuesto por un choque principal seguido de una réplica (aftershock). Los pórticos de acero, con secciones cuadradas en las columnas y vigas de ala ancha, fueron diseñados para mantener la simetría y simplicidad. Los resultados del estudio resaltan las ventajas de incorporar amortiguadores viscosos (FVD) en las construcciones. Constataron que estos dispositivos disminuyen notablemente los desplazamientos, las distorsiones angulares y las fuerzas cortantes en la base, en comparación con los pórticos que no cuentan con amortiguadores. Asimismo, las secuencias de choques principales y sus réplicas elevaron la demanda estructural, lo que enfatiza la importancia de tener en cuenta estos efectos al diseñar estructuras

sísmicamente resistentes. El análisis de las distorsiones angulares reveló que los edificios con FVD presentan una reducción significativa en las relaciones de derivas de piso, especialmente en construcciones de 6 y 8 pisos. Durante las réplicas, las relaciones de deriva aumentaron entre un 6 y un 12%, representando un 100% de incremento en situaciones de campo lejano. Al comparar las estructuras con amortiguadores y las sin ellos, se observó que el incremento en las distorsiones, debido a la combinación del evento principal y su réplica, varió entre un 7 y un 16% en las estructuras con FVD, mientras que en las que no los tienen se registró un aumento de entre el 12 y el 100%. En cuanto a las aceleraciones de piso, se encontró que los pisos inferiores experimentaron las mayores aceleraciones. En general, se observó un incremento promedio del 40% en las aceleraciones máximas de los edificios con FVD bajo registros de campo cercano.

Proietti et al. (2023) exploran el diseño de estructuras capaces de resistir los efectos sísmicos utilizando un enfoque basado en el espectro de energía. El objetivo principal de su investigación fue desarrollar un método de diseño integrado, basado tanto en desplazamiento como en energía (DEBD), que combine estos dos parámetros para optimizar la evaluación de las prestaciones sísmicas y reducir el daño estructural. La metodología incluye un análisis paramétrico de estructuras de un solo grado de libertad (SDOF), empleando 15 acelerogramas representativos de zonas cercanas y lejanas al epicentro para simular diversas condiciones sísmicas. Se utilizaron diferentes reglas de comportamiento hysterético, como los modelos elastoplástico y Takeda, para captar el comportamiento cíclico de las estructuras. Los resultados evidenciaron que el enfoque DEBD ofrece una comprensión más clara de la relación entre la energía disipada y la energía de entrada. Al comparar tres metodologías de diseño, el basado en fuerzas (FBD), el basado en desplazamiento (DDBD) y el DEBD, se encontró que el método DEBD proporciona parámetros de energía sísmica que se ajustan más a los valores esperados y facilita una mejor estimación del desplazamiento máximo. Por último, se propone

que desarrollos futuros se enfoquen en correlacionar los niveles de energía histerética con los correspondientes niveles de daño, lo que aumentaría la aplicabilidad del enfoque DEBD en la práctica profesional.

Sebaq et al. (2023) analizan el daño en estructuras de acero durante eventos sísmicos, con el objetivo de profundizar en la influencia de los amortiguadores viscosos fluidos (FVD) en el comportamiento de edificios con pórticos resistentes a momentos, particularmente en relación con los índices de daño. Para ello, implementaron un análisis paramétrico de cuatro edificios de distintas alturas (3, 6, 9 y 20 pisos), tanto en configuraciones sin FVD (edificios no controlados) como con FVD lineales y no lineales (edificios controlados). Utilizaron 40 registros de movimientos sísmicos para evaluar el desempeño estructural. El programa PERFORM-3D fue la herramienta de modelado que seleccionaron, permitiendo simular las respuestas estructurales y calcular índices de daño, como los de Park y Ang, así como el índice de daño de Reinhorn y Valles. Los hallazgos mostraron que los edificios equipados con dispositivos FVD lograron una notable disminución en los índices de daño. Estos resultados variaron según la relación de amortiguamiento adicional y la velocidad aplicada, evidenciando que un aumento en el amortiguamiento adicional puede mejorar considerablemente la capacidad de la estructura para resistir deformaciones y absorber energía plástica. Además, se identificaron relaciones significativas entre la energía plástica disipada por los amortiguadores y la entrada de energía. En edificaciones de diferentes alturas, la energía disipada fue considerablemente mayor en estructuras de menor altura, lo que permitió una absorción más efectiva de la entrada de energía. Por ejemplo, los edificios de 3 y 6 pisos presentaron concentraciones de daño más uniformes, mientras que en los de 9 y 20 pisos, la distribución del daño fue irregular.

Sharma et al. (2023) se proponen modelar la eficacia de la ubicación de los amortiguadores de fluido viscoso con el fin de mejorar la resiliencia estructural de edificios

altos frente a vibraciones sísmicas. Este trabajo combina enfoques experimentales y analíticos, utilizando simulaciones numéricas para analizar estructuras de hasta 20 pisos. La metodología utiliza algoritmos de optimización, incluyendo los genéticos y los basados en el gradiente, para identificar las posiciones óptimas de los amortiguadores en los diferentes pisos, ya sea de forma alterna o ubicándolos solo en tres niveles: inferior, central y superior. Los resultados muestran que una correcta colocación de estos dispositivos puede reducir considerablemente las amplitudes de desplazamiento y la distorsión del piso, alcanzando una disminución de 0.0029 a 0.0022 en las distorsiones al agregar los amortiguadores. Además, el estudio destaca la relevancia de tener en cuenta la distribución de fuerzas cortantes a lo largo de la altura del edificio, lo cual mejora la capacidad de la estructura para resistir cargas laterales.

Tropea et al. (2023) plantean como objetivo principal el desarrollo de un nuevo índice de daño que combine tanto la energía interna como la potencia interna, a la cual denominan parámetro D , que sintetiza la información sobre el daño y el ciclo histéretico, permitiendo también la caracterización del colapso. Su investigación sigue un enfoque que integra análisis teóricos y experimentales, utilizando osciladores simples para validar la propuesta. Emplearon registros sísmicos y se realizaron pruebas en varias estructuras, como muros de mampostería y conexiones de vigas de acero, para estudiar su comportamiento bajo cargas sísmicas. Los resultados indicaron que el nuevo índice de daño alcanzó valores cercanos a 1 en la mayoría de los casos, lo que sugiere un colapso inminente. En particular, los muros de mampostería exhibieron un valor máximo de 0.98, lo que indica un alto nivel de daño sin llegar al colapso total. El estudio destaca que el colapso no siempre está vinculado al desplazamiento máximo del sistema y sugiere que los estados límite pueden verse influenciados por la velocidad de entrada de energía. Esta metodología ofrece una caracterización más precisa del comportamiento no lineal en comparación con los métodos tradicionales basados en fuerzas y desplazamientos, especialmente en fallas por fatiga en columnas de acero, que no se reflejan

adecuadamente en las curvas de histéresis. Además, permite calcular el trabajo plástico de manera global y para componentes individuales. En estructuras compuestas por múltiples elementos, como el concreto armado, es posible evaluar cómo estos elementos influyen en la capacidad del componente, lo que facilita análisis más detallados.

Chalarca et al. (2022) abordan la limitada comprensión sobre cómo los parámetros de diseño de los amortiguadores viscosos con el modelo numérico Maxwell afectan la respuesta dinámica de sistemas estructurales bajo cargas transitorias. Como objetivo principal, proponen un estudio paramétrico para analizar la influencia de diversos factores, como el exponente de velocidad, el nivel de amortiguamiento adicional, la intensidad sísmica y la rigidez del amortiguador en el modelo Maxwell, sobre la respuesta sísmica de sistemas estructurales de un grado de libertad (SDOF). La metodología incluye análisis historia de respuesta no lineales, utilizando un conjunto de movimientos sísmicos recomendados por el FEMA P-695, que contiene 22 pares de registros de terremotos, escalados a cuatro niveles de intensidad. El uso creciente de disipadores de fluido viscoso para mejorar la respuesta estructural ha revelado limitaciones en el modelado convencional que utiliza materiales puramente viscosos, especialmente en configuraciones no lineales con bajos exponentes de velocidad. Para abordar estas limitaciones, adoptan un enfoque basado en el modelo de Maxwell, que incorpora la rigidez axial del amortiguador. Sin embargo, evaluar esta rigidez puede ser complicado debido a su dependencia de la frecuencia y la escasez de información en los catálogos de fabricantes. El estudio muestra que la rigidez del modelo de Maxwell afecta significativamente la prestación de los amortiguadores. Rigideces bajas, particularmente inferiores al doble de la rigidez del sistema de un solo grado de libertad, resultan en un rendimiento ineficiente, generando desplazamientos y aceleraciones excesivas, siendo a veces mayores que en sistemas sin amortiguadores. Los amortiguadores lineales son menos sensibles a esta rigidez y muestran un rendimiento similar entre configuraciones más rígidas. En contraste, los amortiguadores no

lineales están más influenciados por la rigidez del modelo de Maxwell, el índice de amortiguamiento suplementario y el exponente de velocidad, lo que puede incrementar las demandas de aceleración. Un fenómeno relevante es el endurecimiento de los amortiguadores, donde la aceleración espectral máxima se desplaza hacia períodos más cortos al implementar amortiguadores de material de Maxwell.

Li et al. (2022) enfrentan el desafío de optimizar la distribución y tamaño de amortiguadores viscosos no lineales en edificios aperticados, abordando la incertidumbre tanto en las excitaciones sísmicas como en los parámetros estructurales. Su principal objetivo es desarrollar un enfoque de optimización basado en la fiabilidad, que minimice los costos de los amortiguadores, mientras se asegura la prestación estructural bajo condiciones sísmicas. La metodología se basa en un modelo de optimización de enteros mixtos, resuelto mediante un método secuencial de aproximación con región de confianza (SAMIP-TR). Para evaluar la fiabilidad dinámica y su sensibilidad, emplean el método de la integral de probabilidad directa (DPIM) y consideran registros de movimientos de tierra aleatorios no estacionarios. El estudio optimiza dos estructuras: un edificio de concreto de siete pisos y otro de acero de quince pisos. Los hallazgos indican que, a medida que aumenta la aceleración del suelo, es necesario instalar un mayor número de amortiguadores, lo que conlleva a un incremento en los costos. Un aspecto clave de este enfoque es su capacidad para optimizar simultáneamente tanto la ubicación como las dimensiones de los amortiguadores, lo cual es particularmente complejo debido a su comportamiento no lineal y su dependencia de la velocidad. Además, al incrementar la cantidad de grupos de tamaños de amortiguadores, se mejora la posibilidad de disminuir el valor objetivo en el diseño final.

Lin (2022), partiendo de la premisa de que los sismos impulsivos pueden causar daños severos en las estructuras, establece como objetivo principal evaluar la eficacia de los amortiguadores viscosos (FVD) en la reducción de vibraciones en edificaciones expuestas a

eventos sísmicos. El estudio, tanto experimental como analítico, utiliza el registro del terremoto de Imperial Valley de 1979 para realizar simulaciones numéricas. La metodología involucra el análisis de estructuras con un grado de libertad (SDOF) y múltiples grados de libertad (MDOF), empleando modelos no lineales para capturar con precisión el comportamiento estructural. El análisis muestra que la instalación de FVD en estructuras de acero reduce significativamente las distorsiones y aceleraciones sísmicas máximas. Sin embargo, en ciertos casos, las distorsiones aún superan los límites normativos, especialmente bajo sismos impulsivos, lo que implica una alta demanda de amortiguadores y un riesgo persistente de fallas locales o colapso ante eventos extremos. En el caso del análisis con el terremoto de 1979 en Imperial Valley, la distorsión se redujo notablemente al añadir los FVD, pero las deformaciones permanentes no fueron eliminadas debido a la concentración de energía en una banda de frecuencia baja. Además, la estructura enfrentó dificultades para disipar rápidamente la energía sísmica, lo que llevó a una acumulación de energía plástica, especialmente en sistemas MDOF, cuyo comportamiento dinámico es más complejo que el de sistemas SDOF.

Miao et al. (2022) investigan la resistencia al colapso de estructuras de concreto armado equipadas con amortiguadores sísmicos, enfocándose en su desempeño durante terremotos severos. El objetivo principal de este estudio es evaluar la capacidad de estas estructuras para resistir el colapso, en comparación con diseños convencionales que no incluyen amortiguadores. Este análisis es de naturaleza numérica y emplea un modelo de elementos finitos para simular el comportamiento estructural de edificios de 6 y 9 pisos. La metodología consiste en obtener la fragilidad al colapso, utilizando 23 registros de movimientos sísmicos que representan la variabilidad de las acciones sísmicas. Las estructuras objeto de análisis son pórticos de concreto armado, diseñados para soportar diferentes intensidades sísmicas, tanto con amortiguadores no lineales como sin ellos. Los análisis IDA revelan que las estructuras de concreto armado con amortiguadores adicionales (DDF) no siempre mejoran su capacidad de

colapso, especialmente ante mayores niveles de los sismos. Para sismos de baja a moderada intensidad (7.5 grados), los DDF muestran mejor desempeño, con menores derivas y mayor resistencia al colapso en comparación con las estructuras sin amortiguadores (CDF), ya que los amortiguadores actúan como un beneficio neto al reducir las derivas sísmicas. Sin embargo, a intensidades más altas (8.0 y 8.5 grados), los DDF presentan una menor capacidad de deformación y resistencia estructural, debido a la reducción de refuerzos. Aunque los amortiguadores disminuyen las respuestas sísmicas, su efectividad se degrada a intensidades mayores, lo que incrementa la probabilidad de colapso. La principal causa de colapso es la falla de la columna inferior central. Para mitigar esto en sismos de mayor intensidad, se propone fortalecer estas columnas en los DDF, lo que aumenta su capacidad de resistencia en un 25%.

Zhou et al. (2022b) desarrollan una investigación cuantitativa para evaluar la probabilidad de colapso en edificios de acero con sistemas aporticados resistentes a momentos, los cuales están equipados con amortiguadores viscosos. Utilizan la demanda de energía histerética estructural como el mejor indicador que represente el daño acumulado, y realizan análisis IDA con el propósito de generar curvas de fragilidad al colapso. Para estos análisis IDA, emplean 20 pares de registros de movimientos del terreno que se escalan a la aceleración espectral para el evento SMC. El análisis IDA se detiene una vez que el 50 por ciento de los registros alcanzan el colapso, el cual se interpreta cuando la capacidad de energía plástica obtenida de un análisis estático no lineal es menor que la demanda de energía requerida para cada registro. Además de estimar la probabilidad de colapso, también estudian la distribución de esta en altura. Los edificios analizados son de 3, 9 y 20 pisos, y se consideran relaciones de amortiguamiento adicional proporcionadas por los dispositivos del 10, 20 y 30 por ciento, junto con exponentes de velocidad de 1.0, 0.5 y 0.3. Se señala que un enfoque basado en energía puede predecir la probabilidad de colapso al considerar el comportamiento histerético del sistema estructural. Los resultados muestran que el uso de amortiguadores incrementa la

capacidad de colapso en un 43 y 100 por ciento en los edificios de 3 y 9 pisos, mientras que, en el edificio de 20 pisos, el incremento oscila entre el 30 y el 55 por ciento. La probabilidad de colapso disminuye con un aumento en el amortiguamiento adicional. En los edificios de 3 y 9 pisos, se observa una reducción en los parámetros ingenieriles y en la probabilidad de colapso para los exponentes de 0.5 y 0.3. Sin embargo, al emplear el desplazamiento como parámetro de control, se nota que los amortiguadores lineales son más efectivos para reducir la probabilidad de colapso. La influencia del exponente de velocidad se ve afectada por la altura del edificio, la cantidad de amortiguamiento a añadir y el nivel de intensidad del terremoto.

Zhou et al. (2022a) llevan a cabo una investigación cuantitativa y diseño cuasi-experimental, para evaluar la respuesta sísmica de edificios equipados con amortiguadores viscosos desde la perspectiva energética. Este análisis aborda tanto la energía plástica estructural como la energía disipada por los amortiguadores viscosos. El estudio se enfoca en edificios que cuentan con sistemas resistentes perimetrales conformados por pórticos de acero, algunos de los cuales incluyen disipadores viscosos, y que varían en altura (3, 6, 9 y 20 pisos). Los pórticos interiores están diseñados para soportar exclusivamente cargas gravitatorias. Modelan el comportamiento inelástico de las columnas mediante elementos tipo fibra, mientras que las vigas se representan con rótulas plásticas. La distribución de los amortiguadores viscosos se ajusta a la rigidez de la estructura principal y se simula utilizando el modelo Maxwell. Para los movimientos del terreno se utilizan 20 pares de registros provenientes de la base de datos del Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER, 2014), con magnitudes comprendidas entre 6.5 y 7.6, en distancias entre 2.2 y 27.6 kilómetros y escalados al espectro de diseño conforme al ASCE (2022). Los resultados se centran en la variación de las propiedades estructurales de los amortiguadores, como la tasa de amortiguamiento añadido (con variaciones del 5, 10, 20 y 30 por ciento) y el exponente de la velocidad (con variaciones de 0.3, 0.5, 0.7 y 1.0), en relación con las respuestas pico estructurales (distorsiones y

aceleraciones del piso), la energía de disipación histerética y la energía de disipación por los amortiguadores, así como sus relaciones con respecto a la entrada de energía. Los resultados indican una tendencia donde el incremento en la tasa de amortiguamiento añadida por los amortiguadores conlleva a una disminución en las distorsiones angulares y la energía plástica estructural. Sin embargo, se observa que un incremento en la relación de amortiguamiento no es efectivo si se emplean valores superiores al 20 por ciento, y no se recomiendan para edificios de gran altura. Esto podría explicarse por la relación entre las deformaciones por flexión con respecto a la altura del edificio, así como el efecto que tienen los modos superiores de vibración. Se sugiere que estos aspectos podrían mejorarse mediante un método de distribución basado en energía.

De Domenico y Hajirasouliha (2021) desarrollan un método de optimización para mejorar la respuesta sísmica de estructuras existentes mediante el uso de amortiguadores viscosos no lineales (NVD). La metodología incluye un conjunto de quince registros sísmicos, evaluando estructuras de diversas alturas, como pórticos de 3, 7 y 12 pisos. Los resultados indican que la distribución óptima de amortiguadores puede reducir el daño estructural hasta en un 40% en comparación con distribuciones uniformes de amortiguación, lo que resalta una mejora significativa en la eficiencia del diseño. Además, aunque la reducción del daño es notable, la respuesta dinámica general de la estructura, en términos de fuerza base y aceleración absoluta de los pisos, se mantiene relativamente constante. El método optimiza la distribución uniforme de daño (UDD) y logra reducciones significativas en la rotación plástica máxima (hasta un 30%) y en el índice global de daño (hasta un 40%) al aplicar una relación de amortiguamiento adicional cercana al 15%. Esto permite mitigar el daño estructural sin sobrecargar columnas adyacentes a los arriostramientos, cumpliendo con principios de diseño por capacidad. Se encontró que la deriva es el parámetro más adecuado para el diseño óptimo de amortiguadores, equilibrando costo y prestación. Para edificios altos, se sugiere el uso de

varios registros sísmicos, mientras que, para estructuras más bajas, un solo registro artificial puede ser suficiente. Este método de optimización multi-nivel se alinea con los códigos sísmicos actuales, evitando daños localizados y eliminando procedimientos iterativos de prueba y error, siendo aplicable a otros sistemas de disipación de energía.

Meigooni y Mollaioli (2021) proponen desarrollar y validar criterios de colapso basados en diferentes formas de energía, como la cinética, gravitacional e intrínseca. Para ello, emplean una metodología que incluye la realización de análisis dinámicos no lineales sobre un modelo experimental validado, construido a partir de pruebas de colapso en un pórtico de acero a escala 1/8. Utilizaron registros sísmicos, en particular un terremoto en suelo blando de larga duración, para evaluar el comportamiento estructural bajo condiciones extremas. El modelo consistió en un pórtico de acero de cuatro pisos y dos vanos, diseñado para captar los efectos P-delta. El estudio revela que los criterios de colapso basados en energía cinética y gravitacional presentan resultados similares en cuanto al instante de colapso y desplazamiento máximo, independientemente del tipo de terremoto, mostrando coherencia entre ambos enfoques. En cambio, el criterio de energía intrínseca, aunque absorbe más energía, exhibe un comportamiento no lineal menos pronunciado, sugiriendo que es más conservador en la predicción del colapso. El análisis también mostró que el enfoque estático no lineal tiende a subestimar la deriva de colapso comparado con los enfoques basados en energía, destacando su limitación en capturar mecanismos dinámicos. Este comportamiento fue confirmado en sistemas MDOF, con el criterio de energía intrínseca mostrando menor deriva de colapso y una incursión limitada en la no linealidad. Finalmente, se detectó que en momentos críticos la energía intrínseca superó a la de entrada, indicando una inestabilidad dinámica.

Toledo (2021) realiza una investigación que se centra en analizar edificios de concreto armado que cuentan con amortiguadores viscosos. El objetivo principal es analizar la forma en que se distribuye en cada nivel la energía disipada por los amortiguadores viscosos (tanto

lineales como no lineales) en comparación con la energía liberada por la estructura principal. Estas energías, junto con la entrada de energía, son los indicadores considerados en el análisis. Este estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo y correlacional. La muestra consiste en prototipos de tres, seis y nueve pisos equipados con disipadores viscosos. Para la investigación, se utilizan 19 registros de eventos sísmicos impulsivos (campo cercano) y 47 registros de eventos sísmicos no impulsivos (campo lejano), y los cálculos se realizan mediante análisis historia de respuesta desarrollados en el programa Idarc. El resultado principal del estudio muestra las relaciones entre las energías disipadas por la estructura principal y los disipadores. La conclusión es que la energía histerética disipada por los componentes estructurales y por los disipadores viscosos puede considerarse similar para los prototipos estudiados, independientemente de los valores de los exponentes de velocidad en los disipadores y las diferentes fracciones de amortiguamiento añadidas proporcionadas por estos dispositivos. Los resultados se obtuvieron de manera iterativa considerando dos niveles de distorsión angular de piso: el 1 por ciento, que representa un nivel de ocupación inmediata (IO), y el 2 por ciento, que representa un nivel de seguridad de vida (LS).

Siami y Tehrani (2021) examinan cómo distintos sistemas de protección pasiva afectan el desempeño de un edificio de acero de 8 pisos con pórticos perimetrales intermedios resistentes a momento, diseñado según el ASCE 7. Los sistemas estudiados incluyen amortiguadores viscosos, viscoelásticos, de fricción y metálicos. Los amortiguadores viscosos se investigaron en diferentes configuraciones, utilizando dispositivos tanto lineales como no lineales. Se empleó el programa Opensees para modelar el comportamiento inelástico, con un enfoque de plasticidad distribuida, realizando análisis historia de respuesta. Para los análisis historia de respuesta utilizaron once registros de movimientos del terreno, escalados según el ASCE 7. Se evaluaron las respuestas sísmicas mediante el desplazamiento máximo en el techo, la deriva máxima del piso, la entrada de energía y la energía disipada por los amortiguadores.

En general, todos los sistemas analizados demostraron un desempeño sísmico superior en comparación con la estructura original sin disipadores. Señalan que las respuestas ante sismos de las estructuras analizadas son prácticamente idénticas, indicando que, para alcanzar un nivel de desempeño sísmico similar, el arreglo diagonal demanda un coeficiente de amortiguamiento superior, mientras que el arreglo de palanca requiere uno inferior. Los amortiguadores no lineales exhibieron un desempeño sísmico superior respecto a los lineales, y el arreglo de palanca resultó más eficiente que el de chevrón.

Scozzese et al. (2021) llevan a cabo una investigación con el objetivo de evaluar los factores de seguridad para lograr un desempeño óptimo y controlar la probabilidad de falla en edificios equipados con amortiguadores viscosos, ya que los amortiguadores pueden mostrar un comportamiento frágil en condiciones últimas durante sismos extremos, lo que lleva al fallo tanto de los dispositivos como del edificio entero. Adoptan un modelo en los dispositivos que considera la fuerza máxima alcanzada relacionada con la velocidad excesiva del pistón y el impacto de la deformación extrema, presentando sus resultados como curvas de fragilidad. Estudian dos edificios con pórticos resistentes a momento perimetrales de 3 y 9 pisos, que representan estructuras de baja y mediana altura, respectivamente, equipados con amortiguadores y exponentes de velocidad de 0.3, 0.6 y 1.0. Los análisis historia de respuesta se realizaron en el programa Opensees utilizando un modelo de plasticidad distribuida. Utilizan 60 registros de movimientos del terreno del proyecto SAC, escalados según curvas de peligrosidad provenientes de un cálculo del peligro a nivel probabilístico. Los resultados muestran que el uso de un modelo que considera explícitamente la capacidad última revela el efecto combinado de la deformación y la velocidad extremas en los amortiguadores, generando un comportamiento frágil. Las consecuencias del fallo del amortiguador dependen del número de amortiguadores activos, mientras que el uso de factores de amplificación mayores a 1.0

reduce las probabilidades de falla, siendo los amortiguadores no lineales los que tienen mayores probabilidades de colapso.

Chalarca et al. (2020) examinan la demanda sísmica en componentes no estructurales que son susceptibles a la aceleración en edificaciones equipadas con amortiguadores mediante análisis historia de respuesta no lineal. Utilizaron tres modelos de tres, seis y nueve pisos. Como principales indicadores en el estudio paramétrico, evaluaron tres niveles de amortiguamiento adicional (10%, 20% y 35%), dos distribuciones distintas de propiedades de los dispositivos a lo largo de la altura (uniforme y equivalente a la rigidez) y seis exponentes de velocidad ($0.2 \leq \alpha \leq 1.0$). Se emplearon 22 conjuntos de registros de movimiento del suelo del PEER (2014), ajustados según el espectro de diseño del ASCE 7. Se utilizó un modelo de plasticidad concentrada, teniendo en cuenta explícitamente la zona del panel, así como el empleo del modelo de Maxwell para los amortiguadores. Como resultado principal, concluyen que el uso de amortiguadores viscosos genera una menor probabilidad de colapso. En los edificios con amortiguadores no lineales, las probabilidades de colapso se incrementan a exponentes de velocidad más bajos, principalmente en los edificios más altos y con una distribución uniforme. Los amortiguadores lineales tienden a reducir las aceleraciones pico en el piso, mientras que estas aumentan con exponentes de velocidad más bajas y niveles de amortiguamiento añadido elevados.

1.4.2. Antecedentes nacionales

Tras la búsqueda realizada en repositorios y bases de datos nacionales, se han encontrado antecedentes que se centran en edificaciones implementadas con amortiguadores sísmicos, pero no emplean como metodología el balance de energía. Se mencionan los trabajos consultados.

Según Sánchez et al. (2023) los eventos sísmicos pueden causar daños tanto en los componentes no estructurales y en los estructurales, que se requiere evitar en edificios

destinados a centros de salud que se consideran críticos ante desastres naturales. Por ello, el uso de amortiguadores viscosos es esencial para disipar la energía sísmica y mejorar el funcionamiento de las estructuras. Analizan un edificio de ocho pisos de concreto armado con tanque de almacenamiento como componente no estructural, dicho edificio es equipado con amortiguadores para evaluar su capacidad reduciendo desplazamientos y aceleraciones durante sismos. Generan espectros de respuesta de piso a partir de registros de aceleraciones de piso. Los resultados indican una reducción máxima del 78% en las aceleraciones en el octavo piso después de la instalación de los amortiguadores. Además, se observa un aumento gradual en las fuerzas de anclaje de los tanques de almacenamiento con cada nivel, siendo más pronunciado en los pisos superiores.

Moreno (2021) centra su investigación en analizar cómo las estructuras con material de concreto armado responden a los terremotos cuando se equipan con amortiguadores. El objetivo principal es disminuir las pérdidas materiales y vidas humanas, garantizando al mismo tiempo la continuidad de los servicios y facilitando futuras reparaciones. Para ello, examinó el comportamiento inelástico de un hospital ubicado en Moquegua, incorporando propiedades inelásticas y utilizando amortiguadores. Sus hallazgos indican que los amortiguadores lograron disipar aproximadamente el 75% y el 67% de la entrada de energía en las direcciones X e Y, respectivamente. Además, observó una reducción significativa de alrededor del 75% en las derivas en ambas direcciones.

Saldaña (2021) analiza la efectividad de cuatro sistemas de protección sísmica para optimizar la respuesta de edificaciones: aislamiento en la base, amortiguadores de fluido viscoso, disipadores histeréticos y amortiguadores de masa sintonizada. Los modelos utilizados son simplificados, basados en un modelo de cortante, manteniendo un comportamiento elástico en la estructura principal, y con periodos fundamentales proporcionales al número de niveles. El análisis se lleva a cabo utilizando scripts en Python. Para el empleo de amortiguadores

viscosos, considera parámetros como el factor de reducción objetivo y el periodo fundamental. Los resultados indican que todos los sistemas reducen la respuesta sísmica, aunque su eficacia varía según las características del edificio. En edificaciones de pocos niveles, el aislamiento de base resulta ser el más eficaz, seguido por los amortiguadores viscosos y los disipadores histeréticos. Finalmente, los resultados fueron validados a través de comparaciones con análisis realizados en el software ETABS.

Cáceres y Pichihua (2020) se enfocan en evaluar el bloque A2 del Hospital Santa Rosa en Lima, con el fin de mejorar su desempeño sísmico mediante la instalación de amortiguadores viscosos. Se encontró que la estructura existente no cumple con la norma E.030 debido a altas derivas y su vulnerabilidad ante movimientos sísmicos. Realizan una nueva modelación incorporando amortiguadores como medida de refuerzo, logrando una reducción significativa en las derivas máximas, pasando del 5.98% al 3.30%.

Chavez y Mamani (2020) examinan el desempeño sísmico de un bloque del Hospital Luis Negreiros, el cual fue construido siguiendo códigos antiguos que podrían no alinearse con los estándares actuales. La investigación se centra en realizar un análisis sísmico y en proponer un reforzamiento utilizando disipadores de fluido viscoso. Para llevar a cabo este estudio, se emplea una metodología que abarca el análisis de fuerzas estáticas equivalentes, el análisis modal espectral y el análisis dinámico historia de respuesta, utilizando el software ETABS. Los resultados revelan que, en ausencia de disipadores, la deriva máxima excede los límites establecidos por la norma E030. Sin embargo, al incorporar estos dispositivos, se consigue una deriva aceptable, lo que mejora de manera significativa el comportamiento estructural del hospital.

Dada la ausencia de una normativa en Perú para el empleo de amortiguadores sísmicos, Fuentes (2020) propone procedimientos de análisis y diseño basados en estándares internacionales, como el ASCE 7, que recomiendan el uso de métodos simplificados según

criterios previamente establecidos. En su estudio, aplica estos procedimientos a un edificio de concreto armado de 5 pisos equipado con disipadores de fluido viscoso y dispositivos histeréticos tipo TADAS. Como principal hallazgo, concluye que los métodos simplificados proporcionan predicciones conservadoras en relación con los desplazamientos entre pisos y las fuerzas cortantes en la base del edificio. Estos resultados respaldan la inclusión de dichos procedimientos en una futura normativa sísmica peruana.

Narváez (2020) analiza la eficacia de los amortiguadores de fluido viscoso y los disipadores histeréticos, tomando como estudio un edificio de 12 pisos ubicado en Lima. Examina las propiedades mecánicas y el comportamiento estructural frente a movimientos sísmicos con periodos de retorno de 2475 años. Como resultado, con la utilización de amortiguadores se logra reducir las derivas y la ductilidad en aproximadamente un 50%.

Taboada (2020) analiza la disminución de desplazamientos en edificios con aislamiento en la base equipados con amortiguadores viscosos adicionales. Para ello, estudia un edificio de 5 pisos con aisladores con núcleo central de plomo (LRB), ubicado en la zona sísmica de mayor peligro en Perú (Z4) y asentado sobre suelo flexible (S3). Ante la limitación de espacio disponible para el desplazamiento de la interfaz, propone la incorporación de amortiguadores que incrementan el amortiguamiento en niveles de 15%, 30%, 45%, 60% y 75%. Utilizando señales espectro-compatibles para el análisis, los resultados revelan una reducción del desplazamiento en la interfaz de aislamiento de hasta un 30%. No obstante, en cuanto a otros parámetros ingenieriles, como aceleraciones y distorsiones, la combinación de aisladores y amortiguadores puede generar un incremento en las respuestas sísmicas.

1.5. Justificación de la investigación

Los métodos de diseño convencionales son enfoques basados en fuerzas y/o desplazamientos, estableciendo criterios de aceptación monitoreando las distorsiones de piso, aceleraciones de piso y rotaciones plásticas en los componentes estructurales. La naturaleza del

fenómeno sísmico puede examinar considerando la perspectiva de la energía que genera un terremoto y cómo se distribuye en cada fuente de disipación que tiene la estructura, lo que permite formular el diseño sísmico considerando el balance energético y analizar la distribución del daño en términos de energía. En el caso de edificios que cuentan con un sistema de protección sísmica, un aspecto crucial es comprender cómo se disipa la energía tanto en la estructura principal como en los amortiguadores, así como la relación entre la energía plástica acumulada y el desplazamiento inelástico máximo. En Perú, la utilización de amortiguadores se ha ido dando como propuestas que emplean códigos internacionales y no hay muchas investigaciones que profundicen en los indicadores que reflejen el comportamiento, mucho menos a nivel de colapso estructural o incluyendo la distribución de energía de una manera explícita, tanto en criterios de aceptabilidad como en el monitoreo del colapso.

1.5.1. Justificación practica

La justificación para esta investigación radica en la necesidad de desarrollar y aplicar metodologías que consideren la energía tanto en la demanda como en la capacidad para el diseño sísmico de edificios equipados con amortiguadores viscosos. Hasta la fecha, no se han desarrollado ni incluido en estándares y códigos enfoques considerando el balance de energía para evaluar el desempeño de estos edificios, dado el limitado número de investigaciones sobre el tema. La justificación práctica radica en la necesidad de comprender el comportamiento de los edificios de concreto armado equipados con amortiguadores ante terremotos, considerando el balance de energía. Esto se debe al creciente uso de amortiguadores sísmicos y a la falta de orientaciones específicas para evaluar su desempeño en términos de distribución de la energía disipada y comportamiento estructural bajo diferentes niveles de amortiguamiento añadido.

1.5.2. Justificación teórica

Teóricamente, la justificación reside en la importancia de comprender la respuesta de los edificios de concreto armado con pórticos ante eventos sísmicos, especialmente cuando

están equipados con amortiguadores viscosos. Estas variables son fundamentales para desarrollar procedimientos basados en el balance de energía y establecer estándares de seguridad apropiados. Esto implica tener en cuenta indicadores como la distribución de energía, la habilidad para absorber energía de los componentes estructurales y las características de los amortiguadores, que permitan la generación de nuevos enfoques de diseño.

1.5.3. Justificación metodológica

En lo que respecta al enfoque metodológico, la justificación se relaciona con los criterios necesarios a incluir o excluir para abordar la problemática de la investigación. Esto implica tener en cuenta diversas configuraciones estructurales (variando alturas, masas y periodos), la entrada de energía (con el empleo de pares de registros de movimientos del terreno), distintos niveles de amortiguamiento, así como la consideración de amortiguadores viscosos tanto lineales como no lineales, métodos de análisis y criterios de desempeño estructural. Además, la selección de herramientas de análisis, como los estudios IDA, es esencial para evaluar la prestación estructural hasta el punto de colapso, que refleje la incertidumbre de registro-a-registro.

Los principales resultados de este trabajo incluyen el uso directo de la energía como criterio ingenieril en las curvas IDA, determinando el punto de colapso a través del monitoreo de la energía potencial y considerando la máxima capacidad de disipación histerética estructural, además de la fuerza y deformación máxima en los amortiguadores. Mediante el análisis de datos, se encuentra un indicador más fiable, con menos incertidumbre, que pueda representarse en nuevas propuestas de curvas de fragilidad al colapso. Estas curvas se diseñan para su uso en evaluaciones probabilísticas del desempeño sísmico en edificios de concreto armado con amortiguadores viscosos. Este enfoque podrá aplicarse a otras soluciones que empleen sistemas de protección sísmica, así como a sistemas con métodos convencionales. Se establecen relaciones entre la energía que se disipa en las fuentes estructurales en relación con

la entrada, siendo estas esenciales para desarrollar metodologías de diseño que se basen en el balance energético. Asimismo, se sugieren relaciones entre la entrada de energía y el desplazamiento máximo, lo cual facilita el establecimiento de criterios de aceptación en consonancia con las regulaciones vigentes.

1.6. Limitaciones de la investigación

Se empleó análisis IDA como método para obtener los resultados, si bien este enfoque puede consumir tiempo, por lo general, es el enfoque que se emplea para evaluar el colapso numérico de estructuras. Por lo tanto, el uso de estos análisis impone restricciones en cuanto al tipo de modelado, la selección de la cantidad de registros de movimientos del terreno a emplear y al número de prototipos a utilizar.

Para este proyecto, se eligieron modelos bidimensionales (pórticos planos) debido a que los análisis IDA con estructuras tridimensionales podrían requerir un tiempo considerable, especialmente si se realizan en computadoras de escritorio. Una solución para acelerar estos análisis sería utilizar supercomputadoras o procesamiento en la nube con múltiples máquinas, lo cual implicaría el empleo de programación en paralelo y un mayor costo en el alquiler de dichos servicios. Se utilizó el programa Opensees para los análisis historia de respuesta, que es de código abierto, ya que programas como ETABS o SAP2000 no están completamente equipados para los análisis IDA. El Opensees ofrece comandos y materiales que otros programas no tienen, y se actualiza constantemente. Sin embargo, carece de interfaz gráfica, pero esta limitación se superó mediante la programación y el uso del programa Octave, que es un software de análisis numérico también libre. Por tanto, se realizó un script de análisis por lotes para el pre y post procesamiento de los resultados que interactúe con el Opensees y el Octave.

El gasto en tiempo de cómputo también limita la consideración del número de pisos en los prototipos a analizar, el número de vanos, tipo de sistema resistente a la carga sísmica y parámetros empleados para el modelamiento de los disipadores viscosos.

Se seleccionaron prototipos representativos basados en estructuras típicas de edificios de concreto armado, diseñadas de acuerdo con estándares internacionales como los del American Concrete Institute (ACI, 2022) y la ASCE (2022), cumpliendo además con las normativas vigentes en Perú establecidas por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2020a, 2020b, 2020c). Por lo tanto, se estima que la investigación no está limitada a una región o país en particular, ya que los resultados y conclusiones pueden ser de aplicación generalizada.

En cuanto a los recursos disponibles, la principal restricción reside en la adquisición del programa ETABS, que será utilizado únicamente en la fase inicial de dimensionamiento, análisis y diseño. Se requiere una versión completa y costosa del programa, que incluya herramientas de análisis no lineal y la capacidad de incorporar amortiguadores viscosos.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024.

1.7.2. Objetivos específicos

- Analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024.
- Estimar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos,

considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024.

- Calcular el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024.
- Determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede evaluar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, Lima 2024.

1.8.2. Hipótesis específicas

- Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede analizar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024.
- Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede estimar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024.
- Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede calcular de

manera coherente empleando procedimientos basados en energía, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024.

- Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aportricados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede determinar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024.

II. MARCO TEÓRICO

Esta sección se dedica a elaborar de manera detallada el marco conceptual, donde se profundiza en la descripción de las variables y sus indicadores, los cuales están estrechamente relacionados con el problema de investigación. Posteriormente, se procede a desarrollar las bases teóricas, proporcionando una comprensión general del problema y los principios fundamentales de los métodos basados en el balance energético que serán empleados en la solución.

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos*

De acuerdo con el ASCE (2022), un edificio con pórticos se define como una estructura que se compone de pórticos secundarios, diseñados para soportar cargas gravitacionales, y pórticos principales, que constituyen el sistema resistente a la carga sísmica, con la capacidad necesaria para resistir, mantener la rigidez y disipar la energía suficiente para hacer frente a los movimientos del terreno. Los prototipos de edificios con pórticos que se utilizaron están compuestos únicamente por vigas y columnas, excluyendo cualquier sistema de arriostramiento adicional.

En el Capítulo 18 del ACI (2022), los edificios se clasifican según la categoría de diseño a la que pertenecen, la cual está vinculada al nivel de peligrosidad sísmica, según lo establecido por el ASCE (2022) y considerando factores de importancia. Por lo tanto, los edificios pueden ser clasificados como ordinarios, intermedios o especiales, y cada categoría puede tener disposiciones mínimas o más estrictas según su clasificación. Un sistema aporticado ordinario resistente a momento ordinario (OMF) tiene recomendaciones sísmicas mínimas, diseñadas únicamente para garantizar la continuidad del acero de refuerzo en las vigas, mejorando así la resistencia lateral y la integridad estructural. El propósito de esta investigación se enfoca en las estructuras ordinarias resistentes a momento de concreto armado, ya que se busca una mayor

deformación inelástica en la estructura principal. El refuerzo básico para la flexión consistió en calcular una resistencia nominal utilizando el concepto de bloque equivalente de concreto, suponiendo una distribución de deformaciones lineales, con una deformación máxima de diseño en el bloque comprimido de concreto de 0.003. Se aplicaron cuantías de refuerzo que garanticen un diseño controlado por tracción y evitando las fluencias por corte.

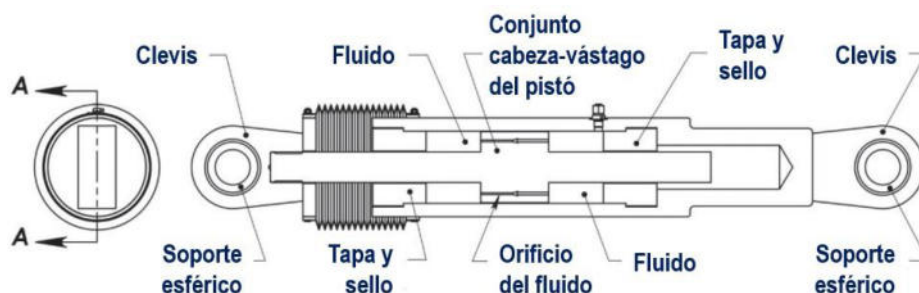
Taylor Devices Inc. (2020) indica que los amortiguadores viscosos inicialmente se implementaron en estructuras relacionadas con la defensa y aplicaciones militares, y con el tiempo se han expandido hacia usos comerciales, residenciales y puentes, sujetos a cargas sísmicas, de viento, entre otras. La tecnología de estos dispositivos ha demostrado ser confiable y resistente a lo largo de décadas, incluso durante la Guerra Fría. La integración de dispositivos de amortiguamiento se ha transformado en un recurso de gran utilidad, predecible y confiable para mejorar considerablemente la resiliencia de las estructuras. Por esta razón, muchos códigos y estándares en todo el mundo han incorporado métodos para abordar la respuesta de las estructuras con estos dispositivos, aunque no ofrecen una comparación directa de la mejora en la resiliencia que se logra. Asimismo, mencionan que el amortiguamiento en sistemas dinámicos ocasiona una reducción en la amplitud de las oscilaciones, lo que implica la disipación de energía del sistema. Esta energía se transforma en otra forma de energía. Por tanto, un amortiguador se puede definir como un mecanismo o propiedad interna que facilita esta transferencia de energía. Generalmente, el amortiguamiento convierte la energía mecánica en calor, el cual se disipa al entorno mediante tres procesos de intercambio de calor: conducción, convección y radiación. Los amortiguadores viscosos generan una resistencia solamente cuando alcanzan cierta velocidad, y por lo general, no contribuyen a la rigidez de una estructura ni soportan cargas estáticas.

En la Figura 1 se muestran los componentes de un amortiguador viscoso. Aunque los elementos de diseño son limitados, la complejidad del detalle requerido puede variar

considerablemente, llegando en ocasiones a ser difícil y complicado, según los fabricantes. El pistón dentro de un amortiguador produce una presión (fuerza) que cambia en función de la velocidad, lo que implica que, a medida que aumenta la velocidad, la fuerza generada también aumenta (ASCE, 2022, 2023).

Figura 1

Amortiguador de fluido típico y sus partes



Nota. Adaptado de *Fluid viscous dampers*, por Taylor Devices Inc. (2020).

Los dispositivos fabricados por Taylor Devices Inc. (2020), están disponibles con capacidades de fuerza de hasta 1800 kip (816 Tn), con un margen de seguridad para la fluencia de aproximadamente 2:1 en el diseño de los elementos estructurales. El valor del exponente puede oscilar entre 0.2 y 2.0 según la aplicación. En aplicaciones sísmicas, se sugiere un exponente de velocidad menor que 1.0, siendo los valores entre 0.3 y 0.5 los más comunes en el diseño sísmico de edificios, lo que significa que el margen de seguridad basado en la velocidad es aún mayor al de fluencia. La fuerza se relaciona con la velocidad mediante la Ecuación 1.

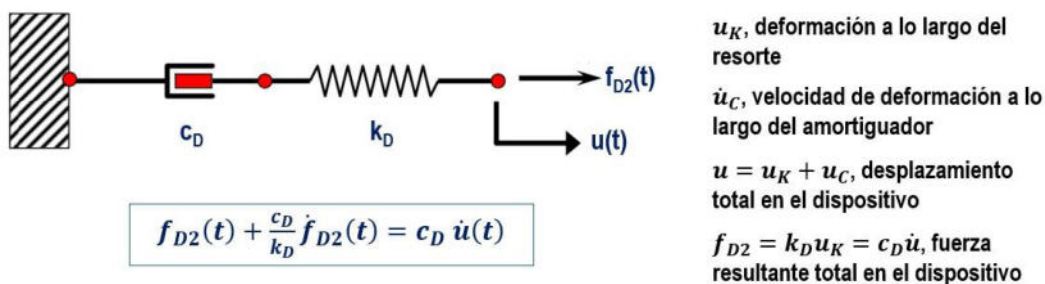
$$f_{D2} = c_D \dot{u}^\alpha \quad (1)$$

donde, c_D es la constante de amortiguamiento en el modelo, \dot{u} la velocidad y α es el exponente de amortiguamiento.

Según Taylor Devices Inc. (2020), los amortiguadores no añaden rigidez al amortiguamiento, por lo que no se necesita rigidez elástica en los análisis dinámicos. Los programas informáticos permiten modelar estructuras con amortiguadores viscosos mediante el modelo de Maxwell, que combina en serie un resorte lineal Hookeano (componente elástica) y un dispositivo viscoso Newtoniano (componente viscosa). Esta fuerza refleja el comportamiento de los fluidos al volverse viscosa bajo una fuerza aplicada de larga duración, pero es crucial que los amortiguadores funcionen a bajas frecuencias para que el coeficiente de amortiguamiento definido sea igual a c_D . La Figura 2 muestra el modelo utilizado en el estudio, adecuado para disipadores viscoelásticos y viscosos, tanto lineales como no lineales. La flexibilidad elástica, $K_e = AE/L$, depende de la fuerza soportada, que puede asumirse para el diseño entre 11100 Tn/m y 214300 Tn/m.

Figura 2

Modelo de Maxwell para modelamiento de amortiguadores viscosos lineales



Nota. Adaptado de *Fluid viscous dampers*, por Taylor Devices Inc. (2020).

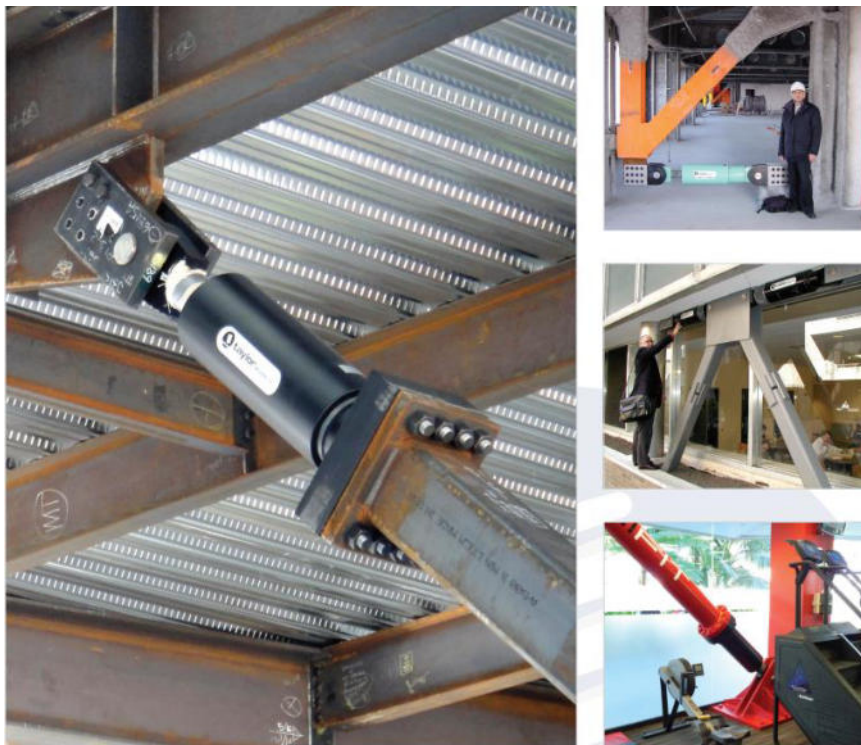
El comportamiento de una estructura durante un terremoto revela que los esfuerzos de deflexión son nulos cuando la estructura pasa por su posición inicial, pero en este momento la estructura se mueve a su máxima velocidad, provocando que el amortiguador reaccione con su máxima fuerza. Por otro lado, cuando la estructura alcanza su máxima deflexión, en el punto más alejado de su posición inicial, la velocidad disminuye a cero, lo que resulta en una reducción de la fuerza en el amortiguador hasta llegar a cero. En resumen, los amortiguadores viscosos están desfasados con respecto a los esfuerzos de deflexión de la estructura.

Una técnica para instalar amortiguadores viscosos es conocido como amortiguamiento distribuido, que implica ubicar los dispositivos al interior del edificio, en varios niveles de esta, con el fin de capturar y absorber la energía. La ventaja principal de este enfoque es la habilidad de absorción de energía en todas las frecuencias de vibración. Por otro lado, existe otro método que implica un sistema secundario lateral, el cual no proporciona los mismos beneficios que el amortiguamiento distribuido

En la Figura 3 se muestran configuraciones típicas para la ubicación de los dispositivos.

Figura 3

Configuraciones típicas de amortiguadores en pórticos



Nota. Adaptado de *Fluid viscous dampers*, por Taylor Devices Inc. (2020).

Una opción común es la disposición en forma de Chevron (en “V” invertida), donde los amortiguadores se colocan horizontalmente, permitiendo que la flexibilidad de la estructura transfiera directamente el movimiento al amortiguador, aunque parte del movimiento puede perderse debido a la rigidez del arriostre. Otra disposición, como los arriostramientos en

diagonal, solo permite que una componente de la deflexión ingrese al dispositivo, siendo esta la configuración más simple.

Existen otras alternativas de disposición que, como las configuraciones con brazo externo, capturan las deflexiones en un plano y las transfieren a otro plano, lo que ofrece un sistema eficaz pero que requiere un diseño y fabricación complejos, estando patentados algunos modelos. Asimismo, se pueden utilizar "mega-arriostres" (ver Figura 4), que absorben las deflexiones en varios niveles.

Figura 4

Amortiguadores en pórticos con "mega arriostres"



Nota. Adaptado de *Fluid viscous dampers*, por Taylor Devices Inc. (2020).

2.1.2. Masa sísmica

En términos generales, la masa indica la cantidad de material presente en un edificio. Desde la perspectiva estructural, esta propiedad refleja la fuerza inercial o resistencia generada por los desplazamientos inducidos por el movimiento debido a cargas laterales.

Como lo indica Chopra (2019), cuando la masa está distribuida a lo largo de la longitud de un componente de manera continua, cada parámetro ingenieril se define en cada punto a lo largo del mismo. Si se considera la masa concentrada en puntos discretos (idealización de masa concentrada o lumpada), el análisis se simplifica, ya que las fuerzas inerciales actúan solo en

esos puntos, es decir, los desplazamientos y aceleraciones se definen únicamente en esas ubicaciones, y la cantidad de componentes de desplazamiento necesarios para representar la totalidad de las fuerzas inerciales se conoce como número de grados de libertad dinámicos. Una estructura se suele dividir en segmentos con nodos como puntos de conexión, considerando cada segmento como una masa puntual distribuida estáticamente en sus nodos. La masa total en cualquier nodo es la suma de todas las contribuciones nodales de los componentes que se conectan al mismo. En sistemas con grados de libertad de traslación definidos, la matriz de masa concentrada es diagonal. Si hay múltiples grados de libertad en un nodo, se asocia la misma masa puntual a cada uno, mientras que, para grados de libertad rotacionales, la masa es cero.

Las normativas suelen abordar el cálculo de las cargas en estructuras, tomando en cuenta la masa de los elementos estructurales y las cargas muertas en su totalidad. Sin embargo, en lo que respecta a la carga viva, se establece un porcentaje que varía según el uso previsto del edificio (MVCS, 2020b).

2.1.3. Índice de colapso

Para llevar a cabo un estudio IDA, se utilizan múltiples análisis historia de respuesta, donde los registros se escalan a diferentes intensidades hasta que ocurre el colapso numérico. Según las directrices del FEMA (2009), se adopta un espectro objetivo normativo para el SMC, S_{MT} , luego los movimientos del terreno se normalizan y escalan considerando la mediana de los espectros de respuesta de estos. Esto permite que todos los registros estén escalados con respecto al SMC y se puedan ajustar a intensidades mayores y menores que el S_{MT} . Por conveniencia, se normalizan los cálculos para que la intensidad del S_{MT} sea igual a la unidad. Durante la construcción de la curva IDA, se llega a puntos donde se alcanza una inestabilidad numérica (en este estudio, se monitorea la energía potencial para cumplir con este propósito), en estos puntos se habrá llegado a la aceleración que induce al colapso o la capacidad de

colapso, S_{CT} . A la relación entre estas intensidades se denomina índice de colapso, como se presenta en la Ecuación 2, que se utiliza para evaluar el índice de margen de colapso.

$$IC = \frac{S_{CT}}{S_{MT}} \quad (2)$$

2.1.4. Relación de amortiguamiento añadida o suplementaria

Según Chopra (2019), cuando la amplitud de vibración decae de forma progresiva se debe a un fenómeno conocido como amortiguamiento y este es el encargado de disipar la energía vibracional. En estructuras reales, varios mecanismos, como la formación de microfisuras en el concreto o la fricción en las conexiones de acero, contribuyen a la disipación de energía durante la vibración. Difícilmente se pueden describir matemáticamente todos estos mecanismos. Por eso, el amortiguamiento en estas estructuras se representa de manera idealizada, a menudo con un amortiguador viscoso lineal o dashpot. Se selecciona un coeficiente de amortiguamiento, c , la cual indica la energía disipada durante un ciclo de vibración libre y representa la energía disipada considerada igual a la suma de la de todos los mecanismos presentes en la estructura. La fuerza que genera el amortiguamiento, f_D , se relaciona con la velocidad según la siguiente Ecuación 3:

$$f_D = c\dot{u} \quad (3)$$

En la dinámica estructural, es común emplear la relación de amortiguamiento o fracción del amortiguamiento crítico, ξ , que constituye una medida adimensional del amortiguamiento que está influenciada por la rigidez y la masa. Esta relación se define como:

$$\xi = \frac{c}{c_{cr}} = \frac{c}{2m\omega_n} \quad (4)$$

donde, c_{cr} es el amortiguamiento crítico y ω_n es la frecuencia circular.

De acuerdo con el ASCE (2022, 2023), el amortiguamiento efectivo en estructuras con amortiguadores viscosos, ξ_{eff} , se calcula según la Ecuación 5:

$$\xi_{eff} = \xi_I + \xi_{V1}\sqrt{\mu} + \xi_H \quad (5)$$

donde, ξ_I es el amortiguamiento inherente de la estructura debido a la estructura principal, ξ_{V1} es el amortiguamiento añadido debido a los amortiguadores viscosos, μ es la demanda de ductilidad del sistema y ξ_H es el amortiguamiento histerético causado por el comportamiento postfluencia del sistema resistente a la carga sísmica.

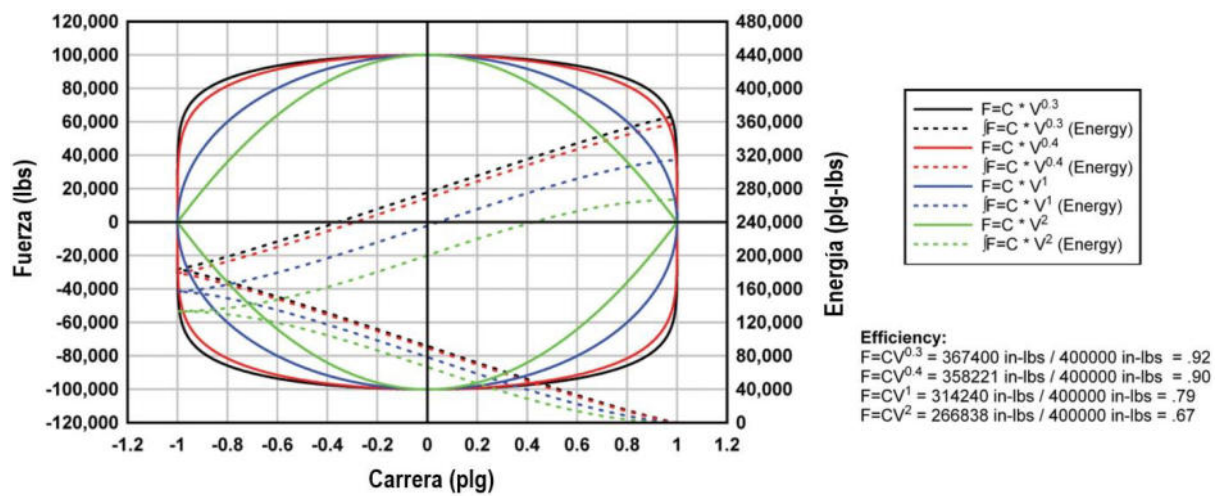
El amortiguamiento resulta ventajoso para el comportamiento estructural en situaciones de resonancia, dado que reduce de manera efectiva las amplitudes de desplazamiento generadas por la carga sísmica. Es habitual expresarlo como un porcentaje con relación al amortiguamiento crítico del sistema.

2.1.5. Exponente de la velocidad en los amortiguadores

Como lo señala Taylor Devices Inc.(2020), el pistón de los dispositivos genera una fuerza (presión) que cambia conforme a la velocidad, de modo que a mayor velocidad, la fuerza resistente producida también es mayor. En la Figura 5 se muestra la comparación de la energía absorbida por un amortiguador ante una onda sinusoidal. Al reducir el exponente de 1.0 (dependencia lineal) a valores menores (dependencia no lineal), el ciclo histerético tiende a volverse más rectangular.

Figura 5

Comparación de la energía absorbida con varios exponentes de amortiguamiento

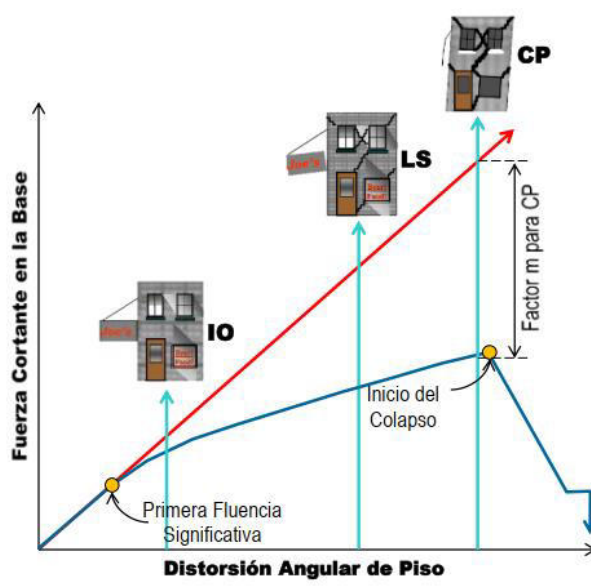


Nota. Adaptado de *Fluid viscous dampers*, por Taylor Devices Inc. (2020).

Al comparar los ciclos para valores de 0.4 y 0.3, se observa que hay un punto en el que ambos ciclos se vuelven similares (parte vertical). Las porciones verticales en los ciclos proporcionan rigidez; por lo tanto, dado que se busca que el amortiguador esté fuera de fase con los esfuerzos de deformación (ASCE, 2022, 2023), es crucial que esta característica no se vea afectada por un exponente demasiado bajo.

2.1.6. Desempeño al colapso sísmico

La evaluación y consideración del desempeño sísmico pueden variar según el enfoque de diseño. Por ejemplo, en el diseño basado en la resistencia, se evalúa el desempeño cumpliendo con el enfoque LRFD. Los códigos prescriptivos típicamente utilizan la distorsión angular del piso como medida para limitar los desplazamientos en un edificio y alcanzar un nivel de prestación deseada. Por otro lado, estándares como el ASCE (2023) sugieren el uso de la rotación plástica en los componentes como indicador de desempeño, estableciendo valores límite para diferentes niveles discretos: ocupación inmediata (IO), seguridad de vida (LS) y prevención de colapso (CP), que se pueden observar según la presentación de una curva pushover (ver la Figura 6).

Figura 6*Niveles de desempeño estructural*

Estos niveles discretos se utilizan en la primera generación de la ingeniería sísmica basada en desempeño. Normalmente, las distorsiones máximas a nivel de diseño de los códigos prescriptivos son equivalentes al nivel de seguridad de vida.

Aunque el empleo de la rotación plástica es común en la primera generación de la ingeniería sísmica basada en desempeño, el FEMA (2018) adopta un enfoque diferente, considerándolo en términos de variables de riesgo, como el costo y el tiempo de reparación, así como la cantidad de víctimas, lo que representa la segunda generación de la ingeniería sísmica basada en desempeño.

2.1.7. Índice de margen de colapso (IMC)

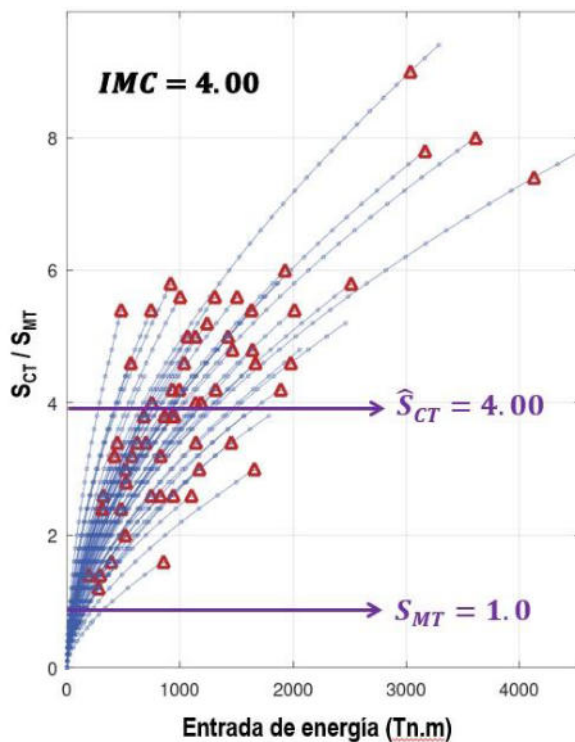
El FEMA (2009) establece los criterios esenciales para la evaluación del desempeño. El primer criterio consiste en la mediana del índice de colapso, \hat{S}_{CT} , que se define como la intensidad con la que la mitad de los registros analizados en el análisis IDA provocan el colapso del prototipo. Luego, se especifica que el índice de margen de colapso (IMC) es el parámetro principal que caracteriza la seguridad ante el colapso y se calcula de la siguiente manera:

$$IMC = \frac{\hat{S}_{CT}}{S_{MT}} \quad (6)$$

En otras palabras, el IMC representa cuántas veces la intensidad S_{MT} es necesaria para que el 50% de los registros experimenten el colapso. Además, el IMC se ve afectado por varios factores, como la variabilidad en los terremotos y la incertidumbre presente en la estructura, desde su diseño hasta la construcción. La Figura 7 ilustra cómo se evalúa el IMC para uno de los prototipos examinados.

Figura 7

Cálculo del IMC según el FEMA



Para evaluar el desempeño, de acuerdo con la metodología del FEMA (2009), se elige un nivel de incertidumbre total y se establece una probabilidad condicional de colapso, la cual varía según la importancia o el nivel de riesgo de la estructura (2.5% para estructuras esenciales, 5.0% para las importantes y 10% para las convencionales). Los valores aceptables del IMC a emplear se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1*Valores de aceptabilidad del IMC*

Incertidumbre total	Probabilidad condicional de colapso aceptable del IMC a evaluar					
	2.5%	5.0%	10%	15%	20%	25%
0.30	1.82	1.64	1.47	1.36	1.29	1.22
0.35	2.00	1.78	1.57	1.44	1.34	1.27
0.40	2.21	1.93	1.67	1.48	1.37	1.29
0.45	2.43	2.10	1.84	1.64	1.49	1.38
0.50	2.66	2.28	1.90	1.68	1.52	1.40
0.55	2.90	2.47	2.02	1.77	1.59	1.45
0.60	3.18	2.68	2.16	1.86	1.66	1.50
0.65	3.49	2.91	2.30	1.96	1.73	1.55
0.70	3.82	3.16	2.45	2.07	1.80	1.60

Nota. Adaptado de *Quantification of Building Seismic Performance Factors*, por el FEMA (2009).

2.1.8. Relación entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía

Para utilizar los enfoques basados en el balance energético, es esencial caracterizar la acción sísmica considerando la entrada de energía y su relación con el desplazamiento máximo. También es crucial comprender cómo se distribuye esta energía entre los diferentes niveles de un edificio. La entrada de energía está influenciada por diversos factores, como las características estructurales, las propiedades de los terremotos y el efecto de los modos superiores. Además, se considera una cantidad constante y no está vinculada a otros parámetros como la resistencia, el amortiguamiento o el comportamiento histerético (Benavent et al., 2021).

Una particularidad de la excitación sísmica en estructuras, diferente a otras formas de excitación dinámica, es que se manifiesta mediante movimientos en la base en lugar de cargas externas. La definición de estos movimientos en la base constituye la etapa más compleja e incierta al intentar prever la respuesta estructural a los terremotos. Sin embargo, una vez

establecidos estos movimientos iniciales, el cálculo de las tensiones y deflexiones correspondientes en cualquier estructura se convierte en un problema estándar de dinámica estructural (Chopra, 2019).

Akiyama (2008) destaca que, en los métodos energéticos, la información se integra en un único valor escalar, lo cual es apropiado para resumir el comportamiento estructural. Además, menciona que la entrada de energía es una cantidad constante y estable, determinada por la masa y el periodo fundamental de la estructura, tal como lo predijo Housner. La entrada de energía, E_I , se puede transformar en una velocidad equivalente, V_E , como:

$$E_I = \frac{mV_E^2}{2} \quad (7)$$

Si se grafica la velocidad equivalente V_E versus el periodo fundamental se obtiene un espectro de energía. Para Chopra (2019), la entrada de energía en sistemas inelásticos se disipa a través del amortiguamiento y la fluencia, y puede evaluarse integrando la fuerza sísmica de la ecuación de equilibrio dinámico:

$$E_I = - \int_0^u m\ddot{u}_g(t) du \quad (8)$$

Según Taylor Devices Inc. (2020), la fuerza en el amortiguador solo ejerce resistencia cuando el pistón del dispositivo se mueve, sin proporcionar una fuerza restauradora. La energía se disipa dentro del fluido del amortiguador y se transforma en calor, lo que permite reducir los costos de la estructura al emplear elementos estructurales más pequeños y cimentaciones menos complejas. La carrera, también conocida como deflexión o recorrido, representa la amplitud disponible para que el pistón se desplace dentro de la cámara del disipador.

En las figuras 8 y 9 se muestran los trazados de las historias de respuesta tanto a nivel de componente estructural como en un amortiguador. Al integrar el trazado histerético, es posible calcular la energía disipada, la energía total disipada se obtiene sumando la energía de todos los componentes.

Figura 8

Respuesta en una rótula plástica: (a) momentos, (b) rotaciones; y (c) trazado histerético

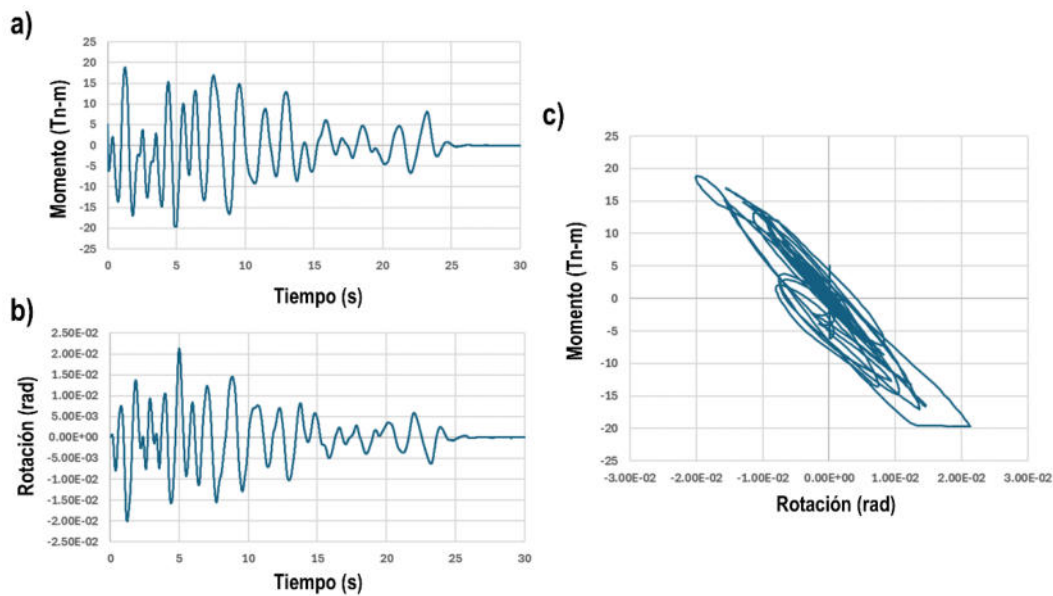
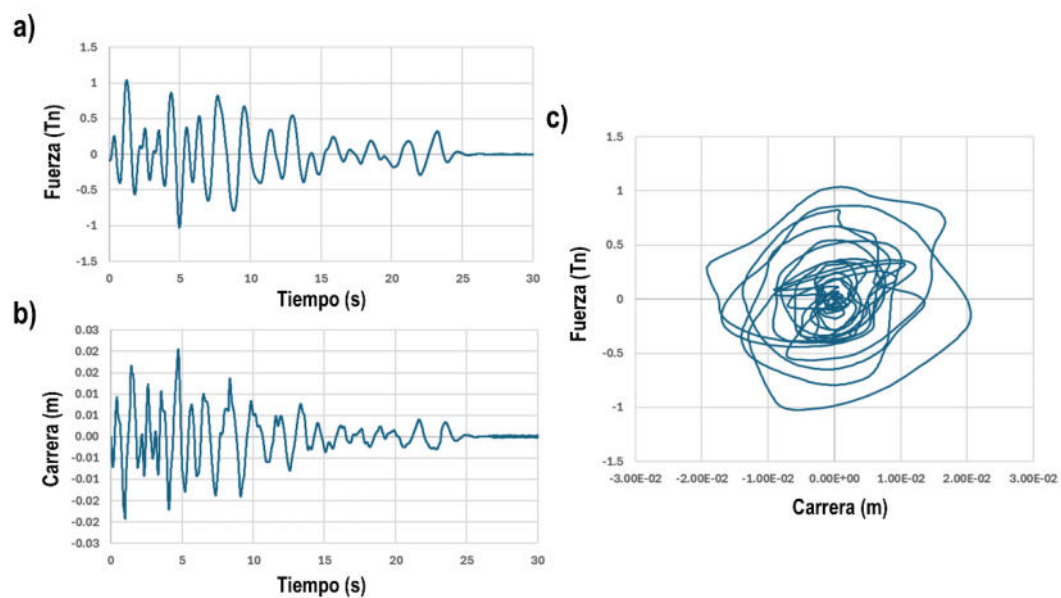


Figura 9

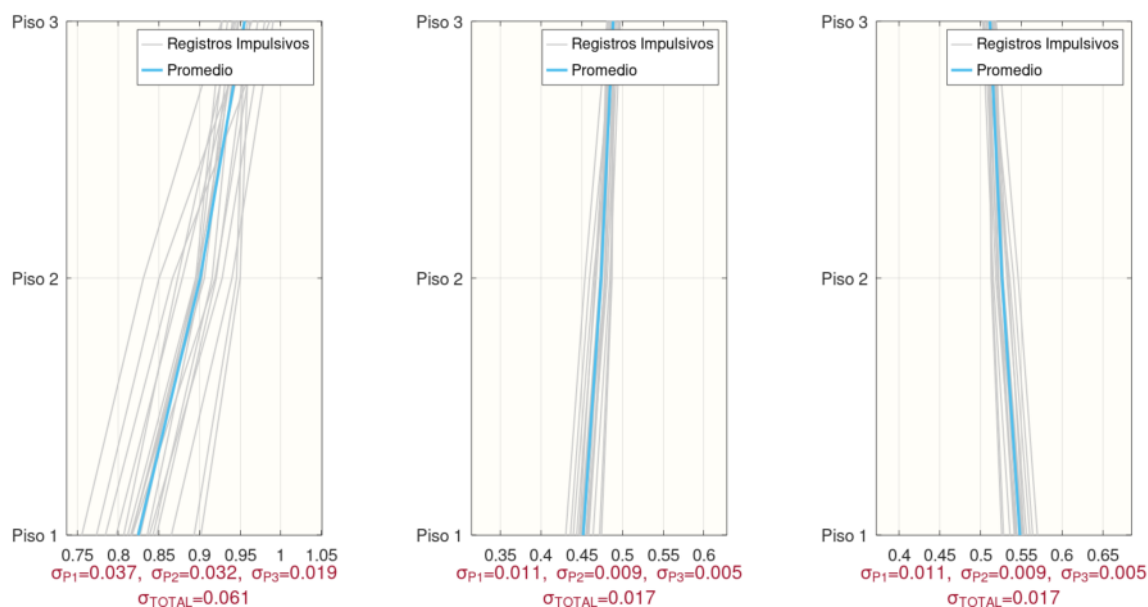
Respuesta en un amortiguador: (a) fuerzas, (b) carrera, y (c) trazado histerético



Calculadas las energías de disipación se puede evaluar las relaciones entre estas y con respecto a la entrada de energía. También, un criterio importante es evaluar la distribución de energía pero por piso, un ejemplo de esta evaluación se observa en la Figura 10, donde Toledo (2021) representa las relaciones de energía para un edificio de tres pisos, encontrándose que tanto la estructura principal como los amortiguadores disipan una cantidad casi similar de energía.

Figura 10

Relaciones de energía entre los disipadores viscosos y la estructura principal



Nota. Adaptado de *Distribución de Energía entre Disipadores Viscosos y Pórticos con Respuesta No Lineal: Aplicación a los Métodos Basados en el Balance Energético*, por Toledo (2021).

2.1.9. Aceleraciones de piso

El FEMA (2018) señala que las fuerzas inerciales generadas por la aceleración de un terremoto aumentan con la masa del edificio, con la magnitud de la aceleración o la intensidad del temblor, y con la elevación sobre la base donde las excitaciones se amplifican. Como resultado, las fuerzas sísmicas experimentadas por encima de la base de un edificio pueden ser significativamente superiores a las de la base. Por tanto, es necesario la consideración de las

aceleraciones de piso para evaluar el desempeño de los componentes no estructurales y los contenidos en una estructura, considerando a estos como parte integral del desempeño de un edificio. Así, la aceleración en los pisos es un indicador crucial para tener en cuenta al nivel de colapso.

Según el ASCE (2022, 2023), Chalarca et al. (2020) y Sánchez et al. (2023), el proceso de diseño de los contenidos y elementos no estructurales implica la elaboración de espectros de piso, que se construyen a partir de historias de aceleraciones de piso o también empleando aceleraciones pico de piso.

2.1.10. Distorsiones angulares de piso

Los estándares y códigos internacionales, como los del ASCE (2022, 2023), del MVCS (2020b) y reportes como el FEMA (2018), emplean la distorsión angular del piso como el parámetro ingenieril principal que representa el nivel de daño en componentes estructurales de una estructura.

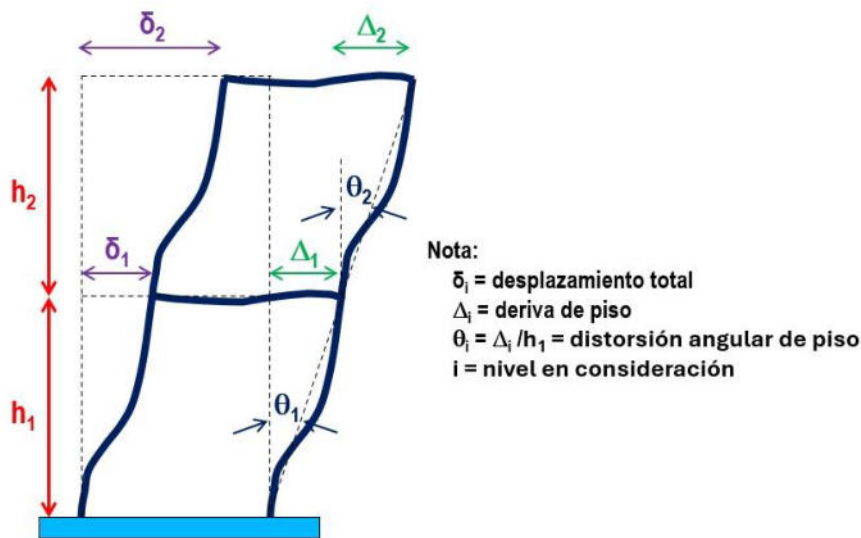
Un diseño convencional se considera completo cuando las distorsiones angulares del piso están por debajo del valor límite establecido. Esta distorsión angular también se conoce como relación de derivas del piso, calculada dividiendo la deriva (desplazamiento relativo) entre la altura del piso.

En Perú, el MVCS (2020b) solicita calcular distorsiones inelásticas para verificar el valor límite de estas, que debe ser inferior a 0.007 (0.7%) para estructuras de concreto armado, usando secciones brutas en los cálculos. El ASCE (2022) también requiere evaluar distorsiones inelásticas, pero los valores máximos varían según la categoría de riesgo e importancia del edificio, y a diferencia de la normativa peruana, se emplean secciones efectivas.

En la Figura 11 se muestra cómo se calcula la distorsión angular del piso, considerando que en deformaciones pequeñas el ángulo es igual a su tangente.

Figura 11

Determinación de las distorsiones de piso



2.2. Bases teóricas

2.2.1. Métodos de cálculo sísmico basados en fuerzas

Según el FEMA (2018), el proceso convencional de diseño de edificios no se centra en el desempeño sísmico. En este proceso, los componentes se seleccionan y detallan siguiendo criterios prescriptivos de diseño basados en la resistencia, como el LRFD o ASD, establecidos en normas como el AISC y ACI. Aunque estos criterios se desarrollaron con el propósito de asegurar un cierto nivel de prestación frente a sismos, este no siempre se entiende y raramente se evalúa.

En 1978 se publica lo que se denomina el diseño sísmico basado en ductilidad, por el Applied Technology Council, y adoptado en el ASCE 7 de 1993, posteriormente conocido como diseño basado en fuerzas y es el que se emplea en los códigos tradicionales. Este enfoque utiliza un coeficiente sísmico que es el factor de modificación de respuesta, R , asumiendo un comportamiento elasto-plástico-perfecto y con la finalidad de obtener una resistencia de diseño. Las derivas de piso se calculan multiplicando la deriva de cálculo por un factor de amplificación, permitiendo comparar con valores límites establecidos. Se reconoce, que para

sistemas de un único grado de libertad (SDOF), los desplazamientos calculados elásticamente son aproximadamente iguales a los obtenidos de manera inelástica, esto se conoce como el concepto de igual desplazamiento. Los diseños sismorresistentes tradicionales permiten incursiones inelásticas controladas debido a la ductilidad de los elementos, asegurando que los daños estructurales no pongan en riesgo la vida de los ocupantes.

El ASCE (2022) establece que los análisis estructurales pueden llevarse a cabo usando métodos lineales elásticos, como fuerzas horizontales equivalentes, análisis modal de respuesta espectral o análisis historia de respuesta lineal, así como mediante procedimientos no lineales, como el análisis de historia de respuesta no lineal. Sin embargo, en la práctica actual se suelen preferir los métodos de fuerzas horizontales equivalentes y el análisis modal de respuesta espectral debido a su amplia implementación en software de cálculo.

A pesar de cumplir con los estándares de diseño, eventos sísmicos como los de Northridge y de Kobe, en 1994 y 1995, respectivamente, cuestionaron la eficacia del enfoque tradicional. Por tanto, desde los años noventa, ha surgido un enfoque alternativo conocido como ingeniería sísmica basada en desempeño, que permite utilizar métodos basados en desplazamientos y calcular variables de riesgo.

Las limitaciones de los enfoques basados en fuerzas incluyen: la evaluación de un único nivel de desempeño y la aplicación de un solo evento sísmico, la utilización de análisis lineales elásticos, la falta de consideración de criterios de aceptabilidad local, la dependencia del factor R de carácter empírica y el diseño fundamentado en la ductilidad, como lo menciona el FEMA (2018).

2.2.2. Los métodos de cálculo sísmico basados en desplazamientos

Los métodos basados en fuerzas describen el impacto del terremoto en términos de fuerzas, lo cual carece de sentido cuando la estructura se vuelve plástica, ya que en ese punto las fuerzas máximas están limitadas por la resistencia de la estructura, independientemente de

la intensidad del terremoto. El concepto de fuerza sísmica es ficticio. La carga sísmica provoca deformaciones que superan la resistencia máxima (una estructura dúctil puede seguir deformándose hasta el colapso).

Los métodos basados en desplazamiento evalúan la capacidad de una estructura mediante una curva pushover por medio de un análisis monotónico, que muestra los desplazamientos en el techo versus la cortante en la base. Este análisis se puede hacer basado en fuerzas o en desplazamientos. En el enfoque basado en desplazamientos, se fija un desplazamiento objetivo y se realizan análisis en incrementos, buscando evaluar un patrón de cargas definido. Se consideran curvas backbone en los componentes estructurales, que definen la ruta de carga. El patrón de cargas puede variar, pero el más aceptado es basado en el comportamiento del primer modo de vibración y adaptativo. Fardis (2018) menciona que la curva pushover, obtenida a partir de análisis historia de respuesta no lineales, muestra una envolvente de ciclos histeréticos. Esta curva sirve para identificar zonas de fluencia y verificar criterios de aceptabilidad en la estructura.

El punto de desempeño en la curva pushover se determina mediante varios métodos, como el método del espectro de capacidad igualando la relación de amortiguamiento en la demanda y la capacidad, y el método de los coeficientes tratando de igualar la ductilidad (ASCE, 2023).

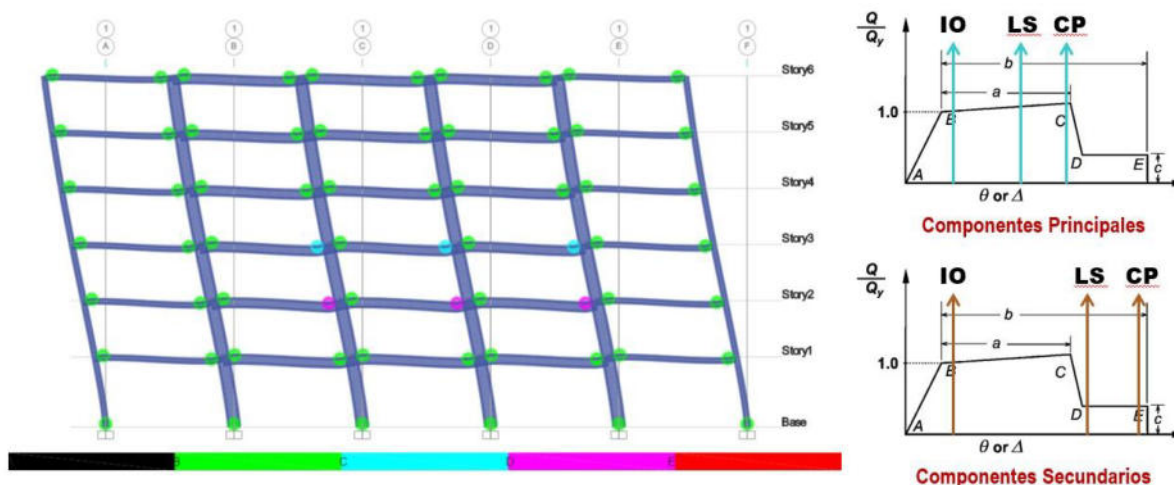
El uso de métodos basados en desplazamientos requiere comprender el comportamiento no lineal de la estructura. A diferencia de los métodos basados en fuerzas que utilizan la rigidez inicial o efectiva, en los métodos basados en desplazamientos se emplea la rigidez secante efectiva al punto de desempeño para calcular los parámetros dinámicos relevantes (Rizwan et al., 2020). Esto ha llevado a su uso en el diseño de estructuras con protección sísmica, donde el comportamiento no lineal está bien definido. Por ejemplo, en los aisladores sísmicos se puede aislar la estructura principal de la interfaz de aislamiento, dimensionando la

superestructura para mantenerse dentro o cerca de su comportamiento elástico, ajustando el periodo inicial de manera convencional o fija y el periodo con base aislada (ASCE, 2022).

Algunos aspectos integrados en los estándares de la ingeniería basada en desempeño, que utilizan el enfoque de desplazamientos, incluyen la posibilidad de verificar varios niveles de desempeño, considerar múltiples eventos sísmicos, la aplicación de análisis no lineales, y la evaluación de criterios de aceptabilidad a niveles global y local (ver la Figura 12).

Figura 12

Mecanismo plástico formado y criterios de aceptabilidad locales



Nota. Adaptado de los Resultados para la verificación de los criterios de aceptabilidad, del programa ETABS, por CSI (2022).

2.2.3. Los métodos de cálculo sísmico basados en el balance energético de Housner-Akiyama

Según Donaire y Benavent (2020), Housner introdujo el enfoque de los métodos basados en el balance energético en 1956. Luego, Akiyama lo desarrolló y aplicó en diversos tipos de edificaciones, considerándose como el creador del marco teórico actual. El diseño basado en la energía implica determinar la entrada de energía del terremoto, su distribución en diversos mecanismos de disipación, la fuerza cortante y los desplazamientos máximos.

En la Ecuación 9 se muestra la ecuación del equilibrio dinámico en un sistema inelástico, la cual se integra según lo indica Chopra (2019):

$$m\ddot{u} + f_D(\dot{u}) + f_S(u) = -m\ddot{u}_g(t) \quad (9)$$

Esta ecuación se emplea para calcular los desplazamientos relativos, $u(t)$, sometidos a una aceleración del terreno $\ddot{u}_g(t)$, así como las velocidades y aceleraciones relativas, $\dot{u}(t)$ y $\ddot{u}(t)$, respectivamente; donde m es la masa, $f_D(\dot{u})$ es la fuerza debido al amortiguamiento viscoso y $f_S(u)$ es la fuerza resistente considerando un sistema elastoplástico. Al integrar la Ecuación 9, podemos obtener los tipos de energía según la Ecuación 10:

$$\underbrace{\int_0^u m\ddot{u}(t)du}_{W_{ek}} + \underbrace{\int_0^u c\dot{u}(t)du}_{\substack{W_D=W_\zeta \\ W_{D1}+W_{D2}}} + \underbrace{\int_0^u f_S(u)du}_{\substack{W_s \\ W_{es}+W_p}} = - \underbrace{\int_0^u m\ddot{u}_g(t)du}_{E_I} \quad (10)$$

Si en la Ecuación 8 suponemos que $du = \dot{u}dt$, llegamos a la Ecuación 11 que, al integrar desde $t = 0$ segundos hasta el instante t_0 , corresponde al inicio y finalización del evento sísmico, respectivamente.

$$\underbrace{\int_0^{t_0} m\ddot{u}(t)\dot{u}dt}_{W_{ek}} + \underbrace{\int_0^{t_0} c[\dot{u}(t)]^2dt}_{\substack{W_D=W_\zeta \\ W_{D1}+W_{D2}}} + \underbrace{\int_0^{t_0} f_S(t)\dot{u}dt}_{\substack{W_s \\ W_{es}+W_p}} = - \underbrace{\int_0^{t_0} m\ddot{u}_g(t)\dot{u}dt}_{E_I} \quad (11)$$

La primera integral del primer miembro de la Ecuación 10 u 11 representa la energía cinética del sistema que está asociada con la masa:

$$W_{ek}(t) = \int_0^u m\ddot{u}(t)du = \int_0^{\dot{u}} m\dot{u}(t)d\dot{u} = \frac{m\dot{u}^2}{2} \quad (12)$$

La segunda integral representa la energía consumida mediante amortiguamiento viscoso, asumiéndose como el amortiguamiento inherente, W_{DI} , y el amortiguamiento suplementario proporcionado por los amortiguadores, W_{D2} , calculándose como:

$$W_D(t) = W_{DI} + W_{D2} = \int_0^u c\dot{u}(t)du + \int_0^u c_D\dot{u}^\alpha(t)du \quad (13)$$

La tercera integral indica la energía de deformación disipada, ya sea por fluencia o la energía recuperable, esto es, la combinación de la energía almacenada en la estructura mediante deformaciones elásticas, W_{es} , y la energía disipada mediante deformaciones plásticas en los componentes estructurales, W_p , como se muestra a continuación:

$$W_s(t) = \int_0^u f_s(u)du = \frac{[f_s(t)]^2}{2k} = W_{es} + W_p \quad (14)$$

donde, k , es la rigidez del sistema elástico.

Por último, la integral al lado derecho de la Ecuación 10 u 11 representa la entrada de energía:

$$E_I = - \int_0^u m\ddot{u}_g(t)du \quad (15)$$

Si se adiciona la energía cinética a la energía de deformación elástica se obtiene la energía vibracional elástica, $W_e = W_{ek} + W_{es}$, por tanto, las ecuaciones 10 u 11 se pueden expresar como la ecuación fundamental de los métodos basados en el balance de energía:

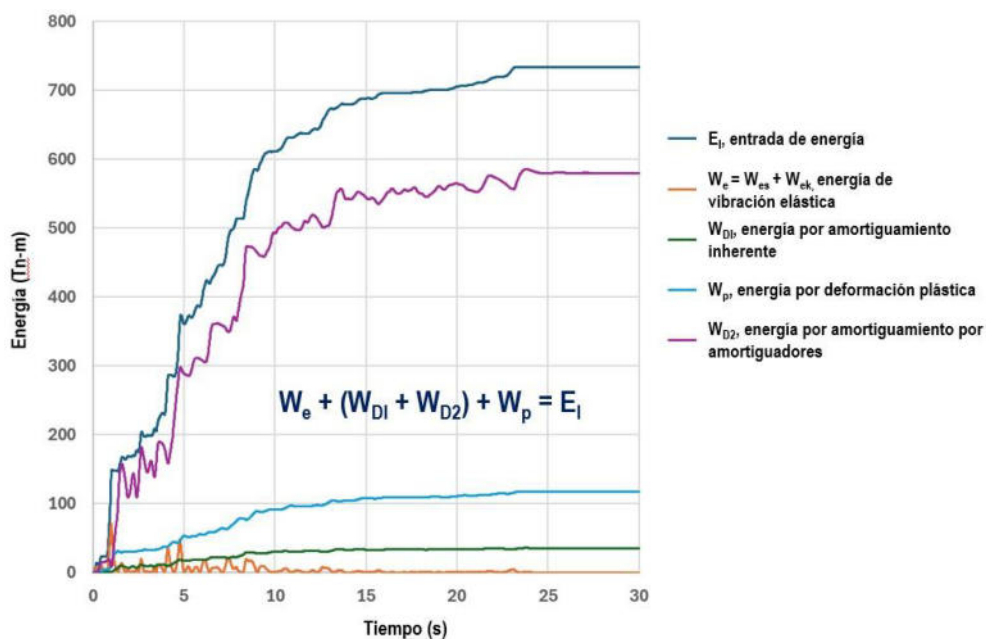
$$\underbrace{W_e + W_D + W_p}_{\text{Capacidad}} = E_I \quad (16)$$

En términos de energía, el primer término de la Ecuación 16 se considera como la habilidad de la estructura para soportar sismos, mientras que el segundo representa el impacto de la carga del terremoto. El enfoque de diseño implica que se garantice que la capacidad sea igual o superior a la demanda que genera el terremoto, pudiendo ambos obtenerse de forma independiente.

La Figura 13 ilustra un diagrama de la historia de respuesta que muestra todas las energías obtenidas utilizando la Ecuación 10 u 11. Es crucial cumplir con el balance de energía establecido por la Ecuación 16.

Figura 13

Historia de energías



Akiyama (2002), siguiendo el planteamiento dado por Housner, denomina como la energía que contribuye al daño a la diferencia entre la entrada de energía y la energía de amortiguamiento, $E_D = E_I - W_D$; asimismo, describe la entrada de energía en términos de una velocidad equivalente, y lo mismo puede hacerse con la energía que ocasiona el daño, de la siguiente manera:

$$V_E = \sqrt{\frac{2E_I}{m}} \quad (17)$$

$$V_D = \sqrt{\frac{2E_D}{m}} \quad (18)$$

Akiyama sugiere que tanto la entrada de energía como las velocidades equivalentes correspondientes, V_E y V_D , son similares en sistemas de varios grados de libertad y sistemas de un grado de libertad.

2.2.4. *Parámetros de modelamiento de los elementos estructurales*

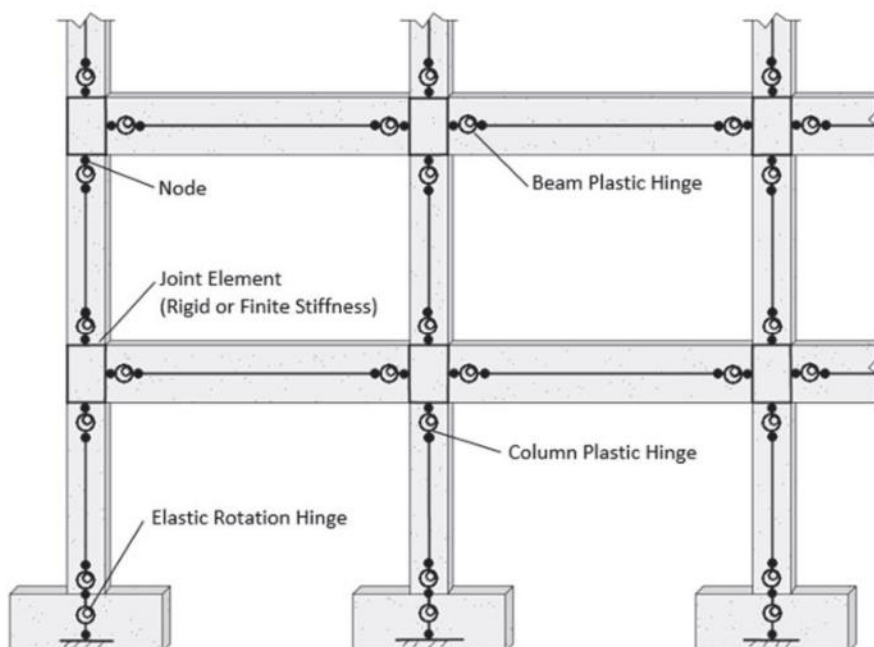
Según el National Institute of Standards and Technology (NIST, 2017), un análisis estático no lineal (pushover) pretende simular el comportamiento dinámico mediante la aplicación de cargas estáticas, aunque su uso ha disminuido debido a limitaciones inherentes. Sin embargo, puede ser útil en edificios de baja altura. Se han explorado distintos tipos de cargas (adaptativas, multimodales), pero su fiabilidad aún no ha sido establecida. En general, los análisis pushover no son idóneos para evaluar la degradación de la respuesta estructural. Mientras que los análisis de historia de respuesta utilizan registros de movimientos sísmicos y resuelve la ecuación general de movimiento (Ecuación 9), teniendo en cuenta el comportamiento en varios modos de vibración y sí consideran la degradación cíclica.

La simulación del comportamiento no lineal puede llevarse a cabo mediante elementos finitos continuos no lineales, aunque su ejecución es costosa. Por otro lado, los modelos fenomenológicos ofrecen una representación de la respuesta mediante resortes no lineales utilizando la curva de fuerza-desplazamiento conocida como curva backbone (FEMA, 2009).

La no linealidad de los componentes viga y columna también puede ser representada mediante la inclusión de rótulas plásticas concentradas en los extremos de los componentes (conocido como enfoque fenomenológico o de plasticidad concentrada, como se muestra en la Figura 14). Estos modelos, que utilizan rótulas concentradas, son los más comúnmente empleados debido a su capacidad para representar adecuadamente la respuesta estructural, incluyendo la degradación de resistencia y rigidez; sin embargo, es necesario calibrar el modelo previamente (NIST, 2017).

Figura 14

Pórtico resistente a momento mostrando rótulas concentradas



Nota. Adaptado de *Guidelines for nonlinear structural analysis for design of buildings, part IIb – reinforced concrete moment frames*, por NIST (2017).

Reinhorn et al. (2009) indican que en un análisis historia de respuesta se pueden emplear reglas histeréticas polinomiales o suavizadas. Estas reglas histeréticas pueden definirse mediante cuatro parámetros principales: (1) degradación de la rigidez (HC), (2) degradación de la resistencia basada en la ductilidad (HBD), (3) degradación de la resistencia basada en la energía (HBE), y (4) efecto de pinzamiento (HS). El factor de degradación de la rigidez se determina mediante la Ecuación 19:

$$R_K^+ = \frac{M_{cur} + \alpha M_y}{K_0 \phi_{cur} + \alpha M_y} \quad (19)$$

donde, M_{cur} es el momento actual; ϕ_{cur} es la curvatura actual; K_0 es la rigidez lineal elástica; α es el parámetro de degradación de rigidez; M_y es el momento plástico o de fluencia, $M_y = M_y^+$ si (M_{cur}, ϕ_{cur}) está al lado derecho del ramal elástico y $M_y = M_y^-$ si (M_{cur}, ϕ_{cur}) está al lado izquierdo del ramal elástico.

La rigidez elástica degradada está dada por la Ecuación 20:

$$K_{cur} = R_K K_0 \quad (20)$$

Y la regla de degradación de resistencia está dada por la Ecuación 21:

$$M_y^{+/-} = M_{y0}^{+/-} \left[1 - \left(\frac{\phi_{max}^{+/-}}{\phi_u^{+/-}} \right)^{\frac{1}{\beta_1}} \right] \left[1 - \frac{\beta_2}{1 - \beta_2} \frac{H}{H_{ult}} \right] \quad (21)$$

donde, $M_y^{+/-}$ es el momento de fluencia positivo o negativo, $M_{y0}^{+/-}$ es el momento de fluencia inicial positivo o negativo, $\phi_{max}^{+/-}$ es la curvatura máxima positiva o negativa, $\phi_u^{+/-}$ es

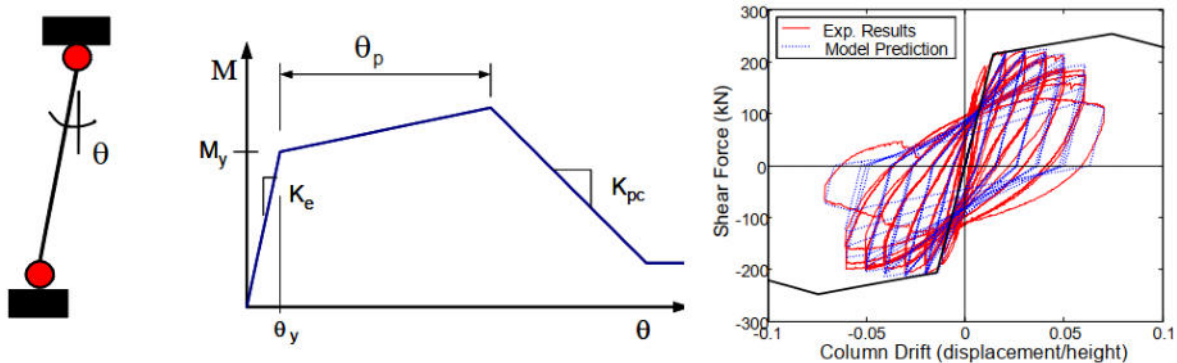
la curvatura última positiva o negativa, H es la energía histerética disipada, H_{ult} es la energía histerética disipada cuando se carga de manera monótonica hasta la curvatura última sin ninguna degradación, β_1 es el parámetro de degradación de resistencia basado en la ductilidad y β_2 es el parámetro de degradación de resistencia basado en energía.

2.2.5. Ajuste de la curva momento-curvatura en vigas y columnas

La característica no lineal de los elementos se refleja a través de la curva momento-curvatura (fuerza-deformación), como se especifica en el ASCE (2023). En la Figura 15 se muestra la curva backbone que se emplea para el modelo de plasticidad concentrada, así como el resultado de la calibración mediante ensayos cíclicos.

Figura 15

Modelado con rótulas concentradas y proceso de calibración de la curva backbone con ensayos cíclicos



Nota. Adaptado de *Modeling and acceptance criteria for seismic design and análisis of tall buildings*, por PEER (2010).

Según el PEER (2010), el objetivo principal es emplear una curva backbone monótonica y asegurar que el comportamiento cíclico refleje la degradación de rigidez y resistencia en el rango de suavizamiento. La modelación de componentes estructurales se basa en características fenomenológicas que representen la respuesta total del componente, reflejada en la relación fuerza-deformación. Esto debe incluir parámetros de rigidez, como la rigidez previa a la fluencia (elástica o inicial), posterior a la fluencia (endurecimiento y ablandamiento)

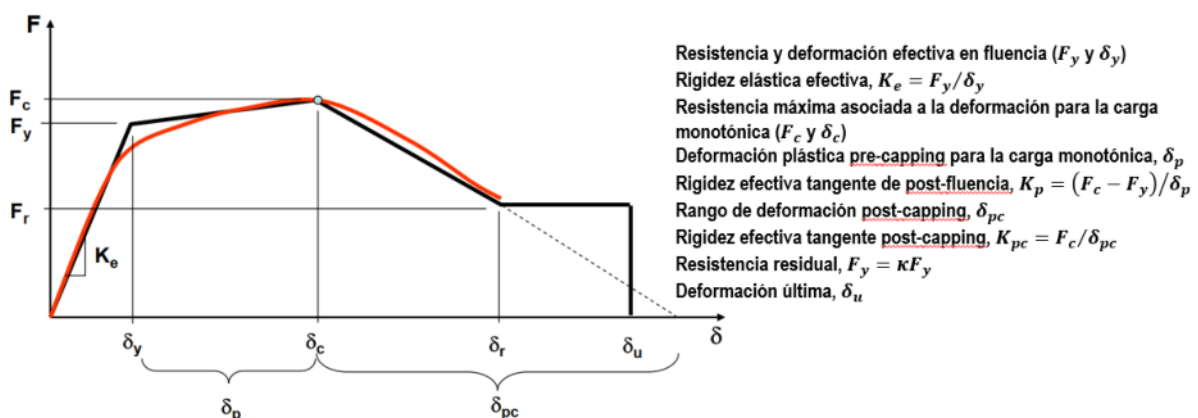
y post-capping (degradación tras la resistencia máxima); parámetros de resistencia, como la resistencia a la fluencia, máxima y residual a grandes deformaciones; y parámetros de deformación, como las deformaciones correspondientes a cada parámetro clave de resistencia (fluencia y capping). La rigidez inicial se caracteriza por ser una rigidez efectiva o secante, mientras que las rigideces post-fluencia y post-capping se definen por una pendiente tangente.

Los parámetros se determinaron utilizando valores esperados, siguiendo las recomendaciones del PEER (2010). Para la resistencia a compresión del concreto, se utilizó un valor esperado $f'_{c,esp} = 1.50f'_c$, y para la resistencia a la fluencia del acero, se empleó un valor esperado $f_{y,esp} = 1.25f_y$. Según las recomendaciones del ACI (2022), la rigidez efectiva en columnas y vigas se consideró igual al 50% y 30%, respectivamente.

La Figura 16 muestra una curva backbone inicial (monotónica) típica, donde F y δ representan la fuerza y la deformación, respectivamente. Estas variables pueden adaptarse a momentos y rotaciones para evaluar el comportamiento a flexión. Las ecuaciones 22 y 23 presentan las formulaciones empíricas propuestas por Haselton et al. (2016) para calcular la rotación plástica, θ_p , y la rotación plástica post-capping, θ_{pc} .

Figura 16

Parámetros para la curva backbone inicial a utilizar en el modelamiento



Nota. Adaptado de *Modeling and acceptance criterion for seismic design and análisis of tall buildings*, por PEER (2010).

$$\theta_p = 0.12(1 + 0.55a_{sl})(0.16)^v(0.02 + 40\rho_{sh})^{0.43}(0.54)^{0.01c_{units}f'_c}(0.66)^{0.1s_n}(2.27)^{10.0\rho} \quad (22)$$

$$\theta_{pc} = (0.76)(0.031)^v(0.02 + 40\rho_{sh})^{1.02} \leq 0.10 \quad (23)$$

donde $a_{sl} = 1$, $v = P/f'_c A_g$ (siendo P la carga axial y A_g el área de la sección transversal), $\rho_{sh} = A_{sh}/sb$ en la zona plástificada (con A_{sh} como el área del refuerzo transversal, s el espaciamiento de estos, y b el ancho de la sección), c_{units} es igual a 1.0 si se emplean unidades SI y 6.9 para unidades inglesas, $s_n = (s/d_b)(f_y/100)^{0.5}$ (donde d_b es el diámetro de la barras longitudinal, $f_y/100$ es para utilizarse en unidades SI o $f_y/14.5$ para unidades en el sistema inglés, $\rho = A_s/bh$ es la cuantía del refuerzo longitudinal (siendo A_s el área de refuerzo y h la altura de la sección).

Para el caso de refuerzo no simétrico, Haselton et al. (2016) recomienda aplicar la corrección propuesta por Fardis y Biskinis. Esta corrección se basa en las cuantías de refuerzo en el lado en tensión, ρ , y en el lado en compresión, $\rho' = A'_s/bh$, lo cual permite calcular la capacidad de rotación no simétrica, $\theta_{p,no-simétrica}$, de la siguiente manera:

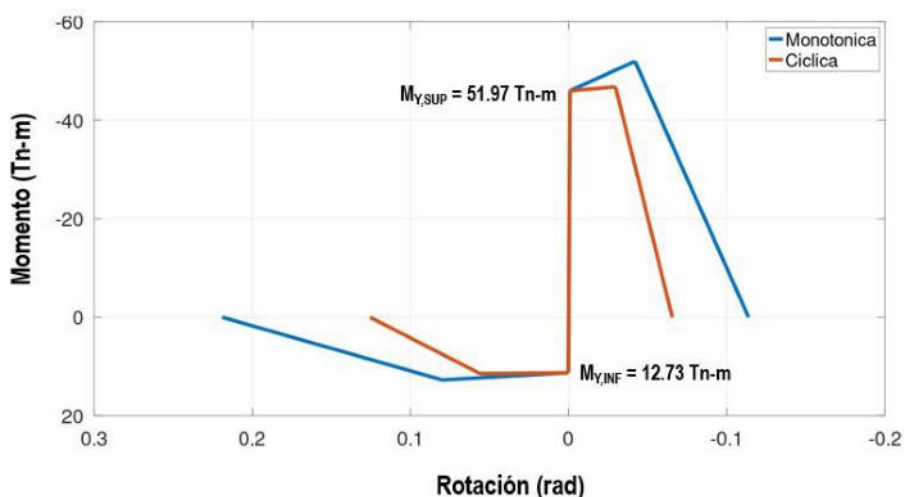
$$\theta_{p,no-simétrica} = \left[\frac{\max\left(0.01, \frac{\rho' f_y}{f'_c}\right)}{\max\left(0.01, \frac{\rho f_y}{f'_c}\right)} \right]^{0.225} \theta_{p,simétrica} \quad (24)$$

El cálculo del momento de fluencia, M_y , se realiza siguiendo las pautas proporcionadas por el ACI (2022) para determinar la resistencia nominal a flexión, mientras que la capacidad máxima o capping en términos de momento se establece como $M_c = 1.13M_y$. En este estudio, no se incluyó la consideración de la resistencia residual.

Las Figuras 17 y 18 muestran las curvas momento-rotación empleadas en el estudio, como ejemplo, para las vigas y columnas del prototipo de seis pisos, respectivamente. Durante los cálculos, se considera explícitamente la degradación cíclica, por tanto, se generaron curvas monotónicas en todos los componentes estructurales. La viga posee un área de refuerzo superior de 17.55 cm^2 que incluye también el área de la losa correspondiente al ancho efectivo equivalente, un área de refuerzo inferior de 4.03 cm^2 , un área de refuerzo transversal de 1.42 cm^2 y un espaciamiento de 10 cm . Para las columnas, es esencial primero crear un diagrama de interacción usando valores esperados. La columna tiene un área de refuerzo total de 36 cm^2 , un área de refuerzo transversal de 10.50 cm^2 y un espaciamiento de 15 cm , y soporta una carga axial de 385 toneladas en compresión. Las figuras muestran diversos parámetros importantes, como la rigidez inicial, K_e , valores en la parte superior e inferior del componente para los momentos de fluencia y momentos máximos (M_y y M_{CAP}), junto con las rotaciones plásticas, post-fluencia y rotaciones últimas (θ_P , θ_{PC} y θ_U , respectivamente). Todos estos parámetros están referenciados también en la Figura 16.

Figura 17

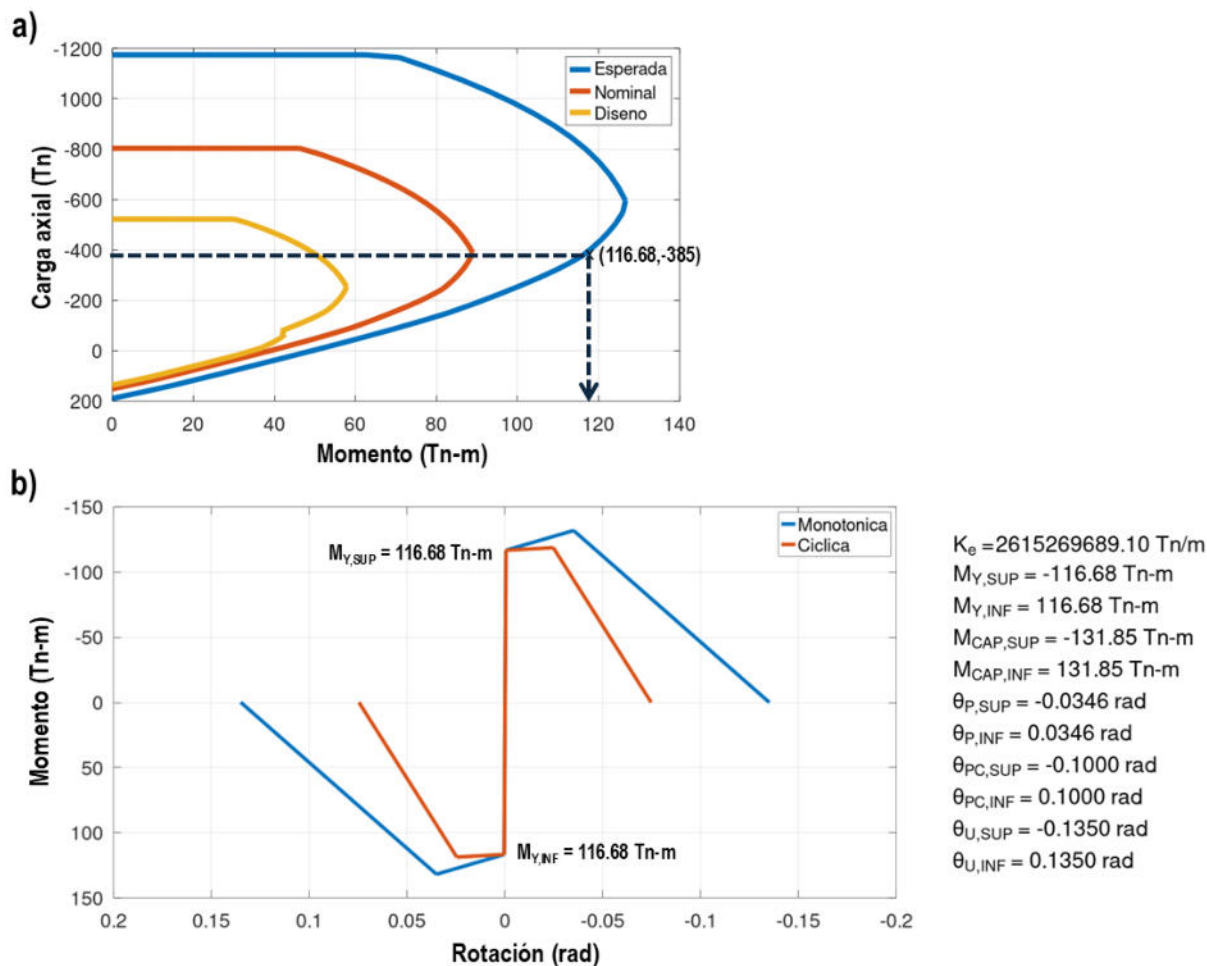
Curva backbone para viga de 30×60



$K_e = 553167316.78 \text{ Tn/m}$
 $M_{Y,SUP} = -45.99 \text{ Tn-m}$
 $M_{Y,INF} = 11.27 \text{ Tn-m}$
 $M_{CAP,SUP} = -51.97 \text{ Tn-m}$
 $M_{CAP,INF} = 12.73 \text{ Tn-m}$
 $\theta_{P,SUP} = -0.0411 \text{ rad}$
 $\theta_{P,INF} = 0.0797 \text{ rad}$
 $\theta_{PC,SUP} = -0.0718 \text{ rad}$
 $\theta_{PC,INF} = 0.1392 \text{ rad}$
 $\theta_{U,SUP} = -0.1137 \text{ rad}$
 $\theta_{U,INF} = 0.2191 \text{ rad}$

Figura 18

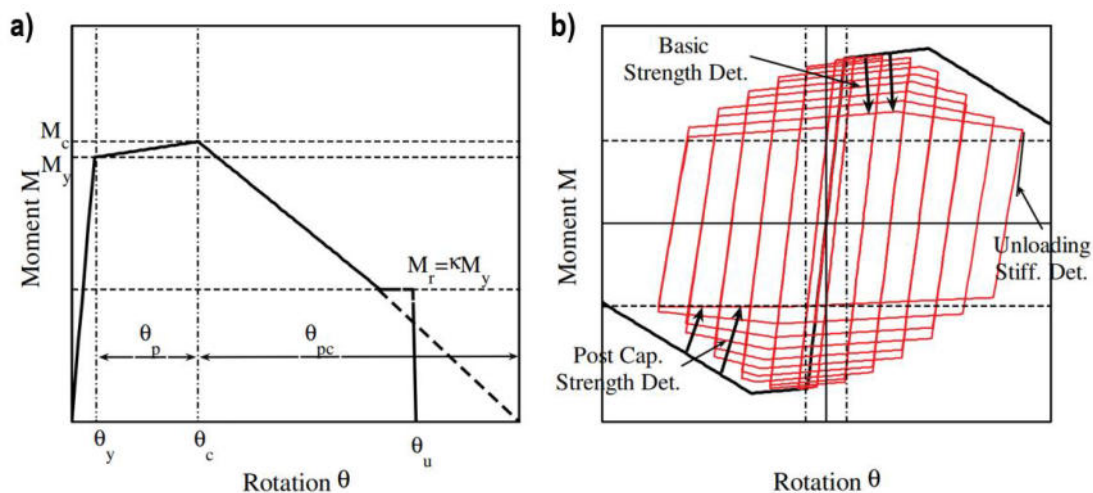
Parámetros de modelamiento no lineal para columna de 60×60 : (a) diagrama de interacción y (b) curva backbone



Lignos y Krawinkler (2011) presentan un modelo de deterioro que ha sido desarrollado y refinado en estudios llevados a cabo por Ibarra, Medina, Lignos y Krawinkler. Este modelo busca abordar el comportamiento histerético asimétrico de los componentes, incorporando características como diferentes tasas de deterioro cíclico, resistencia residual y deformación última (ver la Figura 19). Se identifican tres modos de deterioro cíclico: resistencia básica, resistencia post-capping y deterioro de rigidez en carga/descarga. La determinación de las tasas de deterioro cíclico se basa en una regla establecida por Rahnama y Krawinkler en 1993, que considera la energía histerética disipada durante la carga cíclica.

Figura 19

Modelo de deterioro cíclico IK: (a) curva monotónica y (b) modos básicos de deterioro cíclico



Nota. Adaptado de *Deterioration Modeling of Steel Components in Support of Collapse Prediction of Steel Moment Frames under Earthquake Loading*, por Lignos y Krawinkler (2011).

Se supone que cada componente cuenta con una capacidad de disipación de energía histerética de referencia, E_t , la cual se expresa como un múltiplo de $M_y \times \theta_p$:

$$E_t = \lambda \times M_y \times \theta_p \quad \text{o} \quad E_t = \Lambda \times M_y \quad (25)$$

donde, Λ representa la capacidad de rotación acumulada de referencia. Este modelo de deterioro está integrado en el software Opensees y se representa utilizando el parámetro de capacidad de disipación de energía media, λ , también propuesto por Haselton et al. (2016) tras la calibración de experimentos en columnas de concreto armado. Su cálculo se realiza como:

$$\lambda = (30)(0.03)^v \quad (26)$$

En este estudio se emplea el modelo de Ibarra-Medina-Krawinkler, implementado en el programa Opensees, que es un material uniaxial que describe la curva backbone, teniendo en cuenta los efectos de degradación. Este modelo permite representar de manera precisa el comportamiento de componentes estructurales de acero, concreto y otros.

2.2.6. *Análisis dinámico no lineal*

Según Reinhorn et al. (2009), para realizar un análisis dinámico en el rango inelástico, se utiliza una combinación de métodos de integración, como el de Newmark-Beta, junto con el método de la pseudo-fuerza. Con el fin de garantizar la estabilidad incondicional del desarrollo de la solución, se aplica una aceleración promedio constante durante la integración numérica, utilizando los parámetros $\beta = 1/4$ y $\gamma = 1/2$.

La solución es llevada a cabo de forma incremental, según la Ecuación 27:

$$\begin{aligned}
 [\mathbf{M}]\{\Delta\ddot{\mathbf{u}}\} + [\mathbf{C}]\{\Delta\dot{\mathbf{u}}\} + [\mathbf{K}_t]\{\Delta\mathbf{u}\} = & -[\mathbf{M}][\{\mathbf{L}_h\}\Delta\ddot{x}_{gh} + \{\mathbf{L}_v\}\Delta\ddot{x}_{gv}] - \\
 & -\{\Delta\mathbf{P}_v\} - \{\Delta\mathbf{P}_{FR}\} - \{\Delta\mathbf{P}_{HY}\} - \{\Delta\mathbf{P}_{JW}\} + c_{corr}\{\Delta\mathbf{F}_{err}\}
 \end{aligned} \tag{27}$$

donde, $[\mathbf{M}]$ es la matriz de masas concentradas de la estructura; $[\mathbf{C}]$ es la matriz de amortiguamiento viscoso equivalente de la estructura; $[\mathbf{K}_t]$ es la matriz de rigidez tangente; $\{\Delta\mathbf{u}\}$, $\{\Delta\dot{\mathbf{u}}\}$ y $\{\Delta\ddot{\mathbf{u}}\}$ son los vectores incrementales de desplazamiento, velocidad y aceleración en la estructura, respectivamente; $\{\mathbf{L}_h\}$ y $\{\mathbf{L}_v\}$ son los vectores de contribución (de unos) para las aceleraciones horizontal y vertical del terreno; $\Delta\ddot{x}_{gh}$ y $\Delta\ddot{x}_{gv}$ son el incremento de aceleraciones horizontal y vertical del terreno; $\{\Delta\mathbf{P}_v\}$, $\{\Delta\mathbf{P}_{FR}\}$, $\{\Delta\mathbf{P}_{HY}\}$ y $\{\Delta\mathbf{P}_{JW}\}$ son las fuerzas restauradoras a partir de amortiguadores viscosos, amortiguadores de fricción, disipadores histeréticos y paneles de relleno, respectivamente; c_{corr} es un coeficiente de correlación (generalmente tomado como uno); y $\{\Delta\mathbf{F}_{err}\}$ es el vector con las fuerzas de desbalance en la estructura.

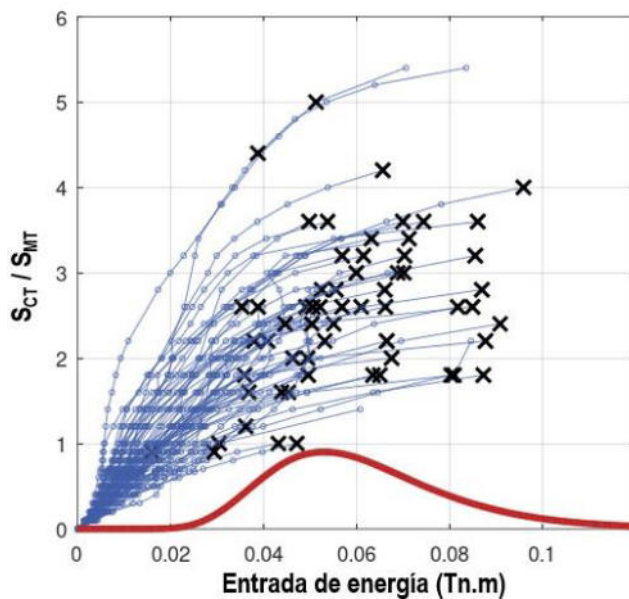
2.2.7. Análisis dinámico incremental (IDA)

El FEMA (2018) señala que un análisis IDA implica realizar numerosos análisis historias de respuesta no lineales usando registros de movimientos del terreno, los cuales se escalan gradualmente a intensidades sísmicas cada vez mayores hasta que ocurre el colapso numérico. Es el método que generalmente se emplea para generar curvas de fragilidad al colapso, ya que se generan una distribución de resultados en diversas intensidades, que se pueden ajustar a funciones de distribución. Sin embargo, debido a la necesidad de realizar un gran número de análisis con movimientos del terreno, el IDA requiere un esfuerzo computacional significativo y rara vez se emplea en la práctica. Cada registro de terremoto provoca respuestas distintas en las cantidades pico de los parámetros ingenieriles, lo que se conoce como variabilidad entre registros (variabilidad registro-a-registro). Al analizar la respuesta no lineal en estructuras, el uso de un número reducido de pares de movimientos de suelo puede resultar en una imprecisión de esta variabilidad real y la correlación entre las respuestas. Por lo tanto, se recomienda utilizar un gran número de pares de movimientos de suelo (al menos 30) para obtener una mejor precisión en la dispersión.

En la Figura 20 se presenta el resultado preliminar del estudio IDA para el edificio de seis pisos sin amortiguadores sísmicos. Una vez obtenidos los puntos de colapso se pueden ajustar a una distribución de densidades, como se aprecia en la imagen, mientras que la distribución acumulada de los puntos se conoce como curva de fragilidad.

Figura 20

Ejemplo de análisis dinámico incremental y ajuste para una distribución lognormal



2.2.8. Colapso sísmico

Según el FEMA (2018), el colapso sísmico usualmente está asociado con la pérdida de la habilidad de mantener carga vertical. Para simular el colapso de manera numérica, se busca identificar inestabilidades numéricas en los análisis historia de respuesta, generalmente causadas por grandes desplazamientos laterales o demandas excesivas que exceden la capacidad máxima de los componentes estructurales. Se considera la inestabilidad dinámica lateral como el fallo debido a desplazamientos laterales grandes, provocado por la pérdida de rigidez y el desarrollo de inestabilidades por efectos P-Delta. Entonces, el colapso puede definirse como la incapacidad de los elementos resistentes a cargas sísmicas o gravitacionales para soportar cargas verticales.

Akiyama (2002) menciona que las estructuras son sometidas a una combinación de carga gravitatoria y sísmica. Mientras que la carga gravitatoria está determinada por la masa ante el efecto de la aceleración de la gravedad, definiendo la energía potencial según la altura de la estructura, la carga sísmica se considera como una entrada de energía. Cuando se evalúa el equilibrio en una estructura deformada por un movimiento horizontal, la carga gravitatoria

produce un efecto adicional conocido como efecto P-Delta ($P - \Delta$). Este efecto es relevante en el análisis del colapso, ya que libera la energía potencial, $W_{P\Delta}$, al tiempo que reduce la resistencia lateral del edificio.

Si consideramos los efectos $P - \Delta$ en la Ecuación 28, la ecuación fundamental para los métodos que utilizan el balance de energía se presenta como:

$$W_e + W_D + W_p = E_I + W_{P\Delta} \quad (28)$$

2.2.9. Incertidumbre en la evaluación del comportamiento sísmico

Las fuentes de incertidumbre en la evaluación del desempeño sísmico son múltiples. Es imposible predecir con certeza cuál falla producirá el próximo terremoto, es decir, cómo se inicia la ruptura y la intensidad del sismo. Las ondas sísmicas, al atravesar condiciones subsuperficiales poco conocidas, añaden más incertidumbre. Aunque los modelos estructurales están en constante mejora, siguen basándose en suposiciones sobre el comportamiento de los materiales y el proceso de construcción, omitiendo las interacciones suelo-estructura y el impacto de los componentes no estructurales, lo que genera predicciones inciertas. Además, las pruebas de laboratorio pueden no representar con exactitud las condiciones reales de un edificio durante un terremoto. Estas incertidumbres las señala el FEMA (2018), y se recomienda que los resultados del desempeño sísmico deben expresarse en funciones estadísticas que indiquen probabilidades de pérdidas.

El FEMA (2009) establece que la incertidumbre total en colapso, β_{TOT} , se calcula teniendo en cuenta cuatro componentes de variables aleatorias estadísticamente independientes, según la Ecuación 29:

$$\beta_{TOT} = \sqrt{\beta_{RTR}^2 + \beta_{DR}^2 + \beta_{TD}^2 + \beta_{MDL}^2} \quad (29)$$

siendo β_{RTR} la incertidumbre de registro a registro, causada por la variabilidad en la respuesta de los prototipos a diferentes registros de movimientos del terreno, influenciada por las variaciones en el contenido de frecuencia y las características dinámicas de dichos registros; β_{DR} la incertidumbre en los requisitos de diseño, relacionada con la integridad y robustez de las normativas de diseño; β_{TD} la incertidumbre en los datos de ensayo, asociada a la integridad y robustez de los datos utilizados para definir el sistema, evaluada también en términos de la calidad de los datos de ensayo; y β_{MDL} la incertidumbre del modelado, que se refiere a la precisión con la que los modelos matemáticos de los prototipos representan la respuesta estructural y capturan el comportamiento de colapso mediante verificaciones directas simuladas o no simuladas. Los valores de β_{TOT} varían entre 0.275 y 0.950; los de β_{RTR} están en el rango de 0.20 a 0.40; β_{DR} , β_{TD} y β_{MDL} se encuentran cada uno en un rango de 0.10 a 0.50.

2.3. Marco filosófico

Mitcham (1998) realiza un análisis sobre la relación entre ingeniería y filosofía, resaltando que la filosofía ha sido utilizada en la ingeniería como una defensa contra críticas filosóficas, especialmente relacionadas con aspectos éticos y estéticos. Por ejemplo, figuras como Martin Heidegger cuestionaron la visión tradicional de la ingeniería, acusándola de reducir la naturaleza a considerarlo como simples recursos. Menciona que algunos ingenieros también han contribuido al estudio de la filosofía como respuesta a las críticas, buscando erigir defensas contra los ataques filosóficos, como Ernst Kapp, Peter Engelmeier, Friedrich Dessauer y Samuel Florman, quienes han desarrollado una filosofía de la ingeniería. Además, analiza la relevancia de la ética en la toma de decisiones en ingeniería, reconociendo que aspectos como seguridad, riesgo y protección ambiental requieren juicios éticos para evaluar su influencia en el diseño. Este reconocimiento sobre la ética en la ingeniería refleja una

necesidad práctica dentro de la profesión, reconocida por los gremios de ingeniería. Tanto la filosofía, que emergió en la antigua Grecia, como la ingeniería, desarrollada en los siglos XVII y XVIII, tienen sus propias características que las hace únicas, pero también comparten elementos comunes como el análisis conceptual y la reflexión sobre la práctica y el pensamiento. La filosofía, especialmente en forma de ética, puede tener una importancia especial para la ingeniería, ya que contribuye a una nueva forma de vida modelada por la ingeniería. Esta interacción profunda entre la ingeniería y la filosofía se asemeja al movimiento de placas tectónicas, donde los continentes comienzan a superponerse y alterarse geológicamente, aunque de manera gradual y requiriendo un mayor autoconocimiento por parte de los participantes.

Veluwenkamp et al. (2024) investigan cómo tecnologías disruptivas, como la inteligencia artificial, desafía nuestras prácticas y conceptos tradicionales. Argumentan que la ingeniería conceptual puede ser una herramienta poderosa para enfrentar estas disrupciones. A lo largo del tiempo, la filosofía de la tecnología ha evolucionado, pasando de una visión instrumentalista, como la de Heidegger, a enfoques más complejos que reconocen la influencia de las tecnologías en nuestras experiencias y valores. Así, la ingeniería conceptual no solo debe adaptarse a estos cambios, sino que también puede orientar el diseño ético de nuevas tecnologías. Al introducir, eliminar o revisar conceptos, se pueden generar soluciones que reflejen mejor nuestras aspiraciones éticas y sociales. De este modo, la ingeniería conceptual actúa como un puente entre la teoría filosófica y la práctica tecnológica, promoviendo un diseño que sea tanto funcional como moralmente responsable.

Por su parte, Laktionova (2023) señala que la intersección entre filosofía e ingeniería se ha convertido en un ámbito importante para comprender la racionalidad y la argumentación en la práctica ingenieril. Esta no se limita a la lógica formal, sino que se enriquece a través de una argumentación dinámica que permite a los participantes orientarse en un marco teórico en

constante evolución. A medida que ingeniería y diseño se entrelazan con la tecnología, la filosofía se adapta, promoviendo un diálogo que no solo busca la verdad, sino que también fomenta la innovación y el desarrollo en la educación técnica y científica.

Las normativas de diseño, como el ASCE (2022), establecen requisitos fundamentales sobre la resistencia y rigidez adecuadas para la construcción de edificios y estructuras, que garanticen estabilidad, protección de todos los componentes, así como el cumplimiento de los estándares de servicialidad. Estas normativas se apoyan en filosofías de diseño sísmico que han evolucionado con el tiempo. Inicialmente, antes de 1960, se utilizaban fuerzas laterales equivalentes al 10% del peso sísmico. Luego, se adoptó la filosofía del diseño basado en resistencia, la cual emplea análisis elásticos para limitar las deformaciones inelásticas, utilizando un factor de modificación de respuesta para considerar el comportamiento inelástico como un sistema elástico-plástico-perfecto (diseño basado en ductilidad). Con el avance en el entendimiento del comportamiento estructural inelástico, surgió la filosofía del diseño basado en capacidad. Esta filosofía busca asegurar la disipación adecuada de energía en ubicaciones clave de componentes estructurales, conocidas como rótulas plásticas, mientras se protegen otros componentes y acciones. La ingeniería sísmica basada en desempeño (PBEE), propuesta en documentos como el FEMA 356 y el ATC-40, y actualizada por el ASCE (2023), que se conoce como la primera generación, nació como respuesta a los terremotos de Northridge y Kobe en 1994 y 1995, respectivamente. La PBEE se fundamenta en la idea de que el desempeño de las estructuras es posible anticipar y evaluar con una confianza cuantificable, considerando criterios de aceptabilidad locales, diversos niveles de desempeño e intensidades sísmicas. Para lograrlo, es necesario contar con la participación de todas las partes interesadas en el proyecto.

La PBEE permite diseñar y construir edificios con una comprensión realista del riesgo ante terremotos (en su segunda generación). Los códigos actuales son prescriptivos y buscan asegurar la seguridad de vida en eventos sísmicos, pero no garantizan otros niveles de

desempeño o el cálculo directo del número de pérdidas de vidas humanas o económicas que se consideran en la filosofía de la ingeniería sísmica. Un edificio diseñado según el código puede prevenir pérdidas de vida durante un terremoto de diseño, pero aun así sufrir daños extensos. Este enfoque proporciona una comprensión más completa del riesgo sísmico y permite tomar decisiones más informadas sobre la construcción y el mantenimiento de edificios ante eventos sísmicos futuros (FEMA, 2018). Esto da lugar al surgimiento de una nueva filosofía de diseño sísmico que considera la resiliencia y es recogida por el ARUP. El diseño sísmico basado en la resiliencia busca reducir los riesgos que puedan generar los terremotos y asegurar una recuperación rápida tras un evento sísmico importante, buscando superar los estándares de desempeño convencionales diseñando edificios que sufran menos daños. Este enfoque verifica tanto la estructura como los componentes no estructurales y se centra en la preparación para la recuperación post-terremoto, garantizando la continuidad operativa y condiciones habitables (Cheek y Chmutina, 2022; Shukla et al., 2023).

En el Perú, el código E.030 de diseño sismorresistente establece que la filosofía de diseño se centra en la preservación de vidas humanas. Esto se logra a través de la reducción de daños y la adopción de un enfoque de resiliencia orientado a garantizar la continuidad de los servicios esenciales. Además, el código se basa en tres principios fundamentales relacionados con el riesgo: proteger la vida, asegurar la continuidad de los servicios básicos y reducir los daños a la infraestructura (MVCS, 2020b).

2.4. Marco legal

El presente estudio se desarrolla en el marco de la normativa vigente para el diseño y construcción de edificios, por tanto, a continuación, se detallan las principales normativas y estándares que guían el diseño y análisis de desempeño sísmico en el Perú y a nivel internacional.

La normativa que regula el diseño de estructuras de concreto armado en Perú se encuentra contenida en el Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2021). Este reglamento es de carácter obligatorio para entidades públicas, así como para personas naturales y jurídicas del sector privado que diseñen, planifiquen o ejecuten proyectos de urbanización y construcción en todo el país, con el objetivo de asegurar la calidad y seguridad de las edificaciones. En particular, el título tercero del RNE agrupa las Normas Técnicas de Edificación (NTE) para el análisis y diseño estructural, entre ellas: la NTE E.020 (MVCS, 2020a), que establece los lineamientos para el uso de cargas en el diseño estructural; la NTE E.030 (MVCS, 2020b), que determina los procedimientos de análisis sísmico, los niveles de diseño y los requisitos para asegurar un comportamiento adecuado de las estructuras ante eventos sísmicos; y la NTE E.060 (MVCS, 2020c), enfocada en los requerimientos específicos para el diseño en concreto armado.

Como complemento y alternativa, se emplearon las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI), en particular el estándar 318 (ACI, 2022), el cual establece los requisitos específicos para el diseño estructural en concreto armado. Se hizo especial énfasis en el Capítulo 18, que aborda las consideraciones específicas para estructuras resistentes a terremotos.

Adicionalmente, se incorporó el estándar de cargas mínimas de la ASCE (2022), utilizado en los Estados Unidos. Este documento proporciona los criterios para evaluar las cargas sísmicas principalmente en edificaciones. En su Capítulo 1, se detallan los requerimientos necesarios para la evaluación del desempeño estructural de los edificios, con base en criterios de fiabilidad estructural, como el cálculo del IMC, así como los criterios de aceptabilidad relacionados con las distorsiones angulares de piso, empleados en este estudio. Dado que en Perú no existe una normativa específica para el uso de amortiguadores sísmicos, se adoptaron los lineamientos del Capítulo 18, el cual establece las directrices para el diseño y

análisis de estructuras equipadas con amortiguadores sísmicos, asegurando así el cumplimiento de estándares internacionales en el diseño sismorresistente.

Además, se adoptó el enfoque del FEMA (2009, 2018), donde se describe de manera detallada el procedimiento para evaluar el colapso estructural mediante análisis IDA. Aunque estos documentos no se clasifican como normativas o estándares, son ampliamente reconocidos y empleados a nivel internacional para evaluar el desempeño estructural frente al colapso, lo que justifica su inclusión en el presente estudio.

Con este marco normativo se busca asegurar que los análisis y conclusiones de la presente investigación se encuentran dentro de los estándares y cumplimiento legal establecidos tanto en Perú como en el ámbito internacional.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. *Tipo de investigación en función al propósito*

La investigación aplicada, también conocida como práctica o empírica, se orienta a utilizar los conocimientos previamente adquiridos, estrechamente relacionada con los avances de la investigación básica, dado que se apoya en un marco teórico sólido (Romero et al., 2021). A través de la recopilación de datos cuantitativos, este tipo de investigación busca generar soluciones técnicas que puedan implementarse de manera directa en la práctica (Creswell y Creswell, 2022). Estudios recientes, tanto en ingeniería sísmica como en otras áreas como la inteligencia artificial aplicada a la ingeniería estructural (Lee et al., 2024; Padsumbiya et al., 2022; Zhang et al., 2023), subrayan la importancia de establecer vínculos entre las relaciones causales y los modelos predictivos. Esta conexión es clave para optimizar el diseño estructural frente a solicitaciones sísmicas. De esta manera, la investigación aplicada combina observación empírica con simulaciones numéricas, lo que no solo permite validar teorías existentes, sino también impulsar la innovación en materiales, métodos constructivos y técnicas de análisis.

Según el propósito el trabajo de investigación propuesto se clasifica como "Investigación Aplicada", dado que busca desarrollar una metodología para aplicar métodos basados en el balance energético en el cálculo del desempeño al colapso sísmico de edificios aperticados de concreto armado con amortiguadores viscosos. Asimismo, por su alcance temporal se considera una investigación transversal o sincrónica.

3.1.2. *Tipo de investigación por nivel de profundidad*

La investigación explicativa tiene como objetivo fundamental descubrir las relaciones causales entre distintos aspectos de un fenómeno. Este enfoque no se limita a describir el fenómeno, sino que se concentra en entender por qué ocurre y en qué condiciones. Como mencionan Romero et al. (2021), este tipo de estudio exige la integración de métodos analíticos

y sintéticos, los cuales, en combinación con enfoques deductivos e inductivos, buscan responder las preguntas fundamentales sobre el objeto de investigación. La investigación explicativa se sustenta en la recolección y análisis de grandes volúmenes de datos provenientes de múltiples casos, lo que facilita la identificación de patrones y comportamientos subyacentes. Estos datos se interpretan mediante herramientas estadísticas avanzadas, lo que permite esclarecer las relaciones complejas entre variables y proporciona una comprensión más profunda de los mecanismos que regulan el fenómeno en cuestión (Creswell y Creswell, 2022).

Según el nivel de profundidad, este trabajo se sitúa en un "Nivel de Investigación Explicativa", ya que busca analizar la influencia de diferentes configuraciones en altura total de edificios de concreto armado al instalarse en ellos un sistema de disipación de energía modificando la relación de amortiguamiento añadida y el exponente de velocidad, mediante análisis IDA que permite la obtención de numerosos resultados que se analizan mediante técnicas de estadística descriptiva e inferencial, con la finalidad de evaluar su desempeño sísmico.

En este caso, el estudio se sitúa dentro del "Nivel de Investigación Explicativa", ya que su propósito es analizar cómo diferentes configuraciones de la altura total de edificios de concreto armado, junto con la instalación de sistemas de disipación de energía, influyen en su comportamiento estructural. Esto se logra mediante la modificación de la relación de amortiguamiento añadido y del exponente de velocidad. Para abordar estas cuestiones, se utilizaron análisis IDA que generan una gran cantidad de resultados. Estos resultados se examinaron a través de técnicas de estadística descriptiva e inferencial, con el fin de evaluar el desempeño sísmico de los edificios bajo distintas condiciones y generar predicciones.

3.1.3. Tipo de investigación por la naturaleza de los datos

La investigación cuantitativa, también se conoce como estructurada y está basada en el racionalismo, se considera una herramienta fundamental en el campo de la ingeniería sísmica

y estructural ya que se analizan fenómenos medibles, ayuda a identificar patrones y establecer relaciones de causa-efecto. Este enfoque implica la recolección sistemática de datos numéricos que son representativos en cantidad y calidad, lo que permite obtener una perspectiva clara y precisa del comportamiento de los sistemas estructurales bajo diferentes condiciones sísmicas. Según Creswell y Creswell (2022) este tipo de investigación es útil cuando se tiene como objetivo generalizar los resultados de una muestra a una población más amplia, permitiendo la validación de hipótesis y generar nuevas propuestas que puedan desarrollarse en escenarios reales.

Por tanto, según la perspectiva adoptada, el trabajo de investigación propuesto se clasifica como "Investigación Cuantitativa", ya que tiene como objetivo medir los efectos de los terremotos a través de un análisis de causa y efecto mediante la modelización numérica de prototipos de edificios de concreto armado equipados con disipadores viscosos. Los resultados obtenidos se utilizan para evaluar el desempeño frente a cargas sísmicas a nivel de colapso y su aplicación a los métodos energéticos.

3.1.4. Tipo de investigación por la manipulación de variables

Considerando que la investigación puede enfocarse desde una perspectiva cuantitativa o cualitativa, en el ámbito cuantitativo, el diseño puede incluir enfoques experimentales, los cuales se dividen en experimentos puros, pre-experimentales y cuasiexperimentales. Estos enfoques buscan medir con precisión distintos indicadores que, posteriormente, permiten desarrollar modelos predictivos para explicar o anticipar comportamientos del fenómeno estudiado (Romero et al., 2021). El diseño cuasiexperimental se emplea en situaciones donde la asignación aleatoria de los sujetos no es factible y la implementación de un grupo de control se ve limitada. En estos casos, se busca garantizar la validez y consistencia de los resultados mediante la comparación entre grupos que son estudiados de manera simultánea o paralela, bajo condiciones similares. Tal enfoque permite observar variaciones y patrones entre los

grupos, lo que ayuda a identificar efectos causales, aun en ausencia de un control estricto de las variables. Según Creswell y Creswell (2022), los estudios cuasiexperimentales siguen siendo una opción sólida cuando la aleatorización es imposible, y pueden proporcionar resultados valiosos si se maneja adecuadamente el diseño y la interpretación de los datos.

El estudio de investigación planteado adopta un "Diseño de Investigación Cuasiexperimental", en el cual se manipulan las variables independientes para analizar cómo varían los indicadores del desempeño sísmico en términos de colapso. Para ello, se utilizan múltiples registros de terremotos, con el objetivo de desarrollar una metodología de diseño fundamentada en el balance de energía. La consistencia del análisis se garantiza a través del examen de diversos prototipos diseñados específicamente para los fines de esta investigación.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población se define como el conjunto total de elementos que están sujetos a un estudio específico. En el contexto de la investigación, la población incluye a todos los individuos, objetos o eventos que poseen atributos en común y que se desean analizar (Navidi, 2023).

La población de estudio, también conocida como población objetivo o unidad de análisis, está compuesta por los edificios de concreto armado diseñados como sistemas aporticados ordinarios, con entre tres y nueve pisos (de baja y mediana altura), en los cuales se evalúa el desempeño al colapso sísmico después de la instalación de amortiguadores viscosos lineales y no lineales.

3.2.2. Muestra

Si la población incluye a todos los individuos, objetos o eventos que se desean analizar, para la ejecución efectiva de un estudio, es esencial extraer una muestra, que es un subconjunto representativo de la población total. Este enfoque permite realizar inferencias sobre la

población completa a partir del análisis de la muestra, facilitando la obtención de resultados significativos sin la necesidad de evaluar cada elemento de la población. Por lo tanto, la correcta definición y comprensión de la población y la muestra es importante en cualquier estudio, ya que asegura que los hallazgos sean representativos y aplicables a un contexto más amplio (Creswell y Creswell, 2022).

Una muestra de conveniencia se obtiene de manera que no sigue un método aleatorio claramente definido. Según Navidi (2023), el uso de este tipo de muestras puede llevar a una discrepancia sistemática con respecto a la población en estudio y solo se sugiere en situaciones donde el muestreo aleatorio no es posible. Si se determina que no hay diferencias significativas entre la muestra y la población, la muestra puede considerarse como un muestreo aleatorio simple. Es un mito creer que una muestra aleatoria simple reflejará con precisión a su población. En realidad, todas las muestras aleatorias presentan ciertas diferencias con respecto a la población, y en ocasiones, estas diferencias pueden ser bastante significativas.

La selección de la muestra para este estudio se realizó utilizando un método no probabilístico, basado en la conveniencia de la investigación. Se optó por prototipos que sean representativos y definidos, asegurando que posean condiciones de diseño y dimensionamiento similares, así como el cumplimiento de las normativas. Esto garantiza la validez de los resultados y la inferencia hacia la población objeto de estudio. Esta muestra está compuesta por prototipos representativos de edificios de concreto armado de tres, seis y nueve pisos, con luces y alturas comunes, en los cuales se instalaron disipadores viscosos lineales y no lineales. Los prototipos iniciales no tienen instalados amortiguadores sísmicos y se diseñaron como sistemas ordinarios resistentes a la carga sísmica (ACI, 2022; ASCE, 2022; MVCS, 2020b, 2020c). El concreto utilizado tiene una resistencia a la compresión de $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y se emplea acero de refuerzo grado 60 (tanto para refuerzo por flexión como por corte). La instalación de amortiguadores viscosos en los prototipos propuestos se justifica por un cambio

de uso del edificio, lo que requiere cumplir con límites de distorsión angular de piso más estrictos, evaluándose la mejora del desempeño en comparación a los prototipos sin amortiguadores.

Se analizaron en total 63 prototipos que representan edificios de pequeña y mediana altura. Tres prototipos corresponden a modelos sin amortiguadores viscosos, que permitan evaluar la mejora en el desempeño a nivel de colapso. Los 60 prototipos restantes corresponden a modelos equipados con amortiguadores, con diversas variaciones de amortiguamiento añadido y exponentes de velocidad. La Tabla 2 presenta la lista de estos, donde las filas muestran la relación de amortiguamiento que se añadió al sistema y las columnas representan el exponente de la velocidad a considerar.

Tabla 2

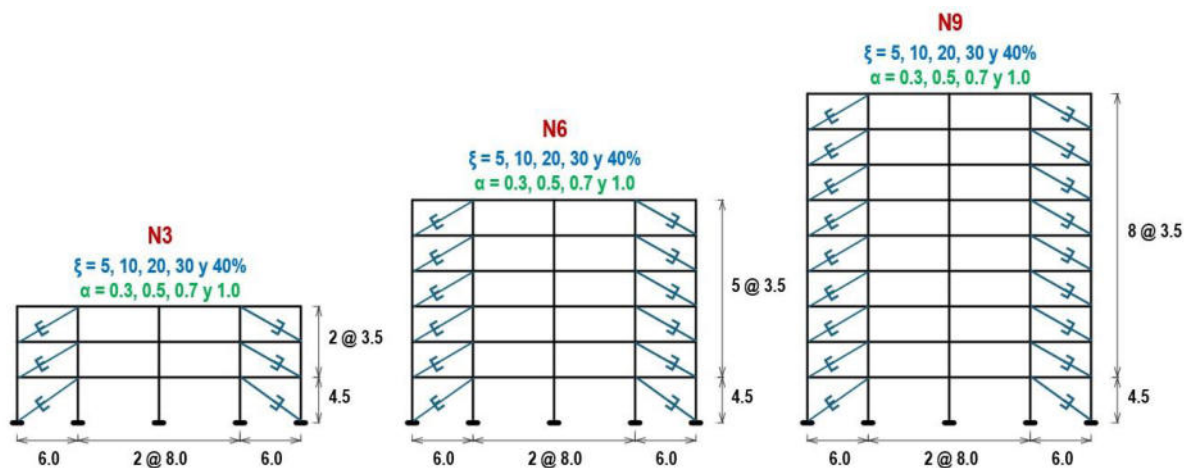
Prototipos de tres, seis y nueve pisos, con y sin amortiguadores

Prototipos sin equipamiento de amortiguadores viscosos				
N3	Pórtico representativo para edificios de 3 pisos			
N6	Pórtico representativo para edificios de 6 pisos			
N9	Pórtico representativo para edificios de 9 pisos			
Prototipos con equipamiento de amortiguadores viscosos				
N3A	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.50$	$\alpha = 0.70$	$\alpha = 1.00$
$\xi_v = 05\%$	N3A03Xsi05	N3A05Xsi05	N3A07Xsi05	N3A10Xsi05
$\xi_v = 10\%$	N3A03Xsi10	N3A05Xsi10	N3A07Xsi10	N3A10Xsi10
$\xi_v = 20\%$	N3A03Xsi20	N3A05Xsi20	N3A07Xsi20	N3A10Xsi20
$\xi_v = 30\%$	N3A03Xsi30	N3A05Xsi30	N3A07Xsi30	N3A10Xsi30
$\xi_v = 40\%$	N3A03Xsi40	N3A05Xsi40	N3A07Xsi40	N3A10Xsi40
N6A	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.50$	$\alpha = 0.70$	$\alpha = 1.00$
$\xi_v = 05\%$	N6A03Xsi05	N6A05Xsi05	N6A07Xsi05	N6A10Xsi05
$\xi_v = 10\%$	N6A03Xsi10	N6A05Xsi10	N6A07Xsi10	N6A10Xsi10
$\xi_v = 20\%$	N6A03Xsi20	N6A05Xsi20	N6A07Xsi20	N6A10Xsi20
$\xi_v = 30\%$	N6A03Xsi30	N6A05Xsi30	N6A07Xsi30	N6A10Xsi30
$\xi_v = 40\%$	N6A03Xsi40	N6A05Xsi40	N6A07Xsi40	N6A10Xsi40
N9A	$\alpha = 0.30$	$\alpha = 0.50$	$\alpha = 0.70$	$\alpha = 1.00$
$\xi_v = 05\%$	N9A03Xsi05	N9A05Xsi05	N9A07Xsi05	N9A10Xsi05
$\xi_v = 10\%$	N9A03Xsi10	N9A05Xsi10	N9A07Xsi10	N9A10Xsi10
$\xi_v = 20\%$	N9A03Xsi20	N9A05Xsi20	N9A07Xsi20	N9A10Xsi20
$\xi_v = 30\%$	N9A03Xsi30	N9A05Xsi30	N9A07Xsi30	N9A10Xsi30
$\xi_v = 40\%$	N9A03Xsi40	N9A05Xsi40	N9A07Xsi40	N9A10Xsi40

En la Figura 21 se observan los esquemas típicos en altura de los prototipos que se utilizaron.

Figura 21

Esquema básico de los prototipos de tres, seis y nueve pisos considerados



3.3. Operacionalización de variables

En el ámbito de la investigación, una variable se define como la característica, atributo o condición que puede tomar diferentes valores o niveles y que se mide, manipula o controla durante un estudio (Oyola, 2021). La comprensión de las diferentes categorías de variables es esencial, especialmente en el contexto de la ingeniería sísmica y estructural, donde las interacciones entre estas variables pueden influir significativamente en los resultados obtenidos.

Según lo exponen Oyola (2021) y Romero et al. (2021), la variable independiente actúa como la causa y es aquella que el investigador controla o modifica para analizar su impacto en el comportamiento de la variable dependiente. En contraste, la variable dependiente es la que se mide o se observa para evaluar el efecto de la variable independiente. Finalmente, el concepto de variable interviniente se refiere a aquellas variables que, aunque no son el objetivo principal de la investigación, pueden afectar la relación entre la variable independiente y la dependiente.

El presente estudio se centra en analizar cómo las variaciones en la relación de amortiguamiento y el exponente de velocidad de los amortiguadores sísmicos instalados en edificios de concreto armado de distintas alturas afectan su desempeño al colapso sísmico; estas son la variable independiente. A partir de estos cambios, se evalúa la prestación ante condiciones sísmicas, que representa la variable dependiente, con el fin de extraer conclusiones relevantes sobre el fenómeno en cuestión. Para la obtención de los resultados, se realizan análisis IDA hasta llegar al colapso, utilizando registros de terremotos y evaluando la aplicación de energía en cada etapa del proceso. En este contexto, la metodología propuesta actúa como una variable interviniente, ya que tiene un impacto significativo en la respuesta sísmica.

3.3.1. Variable independiente, definición conceptual

La variable independiente “edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos” se ha desglosado en dos dimensiones: (1) edificios aporticados de concreto armado y (2) amortiguadores viscosos, los cuales se definen a continuación.

Según el ASCE (2022, 2023), un edificio con pórticos es una estructura que consta de pórticos secundarios, diseñados para resistir cargas gravitatorias, y pórticos principales, que constituyen el sistema estructural destinado a soportar las cargas sísmicas, ofreciendo la rigidez, resistencia, y capacidad de disipación de energía necesarias para enfrentar los movimientos del suelo.

El ASCE (2022) identifica dos tipos de dispositivos de amortiguación o de disipación pasiva de energía: los dependientes de la velocidad y los dependientes del desplazamiento. Los dispositivos viscosos o dependientes de la velocidad generan una resistencia solo cuando alcanzan cierta velocidad y generalmente no agregan rigidez a la estructura ni soportan cargas estáticas. Los dispositivos viscosos están desfasados con la deflexión del edificio, ya que la

máxima velocidad se alcanza cuando el desplazamiento es mínimo y disminuye a medida que el desplazamiento aumenta.

Por tanto, la variable independiente la constituyen los “edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos”, que son estructuras con un sistema principal resistente a la carga sísmica formado por pórticos de concreto armado que tienen instalados un sistema de amortiguamiento, con la finalidad de mejorar el desempeño estructural ante un cambio de uso del edificio.

3.3.2. Variable independiente, definición operacional

En la investigación se examinaron modelos de pórticos de tres, seis y nueve pisos que representen sistemas principales resistentes a la carga sísmica de edificios de concreto armado con pórticos, cuyo diseño siguió las pautas de estándares y códigos vigentes, tales como el ACI 318, ASCE 7, E.020, E.030 y E.060, con refuerzo a flexión para sistemas ordinarios. Para el análisis no lineal, solo se considera la fluencia en flexión, ya que se evitó la falla por corte, según los códigos predefinidos. Los indicadores de la dimensión "edificios aporticados de concreto armado" comprenden la masa, medida en toneladas por segundo al cuadrado sobre metro, y el índice de colapso, que es adimensional.

En los prototipos, se colocaron dispositivos viscosos que añadan relaciones de amortiguamiento de $\xi = 5, 10, 20, 30$ y 40 por ciento. Tanto los coeficientes de amortiguamiento lineal como los no lineales se determinaron utilizando el método descrito por el ASCE 7. Estos coeficientes se evaluaron en distintos exponentes de velocidad para representar tanto a los dispositivos lineales como a los no lineales, siendo estos $\alpha = 1.00, 0.70, 0.50$ y 0.30 . Como indicadores de la dimensión “amortiguadores viscosos”, se consideró la relación de amortiguamiento añadido, que se expresa como una fracción o en porcentaje, y el segundo indicador será el exponente de la velocidad en los amortiguadores, que es una medida adimensional.

3.3.3. Variable dependiente, definición conceptual

Según las definiciones del ASCE (2022, 2023) y el FEMA (2018), el desempeño sísmico puede ser caracterizado mediante una serie de niveles considerados discretos que se identifican como operacional, ocupación inmediata, seguridad de vida y prevención del colapso. En el desempeño de un edificio se consideran tanto a los componentes estructurales como no estructurales, y se evalúan en un nivel especificado de peligrosidad sísmica. Asimismo, el desempeño sísmico puede ser evaluado utilizando variables de decisión o de riesgo que reflejen el desempeño general del sistema.

La variable dependiente para el trabajo que se plantea es el “desempeño al colapso sísmico”, que será evaluado teniendo en cuenta parámetros ingenieriles típicamente utilizados como criterios de aceptación en estándares y normativas, tales como la distorsión angular y las aceleraciones del piso. Dado que el objetivo es incorporar parámetros basados en energía, se investigaron las relaciones entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía. Por tanto, se tienen dos dimensiones: (1) desempeño sísmico considerando la distribución de energías y (2) desempeño sísmico evaluando el sistema resistente a la carga sísmica.

3.3.4. Variable dependiente, definición operacional

Se llevó a cabo el estudio de todos los prototipos utilizando el método de análisis historia de respuesta no lineal, con el propósito de obtener puntos y curvas IDA, que permitan evaluar el desempeño sísmico hasta el punto de colapso. Se calcularon indicadores que diferencien entre el sistema estructural resistente a la carga sísmica y el sistema de disipación. Los análisis de historia de respuesta se realizaron de manera escalada y secuencial, siguiendo el enfoque del FEMA P-695 y P-58, y se monitoreó el momento en que la energía potencial exceda la entrada de energía, lo que indica el colapso numérico.

Como indicadores de la dimensión “desempeño sísmico considerando la distribución de energías”, son el índice de margen de colapso (IMC) y las relaciones que se obtienen entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía. El IMC es adimensional, las unidades de las energías se cuantificaron en toneladas por metro, pero las unidades de las relaciones que se emplearon son en tanto por uno o porcentaje. Los resultados se recogen en fichas técnicas.

Como indicadores de la dimensión “desempeño sísmico evaluando el sistema resistente a la carga sísmica”, se utilizaron la aceleración en el piso, expresada en metros por segundo, y la distorsión angular de piso, que se cuantifica en tanto por uno o en porcentaje. Los resultados se recogen en fichas técnicas.

3.3.5. Matriz de operacionalización de variables

A continuación, en la Tabla 3 se presenta la matriz de operacionalización de variables.

Tabla 3

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Independiente: Edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos.	Según el ASCE (2022, 2023) un edificio con aporticado consta de pórticos principales diseñados para resistir cargas gravitatorias y sísmicas. Los amortiguadores viscosos no añaden rigidez a la estructura y están desfasados con la deflexión del edificio.	Se consideran modelos de pórticos de tres, seis y nueve pisos, diseñados como ordinarios siguiendo estándares y códigos actuales. Los prototipos incorporan dispositivos viscosos con relaciones de amortiguamiento específicas y se analizan en diferentes exponentes de velocidad. Los parámetros por cada prototipo se recogen en fichas de resumen.	Edificios aporticados de concreto armado	Masa ($Tn \cdot s^2/m$)	Razón
				Índice de colapso, IC (-)	Razón
			Amortiguadores viscosos	Relación de amortiguamiento añadida (-)	Razón
				Exponente de la velocidad en los amortiguadores	Razón
Dependiente: Desempeño al colapso sísmico.	El desempeño al colapso sísmico se evaluó con parámetros como la distorsión angular y las aceleraciones del piso, comúnmente usados en estándares como el ASCE (2022, 2023) y el FEMA (2018). Se busca también entender las relaciones entre la energía histerética estructural, la energía disipada por amortiguadores y la entrada de energía.	Se emplean análisis historia de respuesta no lineal para obtener puntos IDA y evaluar el desempeño sísmico hasta el colapso. Se calculan indicadores para diferenciar entre el sistema estructural y el del sistema de disipación, siguiendo las pautas del ASCE 7 y el FEMA P-695. Los resultados se registran en fichas técnicas, cuya validez se alcanza mediante el juicio de expertos y la confiabilidad mediante el cálculo del coeficiente de correlación intraclass (ICC) en los resultados de los indicadores.	Desempeño sísmico considerando la distribución de energías	Índice de margen de colapso, IMC (-)	Razón
				Relación entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía (-)	Razón
			Desempeño sísmico evaluando el sistema resistente a la carga sísmica	Aceleraciones de piso (m/s^2)	Razón
				Distorsiones angulares de piso (-)	Razón

3.4. Instrumentos

La observación es una técnica de investigación utilizada para comprender las interacciones entre causas y efectos en diversos fenómenos. Este método puede llevarse a cabo de manera participativa, cuando el investigador se involucra activamente en el estudio, o de

manera no participativa, cuando el investigador se limita a observar de forma neutral sin intervenir (Medina et al., 2023). La flexibilidad de este enfoque lo convierte en una herramienta aplicable en múltiples campos, desde la ingeniería hasta las ciencias sociales. Como señalan Romero et al. (2021), para que la observación sea considerada válida y confiable, debe responder a un objetivo claro, ser planificada de manera sistemática y someterse a pruebas de validez y fiabilidad.

En este estudio, se ha optado por utilizar la técnica de observación mediante una guía estructurada y el desarrollo de "fichas técnicas" diseñadas para registrar los resultados clave de los indicadores seleccionados. La validez de estas fichas fue corroborada a través del "juicio de expertos", mientras que la fiabilidad y consistencia de los resultados se evaluaron utilizando el índice de correlación intraclase (ICC), aplicado a cada indicador. Una vez completados los análisis cuantitativos con las herramientas apropiadas, las fichas técnicas sirvieron como base para la recopilación de los resultados, facilitando un análisis detallado de los datos obtenidos.

En la Tabla 4 se presenta el listado de las fichas técnicas que se emplearon para recopilar los resultados de los indicadores, las cuales se detallan en el Anexo B. En cada ficha se recopilan los indicadores a un nivel colapso, por cada registro utilizado, señalando también el índice de colapso alcanzado, por lo tanto, no fue necesario usar una ficha adicional para evaluar el IMC.

Tabla 4

Listado de las fichas técnicas empleadas

Ficha	Descripción	Valor estadístico
1	Índice de margen de colapso y distribución de energía en prototipos N3(03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)	Máximos Promedios Medianas Desviación estándar
2	Índice de margen de colapso y aceleraciones de piso en prototipos N3(03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)	
3	Índice de margen de colapso y distorsiones angulares de piso en prototipos N3(03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)	

El trabajo de investigación que se plantea es numérico, por tanto, como herramientas se usaron programas de modelamiento y análisis estructural confiables, de amplio uso, los cuales se listan a continuación:

- ETABS, Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems, programa comercial elaborado por Computers and Structures, Inc.(CSI, 2022) que se empleó para el análisis y diseño preliminar de los prototipos, del cual se contó con licencia de uso para la versión ETABS Ultimate – Standalone License.
- Opensees, Open System for Earthquake Engineering Simulation, programa open source elaborado por patrocinio de la Pacific Earthquake Engineering (PEER, 2024), que se empleó para el análisis historia de respuesta no lineal de los prototipos.
- GNU Octave (Eaton, 2024), programa open source, empleado como programa y lenguaje de programación para realizar cálculos numéricos. Se plantea su uso de manera interactiva para correr el Opensees, en el pre y post procesamiento para el desarrollo del estudio IDA, obtención de aceleraciones y distorsiones máximas de piso; cálculo de las energías histerética estructural, energía disipada por los amortiguadores, entrada de energía y las relaciones entre estas, también empleado en el análisis de estadístico y los análisis de regresión.

3.5. Procedimientos

El proceso seguido consta de 04 etapas las cuales se detallan a continuación.

3.5.1. Etapa 01: dimensionamiento y diseño de los prototipos

- a. Se realizó el dimensionado tridimensional de los prototipos sin incluir amortiguadores viscosos, es decir, considerando únicamente un sistema estructural convencional resistente a la carga sísmica compuesto por pórticos de concreto armado, con un $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y acero grado 60. Se diseñaron los prototipos con

- el objetivo de alcanzar una distorsión angular del piso siguiendo las directrices establecidas por el ASCE (2022) y del MVCS (2020b). El diseño de concreto armado se llevó a cabo conforme a las especificaciones del ACI (2022) y MVCS (2020c). En total se tuvieron tres prototipos preliminares de tres, seis y nueve pisos.
- b. Después, en cada prototipo se colocaron disipadores viscosos en una disposición diagonal, diseñados de acuerdo con el coeficiente de amortiguamiento para lograr una relación de amortiguamiento adicional, ξ_{V1} , del 5, 10, 20, 30 y 40 por ciento. Se analizaron distintos exponentes de velocidad en los amortiguadores, α , para examinar tanto el comportamiento lineal como no lineal, con exponentes a considerar de 1.00, 0.70, 0.50 y 0.30. En resumen, para cada uno de los tres prototipos preliminares se tuvieron 20 variantes, sumando un total de 60 prototipos.
 - c. Para cada modelo tridimensional, se seleccionó un pórtico interior representativo de los prototipos con y sin amortiguadores viscosos, asegurando que el período fundamental del modelo tridimensional sea similar al del modelo bidimensional. Estos pórticos son los que se emplearon en el análisis IDA.
 - d. Para el análisis inelástico de las vigas y columnas, el comportamiento fuerza-desplazamiento se evaluó siguiendo los lineamientos señalados por Lignos y Krawinkler (2011) y Haselton et al. (2016), empleando un enfoque de plasticidad concentrada. Para el modelamiento de los amortiguadores se consideró el modelo de Maxwell. Estos prototipos bidimensionales definitivos (consultar la Tabla 2) son los utilizados en el estudio IDA, según se señala en la Etapa 03.

3.5.2. Etapa 02: selección, normalización y escalado de los movimientos del terreno

- a. Se seleccionó un listado de registros clasificados como de campo lejano, con magnitudes de momento mayores a 6.5, tomando en consideración la base de datos

del PEER (2014). Se usaron 30 pares de registros, haciendo un total de 60 movimientos a emplear. Los registros tuvieron la corrección por línea base.

- b. Conforme al FEMA (2009), se normalizaron los movimientos del terreno a la velocidad pico del terreno, PGV_{PEER} , con el fin de reducir la variabilidad no explicada entre los registros debido a las diferencias inherentes en la magnitud del evento, la distancia y el tipo de fuente, así como las condiciones del sitio. Este proceso preserva la variabilidad aleatoria inherente (de registro a registro) que es esencial para una predicción precisa de la fragilidad del colapso.
- c. Finalmente, el set de registros normalizados se ajustó a un nivel específico determinado por el espectro del evento SMC. En este proceso, el valor medio del conjunto de registros coincide con la demanda del SMC en el periodo fundamental. Por lo tanto, los registros originales, normalizados al PGV_{PEER} , experimentan un primer factor de escala, y al ajustarse al espectro del evento SMC, experimentan un segundo factor de escala. Estos se denominan factores de escalado de los registros. Como resultado, la intensidad a la cual ocurre la aceleración del sismo máximo considerado será uniforme en todos los registros y para el estudio IDA posterior se consideró igual a 1.0.

3.5.3. Etapa 03: estudio IDA

- a. Para cada uno de los prototipos bidimensionales definidos en la Etapa 01, se llevó a cabo un estudio IDA empleando los registros debidamente normalizados y escalados según lo indicado en la Etapa 02. La ejecución de un análisis IDA conlleva la realización de numerosos análisis historia de respuesta no lineal para cada uno de los registros de movimientos del terreno. Para este fin, se emplearon nuevos factores de escala que se denominaron factores de escalado de cálculo. Esta labor se realizó en el programa Opensees interactuando con el programa Octave.

- b. El análisis IDA se representa gráficamente mediante curvas IDA, que consisten en una serie de puntos obtenidos de los análisis de historia de respuesta al modificar el factor de escala de cálculo, considerando un parámetro ingenieril que puede ser la distorsión angular máxima absoluta de piso o la entrada de energía. En este estudio, se propuso ajustar el factor de escala de cálculo a intervalos de 0.1 veces hasta alcanzar la intensidad del evento SMC, y luego a intervalos de 0.2 veces hasta llegar al colapso numérico. En resumen, los factores de escala son: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, ..., hasta el colapso.
- c. En los resultados proporcionados por el programa Opensees, se monitoreó la energía potencial para identificar el punto de colapso numérico, que ocurre cuando esta supera la entrada de energía. Además, se evaluó la fuerza y el desplazamiento en los amortiguadores, considerando los valores típicos máximos proporcionados por los fabricantes, ya que su superación indicaría el haber sobrepasado su capacidad. Otro aspecto clave será no exceder la energía histerética estructural obtenida de los prototipos sin amortiguadores, lo que también sugeriría haberse alcanzado la capacidad última de disipación de la estructura.

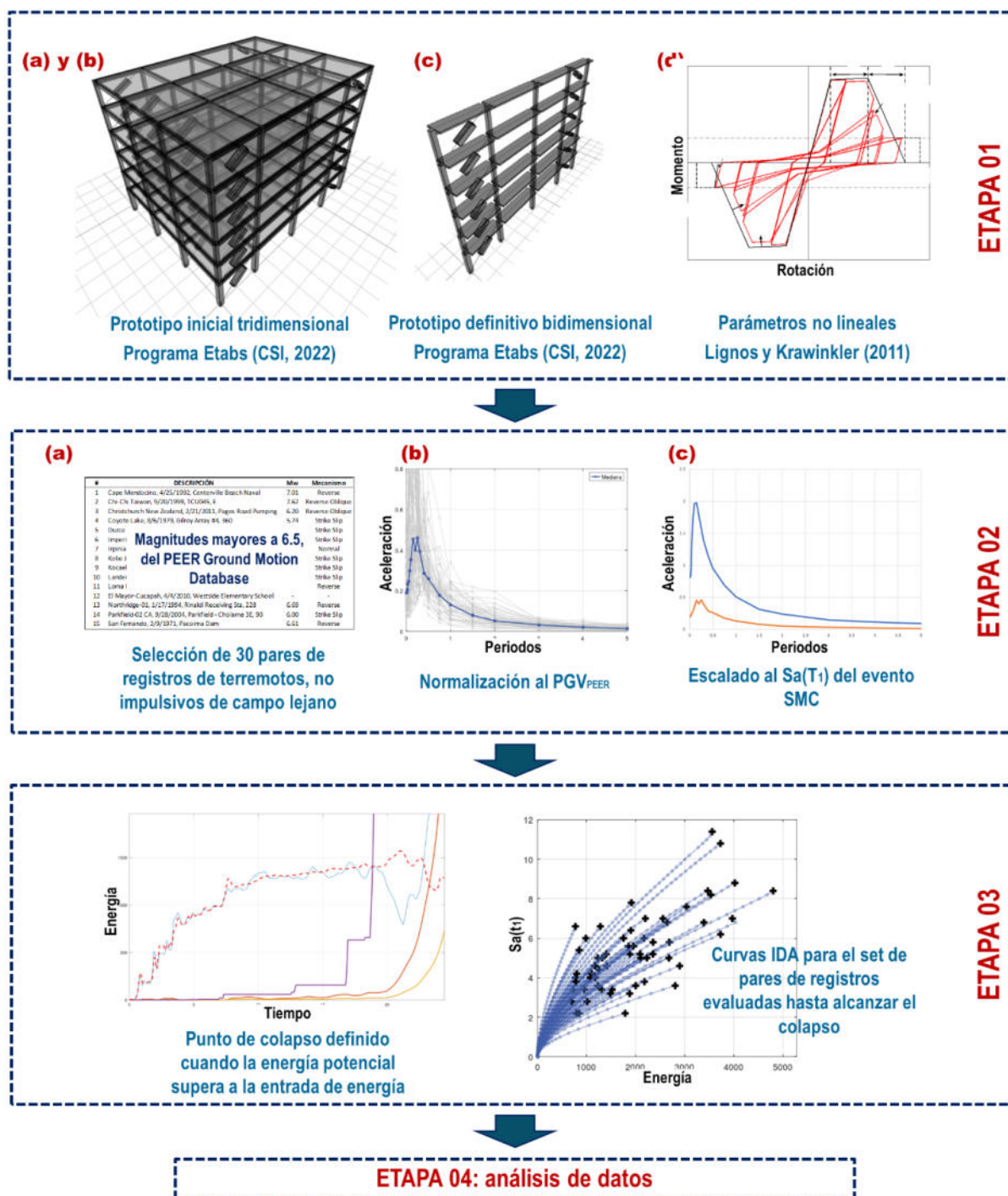
3.5.4. Etapa 04: análisis de datos

- a. Alcanzado el colapso numérico, se registran para el último punto de la curva IDA los principales indicadores como son el índice de margen de colapso, la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores, la entrada de energía, la distorsión angular de piso y la aceleración de piso. Los resultados se guardan en las fichas técnicas respectivas, junto con el índice de colapso alcanzado.
- b. La última etapa es el análisis de datos que se detalla en la sección 3.6.

En la Figura 22 se puede observar un diagrama con el resumen del procedimiento empleado.

Figura 22

Resumen del procedimiento seguido



3.6. Análisis de datos

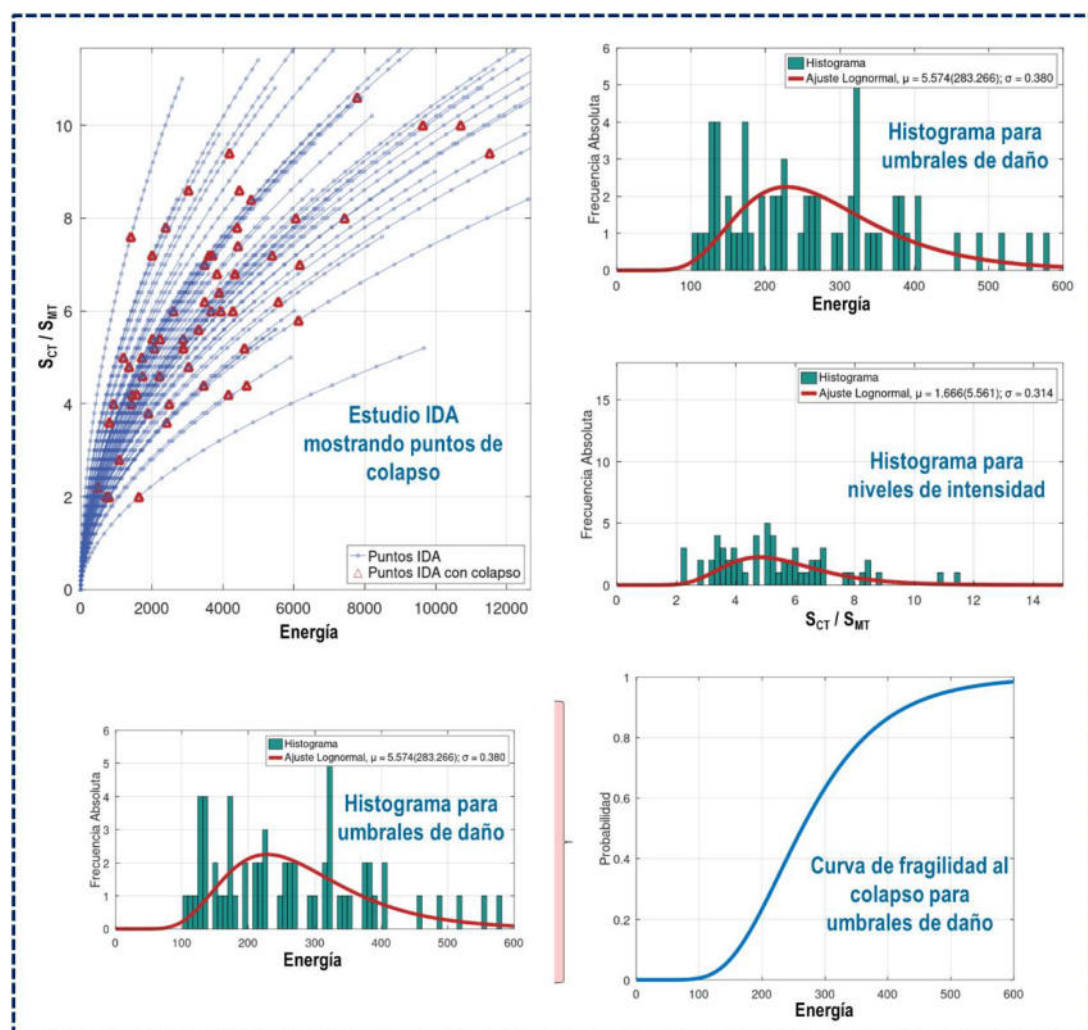
Según el procedimiento señalado en la sección previa, en la etapa 04 se procede a realizar el análisis de datos. Por tanto, en esta sección se menciona la secuencia de cálculos y análisis estadístico empleado.

3.6.1. Indicadores críticos del colapso

La predicción del colapso mediante el empleo de estudios IDA convencionalmente utiliza el valor máximo absoluto de las distorsiones angulares entre todos los niveles, o el alcanzado en el techo (FEMA, 2009, 2018). En la Figura 23 se presentan resultados de curvas IDA para el prototipo de 06 pisos, con una relación de amortiguamiento del 10 por ciento y exponente de velocidad de 1.0. En el eje horizontal se representan los umbrales de daño (DM) y en el vertical el nivel de intensidad alcanzado (IM). Los últimos puntos de las curvas IDA son los previos al colapso y se puede apreciar la variabilidad presente, analizados como histogramas, para posteriormente poder ajustarlos a distribuciones lognormales.

Figura 23

Curvas IDA e histogramas



La fase inicial del análisis de datos está enfocada en identificar el indicador más confiable, es decir, aquel con menor variabilidad, que permita predecir con mayor precisión el colapso. Para lograrlo, se realizó un análisis estadístico basado en umbrales de daño, que incluyó el cálculo de promedios, medianas y coeficientes de variación. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación de normalidad, junto con análisis de correlación y homocedasticidad, con el fin de garantizar la consistencia y estabilidad de los resultados.

3.6.2. Demanda y capacidad al colapso

En la siguiente fase, se examinó la relación entre los indicadores de la variable independiente y los correspondientes de la variable dependiente, utilizando análisis de regresión tanto simple como múltiple, con el propósito de predecir los resultados de cada indicador en condiciones de colapso. Se evaluaron tendencias lineales y cuadráticas, además de realizar regresiones múltiples que incorporaron el efecto combinado de todos los indicadores. Para determinar la influencia total e individual de cada indicador se empleó un análisis ANOVA.

3.6.3. Desarrollo de curvas de fragilidad al colapso

En el marco de los enfoques sísmicos probabilísticos se emplea la construcción de curvas de fragilidad, por lo tanto, se propone el planteamiento de modelos de curvas de fragilidad con ajustes lognormales, para la obtención de curvas de fragilidad al colapso, considerando la demanda y la capacidad.

3.6.4. Relación entre la entrada de energía y el desplazamiento inelástico en el techo

Por último, se estudia la relación entre la entrada de energía y el desplazamiento inelástico máximo en el techo a nivel de colapso.

3.7. Consideraciones éticas

El trabajo de investigación siguió los principios éticos de la investigación científica, garantizando la honestidad y precisión en el manejo y conservación de los datos en todas las

etapas, desde la recolección hasta la divulgación de los resultados. Se aplicaron estándares éticos en el diseño de la investigación y la gestión responsable de los recursos financieros. Se promovió la transparencia en la comunicación y el uso adecuado de los resultados, incluyendo la debida atribución de fuentes y la preservación de los datos.

Para la preparación de este estudio se utilizó ChatGPT para mejorar el lenguaje y la legibilidad. Sin embargo, tras usar esta herramienta, se revisó y editó el contenido, asumiendo plena responsabilidad por el material presentado.

IV. RESULTADOS

Este capítulo presenta los hallazgos de la investigación, y se resumen en el flujo de trabajo en la Figura 24. En la sección 4.1 se revisan los prototipos sin amortiguadores, destacando los criterios de diseño y parámetros de modelado no lineal, basados en normativas como los de la ASCE (2022, 2023), ACI (2022) y del MVCS (2020a, 2020b, 2020c), junto a estudios de Haselton et al. (2016) y Lignos y Krawinkler (2011). Posteriormente, se evalúa la capacidad de los amortiguadores viscosos para cada prototipo, ajustando el amortiguamiento y el exponente de velocidad. La sección 4.2 aborda la selección y normalización de los movimientos sísmicos para los análisis de historia de respuesta. En la parte 4.3, se describen las curvas IDA, haciendo hincapié en el monitoreo de la energía potencial como indicador del colapso numérico; así como la obtención de la energía histerética estructural, la cual define un límite para el cálculo del colapso en estructuras con amortiguadores. La sección 4.4 evalúa la capacidad de colapso mediante un análisis estadístico de los indicadores, considerando la demanda al colapso a través del índice de margen de colapso (IMC), y explora la capacidad de colapso basada en relaciones de energía, aceleraciones y distorsiones de piso. También se generan curvas de fragilidad mediante distribuciones lognormales, y se vinculan los indicadores de las variables independientes y dependientes, proponiendo regresiones predictivas. El análisis IDA sigue las guías de la FEMA (2009, 2018). Finalmente, con los resultados obtenidos, en el Capítulo 5 se discuten los estos. La Figura 25 presenta la estructura de trabajo (framework), destacando las variables, indicadores, procedimiento y resultados clave del estudio.

Figura 24

Flujo de trabajo para la obtención y discusión de resultados

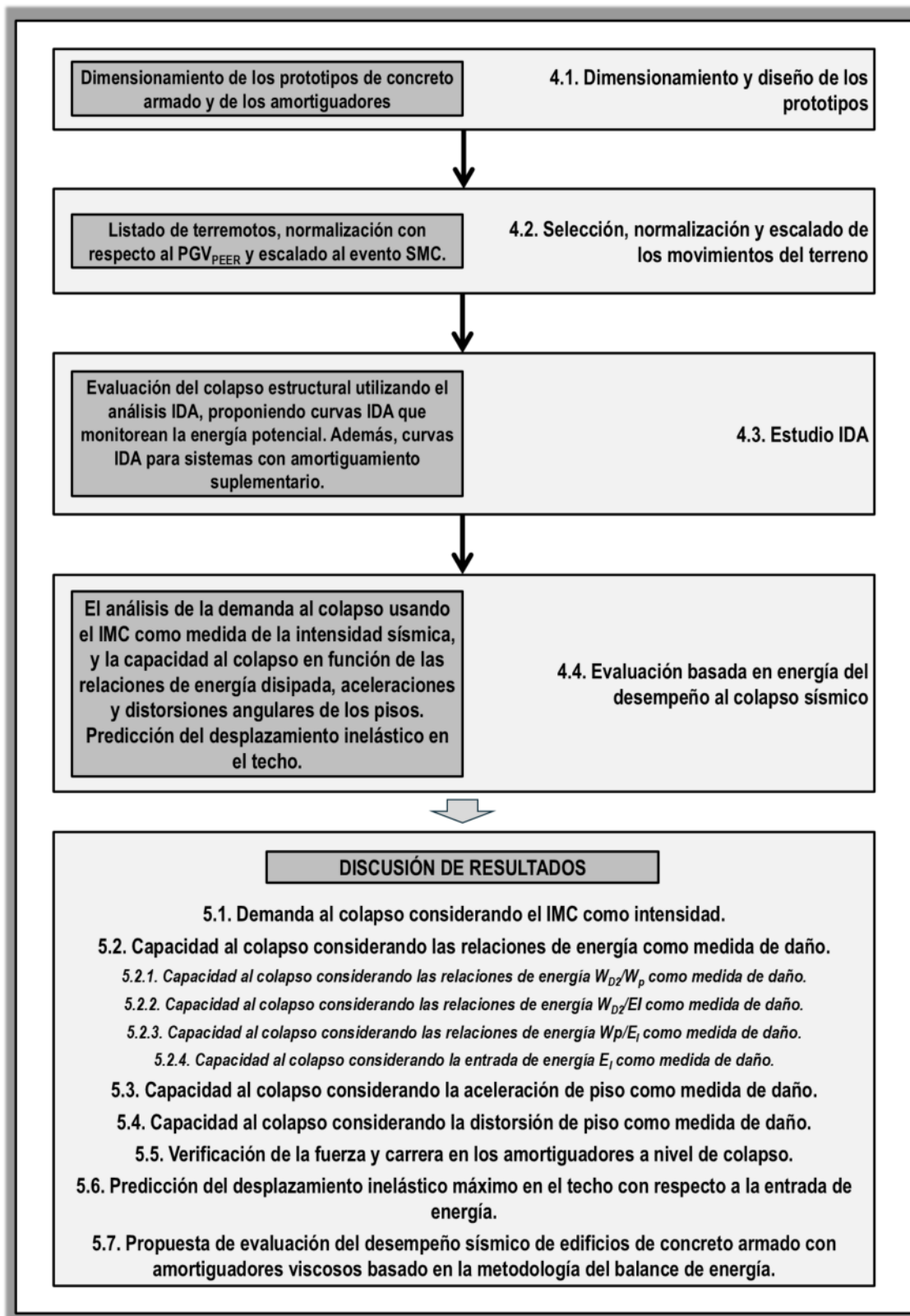
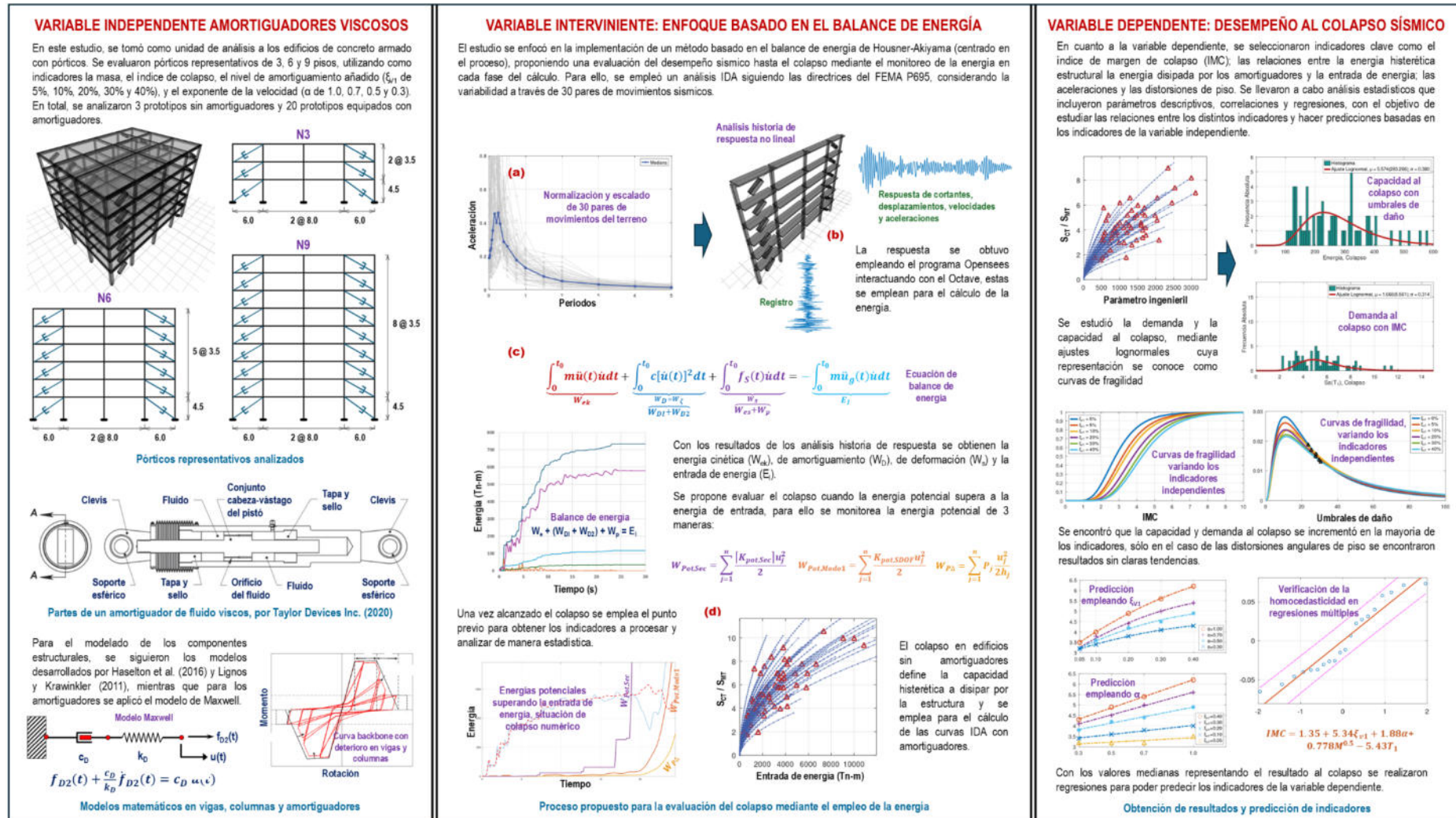


Figura 25

Modelo del diseño de investigación centrado en el proceso (framework)



4.1. Dimensionamiento y diseño de los prototipos

4.1.1. *Dimensionamiento de los prototipos de concreto armado considerando parámetros de comportamiento no lineal*

Los modelos iniciales propuestos se diseñaron como sistemas aporticados ordinarios de concreto armado para resistir cargas sísmicas. Para ello, se utilizó el estándar ASCE (2022), que establece un factor de modificación de respuesta $R = 3$ y un factor de amplificación de deflexiones $C_d = 2.5$. Estos sistemas tienen restricciones en zonas con alta actividad sísmica y se empleó una distorsión angular máxima del 2 por ciento. El diseño en concreto se basó en las directrices del ACI (2022), que también contempla sistemas ordinarios. El objetivo es evaluar la mejora en el desempeño de estos sistemas al incorporar amortiguadores viscosos, logrando una mayor capacidad histerética. Al seguir normativas internacionales, se garantiza una evaluación del colapso acorde a los requisitos más recientes para el diseño de sistemas de protección sísmica. En el contexto peruano, las normas del MVCS (2020b, 2020c) no diferencian entre sistemas aporticados de concreto armado especiales, intermedios u ordinarios, ni incluyen requisitos para el diseño de sistemas con amortiguación adicional.

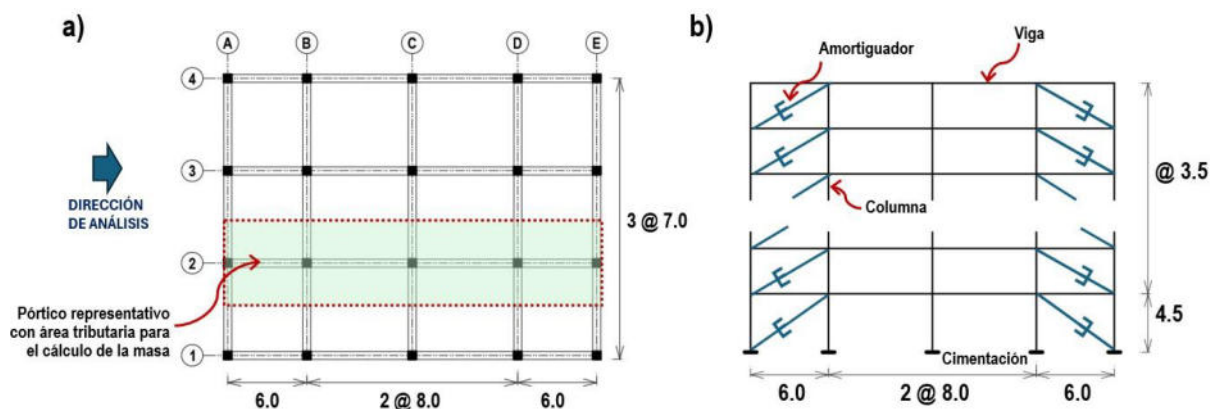
La evaluación del colapso requiere de modelos no lineales. Para ello, primero se llevan a cabo análisis mediante fuerzas horizontales equivalentes y el modal de respuesta espectral. El propósito es determinar las cargas sísmicas de diseño y, posteriormente, sugerir áreas de refuerzo longitudinal y transversal para su uso en un análisis inelástico.

La Figura 26 presenta un modelo general de los prototipos estudiados en este trabajo, incluyendo las conexiones entre vigas y columnas, que se modelan con brazos rígidos únicamente en las columnas, siguiendo las recomendaciones del ASCE (2023), también se aprecian los componentes como vigas y columnas, y las bases modeladas como empotradas. En la vista en planta se muestra el pórtico seleccionado como representativo, que, al ser interior, se diseñó para soportar cargas gravitacionales elevadas. En la dirección de análisis, los vanos

tienen dimensiones entre 6 y 8 metros, reflejando configuraciones comunes en estos edificios y a usarse en todos los prototipos.

Figura 26

Modelo utilizado de un prototipo típico con pórticos ordinarios resistentes a la carga sísmica: (a) vista en planta y (b) vista en elevación



De acuerdo con el FEMA (2009), dado que todos los pórticos son capaces de resistir cargas sísmicas, se clasifican como pórticos espaciales. Por lo tanto, no es necesario incluir columnas adicionales para considerar los efectos P-Delta. Además, no se toman en cuenta los efectos torsionales, ya que, debido a su configuración simétrica, estos sistemas no son susceptibles a dichos efectos. En la Tabla 5 se resumen las propiedades dinámicas y sísmicas por prototipo.

Tabla 5

Parámetros dinámicos en los prototipos

Prototipo	Peso sísmico (Tn)	Coefficiente de la Cortante en la Base (g)	Modo	Periodo (s)	Porcentaje de Masa Modal (%)
N3	1801.23	0.108	01	0.935	89.83
			02	0.315	8.57
			03	0.203	1.60
N6	3681.06	0.061	01	1.416	80.61
			02	0.488	12.52
			03	0.294	4.00
N9	5783.15	0.040	01	1.717	76.33
			02	0.599	12.01
			03	0.357	4.32

Las Figuras 27 a 32 muestran los principales parámetros de diseño obtenidos para los prototipos, incluyendo tanto los parámetros básicos de entrada como los momentos y rotaciones plásticas para el modelado inelástico, y el periodo estructural por cada prototipo. Además, las Figuras 27, 29 y 31 presentan la distorsión angular alcanzada, con el objetivo de que no supere el 2 por ciento. Los amortiguadores no se incluyen para obtener una representación más clara.

Figura 27

Parámetros de diseño para el pórtico representativo de 03 pisos

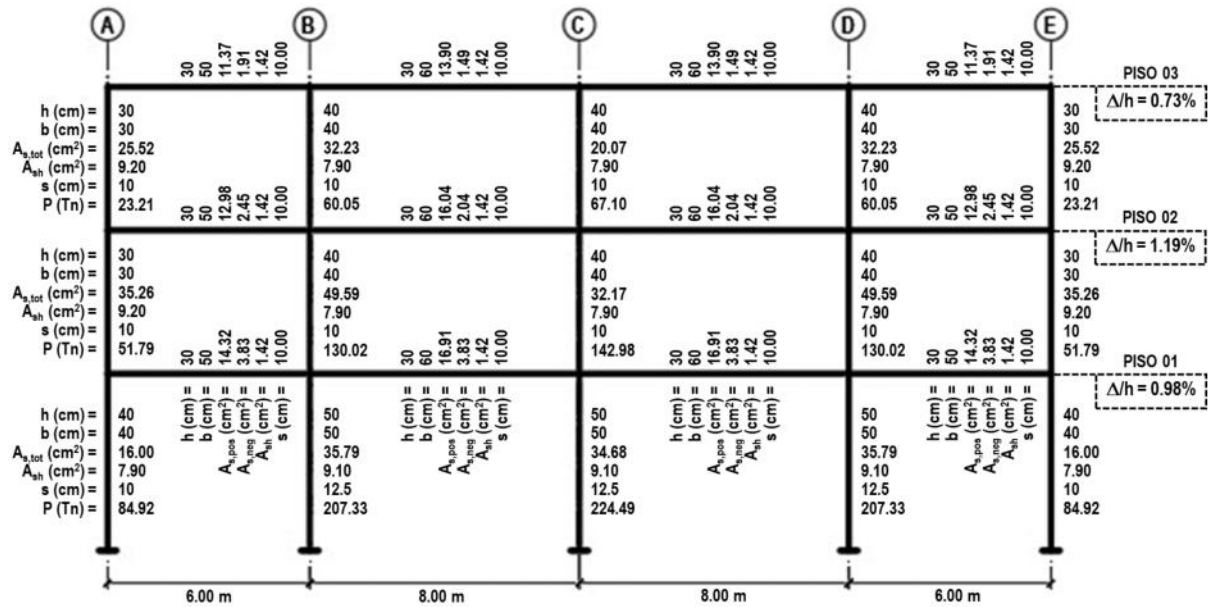


Figura 28

Parámetros de modelamiento inelástico para el pórtico representativo de 03 pisos

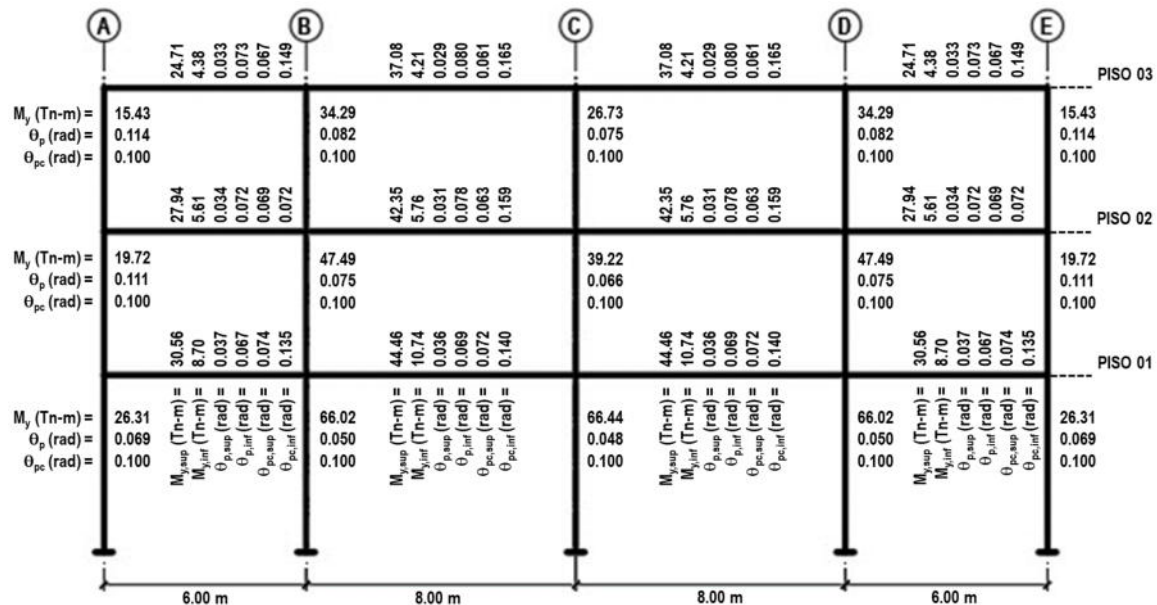


Figura 29

Parámetros de diseño para el pórtico representativo de 06 pisos

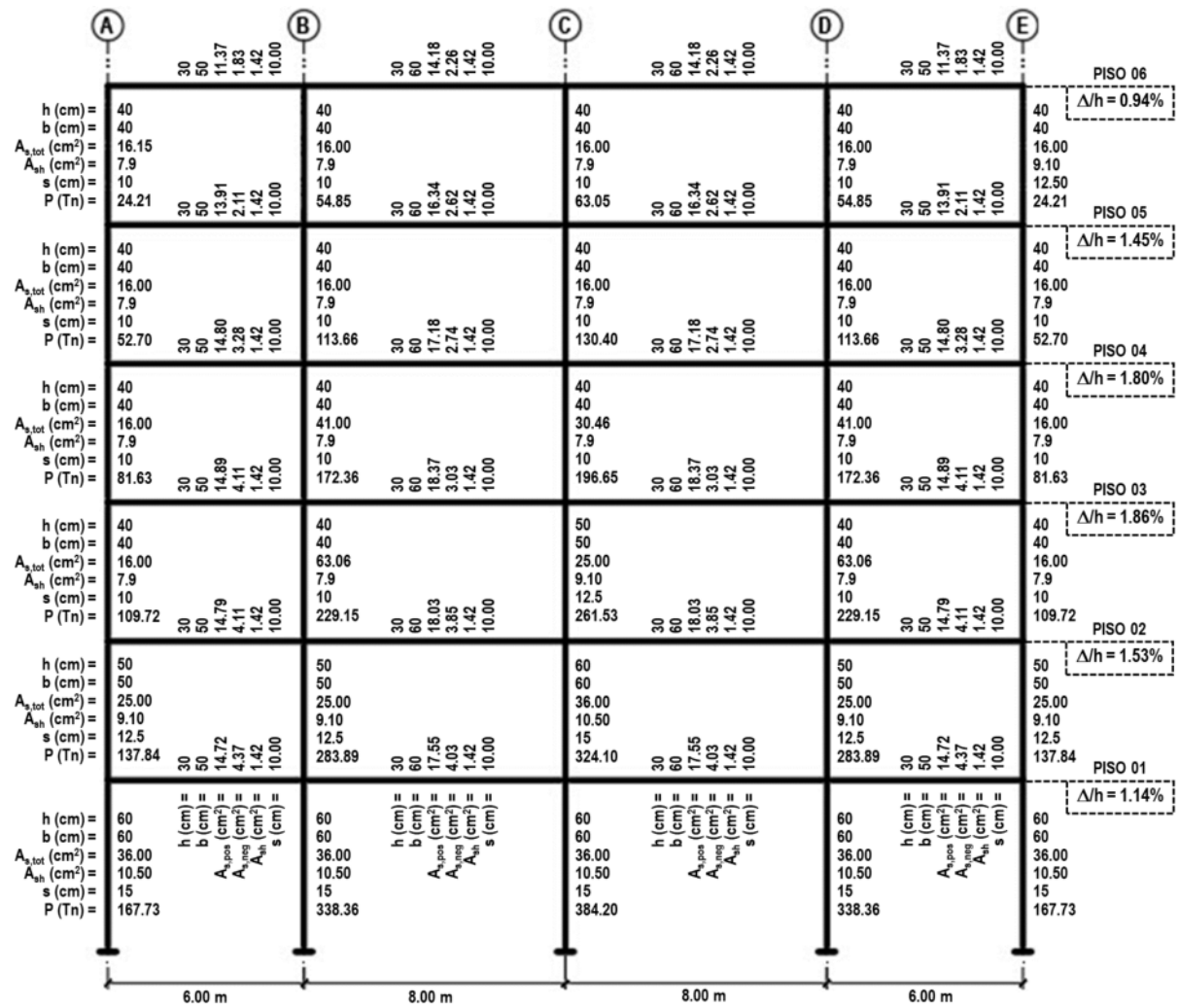


Figura 30

Parámetros de modelamiento inelástico para el pórtico representativo de 06 pisos

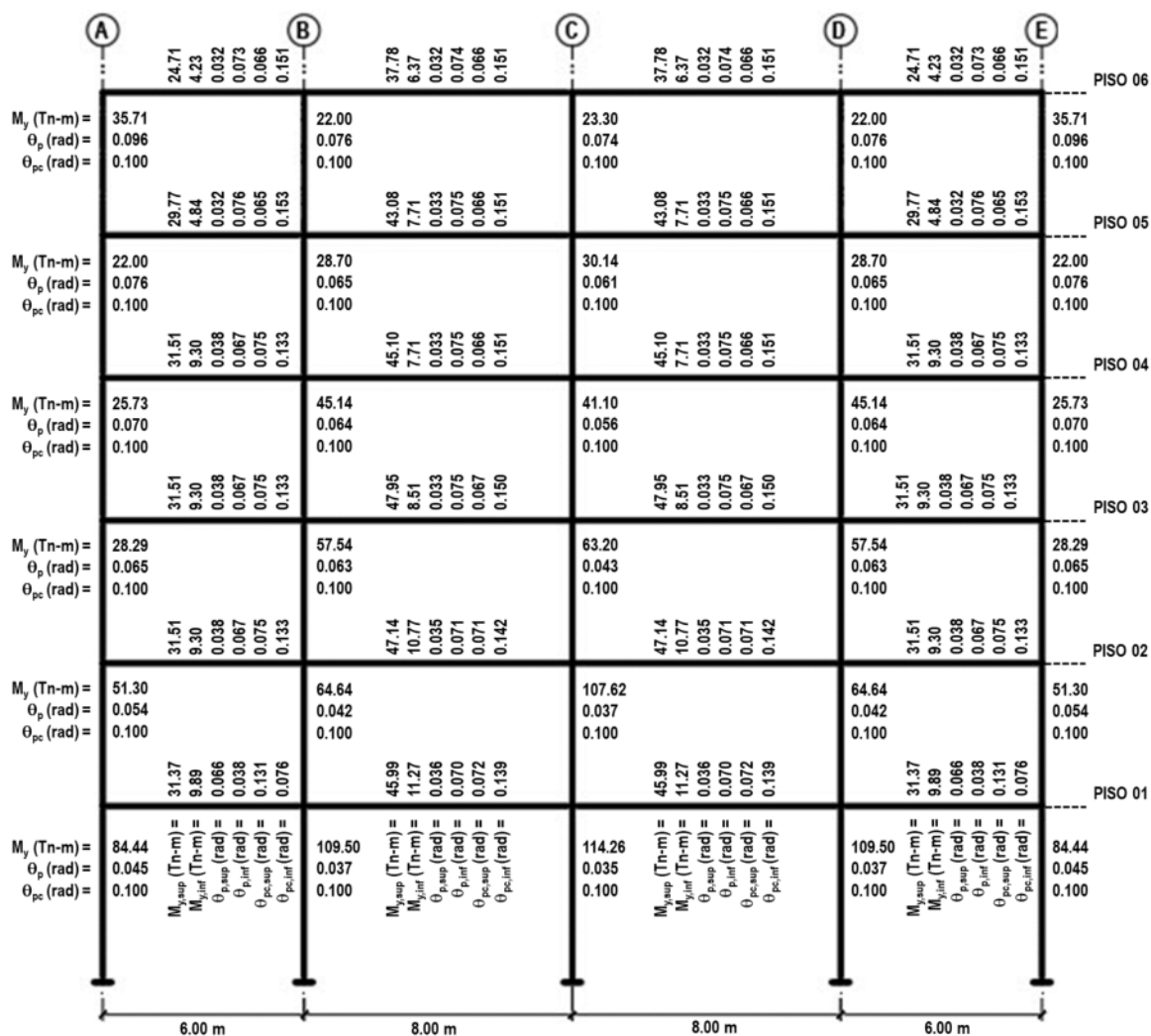


Figura 32

Parámetros de modelamiento inelástico para el pórtico representativo de 09 pisos

	A	B	C	D	E
	24.71 3.66 0.031 0.076 0.064 0.156		34.18 5.22 0.031 0.074 0.065 0.154		24.71 3.66 0.031 0.076 0.064 0.156
PISO 09	M_y (Tn-m) = 22.85 θ_p (rad) = 0.085 θ_{pc} (rad) = 0.100	22.07 0.075 0.100	22.68 0.074 0.100	22.07 0.075 0.100	22.85 0.085 0.100
PISO 08	24.46 5.58 0.034 0.071 0.070 0.144	39.26 6.26 0.032 0.075 0.065 0.153	51.30 0.054 0.100	48.36 0.056 0.100	22.07 0.075 0.100
PISO 07	29.30 8.25 0.037 0.067 0.074 0.135	41.57 6.62 0.032 0.075 0.065 0.153	58.78 0.048 0.100	56.09 0.050 0.100	43.63 0.059 0.100
PISO 06	31.47 9.85 0.038 0.066 0.076 0.132	44.86 10.80 0.036 0.070 0.072 0.140	64.64 0.042 0.100	61.66 0.045 0.100	49.10 0.055 0.100
PISO 05	31.43 9.89 0.038 0.066 0.076 0.132	44.86 10.80 0.036 0.070 0.072 0.140	112.42 0.043 0.100	74.95 0.042 0.100	54.03 0.052 0.100
PISO 04	31.55 9.89 0.038 0.066 0.076 0.131	45.80 12.91 0.037 0.068 0.074 0.135	173.39 0.035 0.100	113.80 0.043 0.100	88.55 0.053 0.100
PISO 03	31.31 9.89 0.038 0.066 0.076 0.131	45.80 12.91 0.037 0.068 0.074 0.135	253.03 0.034 0.100	175.63 0.034 0.100	138.09 0.042 0.100
PISO 02	29.87 9.89 0.033 0.057 0.076 0.131	44.36 11.49 0.036 0.068 0.073 0.137	354.32 0.033 0.100	253.89 0.034 0.100	201.17 0.040 0.100
PISO 01	30.42 9.51 0.033 0.057 0.076 0.131	46.06 8.96 0.030 0.063 0.068 0.146	371.84 0.031 0.100	355.84 0.033 0.100	42.12 0.038 0.100
	$M_{y,sup}$ (Tn-m) = 42.12 $M_{y,inf}$ (Tn-m) = 0.038 $\theta_{p,sup}$ (rad) = 0.100 $\theta_{p,inf}$ (rad) = 0.100	$M_{y,sup}$ (Tn-m) = 355.84 $M_{y,inf}$ (Tn-m) = 0.033 $\theta_{p,sup}$ (rad) = 0.100 $\theta_{p,inf}$ (rad) = 0.100	$M_{y,sup}$ (Tn-m) = 371.84 $M_{y,inf}$ (Tn-m) = 0.031 $\theta_{p,sup}$ (rad) = 0.100 $\theta_{p,inf}$ (rad) = 0.100	$M_{y,sup}$ (Tn-m) = 355.84 $M_{y,inf}$ (Tn-m) = 0.033 $\theta_{p,sup}$ (rad) = 0.100 $\theta_{p,inf}$ (rad) = 0.100	$M_{y,sup}$ (Tn-m) = 42.12 $M_{y,inf}$ (Tn-m) = 0.038 $\theta_{p,sup}$ (rad) = 0.100 $\theta_{p,inf}$ (rad) = 0.100
	6.00 m	8.00 m	8.00 m	6.00 m	

4.1.2. Dimensionamiento de los amortiguadores en los prototipos de concreto armado

Como se presentó en la sección 2.1.1, la fuerza que desarrolla un amortiguador viscoso no lineal se expresa con la Ecuación 1, la cual se puede generalizar según la Ecuación 30, tomada de Hamidia et al. (2014):

$$f_{D2} = c_{NL} \text{sgn}(\dot{u}_D) [\dot{u}_D]^\alpha \quad (30)$$

donde, c_{NL} representa la constante de amortiguamiento no lineal del amortiguador, \dot{u}_D es la diferencia de velocidad entre los extremos del dispositivo, $\text{sgn}(-)$ es la función signo y α es el exponente de velocidad.

En sistemas de múltiples grados de libertad, como señalan Hamidia et al. (2014), al considerar la amplitud de desplazamiento del techo bajo cargas armónicas, D_{techo} , el periodo fundamental elástico no amortiguado, T_1 , y la forma del primer modo normalizada para tener un valor de uno en el techo, ϕ_{j1} , así como la energía disipada por el sistema de amortiguamiento en cada ciclo del primer modo, se puede calcular la relación de amortiguamiento viscoso efectivo modal como:

$$\xi_{v1} = \frac{\sum_{j=1}^{N_d} (2\pi)^{\alpha_j} T_1^{2-\alpha_j} \lambda_j C_j f_j^{1+\alpha_j} D_{techo}^{\alpha_j-1} (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^{1+\alpha_j}}{8\pi^3 \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2} \quad (31)$$

donde C_j representa la suma de todas las constantes de amortiguamiento en el piso j , f_j es un factor de amplificación que varía según la disposición geométrica de los amortiguadores (se considera $f_j = \cos \theta_j$, dado que están dispuestos diagonalmente y θ_j es el ángulo de inclinación), N_d es el número de amortiguadores y m_j es la masa en cada piso. La constante

λ_j , definida por la Ecuación 32, refleja la relación energética entre los amortiguadores lineales y su equivalente no lineal.

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha}\Gamma^2(1 + \alpha/2)}{\Gamma(2 + \alpha)} \quad (32)$$

donde Γ es la función Gamma de Euler. La Ecuación 31 se reduce a la Ecuación 33 en el caso se tengan amortiguadores lineales:

$$\xi_{v1} = \frac{T_1 \sum_{j=1}^{N_d} C_j f_j^2 (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^2}{4\pi \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2} \quad (33)$$

Las ecuaciones 31 y 33 pueden ser reorganizadas para determinar las constantes de amortiguamiento basadas en su distribución a lo largo de la altura del edificio, teniendo en cuenta los desplazamientos relativos del primer modo. Las constantes de amortiguamiento se calculan mediante las ecuaciones 34 y 35, para amortiguadores no lineales y lineales, respectivamente.

$$C_j = \frac{8\pi^3 \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2}{(2\pi)^{\alpha_j} T_1^{2-\alpha_j} \lambda_j F_d D_{techo}^{\alpha_j-1} \sum_{j=1}^{N_d} f_j^{1+\alpha_j} (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^{1+\alpha_j}} \times \xi_{v1} \quad (34)$$

$$= \frac{A}{B} \times \xi_{v1}$$

$$C_j = \frac{4\pi \xi_{v1} \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2}{T_1 \sum_{j=1}^{N_d} F_d f_j^2 (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^2} \times \xi_{v1} = \frac{A}{B} \times \xi_{v1} \quad (35)$$

Como ejemplo, en la Tabla 6 se presenta el desarrollo para el prototipo de 6 pisos con una relación de amortiguamiento adicional de $\xi_{v1} = 10\%$, utilizando amortiguadores lineales ($\alpha = 1.0$) y un tipo de amortiguador no lineal ($\alpha = 0.7$).

Tabla 6

Cálculo de los coeficientes de amortiguamiento por piso para el prototipo de 06 pisos, con

$\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

Piso	Rigidez (Tn/m)	F_d	$\phi_{j1}(\text{m})$	$\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1}$	Masa (Tn.s ² /m)	A	B	C_j (Tn.s/m)
6	1437.40	0.506	1.000	0.079	17.315	217.582	0.003	242.58
5	1508.41	0.531	0.921	0.149	18.021	192.019	0.013	254.57
4	1528.35	0.538	0.771	0.210	18.021	134.768	0.026	257.93
3	1724.21	0.607	0.561	0.227	18.032	71.327	0.034	290.99
2	2541.30	0.895	0.334	0.170	18.173	25.508	0.028	428.89
1	2839.43	1.000	0.164	0.164	18.795	6.385	0.030	479.20
Σ					108.358	647.588	0.135	

De acuerdo con la Ecuación 35, el coeficiente de amortiguamiento por piso se calcula teniendo en cuenta parámetros como la masa (m_j), los desplazamientos modales (ϕ_{j1}) y el ángulo de inclinación ($f_j = \cos \theta_j$). En el estudio, se considera que la distribución de las constantes de amortiguamiento sea acorde con la rigidez de cada piso en la dirección de interés. La relación de rigidez entre pisos, que también se utiliza para el coeficiente de amortiguamiento, se considera con F_d . El periodo del modo fundamental del prototipo de 6 pisos es $T_1 = 1.415$ segundos. Aplicando la Ecuación 35, se obtiene el coeficiente total en el primer piso: $C_1 = 647.577 \times 0.10/0.135 = 479.20$ Tn-s/m. En los demás niveles, los coeficientes se determinan según la relación entre rigideces, evaluada como F_d . Estos coeficientes representan el total por piso. Para el modelado, se divide entre 2, ya que se emplearon 2 dispositivos en cada pódico.

Para los amortiguadores no lineales, asumiendo un valor de $\alpha = 0.7$, el desplazamiento en el techo se evaluó conforme a las recomendaciones del ASCE (2022), resultando en $D_{techo} = 0.118$ metros. La relación energética entre los amortiguadores lineales y su equivalente no lineal se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda = \frac{2^{2+0.7}\Gamma^2(1 + 0.7/2)}{\Gamma(2 + 0.7)} = \frac{5.160}{1.54} = 3.34$$

donde, $\Gamma(1 + 0.7/2)$ es igual a 0.891.

En la Tabla 7 se presenta el cálculo de los coeficientes de amortiguamiento para una relación adicional de $\xi_{v1} = 10\%$. Aplicando la Ecuación 34, se obtiene el coeficiente total en el primer piso: $C_1 = 12782.87 \times 0.10/5.96 = 214.43 \text{ Tn.s}^a/\text{m}^a$. Al igual que con los amortiguadores lineales, los coeficientes en los demás niveles se determinan según la relación entre rigideces, F_d . Para el modelado, estos coeficientes se dividen entre 2, ya que se emplearon 2 dispositivos en cada pórtico.

Tabla 7

Cálculo de los coeficientes de amortiguamiento por piso para el prototipo de 06 pisos, con $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.7$

Piso	Rigidez (Tn/m)	F_d	$\phi_{j1}(\text{m})$	$\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1}$	Masa (Tn.s2/m)	A	B	C_j (Tn.s ^a /m ^a)
6	1437.40	0.506	1.000	0.079	17.315	4294.89	0.20	108.55
5	1508.41	0.531	0.921	0.149	18.021	3790.30	0.61	113.91
4	1528.35	0.538	0.771	0.210	18.021	2660.21	1.11	115.42
3	1724.21	0.607	0.561	0.227	18.032	1407.94	1.42	130.21
2	2541.30	0.895	0.334	0.170	18.173	503.50	1.28	191.92
1	2839.43	1.000	0.164	0.164	18.795	126.03	1.35	214.43
Σ					108.358	12782.87	5.96	

En las Tablas 8, 9 y 10 se presentan los coeficientes calculados para los prototipos de 3, 6 y 9 pisos, considerando diferentes variaciones en el exponente de velocidad de los dispositivos y las relaciones de amortiguamiento efectivas estudiadas. Cabe señalar que el amortiguamiento inherente del sistema se consideró igual al 3 por ciento.

Tabla 8

Coefficientes de amortiguamiento para los prototipos de 03 pisos

$\xi_{v1}(\%)$	Piso	c_L y $c_{NL}(\text{Tn. s/m y Tn. s}^\alpha/\text{m}^\alpha)$			
		$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 1.0$
5	1	11.21	16.47	24.05	42.06
	2	10.03	14.74	21.53	37.64
	3	6.81	10.00	14.61	25.54
10	1	20.20	30.58	46.01	84.12
	2	18.08	27.37	41.18	75.28
	3	12.27	18.57	27.94	51.08
20	1	34.93	55.11	86.45	168.23
	2	31.26	49.33	77.37	150.57
	3	21.21	33.47	52.50	102.16
30	1	46.89	76.38	123.66	252.35
	2	41.97	68.36	110.67	225.85
	3	28.47	46.38	75.09	153.23
40	1	56.91	95.21	158.36	336.46
	2	50.93	85.22	141.73	301.13
	3	34.56	57.82	96.16	204.31

Tabla 9*Coefficientes de amortiguamiento para los prototipos de 06 pisos*

$\xi_{v1}(\%)$	Piso	c_L y $c_{NL}(Tn. s/m$ y $Tn. s^\alpha/m^\alpha)$			
		$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 1.0$
5	1	19.96	33.55	56.05	119.80
	2	17.86	30.03	50.16	107.22
	3	12.12	20.37	34.03	72.75
	4	10.74	18.06	30.17	64.48
	5	10.60	17.82	29.77	63.64
	6	10.10	16.98	28.37	60.65
10	1	35.98	62.30	107.22	239.60
	2	32.20	55.76	95.96	214.44
	3	21.85	37.83	65.11	145.49
	4	19.37	33.54	57.71	128.97
	5	19.11	33.10	56.96	127.28
	6	18.21	31.54	54.28	121.29
20	1	62.19	112.29	201.45	479.20
	2	55.66	100.50	180.29	428.89
	3	37.77	68.18	122.33	290.99
	4	33.48	60.44	108.43	257.93
	5	33.04	59.65	107.01	254.57
	6	31.48	56.84	101.98	242.58
30	1	83.50	155.60	288.15	718.80
	2	74.73	139.27	257.89	643.33
	3	50.71	94.49	174.97	436.48
	4	44.95	83.76	155.10	386.90
	5	44.36	82.66	153.07	381.85
	6	42.27	78.77	145.87	363.88
40	1	101.33	193.98	369.00	958.40
	2	90.69	173.61	330.26	857.77
	3	61.53	117.79	224.07	581.98
	4	54.54	104.41	198.62	515.87
	5	53.83	103.05	196.03	509.14
	6	51.30	98.20	186.80	485.17

Tabla 10*Coefficientes de amortiguamiento para los prototipos de 09 pisos*

$\xi_{v1}(\%)$	Piso	c_L y $c_{NL}(Tn. s/m$ y $Tn. s^\alpha/m^\alpha)$			
		$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.5$	$\alpha = 0.7$	$\alpha = 1.0$
5	1	35.20	64.22	116.45	281.52
	2	24.20	44.16	80.08	193.60
	3	20.06	36.60	66.36	160.43
	4	17.39	31.73	57.53	139.07
	5	14.50	26.46	47.98	115.99
	6	13.74	25.07	45.45	109.87
	7	13.54	24.71	44.80	108.31
	8	12.12	22.11	40.10	96.93
	9	8.49	15.50	28.10	67.94
10	1	63.45	119.26	222.77	563.04
	2	43.63	82.01	153.19	387.19
	3	36.16	67.96	126.94	320.85
	4	31.34	58.91	110.05	278.14
	5	26.14	49.13	91.78	231.97
	6	24.76	46.55	86.94	219.75
	7	24.41	45.88	85.70	216.61
	8	21.85	41.06	76.70	193.86
	9	15.31	28.78	53.76	135.87
20	1	109.69	214.93	418.55	1126.07
	2	75.43	147.81	287.83	774.38
	3	62.51	122.48	238.51	641.70
	4	54.19	106.18	206.77	556.29
	5	45.19	88.55	172.44	463.94
	6	42.81	83.89	163.36	439.50
	7	42.20	82.69	161.03	433.23
	8	37.77	74.00	144.11	387.73
	9	26.47	51.87	101.01	271.75
30	1	147.26	297.85	598.69	1689.11
	2	101.27	204.83	411.71	1161.57
	3	83.92	169.73	341.17	962.55
	4	72.75	147.14	295.76	834.43
	5	60.67	122.71	246.66	695.91
	6	57.47	116.25	233.66	659.24
	7	56.65	114.59	230.33	649.84
	8	50.70	102.55	206.14	581.59
	9	35.54	71.88	144.48	407.62
40	1	178.71	371.31	766.69	2252.15
	2	122.89	255.34	527.24	1548.76
	3	101.84	211.59	436.90	1283.41
	4	88.28	183.43	378.75	1112.57
	5	73.63	152.98	315.87	927.88
	6	69.75	144.92	299.23	878.99
	7	68.75	142.85	294.96	866.46
	8	61.53	127.85	263.98	775.45
	9	43.13	89.60	185.02	543.49

4.2. Selección, normalización y escalado de los movimientos del terreno

El estudio involucró múltiples análisis historia de respuesta utilizando registros de movimientos del terreno escalados hasta alcanzar el colapso numérico, con el objetivo de determinar la variabilidad entre registros y obtener la capacidad mediana al colapso. Para evaluar el colapso, se requirieron movimientos del terreno fuertes que produzcan una liberación significativa de energía, por lo que se seleccionaron 30 pares de registros con magnitudes superiores a 6.5 de la base de datos PEER (2014). Esta base de datos, recomendada por el FEMA P-695 y ampliamente utilizada, contiene más de 3550 registros de terremotos de más de 160 eventos a nivel mundial. Se eligieron preferentemente registros de campo lejano, definidos como aquellos con una distancia a la falla de ruptura mayor a 10 kilómetros.

Para garantizar que los registros seleccionados sean representativos y adecuados, se empleó las recomendaciones del FEMA (2009), eligiendo terremotos con mecanismos de deslizamiento lateral (strike slip) y fallas inversas (reverse), excluyendo aquellos producidos en suelos blandos (con velocidades de onda de corte promedio menores a 170). No se seleccionó más de un registro por terremoto, y se priorizaron aquellos con una aceleración máxima del suelo (PGA) superior a 0.2 g y una velocidad máxima del suelo (PGV) superior a 15 cm/seg. Además, los registros son a partir de instrumentos de recolección ubicados en lugares de campo libre para evitar la interacción suelo-estructura-cimentación.

Asimismo, el FEMA (2009) recomienda normalizar y escalar el conjunto de registros. La normalización ajusta los registros según el PGV para eliminar la variabilidad causada por diferencias en la magnitud del evento, la distancia a la fuente, el tipo de fuente y las condiciones del sitio, manteniendo la variabilidad aleatoria entre registros, necesaria para predecir el colapso. Esta normalización se basa en la media geométrica de los componentes horizontales, PGV_{PEER} . El escalado se realiza ajustando los registros normalizados para que la mediana de

estos coincida con el espectro objetivo de diseño multiperiodo del ASCE 7, considerando la intensidad SMC y el periodo fundamental de cada prototipo.

En el Anexo C se presenta la lista de movimientos del terreno seleccionados para el estudio, detallando las componentes horizontales (este-oeste y norte-sur) y los parámetros de normalización. Los valores del PGA de los registros oscilan entre 0.10 g y 1.20 g, con distancias de ruptura (R_{rup}) entre 3.36 y 69.62 kilómetros. Las velocidades promedio de la onda de corte (V_{s30}) varía entre 175 y 694 m/s, correspondientes a suelos tipo D según el ASCE (2022) o suelos tipo S2 según el MVCS (2020b). La Tabla 9 resume los principales parámetros después de la normalización por el PGV_{PEER} , mostrando una reducción en la dispersión del PGV sin cambios significativos en la dispersión del PGA. Tras la normalización, los valores de PGA varían entre 0.074 g y 0.785 g, y el PGV entre 9.34 cm/s y 21.50 cm/s.

Tabla 11

Comparación del PGA y PGV antes y luego de la normalización

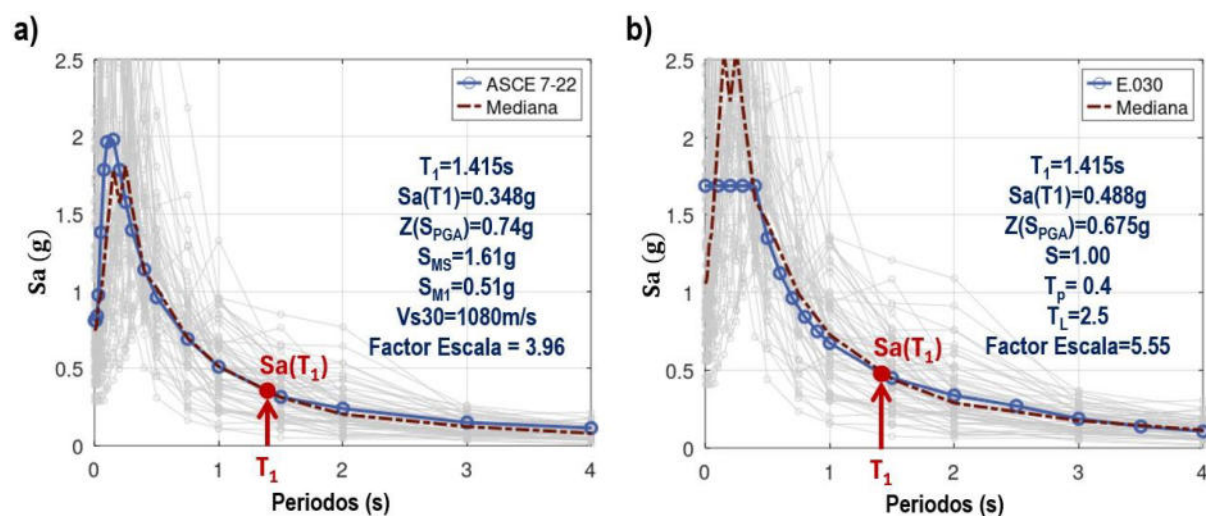
Valor del Parámetro	PGA (g)		PGV (cm/s)	
	Registrado	Normalizado	Registrado	Normalizado
Máximo	1.201	0.785	67.630	21.497
Mínimo	0.101	0.074	5.795	9.335
Máx./Mín.	11.891	10.608	11.671	2.303
Promedio	0.651	0.430	36.712	15.416

En la Figura 33 se presentan los espectros de respuesta de los movimientos seleccionados, junto con su valor mediano y los espectros objetivo. El proceso de escalado implica ajustar la mediana de los espectros para que coincida con un espectro objetivo correspondiente a un evento SMC en el período fundamental del prototipo. En este estudio, se eligió el espectro multiperiodo del ASCE (2022) como espectro objetivo, y la Figura 33a muestra cómo la mediana de los espectros se alinea con este en el período fundamental del prototipo de 6 pisos, que es de 1.415 segundos, con un factor de escala de 3.96. La Figura 33b

ilustra el proceso de escalado utilizando el espectro SMC de la E.030 (MVCS, 2020b), calculado como 1.5 veces el espectro de diseño, con un factor de escala de 5.55. En ambos espectros objetivo, se ha definido un tipo de suelo con velocidades de onda de corte promedio similares, pero el espectro del ASCE (2022) se aproxima mejor al espectro mediana debido a que es multiperiodo, a diferencia del espectro del MVCS (2020b) que está basado en el PGA, lo que explica la diferencia en el factor de escala. No se utilizó el espectro de diseño del MVCS (2020b) porque no proporciona una metodología o factor específico para calcular eventos SMC, además, el PGA o aceleración básica, Z , no refleja valores máximos sino la media geométrica de las componentes horizontales tal como se registraron.

Figura 33

Escalado de los espectros de los movimientos del terreno, para el prototipo de 06 pisos



Para los prototipos de 3 pisos, se determinó un factor de escala de 3.91 para un período fundamental de 0.935 segundos, mientras que, para los prototipos de 9 pisos, el factor de escala fue de 4.20 con un período fundamental de 1.717 segundos.

Para la evaluación del colapso, los registros normalizados y escalados, al PGV_{PEER} y espectro objetivo normativo, respectivamente, se vuelven a ajustar colectivamente hasta que el 50% logra colapsar los prototipos, determinando así la capacidad de colapso mediana y los indicadores resultantes a este nivel de comportamiento.

4.3. Estudio IDA

4.3.1. Evaluación del colapso mediante el empleo de análisis IDA

Para calcular la capacidad de colapso se utiliza el método del análisis dinámico incremental (IDA), realizando un análisis exhaustivo alcanzando el colapso numérico para todos los pares de movimientos del terreno. El objetivo es evaluarla de forma probabilística y realizar un análisis estadístico para determinar la dispersión de los indicadores en el punto de colapso.

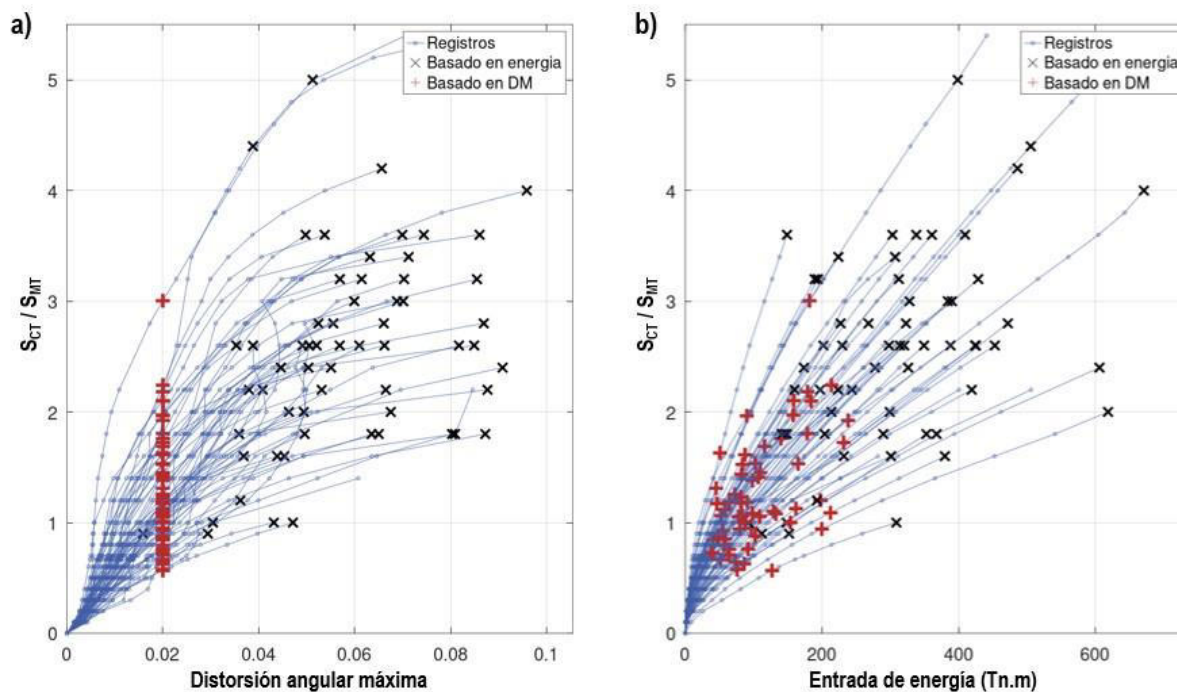
Según el FEMA (2009), cada movimiento del terreno se analiza a través de un análisis historia de respuesta, escalándolos a diferentes intensidades hasta que la estructura alcance el colapso numérico. Cada parámetro ingenieril se representa frente a las aceleraciones espectrales. Las curvas varían, ya que muestran la respuesta del prototipo a diferentes contenidos frecuenciales de los terremotos. Tradicionalmente, se considera que ocurre el colapso cuando se produce una inestabilidad dinámica lateral, manifestada por un desplazamiento lateral excesivo.

Como lo indica el FEMA (2018), Vamvatsikos y Cornell proponen formalmente que el colapso numérico sucede cuando la pendiente entre puntos de la curva IDA disminuye a menos del 20 por ciento de la pendiente inicial de dicha curva, llegando a una sección plana. A este enfoque se le conoce como criterio basado en la intensidad (IM). Si no se cumple este criterio, se puede emplear un criterio basado en una medida de daño (DM). El parámetro ingenieril comúnmente usado para esto es la distorsión angular.

En la Figura 34 se presentan las curvas IDA generadas mediante el uso de las distorsiones angulares máximas de piso y la entrada de energía para el prototipo de 6 pisos sin amortiguadores. Cada punto en esta figura representa un análisis historia de respuesta no lineal.

Figura 34

Curvas IDA para el prototipo de 6 pisos sin amortiguadores: (a) distorsiones angulares y (b) entrada de energía



En la Figura 34a, se ha empleado como parámetro ingenieril la distorsión máxima absoluta en todos los pisos. Las cruces marcadas en rojo indican el punto en el que el colapso ocurriría si se aplicara el criterio basado en daño máximo (DM) considerando una distorsión máxima del 2 por ciento (el límite propuesto suele ser del 10 por ciento, ya sea en términos de distorsión angular de piso o en relación con el desplazamiento total del techo). Esto sugiere la aplicación de un valor límite determinístico. Para este prototipo, no se encuentran curvas que cumplan con un criterio basado en intensidad del movimiento (IM). En el gráfico presentado, el prototipo, al tratarse de un sistema ordinario, no alcanza valores de distorsión muy elevados. En la Figura 34b, las curvas IDA se muestran utilizando la entrada de energía como parámetro ingenieril, donde las cruces para una distorsión del 2 por ciento muestran variabilidad; además, las curvas no se aplanan, lo que indica que es necesario establecer valores máximos que indiquen el colapso numérico, pero manteniendo la variabilidad en los resultados. Las equis en

negro representan el criterio basado en energía utilizado en este estudio, que será explicado con más profundidad en la siguiente sección. Estos puntos sugieren que los criterios convencionales podrían subestimar la verdadera capacidad de colapso de las estructuras. Además, estas equis no corresponden al último punto de la curva IDA, ya que representan el último punto antes de un colapso numérico debido al desbordamiento de energía.

4.3.2. Propuesta de curvas IDA con el monitoreo de la energía potencial

Deniz et al. (2017) contrasta la energía generada por el terremoto con la energía producida por las cargas gravitatorias. Como indicador de colapso, proponen examinar el aumento en la energía producida por las cargas verticales en pórticos planos, validando este método mediante pruebas experimentales. Concluyen que es un enfoque confiable al utilizar un criterio de inestabilidad global del sistema.

Según señalan Meigooni y Mollaioli (2021), se han propuesto diversos métodos para determinar el colapso numérico. Estos métodos incluyen la reducción de la rigidez, la inestabilidad dinámica y la energía generada por la carga gravitatoria, entre otros. Además, la curva pushover puede ser utilizada para evaluar el colapso, estableciendo ya sea una deformación máxima o la deformación en la cual la fuerza cortante es cero después de haberse alcanzado una pendiente negativa. Proponen evaluar el colapso mediante el análisis de la energía cinética, observando si esta supera la entrada de energía en algún punto del análisis historia de respuesta. Estudian modelos tanto de un único grado de libertad como de múltiples grados de libertad, utilizando registros de campo tanto lejanos como cercanos, impulsivos y no impulsivos. Tratan de no escalar excesivamente los registros para que el contenido de frecuencia sea compatible con registros reales.

En este estudio se plantea el uso medidas directas de la energía potencial para determinar la capacidad de colapso, la evaluación se desarrolla en cada paso de tiempo, siendo la energía potencial total la suma de la generada en cada piso. La primera consiste en comparar

el cambio de la resistencia y la entrada de energía, considerando los efectos de segundo orden. Esta aproximación fue propuesta por Akiyama (2002), quien sostiene que el trabajo adicional total realizado por la fuerza cortante debido a los efectos P-Delta en todos los pisos j , hasta alcanzar el desplazamiento de piso, u_j , se expresa en cada paso de tiempo como:

$$W_{P\Delta} = \sum_{j=1}^n P_j \frac{u_j^2}{2h_j} \quad (36)$$

donde h_j representa la altura del piso.

Por otro lado, para las siguientes mediciones propuestas, la energía potencial total se determinó de manera simplificada en cada paso de tiempo, tomando como base el área del triángulo generado en cada punto del ciclo histerético. Esto se hace considerando la rigidez, K_{pot} , y el desplazamiento del piso, tal como se ilustra en la Ecuación 37.

$$W_{Pot} = \sum_{j=1}^n \frac{K_{pot} u_j^2}{2} \quad (37)$$

Por lo tanto, la segunda manera de supervisar el colapso implicó calcular la energía potencial utilizando la rigidez equivalente a un sistema de un único grado de libertad, empleando la primera forma de vibración, $K_{pot,SDOF}$, como se indica en la Ecuación 38.

$$K_{Pot,SDOF} = \omega_1^2 \bar{M}_1 \quad (38)$$

donde ω_1 representa la frecuencia del primer modo de vibración y \bar{M}_1 es la masa efectiva modal para el primer modo.

La energía potencial para el primer modo se define según la Ecuación 39.

$$W_{Pot,Modo1} = \sum_{j=1}^n \frac{K_{pot,SDOF} u_j^2}{2} \quad (39)$$

$K_{pot,SDOF}$ es constante, mientras Δ_j va variando en cada paso de tiempo, lo que permite evaluar la historia de la energía potencial propuesta al primer modo de vibración.

La tercera manera de analizar el colapso que se investiga implica el uso de una rigidez secante, $K_{pot,Sec} = V_j/\Delta_j$, lo que significa calcular la rigidez en cada intervalo de tiempo, teniendo en cuenta la fuerza cortante, V_j , y el desplazamiento relativo del piso, Δ_j . De esta manera, la energía potencial se define como:

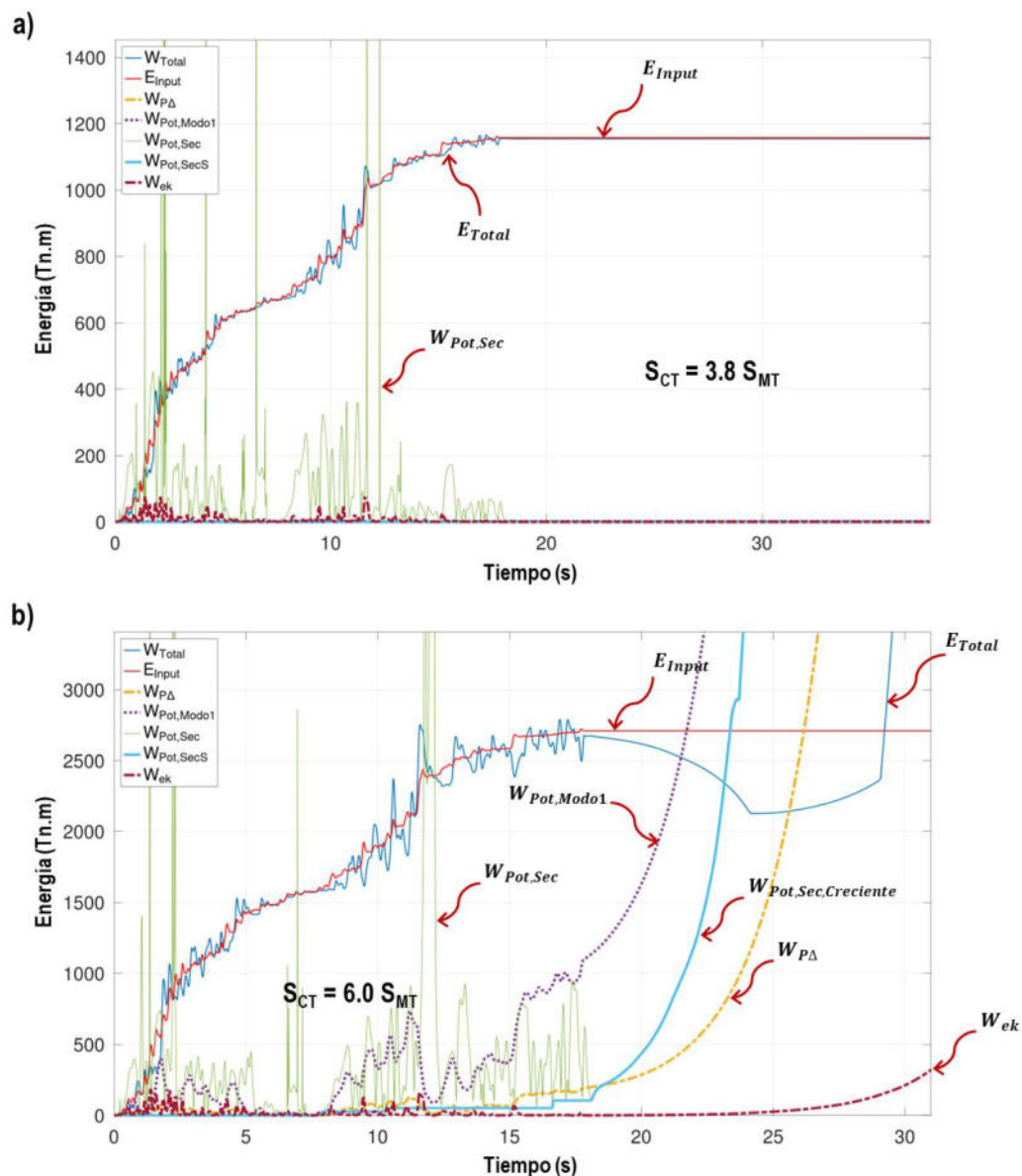
$$W_{Pot,Sec} = \sum_{j=1}^n \frac{[K_{pot,Sec}] u_j^2}{2} \quad (40)$$

En la Figura 35 se presentan las historias de energía del prototipo de 6 pisos con una relación de amortiguamiento suplementario del 10 por ciento y exponente de velocidad de 1.0, analizado con el registro del terremoto de Duzce en Turquía, ocurrido en diciembre de 1999, de 42.33 segundos de duración y magnitud momento de 7.14. En la Figura 35a, el factor de escala de $3.8 \times S_{MT}$ utilizado no conduce a inestabilidades dinámicas, ya que no es una intensidad muy alta como para hacer que las energías potenciales y la energía provocada por los efectos P-Delta se desborden. Sin embargo, en la Figura 35b se nota un crecimiento excesivo de las energías monitoreadas, con un factor de escala de $6.0 \times S_{MT}$, mostrando inestabilidad al superar la entrada de energía, lo que indica un punto de colapso numérico. Por ende, en el análisis de datos se utiliza el último punto antes de que surja esta inestabilidad

numérica, la cual, según el criterio basado en energía que se propone, no permite obtener una respuesta completa durante toda la duración del terremoto, quedando la respuesta inconclusa.

Figura 35

Monitoreo del colapso con historia de la energía potencial: (a) punto IDA sin colapso y (b) punto IDA con inestabilidad numérica



Es aconsejable examinar puntos adicionales, ya que algunos podrían arrojar resultados de no colapso, por lo que el proceso de monitoreo deberá continuar hasta que un número sucesivo de puntos establecidos previamente presenten inestabilidad numérica, se recomienda que estos sean de 3 a 5 análisis adicionales. El gráfico de la historia de energía con rigidez

secante presenta múltiples picos que exceden la entrada de energía. Por lo tanto, se presupone que la energía potencial en la fase de colapso debe ser creciente, representada como $W_{Pot,Sec,Creciente}$, la cual se muestra también en la Figura 35. Esta es la que se utiliza para comprobar si se supera la entrada de energía; en casos donde no hay colapso, esta energía es nula.

La energía potencial secante propuesta resulta ser la más efectiva para predecir el colapso en la mayoría de los casos estudiados, tanto en prototipos con amortiguadores como sin ellos. Esta energía potencial supera la entrada de energía, a diferencia de otras como la energía basada en el primer modo, la energía por efectos P-Delta o la energía cinética, que, aunque muestran un aumento, no siempre exceden la entrada de energía.

4.3.3. Propuesta de curvas IDA en sistemas con amortiguamiento suplementario

En el caso de sistemas con amortiguadores, es crucial no exceder la capacidad de disipación de energía de la estructura, en lugar de alcanzar inestabilidades debido al aumento de energía potencial, ya que al sobrepasarse esta capacidad se puede entender que se ha alcanzado el colapso de la estructura. Esto se debe a que en el modelo de Maxwell utilizado para simular los dispositivos no se puede especificar de manera explícita la máxima capacidad de desplazamiento o la fuerza máxima que estos pueden soportar. Zhou et al. (2022b) emplean análisis estáticos no lineales (pushover) para determinar la máxima capacidad de energía, W_{pC} , en edificios sin amortiguadores, intentando considerar el efecto de los modos superiores de vibración. Luego, aplican un análisis IDA en estos edificios equipándolos con amortiguadores, identificando puntos de colapso donde la energía histerética de demanda, W_{pD} , supera a W_{pC} . Este enfoque no tiene en cuenta la variabilidad en la capacidad de energía histerética y se asemeja a establecer un valor máximo basado en DM.

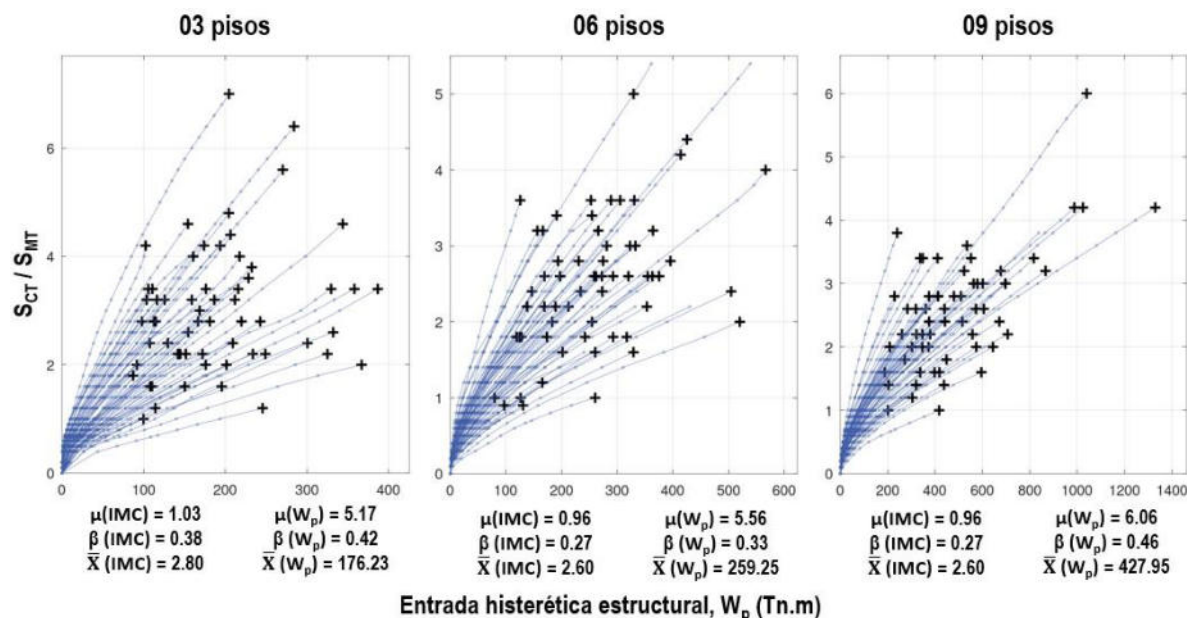
El enfoque propuesto en este estudio busca determinar la capacidad máxima de energía, W_{pC} , teniendo en cuenta la variabilidad de la energía histerética al colapso considerando los

resultados de cada curva IDA en los prototipos sin amortiguadores. Luego, se generan las curvas IDA analizando todos los prototipos con amortiguadores, identificando el colapso en el punto donde la energía histerética de demanda, W_{pD} , excede a W_{pC} . Si esta condición no se cumple, se utiliza el criterio de energía potencial propuesto.

En la Figura 36 se presentan las curvas IDA de los prototipos sin amortiguadores, destacando con cruces negros los últimos puntos antes del colapso según el enfoque propuesto, utilizando la energía histerética estructural, W_p , como medida de daño. Estos puntos se consideran la capacidad máxima de energía, W_{pC} , para cada prototipo y, si se superan en los prototipos con amortiguadores, se asume que se ha producido el colapso. Debajo de las curvas IDA de cada prototipo se muestra la media y la desviación estándar de los valores logarítmicos del ajuste realizado, así como el valor mediano, tanto para el IMC como para W_p .

Figura 36

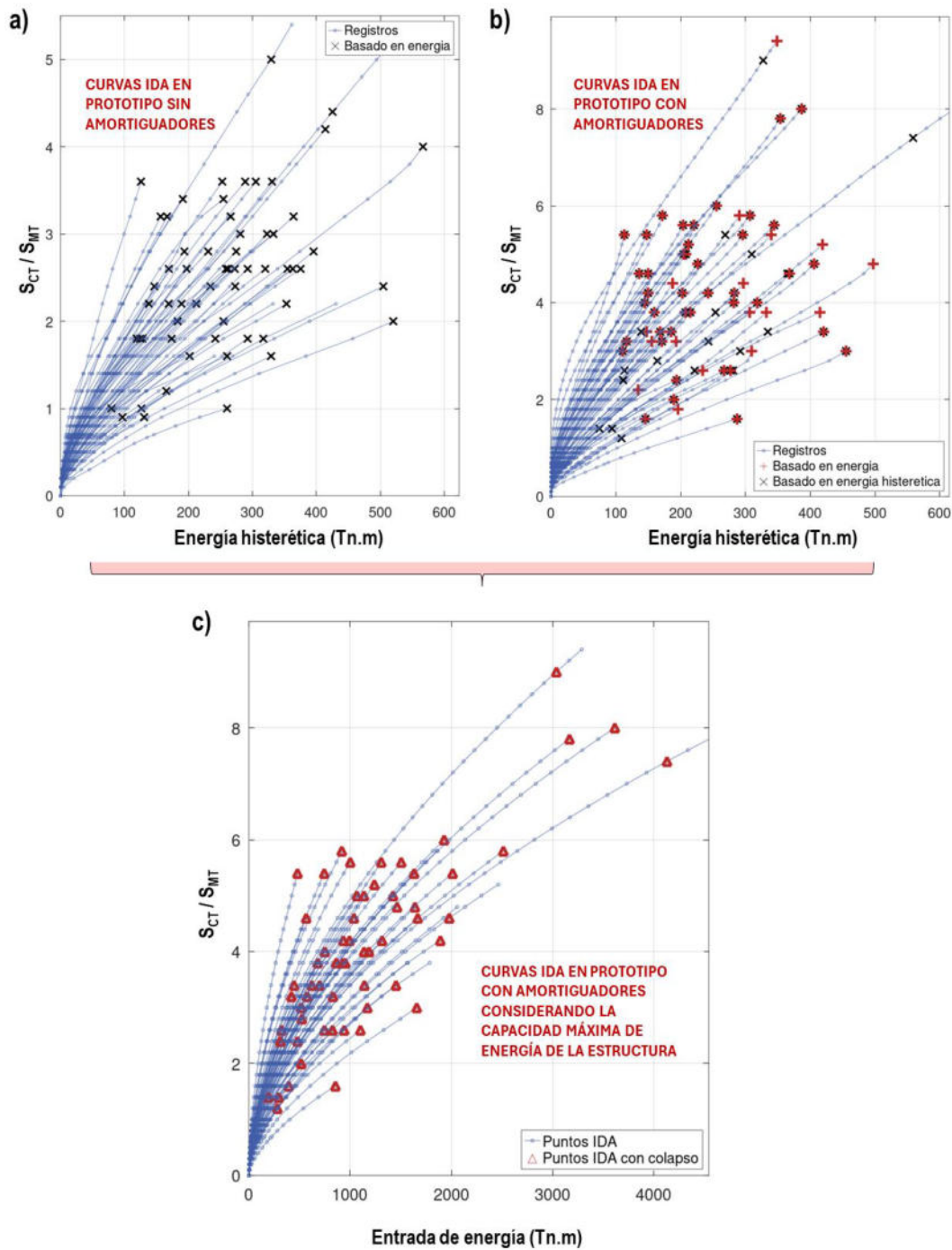
Curvas IDA en los prototipos sin amortiguadores considerando la energía histerética



La Figura 37 muestra la secuencia para generar las curvas IDA en estructuras con amortiguamiento adicional.

Figura 37

Análisis IDA en prototipo de seis pisos con amortiguadores



En la Figura 37a, se presentan las curvas IDA del prototipo de 6 pisos sin amortiguadores, usando la energía histerética como parámetro ingenieril. Las equis indican los puntos previos al colapso determinados mediante el criterio basado en energía potencial. En la Figura 37b, se muestran las energías histeréticas para el mismo prototipo, pero con un

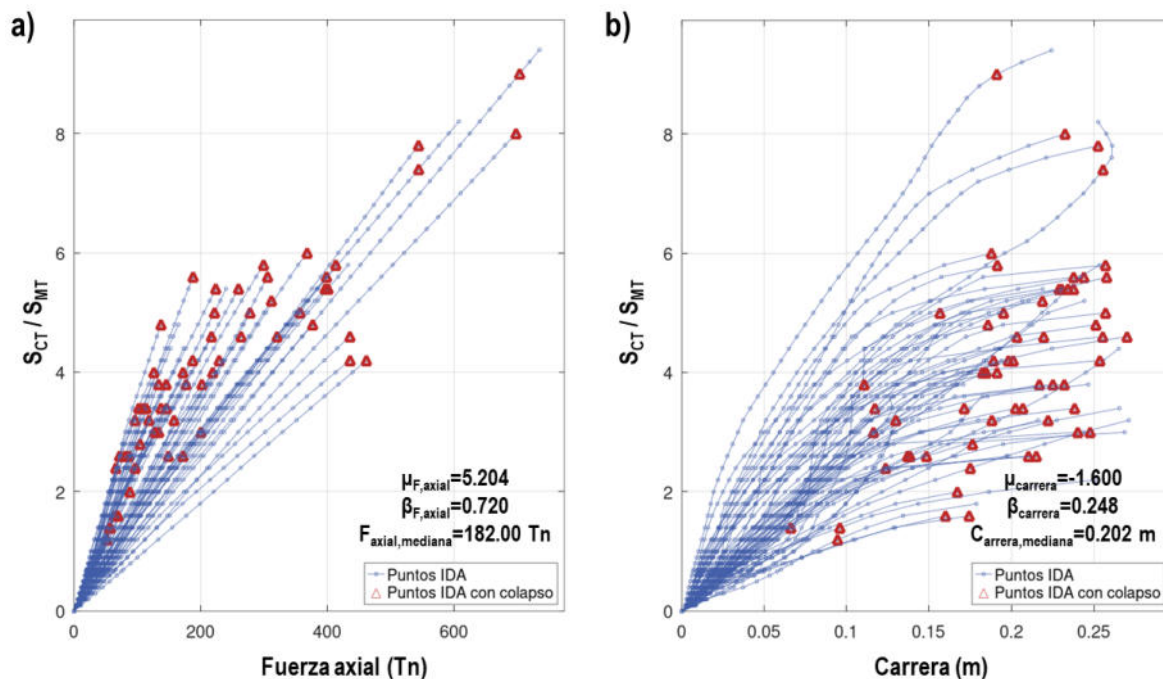
amortiguamiento adicional del 10% y un exponente de velocidad $\alpha = 1.0$. Las cruces en rojo indican los puntos previos al colapso según el criterio basado en la energía potencial, mientras que las equis en negro señalan cuando W_{pD} supera a W_{pC} , indicando el colapso numérico.

En la Figura 37c, se presentan las curvas IDA finales considerando la entrada de energía para el sistema con amortiguamiento adicional. Los triángulos señalan los puntos de colapso considerando la máxima capacidad histerética de la estructura y son los que se emplearon en el análisis de datos. Los puntos adicionales en las curvas IDA se deben a que el modelo Maxwell sobreestima la capacidad de los amortiguadores, protegiendo así la capacidad histerética estructural.

En este estudio no se ha considerado explícitamente la capacidad máxima de desplazamiento y fuerza de los amortiguadores en el modelamiento de los amortiguadores, ya que se utilizó el enfoque de Maxwell, aspectos que deben ser investigados en futuros trabajos. Sin embargo, se ha verificado que los valores promedio al nivel de colapso no excedan los especificados en los catálogos de los fabricantes, asegurando su operatividad. La Figura 38 muestra las curvas IDA teniendo en cuenta las fuerzas y deformaciones o carreras de los amortiguadores para un amortiguamiento adicional del $\xi_{v1} = 10\%$ y un exponente de velocidad $\alpha = 1.0$, similares a los parámetros de la Figura 37. Los amortiguadores comercializados por Taylor Devices, Inc. (2020) tienen capacidades de fuerza axial de diseño entre 25.5 y 815 toneladas y capacidades de deformación o carrera entre ± 50 mm y ± 900 mm, aunque para deformaciones superiores a 300 mm se debe consultar al fabricante. Así, el parámetro más crítico es la fuerza axial. En el ejemplo presentado, los valores al nivel de colapso son menores que los máximos indicados por el fabricante, por lo que estos indicadores no limitan la capacidad de colapso y es el enfoque utilizado.

Figura 38

Curvas IDA en prototipo de seis pisos con amortiguadores, considerando la fuerza axial y carrera en los dispositivos



4.4. Evaluación basada en energía del desempeño al colapso sísmico

En la Figura 39 se muestran, mediante triángulos rojos, los puntos finales de no colapso según el enfoque planteado en este estudio, correspondientes al prototipo de 6 pisos con una relación de amortiguamiento $\xi_{v1} = 10\%$ y un exponente $\alpha = 1.0$. La figura revela la variabilidad de resultados en la intensidad (índice de colapso) y el umbral de daño (representado por la entrada de energía). Estas variables aleatorias pueden ajustarse a distribuciones de probabilidad, siendo la lognormal la más común, lo que permite estimar la probabilidad de colapso de una estructura. La desviación estándar de los valores logarítmicos, β , indica la dispersión; una menor dispersión implica una estimación más precisa de la capacidad de colapso. Como se observa en la Figura 39, el umbral de daño presenta mayor dispersión que la intensidad. Por ello, como señala Deniz et al. (2017), es necesario estudiar mejores indicadores de colapso que presenten menor variabilidad y sensibilidad, tanto para la intensidad (IM) como para el umbral de daño (DM). Para ello, propone utilizar análisis

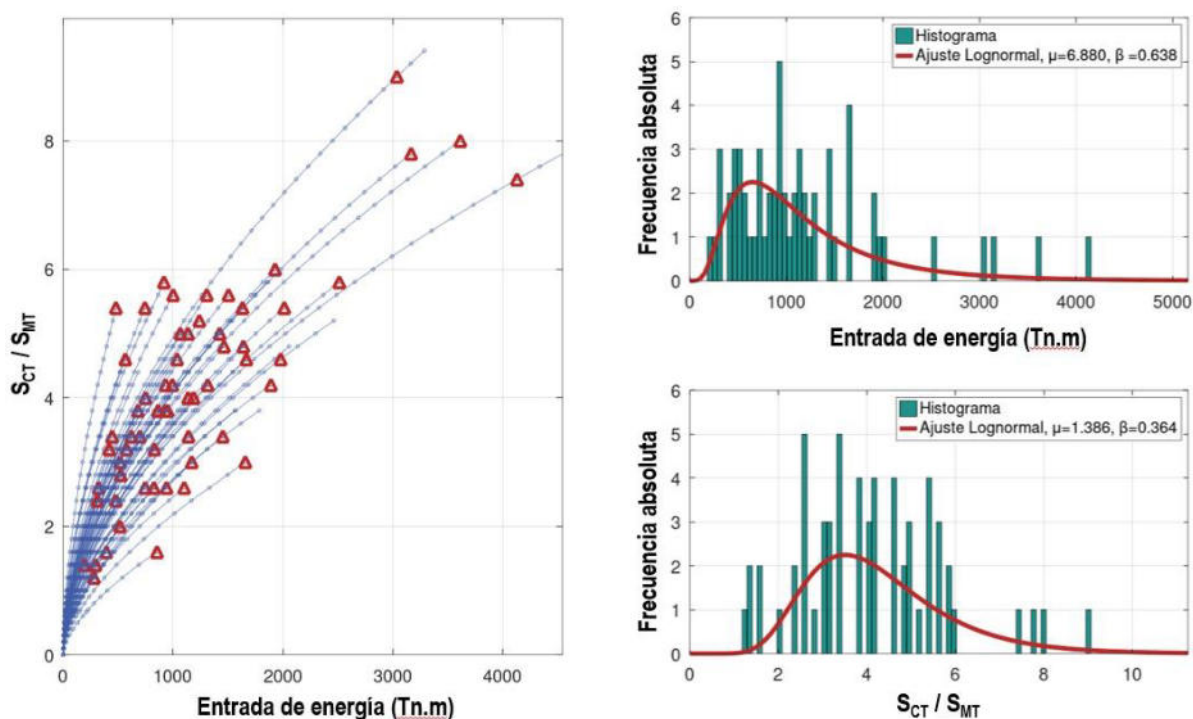
estadísticos que permitan establecer los parámetros o indicadores clave que describan el colapso, por ejemplo, considerar el coeficiente de variación (cov) para comparar diversos indicadores y unidades de manera normalizada, reflejando la dispersión de los datos, siendo igual a:

$$cov = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (41)$$

donde σ y \bar{x} son la desviación estándar y la media de los datos, respectivamente.

Figura 39

Curvas IDA e histogramas a partir de los resultados a nivel de colapso



4.4.1. Análisis estadístico a nivel de colapso

A continuación, se presenta el análisis estadístico de los indicadores utilizados en este estudio. El análisis comienza con una estadística descriptiva y continúa con un análisis de correlación. Posteriormente se emplean regresiones lineales, regresiones múltiples y análisis ANOVA para evaluar la relación entre las variables independientes y dependientes. El objetivo

es identificar indicadores más precisos que presente la menor incertidumbre en la evaluación del colapso, con un enfoque en aquellos indicadores relacionados con la energía. Como prototipo representativo se utiliza el de seis pisos con una relación de amortiguamiento de $\xi_{v1} = 10\%$ y un exponente $\alpha = 1.0$.

En la Tabla 12 se muestra el listado de los indicadores analizados, los cuales se evalúan tras el estudio IDA basado en el enfoque propuesto de monitoreo de la energía potencial y energía histerética estructural máxima. Las energías representan indicadores globales, mientras que otros parámetros (como distorsiones angulares o) reflejan valores absolutos pico de respuesta considerando todos los pisos. Se han incluido indicadores adicionales a los planteados como representativos del problema (IMC, aceleraciones y distorsiones angulares de piso, y relaciones de energía) con el fin de evaluar el colapso utilizando la mayor cantidad de indicadores posibles para obtener un mejor entendimiento del problema, haciendo un total de 18 indicadores.

Tabla 12

Indicadores considerados en el análisis estadístico

Id	Indicador	Unidad	Descripción
1	IC	(-)	Índice de colapso
2	DAP _r	%	Distorsión angular de piso residual máxima absoluta lo largo de la estructura
3	DAP	%	Distorsión angular de piso máxima absoluta lo largo de la estructura
4	Vel	m/s	Velocidad de piso máxima absoluta lo largo de la estructura
5	Ace	m/s ²	Aceleración de piso máxima absoluta lo largo de la estructura
6	D _{techo}	m	Desplazamiento máximo absoluta en el techo de la estructura
7	Cor	Tn	Fuerza cortante de piso máxima absoluta lo largo de la estructura
8	F _{dam}	Tn	Fuerza máxima en el amortiguador absoluta lo largo de la estructura
9	D _{dam}	m	Carrera máxima en el amortiguador absoluta lo largo de la estructura
10	E _I	Tn-m	Entrada de energía máxima acumulada

11	W_{DI}	Tn-m	Energía absorbida acumulada debido al amortiguamiento inherente
12	W_p	Tn-m	Energía histerética estructural acumulada
13	E_{COL}	Tn-m	Energía de deformación acumulada en las columnas
14	E_{VIG}	Tn-m	Energía de deformación acumulada en las vigas
15	W_{D2}	Tn-m	Energía disipada por los amortiguadores acumulada
16	W_{D2}/W_p	%	Relación entre la energía disipada por los amortiguadores y la energía histerética estructural
17	W_{D2}/E_I	%	Relación entre la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía
18	W_p/E_I	%	Relación entre la energía histerética estructural y la entrada de energía

En la Tabla 13 se presentan los valores del cov, calculados utilizando la Ecuación 41, organizados de menor a mayor. Estos resultados corresponden a cada uno de los indicadores enumerados en la Tabla 12. Las Figuras 40 a 42 muestran las curvas IDA para los indicadores de la Tabla 12, excepto para el IMC, que sería el mismo en todos los casos, ya que representa la mediana a nivel de intensidad reflejada en cada gráfico.

Tabla 13

Estadística descriptiva para el prototipo de 06 pisos con $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

Indicador	Media	Mediana	cov	Indicador	Media	Mediana	cov
W_{D2}/E_I	0.675	0.676	0.128	W_p	236	218	0.422
Cor	173	170	0.152	DAP_r	0.053	0.059	0.454
D_{techo}	0.863	0.881	0.233	W_{D2}/W_p	3.307	2.874	0.506
DAP	0.064	0.065	0.240	W_{DI}	94	82	0.597
D_{dam}	0.197	0.202	0.246	F_{dam}	230	182	0.682
W_p/E_I	0.241	0.235	0.327	E_I	1169	972	0.691
IMC	4.097	4.000	0.402	E_{COL}	65	54	0.692
E_{VIG}	160	144	0.415	W_{D2}	838	686	0.810
Vel	2.466	2.225	0.422	Ace	51.4	32.1	0.892

Figura 40

Curvas IDA para los primeros seis indicadores de la Tabla 12

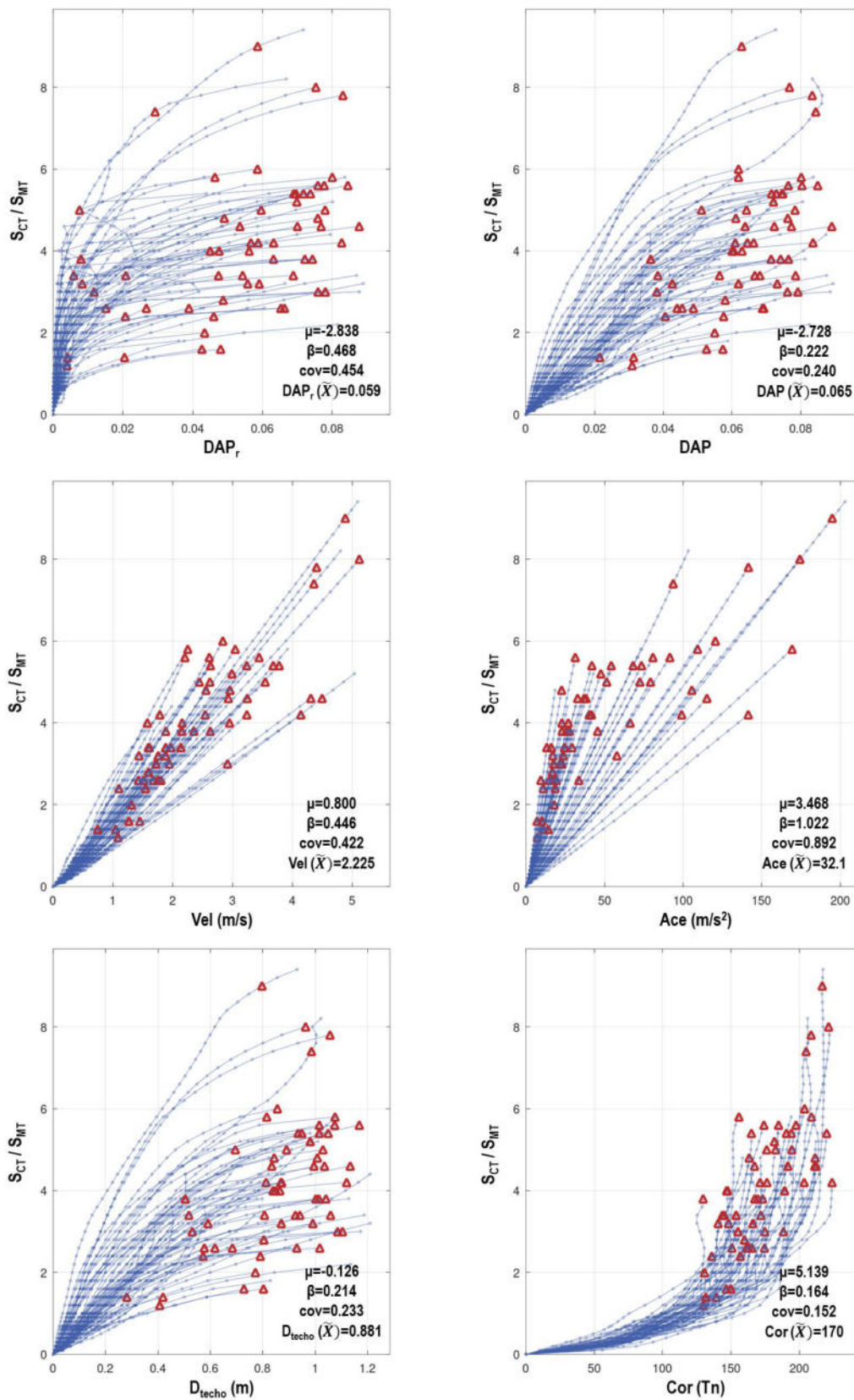


Figura 41

Curvas IDA para los segundos seis indicadores de la Tabla 12

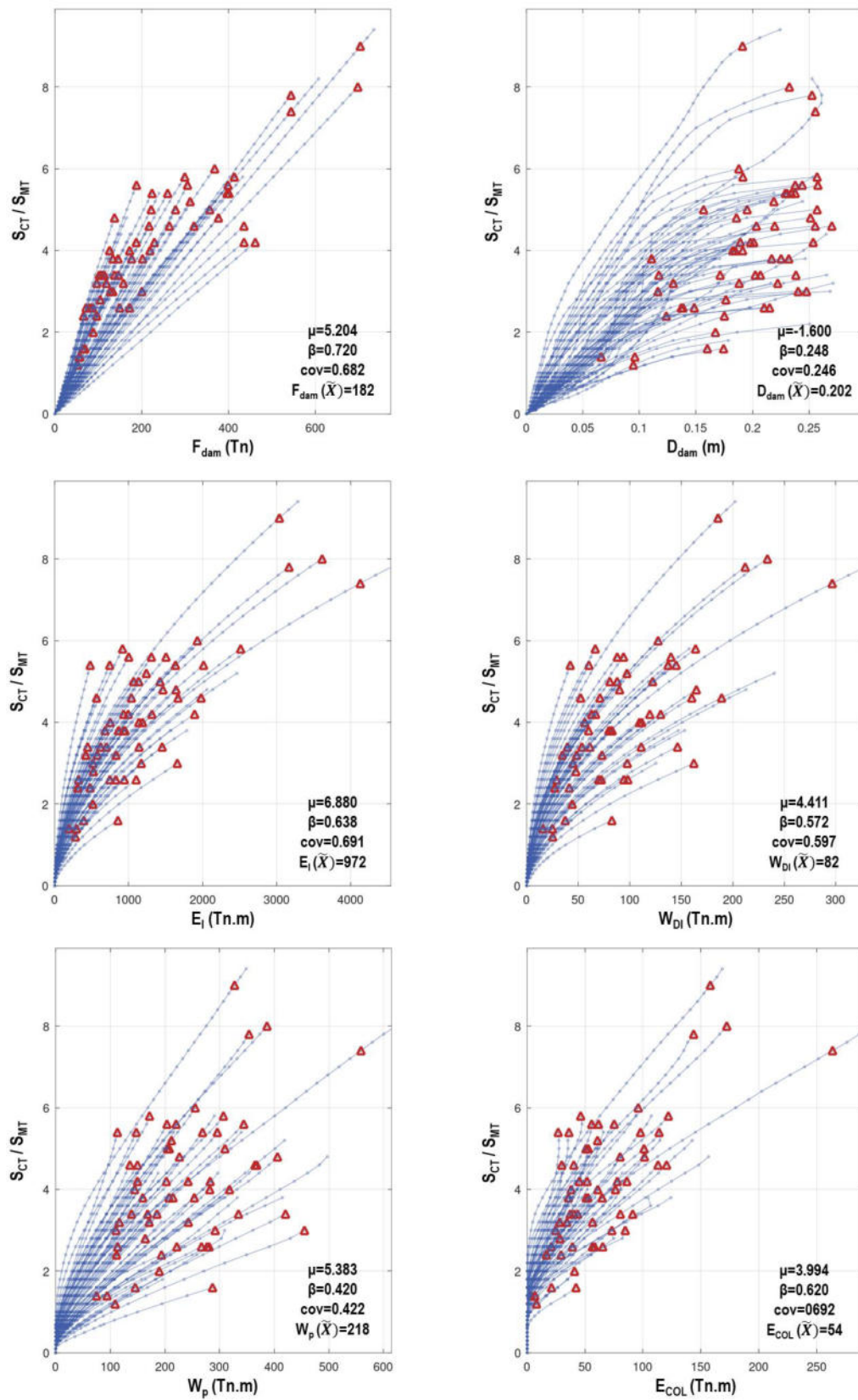
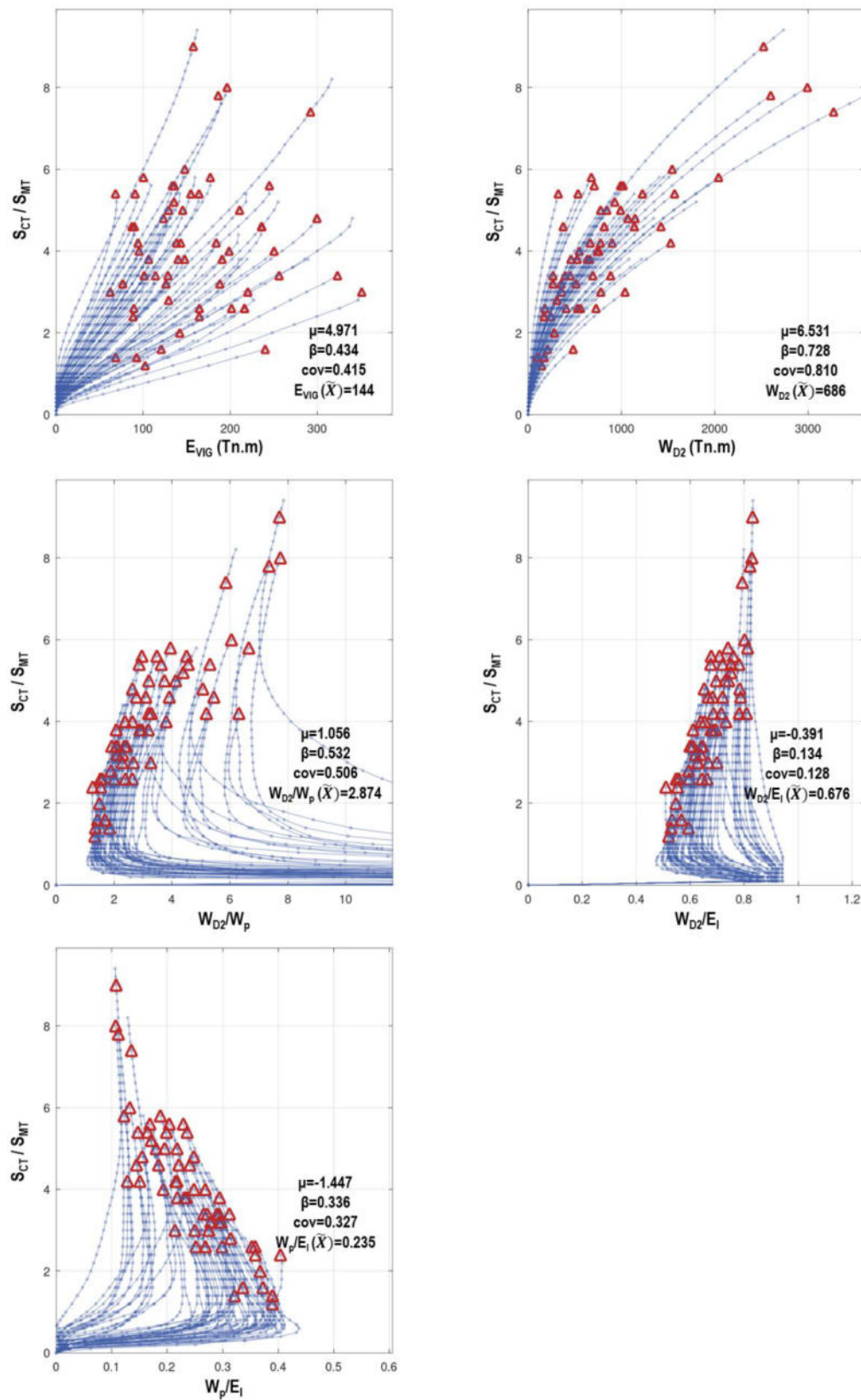


Figura 42

Curvas IDA para los últimos seis indicadores de la Tabla 12



En la Tabla 14 se muestra un resumen del análisis estadístico descriptivo, que incluye la media, mediana, valores máximos y mínimos, desviación estándar y cov para cada uno de los 18 indicadores analizados. Además, se presentan los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, realizada con el programa Octave (Eaton, 2024), para evaluar la normalidad de los indicadores con un nivel de significancia del 5%. Esta prueba proporciona el h-value (que puede ser 0 o 1, aceptando la hipótesis nula con 0 y rechazándola con 1), el p-value, el valor de las estadísticas y el valor crítico aproximado. El objetivo en esta etapa es aceptar la hipótesis nula como prueba de normalidad. Asimismo, se incluyen las medias de los valores logarítmicos, μ , y su desviación estándar, β . Según los resultados, solo en el caso de las aceleraciones se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Tabla 14

Estadística descriptiva y análisis de normalidad, para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP _r	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	Cor	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{DI}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.097	0.053	0.064	2.466	51.4	0.863	173	230	0.197	1169	94	236	65	160	838	3.307	0.675	0.241
Mediana	4.000	0.059	0.065	2.225	32.1	0.881	170	182	0.202	972	82	218	54	144	686	2.874	0.676	0.235
Max.	9.00	0.088	0.089	5.113	194.8	1.168	224	704	0.270	4131	297	559	264	351	3275	7.741	0.831	0.404
Min.	1.20	0.004	0.022	0.746	7.0	0.281	130	52	0.066	192	16	75	3	62	101	1.262	0.510	0.107
σ	1.646	0.024	0.015	1.041	45.9	0.201	26	157	0.048	808	56	100	45	67	679	1.672	0.087	0.079
cov	0.402	0.454	0.240	0.422	0.892	0.233	0.152	0.682	0.246	0.691	0.597	0.422	0.692	0.415	0.810	0.506	0.128	0.327
h-value	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.801	0.421	0.475	0.353	0.015	0.284	0.788	0.111	0.729	0.089	0.179	0.673	0.139	0.287	0.061	0.100	0.900	0.987
ksstat	0.081	0.111	0.106	0.117	0.199	0.125	0.082	0.152	0.086	0.158	0.139	0.091	0.146	0.124	0.167	0.155	0.071	0.056
cv	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172	0.172
μ	1.386	-2.838	-2.728	0.800	3.468	-0.126	5.139	5.204	-1.600	6.880	4.411	5.383	3.994	4.971	6.531	1.056	-0.391	-1.447
β	0.364	0.468	0.222	0.446	1.022	0.214	0.164	0.720	0.248	0.638	0.572	0.420	0.620	0.434	0.728	0.532	0.134	0.336

σ : desviación estándar

cov : coeficiente de variación (σ/\bar{x}).

h-value : decisión de prueba de la hipótesis nula, para que los datos procedan de una distribución normal, con un valor de 1 se rechaza la hipótesis nula al nivel de significancia del 5%. mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Eaton, 2024).

p-value : valor p de la prueba de hipótesis.

ksstat : valor de las estadísticas de las pruebas (Eaton, 2024).

cv : valor crítico aproximado de la prueba (Eaton, 2024).

μ : media de los valores logarítmicos.

β : desviación estándar de los valores logarítmicos.

Según Deniz (2017) el realizar un análisis de correlación entre los indicadores, puede proporcionar información sobre los mismos debido a la dependencia lineal entre ellos, lo cual da mayores alcances a comprender la respuesta estructural al colapso.

Navidi (2023) indica que el coeficiente de correlación de Pearson es una medida numérica de la relación lineal entre indicadores. Este se calcula tomando en cuenta las medias, \bar{x} e \bar{y} , y desviaciones estándar de n puntos, σ_x y σ_y , resultando en el promedio de los productos de los z-scores, según se muestra en la Ecuación 42.

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \underbrace{\left(\frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y} \right)}_{z\text{-scores}} \quad (42)$$

La relevancia de contar con datos que sigan una distribución normal radica en que, al realizar una correlación, se analiza una distribución normal bivariada. Esto permite construir intervalos de confianza, desarrollar pruebas de hipótesis e inferencias sobre la correlación en toda la población.

El coeficiente de correlación de Spearman se basa en rangos y se calcula utilizando la Ecuación 43.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_i d_i}{n(n^2 - 1)} \quad (43)$$

siendo d la diferencia de rango del elemento n que se encuentra en la posición i , por tanto, $d = 2i - (n + 1)$.

Normalmente, la correlación entre indicadores se lleva a cabo considerando si los datos siguen una distribución específica o no. En este trabajo, se siguen las recomendaciones de

Pinilla y Rico (2021), quienes mencionan que el coeficiente de correlación de Pearson se debe aplicar cuando se necesita medir la relación lineal entre indicadores, mientras que el coeficiente de correlación de Spearman es más adecuado para evaluar una asociación monótona en la relación, sin necesariamente asumir linealidad. Por lo tanto, estos coeficientes no deberían ser intercambiables y deben utilizarse según el enfoque deseado, ya que pueden ser complementarios.

En las Tabla 15 y 16 se presentan la matriz de correlación de coeficientes y los p-valores según el enfoque de Pearson. Mientras que en la Tabla 17 se observa la matriz de correlación de Spearman. Con color azul se muestran coeficientes con valores absolutos mayores o iguales a 0.90 y con color magenta coeficientes con valores absolutos mayores a 0.80 pero menores a 0.90. Los p-valores para rechazar la hipótesis nula deben ser menores al valor de significancia de 0.05.

Ya que se quiere utilizar ambos enfoques de manera complementaria, en la Tabla 18 se presentan grupos de indicadores que muestran coeficientes de correlación, tanto de Pearson como de Spearman, mayores a 0.90, de esta manera se comprueba la linealidad y monotonía. Navidi (2023) propone el uso de regresiones múltiples para examinar la causalidad y la confusión en la interpretación de la relación entre indicadores que muestran fuertes coeficientes de correlación.

El análisis estadístico descriptivo y de correlación para todos los prototipos se presenta en el Anexo E.

Tabla 15

Matriz de correlación de Pearson, para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

r	IC	DAP _r	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	Cor	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	ECOL	EVIG	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.475	0.588	0.838	0.808	0.504	0.735	0.881	0.585	0.791	0.706	0.456	0.729	0.131	0.816	0.858	0.855	-0.860
DAP _r	0.475	1	0.893	0.476	0.381	0.905	0.392	0.450	0.897	0.234	0.213	0.063	0.118	-0.105	0.252	0.442	0.532	-0.547
DAP	0.588	0.893	1	0.552	0.393	0.983	0.461	0.509	0.994	0.396	0.397	0.255	0.349	0.039	0.401	0.473	0.578	-0.602
Vel	0.838	0.476	0.552	1	0.753	0.456	0.869	0.918	0.567	0.753	0.691	0.415	0.691	0.096	0.778	0.859	0.847	-0.861
Ace	0.808	0.381	0.393	0.753	1	0.302	0.734	0.925	0.405	0.703	0.519	0.224	0.570	-0.099	0.761	0.941	0.858	-0.827
D _{techo}	0.504	0.905	0.983	0.456	0.302	1	0.387	0.402	0.978	0.287	0.301	0.193	0.237	0.019	0.288	0.384	0.511	-0.537
Cor	0.735	0.392	0.461	0.869	0.734	0.387	1	0.845	0.481	0.688	0.600	0.359	0.621	0.069	0.716	0.837	0.837	-0.835
F _{dam}	0.881	0.450	0.509	0.918	0.925	0.402	0.845	1	0.518	0.802	0.662	0.355	0.702	0.001	0.848	0.962	0.904	-0.890
D _{dam}	0.585	0.897	0.994	0.567	0.405	0.978	0.481	0.518	1	0.374	0.369	0.220	0.324	0.000	0.382	0.482	0.594	-0.617
E _I	0.791	0.234	0.396	0.753	0.703	0.287	0.688	0.802	0.374	1	0.958	0.796	0.966	0.515	0.994	0.807	0.712	-0.719
W _{D1}	0.706	0.213	0.397	0.691	0.519	0.301	0.600	0.662	0.369	0.958	1	0.914	0.966	0.696	0.923	0.655	0.595	-0.626
W _p	0.456	0.063	0.255	0.415	0.224	0.193	0.359	0.355	0.220	0.796	0.914	1	0.856	0.921	0.724	0.351	0.316	-0.358
ECOL	0.729	0.118	0.349	0.691	0.570	0.237	0.621	0.702	0.324	0.966	0.966	0.856	1	0.598	0.943	0.683	0.613	-0.631
EVIG	0.131	-0.105	0.039	0.096	-0.099	0.019	0.069	0.001	0.000	0.515	0.696	0.921	0.598	1	0.419	0.007	-0.012	-0.038
W _{D2}	0.816	0.252	0.401	0.778	0.761	0.288	0.716	0.848	0.382	0.994	0.923	0.724	0.943	0.419	1	0.855	0.751	-0.751
W _{D2} /W _p	0.858	0.442	0.473	0.859	0.941	0.384	0.837	0.962	0.482	0.807	0.655	0.351	0.683	0.007	0.855	1	0.945	-0.927
W _{D2} /E _I	0.855	0.532	0.578	0.847	0.858	0.511	0.837	0.904	0.594	0.712	0.595	0.316	0.613	-0.012	0.751	0.945	1	-0.995
W _p /E _I	-0.860	-0.547	-0.602	-0.861	-0.827	-0.537	-0.835	-0.890	-0.617	-0.719	-0.626	-0.358	-0.631	-0.038	-0.751	-0.927	-0.995	1

Tabla 16

P-value para la correlación de Pearson, para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP _r	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	Cor	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.319	0.000	0.000	0.000	0.000
DAP _r	0.000	1	0.000	0.000	0.003	0.000	0.002	0.000	0.000	0.071	0.102	0.635	0.368	0.422	0.052	0.000	0.000	0.000
DAP	0.000	0.000	1	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.049	0.006	0.766	0.002	0.000	0.000	0.000
Vel	0.000	0.000	0.000	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.465	0.000	0.000	0.000	0.000
Ace	0.000	0.003	0.002	0.000	1	0.019	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.086	0.000	0.451	0.000	0.000	0.000	0.000
D _{techo}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	1	0.002	0.001	0.000	0.026	0.020	0.140	0.069	0.883	0.026	0.002	0.000	0.000
Cor	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.598	0.000	0.000	0.000	0.000
F _{dam}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	1	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.994	0.000	0.000	0.000	0.000
D _{dam}	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	1	0.003	0.004	0.091	0.012	0.997	0.003	0.000	0.000	0.000
E _I	0.000	0.071	0.002	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.003	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W _{D1}	0.000	0.102	0.002	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000	0.004	0.000	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
W _p	0.000	0.635	0.049	0.001	0.086	0.140	0.005	0.005	0.091	0.000	0.000	1	0.000	0.000	0.000	0.006	0.014	0.005
E _{COL}	0.000	0.368	0.006	0.000	0.000	0.069	0.000	0.000	0.012	0.000	0.000	0.000	1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
E _{VIG}	0.319	0.422	0.766	0.465	0.451	0.883	0.598	0.994	0.997	0.000	0.000	0.000	0.000	1	0.001	0.960	0.928	0.771
W _{D2}	0.000	0.052	0.002	0.000	0.000	0.026	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	1	0.000	0.000	0.000
W _{D2} /W _p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.960	0.000	1	0.000	0.000
W _{D2} /E _I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.928	0.000	0.000	1	0.000
W _p /E _I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.771	0.000	0.000	0.000	1

Tabla 17

Matriz de correlación de Spearman, para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

ρ	IC	DAP _r	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	Cor	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.543	0.610	0.847	0.866	0.504	0.730	0.884	0.613	0.712	0.626	0.406	0.628	0.132	0.771	0.876	0.870	-0.880
DAP _r	0.543	1	0.899	0.546	0.522	0.917	0.425	0.581	0.901	0.353	0.281	0.106	0.186	-0.110	0.414	0.570	0.569	-0.577
DAP	0.610	0.899	1	0.594	0.567	0.961	0.472	0.627	0.988	0.412	0.359	0.195	0.285	-0.023	0.465	0.589	0.586	-0.596
Vel	0.847	0.546	0.594	1	0.819	0.479	0.854	0.933	0.614	0.722	0.651	0.397	0.633	0.120	0.781	0.897	0.885	-0.904
Ace	0.866	0.522	0.567	0.819	1	0.453	0.763	0.950	0.575	0.594	0.457	0.198	0.501	-0.098	0.684	0.930	0.932	-0.923
D _{techo}	0.504	0.917	0.961	0.479	0.453	1	0.372	0.513	0.954	0.311	0.264	0.114	0.177	-0.069	0.364	0.498	0.500	-0.505
Cor	0.730	0.425	0.472	0.854	0.763	0.372	1	0.859	0.493	0.700	0.601	0.384	0.613	0.135	0.755	0.832	0.830	-0.831
F _{dam}	0.884	0.581	0.627	0.933	0.950	0.513	0.859	1	0.642	0.703	0.586	0.320	0.599	0.024	0.782	0.968	0.965	-0.968
D _{dam}	0.613	0.901	0.988	0.614	0.575	0.954	0.493	0.642	1	0.391	0.328	0.156	0.257	-0.069	0.453	0.601	0.599	-0.609
E _I	0.712	0.353	0.412	0.722	0.594	0.311	0.700	0.703	0.391	1	0.973	0.868	0.959	0.670	0.989	0.731	0.717	-0.743
W _{D1}	0.626	0.281	0.359	0.651	0.457	0.264	0.601	0.586	0.328	0.973	1	0.936	0.970	0.781	0.937	0.604	0.586	-0.619
W _p	0.406	0.106	0.195	0.397	0.198	0.114	0.384	0.320	0.156	0.868	0.936	1	0.915	0.936	0.796	0.334	0.317	-0.348
E _{COL}	0.628	0.186	0.285	0.633	0.501	0.177	0.613	0.599	0.257	0.959	0.970	0.915	1	0.753	0.927	0.607	0.592	-0.617
E _{VIG}	0.132	-0.110	-0.023	0.120	-0.098	-0.069	0.135	0.024	-0.069	0.670	0.781	0.936	0.753	1	0.570	0.038	0.022	-0.053
W _{D2}	0.771	0.414	0.465	0.781	0.684	0.364	0.755	0.782	0.453	0.989	0.937	0.796	0.927	0.570	1	0.811	0.800	-0.821
W _{D2} /W _p	0.876	0.570	0.589	0.897	0.930	0.498	0.832	0.968	0.601	0.731	0.604	0.334	0.607	0.038	0.811	1	0.999	-0.999
W _{D2} /E _I	0.870	0.569	0.586	0.885	0.932	0.500	0.830	0.965	0.599	0.717	0.586	0.317	0.592	0.022	0.800	0.999	1	-0.997
W _p /E _I	-0.880	-0.577	-0.596	-0.904	-0.923	-0.505	-0.831	-0.968	-0.609	-0.743	-0.619	-0.348	-0.617	-0.053	-0.821	-0.999	-0.997	1

Tabla 18

Indicadores con correlación de Pearson fuerte ($r \geq 0.90$) y Spearman fuerte ($\rho \geq 0.90$)

Id	Grupos de indicadores
1	IC, Vel, Fdam, W_{D2}/W_p , W_{D2}/E_I y W_p/E_I
1	DAP, Dtecho y Ddam
2	Vel y Fdam
3	Ace, Fdam y W_{D2}/W_p
4	Fdam, W_{D2}/W_p y W_{D2}/E_I
5	E_I , W_{DI} , E_{COL} y W_{D2}
6	W_p , y E_{COL}
7	E_{COL} , E_I , W_{DI} y W_{D2}
8	E_{VIG} y W_p
9	W_{D2}/W_p , Ace y Fdam
10	W_{D2}/E_I , W_{D2}/W_p y W_p/E_I
11	W_p/E_I , W_{D2}/W_p y W_{D2}/E_I

Se puede formular una ecuación lineal de mínimos cuadrados que relacione el índice de colapso, IC o S_{CT}/S_{MT} , con cada indicador de la variable dependiente. De esta manera, se puede evaluar cómo la variabilidad del índice de colapso afecta y predice los parámetros de respuesta. La ecuación de mínimos cuadrados se determina calculando la pendiente, $\hat{\beta}_1$, y la intercepción en las ordenadas, $\hat{\beta}_0$, que minimicen la suma de los residuos al cuadrado, los cuales se pueden calcular según las Ecuaciones 44 y 45 (Navidi, 2023).

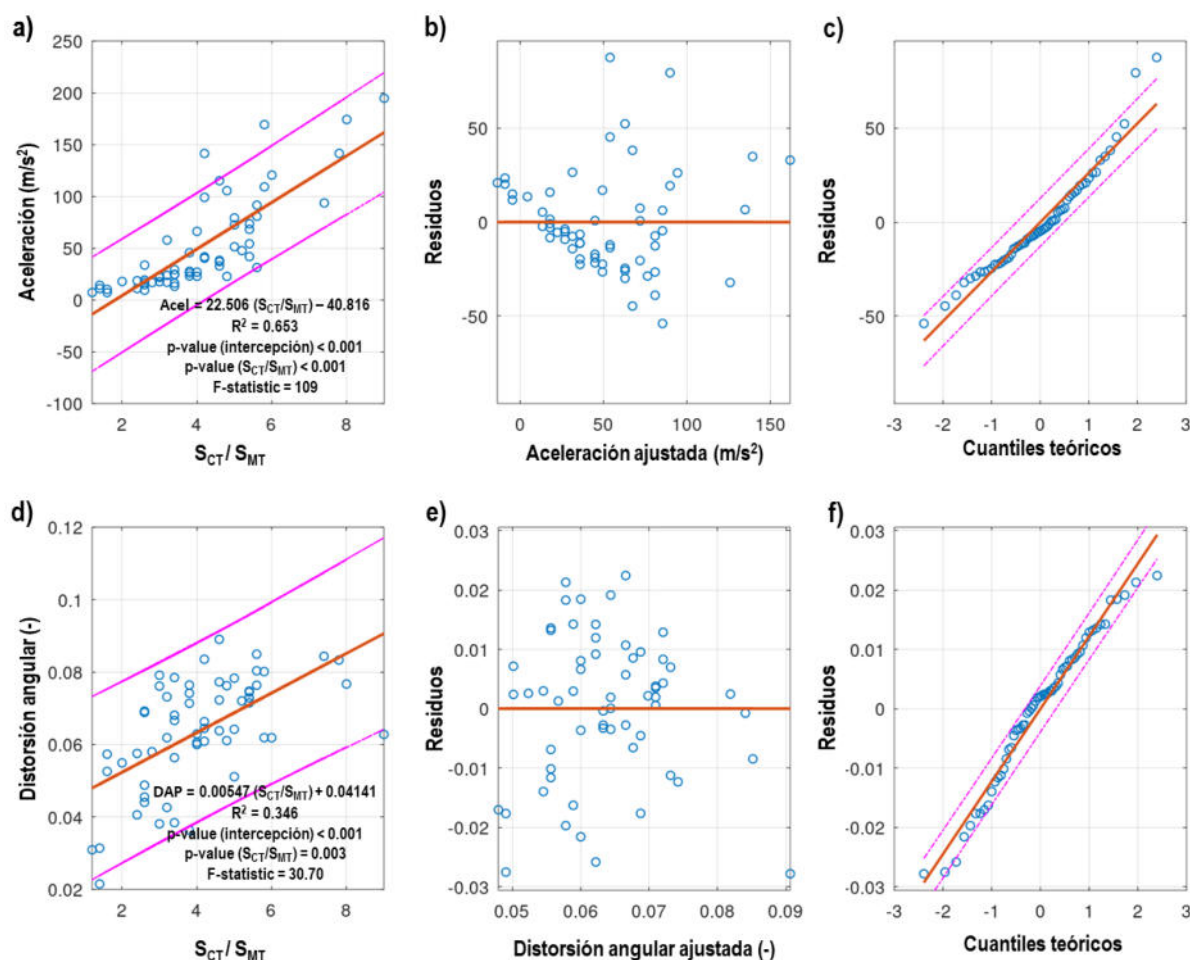
$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (44)$$

$$\hat{\beta}_0 = \bar{y} - \hat{\beta}_1 x \quad (45)$$

Según lo propuesto, el uso de las correlaciones de Pearson y Spearman verifica no solo la relación lineal sino también la homogeneidad. No tendría sentido predecir resultados de manera lineal si estas características no se cumplen. En las Figuras 43 y 44 se muestran las regresiones lineales simples entre el índice de colapso y los principales indicadores de este estudio. A la izquierda se presenta la relación y los parámetros de la regresión lineal, en la parte central se encuentra el gráfico de residuos versus valores ajustados y a la izquierda un gráfico de cuantiles. En las figuras también se muestran los intervalos con un 95% de confianza.

Figura 43

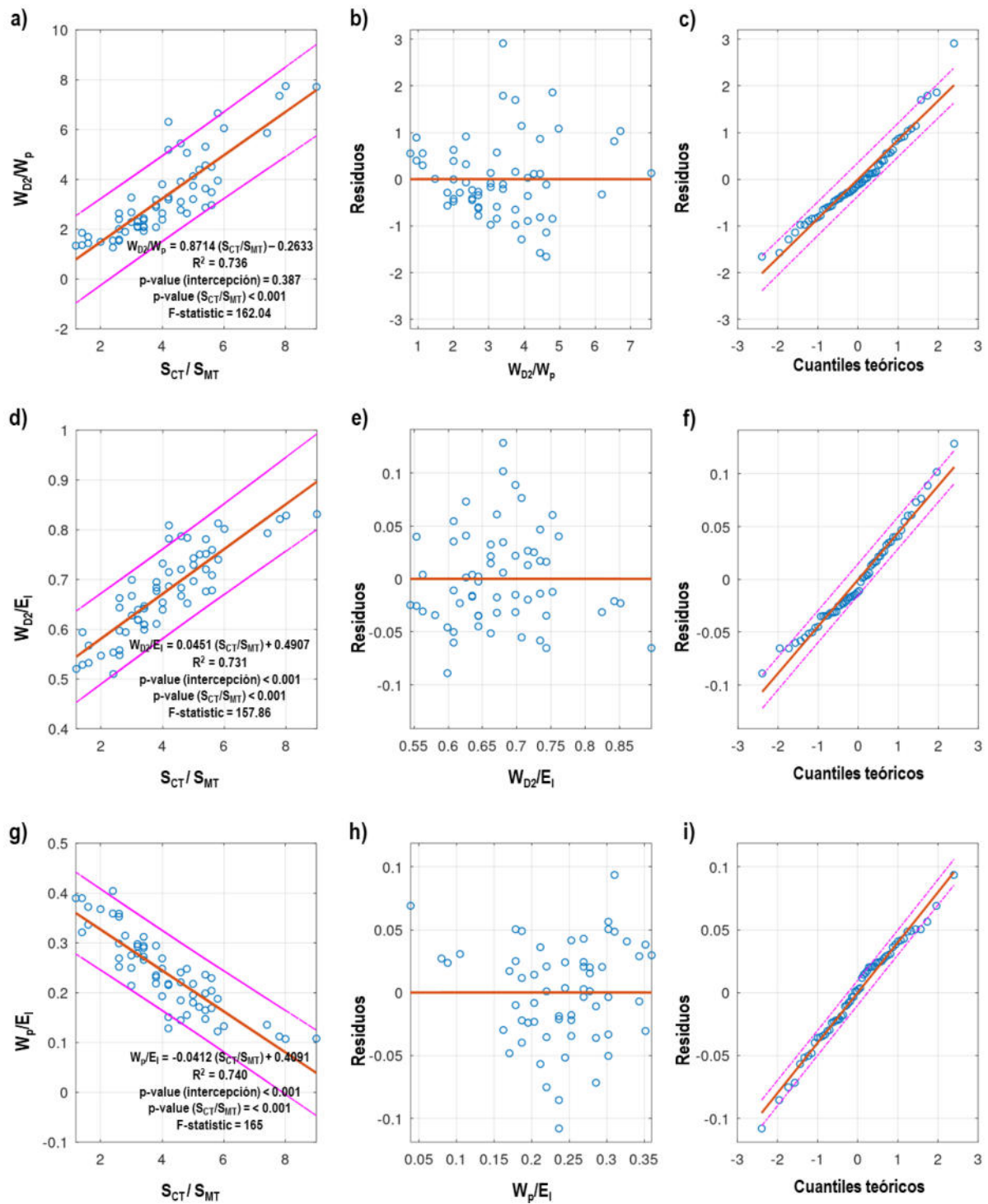
Regresión lineal entre el índice de colapso y medidas de daño máximas de piso, para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Figura 44

Regresión lineal entre el índice de colapso y las relaciones de energía, para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Las aceleraciones de piso es un parámetro que mide la prestación de elementos no estructurales, estos no presentan normalidad, pero se emplean ya que se busca proyectarlos considerando indicadores de la variable independiente. Aunque las distorsiones angulares de piso no tienen una correlación fuerte, se incluyen por ser un parámetro comúnmente utilizado en ingeniería para evaluar el desempeño de elementos estructurales.

La calidad del ajuste de un modelo de regresión lineal puede medirse a través del coeficiente de determinación, que corresponde al cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson.

Navidi (2023) menciona que un gráfico de residuos es una herramienta útil para evaluar la regresión por mínimos cuadrados. Aunque por sí solo no garantiza la adecuación del modelo lineal, un gráfico de residuos con defectos significativos indica claramente que el modelo lineal no es apropiado. Si la dispersión vertical en el gráfico de residuos no varía significativamente, se considera homocedástico; de lo contrario, se clasifica como heterocedástico. Otra forma de evaluar la fiabilidad del modelo es verificando que los residuos sigan una distribución aproximadamente normal, lo cual se puede hacer mediante un gráfico de cuantiles, asegurando de que la tendencia sea lineal.

Por tanto, a partir de las Figuras 43 y 44, se puede concluir que las regresiones lineales presentadas son homocedásticas y pueden emplearse para predecir los indicadores utilizados, ya que los gráficos de residuos no muestran dispersiones verticales significativas, lo cual se corrobora con los gráficos de cuantiles que muestran una tendencia lineal para los residuos. Es importante señalar que, en todo el proceso estadístico, no se eliminaron los valores atípicos (outliers).

4.4.2. Demanda al colapso considerando el IMC como intensidad

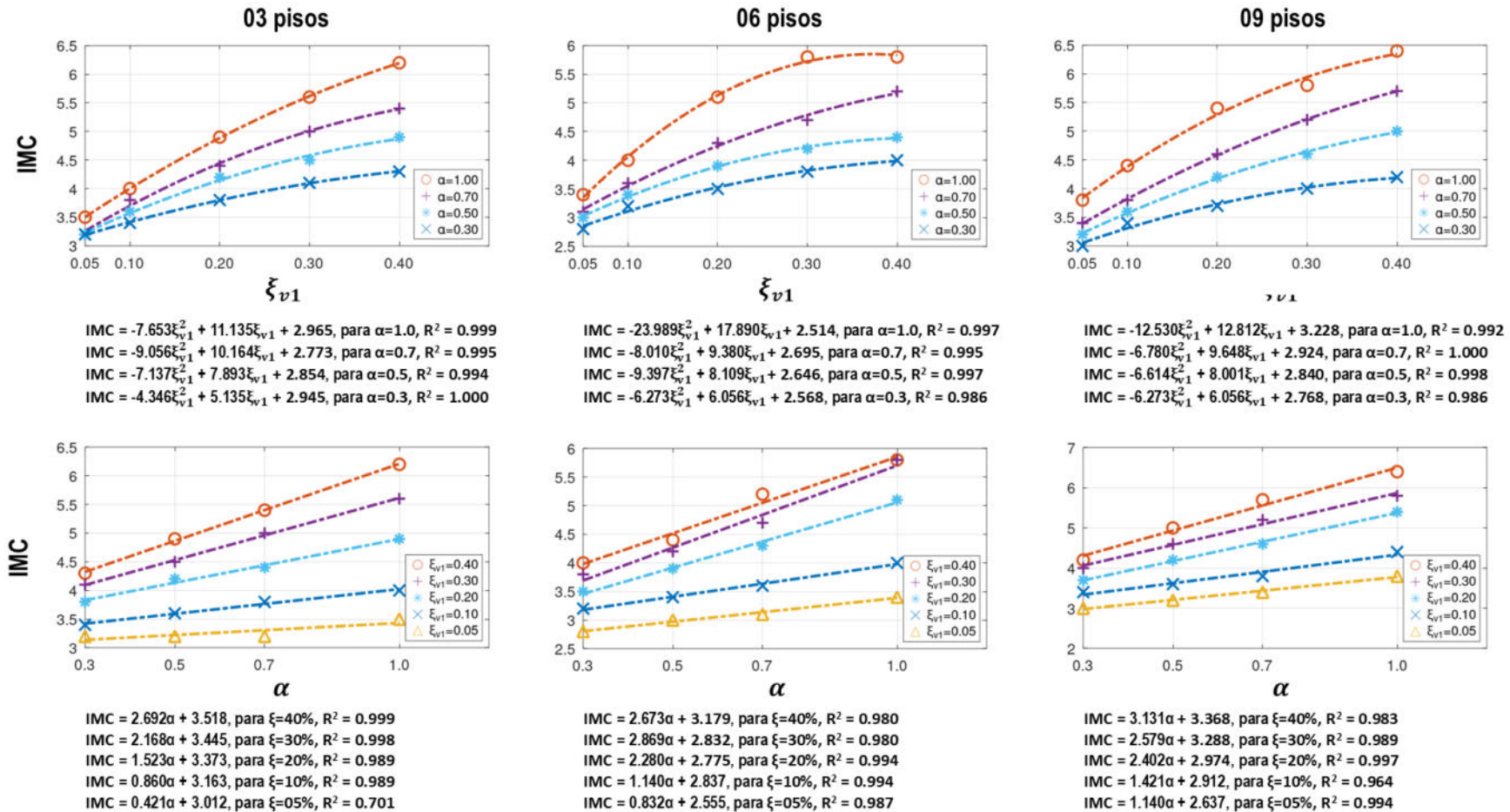
El IMC es el principal indicador para evaluar el desempeño al colapso, como se ha mencionado anteriormente. Por lo tanto, es de interés poder predecirlo considerando las

variaciones de los indicadores de la variable independiente. Dado que el IMC es la mediana del índice de colapso, se realizaron regresiones considerando únicamente la relación de amortiguamiento adicional y el exponente de la velocidad.

Utilizando regresiones simples se puede prever el IMC, como se muestra en la Figura 45, considerando la relación de amortiguamiento suplementaria, ξ_{v1} , y el exponente de la velocidad, α , agrupando los prototipos por cantidad de pisos. Es evidente que, a mayor relación de amortiguamiento y mayor exponente de velocidad, el IMC aumenta. Algunas de las curvas se representan con polinomios de segundo grado y otras con regresiones lineales, buscando un mejor ajuste. Aunque las ecuaciones presentadas son útiles para el diseño, ya que permiten seleccionar el IMC antes de elegir los parámetros clave en edificios con amortiguadores, es crucial encontrar ecuaciones que consideren todos los parámetros empleados. Esto se debe a que podría haber confusión en la interpretación de los resultados y se desea verificar si ambos indicadores realmente aumentan el IMC. Por ello, se propone el uso de regresiones múltiples.

Figura 45

Regresión simple para pronosticar el IMC variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Los coeficientes en un modelo de regresión múltiple se obtienen de la misma manera que en regresiones simples, es decir, utilizando mínimos cuadrados. Navidi (2023) indica que hay tres cantidades fundamentales en estos modelos: la suma de los cuadrados de la regresión (SSR), la suma de los cuadrados del error (SSE) y la suma total de los cuadrados (SST). Las suposiciones para el modelo de regresión implican que las variables de estudio sean aleatorias y sigan distribuciones normales. Además, se utilizan tres estadísticos: el error estimado de la varianza, s^2 , el coeficiente de determinación, R^2 , y el estadístico F . En las regresiones lineales simples, se busca rechazar la hipótesis nula con $\beta_1 \neq 0$. En una regresión múltiple, la hipótesis nula se rechaza buscando que $\beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_p \neq 0$, indicando que los indicadores tienen relación.

En la Figura 49 se muestra la regresión múltiple para las medianas de todos los prototipos con el fin de evaluar el efecto de todos los indicadores de la variable independiente en conjunto. En las regresiones se aplicó el principio de parsimonia, tratando de incluir la menor cantidad de variaciones entre los indicadores, descartando valores al cuadrado y algunas multiplicaciones, ya que no mostraron coeficientes de determinación significativos. Además, se consideró necesario que el coeficiente de determinación de los indicadores individuales y para la regresión completa fuera cercano a uno, indicando que se están considerando los indicadores más importantes en el modelo. Se utilizó un modelo de regresión stepwise para verificar las posibles combinaciones entre los indicadores, lo cual confirmó que los modelos más simples son los más adecuados para el propósito de esta investigación.

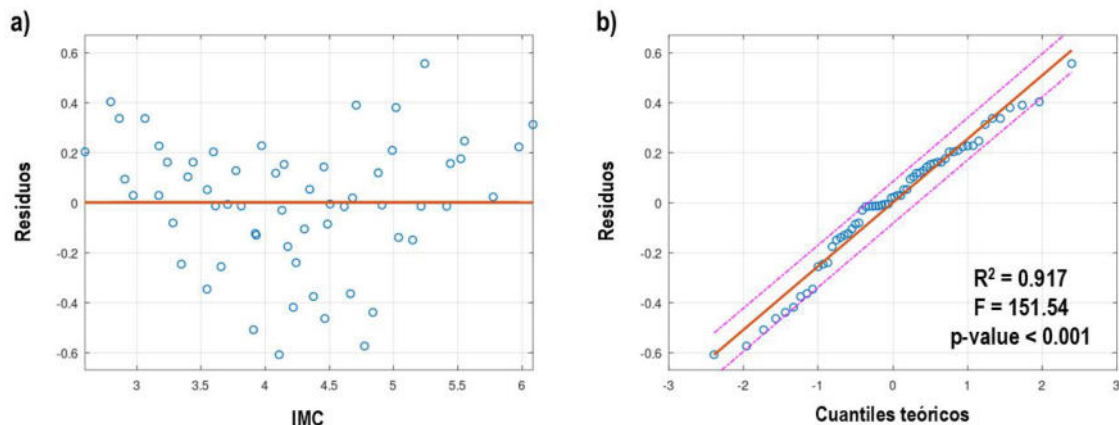
En las Figuras 46a y 46b se pueden ver los residuos y el gráfico de cuantiles, los cuales aseguran la homocedasticidad y la fiabilidad de la ecuación. También se presenta la ecuación de regresión, seguida de una tabla con los parámetros obtenidos y resultados del ANOVA, todo ello generado mediante el programa Octave (Eaton, 2024). La tabla de parámetros del modelo muestra el término independiente (Intercept), los coeficientes estimados junto con sus

desviaciones estándar (SE), los intervalos de confianza al 95%, el valor del estadístico t y los p-valores. El estadístico t se obtiene dividiendo el coeficiente estimado por su desviación estándar. En la tabla ANOVA, el número de grados de libertad para el estadístico t de Student, considerando $n = 20$ observaciones y 3 indicadores independientes, es $d.f. = 60 - 4 - 1 = 55$, mientras que el grado de libertad total es el tamaño de la muestra menos 1. En esta tabla se muestran también la suma de los cuadrados (SumSq.), la media de los cuadrados (Mean Sq., calculada dividiendo la suma de los cuadrados por su respectivo grado de libertad). Además, se presentan el índice de determinación (R Sq.), el estadístico F y el p-valor utilizados para la prueba de la hipótesis nula. En la Figura 46b, se incluyen también el índice de determinación, el estadístico F y el p-valor, pero aplicados a toda la regresión en conjunto.

El coeficiente de determinación de la regresión completa, igual a 0.917, indica que el 91.7 por ciento de la variación en los valores del IMC puede explicarse mediante la relación lineal entre ξ_{v1} , α y la M . Además, con un p-valor cercano a cero, se rechaza la hipótesis nula, demostrando que existe una relación lineal entre el IMC y los indicadores de la variable dependiente considerados como un solo grupo. Fue necesario incluir el periodo inicial de los prototipos, T_1 , para poder rechazar la hipótesis nula. Esto evidenció una relación lineal tanto entre el IMC y los indicadores en conjunto como de manera individual.

Figura 46

Regresión múltiple para pronosticar el IMC empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, los exponentes de velocidad y las masas, utilizando todos los prototipos



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + masa^{0.5} + periodo$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	1.35	0.22	0.91	1.79	6.13	<.001
xhi	5.34	0.269	4.8	5.88	19.85	<.001
alfa	1.88	0.133	1.61	2.14	14.08	<.001
masa ^{0.5}	0.778	0.214	0.349	1.21	3.63	<.001
periodo	-5.43	1.52	-8.49	-2.38	-3.56	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	28.032	1	28.032	0.877	393.94	<.001
alfa	14.112	1	14.112	0.783	198.32	<.001
masa ^{0.5}	0.93786	1	0.93786	0.193	13.18	<.001
periodo	0.90315	1	0.90315	0.187	12.69	<.001
Error	3.9137	55	0.071158			
Total	47.046	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

En la Ecuación 46 se presenta la ecuación resultante de la regresión múltiple desarrolladas con todos los prototipos, y todos los indicadores utilizados.

$$[IMC]_{P03,06,09} = 1.35 + 5.34\xi_{v1} + 1.88\alpha + 0.778M^{0.5} - 5.43T_1 \quad (46)$$

La demanda al colapso se suele representar como una distribución acumulada de probabilidades, conocida como curva de fragilidad al colapso, siendo un ajuste lognormal el que mejor la representa (FEMA, 2009, 2018). El IMC calculado en los prototipos representa el valor mediano de la fragilidad al colapso, y la mayor o menor pendiente de esta se refleja con la desviación estándar ajustada. En las Figuras 47 a 49 se observan las curvas IDA, donde se identifican la mediana y la desviación estándar de los valores logarítmicos, a partir de los cuales se pueden construir las curvas de fragilidad al colapso, tal como se muestra en las Figuras 50 a 52.

Figura 47

Curvas IDA para el prototipo de 03 pisos

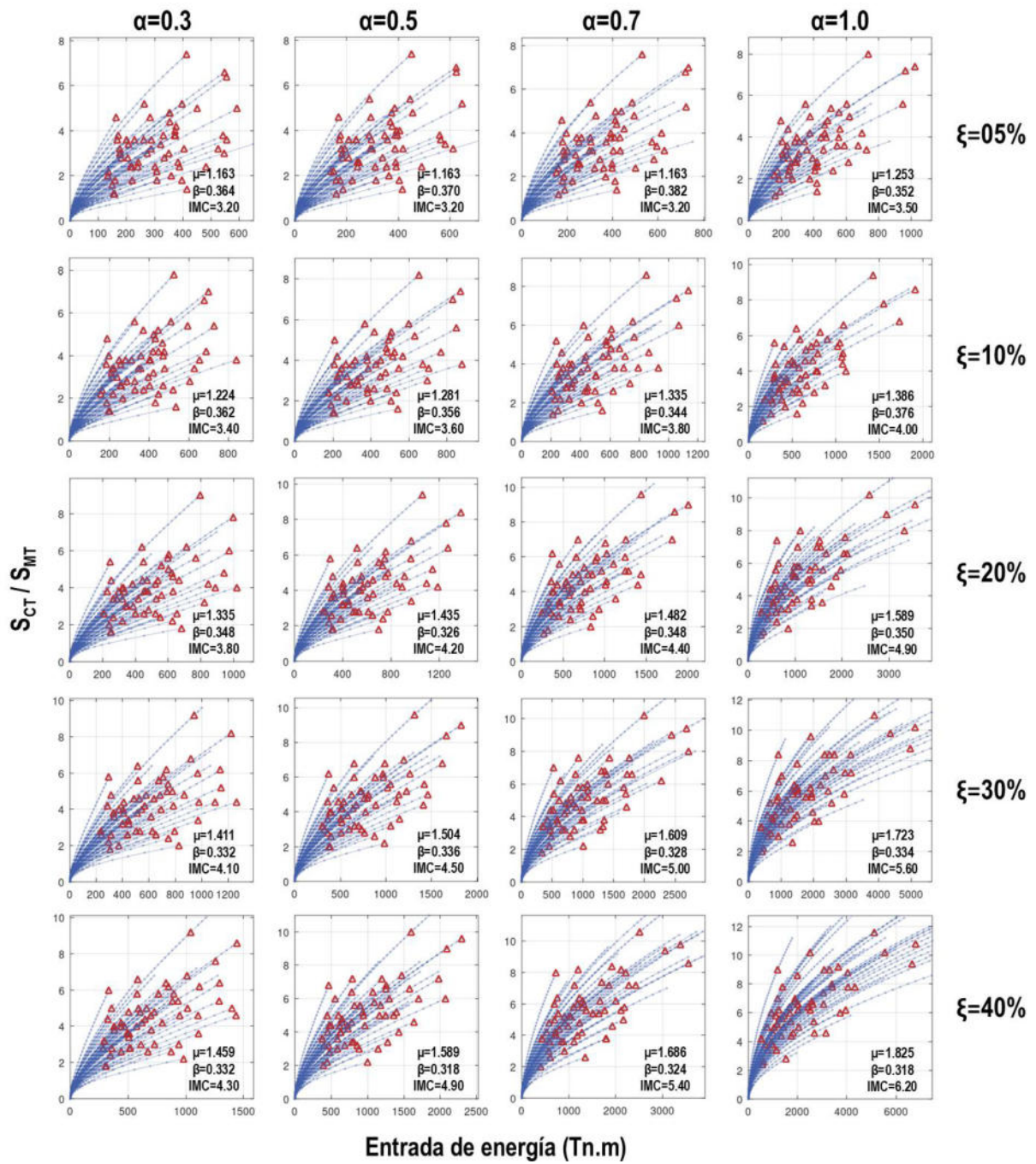


Figura 48

Curvas IDA para el prototipo de 06 pisos

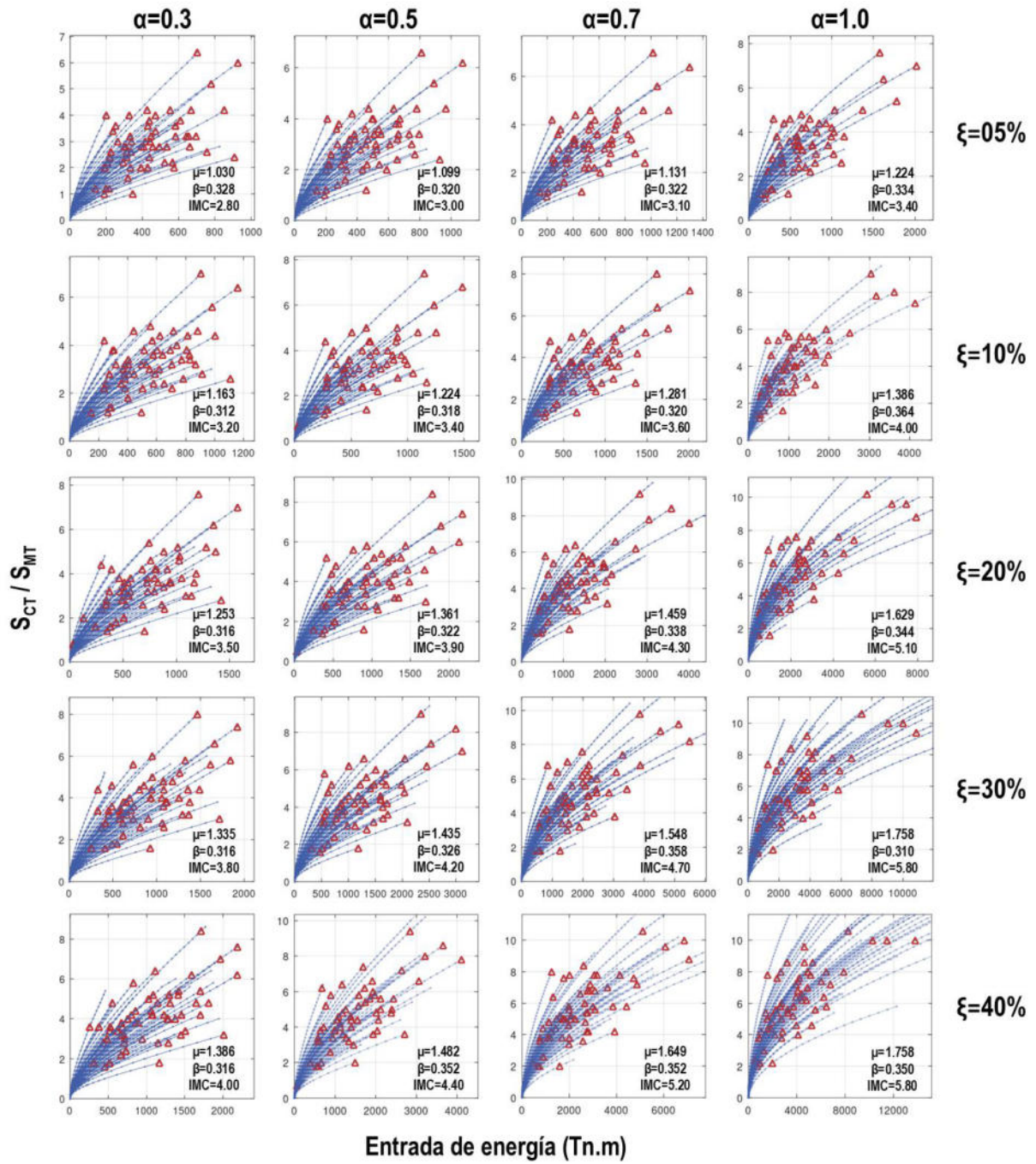


Figura 49

Curvas IDA para el prototipo de 09 pisos

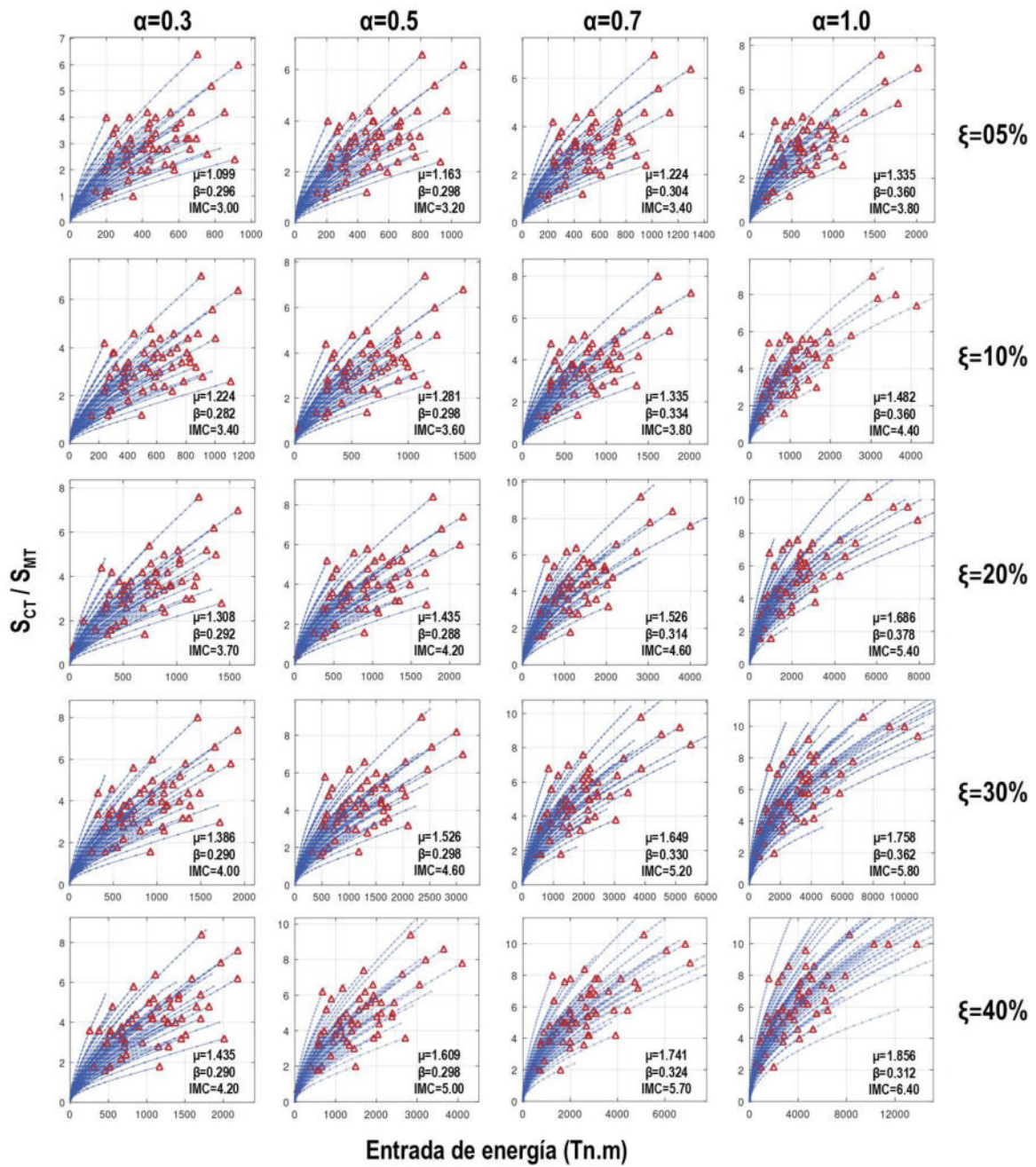


Figura 50

Curvas de fragilidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos

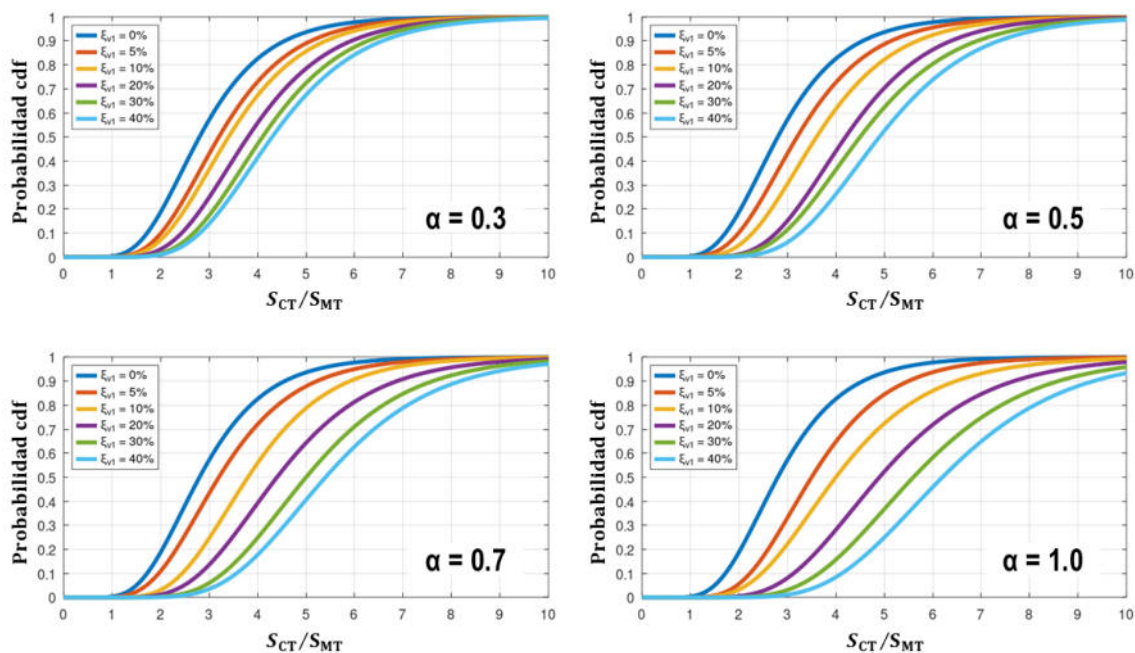


Figura 51

Curvas de fragilidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos

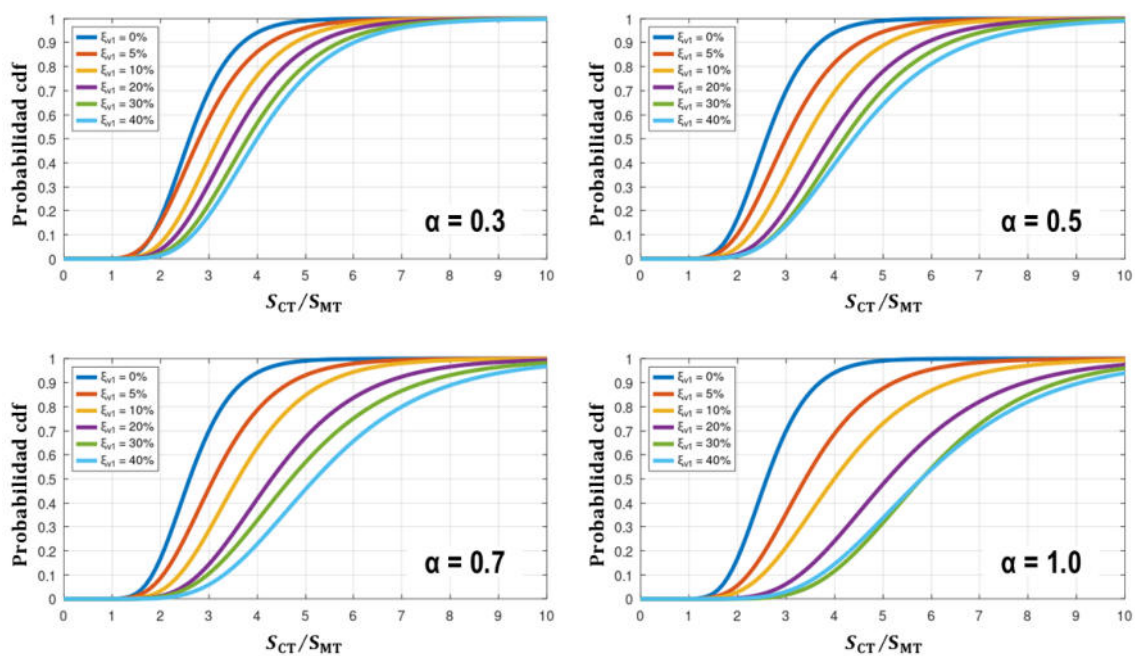
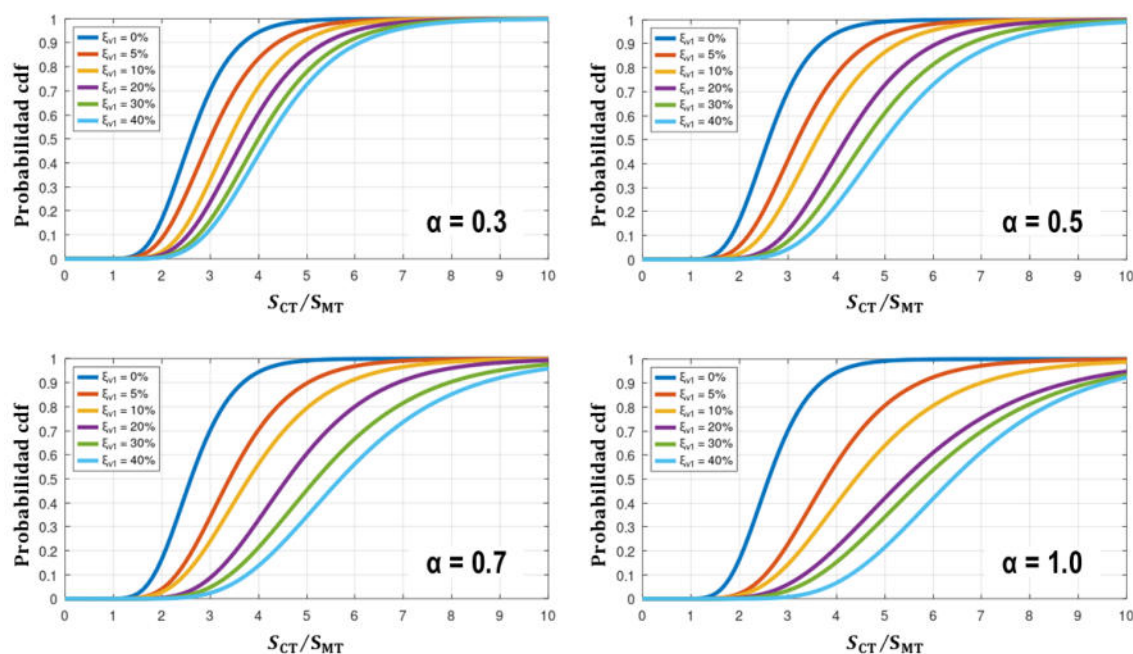


Figura 52

Curvas de fragilidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos



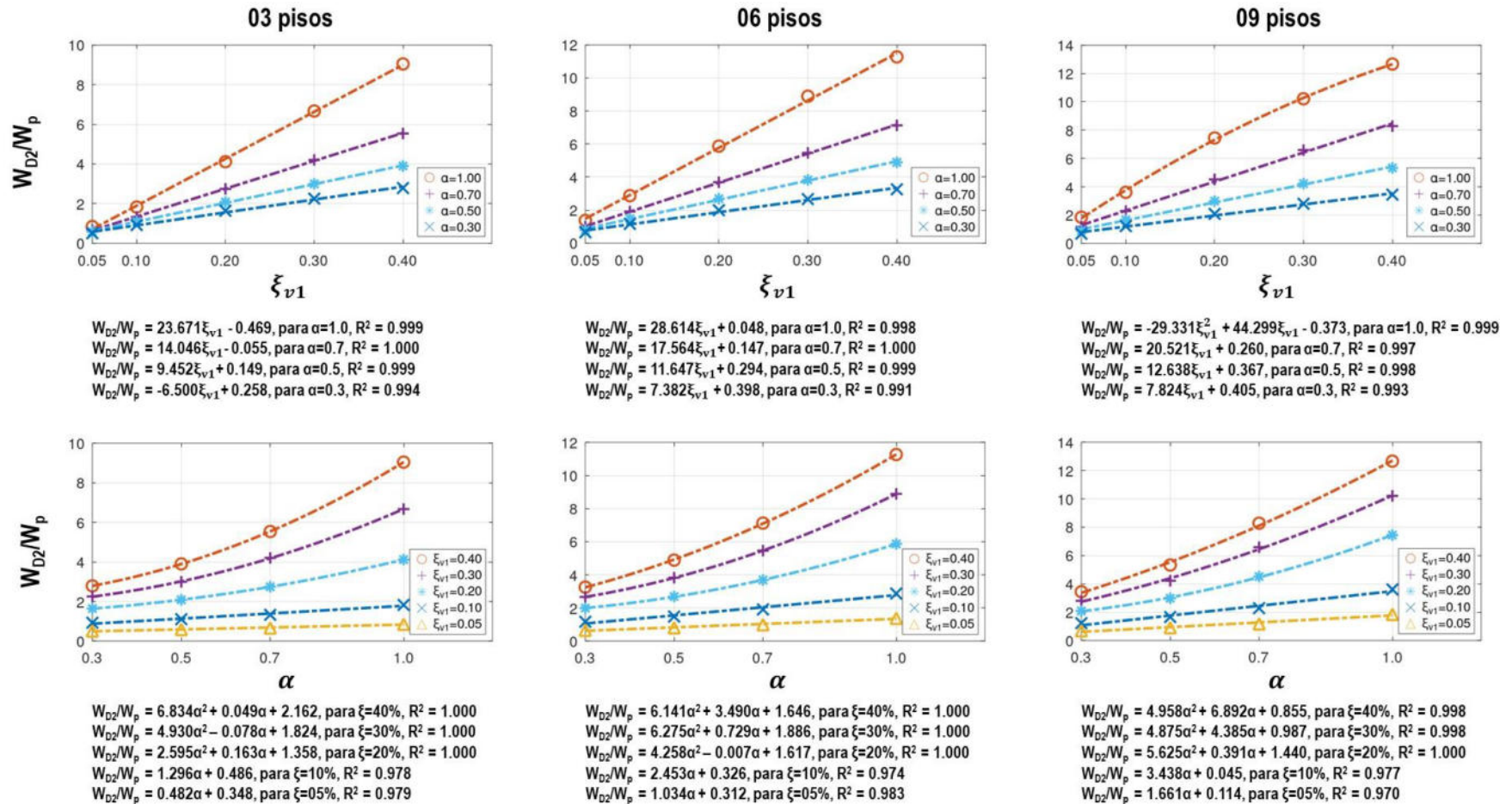
4.4.3. Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/W_p como medida de daño

El IMC mide la intensidad de la demanda sísmica que provoca el colapso de la estructura. Por otro lado, también es relevante conocer el valor mediano de las medidas de daño al colapso, que en este trabajo son las aceleraciones de piso, las distorsiones angulares de piso y las relaciones de energía. Estos indicadores permiten comprender la capacidad de la estructura.

De manera similar al estudio del IMC, que se replicó para el resto de los indicadores, mediante regresiones simples, representadas en la Figura 53, es posible estimar la relación de energía W_{D2}/W_p en función de ξ_{V1} y α , agrupando los prototipos por número de pisos. Algunas curvas están representadas por polinomios de segundo grado, mientras otras utilizan regresiones lineales para un mejor ajuste.

Figura 53

Regresión simple para pronosticar las relaciones de energía W_{D2}/W_p variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

La Figura 54 presenta la regresión que toma en cuenta la variación de los indicadores en todos los prototipos. Para esta regresión, se utilizó la mediana de la relación entre la energía de amortiguamiento adicional y la energía histerética estructural, W_{D2}/W_p . La regresión revela que la regresión completa muestra una relación lineal, con un coeficiente de determinación cercano a 1 y p-valores próximos a cero, al igual que en el análisis de los indicadores de forma individual.

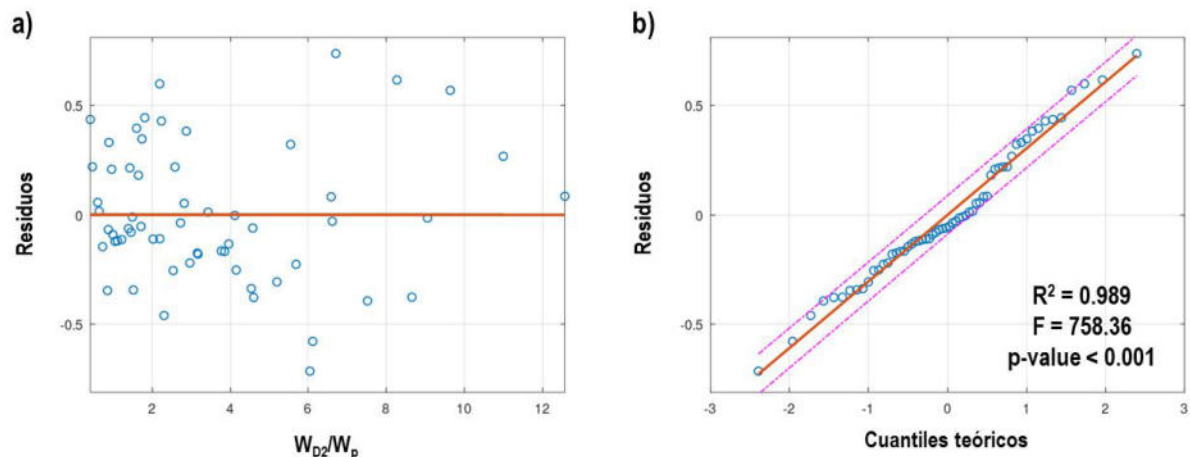
La ecuación obtenida de la regresión múltiple se encuentra en la Ecuación 47, considerando los indicadores ξ_{v1} , α y M .

$$\begin{aligned} [W_{D2}/W_p]_{p03,06,09} &= 3.39 - 11.2\xi_{v1} - 6.38\alpha - 0.285M^{0.5} + 29.8\xi_{v1} \times \alpha \\ &+ 0.831\xi_{v1} \times M^{0.5} + 0.582\alpha \times M^{0.5} \end{aligned} \quad (47)$$

Las Figuras 55 a 57 muestran ajustes lognormales basados en una distribución de densidad de probabilidad, que es la manera de representar la capacidad a diferencia de las distribuciones acumuladas utilizadas para la demanda (como en el IMC). En las figuras, se indican con triángulos negros las medianas para cada variación.

Figura 54

Regresión múltiple para pronosticar la relación de energía W_{D2}/W_p empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + masa^{0.5} + xhi:alfa + xhi:masa^{0.5} + alfa:masa^{0.5}$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	3.39	0.611	2.16	4.61	5.54	<.001
xhi	-11.2	1.68	-14.6	-7.84	-6.66	<.001
alfa	-6.38	0.783	-7.95	-4.81	-8.14	<.001
masa ^{0.5}	-0.285	0.0562	-0.398	-0.172	-5.07	<.001
xhi:alfa	29.8	1.26	27.3	32.4	23.69	<.001
xhi:masa ^{0.5}	0.831	0.142	0.546	1.12	5.84	<.001
alfa:masa ^{0.5}	0.582	0.0704	0.44	0.723	8.26	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	4.6311	1	4.6311	0.456	44.35	<.001
alfa	6.9271	1	6.9271	0.556	66.34	<.001
masa ^{0.5}	2.6881	1	2.6881	0.327	25.74	<.001
xhi:alfa	58.603	1	58.603	0.914	561.21	<.001
xhi:masa ^{0.5}	3.5636	1	3.5636	0.392	34.13	<.001
alfa:masa ^{0.5}	7.1213	1	7.1213	0.563	68.20	<.001
Error	5.5343	53	0.10442			
Total	480.67	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Figura 55

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/W_p

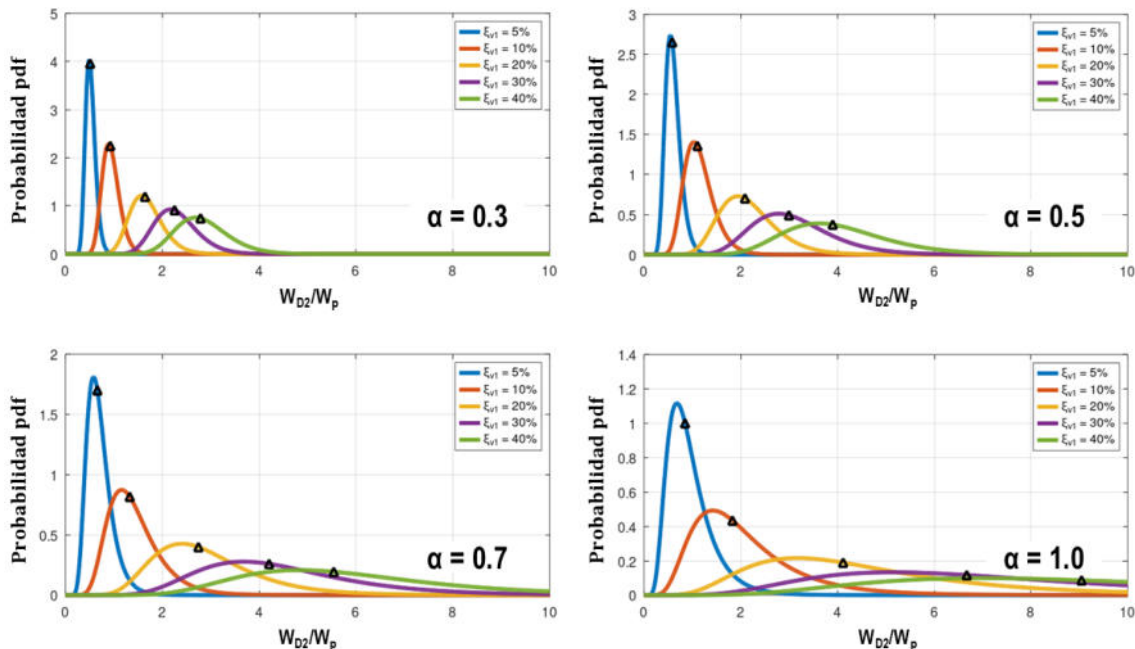


Figura 56

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/W_p

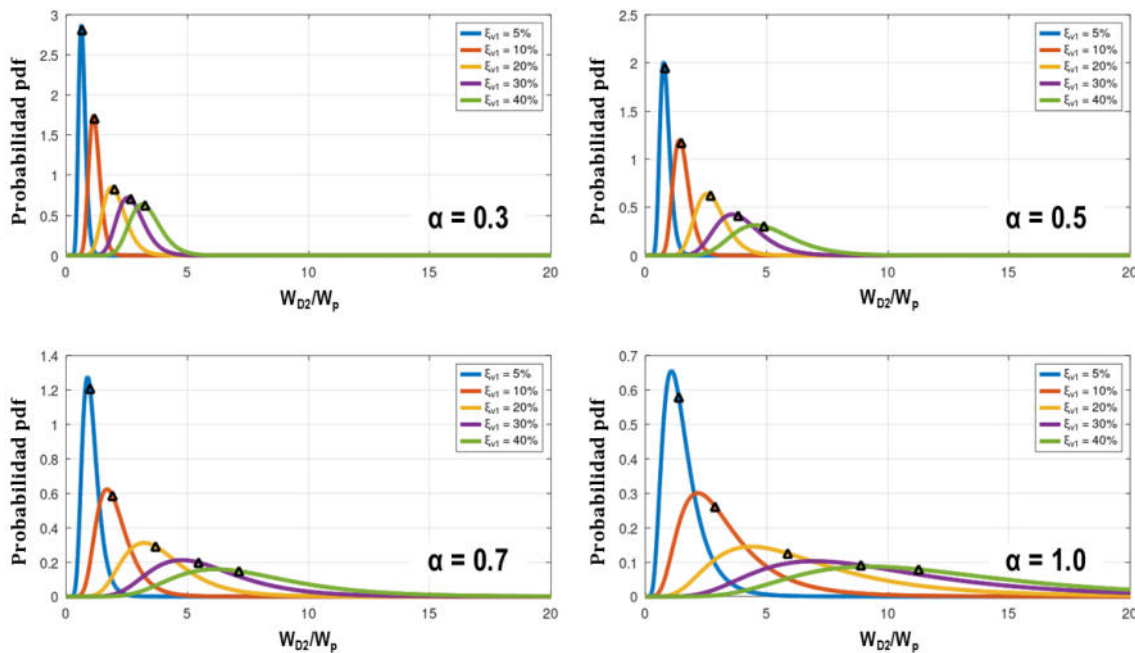
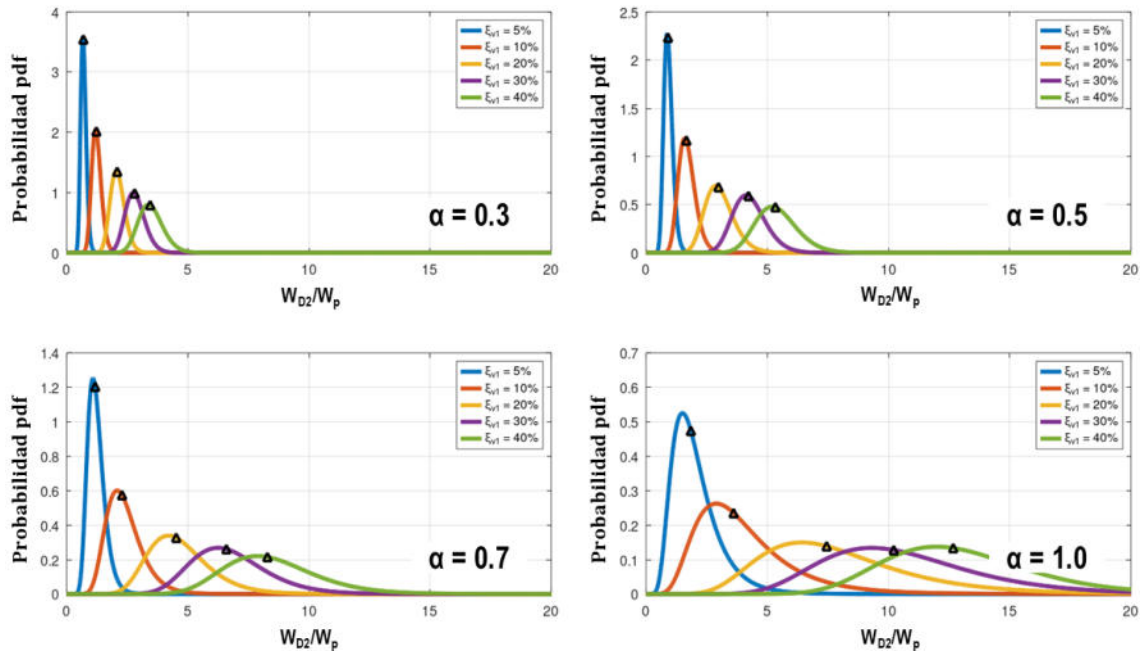


Figura 57

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/W_p

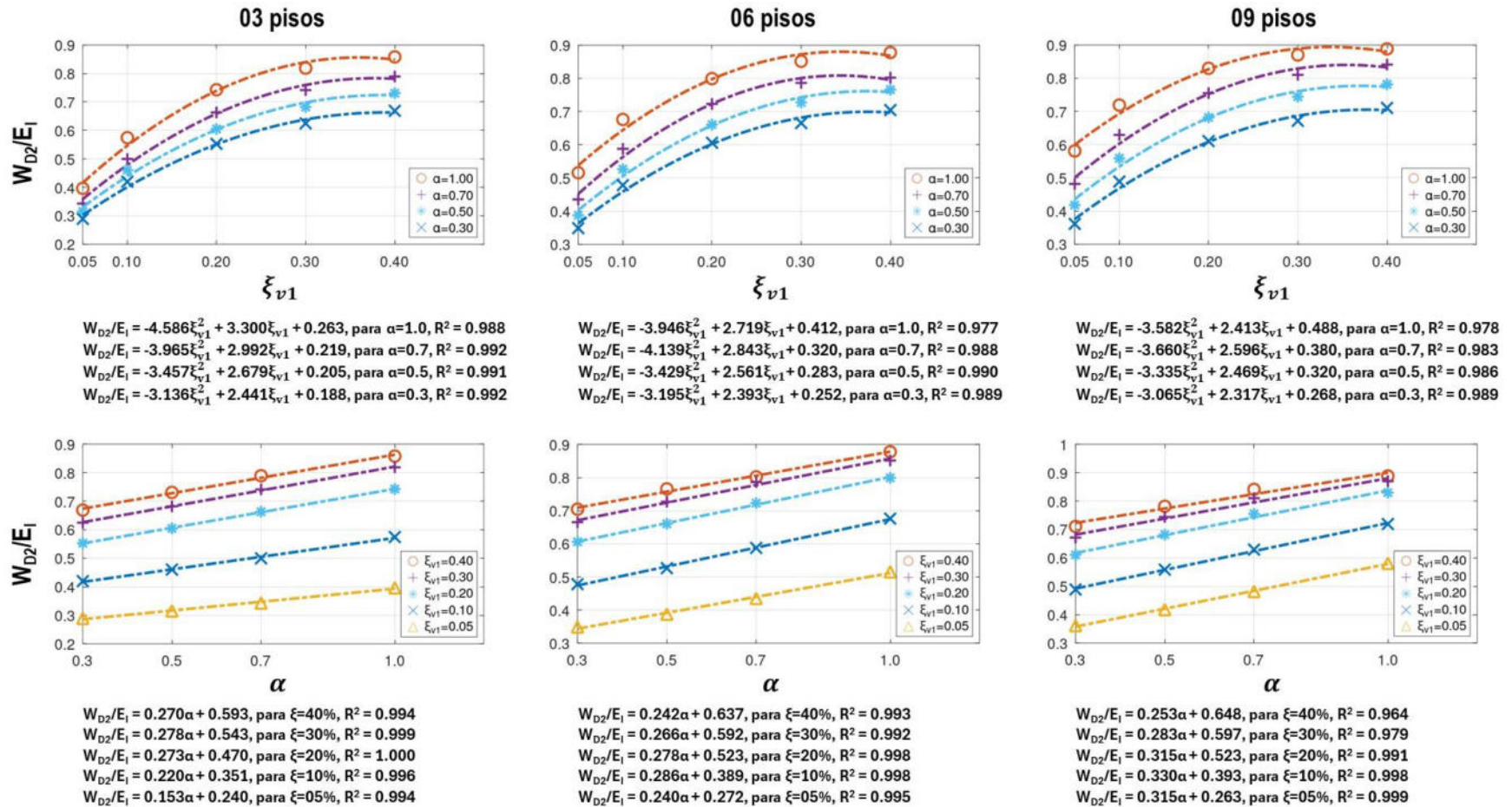


4.4.4. Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/E_I como medida de daño

Utilizando regresiones simples, como se aprecia en la Figura 58, es posible predecir la relación de energía W_{D2}/E_I considerando ξ_V y α , agrupando los prototipos según la cantidad de pisos.

Figura 58

Regresión simple para pronosticar las relaciones de energía W_{D2}/E_I variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Siguiendo el enfoque usado para los indicadores anteriores, la Figura 59 presenta el análisis que considera la variación de la masa en todos los prototipos. Para evaluar la regresión lineal, se utilizó la mediana de la relación entre la energía de amortiguamiento adicional y la entrada de energía, W_{D2}/E_I . La regresión realizada por piso indica que cada indicador individual es adecuado, con un p-valor cercano a cero y un coeficiente de determinación de 0.895 en la regresión completa.

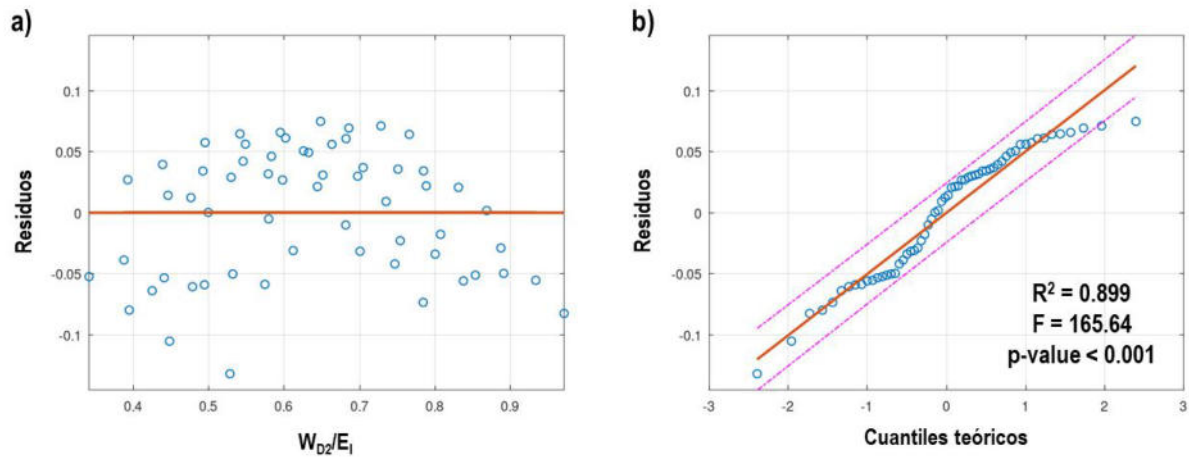
La Ecuación 48 presenta la ecuación derivada de la regresión múltiple desarrollada, utilizando como variables independientes a ξ_{v1} , α y M .

$$[W_{D2}/E_I]_{P03,06,09} = 0.101 + 1.03\xi_{v1} + 0.267\alpha + 0.015M^{0.5} \quad (48)$$

Las Figuras 60 a 62 muestran los ajustes lognormales utilizando una distribución de densidad de probabilidad. En estas figuras, las medianas de las relaciones W_{D2}/E_I para cada variación se indican con triángulos negros.

Figura 59

Regresión múltiple para pronosticar la relación de energía W_{D2}/E_1 empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + masa^{0.5}$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	0.101	0.037	0.0265	0.175	2.72	.009
xhi	1.03	0.0533	0.919	1.13	19.23	<.001
alfa	0.267	0.0264	0.214	0.32	10.10	<.001
masa ^{0.5}	0.0149	0.00298	0.00898	0.0209	5.01	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	1.0352	1	1.0352	0.868	369.77	<.001
alfa	0.28561	1	0.28561	0.646	102.02	<.001
masa ^{0.5}	0.070367	1	0.070367	0.310	25.13	<.001
Error	0.15678	56	0.0027997			
Total	1.548	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Figura 60

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/E_1

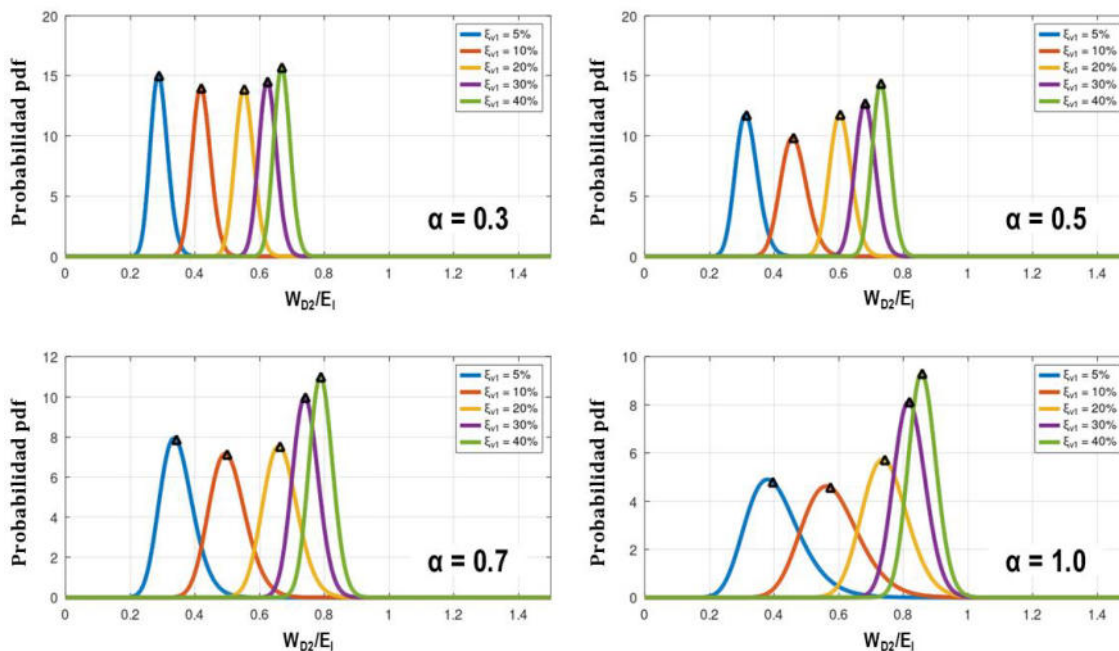


Figura 61

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/E_1

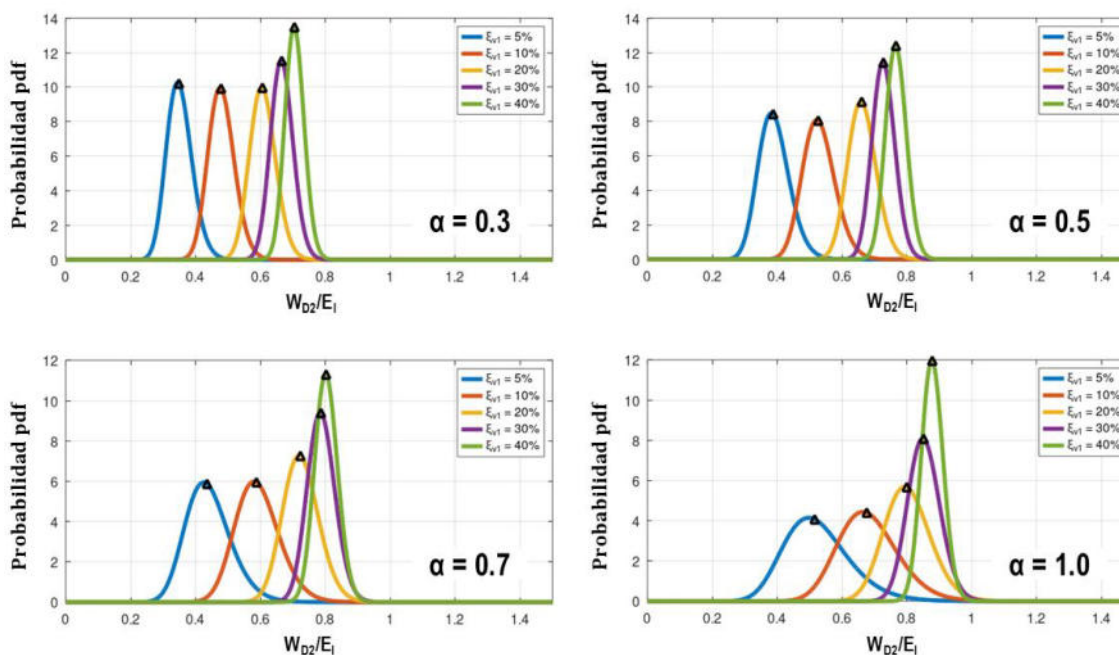
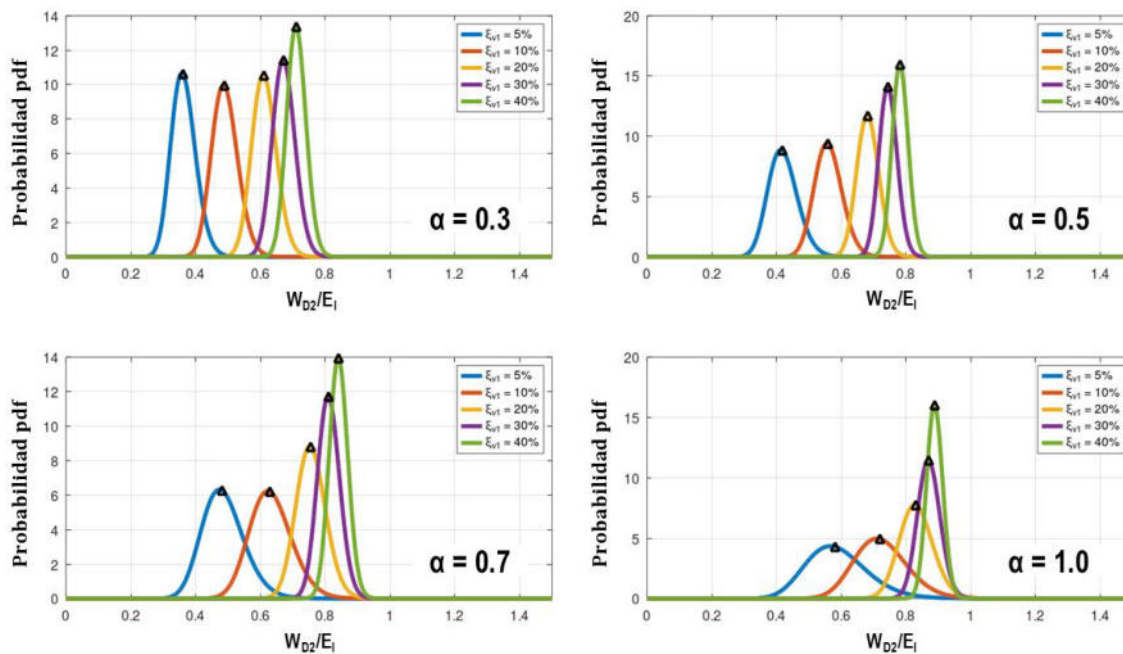


Figura 62

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la relación de energía W_{D2}/E_I

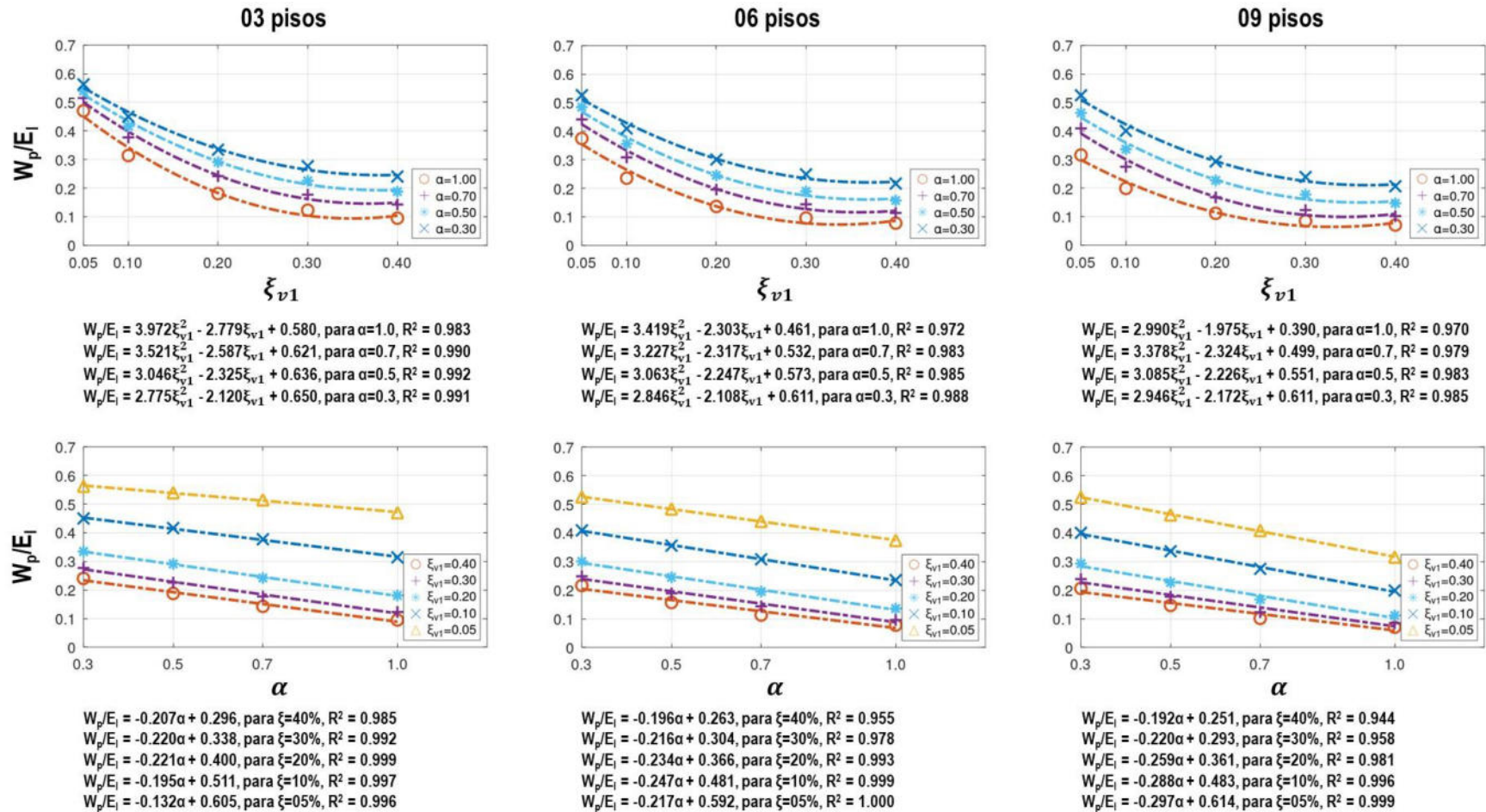


4.4.5. Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_p/E_I como medida de daño

Las regresiones simples, mostradas en la Figura 63, permiten estimar la relación de energía W_p/E_I en función de ξ_V y α , organizando los prototipos por número de pisos. Algunas de las curvas se ajustan con polinomios de segundo grado, mientras que otras con regresiones lineales, según el mejor ajuste a los datos.

Figura 63

Regresión simple para pronosticar las relaciones de energía W_p/E_i variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

La Figura 64 presenta la regresión múltiple del análisis que considera los indicadores en todos los prototipos. Para evaluar la regresión lineal, se emplea la mediana de las relaciones entre la energía histerética estructural y la energía de entrada, W_p/E_I . El análisis que abarca todos los indicadores y prototipos confirma su idoneidad para la predicción, con un p-valor cercano a cero y un coeficiente de determinación alrededor de 0.89 en la regresión completa; además, los p-valores individuales también son cercanos a cero.

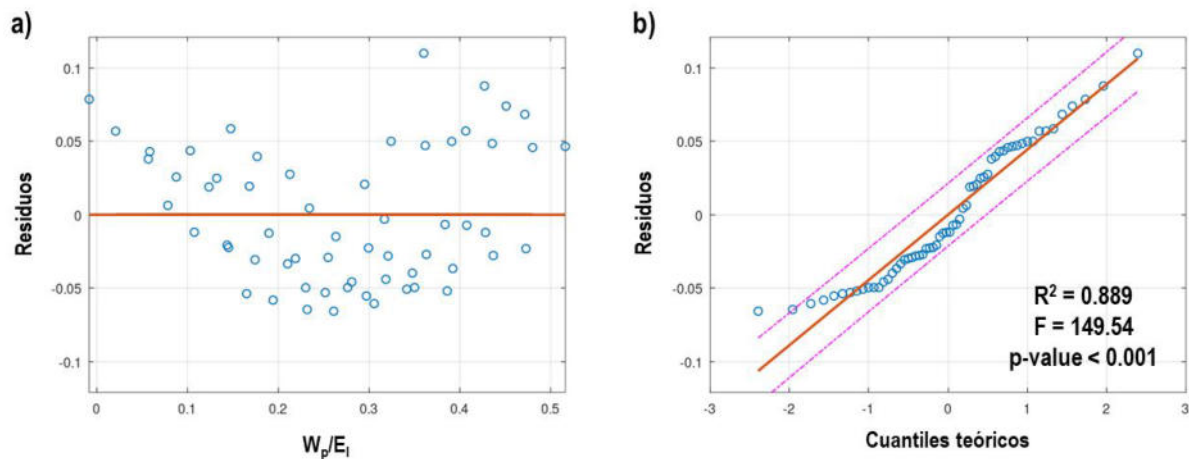
La Ecuación 49 muestra la ecuación derivada de la regresión múltiples desarrollada, utilizando ξ_{v1} , α y M como variables independientes.

$$[W_p/E_I]_{P03,06,09} = 0.711 - 0.867\xi_{v1} - 0.223\alpha - 0.012M^{0.5} \quad (49)$$

Las Figuras 65 a 67 incluyen ajustes lognormales utilizando una distribución de densidad de probabilidad. En estas figuras, las medianas de las relaciones W_p/E_I para cada variación están indicadas con triángulos negros.

Figura 64

Regresión múltiple para pronosticar la relación de energía W_p/E_1 empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + masa^{0.5}$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	0.711	0.0327	0.646	0.777	21.73	<.001
xhi	-0.867	0.0471	-0.961	-0.772	-18.39	<.001
alfa	-0.223	0.0233	-0.269	-0.176	-9.54	<.001
masa ^{0.5}	-0.0116	0.00264	-0.0169	-0.00635	-4.41	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	0.73943	1	0.73943	0.858	338.14	<.001
alfa	0.19899	1	0.19899	0.619	91.00	<.001
masa ^{0.5}	0.0426	1	0.0426	0.258	19.48	<.001
Error	0.12246	56	0.0021868			
Total	1.1035	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Figura 65

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la relación de energía W_p/E_1

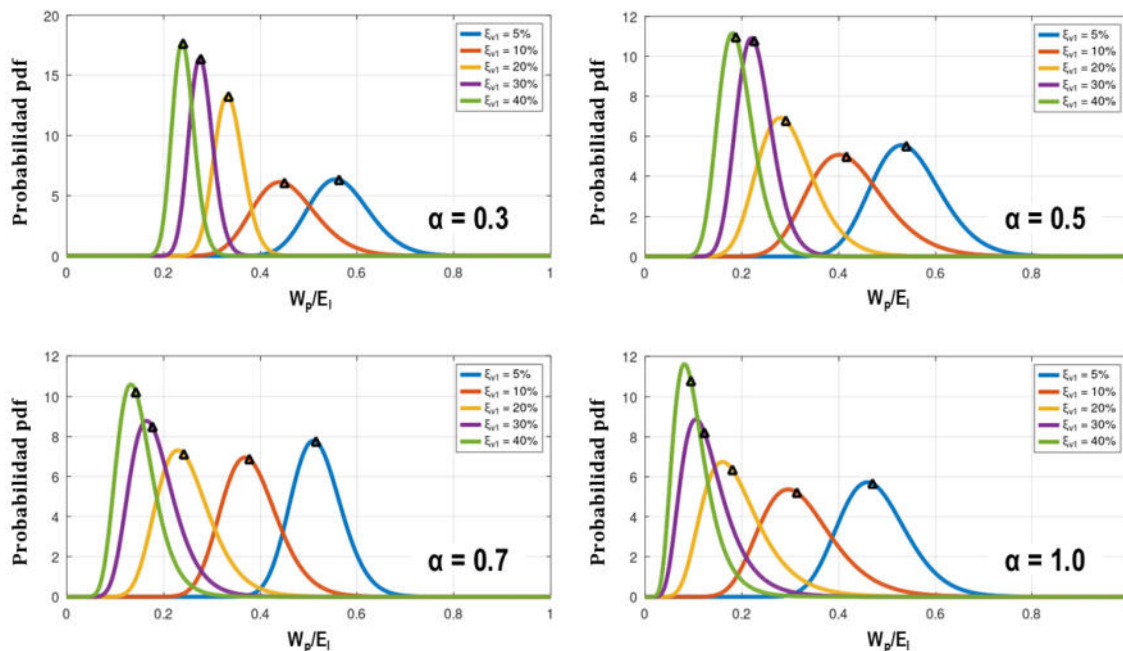


Figura 66

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la relación de energía W_p/E_1

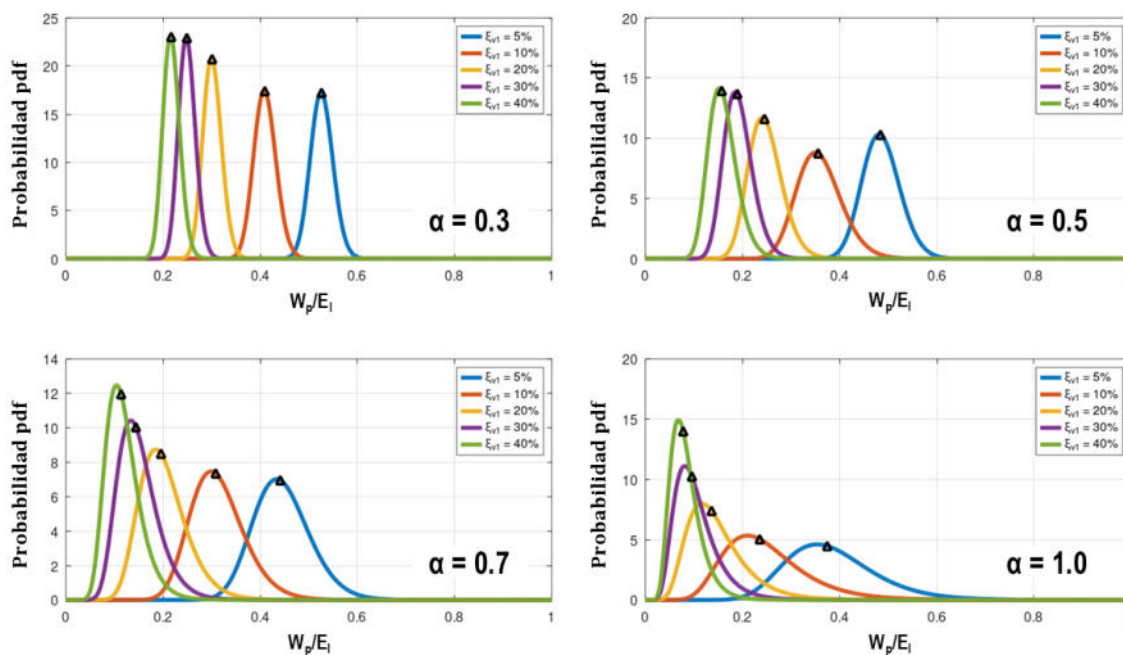
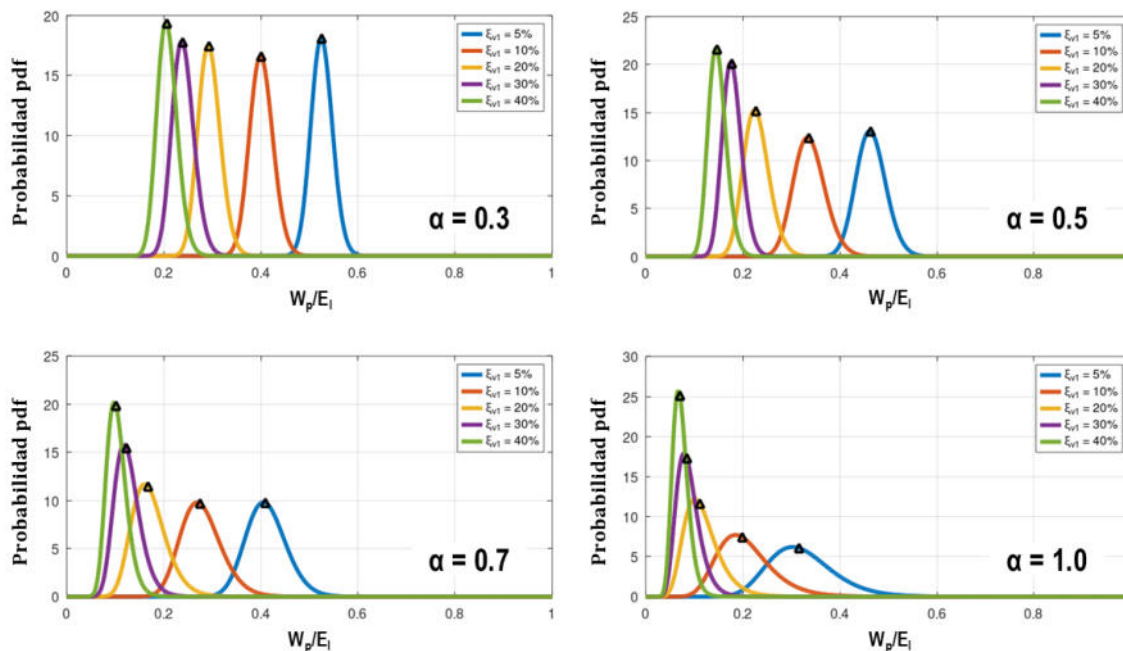


Figura 67

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la relación de energía W_p/E_I

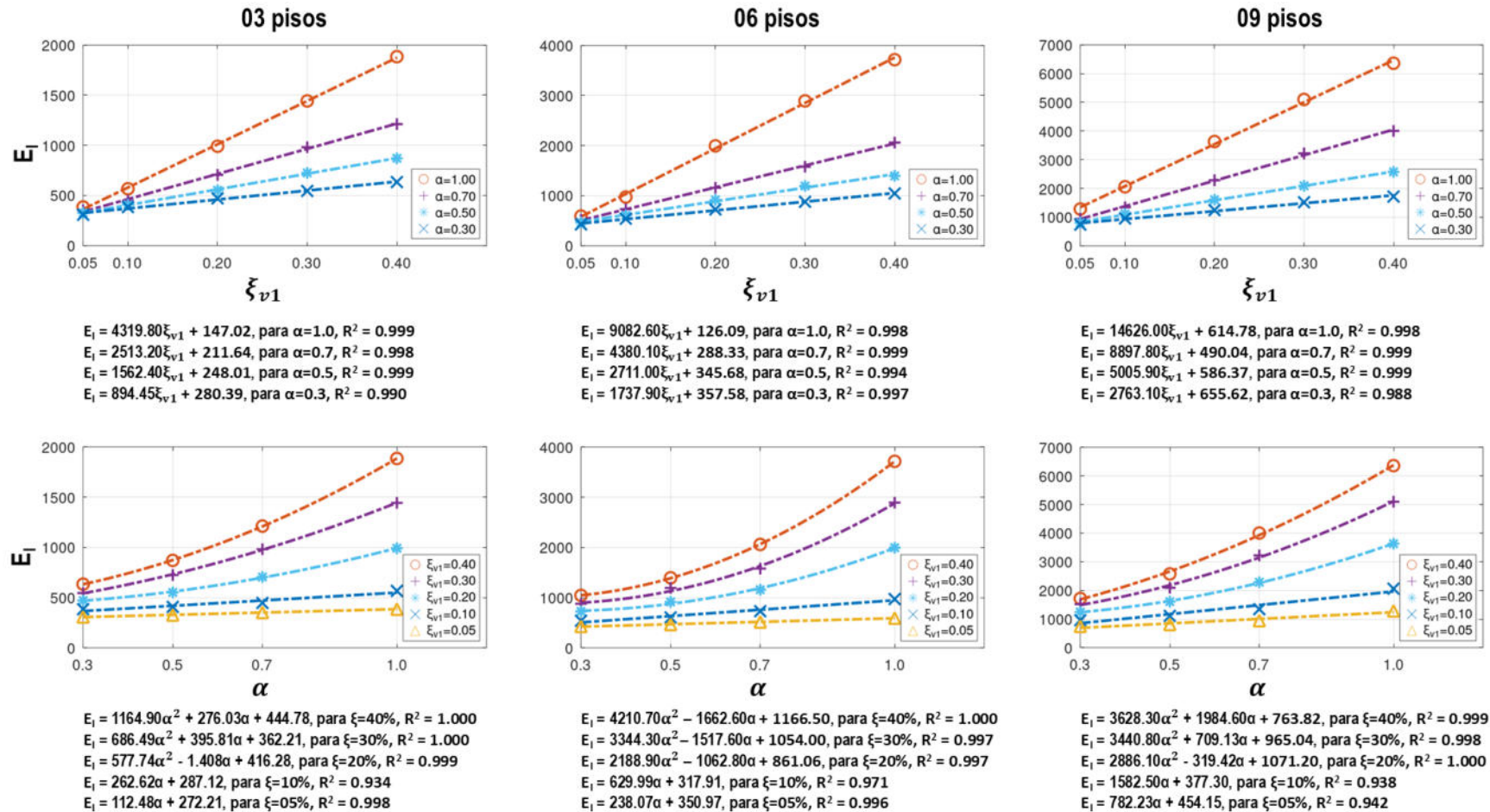


4.4.6. Capacidad al colapso considerando la entrada de energía

Las regresiones simples presentadas en la Figura 63 permiten estimar la relación entre la entrada de energía E_I y los parámetros ξ_V y α , clasificando los prototipos por cantidad de pisos. Algunas de las curvas se ajustan a polinomios de segundo grado, mientras que otras siguen regresiones lineales, dependiendo de cuál proporcione el mejor ajuste a los datos. Se utilizó una regresión múltiple para evaluar el impacto de la masa en las relaciones de energía, pero la ecuación resultante no proporcionó buenos resultados de predicción, ya que se obtuvieron algunos valores negativos, a pesar de que los índices de correlación eran satisfactorios.

Figura 68

Regresión simple para pronosticar la entrada de energía E_I variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Las Figuras 69 a 71 muestran las curvas fragilidad al colapso para la entrada de energía.

Figura 69

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando la entrada de energía E_I

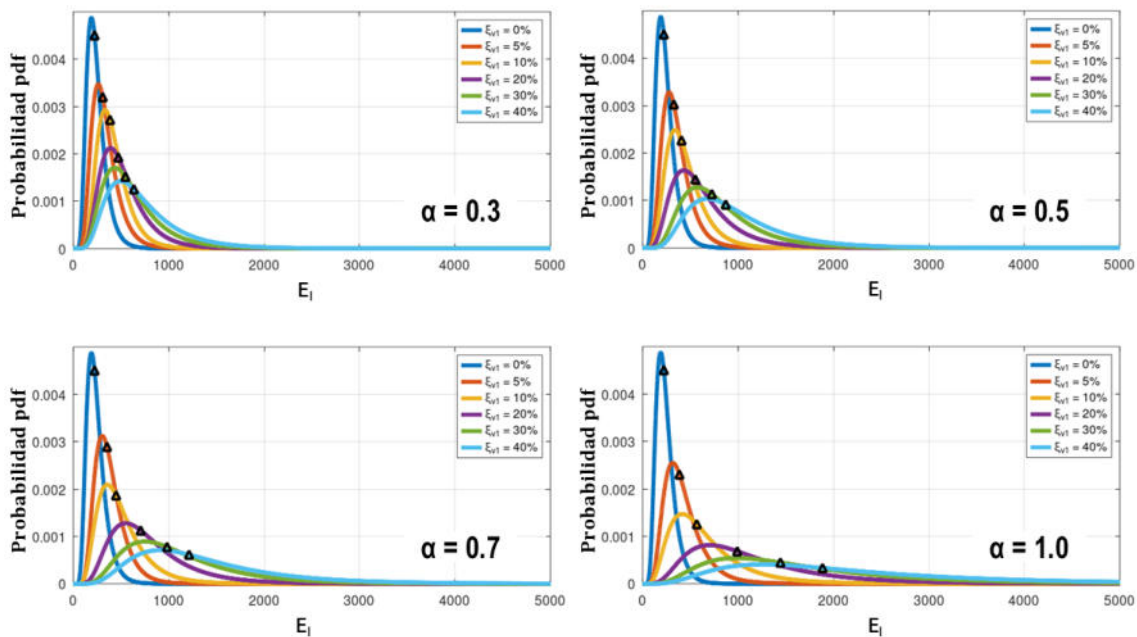


Figura 70

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando la entrada de energía E_I

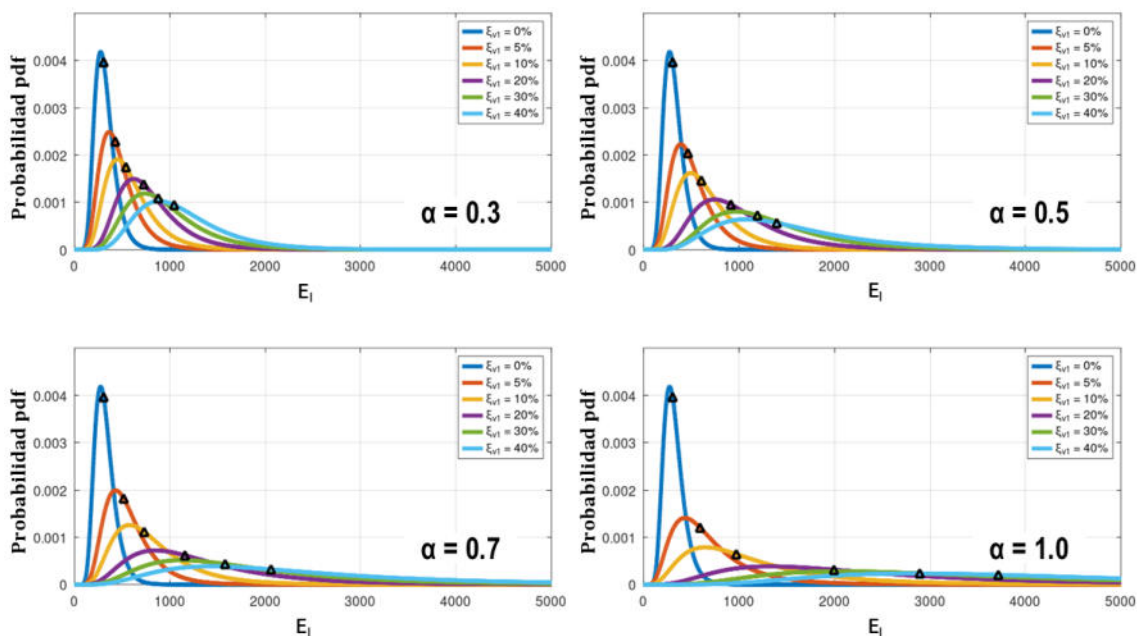
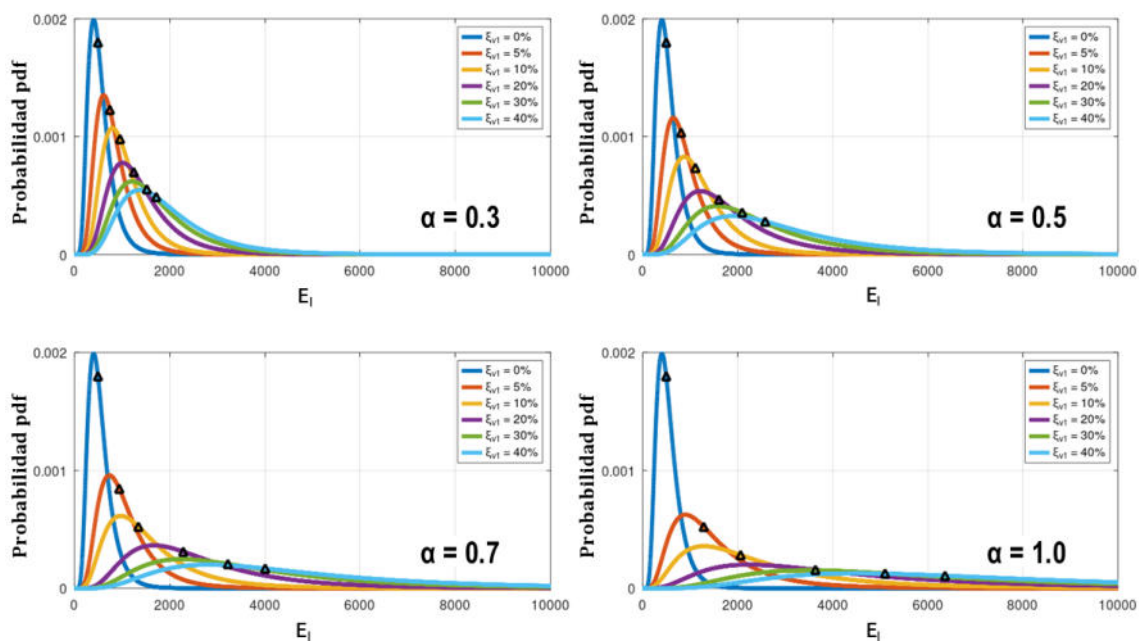


Figura 71

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando la entrada de energía E_I

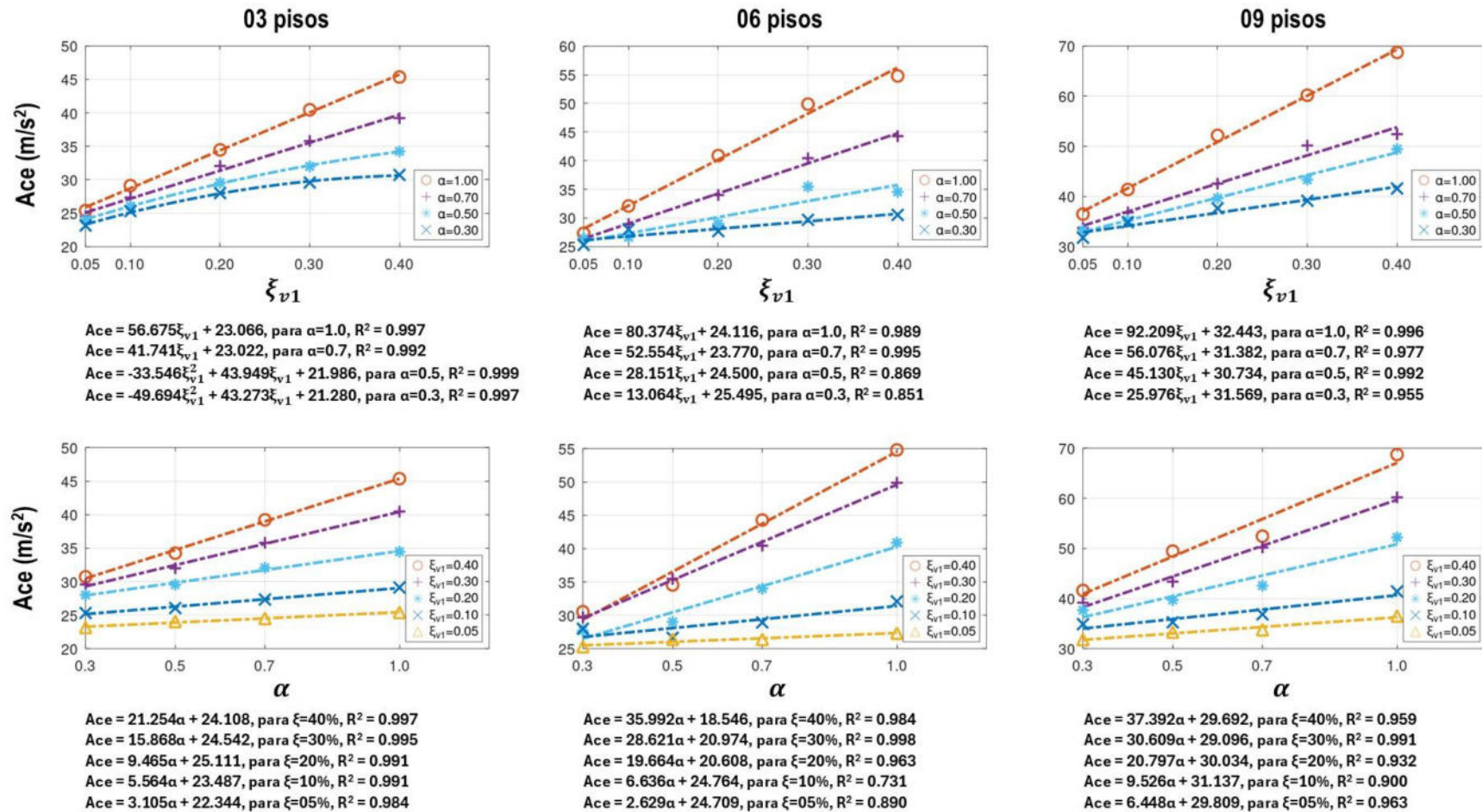


4.4.7. Capacidad al colapso considerando la aceleración de piso como medida de daño

Como se ilustra en la Figura 72, se puede predecir la aceleración de piso en función de ξ_{V1} y α . Algunas curvas se ajustan con polinomios de segundo grado, mientras que otras utilizan regresiones lineales.

Figura 72

Regresión simple para pronosticar las aceleraciones de piso variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

la Figura 73 muestra los resultados del estudio de la variación de los indicadores con todos los prototipos. Para evaluar las regresiones lineales se seleccionó la mediana de las aceleraciones, *Acel*. El análisis de cada indicador individual muestra que estos son adecuados. Para la regresión completa el p-valor es cercano a cero y el coeficiente de determinación es menor a 0.86.

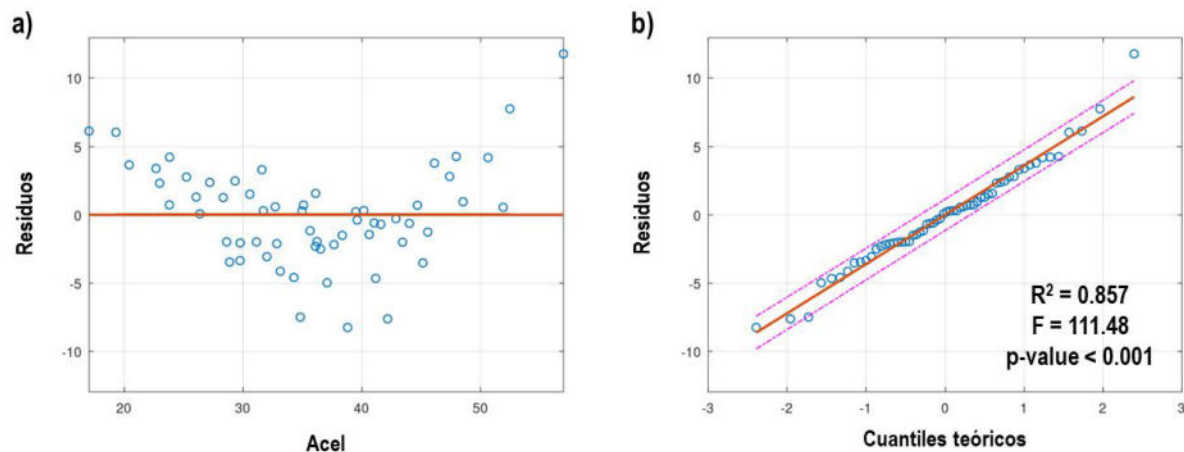
En la Ecuación 50 se muestra la ecuación obtenida de la regresión múltiple desarrollada, considerando los indicadores de la variable independiente (ξ_{v1} , α y M).

$$[Ace]_{P03,06,09} = 3.89 + 45.2\xi_{v1} + 16.9\alpha + 0.108M \quad (50)$$

En las Figuras 74 a 76 se presentan los ajustes lognormales que facilitan la obtención de un modelo para estudiar la capacidad al nivel de colapso. En las figuras, se indican con triángulos negros las medianas de aceleraciones para cada variación.

Figura 73

Regresión múltiple para pronosticar la aceleración de piso empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + masa$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	3.89	1.88	0.134	7.65	2.07	.043
xhi	45.2	3.77	37.6	52.7	12.00	<.001
alfa	16.9	1.86	13.2	20.6	9.07	<.001
masa	0.108	0.0104	0.0876	0.129	10.41	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	2007.5	1	2007.5	0.720	143.90	<.001
alfa	1146.6	1	1146.6	0.595	82.19	<.001
masa	1511.6	1	1511.6	0.659	108.35	<.001
Error	781.25	56	13.951			
Total	5447.1	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Figura 74

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando las aceleraciones de piso

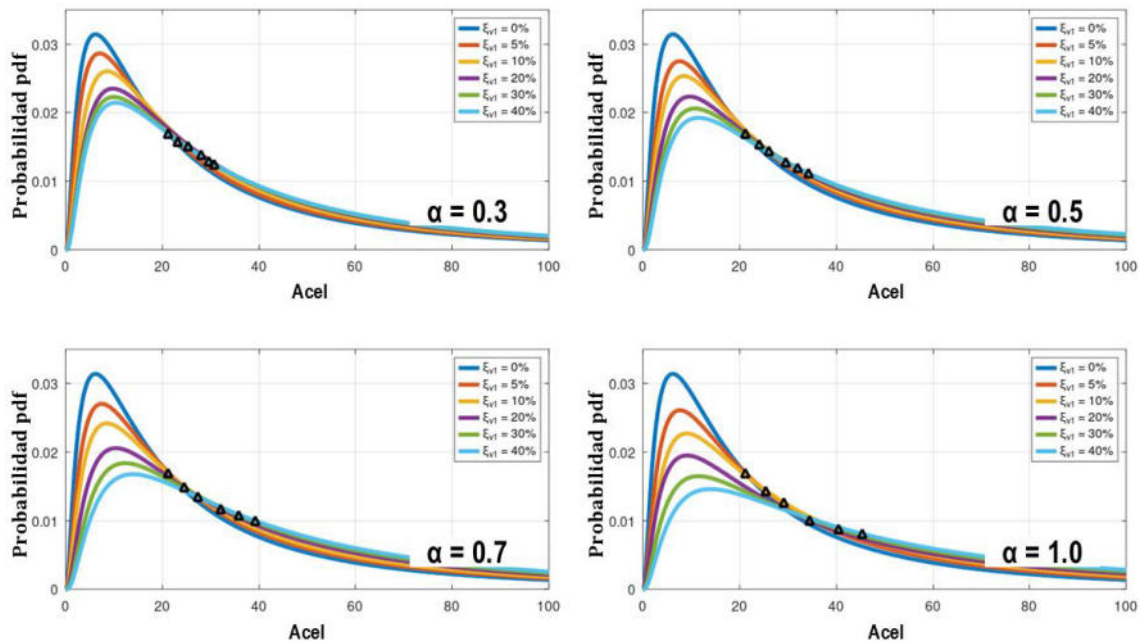


Figura 75

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando las aceleraciones de piso

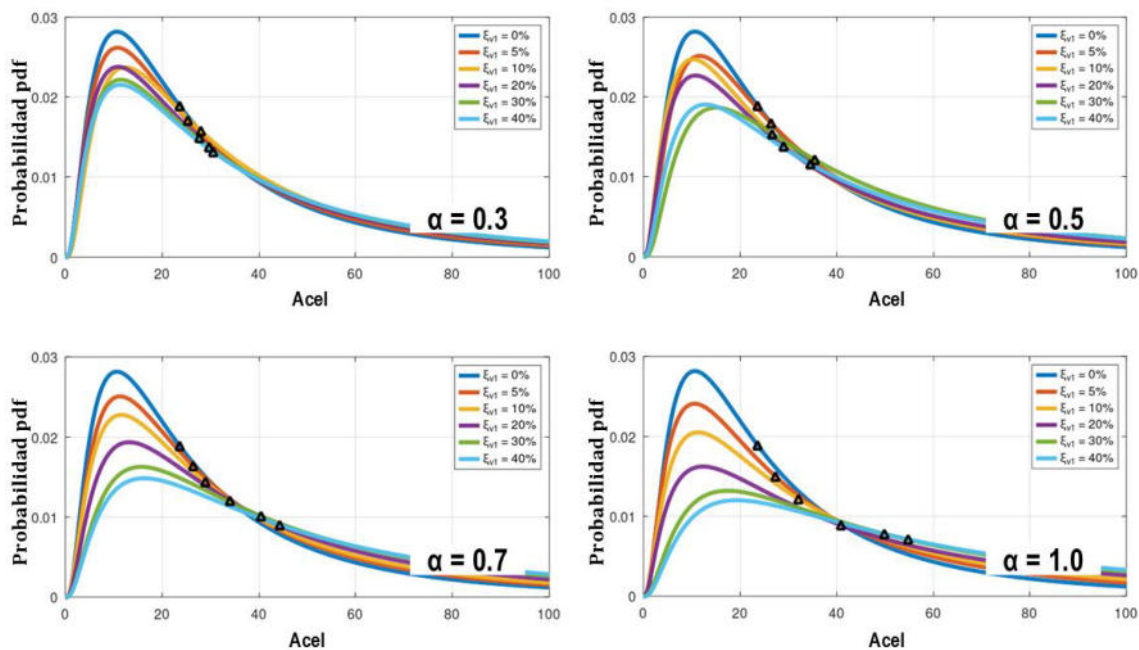
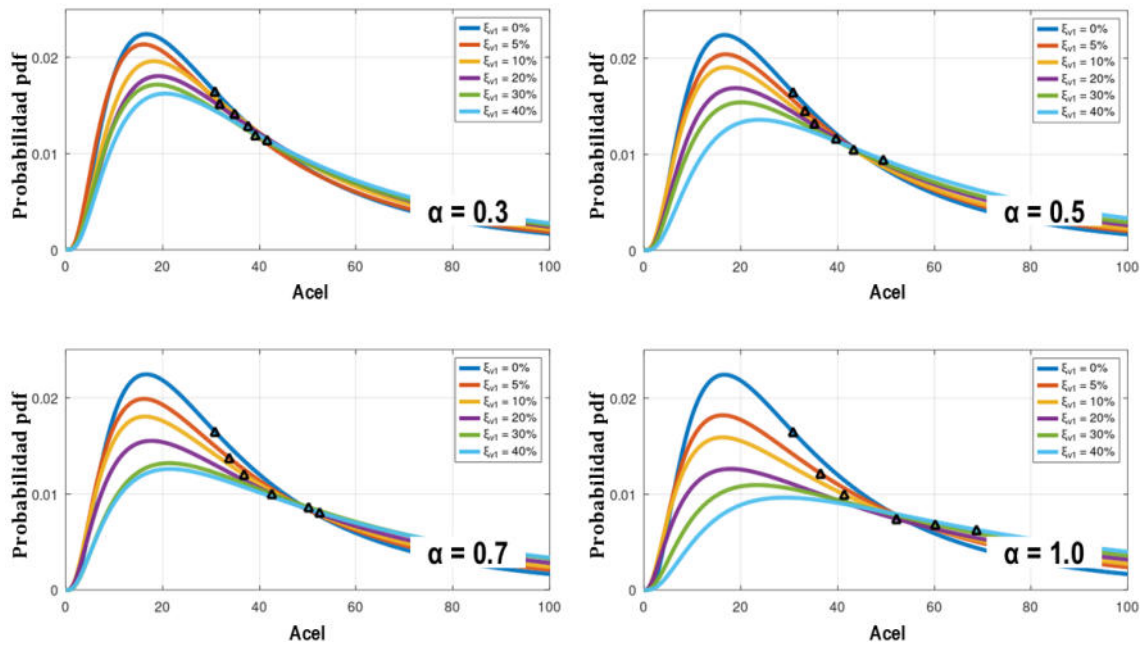


Figura 76

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando las aceleraciones de piso

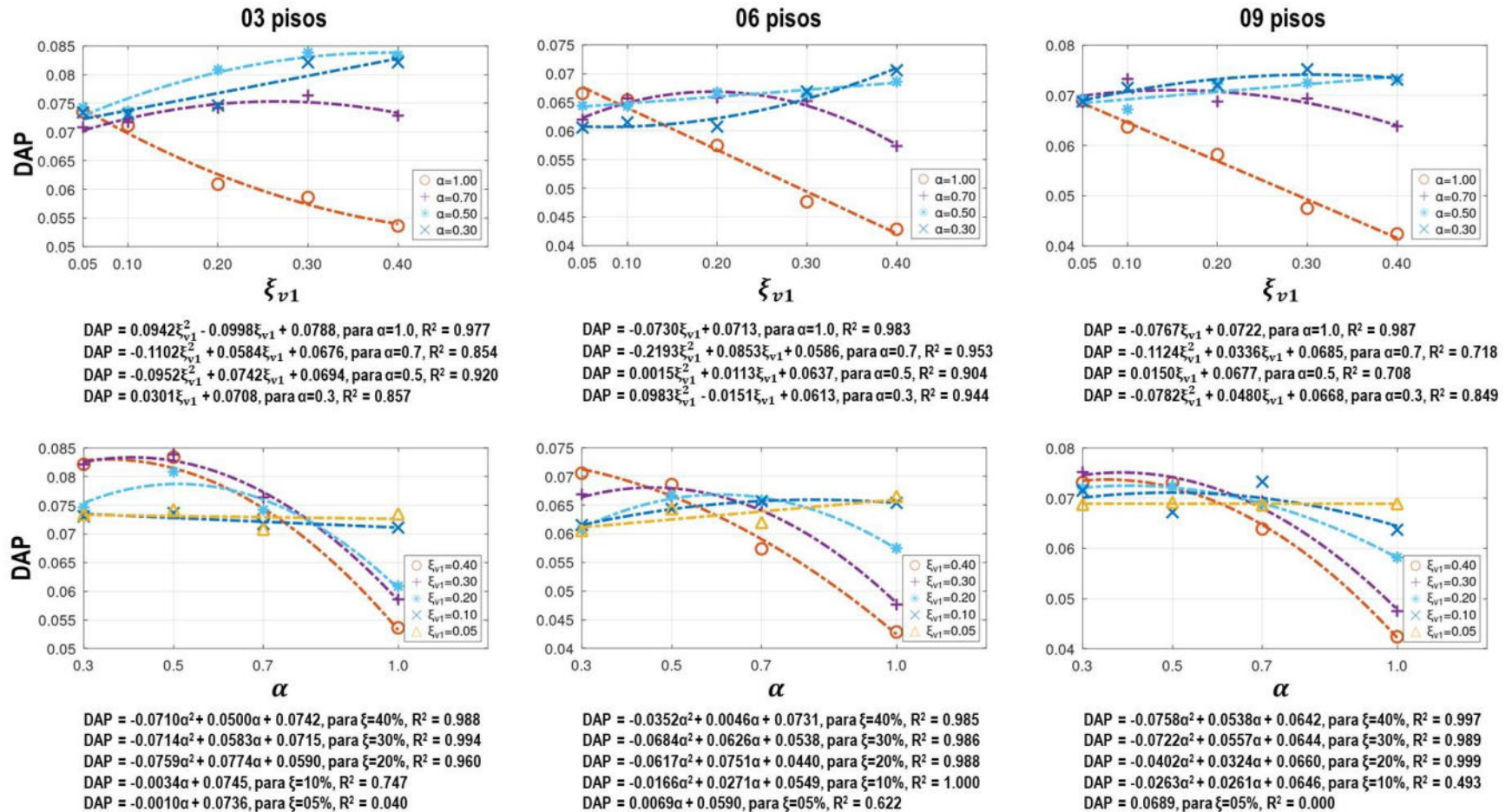


4.4.8. Capacidad al colapso considerando la distorsión de piso como medida de daño

En la Figura 77 se muestra cómo, mediante regresiones simples, es posible prever la distorsión angular de piso considerando tanto ξ_{v1} como α , agrupando los prototipos por altura. Algunas curvas se modelan con polinomios de segundo grado y otras con regresiones lineales.

Figura 77

Regresión simple para pronosticar las distorsiones de piso variando las relaciones de amortiguamiento y los exponentes de velocidad



Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

De manera similar al análisis realizado para el IMC y el resto de los indicadores, la Figura 78 presenta los resultados del análisis considerando la variación de los indicadores con todos los prototipos. En el análisis de la regresión lineal, se utilizó la mediana de las distorsiones angulares de piso, DAP . Al igual que para el IMC, se tuvo que incluir el periodo estructural, T_1 , para obtener un coeficiente de determinación adecuado para que la regresión sea suficientemente precisa (con p-valores para la regresión completa e indicadores cercanos a cero),

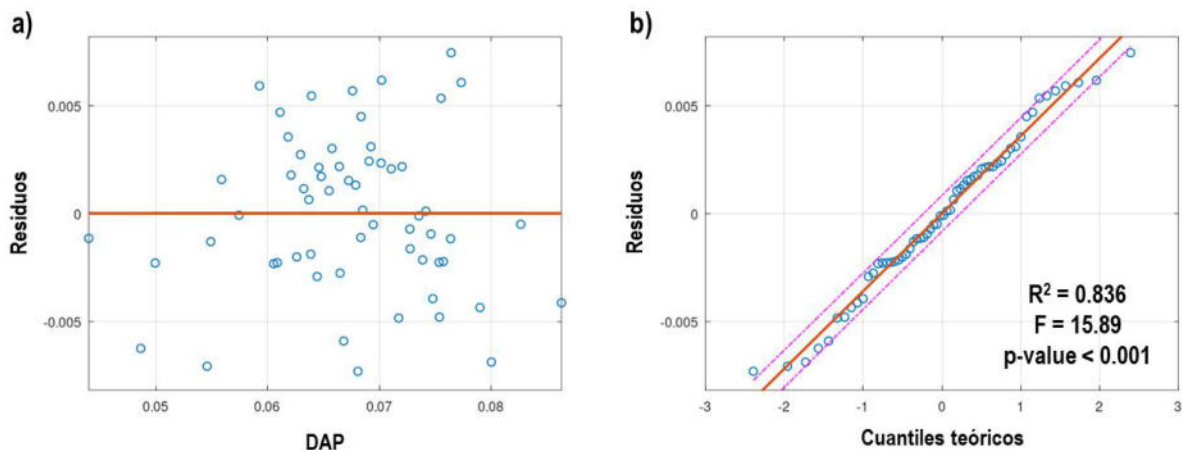
La Ecuación 51 presenta la ecuación derivada de la regresión múltiple, utilizando como variables independientes a ξ_{v1} , α y M .

$$\begin{aligned}
 [DAP]_{P03,06,09} = & 0.116 + 0.078\xi_{v1} + 0.010\alpha + 0.0005M - 0.078T_1 \\
 & - 0.137\xi_{v1} \times \alpha
 \end{aligned}
 \tag{51}$$

En las Figuras 79 a 81 se presentan los ajustes lognormales que permiten analizar la capacidad de colapso utilizando una distribución de densidad de probabilidad. En estas figuras, las medianas de las distorsiones de piso se representan con triángulos negros.

Figura 78

Regresión múltiple para pronosticar la distorsión angular de piso empleando las variaciones de relaciones de amortiguamiento, exponentes de velocidad y las masas



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + masa + periodo + xhi:alfa$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	0.116	0.0067	0.102	0.129	17.25	<.001
xhi	0.0776	0.00996	0.0576	0.0976	7.79	<.001
alfa	0.00999	0.00362	0.00273	0.0173	2.76	.008
masa	0.000481	7.09e-05	0.000339	0.000623	6.78	<.001
periodo	-0.0777	0.0102	-0.0981	-0.0572	-7.62	<.001
xhi:alfa	-0.137	0.0147	-0.167	-0.108	-9.31	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	0.00086577	1	0.00086577	0.529	60.67	<.001
alfa	0.00010855	1	0.00010855	0.123	7.61	.008
masa	0.00065562	1	0.00065562	0.460	45.94	<.001
periodo	0.00082895	1	0.00082895	0.518	58.09	<.001
xhi:alfa	0.0012356	1	0.0012356	0.616	86.59	<.001
Error	0.00077059	54	1.427e-05			
Total	0.0046873	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

Figura 79

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 03 pisos, considerando las distorsiones angulares de piso

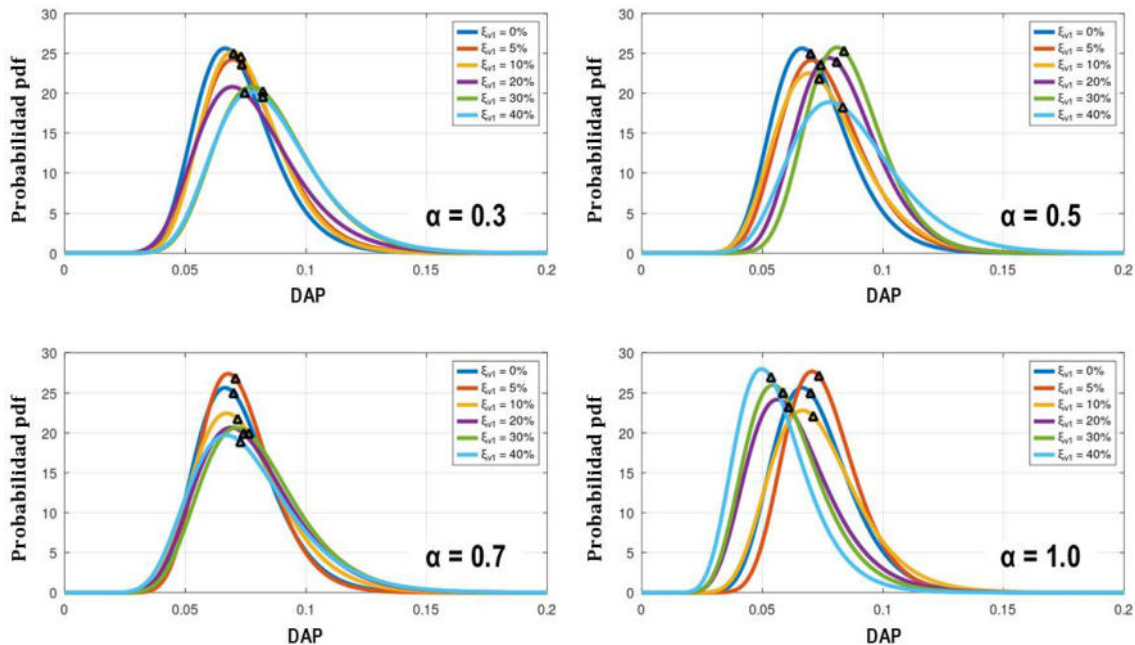


Figura 80

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 06 pisos, considerando las distorsiones angulares de piso

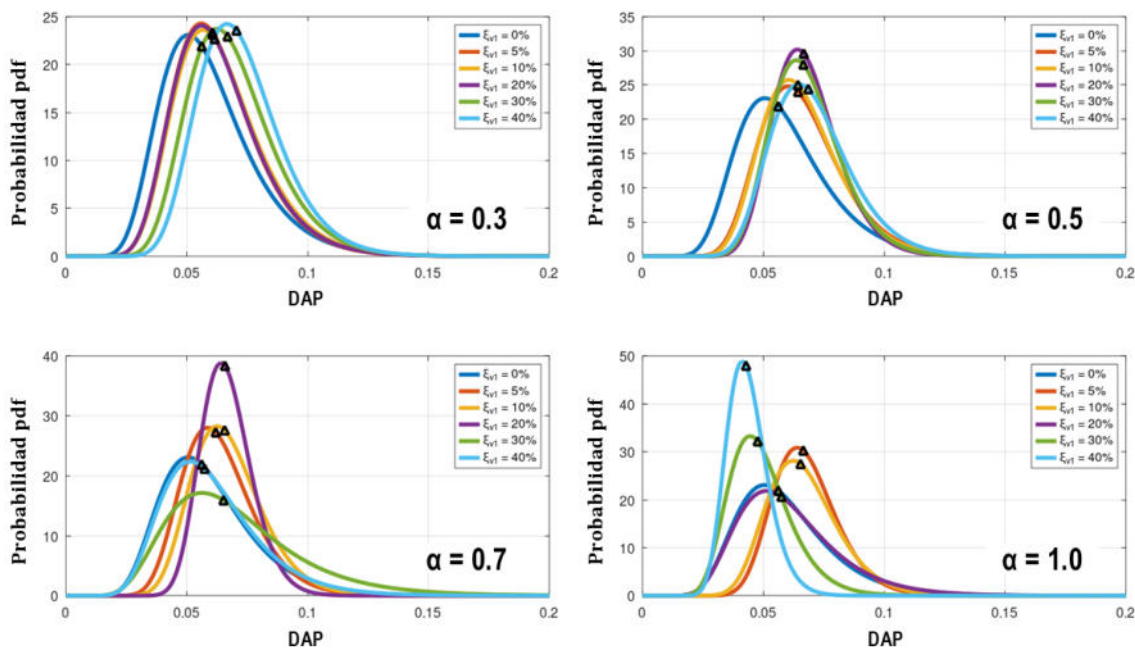
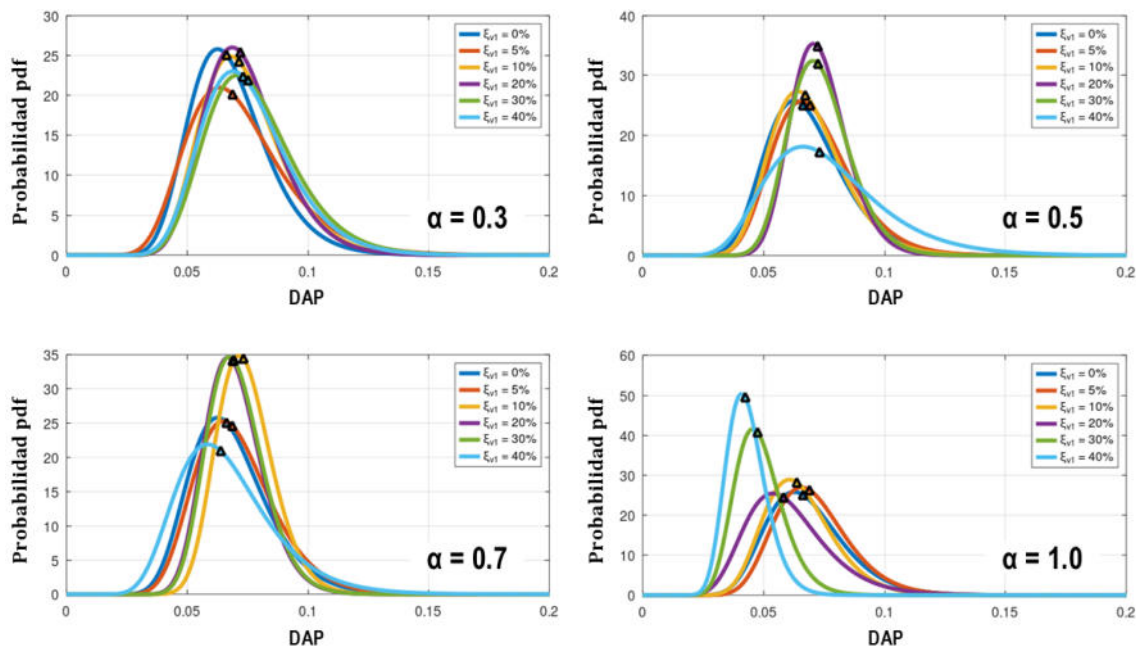


Figura 81

Capacidad al colapso con ajuste lognormal para el prototipo de 09 pisos, considerando las distorsiones angulares de piso



4.4.9. Desplazamiento inelástico máximo en el techo con respecto a la entrada de energía

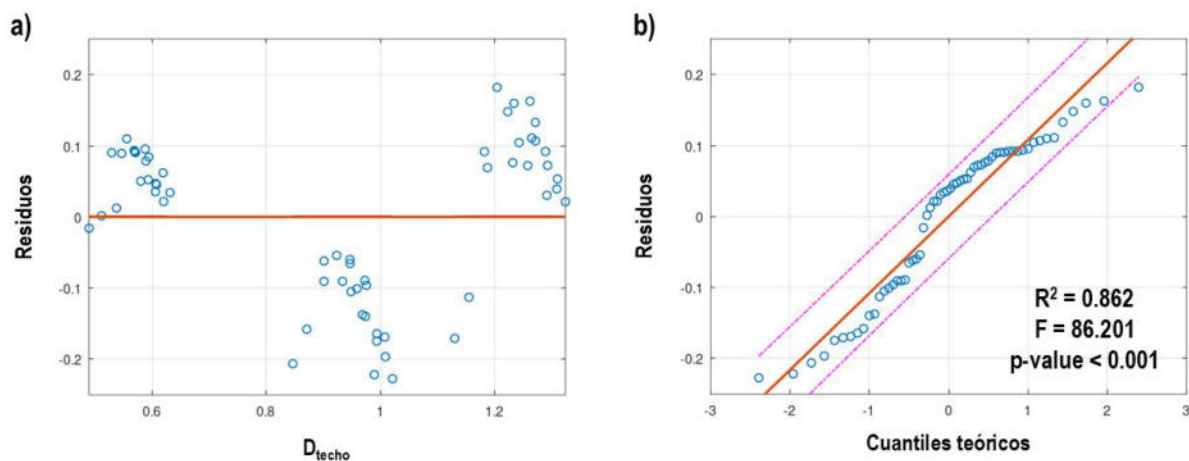
El desplazamiento inelástico en el techo, aunque no se incluye entre los indicadores principales del estudio, es un parámetro que los métodos basados en energía también buscan evaluar para obtener una visión más completa del comportamiento estructural. Se recomienda analizar este desplazamiento en función de la entrada de energía, ya que esta puede definirse como un parámetro de entrada derivado del espectro de velocidades (Akiyama, 2008; Benavent et al., 2021; Proietti et al., 2023), utilizando las Ecuaciones 17 y 18 presentadas en la Sección 2.2.3. Se realizaron regresiones simples para predecir el desplazamiento máximo en el techo considerando únicamente ξ_{V1} y α , como en los otros indicadores, pero los ajustes no fueron satisfactorios, incluso al aplicar ajustes cuadráticos.

En la Figura 82 se presenta la regresión múltiple realizada. La masa no se incluyó en el análisis, ya que su incorporación disminuye el coeficiente de correlación. La Ecuación 52 muestra la expresión obtenida a partir de dicha regresión múltiple.

$$[D_{techo}]_{P03,06,09} = 0.214 - 1.92\xi_{v1} - 0.747\alpha + 0.192E_l^{0.3} \quad (52)$$

Figura 82

Regresión múltiple para pronosticar el desplazamiento inelástico máximo en el techo



MODEL FORMULA (based on Wilkinson's notation):

$Y \sim 1 + xhi + alfa + Ei^{0.3}$

MODEL PARAMETERS (contrasts for the fixed effects)

Parameter	Estimate	SE	Lower.CI	Upper.CI	t	Prob> t
(Intercept)	0.214	0.109	-0.00422	0.433	1.96	.054
xhi	-1.92	0.245	-2.41	-1.43	-7.83	<.001
alfa	-0.747	0.109	-0.966	-0.527	-6.83	<.001
Ei ^{0.3}	0.192	0.0187	0.154	0.229	10.22	<.001

ANOVA TABLE (Type II sums-of-squares):

Source	Sum Sq.	d.f.	Mean Sq.	R Sq.	F	Prob>F
xhi	2.0132	1	2.0132	0.523	61.33	<.001
alfa	1.5297	1	1.5297	0.454	46.60	<.001
Ei ^{0.3}	3.4295	1	3.4295	0.651	104.47	<.001
Error	1.8384	56	0.032828			
Total	5.3836	59				

Nota. Adaptado de los resultados obtenidos con el paquete de estadística del programa Octave, por Eaton (2024).

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este trabajo emplea una metodología centrada en la metodología basada en energía, aplicado para el análisis y diseño de estructuras ante sismos. Se examinan parámetros ingenieriles cruciales como las aceleraciones y distorsiones de los pisos, así como la energía disipada tanto en la estructura principal como en los amortiguadores, en relación con la energía ingresada al sistema. Esto permite una mejor comprensión del comportamiento ante cargas sísmicas, dada la naturaleza de este fenómeno, lo cual está respaldado por otras investigaciones. Por ejemplo, Alici y Sucuoğlu (2023) proponen un método para predecir la distribución de la energía histerética en estructuras con pórticos, simplificando el cálculo mediante un análisis de valores propios; este método es respaldado por Bañuelos et al. (2023), quienes presentan un procedimiento de diseño sísmico que equilibra la disipación de energía mediante amortiguadores viscosos, logrando así una distribución de daños más precisa y reduciendo el tamaño de los dispositivos entre un 10% y un 20%. En una crítica a los métodos tradicionales, Çalim et al. (2023) sugieren que los enfoques, centrados en fuerzas y desplazamientos, no capturan adecuadamente la duración y frecuencia de los sismos, proponiendo en cambio un enfoque que evalúa la energía sísmica en pórticos de múltiples grados de libertad. Complementando esta perspectiva, Cheng et al. (2023) desarrollan modelos empíricos que correlacionan la entrada de energía espectral con la aceleración espectral, lo que mejora la predicción de la respuesta estructural. Por su parte, Güllü et al. (2023) se centran en estimar la energía sísmica en edificios con pórticos resistentes a momentos, proponiendo un método práctico que evita realizar análisis no lineales. Además, Proietti et al. (2023) presentan un método de diseño que integra desplazamiento y energía, optimizando así la estimación del desplazamiento máximo. Tropea et al. (2023) introducen un nuevo índice de daño que combina energía interna y potencia interna, lo que facilita análisis más exhaustivos. Zhou et al. (2022b) demuestran que los amortiguadores pueden incrementar significativamente la capacidad de

colapso de los edificios analizando la energía, mientras que Zhou et al. (2022a) examinan la relación entre energía plástica y disipada, sugiriendo mejoras para evaluar la distribución de energía. Finalmente, Meigooni y Mollaioli (2021) analizan criterios de colapso basados en energía, mostrando que estos enfoques pueden optimizar tanto la predicción del colapso como la eficiencia de la energía disipada en estructuras.

La efectividad de los amortiguadores sísmicos ha sido confirmada en este estudio, en línea con las investigaciones de varios autores. Por ejemplo, Arjmand et al. (2024) analizaron el mejoramiento de pórticos de concreto con amortiguadores viscosos no lineales y encontraron que su implementación no solo reduce significativamente los costos de rehabilitación, sino que también mantiene los índices de daño estructural dentro de niveles aceptables. Asimismo, Chalarca et al. (2024) subrayan la importancia de evaluar las pérdidas económicas que generan los eventos sísmicos en edificios de acero, destacando que factores como el amortiguamiento adicional y el exponente de velocidad influyen considerablemente en la respuesta sísmica, afectando los desplazamientos y aceleraciones en los pisos. En un enfoque más detallado, Dai et al. (2024) validan la efectividad de los amortiguadores viscosos en la reducción de efectos adversos en pórticos de acero ante la duración de los movimientos sísmicos. Por su parte, Guo et al. (2024) se centran en la optimización del diseño estructural a partir de un enfoque que considera los desplazamientos. Raval y Mevada (2024) investigan la eficacia de los amortiguadores en edificios de 25 pisos y concluyen que la optimización de los coeficientes de amortiguamiento mejora significativamente la seguridad estructural. Bañuelos et al. (2023) presentan un procedimiento de diseño que combina la disipación de energía a través de amortiguadores con deformaciones inelásticas, logrando así una distribución de daños más eficiente y reduciendo el tamaño de los dispositivos. Hu et al. (2023) validan el uso de amortiguadores viscosos en pórticos con arriostres autocentrantes, obteniendo una disminución de las aceleraciones en diferentes movimientos del terreno, mientras que Mehmandousti y

Jalaeefar (2023) subrayan que estos dispositivos ayudan a reducir tanto los desplazamientos como las fuerzas cortantes en la base. Sebaq et al. (2023) concluyen que el uso de amortiguadores con fluido viscoso contribuye a disminuir significativamente los índices de daño estructural. Sharma et al. (2023) optimizan la ubicación de estos dispositivos, logrando considerables reducciones en los desplazamientos, y Li et al. (2022) abordan la incertidumbre en la optimización de su distribución, sugiriendo que una adecuada colocación puede mejorar la resiliencia estructural. Sin embargo, Lin (2022) señala que los sismos impulsivos pueden causar daños severos a las estructuras, destacando el papel crucial de los amortiguadores viscosos en la mitigación de vibraciones, aunque en ciertos casos las distorsiones pueden exceder los límites normativos, lo que conlleva riesgos de fallas locales. Zhou et al. (2022b) verifican que el uso de amortiguadores incrementa la capacidad de colapso en edificios de acero, y su análisis energético indica que un mayor aumento en la tasa de amortiguamiento reduce las distorsiones angulares, aunque un incremento excesivo en edificaciones altas no es beneficioso. De Domenico y Hajirasouliha (2021) proponen un método de optimización con amortiguadores viscosos no lineales, logrando disminuciones en la rotación plástica máxima y el índice global de daño, mientras que Toledo (2021) examina edificios de concreto armado, encontrando que la energía histerética disipada es comparable entre componentes estructurales y disipadores. Siami y Tehrani (2021) comparan sistemas de protección pasiva y concluyen que los amortiguadores no lineales resultan ser más efectivos. Por último, Scozzese et al. (2021) estudian factores de seguridad en edificios con amortiguadores, monitoreando los valores máximos de los parámetros de fabricación, concluyendo que la implementación de estos dispositivos representa una estrategia prometedora, aunque debe ser considerada cuidadosamente para maximizar su efectividad y minimizar riesgos.

A continuación, se exponen y examinan los resultados asociados a cada uno de los indicadores utilizados en este estudio.

5.1. Demanda al colapso considerando el IMC como intensidad

Normativas como las del ASCE (2022) establecen límites claros sobre la probabilidad de colapso condicional que los edificios deben cumplir bajo eventos SMC, con el IMC siendo el parámetro clave para evaluar su desempeño sísmico. Este enfoque contempla que los edificios convencionales, importantes y especiales mantengan probabilidades condicionales de colapso del 10%, 5% y 2.5%, respectivamente, derivadas de curvas de fragilidad de colapso con desviaciones estándar logarítmicas de 0.6. La Tabla 19 ilustra los valores aceptables del IMC conforme a este criterio (la misma presentada como Tabla 1).

Tabla 19

Valores de aceptabilidad del IMC

Incertidumbre total	Probabilidad condicional de colapso aceptable del IMC a evaluar					
	2.5%	5.0%	10%	15%	20%	25%
0.30	1.82	1.64	1.47	1.36	1.29	1.22
0.35	2.00	1.78	1.57	1.44	1.34	1.27
0.40	2.21	1.93	1.67	1.48	1.37	1.29
0.45	2.43	2.10	1.84	1.64	1.49	1.38
0.50	2.66	2.28	1.90	1.68	1.52	1.40
0.55	2.90	2.47	2.02	1.77	1.59	1.45
0.60	3.18	2.68	2.16	1.86	1.66	1.50
0.65	3.49	2.91	2.30	1.96	1.73	1.55
0.70	3.82	3.16	2.45	2.07	1.80	1.60

Nota. Adaptado de *Quantification of Building Seismic Performance Factors*, por el FEMA (2009).

En las curvas IDA de la Figura 36, los prototipos sin amortiguadores de 3, 6 y 9 pisos presentan valores de IMC de 2.80, 2.60 y 2.60, respectivamente, lo que sugiere que un IMC de 2.60 es adecuado para edificios de 6 y 9 pisos. Los edificios de 3 pisos, con un IMC ligeramente mayor, se ven más afectados por las características de sus componentes estructurales, mientras que, en edificios más altos, las distorsiones dominan el comportamiento.

Los resultados del IMC de los prototipos evaluados, tanto con cómo sin amortiguadores, muestran incrementos al utilizar estos dispositivos. Para edificios de 3 pisos, según la Figura 47, el IMC aumenta entre 1.14 y 2.21 veces con valores entre 3.20 y 6.20, dependiendo del nivel de ξ_{v1} y α . Los amortiguadores lineales ($\alpha = 1.0$) proporcionan los mayores aumentos, con IMC entre 3.50 y 6.20, luego entre 3.20 y 5.40 para $\alpha = 0.7$, con 3.20 y 4.90 para $\alpha = 0.5$, y 3.20 y 4.30 para $\alpha = 0.3$.

Para los edificios de 6 y 9 pisos, el comportamiento sigue patrones similares, con incrementos del IMC de entre 1.08 y 2.46 veces, siendo nuevamente los amortiguadores lineales los que aportan mayor eficacia en la reducción del riesgo de colapso.

Específicamente, los edificios de 6 pisos presentan un IMC que varía de 2.80 a 5.80, mientras que los de 9 pisos varían de 3.00 a 6.40, según las Figuras 48 y 49, respectivamente. En ambos casos, el comportamiento depende de los niveles de ξ_{v1} y α . Para los prototipos de 6 pisos, el aumento del IMC va entre 3.40 y 5.8 para un $\alpha = 1.0$, entre 3.10 y 5.20 para $\alpha = 0.7$, entre 3.00 y 4.40 para $\alpha = 0.5$, y 2.80 y 4.00 para $\alpha = 0.3$. En el caso de los prototipos de 9 pisos, se observan rangos de 3.80 a 6.40 ($\alpha = 1.0$), 3.40 a 5.70 ($\alpha = 0.7$), 3.20 a 5.00 ($\alpha = 0.5$), y 3.00 a 4.20 ($\alpha = 0.3$).

El estudio también resalta la influencia de la energía histerética estructural y cómo esta se ve afectada por las propiedades dinámicas del sistema, como el periodo fundamental y la masa. Los resultados muestran que la energía histerética varía con estos parámetros, lo que permite describir el comportamiento estructural mediante velocidades equivalentes, como sugieren autores como Akiyama (2002).

En particular, los dispositivos no lineales, con valores de α menores a 1.0, logran incrementos menores en el IMC, lo que confirma que los sistemas lineales resultan más efectivos para mejorar el desempeño sísmico. Asimismo, el IMC disminuye cuando se reduce la relación de amortiguamiento suplementario.

Los resultados alcanzados concuerdan con investigaciones previas. Arjmand et al. (2024) demuestran que la incorporación de amortiguadores viscosos no lineales reduce considerablemente los índices de daño, logrando disminuciones del 25.2%, 33.4% y 30.4% en el daño estructural al utilizar cuatro, seis y ocho dispositivos, respectivamente. Chalarca et al. (2024) observan que, aunque los edificios de acero con pórticos resistentes a momento no alcanzan los niveles óptimos, añadir amortiguadores incrementa el IMC en un 4% para estructuras de 3 pisos, y hasta un 5.7% y 2.7% en las de 6 y 9 pisos, con un desempeño superior en dispositivos lineales. En cuanto a la duración de los movimientos sísmicos, Dai et al. (2024) encuentran que los amortiguadores viscosos ayudan a reducir la discrepancia en la capacidad de colapso entre sismos de larga y corta duración a menos del 20%. Guo et al. (2024) reportan un aumento del 35.65% en la capacidad de absorción de energía gracias a estos dispositivos, lo que mejora la capacidad de colapso y minimiza los desplazamientos entre pisos durante terremotos severos. Además, Sebaq et al. (2023) afirman que estos dispositivos logran reducir notablemente los índices de daño, gracias a su influencia en la resistencia a las deformaciones. Zhou et al. (2022b) encuentran que el IMC de edificios de 3 y 9 pisos varía entre 1.6 y 2.6, y con aumentos en el amortiguamiento, el IMC para edificios de 3 pisos puede llegar de 2.2 a 3.2. Sin embargo, la efectividad de los amortiguadores puede decrecer en sismos de alta magnitud, como señala Miao et al. (2022), sugiriendo un refuerzo de las columnas críticas. Por último, Scozzese et al. (2021) advierten sobre el comportamiento frágil de los amortiguadores en condiciones extremas, destacando la importancia de usar factores de amplificación para minimizar las probabilidades de falla.

La Tabla 20 muestra un resumen de los valores de IMC obtenidos a partir del análisis IDA, junto con los predichos mediante las ecuaciones de la Figura 45, dependiendo de si se utilizan ξ_{v1} o α como indicadores de entrada, o si se aplica la Ecuación 46, que también incluye la masa y T_1 . La mayoría de los valores de IMC presentan una variación menor al 5%, lo que

sugiere que las tendencias y métodos propuestos generan resultados precisos, adecuados para ser considerados en un diseño preliminar.

Tabla 20

Predicción del IMC

ξ_{v1}	α	Masa	T_1	Pisos	IMC	Figura 45, ξ_{v1}	Figura 45, α	Ecuación 46
0.05	0.30	53.54	0.935	3	3.20	3.19	3.14	2.80
0.05	0.50	53.54	0.935	3	3.20	3.23	3.22	3.17
0.05	0.70	53.54	0.935	3	3.20	3.26	3.31	3.55
0.05	1.00	53.54	0.935	3	3.50	3.50	3.43	4.11
0.10	0.30	53.54	0.935	3	3.40	3.41	3.42	3.06
0.10	0.50	53.54	0.935	3	3.60	3.57	3.59	3.44
0.10	0.70	53.54	0.935	3	3.80	3.70	3.76	3.81
0.10	1.00	53.54	0.935	3	4.00	4.00	4.02	4.38
0.20	0.30	53.54	0.935	3	3.80	3.80	3.83	3.60
0.20	0.50	53.54	0.935	3	4.20	4.15	4.13	3.97
0.20	0.70	53.54	0.935	3	4.40	4.44	4.44	4.35
0.20	1.00	53.54	0.935	3	4.90	4.89	4.90	4.91
0.30	0.30	53.54	0.935	3	4.10	4.09	4.10	4.13
0.30	0.50	53.54	0.935	3	4.50	4.58	4.53	4.51
0.30	0.70	53.54	0.935	3	5.00	5.01	4.96	4.88
0.30	1.00	53.54	0.935	3	5.60	5.62	5.61	5.44
0.40	0.30	53.54	0.935	3	4.30	4.30	4.33	4.66
0.40	0.50	53.54	0.935	3	4.90	4.87	4.86	5.04
0.40	0.70	53.54	0.935	3	5.40	5.39	5.40	5.41
0.40	1.00	53.54	0.935	3	6.20	6.19	6.21	5.98
0.05	0.30	108.36	1.415	6	2.80	2.85	2.80	2.60
0.05	0.50	108.36	1.415	6	3.00	3.03	2.97	2.97
0.05	0.70	108.36	1.415	6	3.10	3.14	3.14	3.35
0.05	1.00	108.36	1.415	6	3.40	3.35	3.39	3.91
0.10	0.30	108.36	1.415	6	3.20	3.11	3.18	2.86
0.10	0.50	108.36	1.415	6	3.40	3.36	3.41	3.24
0.10	0.70	108.36	1.415	6	3.60	3.55	3.64	3.61
0.10	1.00	108.36	1.415	6	4.00	4.06	3.98	4.18
0.20	0.30	108.36	1.415	6	3.50	3.53	3.46	3.40
0.20	0.50	108.36	1.415	6	3.90	3.89	3.92	3.77
0.20	0.70	108.36	1.415	6	4.30	4.25	4.37	4.15
0.20	1.00	108.36	1.415	6	5.10	5.13	5.06	4.71
0.30	0.30	108.36	1.415	6	3.80	3.82	3.69	3.93
0.30	0.50	108.36	1.415	6	4.20	4.23	4.27	4.31
0.30	0.70	108.36	1.415	6	4.70	4.79	4.84	4.68
0.30	1.00	108.36	1.415	6	5.80	5.72	5.70	5.24
0.40	0.30	108.36	1.415	6	4.00	3.99	3.98	4.46
0.40	0.50	108.36	1.415	6	4.40	4.39	4.52	4.84
0.40	0.70	108.36	1.415	6	5.20	5.17	5.05	5.21

0.40	1.00	108.36	1.415	6	5.80	5.83	5.85	5.78
0.05	0.30	166.88	1.717	9	3.00	3.05	2.98	2.91
0.05	0.50	166.88	1.717	9	3.20	3.22	3.21	3.28
0.05	0.70	166.88	1.717	9	3.40	3.39	3.44	3.66
0.05	1.00	166.88	1.717	9	3.80	3.84	3.78	4.22
0.10	0.30	166.88	1.717	9	3.40	3.31	3.34	3.17
0.10	0.50	166.88	1.717	9	3.60	3.57	3.62	3.55
0.10	0.70	166.88	1.717	9	3.80	3.82	3.91	3.92
0.10	1.00	166.88	1.717	9	4.40	4.38	4.33	4.49
0.20	0.30	166.88	1.717	9	3.70	3.73	3.69	3.71
0.20	0.50	166.88	1.717	9	4.20	4.18	4.17	4.08
0.20	0.70	166.88	1.717	9	4.60	4.58	4.66	4.46
0.20	1.00	166.88	1.717	9	5.40	5.29	5.38	5.02
0.30	0.30	166.88	1.717	9	4.00	4.02	4.06	4.24
0.30	0.50	166.88	1.717	9	4.60	4.65	4.58	4.62
0.30	0.70	166.88	1.717	9	5.20	5.21	5.09	4.99
0.30	1.00	166.88	1.717	9	5.80	5.94	5.87	5.55
0.40	0.30	166.88	1.717	9	4.20	4.19	4.31	4.77
0.40	0.50	166.88	1.717	9	5.00	4.98	4.93	5.15
0.40	0.70	166.88	1.717	9	5.70	5.70	5.56	5.52
0.40	1.00	166.88	1.717	9	6.40	6.35	6.50	6.09

Analizando las curvas de fragilidad al colapso en las Figuras 50 a 52 y las Tablas del Anexo E, es posible identificar los valores medianos que representan el IMC correspondiente a una probabilidad del 50%. Las desviaciones estándar de los valores logarítmicos presentan similitudes, variando entre 0.32 y 0.38 para los prototipos de 3 pisos, entre 0.31 y 0.36 para los de 6 pisos, y entre 0.28 y 0.38 para los de 9 pisos. Por ello, se podría proponer un valor general de 0.40 como indicador de dispersión de los datos, útil para estudiar la variabilidad sísmica en función de la intensidad. En los prototipos que no cuentan con amortiguadores, los edificios de 3 pisos presentan una desviación estándar de 0.38, mientras que los de 6 y 9 pisos tienen un valor similar de 0.27. En cuanto al coeficiente de variación (cov) en los prototipos que cuentan con amortiguadores, los valores más bajos se obtienen con ξ_{V1} de 40% y un α de 1.0, alcanzando 0.17, 0.20 y 0.17 para los edificios de 3, 6 y 9 pisos, respectivamente, señalando una menor dispersión. En contraste, los valores más altos se presentan con ξ_{V1} de 5% y un α de 0.3, con 0.31, 0.32 y 0.27 para los edificios de 3, 6 y 9 pisos. Los prototipos sin

amortiguadores presentan valores de cov más elevados, siendo 0.37, 0.29 y 0.28 para los edificios de 3, 6 y 9 pisos, respectivamente.

5.2. Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía como medida de daño

Este estudio, enfocado en el análisis de la energía como indicador clave, propone utilizar relaciones para definir valores que permitan comprender su distribución y verificar el desempeño. Esta propuesta se basa en investigaciones previas, como el trabajo de Dai et al. (2024) que subrayan la efectividad de estos amortiguadores al absorber entre el 40% y el 60% de la energía de entrada en pórticos de acero de 3 a 9 pisos, variando según la intensidad sísmica. Guo et al. (2024) encuentran que los sistemas de amortiguadores modificados (AVD) superan a los convencionales en la absorción de energía, alcanzando un 25.65% y 21.56% más en terremotos raros, evidenciando una mejora en el rendimiento de entre el 20% y el 35% en comparación con estructuras sin estos dispositivos. Alici y Sucuoğlu (2023) introducen un método de evaluación que correlaciona eficazmente la energía de entrada y la disipada, logrando predecir la energía disipada en niveles estructurales específicos y mostrando una diferencia de 30% entre la energía interna y la disipada. Bañuelos et al. (2023) y Çalim et al. (2023) también destacan la importancia de los amortiguadores en la distribución de energía, sugiriendo que un enfoque basado en energía puede predecir de manera más efectiva las rótulas plásticas y mejorar el análisis sísmico, con una correlación alta entre las energías sísmicas elásticas e inelásticas. Hu et al. (2023) refuerzan esto al mostrar que los amortiguadores controlan las aceleraciones en pisos, mejorando la capacidad de absorción de energía. Además, Sebaq et al. (2023) observan que, en estructuras más bajas, la energía disipada es mayor, indicando una absorción más efectiva. Estos estudios indican que el uso de amortiguadores viscosos no solo mejora la prestación de las estructuras ante terremotos, sino que también optimiza la disipación de energía, mientras que Toledo (2021) señala la similitud en las energías disipadas por estructuras de concreto armado con distintos dispositivos.

5.2.1. Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/W_p como medida de daño

La Figura 53 revela tendencias de primer y segundo grado crecientes en el comportamiento de la relación de energía W_{D2}/W_p . Para los edificios de 3 pisos, los amortiguadores lineales exhiben relaciones que van desde 0.85 hasta 9.04. Estas cifras también varían según el parámetro α : con $\alpha = 0.7$, los valores oscilan entre 0.66 y 5.54; con $\alpha = 0.5$, entre 0.58 y 3.90; y con $\alpha = 0.3$, entre 0.51 y 2.79.

En el caso de los edificios de 6 pisos, la relación de energía con amortiguadores lineales también muestra una variabilidad, con valores que van de 1.38 a 11.27. Los valores correspondientes a $\alpha = 0.7$ se sitúan entre 0.99 y 7.13, mientras que con $\alpha = 0.5$, la relación varía de 0.81 a 4.89, y con $\alpha = 0.3$, se encuentra entre 0.66 y 3.26.

Para los edificios de 9 pisos, los amortiguadores lineales presentan aún mayores relaciones de energía que van desde 1.85 hasta 12.67. En caso de los dispositivos no lineales con $\alpha = 0.7$ mostrando relaciones entre 1.17 y 8.28, $\alpha = 0.5$ variando de 0.90 a 5.33, y $\alpha = 0.3$ mostrando relaciones de 0.69 a 3.44.

En todos los prototipos, los disipadores lineales suelen presentar relaciones de energía más altas en comparación con los disipadores no lineales. Esto indica que los amortiguadores lineales son más eficaces en la disipación de energía en comparación con los no lineales.

La Tabla 21 proporciona un resumen detallado de las relaciones de energía W_{D2}/W_p que se han obtenido a través del análisis IDA. Estos valores se derivan de las ecuaciones ilustradas en la Figura 53, las cuales están influenciadas por el parámetro ξ_{V1} y α , o bien por la Ecuación 47, que incorpora la masa de los edificios. La mayoría de los valores estimados en la tabla difieren en menos del 5% de los resultados calculados mediante el análisis. Esto sugiere que las ecuaciones empleadas para calcular la relación de energía son bastante consistentes y adecuadas para su uso en la predicción de estas relaciones.

Tabla 21*Predicción de las relaciones de energía W_{D2}/W_p*

ξ_{V1}	α	Masa	T_1	Pisos	W_{D2}/W_p	Figura 53, ξ_{V1}	Figura 53, α	Ecuación 47
0.05	0.30	53.54	0.935	3	0.509	0.583	0.493	0.855
0.05	0.50	53.54	0.935	3	0.583	0.622	0.590	0.729
0.05	0.70	53.54	0.935	3	0.659	0.647	0.686	0.602
0.05	1.00	53.54	0.935	3	0.848	0.715	0.831	0.413
0.10	0.30	53.54	0.935	3	0.925	0.908	0.875	1.046
0.10	0.50	53.54	0.935	3	1.105	1.095	1.134	1.218
0.10	0.70	53.54	0.935	3	1.327	1.350	1.394	1.390
0.10	1.00	53.54	0.935	3	1.829	1.898	1.782	1.648
0.20	0.30	53.54	0.935	3	1.642	1.558	1.641	1.427
0.20	0.50	53.54	0.935	3	2.087	2.040	2.089	2.196
0.20	0.70	53.54	0.935	3	2.745	2.754	2.744	2.965
0.20	1.00	53.54	0.935	3	4.116	4.265	4.116	4.118
0.30	0.30	53.54	0.935	3	2.253	2.208	2.245	1.809
0.30	0.50	53.54	0.935	3	2.995	2.985	3.018	3.175
0.30	0.70	53.54	0.935	3	4.204	4.159	4.185	4.540
0.30	1.00	53.54	0.935	3	6.672	6.632	6.676	6.589
0.40	0.30	53.54	0.935	3	2.789	2.858	2.791	2.191
0.40	0.50	53.54	0.935	3	3.901	3.930	3.894	4.153
0.40	0.70	53.54	0.935	3	5.538	5.563	5.544	6.116
0.40	1.00	53.54	0.935	3	9.045	8.999	9.044	9.060
0.05	0.30	108.36	1.415	6	0.657	0.768	0.622	0.641
0.05	0.50	108.36	1.415	6	0.807	0.876	0.828	0.874
0.05	0.70	108.36	1.415	6	0.989	1.026	1.035	1.107
0.05	1.00	108.36	1.415	6	1.378	1.479	1.345	1.457
0.10	0.30	108.36	1.415	6	1.168	1.137	1.062	0.960
0.10	0.50	108.36	1.415	6	1.482	1.459	1.553	1.492
0.10	0.70	108.36	1.415	6	1.913	1.904	2.043	2.024
0.10	1.00	108.36	1.415	6	2.874	2.909	2.779	2.821
0.20	0.30	108.36	1.415	6	1.994	1.875	1.998	1.599
0.20	0.50	108.36	1.415	6	2.690	2.624	2.678	2.727
0.20	0.70	108.36	1.415	6	3.688	3.660	3.699	3.856
0.20	1.00	108.36	1.415	6	5.870	5.771	5.868	5.549
0.30	0.30	108.36	1.415	6	2.665	2.613	2.669	2.237
0.30	0.50	108.36	1.415	6	3.829	3.788	3.819	3.962
0.30	0.70	108.36	1.415	6	5.462	5.417	5.471	5.688
0.30	1.00	108.36	1.415	6	8.892	8.632	8.890	8.276
0.40	0.30	108.36	1.415	6	3.258	3.351	3.246	2.876
0.40	0.50	108.36	1.415	6	4.892	4.953	4.926	5.198
0.40	0.70	108.36	1.415	6	7.127	7.173	7.098	7.520
0.40	1.00	108.36	1.415	6	11.271	11.494	11.277	11.003
0.05	0.30	166.88	1.717	9	0.687	0.796	0.613	0.467
0.05	0.50	166.88	1.717	9	0.902	0.999	0.945	0.992
0.05	0.70	166.88	1.717	9	1.174	1.286	1.277	1.517

0.05	1.00	166.88	1.717	9	1.846	1.769	1.775	2.305
0.10	0.30	166.88	1.717	9	1.221	1.187	1.076	0.891
0.10	0.50	166.88	1.717	9	1.661	1.631	1.764	1.714
0.10	0.70	166.88	1.717	9	2.283	2.312	2.451	2.538
0.10	1.00	166.88	1.717	9	3.608	3.764	3.483	3.773
0.20	0.30	166.88	1.717	9	2.084	1.970	2.063	1.737
0.20	0.50	166.88	1.717	9	2.984	2.894	3.042	3.158
0.20	0.70	166.88	1.717	9	4.518	4.365	4.470	4.578
0.20	1.00	166.88	1.717	9	7.445	7.314	7.456	6.709
0.30	0.30	166.88	1.717	9	2.803	2.752	2.741	2.584
0.30	0.50	166.88	1.717	9	4.224	4.158	4.398	4.602
0.30	0.70	166.88	1.717	9	6.589	6.417	6.445	6.619
0.30	1.00	166.88	1.717	9	10.213	10.277	10.246	9.645
0.40	0.30	166.88	1.717	9	3.444	3.534	3.369	3.431
0.40	0.50	166.88	1.717	9	5.332	5.422	5.541	6.045
0.40	0.70	166.88	1.717	9	8.284	8.469	8.109	8.659
0.40	1.00	166.88	1.717	9	12.665	12.654	12.705	12.580

Al examinar las curvas de fragilidad al colapso que se muestran en las Figuras 55 a 57 y en las Tablas del Anexo E, podemos identificar los valores medianas, marcadas con triángulos negros. Se destaca que, a menores relaciones de amortiguamiento, se observa una menor dispersión en los resultados. En términos de desviaciones estándar de los valores logarítmicos, estas oscilan entre 0.19 y 0.51 para los edificios de 3 pisos, entre 0.20 y 0.54 para los de 6 pisos, y entre 0.14 y 0.47 para los de 9 pisos.

En cuanto al coeficiente de variación (cov) para los prototipos con amortiguadores, los valores más bajos se obtienen con un ξ_{V1} del 40%, sin importar el tipo de edificio, siendo el prototipo de 9 pisos con amortiguadores lineales el que presenta el menor cov. Por otro lado, el valor más alto de cov se registra en un prototipo de 6 pisos con ξ_{V1} del 5% y un α de 0.70, alcanzando -29.14. Este contraste en los valores sugiere que la variabilidad en las relaciones de energía se ve significativamente influenciada por la intensidad del amortiguamiento y las características específicas de cada prototipo.

5.2.2. *Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_{D2}/E_I como medida de daño*

La Figura 58 ilustra las tendencias de primer y segundo grado crecientes en la relación de energía W_{D2}/E_I .

Para los edificios de 3 pisos, los amortiguadores lineales muestran relaciones de energía que oscilan entre 0.40 y 0.86. Luego, los amortiguadores no lineales con $\alpha=0.7$ presentan valores que varían de 0.34 a 0.79. Los amortiguadores con $\alpha=0.5$ tienen relaciones que van de 0.31 a 0.73, mientras que aquellos con $\alpha=0.3$ muestran relaciones entre 0.29 a 0.67.

En los edificios de 6 pisos, los amortiguadores lineales mantienen relaciones entre 0.52 y 0.88. Los valores para $\alpha=0.7$ se sitúan entre 0.44 y 0.80, mientras que con $\alpha=0.5$, la relación varía de 0.39 a 0.77, y con $\alpha=0.3$, los valores van de 0.35 a 0.70.

Para los edificios de 9 pisos, los amortiguadores lineales tienen relaciones que van de 0.58 a 0.89. Los amortiguadores con $\alpha=0.7$ presentan valores entre 0.48 y 0.84. Con $\alpha=0.5$, la relación varía de 0.42 a 0.78, y con $\alpha=0.3$, los valores van de 0.36 a 0.71.

En conjunto, los disipadores lineales tienden a ofrecer relaciones de energía más altas W_{D2}/E_I y una mayor variabilidad en comparación con los disipadores no lineales a través de todos los tipos de edificios, indicando una mayor eficacia en la disipación de energía.

La Tabla 22 presenta un resumen de las relaciones de energía W_{D2}/E_I , que se obtuvieron a través del análisis IDA y las ecuaciones mostradas en la Figura 58. Estas ecuaciones están influenciadas por los parámetros ξ_{V1} y α , o bien por la Ecuación 48, que incorpora la masa del edificio. Según los resultados, notamos que la mayoría de las variaciones en los valores calculados son inferiores al 5%, indicando que las regresiones utilizadas para estimar la relación de energía son precisas, por tanto, las ecuaciones propuestas proporcionan estimaciones confiables en la predicción de las relaciones de energía W_{D2}/E_I .

Tabla 22*Predicción de las relaciones de energía W_{D2}/E_I*

ξ_{V1}	α	Masa	T_1	Pisos	W_{D2}/E_I	Figura 58, ξ_{V1}	Figura 58, α	Ecuación 48
0.05	0.30	53.54	0.935	3	0.289	0.302	0.286	0.341
0.05	0.50	53.54	0.935	3	0.315	0.330	0.317	0.395
0.05	0.70	53.54	0.935	3	0.343	0.359	0.347	0.448
0.05	1.00	53.54	0.935	3	0.396	0.416	0.393	0.528
0.10	0.30	53.54	0.935	3	0.420	0.401	0.417	0.393
0.10	0.50	53.54	0.935	3	0.460	0.438	0.461	0.446
0.10	0.70	53.54	0.935	3	0.500	0.478	0.505	0.499
0.10	1.00	53.54	0.935	3	0.574	0.547	0.571	0.580
0.20	0.30	53.54	0.935	3	0.553	0.551	0.552	0.495
0.20	0.50	53.54	0.935	3	0.605	0.603	0.607	0.549
0.20	0.70	53.54	0.935	3	0.663	0.659	0.661	0.602
0.20	1.00	53.54	0.935	3	0.743	0.739	0.743	0.682
0.30	0.30	53.54	0.935	3	0.625	0.638	0.626	0.598
0.30	0.50	53.54	0.935	3	0.682	0.698	0.682	0.651
0.30	0.70	53.54	0.935	3	0.742	0.760	0.738	0.705
0.30	1.00	53.54	0.935	3	0.819	0.840	0.821	0.785
0.40	0.30	53.54	0.935	3	0.669	0.663	0.674	0.700
0.40	0.50	53.54	0.935	3	0.731	0.724	0.728	0.754
0.40	0.70	53.54	0.935	3	0.789	0.781	0.782	0.807
0.40	1.00	53.54	0.935	3	0.858	0.849	0.863	0.887
0.05	0.30	108.36	1.415	6	0.349	0.363	0.344	0.388
0.05	0.50	108.36	1.415	6	0.388	0.403	0.392	0.441
0.05	0.70	108.36	1.415	6	0.435	0.452	0.440	0.494
0.05	1.00	108.36	1.415	6	0.516	0.538	0.512	0.574
0.10	0.30	108.36	1.415	6	0.478	0.459	0.474	0.439
0.10	0.50	108.36	1.415	6	0.527	0.505	0.532	0.492
0.10	0.70	108.36	1.415	6	0.588	0.563	0.589	0.546
0.10	1.00	108.36	1.415	6	0.676	0.644	0.674	0.626
0.20	0.30	108.36	1.415	6	0.606	0.602	0.607	0.542
0.20	0.50	108.36	1.415	6	0.661	0.658	0.663	0.595
0.20	0.70	108.36	1.415	6	0.723	0.723	0.718	0.648
0.20	1.00	108.36	1.415	6	0.799	0.798	0.802	0.728
0.30	0.30	108.36	1.415	6	0.665	0.682	0.671	0.644
0.30	0.50	108.36	1.415	6	0.727	0.743	0.725	0.697
0.30	0.70	108.36	1.415	6	0.786	0.801	0.778	0.751
0.30	1.00	108.36	1.415	6	0.852	0.873	0.857	0.831
0.40	0.30	108.36	1.415	6	0.705	0.697	0.709	0.747
0.40	0.50	108.36	1.415	6	0.766	0.759	0.758	0.800
0.40	0.70	108.36	1.415	6	0.802	0.795	0.806	0.853
0.40	1.00	108.36	1.415	6	0.878	0.868	0.878	0.933
0.05	0.30	166.88	1.717	9	0.361	0.376	0.358	0.425
0.05	0.50	166.88	1.717	9	0.418	0.435	0.421	0.479
0.05	0.70	166.88	1.717	9	0.482	0.500	0.484	0.532

0.05	1.00	166.88	1.717	9	0.581	0.599	0.579	0.612
0.10	0.30	166.88	1.717	9	0.489	0.469	0.492	0.477
0.10	0.50	166.88	1.717	9	0.559	0.534	0.558	0.530
0.10	0.70	166.88	1.717	9	0.629	0.603	0.624	0.583
0.10	1.00	166.88	1.717	9	0.719	0.693	0.723	0.663
0.20	0.30	166.88	1.717	9	0.611	0.608	0.617	0.579
0.20	0.50	166.88	1.717	9	0.682	0.681	0.680	0.632
0.20	0.70	166.88	1.717	9	0.755	0.753	0.743	0.686
0.20	1.00	166.88	1.717	9	0.830	0.827	0.837	0.766
0.30	0.30	166.88	1.717	9	0.672	0.687	0.682	0.682
0.30	0.50	166.88	1.717	9	0.744	0.761	0.739	0.735
0.30	0.70	166.88	1.717	9	0.810	0.829	0.795	0.788
0.30	1.00	166.88	1.717	9	0.870	0.889	0.880	0.868
0.40	0.30	166.88	1.717	9	0.711	0.704	0.723	0.784
0.40	0.50	166.88	1.717	9	0.782	0.774	0.774	0.838
0.40	0.70	166.88	1.717	9	0.841	0.833	0.824	0.891
0.40	1.00	166.88	1.717	9	0.888	0.880	0.900	0.971

Al examinar las curvas de fragilidad al colapso, tal como se muestra en las Figuras 60 a 62, junto con los datos de las tablas del Anexo E, se pueden observar con las medianas resaltadas mediante triángulos negros. Los amortiguadores lineales destacan por presentar una desviación estándar menor. En cuanto a las desviaciones estándar de los valores logarítmicos, los resultados varían entre 0.04 y 0.21 para los prototipos de 3 pisos, entre 0.04 y 0.19 para los de 6 pisos, y entre 0.03 y 0.16 para los de 9 pisos.

El análisis en el coeficiente de variación (cov) de los prototipos con amortiguadores, presenta los valores más bajos con los amortiguadores no lineales, especialmente aquellos con un valor α de 0.3, aplicables en todos los tipos de prototipos. Por el contrario, los amortiguadores lineales resultan en los mayores cov, lo que sugiere una menor eficiencia en el control de la dispersión en la respuesta sísmica comparado con los dispositivos no lineales.

5.2.3. Capacidad al colapso considerando las relaciones de energía W_p/E_I como medida de daño

La Figura 63 ilustra que la relación entre la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía presenta una tendencia decreciente de primer y segundo grado. Esto indica

que, a medida que aumentan los valores de ξ_{V1} y α , se observa una reducción progresiva, lo que sugiere una mejora en el desempeño estructural a mayor amortiguamiento adicional, siendo los amortiguadores los principales responsables de esta mejora.

Para los edificios de 3 pisos, los amortiguadores lineales presentan relaciones W_p/E_I que oscilan entre 0.47 y 0.09. Por otra parte, los dispositivos no lineales con $\alpha=0.7$ muestran valores que van de 0.51 a 0.14, mientras que para $\alpha=0.5$ la relación varía entre 0.54 y 0.19. Finalmente, los amortiguadores con $\alpha=0.3$ exhiben un rango entre 0.56 y 0.24, indicando una mayor capacidad de disipación de energía en estos últimos.

En el caso de los edificios de 6 pisos, se observa una disminución de las relaciones W_p/E_I , siendo los amortiguadores lineales los que presentan valores entre 0.37 y 0.08. Los no lineales con $\alpha=0.7$ siguen esta tendencia, con relaciones que varían entre 0.44 y 0.11, mientras que para $\alpha=0.5$ los valores fluctúan entre 0.48 y 0.16. Los dispositivos con $\alpha=0.3$ vuelven a tener un rango superior, entre 0.53 y 0.22.

Para los edificios de 9 pisos, los amortiguadores lineales muestran las menores relaciones, con valores comprendidos entre 0.32 y 0.07. Los dispositivos no lineales siguen la misma tendencia que en los casos anteriores: para $\alpha=0.7$, los valores van de 0.41 a 0.10; para $\alpha=0.5$, de 0.46 a 0.15; y para $\alpha=0.3$, entre 0.53 y 0.21.

Estos resultados evidencian cómo los amortiguadores no lineales, especialmente cuando α es más bajo, permite una menor eficiencia en la disipación de energía, en particular en edificios más altos, al ser la energía histerética mayor. Por tanto, la tendencia decreciente en las relaciones W_p/E_I para los sistemas con dispositivos lineales, los hace más efectivos en comparación con los no lineales a medida que aumenta la altura estructural.

La Tabla 23 presenta un resumen a detalle de las relaciones de energía W_p/E_I calculadas a partir de los análisis IDA y de las ecuaciones derivadas que se muestran en la Figura 63 y por la Ecuación 49. Al comparar los valores obtenidos se observa que las variaciones son, en su

mayoría, inferiores al 5%. Este bajo nivel de dispersión confirma la precisión y consistencia de las regresiones propuestas para modelar la relación de energía W_p/E_I .

Tabla 23

Predicción de las relaciones de energía W_{D2}/E_I

ξ_{V1}	α	Masa	T_1	Pisos	W_{D2}/E_I	Figura 63, ξ_{V1}	Figura 63, α	Ecuación 49
0.05	0.30	53.54	0.935	3	0.289	0.302	0.286	0.341
0.05	0.50	53.54	0.935	3	0.315	0.330	0.317	0.395
0.05	0.70	53.54	0.935	3	0.343	0.359	0.347	0.448
0.05	1.00	53.54	0.935	3	0.396	0.416	0.393	0.528
0.10	0.30	53.54	0.935	3	0.420	0.401	0.417	0.393
0.10	0.50	53.54	0.935	3	0.460	0.438	0.461	0.446
0.10	0.70	53.54	0.935	3	0.500	0.478	0.505	0.499
0.10	1.00	53.54	0.935	3	0.574	0.547	0.571	0.580
0.20	0.30	53.54	0.935	3	0.553	0.551	0.552	0.495
0.20	0.50	53.54	0.935	3	0.605	0.603	0.607	0.549
0.20	0.70	53.54	0.935	3	0.663	0.659	0.661	0.602
0.20	1.00	53.54	0.935	3	0.743	0.739	0.743	0.682
0.30	0.30	53.54	0.935	3	0.625	0.638	0.626	0.598
0.30	0.50	53.54	0.935	3	0.682	0.698	0.682	0.651
0.30	0.70	53.54	0.935	3	0.742	0.760	0.738	0.705
0.30	1.00	53.54	0.935	3	0.819	0.840	0.821	0.785
0.40	0.30	53.54	0.935	3	0.669	0.663	0.674	0.700
0.40	0.50	53.54	0.935	3	0.731	0.724	0.728	0.754
0.40	0.70	53.54	0.935	3	0.789	0.781	0.782	0.807
0.40	1.00	53.54	0.935	3	0.858	0.849	0.863	0.887
0.05	0.30	108.36	1.415	6	0.349	0.363	0.344	0.388
0.05	0.50	108.36	1.415	6	0.388	0.403	0.392	0.441
0.05	0.70	108.36	1.415	6	0.435	0.452	0.440	0.494
0.05	1.00	108.36	1.415	6	0.516	0.538	0.512	0.574
0.10	0.30	108.36	1.415	6	0.478	0.459	0.474	0.439
0.10	0.50	108.36	1.415	6	0.527	0.505	0.532	0.492
0.10	0.70	108.36	1.415	6	0.588	0.563	0.589	0.546
0.10	1.00	108.36	1.415	6	0.676	0.644	0.674	0.626
0.20	0.30	108.36	1.415	6	0.606	0.602	0.607	0.542
0.20	0.50	108.36	1.415	6	0.661	0.658	0.663	0.595
0.20	0.70	108.36	1.415	6	0.723	0.723	0.718	0.648
0.20	1.00	108.36	1.415	6	0.799	0.798	0.802	0.728
0.30	0.30	108.36	1.415	6	0.665	0.682	0.671	0.644
0.30	0.50	108.36	1.415	6	0.727	0.743	0.725	0.697
0.30	0.70	108.36	1.415	6	0.786	0.801	0.778	0.751
0.30	1.00	108.36	1.415	6	0.852	0.873	0.857	0.831
0.40	0.30	108.36	1.415	6	0.705	0.697	0.709	0.747
0.40	0.50	108.36	1.415	6	0.766	0.759	0.758	0.800
0.40	0.70	108.36	1.415	6	0.802	0.795	0.806	0.853

0.40	1.00	108.36	1.415	6	0.878	0.868	0.878	0.933
0.05	0.30	166.88	1.717	9	0.361	0.376	0.358	0.425
0.05	0.50	166.88	1.717	9	0.418	0.435	0.421	0.479
0.05	0.70	166.88	1.717	9	0.482	0.500	0.484	0.532
0.05	1.00	166.88	1.717	9	0.581	0.599	0.579	0.612
0.10	0.30	166.88	1.717	9	0.489	0.469	0.492	0.477
0.10	0.50	166.88	1.717	9	0.559	0.534	0.558	0.530
0.10	0.70	166.88	1.717	9	0.629	0.603	0.624	0.583
0.10	1.00	166.88	1.717	9	0.719	0.693	0.723	0.663
0.20	0.30	166.88	1.717	9	0.611	0.608	0.617	0.579
0.20	0.50	166.88	1.717	9	0.682	0.681	0.680	0.632
0.20	0.70	166.88	1.717	9	0.755	0.753	0.743	0.686
0.20	1.00	166.88	1.717	9	0.830	0.827	0.837	0.766
0.30	0.30	166.88	1.717	9	0.672	0.687	0.682	0.682
0.30	0.50	166.88	1.717	9	0.744	0.761	0.739	0.735
0.30	0.70	166.88	1.717	9	0.810	0.829	0.795	0.788
0.30	1.00	166.88	1.717	9	0.870	0.889	0.880	0.868
0.40	0.30	166.88	1.717	9	0.711	0.704	0.723	0.784
0.40	0.50	166.88	1.717	9	0.782	0.774	0.774	0.838
0.40	0.70	166.88	1.717	9	0.841	0.833	0.824	0.891
0.40	1.00	166.88	1.717	9	0.888	0.880	0.900	0.971

Al examinar las curvas de fragilidad al colapso mostradas en las Figuras 65 a 67, así como los datos correspondientes en las tablas del Anexo E, se observan las medianas marcadas con triángulos negros. Los dispositivos lineales tienden a mostrar una desviación estándar más baja en comparación con los no lineales, lo que indica una menor dispersión. Las desviaciones estándar de los valores logarítmicos varían según el número de pisos. Para los prototipos de 3 pisos, estas oscilan entre 0.09 y 0.40; para los de 6 pisos, entre 0.04 y 0.41; y, en los edificios de 9 pisos, fluctúan entre 0.04 y 0.31. Estos rangos muestran que, a medida que aumenta la altura del edificio, la dispersión tiende a disminuir.

En cuanto al coeficiente de variación (cov), que refleja la relación entre la desviación estándar y la mediana, los resultados indican que los amortiguadores no lineales con $\alpha=0.3$ presentan los valores más bajos en todos los prototipos analizados. Este comportamiento sugiere una mayor eficiencia y consistencia en la respuesta de estos dispositivos al reducir la

variabilidad en la capacidad de colapso de las estructuras. Por el contrario, los amortiguadores lineales exhiben los coeficientes de variación más elevados.

5.2.4. Capacidad al colapso considerando la entrada de energía E_I como medida de daño

La Figura 68 muestra que la energía absorbida por los amortiguadores sigue una tendencia ascendente, con comportamientos de primer y segundo grado.

Para los edificios de tres pisos, los amortiguadores lineales registran entradas de energía E_I que oscilan entre 385 Tn-m y 1885 Tn-m. En contraste, los dispositivos no lineales con $\alpha=0.7$ presentan valores entre 352 Tn-m y 1212 Tn-m, mientras que para $\alpha=0.5$ la energía varía entre 326 Tn-m y 870 Tn-m. Finalmente, los amortiguadores con $\alpha=0.3$ exhiben un rango de 307 Tn-m a 634 Tn-m.

En los edificios de seis pisos, se observa un incremento en la energía de entrada, con los amortiguadores lineales alcanzando valores entre 592 Tn-m y 3716 Tn-m. Los dispositivos no lineales con $\alpha=0.7$ siguen esta tendencia, variando entre 515 Tn-m y 2060 Tn-m. Para $\alpha=0.5$, los valores fluctúan entre 465 Tn-m y 1395 Tn-m, mientras que con $\alpha=0.3$, los valores oscilan entre 427 Tn-m y 1044 Tn-m.

Finalmente, en los edificios de nueve pisos, los amortiguadores lineales muestran las mayores entradas de energía, con un rango de 1282 Tn-m a 6360 Tn-m. Los dispositivos no lineales replican la misma tendencia observada en los otros casos: con $\alpha=0.7$, los valores van de 941 Tn-m a 4004 Tn-m; para $\alpha=0.5$, entre 807 Tn-m y 2576 Tn-m; y para $\alpha=0.3$, entre 742 Tn-m y 1717 Tn-m.

En resumen, los amortiguadores lineales en los edificios de tres pisos presentan significativamente mayor entrada de energía que los no lineales, con valores de hasta 1885 Tn-m, mientras que los dispositivos no lineales con $\alpha=0.3$ no superan los 634 Tn-m. A medida que α disminuye, los amortiguadores no lineales son menos efectivos. En edificios de seis pisos, esta tendencia continúa, con amortiguadores lineales alcanzando hasta 3716 Tn-m, y los no

lineales con $\alpha=0.3$ entre 427 y 1044 Tn-m. En edificios de nueve pisos, los amortiguadores lineales presentan entradas de energía máximas de 6360 Tn-m, un 170% más que en los de seis pisos, mientras que los no lineales siguen disminuyendo en eficiencia.

La Tabla 24 proporciona un resumen de la energía de entrada E_I , calculada tanto a partir de los análisis IDA como de las ecuaciones derivadas presentadas en la Figura 68. Al comparar los resultados obtenidos, se aprecia que las diferencias entre ellos son, en su mayoría, menores al 5%.

Tabla 24

Predicción de la entrada de energía E_I

ξ_{v1}	α	Masa	T_1	Pisos	E_I (Tn-m)	Figura 68, ξ_{v1}	Figura 68, α
0.05	0.30	53.54	0.935	3	307	325	306
0.05	0.50	53.54	0.935	3	326	326	328
0.05	0.70	53.54	0.935	3	352	337	351
0.05	1.00	53.54	0.935	3	385	363	385
0.10	0.30	53.54	0.935	3	384	370	366
0.10	0.50	53.54	0.935	3	407	404	418
0.10	0.70	53.54	0.935	3	447	463	471
0.10	1.00	53.54	0.935	3	567	579	550
0.20	0.30	53.54	0.935	3	471	459	468
0.20	0.50	53.54	0.935	3	552	560	560
0.20	0.70	53.54	0.935	3	705	714	698
0.20	1.00	53.54	0.935	3	991	1011	993
0.30	0.30	53.54	0.935	3	545	549	543
0.30	0.50	53.54	0.935	3	725	717	732
0.30	0.70	53.54	0.935	3	981	966	976
0.30	1.00	53.54	0.935	3	1443	1443	1445
0.40	0.30	53.54	0.935	3	634	638	632
0.40	0.50	53.54	0.935	3	870	873	874
0.40	0.70	53.54	0.935	3	1212	1217	1209
0.40	1.00	53.54	0.935	3	1885	1875	1886
0.05	0.30	108.36	1.415	6	427	444	422
0.05	0.50	108.36	1.415	6	465	481	470
0.05	0.70	108.36	1.415	6	515	507	518
0.05	1.00	108.36	1.415	6	592	580	589
0.10	0.30	108.36	1.415	6	539	531	507
0.10	0.50	108.36	1.415	6	606	617	633
0.10	0.70	108.36	1.415	6	730	726	759
0.10	1.00	108.36	1.415	6	972	1034	948
0.20	0.30	108.36	1.415	6	725	705	739

0.20	0.50	108.36	1.415	6	916	888	877
0.20	0.70	108.36	1.415	6	1157	1164	1190
0.20	1.00	108.36	1.415	6	1995	1943	1987
0.30	0.30	108.36	1.415	6	878	879	900
0.30	0.50	108.36	1.415	6	1193	1159	1131
0.30	0.70	108.36	1.415	6	1579	1602	1630
0.30	1.00	108.36	1.415	6	2893	2851	2881
0.40	0.30	108.36	1.415	6	1044	1053	1047
0.40	0.50	108.36	1.415	6	1395	1430	1388
0.40	0.70	108.36	1.415	6	2060	2040	2066
0.40	1.00	108.36	1.415	6	3716	3759	3715
0.05	0.30	166.88	1.717	9	742	794	689
0.05	0.50	166.88	1.717	9	807	837	845
0.05	0.70	166.88	1.717	9	941	935	1002
0.05	1.00	166.88	1.717	9	1282	1346	1236
0.10	0.30	166.88	1.717	9	956	932	852
0.10	0.50	166.88	1.717	9	1108	1087	1169
0.10	0.70	166.88	1.717	9	1343	1380	1485
0.10	1.00	166.88	1.717	9	2058	2077	1960
0.20	0.30	166.88	1.717	9	1245	1208	1235
0.20	0.50	166.88	1.717	9	1606	1588	1633
0.20	0.70	166.88	1.717	9	2284	2270	2262
0.20	1.00	166.88	1.717	9	3633	3540	3638
0.30	0.30	166.88	1.717	9	1519	1485	1488
0.30	0.50	166.88	1.717	9	2091	2088	2180
0.30	0.70	166.88	1.717	9	3222	3159	3147
0.30	1.00	166.88	1.717	9	5098	5003	5115
0.40	0.30	166.88	1.717	9	1717	1761	1686
0.40	0.50	166.88	1.717	9	2576	2589	2663
0.40	0.70	166.88	1.717	9	4004	4049	3931
0.40	1.00	166.88	1.717	9	6360	6465	6377

Al analizar las curvas de fragilidad al colapso de las Figuras 69 a 71 se destacan las medianas indicadas por triángulos negros. Los dispositivos lineales muestran una mayor dispersión, reflejada en desviaciones estándar más elevadas respecto a los no lineales. Las desviaciones estándar de los valores logarítmicos varían con la altura de los edificios: en los prototipos de tres pisos oscilan entre 0.64 y 0.94; en los de seis pisos, entre 0.64 y 1.21; y en los de nueve pisos, entre 0.70 y 0.95.

En cuanto al coeficiente de variación (cov), que relaciona la desviación estándar con la mediana, los amortiguadores no lineales con $\alpha=0.3$ tienen los valores más bajos en todos los

casos. Los dispositivos no lineales con $\alpha=0.5$ y $\alpha=0.7$ presentan los cov más elevados en edificios de seis y nueve pisos. Aunque los amortiguadores lineales registran el cov más alto en edificios de tres pisos, en las estructuras de seis y nueve pisos son menores a los dispositivos con $\alpha=0.3$.

5.3. Capacidad al colapso considerando la aceleración de piso como medida de daño

Los edificios sin amortiguadores de 3, 6 y 9 pisos presentan aceleraciones medianas de 21.18 m/s², 23.62 m/s² y 30.81 m/s², respectivamente, como se comprueba con las tablas del Anexo E. Al incorporar amortiguadores, se observan incrementos en estas aceleraciones. Para los edificios de 3 pisos, el aumento varía entre 1.09 y 2.14 veces, alcanzando valores entre 23.16 m/s² y 45.37 m/s². Los amortiguadores lineales ($\alpha = 1.0$) generan los mayores incrementos, con valores que oscilan entre 25.40 m/s² y 45.37 m/s², seguidos por $\alpha = 0.7$ (24.51 m/s² y 39.22 m/s²), $\alpha = 0.5$ (24.06 m/s² y 34.25 m/s²) y $\alpha = 0.3$ (23.16 m/s² y 30.73 m/s²). Para los edificios de 6 y 9 pisos, se observan incrementos similares, con aumentos de entre 1.03 y 2.32 veces. En el caso de los edificios de 6 pisos, las aceleraciones varían entre 27.32 m/s² y 54.80 m/s², mientras que para los de 9 pisos los valores oscilan entre 36.50 m/s² y 68.74 m/s². Los menores incrementos se registran con amortiguadores de $\alpha = 0.3$, con aceleraciones entre 25.29 m/s² y 30.54 m/s² para los edificios de 6 pisos, y entre 31.80 m/s² y 41.61 m/s² para los de 9 pisos.

En general, cuando los valores de α son menores a 1.0, los aumentos en las aceleraciones de piso son más reducidos. Además, dichas aceleraciones tienden a disminuir conforme se reduce la relación de amortiguamiento suplementario. Es importante considerar que este incremento en las aceleraciones también refleja una mejora en la capacidad, ya que los prototipos sin amortiguadores presentan una menor capacidad de aceleración al momento del colapso en comparación con aquellos que incluyen los dispositivos.

Al contrastar los resultados con los obtenidos por otros investigadores, se observan patrones distintos, por ejemplo, Arjmand et al. (2024) emplea amortiguadores viscosos no lineales (NFVD) en pórticos de concreto resistentes a momentos logrando reducir las aceleraciones, siendo más efectivo en configuraciones con 6 y 8 amortiguadores. Por otro lado, Chalarca et al. (2024) identifican que en edificios de acero de 3 y 6 pisos, mayores relaciones de rigidez y exponentes de velocidad más altos se asocian con menores aceleraciones, aunque un exponente de velocidad inferior a 0.5 podría incrementar las aceleraciones. Complementando estas observaciones, Raval y Mevada (2024) demuestran que tanto los amortiguadores lineales como no lineales pueden reducir las aceleraciones máximas entre un 14% y un 58%. Chalarca et al. (2020) concluyen que los amortiguadores lineales son efectivos para reducir las aceleraciones pico, aunque esto puede no ser uniforme en todos los casos, lo que resalta la complejidad del comportamiento estructural ante terremotos. Mientras otros estudios si alcanzaron tendencias similares, como Mehmandousti y Jalaefar (2023) que, bajo registros sísmicos, los niveles inferiores en sistemas aporticados de acero experimentan mayores aceleraciones, aumentando en promedio un 40%.

La Tabla 24 ofrece un resumen de los valores de aceleración de piso obtenidos mediante el análisis IDA y las ecuaciones presentadas en la Figura 72, las cuales dependen de ξ_{V1} y α , o de la Ecuación 50, que incluye la masa. La variación en los valores es inferior al 5%, lo que sugiere que las regresiones propuestas son precisas. Revisando la Figura 73, se aprecia un trazado que probablemente se considere heterocedástico, que puede interpretarse por una falta de normalidad, por tanto, se sugiere analizarlo con otras pruebas estadísticas en estudios futuros.

Tabla 25*Predicción de las aceleraciones de piso*

ξ_{v1}	α	Masa	T_1	Pisos	Ace (m/s ²)	Figura 72, ξ_{v1}	Figura 72, α	Ecuación 50
0.05	0.30	53.54	0.935	3	23.16	23.32	23.28	17.03
0.05	0.50	53.54	0.935	3	24.06	24.10	23.90	20.41
0.05	0.70	53.54	0.935	3	24.51	25.11	24.52	23.79
0.05	1.00	53.54	0.935	3	25.40	25.90	25.45	28.86
0.10	0.30	53.54	0.935	3	25.32	25.11	25.16	19.29
0.10	0.50	53.54	0.935	3	26.06	26.05	26.27	22.67
0.10	0.70	53.54	0.935	3	27.34	27.20	27.38	26.05
0.10	1.00	53.54	0.935	3	29.13	28.73	29.05	31.12
0.20	0.30	53.54	0.935	3	28.02	27.95	27.95	23.80
0.20	0.50	53.54	0.935	3	29.55	29.43	29.84	27.19
0.20	0.70	53.54	0.935	3	32.07	31.37	31.74	30.57
0.20	1.00	53.54	0.935	3	34.47	34.40	34.58	35.64
0.30	0.30	53.54	0.935	3	29.58	29.79	29.30	28.32
0.30	0.50	53.54	0.935	3	32.00	32.15	32.48	31.70
0.30	0.70	53.54	0.935	3	35.79	35.54	35.65	35.08
0.30	1.00	53.54	0.935	3	40.46	40.07	40.41	40.15
0.40	0.30	53.54	0.935	3	30.73	30.64	30.48	32.84
0.40	0.50	53.54	0.935	3	34.25	34.20	34.74	36.22
0.40	0.70	53.54	0.935	3	39.22	39.72	38.99	39.60
0.40	1.00	53.54	0.935	3	45.37	45.74	45.36	44.67
0.05	0.30	108.36	1.415	6	25.29	26.15	25.50	22.98
0.05	0.50	108.36	1.415	6	26.42	25.91	26.02	26.36
0.05	0.70	108.36	1.415	6	26.38	26.40	26.55	29.74
0.05	1.00	108.36	1.415	6	27.32	28.14	27.34	34.81
0.10	0.30	108.36	1.415	6	28.00	26.80	26.75	25.23
0.10	0.50	108.36	1.415	6	26.63	27.32	28.08	28.61
0.10	0.70	108.36	1.415	6	28.93	29.03	29.41	32.00
0.10	1.00	108.36	1.415	6	32.09	32.15	31.40	37.07
0.20	0.30	108.36	1.415	6	27.69	28.11	26.51	29.75
0.20	0.50	108.36	1.415	6	29.00	30.13	30.44	33.13
0.20	0.70	108.36	1.415	6	34.00	34.28	34.37	36.51
0.20	1.00	108.36	1.415	6	40.89	40.19	40.27	41.58
0.30	0.30	108.36	1.415	6	29.68	29.41	29.56	34.27
0.30	0.50	108.36	1.415	6	35.46	32.95	35.29	37.65
0.30	0.70	108.36	1.415	6	40.43	39.54	41.01	41.03
0.30	1.00	108.36	1.415	6	49.87	48.23	49.60	46.10
0.40	0.30	108.36	1.415	6	30.54	30.72	29.34	38.78
0.40	0.50	108.36	1.415	6	34.54	35.76	36.54	42.16
0.40	0.70	108.36	1.415	6	44.28	44.79	43.74	45.55
0.40	1.00	108.36	1.415	6	54.80	56.27	54.54	50.62
0.05	0.30	166.88	1.717	9	31.80	32.87	31.74	29.32
0.05	0.50	166.88	1.717	9	33.29	32.99	33.03	32.70
0.05	0.70	166.88	1.717	9	33.77	34.19	34.32	36.08

0.05	1.00	166.88	1.717	9	36.50	37.05	36.26	41.16
0.10	0.30	166.88	1.717	9	34.88	34.17	34.00	31.58
0.10	0.50	166.88	1.717	9	35.24	35.25	35.90	34.96
0.10	0.70	166.88	1.717	9	36.83	36.99	37.81	38.34
0.10	1.00	166.88	1.717	9	41.41	41.66	40.66	43.41
0.20	0.30	166.88	1.717	9	37.66	36.76	36.27	36.10
0.20	0.50	166.88	1.717	9	39.70	39.76	40.43	39.48
0.20	0.70	166.88	1.717	9	42.57	42.60	44.59	42.86
0.20	1.00	166.88	1.717	9	52.19	50.89	50.83	47.93
0.30	0.30	166.88	1.717	9	39.17	39.36	38.28	40.61
0.30	0.50	166.88	1.717	9	43.36	44.27	44.40	44.00
0.30	0.70	166.88	1.717	9	50.18	48.21	50.52	47.38
0.30	1.00	166.88	1.717	9	60.20	60.11	59.71	52.45
0.40	0.30	166.88	1.717	9	41.61	41.96	40.91	45.13
0.40	0.50	166.88	1.717	9	49.47	48.79	48.39	48.51
0.40	0.70	166.88	1.717	9	52.44	53.81	55.87	51.89
0.40	1.00	166.88	1.717	9	68.74	69.33	67.08	56.96

Al analizar las curvas de fragilidad presentadas en las Figuras 74 a 76 y las Tablas del Anexo E, se identifican los valores medianos marcados con triángulos negros, los cuales son más cercanos para valores de α de 0.3. Las desviaciones estándar de los valores logarítmicos son similares, oscilando entre 1.02 y 1.15 para los prototipos de 3 pisos, entre 0.90 y 1.10 para los de 6 pisos, y entre 0.81 y 1.03 para los de 9 pisos. Por ello, se podría proponer un valor general de 1.15 como indicador de la dispersión de los datos, útil para estudiar la capacidad en función de la variabilidad sísmica, representando como umbral de daño las aceleraciones de piso. En los prototipos sin amortiguadores, los edificios de 3 pisos presentan una desviación estándar de 1.11, mientras que los de 6 y 9 pisos tienen valores de 0.89 y 0.79, respectivamente.

En cuanto al cov en los prototipos con amortiguadores, los más bajos se alcanzan con ξ_{V1} del 40% y un α de 1.0, obteniendo 0.29, 0.26 y 0.22 para los edificios de 3, 6 y 9 pisos, respectivamente. Por el contrario, los valores altos de cov se encuentran con ξ_{V1} del 5% y un α de 0.3 y 1.0, registrando 0.34, 0.29 y 0.24 para los edificios de 3, 6 y 9 pisos. Los prototipos sin amortiguadores presentan valores de cov aún mayores, con 0.36, 0.28 y 0.23 para los edificios de 3, 6 y 9 pisos, respectivamente.

5.4. Capacidad al colapso considerando la distorsión de piso como medida de daño

A diferencia de los demás indicadores, donde se observan tendencias de primer y segundo grado que pueden ser crecientes o decrecientes, las distorsiones angulares muestran un comportamiento errático.

En los edificios sin amortiguadores, de 3, 6 y 9 pisos, las distorsiones son del 7.00%, 5.62% y 6.63%, respectivamente. Al añadir amortiguadores, estas distorsiones aumentan. En el caso de los edificios de 3 pisos, la variación respecto a la condición sin amortiguadores varía entre 0.77 y 1.20 veces. Los amortiguadores lineales presentan distorsiones entre el 7.35% y el 5.35% para valores de ξ_{V1} del 5% y 40%, respectivamente, seguidos por los valores de $\alpha = 0.7$ (7.08% y 7.28%) para ξ_{V1} del 5% y 40%, $\alpha = 0.5$ (7.43% y 8.34%) para ξ_{V1} del 5% y 40%, y $\alpha = 0.3$ (7.34% y 8.21%) para ξ_{V1} del 5% y 40%.

En los edificios de 6 pisos, la variación está entre 0.76 y 1.26 veces. Los amortiguadores lineales presentan distorsiones entre 6.65% y 4.28% para ξ_{V1} del 5% y 40%, seguidos por $\alpha = 0.7$ (6.20% y 5.74%) para ξ_{V1} del 5% y 40%, $\alpha = 0.5$ (6.44% y 6.86%) para ξ_{V1} del 5% y 40%, y $\alpha = 0.3$ (6.06% y 7.06%) para ξ_{V1} del 5% y 40%.

En los edificios de 9 pisos, la variación es de entre 0.64 y 1.13 veces. Los amortiguadores lineales tienen distorsiones que van del 6.89% al 4.24% para ξ_{V1} del 5% y 40%, seguidos por $\alpha = 0.7$ (6.87% y 6.39%) para ξ_{V1} del 5% y 40%, $\alpha = 0.5$ (6.92% y 7.31%) para ξ_{V1} del 5% y 40%, y $\alpha = 0.3$ (6.88% y 7.31%) para ξ_{V1} del 5% y 40%.

En resumen, las distorsiones tienden a disminuir con valores mayores de ξ_{V1} en todos los edificios para los amortiguadores lineales, mientras que los valores de α presentan un comportamiento más errático, con algunos incrementos en las distorsiones al aumentar ξ_{V1} , especialmente en los edificios de mayor altura. De manera similar a las aceleraciones de piso, es importante destacar que un incremento en las distorsiones, en comparación con los prototipos sin amortiguadores, también indica una mejora en la capacidad. En la mayoría de

los prototipos, se observa una mayor capacidad para soportar distorsiones más elevadas, excepto cuando se utilizan valores de ξ_{V1} del 20%, 30% y 40%, junto con amortiguadores lineales.

Contrastando los resultados con otros trabajos, Arjmand et al. (2024) demuestran que la implementación de estos dispositivos en pórticos de concreto resistentes a momentos reduce las derivas de piso entre un 40% y 50%, lo que sugiere una mejora significativa en la estabilidad durante eventos sísmicos. Chalarca et al. (2024) evidencian que, en estructuras de acero, las distorsiones angulares disminuyen notablemente con la incorporación de amortiguadores, y para edificios de 3 y 6 pisos, las aceleraciones se reducen a valores inferiores con relaciones de rigidez mayores a 0.5, mientras que exponentes de velocidad superiores también contribuyen a este fenómeno. Dai et al. (2024) encuentran que, en condiciones de sismos prolongados, las estructuras sin refuerzo experimentan derivas superiores al 3%, mientras que aquellas con amortiguadores presentan una notable disminución, alcanzando derivas máximas promediadas de 0.79% para edificios de 3 pisos y hasta 1.48% para estructuras de 9 pisos bajo condiciones del evento SMC. Guo et al. (2024) observan que los sistemas con amortiguadores presentan desplazamientos de 162 mm y 169 mm, respectivamente, en comparación con los 212 mm de las estructuras sin dispositivos de protección. Pollini (2024) introduce la optimización de labores de mejoramiento sísmico, mostrando que los amortiguadores no lineales mantienen las distorsiones dentro de límites seguros, correlacionando la reducción de la deriva con mayores coeficientes de amortiguamiento. Raval y Mevada (2024) destacan que en un edificio de 25 pisos, los amortiguadores reducen la deriva hasta un 56% en comparación con el 50% de los no lineales. Bañuelos et al. (2023) afirman que las estructuras con amortiguadores mantienen las distorsiones angulares dentro de límites de diseño, cumpliendo con la norma NTC-DS-2020 de México, mientras que Hu et al. (2023) concluyen que los sistemas de marco de acero de alta resistencia presentan distorsiones menores en comparación con sus homólogos convencionales.

Por último, Sharma et al. (2023) y De Domenico y Hajirasouliha (2021) subrayan que una correcta disposición de los amortiguadores y su optimización es clave para mitigar daños estructurales, manteniendo las derivas en niveles aceptables y equilibrando costo y prestación.

La Tabla 26 ofrece un resumen de los valores de las distorsiones de piso obtenidas mediante el análisis IDA y las ecuaciones presentadas en la Figura 77, las cuales dependen de ξ_{V1} y α , o de la Ecuación 51, que incluye la masa y T_1 . La variación en los valores es, en mayoría, inferior al 5%, lo que sugiere que las regresiones propuestas son precisas.

Tabla 26

Predicción de las distorsiones de piso

ξ_{V1}	α	Masa	T_1	Pisos	DAP	Figura 77, ξ_{V1}	Figura 77, α	Ecuación 51
0.05	0.30	53.54	0.935	3	7.34%	7.23%	7.33%	7.34%
0.05	0.50	53.54	0.935	3	7.43%	7.28%	7.31%	7.43%
0.05	0.70	53.54	0.935	3	7.08%	7.02%	7.29%	7.08%
0.05	1.00	53.54	0.935	3	7.35%	7.40%	7.26%	7.35%
0.10	0.30	53.54	0.935	3	7.31%	7.38%	7.35%	7.31%
0.10	0.50	53.54	0.935	3	7.36%	7.58%	7.28%	7.36%
0.10	0.70	53.54	0.935	3	7.17%	7.23%	7.21%	7.17%
0.10	1.00	53.54	0.935	3	7.11%	6.97%	7.11%	7.11%
0.20	0.30	53.54	0.935	3	7.46%	7.68%	7.54%	7.46%
0.20	0.50	53.54	0.935	3	8.09%	8.04%	7.87%	8.09%
0.20	0.70	53.54	0.935	3	7.42%	7.49%	7.60%	7.42%
0.20	1.00	53.54	0.935	3	6.09%	6.26%	6.05%	6.09%
0.30	0.30	53.54	0.935	3	8.21%	7.98%	8.25%	8.21%
0.30	0.50	53.54	0.935	3	8.39%	8.31%	8.28%	8.39%
0.30	0.70	53.54	0.935	3	7.64%	7.52%	7.73%	7.64%
0.30	1.00	53.54	0.935	3	5.86%	5.73%	5.84%	5.86%
0.40	0.30	53.54	0.935	3	8.21%	8.28%	8.28%	8.21%
0.40	0.50	53.54	0.935	3	8.34%	8.38%	8.15%	8.34%
0.40	0.70	53.54	0.935	3	7.28%	7.33%	7.44%	7.28%
0.40	1.00	53.54	0.935	3	5.36%	5.40%	5.32%	5.36%
0.05	0.30	108.36	1.415	6	6.06%	6.08%	6.11%	6.06%
0.05	0.50	108.36	1.415	6	6.44%	6.42%	6.25%	6.44%
0.05	0.70	108.36	1.415	6	6.20%	6.23%	6.39%	6.20%
0.05	1.00	108.36	1.415	6	6.65%	6.76%	6.60%	6.65%
0.10	0.30	108.36	1.415	6	6.15%	6.08%	6.15%	6.15%
0.10	0.50	108.36	1.415	6	6.43%	6.48%	6.43%	6.43%
0.10	0.70	108.36	1.415	6	6.57%	6.49%	6.57%	6.57%
0.10	1.00	108.36	1.415	6	6.54%	6.40%	6.54%	6.54%
0.20	0.30	108.36	1.415	6	6.08%	6.22%	6.10%	6.08%

0.20	0.50	108.36	1.415	6	6.67%	6.60%	6.61%	6.67%
0.20	0.70	108.36	1.415	6	6.58%	6.68%	6.63%	6.58%
0.20	1.00	108.36	1.415	6	5.75%	5.67%	5.73%	5.75%
0.30	0.30	108.36	1.415	6	6.69%	6.56%	6.64%	6.69%
0.30	0.50	108.36	1.415	6	6.65%	6.72%	6.79%	6.65%
0.30	0.70	108.36	1.415	6	6.52%	6.44%	6.40%	6.52%
0.30	1.00	108.36	1.415	6	4.76%	4.94%	4.79%	4.76%
0.40	0.30	108.36	1.415	6	7.06%	7.10%	7.13%	7.06%
0.40	0.50	108.36	1.415	6	6.86%	6.84%	6.66%	6.86%
0.40	0.70	108.36	1.415	6	5.74%	5.76%	5.90%	5.74%
0.40	1.00	108.36	1.415	6	4.28%	4.21%	4.25%	4.28%
0.05	0.30	166.88	1.717	9	6.88%	6.90%	6.89%	6.88%
0.05	0.50	166.88	1.717	9	6.92%	6.85%	6.89%	6.92%
0.05	0.70	166.88	1.717	9	6.87%	6.99%	6.89%	6.87%
0.05	1.00	166.88	1.717	9	6.89%	6.84%	6.89%	6.89%
0.10	0.30	166.88	1.717	9	7.15%	7.08%	7.01%	7.15%
0.10	0.50	166.88	1.717	9	6.72%	6.92%	7.11%	6.72%
0.10	0.70	166.88	1.717	9	7.33%	7.08%	7.00%	7.33%
0.10	1.00	166.88	1.717	9	6.37%	6.46%	6.44%	6.37%
0.20	0.30	166.88	1.717	9	7.20%	7.32%	7.21%	7.20%
0.20	0.50	166.88	1.717	9	7.23%	7.07%	7.21%	7.23%
0.20	0.70	166.88	1.717	9	6.88%	7.08%	6.89%	6.88%
0.20	1.00	166.88	1.717	9	5.82%	5.69%	5.82%	5.82%
0.30	0.30	166.88	1.717	9	7.52%	7.41%	7.46%	7.52%
0.30	0.50	166.88	1.717	9	7.25%	7.22%	7.42%	7.25%
0.30	0.70	166.88	1.717	9	6.94%	6.85%	6.80%	6.94%
0.30	1.00	166.88	1.717	9	4.75%	4.92%	4.78%	4.75%
0.40	0.30	166.88	1.717	9	7.31%	7.35%	7.35%	7.31%
0.40	0.50	166.88	1.717	9	7.31%	7.37%	7.21%	7.31%
0.40	0.70	166.88	1.717	9	6.39%	6.40%	6.47%	6.39%
0.40	1.00	166.88	1.717	9	4.24%	4.16%	4.22%	4.24%

Al examinar las curvas de fragilidad al colapso que se presentan en las Figuras 79 a 81 y en las Tablas del Anexo E, podemos observar que los valores mediana, representados por triángulos negros, tienden a estar próximos entre sí. Las desviaciones estándar de los valores logarítmicos, para los prototipos de 3 pisos, oscilan entre 0.19 y 0.29; para los de 6 pisos, entre 0.16 y 0.38; y para los de 9 pisos, entre 0.16 y 0.32. En el caso de los prototipos sin amortiguadores, los edificios de 3 pisos tienen una desviación estándar de 0.23, los de 6 pisos presentan 0.32, y los de 9 pisos muestran una desviación de 0.24.

En relación con el coeficiente de variación (cov) en los prototipos equipados con amortiguadores, los valores más bajos se obtienen con ξ_{V1} del 40% y un α de 1.0, donde los edificios de 6 y 9 pisos muestran cov de -0.062 y -0.060, respectivamente. Para los edificios de 3 pisos, el valor más bajo de cov es -0.08, con un ξ_{V1} del 5% y dispositivos lineales. Por el contrario, los valores más altos de cov se encuentran con ξ_{V1} del 40% y un α de 0.7 en los edificios de 3 y 6 pisos, con cov de -0.11 y -0.12, respectivamente, y para los edificios de 9 pisos, el valor más alto se da con ξ_{V1} del 40% y un α de 0.5, mostrando un cov de -0.13.

5.5. Verificación de la fuerza y carrera en los amortiguadores a nivel de colapso

En el estudio, se ha definido la máxima energía histerética estructural como aquella registrada en cada curva IDA de los prototipos sin amortiguadores, siendo su superación un indicativo de colapso numérico. Aunque la fuerza y el desplazamiento de los amortiguadores (stroke o carrera) también son parámetros importantes que condicionan su funcionamiento, estos máximos no se consideraron explícitamente en el análisis. En la Tabla 27 se observan las medianas para las fuerzas y carreras obtenidos del análisis IDA para cada prototipo, resumidas de las Tablas del Anexo E.

Tabla 27

Fuerza y carrera en los amortiguadores a nivel de colapso

ξ_{V1}	α	Masa	Pisos	Fuerza (Tn)	Carrera (m)
0.05	0.30	53.54	3	11.06	0.253
0.05	0.50	53.54	3	16.16	0.263
0.05	0.70	53.54	3	23.20	0.248
0.05	1.00	53.54	3	41.07	0.253
0.10	0.30	53.54	3	20.43	0.258
0.10	0.50	53.54	3	31.13	0.261
0.10	0.70	53.54	3	47.93	0.257
0.10	1.00	53.54	3	90.53	0.256
0.20	0.30	53.54	3	36.06	0.267
0.20	0.50	53.54	3	58.60	0.291
0.20	0.70	53.54	3	96.42	0.267
0.20	1.00	53.54	3	199.31	0.219
0.30	0.30	53.54	3	49.14	0.296

0.30	0.50	53.54	3	84.07	0.302
0.30	0.70	53.54	3	149.59	0.275
0.30	1.00	53.54	3	298.45	0.211
0.40	0.30	53.54	3	60.18	0.296
0.40	0.50	53.54	3	109.21	0.301
0.40	0.70	53.54	3	192.41	0.263
0.40	1.00	53.54	3	398.83	0.193
0.05	0.30	108.36	6	17.76	0.184
0.05	0.50	108.36	6	27.71	0.196
0.05	0.70	108.36	6	43.91	0.189
0.05	1.00	108.36	6	84.42	0.204
0.10	0.30	108.36	6	32.81	0.189
0.10	0.50	108.36	6	53.69	0.199
0.10	0.70	108.36	6	89.12	0.203
0.10	1.00	108.36	6	182.01	0.202
0.20	0.30	108.36	6	57.36	0.190
0.20	0.50	108.36	6	101.58	0.209
0.20	0.70	108.36	6	179.17	0.207
0.20	1.00	108.36	6	397.23	0.177
0.30	0.30	108.36	6	78.61	0.217
0.30	0.50	108.36	6	149.29	0.217
0.30	0.70	108.36	6	267.30	0.204
0.30	1.00	108.36	6	555.33	0.145
0.40	0.30	108.36	6	94.67	0.218
0.40	0.50	108.36	6	181.07	0.224
0.40	0.70	108.36	6	351.30	0.177
0.40	1.00	108.36	6	721.65	0.130
0.05	0.30	166.88	9	30.01	0.209
0.05	0.50	166.88	9	49.37	0.210
0.05	0.70	166.88	9	82.24	0.209
0.05	1.00	166.88	9	172.72	0.210
0.10	0.30	166.88	9	55.64	0.217
0.10	0.50	166.88	9	96.25	0.204
0.10	0.70	166.88	9	160.71	0.223
0.10	1.00	166.88	9	343.44	0.193
0.20	0.30	166.88	9	97.29	0.218
0.20	0.50	166.88	9	182.12	0.222
0.20	0.70	166.88	9	323.37	0.209
0.20	1.00	166.88	9	669.22	0.176
0.30	0.30	166.88	9	133.15	0.228
0.30	0.50	166.88	9	264.49	0.220
0.30	0.70	166.88	9	482.77	0.210
0.30	1.00	166.88	9	870.32	0.143
0.40	0.30	166.88	9	164.19	0.222
0.40	0.50	166.88	9	329.91	0.223
0.40	0.70	166.88	9	594.50	0.194
0.40	1.00	166.88	9	1105.50	0.128

Taylor Devices, Inc. ofrece dispositivos con capacidades de fuerza axial que varían entre 25.5 y 815 toneladas, y rangos de deformación que oscilan entre ± 50 mm y ± 900 mm. Según los datos mostrados en la Tabla 26, las fuerzas axiales máximas obtenidas para los prototipos de 3, 6 y 9 pisos fueron de 399, 722 y 1106 toneladas, respectivamente. En cuanto a las carreras máximas, se registraron valores de 0.302, 0.224 y 0.228 metros para los mismos prototipos, respectivamente. En cuanto a las carreras, se puede afirmar que se cumplen en todos los casos. Sin embargo, en lo que respecta a la fuerza en los dispositivos, dos prototipos de 9 pisos con ξ_{V1} del 30% y 40%, ambos con amortiguadores lineales, superan el límite máximo indicado por el fabricante, registrando valores de 870 y 1106 toneladas. Por ello, estos resultados se consideran datos atípicos para los fines de este estudio. De manera general, se recomienda revisar cuidadosamente estos parámetros en futuros diseños, utilizando las capacidades máximas especificadas por el fabricante para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, así como aplicar factores de seguridad en la selección de los dispositivos.

5.6. Predicción del desplazamiento inelástico máximo en el techo con respecto a la entrada de energía

En los enfoques basados en energía, es importante evaluar el desplazamiento inelástico en el techo, ya que este valor permite estimar el comportamiento de los pisos inferiores mediante el análisis modal. Como han destacado Akiyama (2002, 2008), Benavent et al. (2021), y Proietti et al. (2023) la relación entre el desplazamiento inelástico y la energía de entrada cobra especial interés. Esto se debe a que la energía de entrada se puede obtener de forma alternativa a través de un espectro de respuesta de velocidades, empleando la Ecuación 17, que también considera la masa del sistema.

Según se muestra la Figura 82, probablemente el gráfico de residuos presente heterocedasticidad, por tanto, como para las aceleraciones de piso, se recomienda evaluarla con pruebas estadísticas más específicas.

En la Tabla 28 se presenta un resumen de los desplazamientos de techo obtenidos a partir del análisis IDA, junto con los valores proyectados mediante la Ecuación 52. No obstante, los valores proyectados muestran una precisión menor en comparación con los otros indicadores del estudio. Por ejemplo, en los prototipos de 3 pisos, los desplazamientos máximos y mínimos del análisis IDA son 0.684 m y 0.474 m, respectivamente, mientras que los valores proyectados presentan una variación entre el 75% y 147%. De manera similar, en los prototipos de 6 pisos, los desplazamientos máximo y mínimo alcanzan 0.887 m y 0.640 m, con una diferencia entre los proyectados que oscila entre un 76% 149%. En los prototipos de 9 pisos, los desplazamientos varían entre 0.959 m y 1.425 m en el análisis IDA, mientras que los proyectados tienen una diferencia que va desde un 71% hasta un 141%.

Aunque no se observa una tendencia clara en la precisión de los valores proyectados, los resultados más cercanos al comportamiento obtenido en el análisis IDA se obtienen para un ξ_{V1} del 30%.

Tabla 28

Predicción del desplazamiento máximo en el techo

ξ_{V1}	α	E_I	Pisos	D_{techo} (m)	Ecuación 52
0.05	0.30	307	3	0.666	0.963
0.05	0.50	326	3	0.681	0.833
0.05	0.70	352	3	0.654	0.708
0.05	1.00	385	3	0.684	0.515
0.10	0.30	384	3	0.642	0.941
0.10	0.50	407	3	0.653	0.811
0.10	0.70	447	3	0.679	0.695
0.10	1.00	567	3	0.662	0.559
0.20	0.30	471	3	0.642	0.820
0.20	0.50	552	3	0.668	0.730
0.20	0.70	705	3	0.662	0.678

0.20	1.00	991	3	0.550	0.601
0.30	0.30	545	3	0.646	0.683
0.30	0.50	725	3	0.662	0.647
0.30	0.70	981	3	0.636	0.629
0.30	1.00	1443	3	0.513	0.590
0.40	0.30	634	3	0.631	0.549
0.40	0.50	870	3	0.666	0.532
0.40	0.70	1212	3	0.620	0.535
0.40	1.00	1885	3	0.474	0.540
0.05	0.30	427	6	0.793	1.074
0.05	0.50	465	6	0.838	0.955
0.05	0.70	515	6	0.818	0.843
0.05	1.00	592	6	0.883	0.672
0.10	0.30	539	6	0.812	1.063
0.10	0.50	606	6	0.829	0.959
0.10	0.70	730	6	0.879	0.885
0.10	1.00	972	6	0.881	0.785
0.20	0.30	725	6	0.767	0.988
0.20	0.50	916	6	0.831	0.939
0.20	0.70	1157	6	0.887	0.898
0.20	1.00	1995	6	0.839	0.956
0.30	0.30	878	6	0.834	0.877
0.30	0.50	1193	6	0.843	0.870
0.30	0.70	1579	6	0.869	0.861
0.30	1.00	2893	6	0.713	0.985
0.40	0.30	1044	6	0.858	0.764
0.40	0.50	1395	6	0.843	0.754
0.40	0.70	2060	6	0.810	0.814
0.40	1.00	3716	6	0.640	0.956
0.05	0.30	742	9	1.345	1.286
0.05	0.50	807	9	1.363	1.172
0.05	0.70	941	9	1.365	1.090
0.05	1.00	1282	9	1.425	1.012
0.10	0.30	956	9	1.348	1.300
0.10	0.50	1108	9	1.322	1.219
0.10	0.70	1343	9	1.404	1.162
0.10	1.00	2058	9	1.308	1.166
0.20	0.30	1245	9	1.381	1.232
0.20	0.50	1606	9	1.376	1.211
0.20	0.70	2284	9	1.394	1.258
0.20	1.00	3633	9	1.256	1.325
0.30	0.30	1519	9	1.378	1.139
0.30	0.50	2091	9	1.347	1.164
0.30	0.70	3222	9	1.386	1.277
0.30	1.00	5098	9	1.042	1.373
0.40	0.30	1717	9	1.330	1.012
0.40	0.50	2576	9	1.371	1.094
0.40	0.70	4004	9	1.274	1.231
0.40	1.00	6360	9	0.959	1.351

5.7. Propuesta de evaluación del desempeño sísmico de edificios de concreto armado con amortiguadores viscosos basado en la metodología del balance de energía

A continuación, se expone una aplicación práctica para el cálculo sísmico y la evaluación de los criterios de aceptabilidad de un edificio de concreto armado con disipadores viscosos, siguiendo la metodología del balance de energía y destacando los principales resultados obtenidos en este estudio.

Dado que el IMC es el principal indicador de desempeño, se toma como referencia inicial en el proceso de diseño. Para diseñar bajo este enfoque, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Establecer un IMC objetivo conforme a las exigencias vigentes (ver Tabla 19).
2. Definir el nivel de amortiguamiento viscoso ξ_{V1} y el exponente de velocidad α .
3. Utilizar los gráficos de tendencia o las ecuaciones de la Figura 45 para calcular el IMC previsto, garantizando que sea superior al objetivo. También puede aplicarse la Ecuación 46.
4. Calcular los demás indicadores para obtener resultados preliminares y validarlos en el diseño definitivo, de ser necesario.
5. Dimensionar los amortiguadores en cada piso utilizando las Ecuaciones 34 o 35, de acuerdo con los valores definidos en el paso 2 y verificados en el paso 3.
6. Realizar el diseño final verificando el nivel de desempeño requerido por normativas como el ASCE (2022), o la NTP E.030 (MVCS, 2020b), considerando las distorsiones angulares de piso.

También es posible verificar otros niveles intermedios como ocupación inmediata (IO), seguridad de vida (LS) y prevención de colapso (CP), según el ASCE (2023) utilizando criterios de aceptabilidad globales o locales. Para verificar el IMC previsto, se tendría que emplear un análisis IDA, pero debido a su complejidad y tiempo de ejecución, se recomienda

realizarlo solo si es requerido por el proyecto, de lo contrario, pueden adoptarse los resultados obtenidos en los pasos 3 y 4.

El enfoque propuesto tiene como objetivo dimensionar de manera adecuada los amortiguadores, asegurando la operación continua del edificio en el caso de edificaciones esenciales, y otros niveles de desempeño para edificaciones importantes y convencionales. Por ejemplo, en un edificio de seis pisos de uso especial, el IMC mínimo es de 3.18, según la Tabla 19, con una incertidumbre total de 0.6. Utilizando un amortiguamiento del 12% y amortiguadores lineales, aplicando las ecuaciones derivadas del análisis de regresión, se alcanzaría un IMC superior a 3.18, como se aprecia en la Tabla 29.

Tabla 29

Predicción de indicadores basados en energía para un edificio de 6 pisos con $\xi_{V1} = 12\%$ y $\alpha = 1.0$

IMC (-)	Figura 45, ξ_{V1} 4.32	Figura 45, α 4.19	Ecuación 46 4.91
W_{D2}/W_p (-)	Figura 53, ξ_{V1} 3.48	Figura 53, α 3.40	Ecuación 47 3.37
W_{D2}/E_I (-)	Figura 58, ξ_{V1} 0.681	Figura 58, α 0.700	Ecuación 48 0.648
W_p/E_I (-)	Figura 63, ξ_{V1} 0.234	Figura 63, α 0.214	Ecuación 49 0.259
E_I (Tn-m)	Figura 68, ξ_{V1} 1216	Figura 68, α 1156	
W_{D2} (Tn-m)	$(W_{D2}/E_I) \times E_I$ 829	$(W_{D2}/E_I) \times E_I$ 809	
W_p (Tn-m)	$(W_p/E_I) \times E_I$ 284	$(W_p/E_I) \times E_I$ 247	
W_D (Tn-m)	$E_I - W_{D2} - W_p$ 103	$E_I - W_{D2} - W_p$ 100	
Acel (m/s ²)	Figura 72, ξ_{V1} 33.76	Figura 72, α 33.17	Ecuación 50 37.92
DAP (-)	Figura 77, ξ_{V1} 0.0625	Figura 77, α 0.0638	Ecuación 51 0.0696
D_{techo} (m)	Ecuación 52 0.854		

Los resultados muestran una aceleración máxima de entre 33.17 m/s^2 y 37.92 m/s^2 , una distorsión de piso entre 6.25% y 6.96% , y un desplazamiento máximo de techo de 0.85 m . En cuanto a la entrada de energía, sería de $1216 \text{ Tn}\cdot\text{m}$. Conociendo la entrada de energía y empleando las predicciones de las relaciones de energía, se obtiene una energía disipada por los amortiguadores entre $809 \text{ Tn}\cdot\text{m}$ y $829 \text{ Tn}\cdot\text{m}$, la energía histerética estructural entre $247 \text{ Tn}\cdot\text{m}$ y $284 \text{ Tn}\cdot\text{m}$, y la energía disipada por el amortiguamiento inherente entre 100 y $103 \text{ Tn}\cdot\text{m}$ (esta última según el balance de energía, asumiendo que la energía cinética y la de deformación elástica son cero en el instante final). Dado que estos resultados dependen de las características de los amortiguadores y la masa del sistema, se pueden utilizar valores promedio de los mostrados en la Tabla 29, que deberán verificarse en un diseño final del edificio a nivel de colapso. Este procedimiento también podría aplicarse a edificios con otra cantidad de pisos, comprendidos entre 3 y 9 pisos, ya que en las ecuaciones con regresiones múltiples se toma en cuenta el efecto de la masa como un indicador. Sin embargo, no se recomienda extrapolarlo a edificaciones que no se encuentren dentro de este rango.

VI. CONCLUSIONES

Una de las estrategias más eficaces para mejorar el comportamiento de los edificios frente a terremotos es la incorporación de amortiguadores viscosos, considerados como un sistema de protección pasiva. Dado su impacto directo en la capacidad de absorción de energía y disipación de fuerzas sísmicas, resulta esencial evaluar el IMC de estas estructuras, diseñadas conforme a las normativas vigentes. El IMC se considera un indicador clave del desempeño estructural, al ofrecer una medida de la capacidad de los edificios para resistir eventos sísmicos extremos antes de alcanzar el colapso.

6.1. Cumplimiento del objetivo general

En este estudio, se analizaron pórticos ordinarios de concreto armado, diseñados para experimentar comportamientos inelásticos incluso bajo pequeñas deformaciones, con la presencia de amortiguadores viscosos y su comparativa con la prestación que tienen sin incluir estos dispositivos. El enfoque aplicado es el balance de energía, abordando las energías en todas las fases del análisis estructural. Para definir el punto de colapso, se monitoreó la energía potencial acumulada en las estructuras, estableciendo así un límite de capacidad de disipación de energía histerética máxima, W_{pC} , permitiendo caracterizar el comportamiento estructural hasta el colapso. Para la determinación del IMC, se emplearon análisis IDA, para luego realizar ajustes de los datos a distribuciones lognormales y la obtención de la mediana de los colapsos registrados.

La aplicación práctica de este enfoque confirma la hipótesis principal de que se prevé que el desempeño frente al colapso sísmico de edificios de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos puede evaluarse de manera coherente utilizando procedimientos basados en energía. Además, la incorporación de amortiguadores viscosos no solo mejora la respuesta estructural durante eventos de colapso, sino que también ofrece una alternativa para

su implementación en edificaciones críticas o esenciales, donde se requiere un desempeño superior frente a amenazas sísmicas.

Este estudio plantea una metodología basada en energía que es adaptable a diferentes sistemas estructurales. Los resultados obtenidos validan su aplicabilidad práctica, utilizando un ejemplo de dimensionamiento de los parámetros de entrada a partir de los indicadores de la variable independiente. Estos resultados pueden servir como análisis preliminar de viabilidad para proyectos o diseños iniciales antes de proceder con el estudio definitivo.

6.2. Cumplimiento del objetivo específico en lo que concierne al índice de margen de colapso

En los prototipos sin amortiguadores, el IMC presenta valores consistentes, lo que sugiere la posibilidad de establecer un valor común de referencia para este tipo de estructuras. Sin embargo, al incorporar amortiguadores viscosos, se evidenció un incremento en la capacidad de colapso. En resumen, el IMC aumentó entre 1.14 y 2.21 veces en los prototipos de 3 pisos, entre 1.08 y 2.23 en los de 6 pisos, y entre 1.15 y 2.46 veces en los de 9 pisos. Esto indica que, aunque se introduzcan amortiguadores, la variación del IMC con respecto a la altura del edificio es limitada.

Los amortiguadores no lineales, con exponentes de velocidad de 0.7, 0.5 y 0.3, presentan un IMC inferior en comparación con los amortiguadores lineales. Esto sugiere que, si bien los dispositivos no lineales aportan ventajas en otros indicadores considerados, los amortiguadores lineales ofrecen un mayor margen de colapso. Además, un incremento en el amortiguamiento suplementario se traduce en una mejora sustancial del IMC. Por el contrario, cuando los valores de los parámetros no lineales son bajos, las mejoras en el IMC no son significativas.

En comparación con estudios previos, los resultados muestran algunas variaciones, lo que sugiere que factores como el método de evaluación o los materiales empleados pueden

influir en los valores del IMC. A pesar de ello, los valores obtenidos muestran tendencias claras y predecibles, lo que permite ajustar parámetros como la relación de amortiguamiento adicional y el exponente de velocidad para alcanzar un IMC objetivo. Dicho objetivo debe ser verificado durante las etapas de diseño definitivo para garantizar un desempeño sísmico superior al de las estructuras que no cuentan con amortiguadores.

6.3. Cumplimiento del objetivo específico considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía

6.3.1. Capacidad al colapso considerando la relación de energía W_{D2}/W_p

La relación de energía W_{D2}/W_p sigue tendencias crecientes tanto de primer como de segundo grado en los prototipos analizados. De los resultados alcanzados, se sugiere que los amortiguadores lineales son más efectivos en la disipación de energía comparados con los no lineales, al presentar mayores valores. En cuanto a las ecuaciones para predecir estas relaciones se puede indicar que son precisas, con diferencias inferiores al 5% comparados a los valores del análisis IDA, en la mayoría de los casos. Además, la variabilidad en las relaciones de energía está influenciada por el exponente de la velocidad, con los amortiguadores lineales mostrando menor dispersión en sus resultados, especialmente en prototipos de mayor altura.

6.3.2. Capacidad al colapso considerando la relación de energía W_{D2}/E_I

Con respecto a la relación de energía W_{D2}/E_I se presentan tendencias crecientes de primer y segundo grado a mayor altura del prototipo. Los amortiguadores lineales presentan relaciones que varían significativamente y tienden a ser más altas en comparación con los amortiguadores no lineales. Los amortiguadores con valores de α de 0.3 tienden a exhibir relaciones de energía más bajas sugiriendo que son menos efectivos en la disipación de energía cuando están adaptados en edificios. Los resultados de las ecuaciones utilizadas para predecir estas relaciones son precisos, con variaciones menores al 5%. Además, los amortiguadores lineales muestran mayores coeficientes de variación, lo que indica que los amortiguadores no

lineales, especialmente con $\alpha = 0.3$, ofrecen relaciones más consistentes. Entre los indicadores analizados, la relación de energía W_{D2}/E_I es la que muestra el coeficiente de variación más bajo, lo que la convierte en un indicador fiable para el análisis del colapso debido a su menor dispersión.

6.3.3. Capacidad al colapso considerando la relación de energía W_p/E_I

Y en lo que concierne a la relación W_p/E_I , esta decrece conforme aumentan ξ_{V1} y α , destacando una tendencia decreciente en todos los prototipos en conjunto. En edificios de 3, 6 y 9 pisos, los amortiguadores no lineales, principalmente con valores de α menores, muestran una mayor capacidad para disipar energía de manera más eficiente comparados con los lineales, cuyos valores decrecen más rápidamente con el aumento de altura, haciendo que la energía histerética estructural sea menor. Los amortiguadores con $\alpha = 0.3$ presentan los rangos más altos, especialmente en edificios de mayor altura. Las desviaciones estándar y el coeficiente de variación también reflejan una menor dispersión y mayor consistencia en la respuesta para los amortiguadores no lineales, evidenciando su mejor desempeño en comparación con los lineales. La precisión de las ecuaciones utilizadas para predecir estas relaciones es confirmada por la baja variación en los resultados comparados a los resultados de los análisis estructurales.

6.3.4. Capacidad al colapso considerando la entrada de energía E_I

De acuerdo el estudio, los amortiguadores lineales se destacan por presentar mayor entrada de energía en comparación con los no lineales, especialmente en los prototipos con más pisos. En los prototipos de tres pisos, los lineales alcanzan hasta 1885 Tn-m, mientras que los no lineales con $\alpha=0.3$ no superan los 634 Tn-m. Este patrón se acentúa en los prototipos de mayor altura, donde los lineales llegan a 6360 Tn-m en los de nueve pisos, representando un incremento del 170% respecto a los de seis pisos. En cuanto a los dispositivos no lineales, su eficiencia disminuye conforme baja el exponente α , siendo los de $\alpha=0.3$ los menos efectivos en los tres tipos de edificios. Aunque los amortiguadores lineales presentan mayor dispersión

en los resultados, los dispositivos no lineales con $\alpha=0.3$ exhiben menores coeficientes de variación.

6.4. Cumplimiento del objetivo específico con respecto a las aceleraciones de piso

Al incorporar amortiguadores en los prototipos, las aceleraciones de piso aumentan entre 1.09 y 2.32 veces, siendo los lineales los que generan los mayores incrementos, con aceleraciones que alcanzan hasta 45.37 m/s^2 en edificios de 3 pisos, mientras que los no lineales con $\alpha = 0.3$ producen los incrementos más moderados. A medida que disminuye el valor α , el aumento en las aceleraciones de piso es menor. Al predecir las aceleraciones de piso los resultados tienen diferencias menores al 5%, indicando la precisión de las regresiones y ecuaciones propuestas. Además, los prototipos con mayores niveles de ξ_{V1} muestran menores coeficientes de variación. En contraste, los edificios sin amortiguadores presentan mayores dispersión y menor capacidad de aceleración al colapso

6.5. Cumplimiento del objetivo específico referente a distorsiones angulares de piso

A diferencia de otros indicadores que siguen tendencias claras, las distorsiones angulares muestran un comportamiento errático en edificios con amortiguadores. Al incorporar amortiguadores, las distorsiones tienden a aumentar debido a un incremento en la capacidad. Los amortiguadores lineales reducen las distorsiones conforme aumenta ξ_{V1} . Sin embargo, los dispositivos no lineales exhiben un comportamiento más inconsistente, con incrementos en las distorsiones en ciertos casos, especialmente para valores más altos de ξ_{V1} y α . Este incremento en distorsiones, aunque parezca negativo, sugiere una mayor capacidad de los edificios con amortiguadores para soportar deformaciones sin colapsar. Al predecir las distorsiones, los resultados que se obtienen presentan variaciones inferiores al 5% versus a los valores de cálculo, lo que confirma la precisión de las regresiones utilizadas.

VII. RECOMENDACIONES

El enfoque propuesto, que incorpora la energía en cada fase del estudio, proporciona una herramienta para monitorear el colapso numérico de edificios y comprender su comportamiento global ante eventos sísmicos. Este criterio ofrece una perspectiva sobre la interacción entre la energía disipada y la entrada de energía, lo que lo convierte en una metodología aplicable a diferentes tipos de estructuras. En este sentido, se recomienda su extensión a otros sistemas estructurales y el uso de modelos más detallados (tridimensionales, verificación del comportamiento localizado y modos de falla).

El empleo de amortiguadores se recomienda cuando el objetivo es mejorar el desempeño estructural, especialmente para mantener la funcionalidad continua. El dimensionar los disipadores utilizando un enfoque basado en el balance de energía permite optimizar el diseño en función de la demanda de energía. Aunque los fabricantes recomiendan amortiguadores no lineales con un valor de α entre 0.30 y 0.40, este trabajo ha mostrado que los dispositivos lineales pueden ofrecer un mejor desempeño al colapso según los indicadores evaluados, por lo que se recomienda su consideración en futuros diseños.

Es fundamental profundizar en la distribución de energía a lo largo de la altura de la estructura, ya que la mayor parte de la disipación ocurre en los amortiguadores. En este trabajo se ha definido un límite máximo de la energía histerética, considerando el nivel de colapso en prototipos sin estos dispositivos. Por lo tanto, es necesario realizar estudios que utilicen modelos numéricos detallados, integrando de manera explícita la capacidad máxima de la fuerza y carrera. Esto permitiría identificar posibles comportamientos frágiles en las estructuras que cuentan con estos dispositivos. Esto permite desarrollar estrategias más efectivas de mitigación sísmica, ajustadas a las características particulares de cada edificio en función de su tipo y altura, maximizando su prestación global ante sismos.

También, dado que los análisis se han centrado en sistemas aporticados, donde todos los pórticos incluyen amortiguadores, futuros estudios deben explorar el impacto cuando estos dispositivos sólo se utilicen, por ejemplo, en los pórticos perimetrales o cuando se tengan muros.

Además, las ecuaciones propuestas para predecir los indicadores de desempeño han demostrado precisión, lo que sugiere su aplicación en las fases iniciales de diseño, principalmente con el objetivo de alcanzar un IMC objetivo. El análisis proyectado de distorsiones puede ofrecer una estimación del nivel de desempeño estructural, mientras que el análisis de aceleraciones proyectadas proporciona información sobre las fuerzas de anclaje necesarias para elementos no estructurales en condiciones de colapso.

El análisis del desplazamiento inelástico podría perfeccionarse en investigaciones futuras al incorporar el momento exacto en que este se produce y la energía correspondiente en ese instante, dado que en este estudio solo se analizó el desplazamiento máximo con base en la energía total acumulada. Esta sugerencia también es aplicable a otros indicadores donde el objetivo es medir el valor máximo registrado, ya que este no siempre coincide con el estado o instante final.

VIII. REFERENCIAS

- ACI. (2022). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022)*. American Concrete Institute. <https://doi.org/10.14359/51716937>
- Akiyama, H. (2002). Collapse modes of structures under strong motions of earthquake. *Annals of Geophysics*, 45(6), Article 6. <https://doi.org/10.4401/ag-3548>
- Akiyama, H. (2008). Earthquake-resistant limit-state design for buildings. *IISEE/BRI*.
- Alici, F. S., & Sucuoğlu, H. (2023). Predicting the Distribution of Hysteretic Energy Demand in Frame Members. En H. Varum, A. Benavent-Climent, & F. Mollaioli (Eds.), *Energy-Based Seismic Engineering* (pp. 1-13). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36562-1_1
- Arjmand, M., Naderpour, H., & Kheyroddin, A. (2024). Optimal control based on damage of concrete moment-resisting frames retrofitted with nonlinear viscous dampers. *Structures*, 63, 106387. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106387>
- ASCE. (2022). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures ASCE/SEI 7-22* (7.^a ed.). American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784415788>
- ASCE. (2023). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings: ASCE/SEI 41-23*. American Society of Civil Engineers. <https://doi.org/10.1061/9780784416112>
- Bañuelos-García, F., Ayala, A. G., & Escamilla, M. A. (2023). An Energy-Based Seismic Design Procedure with Damage Control for Frames with Linear and Non-linear Fluid Viscous Dampers. En H. Varum, A. Benavent-Climent, & F. Mollaioli (Eds.), *Energy-Based Seismic Engineering* (pp. 192-204). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36562-1_15
- Benavent-Climent, A., Donaire-Ávila, J., & Mollaioli, F. (2021). Key Points and Pending Issues in the Energy-Based Seismic Design Approach. En A. Benavent-Climent & F.

- Mollaioli (Eds.), *Energy-Based Seismic Engineering* (pp. 151-168). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-73932-4_11
- Cáceres Pérez, G., & Pichihua Alata, N. S. (2020). *Reforzamiento estructural para mejorar el nivel de desempeño del Hospital Santa Rosa, implementando el diseño apropiado de amortiguadores fluido viscoso* [Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/652677>
- Çalım, F., Güllü, A., & Yüksel, E. (2023). Elastic and Inelastic Input Energy Correlations: Effects of Damping, Pulse Type, and Significant Duration. En H. Varum, A. Benavent-Climent, & F. Mollaioli (Eds.), *Energy-Based Seismic Engineering* (pp. 138-153). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36562-1_11
- Chalarca, B., Filiatrault, A., & Perrone, D. (2020). Seismic Demand on Acceleration-Sensitive Nonstructural Components in Viscously Damped Braced Frames. *Journal of Structural Engineering*, 146(9), Article 9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0002770](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0002770)
- Chalarca, B., Filiatrault, A., & Perrone, D. (2022). Parametric study and prediction models of the seismic response of single-degree-of-freedom structural systems equipped with Maxwell material fluid viscous dampers. *Structures*, 43, 388-406. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.06.051>
- Chalarca, B., Filiatrault, A., & Perrone, D. (2024). Expected seismic response and annual seismic loss of viscously damped braced steel frames. *Engineering Structures*, 303, 117569. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.117569>
- Cheek, W., & Chmutina, K. (2022). Measuring Resilience in the Assumed City. *International Journal of Disaster Risk Science*, 13, 317-329. <https://doi.org/10.1007/s13753-022-00410-9>

- Cheng, Y., Wang, J., Zhang, Y., & Mollaioli, F. (2023). Empirical Correlations between the Spectral Input Energy and Spectral Acceleration. *Journal of Earthquake Engineering*, 27(6), 1514-1533. <https://doi.org/10.1080/13632469.2022.2083727>
- Chopra, A. K. (2019). *Dynamics of Structures* (Fifth Edition in SI Units). Pearson Education, Inc.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.
- CSI. (2022). *ETABS (Extend Three Dimensional Analysis of Building System), Versión 20.0.1* (Versión 20.0.1) [Software]. <https://www.csiamerica.com/products/etabs>
- Dai, K., He, Z., Li, T., & Yang, Y. (2024). Mitigating ground motion duration impact on steel moment-resisting frames using viscous dampers. *Journal of Constructional Steel Research*, 213, 108430. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2023.108430>
- De Domenico, D., & Hajirasouliha, I. (2021). Multi-level performance-based design optimisation of steel frames with nonlinear viscous dampers. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19(12), Article 12. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01152-7>
- Deniz, D., Song, J., & Hajjar, J. F. (2017). Energy-based seismic collapse criterion for ductile planar structural frames. *Engineering Structures*, 141, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2017.02.051>
- Donaire-Ávila, J., & Benavent-Climent, A. (2020). Optimum Strength Distribution for Structures with Metallic Dampers Subjected to Seismic Loading. *Metals*, 10, 127. <https://doi.org/10.3390/met10010127>
- Donaire-Avila, J., Benavent-Climent, A., & Mollaioli, F. (2023). Influence of the constitutive model in the damage distribution of buildings designed with an energy-based method. *Frontiers in Built Environment*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1190923>
- Eaton, J. W. (2024). *GNU Octave* (Versión 8.4.0) [Software]. <https://octave.org/index>

- Fardis, M. N. (2018). From Force- to Displacement-Based Seismic Design of Concrete Structures and Beyond. En K. Pitilakis (Ed.), *Recent Advances in Earthquake Engineering in Europe* (Vol. 46, pp. 101-122). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75741-4_4
- FEMA. (2009). *Quantification of Building Seismic Performance Factors (FEMA P695)*. Federal Emergency Management Agency.
- FEMA. (2018). *Seismic Performance Assessment of Buildings, FEMA P-58*. Federal Emergency Management Agency. <https://femap58.atcouncil.org/>
- Fuentes Sadowski, J. C. (2020). *Procedimientos para el análisis y diseño de estructuras con sistemas de disipación de energía en el Perú*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/15624>
- Güllü, A., Çalım, F., & Yüksel, E. (2023). Estimation of the story response parameters through the seismic input energy for moment-resisting frames. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 164, 107636. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107636>
- Guo, Y., Wang, S., & Zhang, S. (2024). Seismic performance of building structures based on improved viscous damper seismic design. *Journal of Vibroengineering*, 26(5), Article 5. <https://doi.org/10.21595/jve.2024.23988>
- Hamidia, M., Filiatrault, A., & Aref, A. (2014). *Simplified Seismic Collapse Capacity-Based Evaluation and Design of Frame Buildings with and without Supplemental Damping Systems*. MCEER, University at Buffalo.
- Haselton, C. B., Liel, A. B., Taylor-Lange, S. C., & Deierlein, G. G. (2016). Calibration of Model to Simulate Response of Reinforced Concrete Beam-Columns to Collapse. *ACI Structural Journal*, 113(6), Article 6. <https://doi.org/10.14359/51689245>

- Hu, S., Qiu, C., & Zhu, S. (2023). Floor acceleration control of self-centering braced frames using viscous dampers. *Journal of Building Engineering*, 74, 105944. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.105944>
- Laktionova, A. (2023). Philosophy of Engineering and Design (Technological) Actions. *Filosofska dumka (Philosophical Thought)*, 148-161. <https://doi.org/10.15407/fd2023.01.148>
- Lee, C. S., Mangalathu, S., & Jeon, J.-S. (2024). Machine learning–assisted drift capacity prediction models for reinforced concrete columns with shape memory alloy bars. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 39(4), 595-616. <https://doi.org/10.1111/mice.13112>
- Li, L., Liang, Y., Chen, G., & Yang, D. (2022). Simultaneous layout and size optimization of nonlinear viscous dampers for frame buildings under stochastic seismic excitation. *Engineering Structures*, 273, 115067. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115067>
- Lignos, D. G., & Krawinkler, H. (2011). Deterioration Modeling of Steel Components in Support of Collapse Prediction of Steel Moment Frames under Earthquake Loading. *Journal of Structural Engineering*, 137(11), Article 11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ST.1943-541X.0000376](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0000376)
- Liljequist, D., Elfving, B., & Roaldsen, K. (2019). Intraclass correlation – A discussion and demonstration of basic features. *PLOS ONE*, 14, e0219854. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219854>
- Lin, J. (2022). Vibration Reduction Performance of Structures with Viscous Dampers under Near-Field Earthquakes. *Advances in Civil Engineering*, 2022(1), 1315213. <https://doi.org/10.1155/2022/1315213>

- Martínez Pérez, J. A., & Pérez Martín, P. S. (2023). Coeficiente de correlación intraclase. *Medicina de Familia. SEMERGEN*, 49(3), 101907. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2022.101907>
- Medina, M., Rojas, R., Bustamante, W., Loaiza, R., Martel, C., & Castillo, R. (2023). Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación. En *Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú*. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>
- Mehmandousti, A. M. A., & Jalaeefar, A. (2023). Effect of seismic sequences on behavior of mid-rise steel moment-resisting frames equipped with fluid viscous dampers. *Structures*, 54, 657-668. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.05.108>
- Meigooni, F. S., & Mollaioli, F. (2021). Simulation of seismic collapse of simple structures with energy-based procedures. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 145, 106733. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106733>
- Miao, Z., Liu, Y., Geng, X., & Lu, Y. (2022). Evaluation of seismic collapse resistance of reinforced concrete frames designed with nonlinear viscous dampers. *Structures*, 40, 960-976. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.04.056>
- Mitcham, C. (1998). The Importance of Philosophy to Engineering. *Teorema: International Journal of Philosophy*, 17(3), Article 3.
- Moreno Vivanco, B. C. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico en el rango inelástico de una estructura esencial de concreto armado con disipadores de fluido viscoso* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/179134>
- Mota-Páez, S., Escolano-Margarit, D., & Benavent-Climent, A. (2021). Seismic Response of RC Frames with a Soft First Story Retrofitted with Hysteretic Dampers under Near-

- Fault Earthquakes. *Applied Sciences*, 11(3), Article 3.
<https://doi.org/10.3390/app11031290>
- MVCS. (2020a). *Norma E.020, cargas*. SENCICO.
- MVCS. (2020b). *Norma E.030, diseño sismorresistente*. SENCICO.
- MVCS. (2020c). *Norma E.060, concreto armado*. SENCICO.
- MVCS. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones—RNE*. MVCS.
- Narváez Espinoza, M. E. (2020). *Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos* [Pontificia Universidad Católica del Perú].
<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/171115>
- Navidi, W. (2023). *Statistics for Engineers and Scientists*.
- NIST. (2017). *Guidelines for nonlinear structural analysis and design of buildings*. (NIST GCR 17-917-46v3; Número NIST GCR 17-917-46v3, p. NIST GCR 17-917-46v3). National Institute of Standards and Technology.
<https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.17-917-46v3>
- Oyola-García, A. E. (2021). La variable. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(1), 90-93.
<https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
- Padsumbiya, M., Brahmhatt, V., & Thakkar, S. P. (2022). Automatic Crack Detection Using Convolutional Neural Network. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 6(3), 1-17. <https://doi.org/10.22115/scce.2022.325596.1397>
- PEER. (2010). *Modeling and Acceptance Criteria for Seismic Design and Analysis of Tall Buildings, PEER/ATC 72-1*.
- PEER. (2014). *PEER Ground Motion Database—PEER Center*.
<https://ngawest2.berkeley.edu/>

- PEER. (2024). *Opensees* (Versión 3.6.0) [Software]. <https://opensees.berkeley.edu/>
- Pinilla, J. O., & Rico, A. F. O. (2021). ¿Pearson y Spearman, coeficientes intercambiables? *Comunicaciones en Estadística*, 14(1), Article 1. <https://doi.org/10.15332/23393076.6769>
- Pollini, N. (2024). Simultaneous analysis and design optimization for seismic retrofitting of hysteretic structures with fluid viscous dampers. *Journal of Building Engineering*, 87, 109123. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109123>
- Proietti, G., Pedone, L., D'Amore, S., & Pampanin, S. (2023). Inelastic response spectra for an integrated displacement and energy-based seismic design (DEBD) of structures. *Frontiers in Built Environment*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1264033>
- Raval, B. S., & Mevada, S. V. (2024). Seismic Response Control of Tall Buildings Installed with Linear and Nonlinear Viscous Dampers. *International Journal of Civil Engineering, Volume 11*. <https://doi.org/10.14445/23488352/IJCE-V11I8P105>
- Reinhorn, A., Roh, H., Sivaselvan, M., Kunnath, S., E., V., A., M., C., L., R., L., & J., P. (2009). *IDARC 2D Version 7.0: A Program for the Inelastic Damage Analysis of Structures*. University at Buffalo (UB) MCEER. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2518.8724>
- Rizwan, M., Ahmad, N., Naeem Khan, A., Qazi, S., Akbar, J., & Fahad, M. (2020). Shake table investigations on code non-compliant reinforced concrete frames. *Alexandria Engineering Journal*, 59(1), Article 1. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.12.047>
- Romero-Urréa, H., Cotto, R., Sánchez, J., & Saldarriaga. (2021). *Metodología de la investigación científica*.
- Saldaña Vásquez, K. Y. (2021). Eficiencia de los sistemas de control pasivo en la respuesta sísmica de edificaciones. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/22213>

- Sánchez, M., Calla, M., & Toledo Espinoza, V. (2023). *Obtención de espectros de respuesta de piso en un edificio de concreto armado implementado con disipadores viscosos: Aplicación al análisis sísmico de un tanque de almacenamiento*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.512>
- Scozzese, F., Gioiella, L., Dall'Asta, A., Ragni, L., & Tubaldi, E. (2021). Influence of viscous dampers ultimate capacity on the seismic reliability of building structures. *Structural Safety*, 91, 102096. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2021.102096>
- Sebaq, M. S., Xiao, Y., & Song, G. (2023). Damage indices of steel moment-resisting frames equipped with fluid viscous dampers. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 22(6), 3496-3515. <https://doi.org/10.1080/13467581.2023.2182645>
- Sharma, K. V., Parmar, V., Gautam, L., Choudhary, S., & Gohil, J. (2023). Modelling efficiency of fluid viscous dampers positioning for increasing tall buildings' Resilience to earthquakes induced structural vibrations. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 173, 108108. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108108>
- Shukla, N., Das, A., & Mazumder, T. (2023). Assessment of urban form resilience: A review of literature in the context of the Global South. *Environment, Development and Sustainability*, 1-37. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04058-3>
- Siami Kaleybar, R., & Tehrani, P. (2021). Effects of using different arrangements and types of viscous dampers on seismic performance of intermediate steel moment frames in comparison with different passive dampers. *Structures*, 33, 3382-3396. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.06.079>
- Taboada Saavedra, D. E. (2020). *Respuesta sísmica de un edificio con sistema de aislamiento tipo LRB y amortiguadores viscosos complementarios para la sismicidad peruana*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/15682>

- Taylor Devices, Inc. (2020). *Fluid viscous dampers. General guidelines for engineers including a brief history*. Taylor Devices, Inc. <https://www.taylordevices.com/damper-manual/>
- Toledo Espinoza, V. (2021). *Distribución de energía entre disipadores viscosos y póricos con respuesta no lineal: Aplicación a los métodos basados en el balance energético [tesis de maestría, Universidad Politécnica de Madrid]*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Tropea, G. A., Angelucci, G., Bernardini, D., Quaranta, G., & Mollaioli, F. (2023). New Energy Based Metrics to Evaluate Building Seismic Capacity. En H. Varum, A. Benavent-Climent, & F. Mollaioli (Eds.), *Energy-Based Seismic Engineering* (pp. 72-86). Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36562-1_6
- Veluwenkamp, H., Hopster, J., Köhler, S., & Löhr, G. (2024). Socially Disruptive Technologies and Conceptual Engineering. *Ethics and Information Technology*, 26(4), 65. <https://doi.org/10.1007/s10676-024-09804-3>
- Zhang, W., Pradhan, B., Stuyts, B., & Xu, C. (2023). Application of artificial intelligence in geotechnical and geohazard investigations. *Geological Journal*, 58(6), 2187-2194. <https://doi.org/10.1002/gj.4779>
- Zhou, Y., Sebaq, M.S., & Xiao, Y. (2022a). Energy dissipation demand and distribution for multi-story buildings with fluid viscous dampers. *Engineering Structures*, 253, 113813. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.113813>
- Zhou, Y., Xiao, Y., & Samier Sebaq, M. (2022b). Energy-based fragility curves of building structures equipped with viscous dampers. *Structures*, 44, 1660-1679. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2022.08.101>

IX. ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia

En la Tabla A1 se presenta la matriz de consistencia.

Tabla A1

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variable	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, Lima 2024?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024.</p>	<p>Hipótesis general: Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede evaluar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, Lima 2024.</p>	<p>Independiente: Edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Masa (T_n-s2/m) • Índice de colapso, IC (-) • Relación de amortiguamiento añadida, ξ_{v1} (%) • Exponente de la velocidad en amortiguadores, α (-) 	<p>Por Enfoque: Cuantitativa.</p> <p>Por Propósito: Aplicada.</p> <p>Nivel: Explicativo.</p> <p>Diseño: Cuasiexperimental</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024? • ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024? 	<p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Estimar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. 	<p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede analizar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede estimar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, considerando la relación entre la energía histerética estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. 	<p>Dependiente: Desempeño al colapso sísmico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de margen de colapso, IMC (-) • Relación entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía (%) 	<p>Población: Edificios de concreto armado tipo OMF, de 03, 06 y 09 pisos, implementados con disipadores viscosos lineales y no lineales.</p> <p>Muestra: No probabilística a conveniencia del trabajo de investigación.</p> <p>Instrumentos: Técnica observacional con</p>

<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024? • ¿Cómo el equipamiento con amortiguadores viscosos influye en el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024? 	<ul style="list-style-type: none"> • Calcular el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024. • Determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede calcular de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024. • Se prevé que el desempeño al colapso sísmico para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos se puede determinar de manera coherente empleando procedimientos basados en energía, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aceleraciones de piso (m/s²) • Distorsiones angulares de piso (%) <p>uso de fichas técnicas. La validez y confiabilidad será evaluada por medio del “juicio de expertos”.</p>
--	--	--	---

Anexo B. Validación y confiabilidad de instrumentos

En este anexo se presentan la validación y el análisis de confiabilidad de los instrumentos, que consistieron en fichas técnicas (ver Figuras B1, B2 y B3). La validación fue realizada por tres expertos, cuyas evaluaciones se detallan en las Figuras B4 a B9. Dichos expertos calificaron diez aspectos: adecuación, objetividad, actualidad, organización, suficiencia, pertinencia, consistencia, coherencia, metodología y aplicación. Para que las fichas fueran consideradas válidas, fue necesario obtener una puntuación superior a 4, lo cual se logró en esta evaluación, como se observa con los valores promedio de la Tabla B1.

Los expertos encargados de la validación fueron la Doctora Olga Mercedes Viloria Ortiz, el Doctor Rick Milton Delgadillo Ayala y el Doctor Edwin Martin Pino Vargas. Al solicitar la evaluación de la primera experta, esta realizó observaciones que se corrigieron antes de someter las fichas a la revisión de los dos siguientes expertos. Por ello, se incluye la evaluación de la primera experta para ilustrar el proceso seguido, ya que con una nueva evaluación se hubiera alcanzado un puntaje incluso mayor.

Para analizar la fiabilidad y consistencia de los datos obtenidos y calculados en las fichas técnicas, se llevó a cabo un análisis de fiabilidad estadística utilizando herramientas como el coeficiente de correlación intraclass (ICC), el alfa de Cronbach y el omega de McDonald. Dado que los indicadores estudiados son cuantitativos, se consideró que el ICC era el método más adecuado, ya que los datos son repetitivos y se busca evaluar la consistencia entre los prototipos. En cambio, el alfa de Cronbach y el omega de McDonald resultan más apropiados para evaluar la fiabilidad de conjuntos de datos, como los derivados de cuestionarios.

Según Martínez y Pérez (2023), así como Liljequist et al. (2019), el ICC es un parámetro estadístico empleado para analizar la consistencia y el acuerdo absoluto entre mediciones repetidas obtenidas de los registros de los movimientos del terreno utilizados (evaluadores o

raters), considerando como sujetos a los prototipos con distintas variaciones en la relación de amortiguamiento suplementario y el exponente de velocidad, lo que configura un diseño de medidas repetidas. Se aplicó un modelo de dos vías, ICC(2,k), con las variantes de acuerdo (agreement) para evaluar la proximidad de las mediciones en términos absolutos, y la variante de consistencia (consistency) para medir la correlación, sin tomar en cuenta las diferencias de escala derivadas de la variabilidad de los terremotos. Un ICC superior a 0.75 se considera indicativo de buena consistencia. Se calcularon ICC tanto para mediciones individuales (single) como para el promedio de valoraciones (average). El cálculo del ICC requiere evaluar la variabilidad entre sujetos, entre evaluadores y la residual, parámetros similares a los utilizados en el análisis ANOVA. Las ecuaciones utilizadas en este estudio son las siguientes:

$$ICC_{A,1} = \frac{MS_{Suj} - MS_{Res}}{MS_{Suj} + (k - 1)MS_{Res} + \frac{k}{n}(MS_{Eval} - MS_{Res})} \quad (53)$$

$$ICC_{A,k} = \frac{MS_{Suj} - MS_{Res}}{MS_{Suj} + \frac{MS_{Eval} - MS_{Res}}{n}} \quad (54)$$

$$ICC_{C,1} = \frac{MS_{Suj} - MS_{Res}}{MS_{Suj} + (k - 1)MS_{Res}} \quad (55)$$

$$ICC_{C,k} = \frac{MS_{Suj} - MS_{Res}}{MS_{Suj}} \quad (56)$$

donde, $ICC_{A,1}$ es el ICC con un modelo de acuerdo y medición única, $ICC_{A,k}$ es el ICC con un modelo de acuerdo y medición promedio, $ICC_{C,1}$ es el ICC con un modelo de consistencia y medición única, $ICC_{C,k}$ es el ICC con un modelo de consistencia y medición promedio, MS_{Suj} es la varianza entre los prototipos, MS_{Eval} es la varianza entre los evaluadores (terremotos), MS_{Res} es el error residual, k es el número de resultados por terremoto (en total 60) y n es el número de prototipos.

El alfa de Cronbach evalúa la consistencia interna de un conjunto de ítems o mediciones, analizando cómo se correlacionan entre sí, asumiendo que todas miden un mismo constructo subyacente, como podría ser un indicador del estudio, por ejemplo, el IMC bajo distintos terremotos. Sin embargo, dado que los prototipos presentan variaciones en el amortiguamiento suplementario y los exponentes de velocidad, al evaluarse de forma conjunta no corresponden a un único constructo. Por ello, los resultados se presentan solo como referencia, ya que el alfa de Cronbach no sería el parámetro más adecuado para el análisis de fiabilidad en este caso. El alfa de Cronbach se calcula según la Ecuación 56.

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum \text{Varianza de los ítems}}{\text{Varianza total}} \right) \quad (57)$$

El omega de McDonald es una alternativa más moderna y precisa al alfa de Cronbach, ya que considera el peso diferencial de cada medición en la fiabilidad total. Resulta útil cuando las mediciones contribuyen de manera desigual al constructo. Sin embargo, al igual que el alfa de Cronbach, el omega de McDonald no es adecuado en este caso, dado que no se está evaluando un único constructo, por lo que sus resultados no serían relevantes. Su cálculo se realiza según la Ecuación 57.

$$\omega = \frac{\sum \text{Covarianzas entre los ítems}}{\text{Varianza total}} \quad (58)$$

La Tabla B2 muestra los resultados del ICC, alfa de Cronbach y omega de McDonald, para los prototipos agrupados por piso y luego para todos en conjunto. Los cálculos se presentan por cada indicador de forma individual, ya que no es aconsejable combinar diferentes tipos de indicadores (como ocurre con el alfa de Cronbach), dado que representan magnitudes físicas

distintas. El objetivo es evaluar la consistencia o el acuerdo del impacto de los terremotos sobre un indicador específico, y mezclar distintos indicadores podría distorsionar los resultados, afectando la precisión y la interpretabilidad del ICC.

Los valores del ICC de consistencia indican que los resultados de los indicadores mantienen un orden relativo entre ellos, lo que demuestra que la variabilidad de los terremotos genera valores consistentes. En contraste, los ICC de acuerdo muestran que los resultados no son cercanos en valor absoluto, lo cual es comprensible, ya que los prototipos varían según los parámetros utilizados en su diseño. Los valores de ICC para mediciones individuales (single) presentan menor consistencia, ya que son más útiles cuando se emplea una sola medición. Sin embargo, en este estudio es más apropiado utilizar los ICC promedios, debido a la naturaleza de los prototipos y la variedad de terremotos, lo que atenúa el efecto de un evento sísmico específico. Por lo tanto, lo correcto es verificar la consistencia utilizando los ICC de consistencia y promedios. En conclusión, los resultados obtenidos en las fichas técnicas son consistentes y confiables, con valores de ICC cercanos a 0.90, lo que indica una alta fiabilidad entre los diferentes prototipos y los indicadores evaluados bajo distintos terremotos.

Figura B1

Ficha técnica 01: índice de margen de colapso y distribución de energía en prototipos

FICHA TÉCNICA 01: ÍNDICE DE MARGEN DE COLAPSO Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA EN PROTOTIPOS

Investigación: **Desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024.**

Indicador: **Índice de margen de colapso (IMC) y relación entre la energía histerética estructural, la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía**

Prototipo:

Xsi (ξ_v):

Alfa (α):

	S_{CT}/S_{MT}	Energías al colapso y relaciones entre ellas					
		E_i (Tn-m)	E_{D2} (Tn-m)	E_p (Tn-m)	E_{damper}/E_p	E_{damper}/E_{input}	E_p/E_{input}
Movimiento 01							
Movimiento 02							
Movimiento 03							
Movimiento 04							
Movimiento 05							
Movimiento 06							
Movimiento 07							
Movimiento 08							
Movimiento 09							
Movimiento 10							
Movimiento 11							
Movimiento 12							
Movimiento 13							
Movimiento 14							
Movimiento 15							
Movimiento 16							
Movimiento 17							
Movimiento 18							
Movimiento 19							
Movimiento 20							
Máximos	IMC*						
Promedio							
Mediana							
Desv. Est.							

La ficha registrará los resultados de los 30 pares de movimientos del terreno que se emplearán en el estudio.

E_i : entrada de energía (input).

E_{D2} : energía disipada por los amortiguadores viscosos.

E_p : energía disipada por la estructura principal (energía histerética estructural).

En "Prototipo" indicar si corresponde al N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) o N9 (09 pisos).

En "Xsi (ξ_v)" indicar la relación de amortiguamiento suplementaria (5, 10, 20, 30 o 40%), en los prototipos sin amortiguadores colocar

En "Alfa (α)" indicar el exponente de velocidad utilizado (0.3, 0.5, 0.7 o 1.0), en los prototipos sin amortiguadores colocar "--".

S_{CT}/S_{MT} , es el índice de colapso o IC, según el indicador de la variable independiente.

***El indicador "índice de margen de colapso" o IMC de la variable dependiente, es la mediana de los valores S_{CT}/S_{MT} , por tanto, no s requiere una ficha técnica adicional**

Figura B2

Ficha técnica 02: índice de margen de colapso y aceleraciones de piso en prototipos

FICHA TÉCNICA 02: ÍNDICE DE MARGEN DE COLAPSO Y ACELERACIONES DE PISO EN PROTOTIPOS

Investigación: Desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024.

Indicador: Índice de margen de colapso (IMC) y aceleraciones de piso (m/s²)

Prototipo:

Xsi (ξv) :

Alfa (α) :

	S _{CT} /S _{MT}	Aceleraciones de piso																	
		Piso 01		Piso 02		Piso 03		Piso 04		Piso 05		Piso 06		Piso 07		Piso 08		Piso 09	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Movimiento 01																			
Movimiento 02																			
Movimiento 03																			
Movimiento 04																			
Movimiento 05																			
Movimiento 06																			
Movimiento 07																			
Movimiento 08																			
Movimiento 09																			
Movimiento 10																			
Movimiento 11																			
Movimiento 12																			
Movimiento 13																			
Movimiento 14																			
Movimiento 15																			
Movimiento 16																			
Movimiento 17																			
Movimiento 18																			
Movimiento 19																			
Movimiento 20																			
Movimiento 21																			
Movimiento 22																			
Movimiento 23																			
Movimiento 24																			
Movimiento 25																			
Máximos	IMC*																		
Promedio																			
Desv. Est.																			

La ficha registrará los resultados de los 30 pares de movimientos del terreno que se emplearán en el estudio.

En "Prototipo" indicar si corresponde al N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) o N9 (09 pisos).

En "Xsi (ξv)" indicar la relación de amortiguamiento suplementaria utilizada (5, 10, 20, 30 o 40%), en los prototipos sin amortiguadores colocar "cero".

En "Alfa (α)" indicar el exponente de velocidad utilizado (0.3, 0.5, 0.7 o 1.0), en los prototipos sin amortiguadores colocar "cero".

S_{CT}/S_{MT}, es el índice de colapso o IC, según el indicador de la variable independiente.

Se registrarán valores máximos y mínimos por piso, que servirán para obtener los máximos absolutos por todo el prototipo.

Dependiendo del número de pisos del prototipo se utilizarán todas las columnas (pisos) o sólo las necesarias.

*El indicador "índice de margen de colapso" o IMC de la variable dependiente, es la mediana de los valores S_{CT}/S_{MT}, por tanto, no se requiere una ficha técnica adicional

Figura B3

Ficha técnica 03: índice de margen de colapso y distorsiones angulares de piso en prototipos

FICHA TÉCNICA 03: ÍNDICE DE MARGEN DE COLAPSO Y DISTORSIONES ANGULARES DE PISO EN PROTOTIPOS

Investigación: Desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aporticados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024.

Indicador: Índice de margen de colapso (IMC) y distorsiones angulares de piso (%)

Prototipo:

Xsi (ξ_v):

Alfa (α):

	S_{CI}/S_{MT}	Distorsiones angulares de piso																	
		Piso 01		Piso 02		Piso 03		Piso 04		Piso 05		Piso 06		Piso 07		Piso 08		Piso 09	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min
Movimiento 01																			
Movimiento 02																			
Movimiento 03																			
Movimiento 04																			
Movimiento 05																			
Movimiento 06																			
Movimiento 07																			
Movimiento 08																			
Movimiento 09																			
Movimiento 10																			
Movimiento 11																			
Movimiento 12																			
Movimiento 13																			
Movimiento 14																			
Movimiento 15																			
Movimiento 16																			
Movimiento 17																			
Movimiento 18																			
Movimiento 19																			
Movimiento 20																			
Movimiento 21																			
Movimiento 22																			
Movimiento 23																			
Movimiento 24																			
Movimiento 25																			
Máximos	IMC*																		
Promedio																			
Desv. Est.																			

La ficha registrará los resultados de los 30 pares de movimientos del terreno que se emplearán en el estudio.

En "Prototipo" indicar si corresponde al N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) o N9 (09 pisos).

En "Xsi (ξ_v)" indicar la relación de amortiguamiento suplementaria utilizada (5, 10, 20, 30 o 40%), en los prototipos sin amortiguadores colocar "--".

En "Alfa (α)" indicar el exponente de velocidad utilizado (0.3, 0.5, 0.7 o 1.0), en los prototipos sin amortiguadores colocar "--".

S_{CI}/S_{MT} , es el índice de colapso o IC, según el indicador de la variable independiente.


Se registrarán valores máximos y mínimos por piso, que servirán para obtener los máximos absolutos por todo el prototipo.

Dependiendo del número de pisos del prototipo se utilizarán todas las columnas (pisos) o sólo las necesarias.

*El indicador "índice de margen de colapso" o IMC de la variable dependiente, es la mediana de los valores S_{CI}/S_{MT} , por tanto, no se requiere una ficha técnica adicional

Figura B4

Evaluación de experto 01: identificación del experto y evaluación general de los instrumentos

Identificación del experto	
Nombre y apellidos	Olga Mercedes Viloria Ortiz
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Docente Taller Investigación IC Doctor UTP
e-mail	o21956@utp.edu.pe olgamercedeviloria@gmail.com
Teléfono o celular	912878154
Fecha de la validación (día, mes y año):	19/06/2024
Firma	

Evaluación de fichas técnicas: valoración general del instrumento												
Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:												
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que puedan llenarse adecuadamente (ver las fichas técnicas de la investigación en el anexo adjunto)				SI	NO							
					X							
Evaluación general del instrumento												
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Excelente</th> <th>Buena</th> <th>Regular</th> <th>Deficiente</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Excelente	Buena	Regular	Deficiente			X	
Excelente	Buena	Regular	Deficiente									
		X										
Validez de contenido del instrumento												
Observaciones y recomendaciones:												
Motivos por los que se considera no adecuada												
Motivos por los que se considera no pertinente												
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)		VER OBSERVACIONES										
OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES												
<ol style="list-style-type: none"> 1. Antes de corregir fichas técnicas corregir la MC (verbo más tangible OE2) 2. Las Hipótesis de la MC no recoge un pronóstico de los indicadores o subvariables 3. Poco visible la información de fichas. Ampliar en formato horizontal las fichas técnicas de registro, agregar fila (para separar inputs de outputs) 4. Ampliar el espacio donde se obtiene datos 5. En la ficha 2, agregar otra fila con el nombre del indicador: "Aceleración". De la misma manera en la ficha 3 												

Figura B5

Evaluación de experto 01: evaluación de las fichas técnicas



Evaluación ficha técnica 01: índice de margen de colapso y distribución de energía en los prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)					
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = en desacuerdo, 2 = algo en desacuerdo, 3 = en acuerdo, 4 = totalmente en acuerdo, 5 = algo de acuerdo, 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo				
	1	2	3	4	5
1. ADecuACION: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se complementa con facilidad (datos, gráficos, su unidades).				X	
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, relacionados a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.			X		
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				X	
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, considerando la relación entre las curvas histéresis cíclicas, la dispersión por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. 					X
7. CONSISTENCIA: permite conseguir datos basados en teorías o métodos reconocidos.					X
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X
Observaciones y recomendaciones: Motivos por los que se considere no adecuada: Motivos por los que se considere pertinente: No coincide el indicador 6 de este instrumento con el objetivo específico 1 de la MC (análisis de desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados.....) Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión): Modificar OE 2 (El verbo estudiar, es intrínseco y ambiguo)					
OE1: Analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados.....					

Evaluación ficha técnica 02: índice de margen de colapso y aceleraciones de piso en prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)					
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = en desacuerdo, 2 = algo en desacuerdo, 3 = en acuerdo, 4 = totalmente en acuerdo, 5 = algo de acuerdo, 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo				
	1	2	3	4	5
1. ADecuACION: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se complementa con facilidad (datos, gráficos, su unidades).				X	
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, relacionados a las leyes y principios científicos.				X	
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.			X		
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024. 					X
7. CONSISTENCIA: permite conseguir datos basados en teorías o métodos reconocidos.					X
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.				X	
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X
Observaciones y recomendaciones: Motivos por los que se considere no adecuada: Motivos por los que se considere pertinente: No coincide el indicador 6 de este instrumento con el OE 2 De la MC Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión): Modificar OE 1 (El verbo estudiar, es intrínseco y ambiguo)					
OE1: Analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados.....					

Evaluación ficha técnica 03: índice de margen de colapso y distorsiones angulares de piso en prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)					
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: (1 = en desacuerdo, 2 = algo en desacuerdo, 3 = en acuerdo, 4 = totalmente en acuerdo, 5 = algo de acuerdo, 6 = muy de acuerdo)	Grado de acuerdo				
	1	2	3	4	5
1. ADecuACION: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se complementa con facilidad (datos, gráficos, su unidades).					X
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, relacionados a las leyes y principios científicos.					X
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.			X		
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 02 de la investigación determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apertados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. 					X
7. CONSISTENCIA: permite conseguir datos basados en teorías o métodos reconocidos.					X
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X
Observaciones y recomendaciones: Motivos por los que se considere no adecuada: Motivos por los que se considere pertinente: Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión): VER OBSERVACIONES					

Figura B6

Evaluación de experto 02: identificación del experto y evaluación general de los instrumentos

Identificación del experto	
Nombre y apellidos	Rick Milton Delgadillo Ayala
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	Ingeniero Civil, con grado académico de Doctor en Ingeniería Civil otorgado por la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC-Barcelona Tech). Docente e investigador en el Departamento Académico de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú y en la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
e-mail	rick.delgadillo@puap.pe
Teléfono o celular	986 262 604
Fecha de la validación (día, mes y año):	11-06-2024
Firma	 

Evaluación de fichas técnicas: valoración general del Instrumento					
Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:					
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que puedan leerse adecuadamente (ver las fichas técnicas de la investigación en el anexo adjunto)				SI	NO
				X	
Evaluación general del instrumento					
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente	
Validez de contenido del instrumento	X				
Observaciones y recomendaciones:					
Motivos por los que se considera no adecuada					
Motivos por los que se considera no pertinente					
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)					

Figura B7

Evaluación de experto 02: evaluación de las fichas técnicas


Evaluación ficha técnica 01: índice de margen de colapso y distribución de energía en los prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)					
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: <small>(1 = muy en desacuerdo; 2 = algo en desacuerdo; 3 = su acuerdo en desacuerdo; 4 = algo de acuerdo; 5 = muy de acuerdo)</small>	Grado de acuerdo				
	1	2	3	4	5
1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua)					X
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos					X
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica					X
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación <ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. 					X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. 					X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 02 de la investigación: estimar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, considerando la relación entre la energía histéresis estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. 					X
7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos					X
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables					X
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación					X
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente					X
Observaciones y recomendaciones:					
Motivos por los que se considera no adecuada					
Motivos por los que se considera no pertinente					
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)					

Evaluación ficha técnica 02: índice de margen de colapso y aceleraciones de piso en prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)					
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: <small>(1 = muy en desacuerdo; 2 = algo en desacuerdo; 3 = su acuerdo en desacuerdo; 4 = algo de acuerdo; 5 = muy de acuerdo)</small>	Grado de acuerdo				
	1	2	3	4	5
1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua)					X
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos					X
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica					X
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación <ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. 					X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. 					X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 03 de la investigación: calcular el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las inclinaciones de piso, Lima 2024. 					X
7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos					X
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables					X
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación					X
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente					X
Observaciones y recomendaciones:					
Motivos por los que se considera no adecuada					
Motivos por los que se considera no pertinente					
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)					

Evaluación ficha técnica 03: índice de margen de colapso y distorsiones angulares de piso en prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)					
Indique su grado de acuerdo frente a las siguientes afirmaciones: <small>(1 = muy en desacuerdo; 2 = algo en desacuerdo; 3 = su acuerdo en desacuerdo; 4 = algo de acuerdo; 5 = muy de acuerdo)</small>	Grado de acuerdo				
	1	2	3	4	5
1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua)					X
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos					X
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología					X
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica					X
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales					X
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación <ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. 					X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. 					X
<ul style="list-style-type: none"> Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 04 de la investigación: determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios aportados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. 					X
7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos					X
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables					X
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación					X
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente					X
Observaciones y recomendaciones:					
Motivos por los que se considera no adecuada					
Motivos por los que se considera no pertinente					
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)					

Figura B8

Evaluación de experto 03: identificación del experto y evaluación general de los instrumentos

Identificación del experto	
Nombre y apellidos	EDWIN MARTIN PINO VARGAS
Filiación (ocupación, grado académico y lugar de trabajo):	ING. CIVIL, INE. OBSTACIA, MSc. Docentes Médicos, Ph.D. Recursos Humanos Universidad Nacional José Bernardo C.
e-mail	epinov. @ unjbg. edu. pe
Teléfono o celular	952 29 8638
Fecha de la validación (día, mes y año):	26-09-2024
Firma	

Evaluación de fichas técnicas: valoración general del instrumento				
Por favor, marque con una X la respuesta escogida de entre las opciones que se presentan:				
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para que puedan llenarse adecuadamente (ver las fichas técnicas de la investigación en el anexo adjunto)		sí	no	
	<input checked="" type="checkbox"/>			
Evaluación general del instrumento				
	Excelente	Buena	Regular	Deficiente
Validez de contenido del instrumento	<input checked="" type="checkbox"/>			
Observaciones y recomendaciones:				
Motivos por los que se considera no adecuada				
Motivos por los que se considera no pertinente				
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)				

Figura B9

Evaluación de experto 03: evaluación de las fichas técnicas

<p style="text-align: center;">Evaluación ficha técnica 01: índice de margen de colapso y distribución de energía en los prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5" style="text-align: center;">Grado de acuerdo</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 02 de la investigación: estimar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, considerando la relación entre la energía histérea estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Observaciones y recomendaciones:</td> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Motivos por los que se considera no adecuada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Motivos por los que se considera no pertinente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)</td> <td></td> </tr> </table>		Grado de acuerdo					1	2	3	4	5	1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).					X	2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.					X	3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X	4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.					X	5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X	6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 02 de la investigación: estimar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, considerando la relación entre la energía histérea estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. 					X	7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.					X	8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X	9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X	10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X	Observaciones y recomendaciones:		Motivos por los que se considera no adecuada		Motivos por los que se considera no pertinente		Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)		<p style="text-align: center;">Evaluación ficha técnica 02: índice de margen de colapso y aceleraciones de piso en prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5" style="text-align: center;">Grado de acuerdo</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 03 de la investigación: calcular el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024. </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Observaciones y recomendaciones:</td> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Motivos por los que se considera no adecuada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Motivos por los que se considera no pertinente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)</td> <td></td> </tr> </table>		Grado de acuerdo					1	2	3	4	5	1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).					X	2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.					X	3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X	4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.					X	5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X	6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 03 de la investigación: calcular el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024. 					X	7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.					X	8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X	9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X	10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X	Observaciones y recomendaciones:		Motivos por los que se considera no adecuada		Motivos por los que se considera no pertinente		Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)		<p style="text-align: center;">Evaluación ficha técnica 03: índice de margen de colapso y distorsiones angulares de piso en prototipos N3 (03 pisos), N6 (06 pisos) y N9 (09 pisos)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5" style="text-align: center;">Grado de acuerdo</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 04 de la investigación: determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. </td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> <tr> <td>10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">X</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Observaciones y recomendaciones:</td> </tr> <tr> <td style="width: 70%;">Motivos por los que se considera no adecuada</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Motivos por los que se considera no pertinente</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)</td> <td></td> </tr> </table>		Grado de acuerdo					1	2	3	4	5	1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).					X	2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.					X	3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X	4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.					X	5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X	6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 04 de la investigación: determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. 					X	7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.					X	8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X	9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X	10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X	Observaciones y recomendaciones:		Motivos por los que se considera no adecuada		Motivos por los que se considera no pertinente		Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)	
		Grado de acuerdo																																																																																																																																																																																																																																													
	1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																										
1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).					X																																																																																																																																																																																																																																										
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.					X																																																																																																																																																																																																																																										
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X																																																																																																																																																																																																																																										
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.					X																																																																																																																																																																																																																																										
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X																																																																																																																																																																																																																																										
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 02 de la investigación: estimar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, considerando la relación entre la energía histérea estructural, la disipada por los amortiguadores y la entrada de energía, Lima 2024. 					X																																																																																																																																																																																																																																										
7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.					X																																																																																																																																																																																																																																										
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X																																																																																																																																																																																																																																										
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X																																																																																																																																																																																																																																										
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X																																																																																																																																																																																																																																										
Observaciones y recomendaciones:																																																																																																																																																																																																																																															
Motivos por los que se considera no adecuada																																																																																																																																																																																																																																															
Motivos por los que se considera no pertinente																																																																																																																																																																																																																																															
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)																																																																																																																																																																																																																																															
	Grado de acuerdo																																																																																																																																																																																																																																														
	1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																										
1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).					X																																																																																																																																																																																																																																										
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.					X																																																																																																																																																																																																																																										
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X																																																																																																																																																																																																																																										
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.					X																																																																																																																																																																																																																																										
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X																																																																																																																																																																																																																																										
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 03 de la investigación: calcular el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, con respecto a las aceleraciones de piso, Lima 2024. 					X																																																																																																																																																																																																																																										
7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.					X																																																																																																																																																																																																																																										
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X																																																																																																																																																																																																																																										
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X																																																																																																																																																																																																																																										
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X																																																																																																																																																																																																																																										
Observaciones y recomendaciones:																																																																																																																																																																																																																																															
Motivos por los que se considera no adecuada																																																																																																																																																																																																																																															
Motivos por los que se considera no pertinente																																																																																																																																																																																																																																															
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)																																																																																																																																																																																																																																															
	Grado de acuerdo																																																																																																																																																																																																																																														
	1	2	3	4	5																																																																																																																																																																																																																																										
1. ADECUACIÓN: adecuadamente formulada para los resultados que se obtendrán. La ficha se comprende con facilidad (clara, precisa, no ambigua).					X																																																																																																																																																																																																																																										
2. OBJETIVIDAD: permite medir hechos observables, adecuada a las leyes y principios científicos.					X																																																																																																																																																																																																																																										
3. ACTUALIDAD: adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X																																																																																																																																																																																																																																										
4. ORGANIZACIÓN: presentación ordenada y organización lógica.					X																																																																																																																																																																																																																																										
5. SUFICIENCIA: comprende aspectos en cantidad y calidad, tomando en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.					X																																																																																																																																																																																																																																										
6. PERTINENCIA: contribuye a recoger información relevante para la investigación. <ul style="list-style-type: none"> • Es pertinente para lograr el OBJETIVO GENERAL de la investigación: evaluar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 01 de la investigación: analizar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, en lo que concierne al índice de margen de colapso, Lima 2024. • Es pertinente para lograr el OBJETIVO ESPECÍFICO 04 de la investigación: determinar el desempeño al colapso sísmico basado en energía para edificios apartados de concreto armado equipados con amortiguadores viscosos, referente a las distorsiones angulares de piso, Lima 2024. 					X																																																																																																																																																																																																																																										
7. CONSISTENCIA: pretende conseguir datos basados en teorías o modelos teóricos.					X																																																																																																																																																																																																																																										
8. COHERENCIA: entre indicadores, dimensiones y variables.					X																																																																																																																																																																																																																																										
9. METODOLOGÍA: la estrategia responde al propósito de la investigación.					X																																																																																																																																																																																																																																										
10. APLICACIÓN: los resultados permiten un tratamiento estadístico pertinente.					X																																																																																																																																																																																																																																										
Observaciones y recomendaciones:																																																																																																																																																																																																																																															
Motivos por los que se considera no adecuada																																																																																																																																																																																																																																															
Motivos por los que se considera no pertinente																																																																																																																																																																																																																																															
Propuestas de mejora (modificación, sustitución o supresión)																																																																																																																																																																																																																																															

Tabla B1

Resultados de la validación por expertos para la ficha técnica 01: índice de margen de colapso y distribución de energía en prototipos

Aspecto	Experto 01	Experto 02	Experto 03	Promedio
Adecuación	5	5	4	4.67
Objetividad	5	5	4	4.67
Actualidad	5	5	4	4.67
Organización	5	5	3	4.33
Suficiencia	5	5	4	4.67
Pertinencia (Objetivo General)	5	5	5	5.00
Pertinencia (Objetivo Específico 01)	5	5	2	4.00
Pertinencia (Objetivo Específico 02)	5	5	2	4.00
Consistencia	5	5	5	5.00
Coherencia	5	5	5	5.00

Tabla B2

Resultados de la validación por expertos para la ficha técnica 02: índice de margen de colapso y aceleraciones de piso en prototipos

Aspecto	Experto 01	Experto 02	Experto 03	Promedio
Adecuación	5	5	4	4.67
Objetividad	5	5	4	4.67
Actualidad	5	5	5	5.00
Organización	5	5	3	4.33
Suficiencia	5	5	5	5.00
Pertinencia (Objetivo General)	5	5	5	5.00
Pertinencia (Objetivo Específico 01)	5	5	2	4.00
Pertinencia (Objetivo Específico 02)	5	5	2	4.00
Consistencia	5	5	5	5.00
Coherencia	5	5	3	4.33

Tabla B3

Resultados de la validación por expertos para la ficha técnica 03: índice de margen de colapso y distorsiones angulares de piso en prototipos

Aspecto	Experto 01	Experto 02	Experto 03	Promedio
Adecuación	5	5	4	4.67
Objetividad	5	5	4	4.67
Actualidad	5	5	5	5.00
Organización	5	5	3	4.33
Suficiencia	5	5	5	5.00
Pertinencia (Objetivo General)	5	5	5	5.00
Pertinencia (Objetivo Específico 01)	5	5	2	4.00
Pertinencia (Objetivo Específico 02)	5	5	2	4.00
Consistencia	5	5	5	5.00
Coherencia	5	5	3	4.33

Tabla B4*Resultados del análisis de fiabilidad*

ID	Prototipo	MS _{Suj}	MS _{Eval}	MS _{Res}	ICC _{A,l}	ICC _{A,k}	ICC _{C,l}	ICC _{C,k}	F	pvalue	α	ω
IMC	Pisos 3	51.08	41.74	0.100	0.763	0.985	0.962	0.998	513.23	0	0.998	0.983
IMC	Pisos 6	44.66	50.32	0.250	0.672	0.976	0.899	0.994	178.35	0	0.994	0.950
IMC	Pisos 9	44.51	62.15	0.361	0.614	0.969	0.860	0.992	123.37	0	0.992	0.911
IMC	Pisos 3-6-9	132.29	51.25	0.364	0.645	0.991	0.858	0.997	363.7	0	0.997	0.894
Acel	Pisos 3	39054	5591	57	0.929	0.996	0.972	0.999	689.69	0	0.999	0.996
Acel	Pisos 6	38222	9157	150	0.864	0.992	0.927	0.996	254.86	0	0.996	0.986
Acel	Pisos 9	52509	13052	242	0.851	0.991	0.915	0.995	216.71	0	0.995	0.970
Acel	Pisos 3-6-9	128220	11102	171	0.858	0.997	0.926	0.999	749.81	0	0.999	0.976
DAP	Pisos 3	0.00285	0.00358	0.00023	0.312	0.901	0.360	0.918	12.248	0	0.918	0.436
DAP	Pisos 6	0.00300	0.00234	0.00015	0.429	0.938	0.482	0.949	19.574	0	0.949	0.525
DAP	Pisos 9	0.00261	0.00421	0.00017	0.337	0.911	0.414	0.934	15.134	0	0.934	0.458
DAP	Pisos 3-6-9	0.00592	0.00514	0.00022	0.237	0.949	0.298	0.962	26.51	0	0.962	0.335
W _{D2} /W _p	Pisos 3	22.74	398.77	1.624	0.114	0.719	0.394	0.929	14.005	0	0.929	0.986
W _{D2} /W _p	Pisos 6	44.28	637.30	5.095	0.111	0.715	0.278	0.885	8.6893	0	0.885	0.610
W _{D2} /W _p	Pisos 9	20.48	696.98	2.353	0.061	0.565	0.278	0.885	8.7023	0	0.885	0.608
W _{D2} /W _p	Pisos 3-6-9	79.88	578.48	3.051	0.092	0.859	0.296	0.962	26.187	0	0.962	0.642
W _{D2} /E _l	Pisos 3	0.0318	1.7342	0.0005	0.050	0.515	0.741	0.983	58.139	0	0.983	0.905
W _{D2} /E _l	Pisos 6	0.0407	1.3942	0.0008	0.077	0.624	0.704	0.979	48.675	0	0.979	0.845
W _{D2} /E _l	Pisos 9	0.0294	1.3378	0.0007	0.059	0.554	0.658	0.975	39.419	0	0.975	0.828
W _{D2} /E _l	Pisos 3-6-9	0.1000	1.5107	0.0007	0.060	0.793	0.697	0.993	138.89	0	0.993	0.846
W _p /E _l	Pisos 3	0.0469	1.1540	0.0004	0.106	0.703	0.854	0.992	117.94	0	0.992	0.953
W _p /E _l	Pisos 6	0.0359	0.9922	0.0006	0.093	0.673	0.743	0.983	58.932	0	0.983	0.883
W _p /E _l	Pisos 9	0.0168	0.9835	0.0006	0.046	0.489	0.578	0.965	28.415	0	0.965	0.786
W _p /E _l	Pisos 3-6-9	0.0924	1.0471	0.0006	0.078	0.835	0.706	0.993	145.25	0	0.993	0.868

Anexo C. Registros utilizados en el estudio

Tabla C1

Listado de registros de movimientos del terreno empleados

ID	PEER NGA	Mag.	Año	Evento	Mecanismo	Estación	Rrup (km)	Vs30 (m/s)	Duración (s)
1	1101	6.9	1995	Kobe_ Japan	Strike slip	Amagasaki	11.34	256	54.00
2	1111	6.9	1995	Kobe_ Japan	Strike slip	Nishi- Akashi	7.08	609	40.96
3	1141	6.4	1995	Dinar_ Turkey	Normal	Dinar	3.36	220	27.97
4	1147	7.51	1999	Kocaeli_ Turkey	Strike slip	Ambarli	69.62	175	150.41
5	125	6.5	1976	Friuli_ Italy- 01	Reverse	Tolmezzo	15.82	505	90.00
6	126	6.8	1976	Gazli_ USSR	Reverse	Karakyr	5.46	260	90.00
7	139	7.35	1978	Tabas_ Iran	Reverse	Dayhook	13.94	472	36.39
8	1234	7.62	1999	Chi-Chi, Taiwan	Reverse Oblique	CHY086	28.42	665	13.52
9	1235	7.62	1999	Chi-Chi, Taiwan	Reverse Oblique	CHY087	28.91	505	21.00
10	1614	7.14	1999	Duzce, Turkey	Strike slip	Lamont 1061	11.46	481	42.33
11	288	6.9	1980	Irpinia_ Italy- 01	Normal	Brienza	22.56	561	34.99
12	3870	6.61	2000	Tottori_ Japan	Strike slip	HRS001	48.72	362	299.80
13	3926	6.61	2000	Tottori_ Japan	Strike slip	OKYH08	24.84	694	300.00
14	4214	6.63	2004	Niigata_ Japan	Reverse	NIG024	32.43	375	299.80
15	4231	6.63	2004	Niigata_ Japan	Reverse	NIGH15	22.12	686	180.00
16	4867	6.68	2007	Chuetsu-oki_ Japan	Reverse	Teradomari Uedamachi Nagaoka	15.19	562	60.00
17	5262	6.68	2007	Chuetsu-oki, Japan	Reverse	NIG016	14.81	370	295.00
18	495	6.76	1985	Nahanni_ Canada	Reverse	Site 1	9.6	605	10.28
19	496	6.76	1985	Nahanni_ Canada	Reverse	Site 2	4.93	605	9.98
20	6961	7	2010	Darfield, New Zealand	Strike slip	RKAC	16.47	296	177.00
21	720	6.54	1987	Superstition Hills-02	Strike slip	Calipatria Fire Station	27	206	120.00
22	724	6.54	1987	Superstition Hills-02	Strike slip	Plaster City	22.25	317	65.09
23	769	6.93	1989	Loma Prieta	Reverse Oblique	Gilroy Array #6 Shelter	18.33	663	22.25
24	830	7.28	1992	Cape Mendocino	Reverse	Cove Airport	28.78	519	22.14
25	850	7.28	1992	Landers	Strike slip	Desert Hot Springs	21.78	359	40.00
26	882	7.28	1992	Landers	Strike slip	North Palm Springs	26.84	345	36.00
27	949	6.69	1994	Northridge-01	Reverse	Arleta - Nordhoff Fire Sta	8.66	298	50.00

28	952	6.69	1994	Northridge-01	Reverse	Beverly Hills - 12520 Mulhol	18.36	546	99.82
29	5623	6.9	2008	Iwate, Japan	Reverse	IWT015	21.02	567	40.00
30	5819	6.9	2008	Iwate, Japan	Reverse	Ichinoseki Maikawa	23.03	640	23.98

Tabla C2

Parámetros de normalización por componentes según el FEMA P-695

ID	Parámetros registrados			Factor de Normalización	Parámetros normalizados			
	PGA EW (g)	PGA NS (g)	PGV _{PEER} (cm/s)		PGA EW (g)	PGA NS (g)	PGV EW (g)	PGV NS (g)
1	0.276	0.327	38.785	0.365	0.101	0.119	12.259	16.370
2	0.483	0.464	42.313	0.335	0.162	0.155	15.671	12.806
3	0.326	0.279	36.636	0.387	0.126	0.108	17.518	11.456
4	0.253	0.186	35.790	0.396	0.100	0.074	14.450	13.888
5	0.101	0.206	17.324	0.818	0.082	0.168	13.668	14.682
6	0.135	0.128	12.012	1.179	0.159	0.151	12.060	16.639
7	0.357	0.315	26.399	0.537	0.192	0.169	12.257	16.372
8	0.702	0.864	66.909	0.212	0.149	0.183	14.015	14.319
9	0.324	0.409	24.583	0.576	0.187	0.236	12.847	15.621
10	0.131	0.101	11.648	1.216	0.160	0.123	14.747	13.608
11	0.220	0.183	11.261	1.258	0.276	0.230	16.470	12.184
12	0.410	0.421	11.741	1.207	0.495	0.508	10.617	18.902
13	0.241	0.228	8.869	1.597	0.385	0.365	18.967	10.581
14	0.222	0.244	10.937	1.295	0.287	0.316	11.745	17.086
15	0.184	0.241	7.855	1.803	0.331	0.434	16.286	12.322
16	0.405	0.326	10.409	1.361	0.551	0.444	19.742	10.165
17	1.108	1.201	42.230	0.335	0.372	0.403	14.730	13.624
18	0.519	0.355	30.748	0.461	0.239	0.164	13.646	14.706
19	0.365	0.231	9.937	1.426	0.520	0.329	21.497	9.335
20	0.200	0.162	9.114	1.554	0.311	0.251	18.624	10.775
21	0.338	0.392	7.077	2.002	0.677	0.785	11.600	17.300
22	0.167	0.191	13.743	1.031	0.172	0.197	10.890	18.429
23	0.190	0.259	15.679	0.904	0.171	0.234	14.841	13.521
24	0.137	0.200	14.590	0.971	0.133	0.194	9.573	20.962
25	0.126	0.171	13.493	1.050	0.132	0.179	13.701	14.647
26	0.229	0.189	6.604	2.145	0.490	0.405	14.845	13.518
27	0.171	0.154	20.147	0.703	0.120	0.108	13.675	14.674
28	0.136	0.134	12.729	1.113	0.151	0.149	12.413	16.167
29	0.345	0.308	30.737	0.461	0.159	0.142	18.943	10.594
30	0.621	0.450	30.046	0.471	0.293	0.212	13.563	14.796

Anexo D. Diseño del sistema de amortiguamiento en los prototipos

Para el diseño del coeficiente de amortiguamiento suplementario con amortiguadores no lineales, se asume que cada componente tiene una capacidad de disipación de energía histerética de referencia, E_t , la cual se expresa como un múltiplo de $M_y \times \theta_p$:

$$E_t = \lambda \times M_y \times \theta_p \quad \text{o} \quad E_t = \Lambda \times M_y \quad (59)$$

donde, Λ representa la capacidad de rotación acumulada de referencia. Este modelo de deterioro está integrado en el software Opensees y se ha representado utilizando el parámetro medio de capacidad de disipación de energía, λ , también propuesto por Haselton et al. (2009) tras la calibración de experimentos en columnas de concreto armado. Su cálculo se realiza como:

En sistemas de múltiples grados de libertad, como señalan Hamidia et al. (2014), al considerar la amplitud de desplazamiento del techo bajo cargas armónicas, D_{techo} , el periodo fundamental elástico no amortiguado, T_1 , y la forma del primer modo normalizada para tener un valor de uno en el techo, ϕ_{j1} , así como la energía disipada por el sistema de amortiguamiento en cada ciclo del primer modo, se puede calcular la relación de amortiguamiento viscoso efectivo modal como:

$$\xi_{v1} = \frac{\sum_{j=1}^{N_d} (2\pi)^{\alpha_j} T_1^{2-\alpha_j} \lambda_j C_j f_j^{1+\alpha_j} D_{techo}^{\alpha_j-1} (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^{1+\alpha_j}}{8\pi^3 \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2} \quad (60)$$

donde C_j representa la suma de todas las constantes de amortiguamiento en el piso j , f_j es un factor de amplificación que varía según la disposición geométrica de los amortiguadores (se considera $f_j = \cos \theta_j$, dado que están dispuestos diagonalmente y θ_j es el ángulo de

inclinación), y N_d es el número de amortiguadores. La constante λ_j , definida por la Ecuación 32, refleja la relación energética entre los amortiguadores lineales y su equivalente no lineal.

$$\lambda = \frac{2^{2+\alpha}\Gamma^2(1 + \alpha/2)}{\Gamma(2 + \alpha)} \quad (61)$$

donde Γ es la función Gamma de Euler. La Ecuación 31 se reduce a la Ecuación 33 en el caso se tengan amortiguadores lineales:

$$\xi_{v1} = \frac{T_1 \sum_{j=1}^{N_d} C_j f_j^2 (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^2}{4\pi \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2} \quad (62)$$

Las ecuaciones 31 y 33 pueden ser reorganizadas para determinar las constantes de amortiguamiento basadas en su distribución a lo largo de la altura del edificio, teniendo en cuenta los desplazamientos relativos del primer modo. Las constantes de amortiguamiento se calculan mediante las ecuaciones 34 y 35, para amortiguadores no lineales y lineales, respectivamente.

$$C_j = \frac{8\pi^3 \xi_{v1} \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2}{(2\pi)^{\alpha_j} T_1^{2-\alpha_j} \lambda_j D_{techo}^{\alpha_j-1} \sum_{j=1}^{N_d} f_j^{1+\alpha_j} (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^{1+\alpha_j}} \quad (63)$$

$$C_j = \frac{4\pi \xi_{v1} \sum_{j=1}^{N_F} m_j \phi_{j1}^2}{T_1 \sum_{j=1}^{N_d} f_j^2 (\phi_{j1} - \phi_{(j-1)1})^2} \quad (64)$$

Anexo E. Resumen del análisis de datos para los prototipos

Este anexo presenta el análisis estadístico detallado de los prototipos de 3, 6 y 9 pisos, considerando tanto los casos con amortiguadores viscosos como aquellos sin dispositivos de disipación. Para cada prototipo, se ha evaluado el comportamiento de los indicadores empleados en la investigación bajo las distintas variaciones de relaciones de amortiguamiento adoptadas en el estudio.

Inicialmente, se exponen los parámetros estadísticos clave de cada indicador, incluyendo la media, mediana, valores máximos y mínimos, desviaciones estándar logarítmicas, coeficiente de variación (cov), así como los valores h-value, p-value y ksstats, permitiendo evaluar la distribución y dispersión de los datos. Posteriormente, se presentan las matrices de correlación de Pearson y Spearman, con el objetivo de analizar las interdependencias entre los distintos indicadores y su grado de asociación.

Los indicadores analizados son los siguientes:

- IC : Índice de colapso.
- DAP (%) : Distorsión angular de piso máxima absoluta.
- Vel (m/s) : Velocidad de piso máxima absoluta.
- Ace (m/s²) : Aceleración de piso máxima absoluta.
- D_{techo} (m) : Desplazamiento máximo absoluta en el techo de la estructura.
- F_{dam} (Tn) : Fuerza máxima en el amortiguador absoluta.
- D_{dam} (m) : Carrera máxima en el amortiguador absoluta.
- E_I (Tn-m) : Entrada de energía máxima acumulada.
- W_{DI} (Tn-m) : Energía absorbida acumulada debido al amortiguamiento inherente.
- W_p (Tn-m) : Energía histerética estructural acumulada.
- E_{COL} (Tn-m) : Energía de deformación acumulada en las columnas.

- E_{VIG} (Tn-m) : Energía de deformación acumulada en las vigas.
- W_{D2} (Tn-m) : Energía disipada por los amortiguadores acumulada.
- W_{D2}/W_p (%) : Relación entre la energía disipada por los amortiguadores y la energía histerética estructural.
- W_{D2}/E_I (%) : Relación entre la energía disipada por los amortiguadores y la entrada de energía.
- W_p/E_I (%) : Relación entre la energía histerética estructural y la entrada de energía.

Tabla E1*Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos sin amortiguadores*

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
Media	3.01	0.07	1.90	38	0.64	237	46	191	81	106
Mediana	2.80	0.07	1.76	21	0.64	222	39	176	70	93
Max.	7.00	0.11	3.93	145	1.04	488	119	387	216	250
Min.	1.00	0.04	0.95	6	0.39	104	16	87	29	44
Σ	1.19	0.02	0.66	33	0.14	99	24	78	42	48
cov	0.40	0.23	0.35	0.87	0.21	0.42	0.52	0.41	0.52	0.45
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
p-value	0.18	0.99	0.30	0.00	0.90	0.55	0.24	0.65	0.24	0.11
ksstat	0.14	0.06	0.12	0.23	0.07	0.10	0.13	0.09	0.13	0.15
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.03	-2.66	0.57	3.05	-0.45	5.40	3.66	5.17	4.24	4.54
β	0.38	0.23	0.35	1.11	0.20	0.43	0.56	0.42	0.54	0.46

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
IC	1	0.33	0.79	0.84	0.17	0.34	0.61	0.24	0.57	-0.13
DAP	0.33	1	0.35	0.18	0.90	0.04	0.17	-0.01	0.09	-0.15
Vel	0.79	0.35	1	0.77	0.17	0.31	0.59	0.21	0.54	-0.15
Ace	0.84	0.18	0.77	1	0.05	0.13	0.47	0.03	0.38	-0.31
D _{techo}	0.17	0.90	0.17	0.05	1	-0.13	-0.03	-0.16	-0.10	-0.23
E _I	0.34	0.04	0.31	0.13	-0.13	1	0.92	0.99	0.91	0.84
W _{Dl}	0.61	0.17	0.59	0.47	-0.03	0.92	1	0.86	0.93	0.59
W _p	0.24	-0.01	0.21	0.03	-0.16	0.99	0.86	1	0.87	0.89
E _{COL}	0.57	0.09	0.54	0.38	-0.10	0.91	0.93	0.87	1	0.55
E _{VIG}	-0.13	-0.15	-0.15	-0.31	-0.23	0.84	0.59	0.89	0.55	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
IC	1	0.37	0.73	0.84	0.19	0.34	0.52	0.27	0.54	-0.09
DAP	0.37	1	0.44	0.28	0.90	0.03	0.12	0.00	0.07	-0.13
Vel	0.73	0.44	1	0.75	0.26	0.36	0.55	0.29	0.56	-0.08
Ace	0.84	0.28	0.75	1	0.18	0.13	0.35	0.06	0.40	-0.32
D _{techo}	0.19	0.90	0.26	0.18	1	-0.15	-0.10	-0.17	-0.15	-0.21
E _I	0.34	0.03	0.36	0.13	-0.15	1	0.96	0.99	0.93	0.83
W _{Dl}	0.52	0.12	0.55	0.35	-0.10	0.96	1	0.92	0.96	0.68
W _p	0.27	0.00	0.29	0.06	-0.17	0.99	0.92	1	0.91	0.88
E _{COL}	0.54	0.07	0.56	0.40	-0.15	0.93	0.96	0.91	1	0.64
E _{VIG}	-0.09	-0.13	-0.08	-0.32	-0.21	0.83	0.68	0.88	0.64	1

Tabla E2*Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos sin amortiguadores*

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
Media	2.52	0.06	1.72	35	0.75	307	47	259	93	159
Mediana	2.60	0.06	1.69	24	0.75	305	47	259	88	149
Max.	5.00	0.10	2.89	112	1.12	671	104	566	332	376
Min.	0.90	0.02	0.74	6	0.22	92	13	80	8	72
Σ	0.89	0.02	0.56	27	0.19	127	21	106	64	63
cov	0.35	0.30	0.33	0.77	0.26	0.41	0.45	0.41	0.69	0.40
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
p-value	0.57	0.89	0.73	0.02	0.93	0.70	0.42	0.88	0.30	0.28
ksstat	0.10	0.07	0.09	0.20	0.07	0.09	0.11	0.07	0.12	0.12
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	0.96	-2.88	0.52	3.16	-0.29	5.72	3.86	5.56	4.48	5.00
β	0.27	0.32	0.36	0.89	0.28	0.33	0.38	0.33	0.54	0.38

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
IC	1	0.39	0.78	0.79	0.31	0.46	0.48	0.46	0.71	0.00
DAP	0.39	1	0.39	0.26	0.95	0.04	0.06	0.04	0.15	-0.17
Vel	0.78	0.39	1	0.68	0.28	0.43	0.46	0.42	0.70	-0.04
Ace	0.79	0.26	0.68	1	0.12	0.28	0.32	0.28	0.63	-0.21
D _{techo}	0.31	0.95	0.28	0.12	1	0.04	0.05	0.04	0.06	-0.08
E _I	0.46	0.04	0.43	0.28	0.04	1	0.98	1.00	0.85	0.82
W _{Dl}	0.48	0.06	0.46	0.32	0.05	0.98	1	0.98	0.84	0.79
W _p	0.46	0.04	0.42	0.28	0.04	1.00	0.98	1	0.85	0.82
E _{COL}	0.71	0.15	0.70	0.63	0.06	0.85	0.84	0.85	1	0.40
E _{VIG}	0.00	-0.17	-0.04	-0.21	-0.08	0.82	0.79	0.82	0.40	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
IC	1	0.43	0.79	0.85	0.29	0.46	0.50	0.44	0.67	0.06
DAP	0.43	1	0.45	0.48	0.95	-0.05	0.00	-0.06	0.10	-0.21
Vel	0.79	0.45	1	0.77	0.30	0.43	0.48	0.41	0.68	0.01
Ace	0.85	0.48	0.77	1	0.32	0.31	0.35	0.30	0.62	-0.13
D _{techo}	0.29	0.95	0.30	0.32	1	-0.08	-0.04	-0.09	0.01	-0.16
E _I	0.46	-0.05	0.43	0.31	-0.08	1	0.98	1.00	0.90	0.84
W _{Dl}	0.50	0.00	0.48	0.35	-0.04	0.98	1	0.97	0.88	0.80
W _p	0.44	-0.06	0.41	0.30	-0.09	1.00	0.97	1	0.89	0.84
E _{COL}	0.67	0.10	0.68	0.62	0.01	0.90	0.88	0.89	1	0.55
E _{VIG}	0.06	-0.21	0.01	-0.13	-0.16	0.84	0.80	0.84	0.55	1

Tabla E3*Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos sin amortiguadores*

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
Media	2.56	0.07	2.00	41	1.19	562	73	490	187	289
Mediana	2.60	0.07	1.83	31	1.15	493	64	428	133	278
Max.	6.00	0.10	3.89	143	1.95	1506	177	1329	796	514
Min.	1.00	0.04	1.07	7	0.70	213	26	188	18	122
Σ	0.90	0.02	0.69	31	0.27	258	32	228	168	98
cov	0.35	0.24	0.34	0.76	0.23	0.46	0.44	0.47	0.90	0.34
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
p-value	0.80	0.77	0.30	0.01	0.48	0.26	0.23	0.18	0.03	0.56
ksstat	0.08	0.08	0.12	0.20	0.11	0.13	0.13	0.14	0.18	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	0.96	-2.71	0.60	3.43	0.14	6.20	4.15	6.06	4.89	5.63
β	0.27	0.24	0.37	0.79	0.23	0.45	0.46	0.46	0.85	0.35

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
IC	1	0.47	0.81	0.78	0.35	0.63	0.49	0.64	0.78	0.08
DAP	0.47	1	0.47	0.31	0.85	0.16	0.09	0.16	0.28	-0.20
Vel	0.81	0.47	1	0.71	0.34	0.64	0.54	0.65	0.77	0.11
Ace	0.78	0.31	0.71	1	0.14	0.54	0.29	0.56	0.78	-0.08
D _{techo}	0.35	0.85	0.34	0.14	1	-0.07	-0.09	-0.07	0.05	-0.35
E _I	0.63	0.16	0.64	0.54	-0.07	1	0.93	1.00	0.91	0.73
W _{Dl}	0.49	0.09	0.54	0.29	-0.09	0.93	1	0.91	0.74	0.83
W _p	0.64	0.16	0.65	0.56	-0.07	1.00	0.91	1	0.93	0.71
E _{COL}	0.78	0.28	0.77	0.78	0.05	0.91	0.74	0.93	1	0.40
E _{VIG}	0.08	-0.20	0.11	-0.08	-0.35	0.73	0.83	0.71	0.40	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	E _I	W _{Dl}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}
IC	1	0.48	0.83	0.82	0.40	0.49	0.37	0.50	0.75	0.07
DAP	0.48	1	0.54	0.42	0.85	0.07	0.03	0.08	0.28	-0.19
Vel	0.83	0.54	1	0.77	0.44	0.53	0.42	0.53	0.78	0.08
Ace	0.82	0.42	0.77	1	0.34	0.39	0.18	0.40	0.75	-0.14
D _{techo}	0.40	0.85	0.44	0.34	1	-0.19	-0.20	-0.18	0.05	-0.40
E _I	0.49	0.07	0.53	0.39	-0.19	1	0.94	1.00	0.86	0.82
W _{Dl}	0.37	0.03	0.42	0.18	-0.20	0.94	1	0.93	0.71	0.89
W _p	0.50	0.08	0.53	0.40	-0.18	1.00	0.93	1	0.86	0.81
E _{COL}	0.75	0.28	0.78	0.75	0.05	0.86	0.71	0.86	1	0.44
E _{VIG}	0.07	-0.19	0.08	-0.14	-0.40	0.82	0.89	0.81	0.44	1

Tabla E4

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.34	0.07	2.01	41	0.68	11	0.26	314	50	171	70	95	94	0.55	0.30	0.55
Mediana	3.20	0.07	1.82	23	0.67	11	0.25	307	46	171	62	89	88	0.51	0.29	0.56
Max.	7.40	0.11	3.97	150	1.07	16	0.36	592	123	312	191	203	180	0.78	0.36	0.61
Min.	1.20	0.04	0.92	6	0.37	9	0.13	133	16	77	24	41	38	0.40	0.25	0.45
Σ	1.30	0.02	0.73	36	0.14	2	0.06	125	26	64	35	39	40	0.10	0.03	0.04
cov	0.39	0.22	0.36	0.87	0.21	0.16	0.22	0.40	0.51	0.38	0.50	0.41	0.42	0.18	0.09	0.08
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.26	0.78	0.19	0.00	0.91	0.43	0.79	0.68	0.58	0.71	0.38	0.33	0.83	0.01	0.11	0.04
ksstat	0.13	0.08	0.14	0.24	0.07	0.11	0.08	0.09	0.10	0.09	0.11	0.12	0.08	0.21	0.15	0.18
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.16	-2.61	0.60	3.14	-0.41	2.40	-1.37	5.73	3.83	5.14	4.12	4.48	4.48	-0.67	-1.24	-0.58
β	0.36	0.23	0.38	1.09	0.20	0.17	0.25	0.41	0.48	0.34	0.49	0.42	0.44	0.20	0.09	0.11

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.45	0.79	0.84	0.11	0.86	0.54	0.45	0.67	0.29	0.61	-0.10	0.52	0.62	0.42	-0.78
DAP	0.45	1	0.51	0.36	0.85	0.47	0.95	0.12	0.27	0.05	0.15	-0.14	0.12	0.16	0.01	-0.30
Vel	0.79	0.51	1	0.77	0.17	0.94	0.57	0.39	0.64	0.24	0.57	-0.14	0.44	0.58	0.35	-0.77
Ace	0.84	0.36	0.77	1	-0.03	0.88	0.48	0.29	0.56	0.09	0.46	-0.28	0.42	0.81	0.62	-0.90
D _{techo}	0.11	0.85	0.17	-0.03	1	0.09	0.70	0.04	0.06	0.06	-0.06	0.08	0.00	-0.16	-0.23	0.06
F _{dam}	0.86	0.47	0.94	0.88	0.09	1	0.57	0.35	0.60	0.18	0.56	-0.24	0.43	0.70	0.50	-0.85
D _{dam}	0.54	0.95	0.57	0.48	0.70	0.57	1	0.07	0.26	-0.03	0.18	-0.28	0.10	0.24	0.07	-0.37
E _I	0.45	0.12	0.39	0.29	0.04	0.35	0.07	1	0.93	0.97	0.92	0.78	0.98	0.31	0.21	-0.43
W _{D1}	0.67	0.27	0.64	0.56	0.06	0.60	0.26	0.93	1	0.85	0.95	0.53	0.94	0.46	0.28	-0.62
W _p	0.29	0.05	0.24	0.09	0.06	0.18	-0.03	0.97	0.85	1	0.86	0.88	0.91	0.12	0.05	-0.23
E _{COL}	0.61	0.15	0.57	0.46	-0.06	0.56	0.18	0.92	0.95	0.86	1	0.52	0.90	0.36	0.21	-0.52
E _{VIG}	-0.10	-0.14	-0.14	-0.28	0.08	-0.24	-0.28	0.78	0.53	0.88	0.52	1	0.69	-0.14	-0.11	0.11
W _{D2}	0.52	0.12	0.44	0.42	0.00	0.43	0.10	0.98	0.94	0.91	0.90	0.69	1	0.49	0.40	-0.57
W _{D2} /W _p	0.62	0.16	0.58	0.81	-0.16	0.70	0.24	0.31	0.46	0.12	0.36	-0.14	0.49	1	0.95	-0.95
W _{D2} /E _I	0.42	0.01	0.35	0.62	-0.23	0.50	0.07	0.21	0.28	0.05	0.21	-0.11	0.40	0.95	1	-0.83
W _p /E _I	-0.78	-0.30	-0.77	-0.90	0.06	-0.85	-0.37	-0.43	-0.62	-0.23	-0.52	0.11	-0.57	-0.95	-0.83	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.42	0.77	0.86	0.14	0.85	0.50	0.42	0.58	0.28	0.55	-0.05	0.49	0.56	0.37	-0.78
DAP	0.42	1	0.50	0.41	0.85	0.45	0.96	0.11	0.21	0.06	0.11	-0.14	0.13	0.13	0.00	-0.28
Vel	0.77	0.50	1	0.79	0.24	0.93	0.55	0.38	0.59	0.27	0.53	-0.06	0.43	0.48	0.27	-0.74
Ace	0.86	0.41	0.79	1	0.07	0.92	0.53	0.22	0.41	0.06	0.40	-0.28	0.32	0.64	0.50	-0.80
D _{techo}	0.14	0.85	0.24	0.07	1	0.13	0.73	0.04	0.08	0.08	-0.05	0.06	0.01	-0.15	-0.26	0.03
F _{dam}	0.85	0.45	0.93	0.92	0.13	1	0.55	0.32	0.52	0.17	0.49	-0.19	0.40	0.62	0.43	-0.83
D _{dam}	0.50	0.96	0.55	0.53	0.73	0.55	1	0.06	0.18	-0.02	0.11	-0.27	0.09	0.17	0.04	-0.33
E _I	0.42	0.11	0.38	0.22	0.04	0.32	0.06	1	0.96	0.97	0.94	0.80	0.98	0.41	0.28	-0.52
W _{D1}	0.58	0.21	0.59	0.41	0.08	0.52	0.18	0.96	1	0.90	0.96	0.66	0.95	0.46	0.29	-0.64
W _p	0.28	0.06	0.27	0.06	0.08	0.17	-0.02	0.97	0.90	1	0.89	0.89	0.92	0.24	0.12	-0.35
E _{COL}	0.55	0.11	0.53	0.40	-0.05	0.49	0.11	0.94	0.96	0.89	1	0.64	0.93	0.43	0.27	-0.59
E _{VIG}	-0.05	-0.14	-0.06	-0.28	0.06	-0.19	-0.27	0.80	0.66	0.89	0.64	1	0.73	0.01	-0.04	-0.05
W _{D2}	0.49	0.13	0.43	0.32	0.01	0.40	0.09	0.98	0.95	0.92	0.93	0.73	1	0.55	0.44	-0.64
W _{D2} /W _p	0.56	0.13	0.48	0.64	-0.15	0.62	0.17	0.41	0.46	0.24	0.43	0.01	0.55	1	0.95	-0.91
W _{D2} /E _I	0.37	0.00	0.27	0.50	-0.26	0.43	0.04	0.28	0.29	0.12	0.27	-0.04	0.44	0.95	1	-0.77
W _p /E _I	-0.78	-0.28	-0.74	-0.80	0.03	-0.83	-0.33	-0.52	-0.64	-0.35	-0.59	-0.05	-0.64	-0.91	-0.77	1

Tabla E5

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.40	0.08	2.04	41	0.69	17	0.26	333	51	172	69	96	110	0.63	0.32	0.53
Mediana	3.20	0.07	1.86	24	0.68	16	0.26	326	46	168	64	89	107	0.58	0.31	0.54
Max.	7.40	0.11	4.05	150	1.07	30	0.41	647	130	318	180	203	239	0.97	0.40	0.61
Min.	1.20	0.04	0.92	7	0.38	11	0.14	139	18	76	24	43	43	0.45	0.27	0.40
Σ	1.31	0.02	0.73	36	0.14	5	0.06	136	26	64	34	40	51	0.14	0.04	0.05
cov	0.39	0.22	0.36	0.87	0.20	0.28	0.24	0.41	0.51	0.37	0.49	0.41	0.46	0.23	0.11	0.10
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.23	0.45	0.24	0.00	0.90	0.11	0.36	0.52	0.44	0.61	0.47	0.26	0.64	0.01	0.09	0.10
ksstat	0.13	0.11	0.13	0.24	0.07	0.15	0.12	0.10	0.11	0.10	0.11	0.13	0.09	0.21	0.16	0.16
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.16	-2.60	0.62	3.18	-0.38	2.78	-1.33	5.79	3.84	5.12	4.16	4.48	4.67	-0.54	-1.16	-0.62
β	0.37	0.23	0.37	1.08	0.20	0.30	0.25	0.40	0.50	0.36	0.46	0.43	0.42	0.26	0.11	0.13

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.45	0.78	0.84	0.10	0.86	0.50	0.49	0.66	0.27	0.60	-0.12	0.62	0.77	0.71	-0.83
DAP	0.45	1	0.50	0.37	0.84	0.49	0.96	0.13	0.26	0.00	0.20	-0.26	0.20	0.30	0.25	-0.36
Vel	0.78	0.50	1	0.77	0.16	0.94	0.53	0.44	0.63	0.22	0.57	-0.16	0.55	0.75	0.67	-0.83
Ace	0.84	0.37	0.77	1	-0.03	0.89	0.45	0.33	0.54	0.07	0.44	-0.30	0.52	0.91	0.83	-0.91
D _{techo}	0.10	0.84	0.16	-0.03	1	0.09	0.72	-0.01	0.02	-0.02	-0.05	-0.08	-0.02	-0.08	-0.10	0.02
F _{dam}	0.86	0.49	0.94	0.89	0.09	1	0.55	0.40	0.60	0.15	0.55	-0.26	0.56	0.87	0.80	-0.92
D _{dam}	0.50	0.96	0.53	0.45	0.72	0.55	1	0.09	0.25	-0.06	0.20	-0.37	0.18	0.36	0.31	-0.41
E _I	0.49	0.13	0.44	0.33	-0.01	0.40	0.09	1	0.96	0.96	0.95	0.73	0.97	0.42	0.37	-0.48
W _{D1}	0.66	0.26	0.63	0.54	0.02	0.60	0.25	0.96	1	0.84	0.96	0.52	0.97	0.58	0.50	-0.64
W _p	0.27	0.00	0.22	0.07	-0.02	0.15	-0.06	0.96	0.84	1	0.86	0.88	0.86	0.17	0.14	-0.22
E _{COL}	0.60	0.20	0.57	0.44	-0.05	0.55	0.20	0.95	0.96	0.86	1	0.53	0.95	0.50	0.44	-0.56
E _{VIG}	-0.12	-0.26	-0.16	-0.30	-0.08	-0.26	-0.37	0.73	0.52	0.88	0.53	1	0.57	-0.18	-0.17	0.15
W _{D2}	0.62	0.20	0.55	0.52	-0.02	0.56	0.18	0.97	0.97	0.86	0.95	0.57	1	0.62	0.57	-0.66
W _{D2} /W _p	0.77	0.30	0.75	0.91	-0.08	0.87	0.36	0.42	0.58	0.17	0.50	-0.18	0.62	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.71	0.25	0.67	0.83	-0.10	0.80	0.31	0.37	0.50	0.14	0.44	-0.17	0.57	0.98	1	-0.95
W _p /E _I	-0.83	-0.36	-0.83	-0.91	0.02	-0.92	-0.41	-0.48	-0.64	-0.22	-0.56	0.15	-0.66	-0.99	-0.95	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.35	0.76	0.86	0.05	0.85	0.44	0.42	0.56	0.23	0.54	-0.06	0.55	0.76	0.69	-0.83
DAP	0.35	1	0.46	0.41	0.84	0.44	0.96	0.02	0.10	-0.05	0.03	-0.25	0.05	0.26	0.22	-0.29
Vel	0.76	0.46	1	0.79	0.17	0.93	0.50	0.39	0.56	0.22	0.51	-0.10	0.49	0.73	0.65	-0.81
Ace	0.86	0.41	0.79	1	0.04	0.92	0.50	0.24	0.40	0.02	0.39	-0.30	0.40	0.83	0.79	-0.87
D _{techo}	0.05	0.84	0.17	0.04	1	0.09	0.73	-0.03	-0.02	0.02	-0.11	-0.01	-0.06	-0.06	-0.07	0.03
F _{dam}	0.85	0.44	0.93	0.92	0.09	1	0.52	0.33	0.50	0.12	0.48	-0.22	0.47	0.84	0.78	-0.90
D _{dam}	0.44	0.96	0.50	0.50	0.73	0.52	1	-0.02	0.09	-0.11	0.04	-0.36	0.04	0.30	0.26	-0.35
E _I	0.42	0.02	0.39	0.24	-0.03	0.33	-0.02	1	0.97	0.95	0.95	0.77	0.97	0.46	0.42	-0.50
W _{D1}	0.56	0.10	0.56	0.40	-0.02	0.50	0.09	0.97	1	0.89	0.97	0.66	0.97	0.56	0.50	-0.62
W _p	0.23	-0.05	0.22	0.02	0.02	0.12	-0.11	0.95	0.89	1	0.89	0.90	0.88	0.23	0.20	-0.27
E _{COL}	0.54	0.03	0.51	0.39	-0.11	0.48	0.04	0.95	0.97	0.89	1	0.65	0.95	0.53	0.47	-0.59
E _{VIG}	-0.06	-0.25	-0.10	-0.30	-0.01	-0.22	-0.36	0.77	0.66	0.90	0.65	1	0.67	-0.05	-0.05	0.03
W _{D2}	0.55	0.05	0.49	0.40	-0.06	0.47	0.04	0.97	0.97	0.88	0.95	0.67	1	0.63	0.60	-0.65
W _{D2} /W _p	0.76	0.26	0.73	0.83	-0.06	0.84	0.30	0.46	0.56	0.23	0.53	-0.05	0.63	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.69	0.22	0.65	0.79	-0.07	0.78	0.26	0.42	0.50	0.20	0.47	-0.05	0.60	0.99	1	-0.94
W _p /E _I	-0.83	-0.29	-0.81	-0.87	0.03	-0.90	-0.35	-0.50	-0.62	-0.27	-0.59	0.03	-0.65	-0.98	-0.94	1

Tabla E6

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.47	0.07	2.07	42	0.66	26	0.25	359	53	175	70	99	131	0.74	0.36	0.50
Mediana	3.20	0.07	1.90	25	0.65	23	0.25	352	48	171	64	90	117	0.66	0.34	0.51
Max.	7.60	0.11	4.15	153	0.91	55	0.41	733	137	313	181	202	335	1.32	0.47	0.61
Min.	1.20	0.04	0.91	7	0.39	13	0.14	152	19	81	24	44	44	0.44	0.27	0.35
Σ	1.33	0.02	0.75	36	0.12	10	0.06	153	27	66	34	41	68	0.22	0.05	0.07
cov	0.38	0.21	0.36	0.87	0.18	0.39	0.23	0.43	0.52	0.38	0.49	0.41	0.52	0.30	0.14	0.13
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.34	0.85	0.30	0.00	0.99	0.08	0.50	0.52	0.28	0.76	0.44	0.31	0.37	0.04	0.17	0.24
ksstat	0.12	0.08	0.12	0.24	0.05	0.16	0.10	0.10	0.13	0.08	0.11	0.12	0.12	0.18	0.14	0.13
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.16	-2.65	0.64	3.20	-0.43	3.14	-1.39	5.86	3.88	5.14	4.16	4.50	4.76	-0.42	-1.07	-0.66
β	0.38	0.21	0.37	1.09	0.18	0.42	0.23	0.39	0.50	0.37	0.47	0.43	0.51	0.36	0.15	0.10

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.46	0.78	0.84	0.10	0.87	0.50	0.54	0.66	0.25	0.58	-0.12	0.70	0.84	0.82	-0.85
DAP	0.46	1	0.53	0.41	0.82	0.52	0.97	0.06	0.18	-0.15	0.09	-0.40	0.20	0.41	0.39	-0.42
Vel	0.78	0.53	1	0.77	0.18	0.94	0.54	0.49	0.63	0.21	0.54	-0.16	0.65	0.83	0.80	-0.86
Ace	0.84	0.41	0.77	1	0.00	0.90	0.47	0.39	0.53	0.05	0.42	-0.30	0.61	0.94	0.89	-0.91
D _{techo}	0.10	0.82	0.18	0.00	1	0.11	0.73	-0.15	-0.09	-0.20	-0.17	-0.25	-0.10	0.00	0.00	-0.03
F _{dam}	0.87	0.52	0.94	0.90	0.11	1	0.57	0.46	0.60	0.14	0.52	-0.26	0.66	0.93	0.91	-0.94
D _{dam}	0.50	0.97	0.54	0.47	0.73	0.57	1	0.03	0.16	-0.20	0.09	-0.48	0.19	0.45	0.43	-0.46
E _I	0.54	0.06	0.49	0.39	-0.15	0.46	0.03	1	0.98	0.93	0.97	0.69	0.96	0.50	0.47	-0.53
W _{D1}	0.66	0.18	0.63	0.53	-0.09	0.60	0.16	0.98	1	0.84	0.96	0.54	0.98	0.62	0.57	-0.64
W _p	0.25	-0.15	0.21	0.05	-0.20	0.14	-0.20	0.93	0.84	1	0.88	0.90	0.79	0.17	0.15	-0.21
E _{COL}	0.58	0.09	0.54	0.42	-0.17	0.52	0.09	0.97	0.96	0.88	1	0.57	0.94	0.52	0.49	-0.55
E _{VIG}	-0.12	-0.40	-0.16	-0.30	-0.25	-0.26	-0.48	0.69	0.54	0.90	0.57	1	0.46	-0.19	-0.20	0.15
W _{D2}	0.70	0.20	0.65	0.61	-0.10	0.66	0.19	0.96	0.98	0.79	0.94	0.46	1	0.71	0.68	-0.72
W _{D2} /W _p	0.84	0.41	0.83	0.94	0.00	0.93	0.45	0.50	0.62	0.17	0.52	-0.19	0.71	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.82	0.39	0.80	0.89	0.00	0.91	0.43	0.47	0.57	0.15	0.49	-0.20	0.68	0.98	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.42	-0.86	-0.91	-0.03	-0.94	-0.46	-0.53	-0.64	-0.21	-0.55	0.15	-0.72	-0.99	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.37	0.76	0.85	0.07	0.84	0.44	0.47	0.55	0.21	0.52	-0.08	0.60	0.83	0.80	-0.85
DAP	0.37	1	0.44	0.43	0.85	0.46	0.95	-0.08	-0.01	-0.22	-0.08	-0.43	-0.01	0.37	0.36	-0.38
Vel	0.76	0.44	1	0.78	0.17	0.93	0.47	0.45	0.57	0.21	0.50	-0.08	0.58	0.82	0.79	-0.87
Ace	0.85	0.43	0.78	1	0.08	0.91	0.52	0.29	0.37	-0.02	0.34	-0.32	0.46	0.88	0.88	-0.88
D _{techo}	0.07	0.85	0.17	0.08	1	0.11	0.73	-0.20	-0.15	-0.20	-0.25	-0.25	-0.19	0.04	0.04	-0.05
F _{dam}	0.84	0.46	0.93	0.91	0.11	1	0.53	0.40	0.50	0.10	0.46	-0.21	0.55	0.91	0.89	-0.95
D _{dam}	0.44	0.95	0.47	0.52	0.73	0.53	1	-0.10	-0.02	-0.28	-0.07	-0.52	-0.02	0.41	0.40	-0.43
E _I	0.47	-0.08	0.45	0.29	-0.20	0.40	-0.10	1	0.98	0.92	0.97	0.73	0.97	0.49	0.47	-0.51
W _{D1}	0.55	-0.01	0.57	0.37	-0.15	0.50	-0.02	0.98	1	0.88	0.97	0.67	0.98	0.55	0.52	-0.59
W _p	0.21	-0.22	0.21	-0.02	-0.20	0.10	-0.28	0.92	0.88	1	0.90	0.91	0.84	0.19	0.16	-0.21
E _{COL}	0.52	-0.08	0.50	0.34	-0.25	0.46	-0.07	0.97	0.97	0.90	1	0.67	0.95	0.50	0.47	-0.53
E _{VIG}	-0.08	-0.43	-0.08	-0.32	-0.25	-0.21	-0.52	0.73	0.67	0.91	0.67	1	0.61	-0.10	-0.12	0.10
W _{D2}	0.60	-0.01	0.58	0.46	-0.19	0.55	-0.02	0.97	0.98	0.84	0.95	0.61	1	0.65	0.63	-0.66
W _{D2} /W _p	0.83	0.37	0.82	0.88	0.04	0.91	0.41	0.49	0.55	0.19	0.50	-0.10	0.65	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.80	0.36	0.79	0.88	0.04	0.89	0.40	0.47	0.52	0.16	0.47	-0.12	0.63	0.99	1	-0.97
W _p /E _I	-0.85	-0.38	-0.87	-0.88	-0.05	-0.95	-0.43	-0.51	-0.59	-0.21	-0.53	0.10	-0.66	-0.98	-0.97	1

Tabla E7

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.63	0.07	2.16	44	0.68	51	0.26	417	57	179	70	103	182	0.99	0.41	0.45
Mediana	3.50	0.07	1.94	25	0.68	41	0.25	385	51	174	61	94	152	0.85	0.40	0.47
Max.	8.00	0.11	4.52	159	0.97	142	0.41	1023	151	324	177	202	600	2.27	0.59	0.62
Min.	1.20	0.04	1.04	7	0.41	17	0.15	155	18	80	25	47	44	0.44	0.27	0.26
Σ	1.42	0.02	0.81	38	0.13	29	0.06	201	30	66	34	41	120	0.44	0.08	0.09
cov	0.39	0.22	0.38	0.87	0.19	0.58	0.24	0.48	0.53	0.37	0.49	0.40	0.66	0.44	0.20	0.19
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.58	0.97	0.21	0.00	0.98	0.06	0.84	0.46	0.25	0.66	0.32	0.10	0.11	0.04	0.40	0.57
ksstat	0.10	0.06	0.13	0.23	0.06	0.17	0.08	0.11	0.13	0.09	0.12	0.16	0.15	0.18	0.11	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.25	-2.61	0.66	3.23	-0.38	3.72	-1.38	5.95	3.93	5.16	4.11	4.54	5.02	-0.16	-0.93	-0.75
β	0.35	0.20	0.39	1.10	0.19	0.61	0.23	0.45	0.51	0.37	0.50	0.42	0.62	0.47	0.21	0.15

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.51	0.80	0.84	0.20	0.87	0.54	0.65	0.67	0.25	0.57	-0.11	0.79	0.87	0.87	-0.88
DAP	0.51	1	0.54	0.42	0.87	0.53	0.98	0.16	0.20	-0.16	0.08	-0.41	0.31	0.46	0.48	-0.49
Vel	0.80	0.54	1	0.77	0.26	0.94	0.56	0.62	0.66	0.22	0.54	-0.13	0.76	0.88	0.88	-0.89
Ace	0.84	0.42	0.77	1	0.08	0.91	0.47	0.53	0.56	0.06	0.41	-0.28	0.72	0.94	0.90	-0.89
D _{techo}	0.20	0.87	0.26	0.08	1	0.18	0.80	-0.09	-0.05	-0.24	-0.16	-0.34	0.00	0.11	0.16	-0.17
F _{dam}	0.87	0.53	0.94	0.91	0.18	1	0.57	0.62	0.65	0.15	0.53	-0.23	0.79	0.96	0.94	-0.94
D _{dam}	0.54	0.98	0.56	0.47	0.80	0.57	1	0.16	0.19	-0.20	0.09	-0.48	0.32	0.50	0.52	-0.52
E _I	0.65	0.16	0.62	0.53	-0.09	0.62	0.16	1	0.99	0.85	0.97	0.56	0.96	0.66	0.62	-0.64
W _{D1}	0.67	0.20	0.66	0.56	-0.05	0.65	0.19	0.99	1	0.82	0.96	0.53	0.96	0.68	0.64	-0.66
W _p	0.25	-0.16	0.22	0.06	-0.24	0.15	-0.20	0.85	0.82	1	0.89	0.90	0.66	0.20	0.17	-0.20
E _{COL}	0.57	0.08	0.54	0.41	-0.16	0.53	0.09	0.97	0.96	0.89	1	0.61	0.90	0.56	0.52	-0.54
E _{VIG}	-0.11	-0.41	-0.13	-0.28	-0.34	-0.23	-0.48	0.56	0.53	0.90	0.61	1	0.31	-0.18	-0.19	0.16
W _{D2}	0.79	0.31	0.76	0.72	0.00	0.79	0.32	0.96	0.96	0.66	0.90	0.31	1	0.83	0.78	-0.79
W _{D2} /W _p	0.87	0.46	0.88	0.94	0.11	0.96	0.50	0.66	0.68	0.20	0.56	-0.18	0.83	1	0.97	-0.97
W _{D2} /E _I	0.87	0.48	0.88	0.90	0.16	0.94	0.52	0.62	0.64	0.17	0.52	-0.19	0.78	0.97	1	-1.00
W _p /E _I	-0.88	-0.49	-0.89	-0.89	-0.17	-0.94	-0.52	-0.64	-0.66	-0.20	-0.54	0.16	-0.79	-0.97	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.77	0.86	0.24	0.86	0.50	0.53	0.57	0.17	0.47	-0.10	0.69	0.87	0.87	-0.87
DAP	0.48	1	0.51	0.55	0.86	0.56	0.98	-0.01	0.04	-0.23	-0.08	-0.42	0.14	0.49	0.50	-0.49
Vel	0.77	0.51	1	0.78	0.30	0.94	0.52	0.55	0.60	0.20	0.47	-0.09	0.70	0.89	0.88	-0.91
Ace	0.86	0.55	0.78	1	0.27	0.92	0.59	0.38	0.41	-0.03	0.31	-0.32	0.58	0.92	0.92	-0.91
D _{techo}	0.24	0.86	0.30	0.27	1	0.29	0.81	-0.16	-0.11	-0.24	-0.23	-0.30	-0.05	0.23	0.24	-0.23
F _{dam}	0.86	0.56	0.94	0.92	0.29	1	0.59	0.50	0.55	0.10	0.43	-0.21	0.69	0.97	0.96	-0.97
D _{dam}	0.50	0.98	0.52	0.59	0.81	0.59	1	-0.02	0.03	-0.26	-0.06	-0.47	0.14	0.51	0.52	-0.51
E _I	0.53	-0.01	0.55	0.38	-0.16	0.50	-0.02	1	0.99	0.88	0.97	0.68	0.96	0.56	0.54	-0.58
W _{D1}	0.57	0.04	0.60	0.41	-0.11	0.55	0.03	0.99	1	0.86	0.96	0.64	0.97	0.59	0.57	-0.62
W _p	0.17	-0.23	0.20	-0.03	-0.24	0.10	-0.26	0.88	0.86	1	0.90	0.92	0.74	0.15	0.14	-0.18
E _{COL}	0.47	-0.08	0.47	0.31	-0.23	0.43	-0.06	0.97	0.96	0.90	1	0.70	0.91	0.47	0.45	-0.50
E _{VIG}	-0.10	-0.42	-0.09	-0.32	-0.30	-0.21	-0.47	0.68	0.64	0.92	0.70	1	0.49	-0.14	-0.16	0.12
W _{D2}	0.69	0.14	0.70	0.58	-0.05	0.69	0.14	0.96	0.97	0.74	0.91	0.49	1	0.74	0.73	-0.77
W _{D2} /W _p	0.87	0.49	0.89	0.92	0.23	0.97	0.51	0.56	0.59	0.15	0.47	-0.14	0.74	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.87	0.50	0.88	0.92	0.24	0.96	0.52	0.54	0.57	0.14	0.45	-0.16	0.73	1.00	1	-0.99
W _p /E _I	-0.87	-0.49	-0.91	-0.91	-0.23	-0.97	-0.51	-0.58	-0.62	-0.18	-0.50	0.12	-0.77	-1.00	-0.99	1

Tabla E8

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.61	0.08	2.12	44	0.67	21	0.27	390	55	168	71	91	167	0.99	0.43	0.44
Mediana	3.40	0.07	1.89	25	0.64	20	0.26	384	47	165	65	83	159	0.92	0.42	0.45
Max.	7.80	0.11	4.17	158	1.04	29	0.41	839	136	356	179	186	366	1.46	0.51	0.50
Min.	1.40	0.04	0.96	7	0.40	16	0.15	157	16	73	22	39	65	0.74	0.37	0.34
Σ	1.35	0.02	0.75	38	0.13	3	0.06	163	29	66	36	38	72	0.18	0.03	0.04
cov	0.37	0.21	0.36	0.86	0.19	0.16	0.23	0.42	0.53	0.39	0.50	0.42	0.43	0.18	0.07	0.10
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.39	0.37	0.18	0.00	0.32	0.43	0.35	0.67	0.37	0.67	0.32	0.27	0.83	0.02	0.15	0.04
ksstat	0.11	0.12	0.14	0.25	0.12	0.11	0.12	0.09	0.12	0.09	0.12	0.13	0.08	0.19	0.14	0.18
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.22	-2.62	0.64	3.23	-0.44	3.02	-1.36	5.95	3.85	5.11	4.18	4.42	5.07	-0.08	-0.87	-0.80
β	0.36	0.22	0.39	1.04	0.19	0.17	0.23	0.38	0.57	0.35	0.48	0.44	0.42	0.19	0.07	0.15

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.77	0.83	0.11	0.86	0.47	0.46	0.66	0.28	0.55	-0.07	0.52	0.62	0.40	-0.75
DAP	0.44	1	0.46	0.34	0.83	0.44	0.98	-0.08	0.12	-0.16	0.02	-0.37	-0.08	0.06	-0.12	-0.17
Vel	0.77	0.46	1	0.77	0.15	0.94	0.48	0.40	0.63	0.23	0.51	-0.11	0.44	0.58	0.32	-0.73
Ace	0.83	0.34	0.77	1	-0.06	0.87	0.38	0.31	0.53	0.07	0.39	-0.26	0.41	0.82	0.61	-0.88
D _{techo}	0.11	0.83	0.15	-0.06	1	0.07	0.75	-0.14	-0.05	-0.12	-0.15	-0.15	-0.19	-0.25	-0.36	0.16
F _{dam}	0.86	0.44	0.94	0.87	0.07	1	0.47	0.36	0.59	0.16	0.48	-0.21	0.43	0.72	0.49	-0.84
D _{dam}	0.47	0.98	0.48	0.38	0.75	0.47	1	-0.10	0.11	-0.19	0.02	-0.44	-0.10	0.09	-0.10	-0.20
E _I	0.46	-0.08	0.40	0.31	-0.14	0.36	-0.10	1	0.95	0.97	0.95	0.79	0.98	0.30	0.17	-0.40
W _{D1}	0.66	0.12	0.63	0.53	-0.05	0.59	0.11	0.95	1	0.86	0.96	0.58	0.94	0.42	0.21	-0.55
W _p	0.28	-0.16	0.23	0.07	-0.12	0.16	-0.19	0.97	0.86	1	0.90	0.90	0.91	0.07	-0.03	-0.17
E _{COL}	0.55	0.02	0.51	0.39	-0.15	0.48	0.02	0.95	0.96	0.90	1	0.63	0.93	0.29	0.12	-0.42
E _{VIG}	-0.07	-0.37	-0.11	-0.26	-0.15	-0.21	-0.44	0.79	0.58	0.90	0.63	1	0.72	-0.16	-0.15	0.11
W _{D2}	0.52	-0.08	0.44	0.41	-0.19	0.43	-0.10	0.98	0.94	0.91	0.93	0.72	1	0.45	0.33	-0.53
W _{D2} /W _p	0.62	0.06	0.58	0.82	-0.25	0.72	0.09	0.30	0.42	0.07	0.29	-0.16	0.45	1	0.94	-0.97
W _{D2} /E _I	0.40	-0.12	0.32	0.61	-0.36	0.49	-0.10	0.17	0.21	-0.03	0.12	-0.15	0.33	0.94	1	-0.85
W _p /E _I	-0.75	-0.17	-0.73	-0.88	0.16	-0.84	-0.20	-0.40	-0.55	-0.17	-0.42	0.11	-0.53	-0.97	-0.85	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.43	0.76	0.85	0.15	0.84	0.46	0.43	0.60	0.28	0.53	-0.01	0.48	0.59	0.37	-0.75
DAP	0.43	1	0.47	0.47	0.82	0.45	0.97	-0.12	0.05	-0.18	-0.06	-0.37	-0.12	0.09	-0.07	-0.23
Vel	0.76	0.47	1	0.78	0.23	0.94	0.49	0.40	0.59	0.26	0.49	-0.03	0.41	0.52	0.26	-0.71
Ace	0.85	0.47	0.78	1	0.10	0.90	0.52	0.23	0.41	0.04	0.34	-0.27	0.31	0.67	0.51	-0.80
D _{techo}	0.15	0.82	0.23	0.10	1	0.12	0.73	-0.14	-0.02	-0.10	-0.15	-0.12	-0.19	-0.20	-0.34	0.08
F _{dam}	0.84	0.45	0.94	0.90	0.12	1	0.49	0.33	0.53	0.16	0.44	-0.15	0.39	0.65	0.42	-0.83
D _{dam}	0.46	0.97	0.49	0.52	0.73	0.49	1	-0.15	0.03	-0.21	-0.06	-0.43	-0.14	0.11	-0.07	-0.25
E _I	0.43	-0.12	0.40	0.23	-0.14	0.33	-0.15	1	0.96	0.96	0.96	0.80	0.98	0.40	0.25	-0.46
W _{D1}	0.60	0.05	0.59	0.41	-0.02	0.53	0.03	0.96	1	0.90	0.96	0.69	0.95	0.44	0.23	-0.56
W _p	0.28	-0.18	0.26	0.04	-0.10	0.16	-0.21	0.96	0.90	1	0.92	0.90	0.92	0.19	0.06	-0.25
E _{COL}	0.53	-0.06	0.49	0.34	-0.15	0.44	-0.06	0.96	0.96	0.92	1	0.71	0.94	0.37	0.19	-0.47
E _{VIG}	-0.01	-0.37	-0.03	-0.27	-0.12	-0.15	-0.43	0.80	0.69	0.90	0.71	1	0.75	0.01	-0.05	0.00
W _{D2}	0.48	-0.12	0.41	0.31	-0.19	0.39	-0.14	0.98	0.95	0.92	0.94	0.75	1	0.52	0.39	-0.56
W _{D2} /W _p	0.59	0.09	0.52	0.67	-0.20	0.65	0.11	0.40	0.44	0.19	0.37	0.01	0.52	1	0.94	-0.94
W _{D2} /E _I	0.37	-0.07	0.26	0.51	-0.34	0.42	-0.07	0.25	0.23	0.06	0.19	-0.05	0.39	0.94	1	-0.80
W _p /E _I	-0.75	-0.23	-0.71	-0.80	0.08	-0.83	-0.25	-0.46	-0.56	-0.25	-0.47	0.00	-0.56	-0.94	-0.80	1

Tabla E9

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.73	0.07	2.18	45	0.66	33	0.27	432	57	169	71	92	205	1.20	0.47	0.40
Mediana	3.60	0.07	1.95	26	0.65	31	0.26	407	50	167	64	86	188	1.10	0.46	0.42
Max.	8.20	0.11	4.48	165	1.01	57	0.39	879	151	339	175	188	460	1.88	0.55	0.49
Min.	1.40	0.04	0.95	7	0.39	20	0.15	175	19	73	23	42	77	0.85	0.40	0.29
Σ	1.42	0.02	0.81	39	0.13	9	0.06	188	31	66	36	38	98	0.28	0.04	0.05
cov	0.38	0.22	0.37	0.87	0.20	0.28	0.23	0.44	0.54	0.39	0.50	0.41	0.48	0.23	0.09	0.13
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
p-value	0.51	0.80	0.23	0.00	0.96	0.31	0.81	0.74	0.24	0.40	0.17	0.24	0.58	0.00	0.05	0.09
ksstat	0.10	0.08	0.13	0.25	0.06	0.12	0.08	0.09	0.13	0.11	0.14	0.13	0.10	0.22	0.17	0.16
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.28	-2.61	0.67	3.26	-0.43	3.44	-1.34	6.01	3.91	5.12	4.15	4.46	5.23	0.10	-0.78	-0.88
β	0.36	0.25	0.39	1.06	0.19	0.29	0.26	0.43	0.56	0.36	0.51	0.42	0.48	0.27	0.09	0.19

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.52	0.79	0.83	0.21	0.86	0.54	0.54	0.68	0.29	0.56	-0.07	0.64	0.77	0.70	-0.82
DAP	0.52	1	0.60	0.43	0.82	0.58	0.99	0.06	0.22	-0.11	0.09	-0.36	0.12	0.33	0.25	-0.38
Vel	0.79	0.60	1	0.78	0.27	0.95	0.61	0.50	0.66	0.25	0.53	-0.11	0.58	0.76	0.66	-0.81
Ace	0.83	0.43	0.78	1	0.04	0.89	0.46	0.40	0.55	0.08	0.39	-0.26	0.54	0.91	0.83	-0.89
D _{techo}	0.21	0.82	0.27	0.04	1	0.18	0.78	-0.09	0.00	-0.13	-0.13	-0.18	-0.09	-0.02	-0.07	-0.04
F _{dam}	0.86	0.58	0.95	0.89	0.18	1	0.60	0.46	0.62	0.17	0.49	-0.21	0.58	0.87	0.79	-0.91
D _{dam}	0.54	0.99	0.61	0.46	0.78	0.60	1	0.05	0.21	-0.13	0.09	-0.40	0.12	0.35	0.27	-0.39
E _I	0.54	0.06	0.50	0.40	-0.09	0.46	0.05	1	0.97	0.94	0.97	0.72	0.98	0.47	0.40	-0.52
W _{D1}	0.68	0.22	0.66	0.55	0.00	0.62	0.21	0.97	1	0.85	0.96	0.56	0.98	0.57	0.48	-0.62
W _p	0.29	-0.11	0.25	0.08	-0.13	0.17	-0.13	0.94	0.85	1	0.90	0.90	0.86	0.16	0.11	-0.22
E _{COL}	0.56	0.09	0.53	0.39	-0.13	0.49	0.09	0.97	0.96	0.90	1	0.64	0.94	0.43	0.35	-0.48
E _{VIG}	-0.07	-0.36	-0.11	-0.26	-0.18	-0.21	-0.40	0.72	0.56	0.90	0.64	1	0.60	-0.15	-0.16	0.11
W _{D2}	0.64	0.12	0.58	0.54	-0.09	0.58	0.12	0.98	0.98	0.86	0.94	0.60	1	0.61	0.55	-0.65
W _{D2} /W _p	0.77	0.33	0.76	0.91	-0.02	0.87	0.35	0.47	0.57	0.16	0.43	-0.15	0.61	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.70	0.25	0.66	0.83	-0.07	0.79	0.27	0.40	0.48	0.11	0.35	-0.16	0.55	0.98	1	-0.96
W _p /E _I	-0.82	-0.38	-0.81	-0.89	-0.04	-0.91	-0.39	-0.52	-0.62	-0.22	-0.48	0.11	-0.65	-0.98	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.46	0.77	0.86	0.19	0.85	0.47	0.49	0.61	0.28	0.51	-0.03	0.59	0.78	0.70	-0.83
DAP	0.46	1	0.54	0.47	0.86	0.50	0.99	-0.02	0.11	-0.14	-0.04	-0.35	0.03	0.29	0.24	-0.34
Vel	0.77	0.54	1	0.79	0.28	0.94	0.55	0.45	0.61	0.26	0.47	-0.06	0.53	0.76	0.66	-0.83
Ace	0.86	0.47	0.79	1	0.14	0.92	0.49	0.30	0.43	0.06	0.34	-0.28	0.43	0.84	0.79	-0.87
D _{techo}	0.19	0.86	0.28	0.14	1	0.18	0.82	-0.12	-0.02	-0.14	-0.18	-0.18	-0.11	0.01	-0.02	-0.05
F _{dam}	0.85	0.50	0.94	0.92	0.18	1	0.52	0.41	0.56	0.18	0.44	-0.17	0.52	0.86	0.78	-0.91
D _{dam}	0.47	0.99	0.55	0.49	0.82	0.52	1	-0.03	0.10	-0.16	-0.04	-0.38	0.02	0.30	0.25	-0.35
E _I	0.49	-0.02	0.45	0.30	-0.12	0.41	-0.03	1	0.98	0.95	0.97	0.76	0.98	0.50	0.43	-0.51
W _{D1}	0.61	0.11	0.61	0.43	-0.02	0.56	0.10	0.98	1	0.90	0.96	0.66	0.98	0.59	0.50	-0.61
W _p	0.28	-0.14	0.26	0.06	-0.14	0.18	-0.16	0.95	0.90	1	0.93	0.89	0.89	0.26	0.20	-0.27
E _{COL}	0.51	-0.04	0.47	0.34	-0.18	0.44	-0.04	0.97	0.96	0.93	1	0.71	0.96	0.47	0.39	-0.49
E _{VIG}	-0.03	-0.35	-0.06	-0.28	-0.18	-0.17	-0.38	0.76	0.66	0.89	0.71	1	0.66	-0.03	-0.05	0.04
W _{D2}	0.59	0.03	0.53	0.43	-0.11	0.52	0.02	0.98	0.98	0.89	0.96	0.66	1	0.63	0.57	-0.63
W _{D2} /W _p	0.78	0.29	0.76	0.84	0.01	0.86	0.30	0.50	0.59	0.26	0.47	-0.03	0.63	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.70	0.24	0.66	0.79	-0.02	0.78	0.25	0.43	0.50	0.20	0.39	-0.05	0.57	0.98	1	-0.95
W _p /E _I	-0.83	-0.34	-0.83	-0.87	-0.05	-0.91	-0.35	-0.51	-0.61	-0.27	-0.49	0.04	-0.63	-0.99	-0.95	1

Tabla E10

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	3.90	0.08	2.26	47	0.67	53	0.27	496	61	172	71	95	262	1.48	0.51	0.37
Mediana	3.80	0.07	2.00	27	0.68	48	0.26	447	53	170	64	89	231	1.33	0.50	0.38
Max.	8.60	0.11	4.81	171	0.90	113	0.41	1136	166	326	168	192	700	2.69	0.63	0.48
Min.	1.40	0.04	1.03	8	0.39	26	0.15	204	21	76	22	43	89	0.88	0.42	0.23
Σ	1.51	0.02	0.86	40	0.13	21	0.07	232	34	65	35	38	144	0.47	0.06	0.06
cov	0.39	0.24	0.38	0.87	0.20	0.40	0.25	0.47	0.55	0.38	0.49	0.40	0.55	0.32	0.11	0.18
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.44	0.55	0.21	0.00	0.63	0.18	0.60	0.29	0.17	0.31	0.38	0.12	0.08	0.06	0.22	0.62
ksstat	0.11	0.10	0.13	0.23	0.09	0.14	0.10	0.12	0.14	0.12	0.11	0.15	0.16	0.17	0.13	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.34	-2.64	0.69	3.31	-0.39	3.87	-1.36	6.10	3.97	5.14	4.16	4.48	5.44	0.28	-0.69	-0.97
β	0.34	0.26	0.41	1.08	0.23	0.41	0.26	0.48	0.55	0.36	0.49	0.42	0.54	0.37	0.11	0.15

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.55	0.80	0.84	0.27	0.87	0.56	0.63	0.70	0.28	0.56	-0.08	0.73	0.84	0.82	-0.85
DAP	0.55	1	0.57	0.46	0.86	0.59	0.99	0.19	0.28	-0.13	0.12	-0.43	0.30	0.51	0.49	-0.52
Vel	0.80	0.57	1	0.78	0.29	0.95	0.58	0.59	0.68	0.24	0.53	-0.12	0.69	0.85	0.82	-0.87
Ace	0.84	0.46	0.78	1	0.12	0.90	0.48	0.51	0.58	0.09	0.41	-0.26	0.65	0.94	0.89	-0.89
D _{techo}	0.27	0.86	0.29	0.12	1	0.25	0.82	-0.03	0.05	-0.20	-0.11	-0.34	0.03	0.17	0.18	-0.22
F _{dam}	0.87	0.59	0.95	0.90	0.25	1	0.61	0.58	0.66	0.17	0.50	-0.22	0.70	0.94	0.91	-0.94
D _{dam}	0.56	0.99	0.58	0.48	0.82	0.61	1	0.17	0.28	-0.16	0.12	-0.48	0.29	0.52	0.50	-0.53
E _I	0.63	0.19	0.59	0.51	-0.03	0.58	0.17	1	0.99	0.88	0.97	0.61	0.98	0.61	0.56	-0.61
W _{D1}	0.70	0.28	0.68	0.58	0.05	0.66	0.28	0.99	1	0.82	0.96	0.52	0.99	0.67	0.61	-0.66
W _p	0.28	-0.13	0.24	0.09	-0.20	0.17	-0.16	0.88	0.82	1	0.91	0.90	0.78	0.20	0.17	-0.22
E _{COL}	0.56	0.12	0.53	0.41	-0.11	0.50	0.12	0.97	0.96	0.91	1	0.64	0.93	0.50	0.45	-0.50
E _{VIG}	-0.08	-0.43	-0.12	-0.26	-0.34	-0.22	-0.48	0.61	0.52	0.90	0.64	1	0.46	-0.16	-0.17	0.14
W _{D2}	0.73	0.30	0.69	0.65	0.03	0.70	0.29	0.98	0.99	0.78	0.93	0.46	1	0.74	0.69	-0.73
W _{D2} /W _p	0.84	0.51	0.85	0.94	0.17	0.94	0.52	0.61	0.67	0.20	0.50	-0.16	0.74	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.82	0.49	0.82	0.89	0.18	0.91	0.50	0.56	0.61	0.17	0.45	-0.17	0.69	0.98	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.52	-0.87	-0.89	-0.22	-0.94	-0.53	-0.61	-0.66	-0.22	-0.50	0.14	-0.73	-0.98	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.52	0.78	0.86	0.27	0.85	0.53	0.54	0.60	0.25	0.49	-0.05	0.62	0.85	0.83	-0.86
DAP	0.52	1	0.54	0.55	0.87	0.57	0.99	0.05	0.12	-0.15	-0.02	-0.42	0.12	0.52	0.50	-0.53
Vel	0.78	0.54	1	0.80	0.32	0.94	0.55	0.51	0.60	0.21	0.43	-0.08	0.59	0.87	0.83	-0.89
Ace	0.86	0.55	0.80	1	0.25	0.92	0.57	0.38	0.44	0.03	0.32	-0.28	0.49	0.91	0.90	-0.90
D _{techo}	0.27	0.87	0.32	0.25	1	0.29	0.84	-0.09	-0.03	-0.17	-0.18	-0.29	-0.05	0.25	0.23	-0.25
F _{dam}	0.85	0.57	0.94	0.92	0.29	1	0.59	0.48	0.56	0.14	0.41	-0.18	0.58	0.94	0.92	-0.96
D _{dam}	0.53	0.99	0.55	0.57	0.84	0.59	1	0.02	0.09	-0.19	-0.04	-0.47	0.10	0.53	0.51	-0.54
E _I	0.54	0.05	0.51	0.38	-0.09	0.48	0.02	1	0.99	0.92	0.97	0.70	0.98	0.54	0.52	-0.56
W _{D1}	0.60	0.12	0.60	0.44	-0.03	0.56	0.09	0.99	1	0.88	0.96	0.65	0.98	0.60	0.57	-0.62
W _p	0.25	-0.15	0.21	0.03	-0.17	0.14	-0.19	0.92	0.88	1	0.93	0.89	0.85	0.20	0.17	-0.21
E _{COL}	0.49	-0.02	0.43	0.32	-0.18	0.41	-0.04	0.97	0.96	0.93	1	0.71	0.94	0.45	0.42	-0.46
E _{VIG}	-0.05	-0.42	-0.08	-0.28	-0.29	-0.18	-0.47	0.70	0.65	0.89	0.71	1	0.61	-0.12	-0.13	0.11
W _{D2}	0.62	0.12	0.59	0.49	-0.05	0.58	0.10	0.98	0.98	0.85	0.94	0.61	1	0.65	0.63	-0.66
W _{D2} /W _p	0.85	0.52	0.87	0.91	0.25	0.94	0.53	0.54	0.60	0.20	0.45	-0.12	0.65	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.83	0.50	0.83	0.90	0.23	0.92	0.51	0.52	0.57	0.17	0.42	-0.13	0.63	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.86	-0.53	-0.89	-0.90	-0.25	-0.96	-0.54	-0.56	-0.62	-0.21	-0.46	0.11	-0.66	-1.00	-0.98	1

Tabla E11

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.20	0.07	2.41	50	0.67	109	0.26	649	68	179	71	103	402	2.15	0.59	0.31
Mediana	4.00	0.07	2.15	29	0.66	91	0.26	567	59	178	64	97	334	1.83	0.57	0.31
Max.	9.40	0.11	5.49	187	0.95	314	0.40	1911	197	349	173	203	1426	5.14	0.75	0.49
Min.	1.20	0.04	1.11	7	0.38	32	0.14	164	15	80	24	48	69	0.87	0.42	0.15
Σ	1.67	0.02	0.99	44	0.14	65	0.06	374	39	69	35	41	285	1.02	0.08	0.08
cov	0.40	0.24	0.41	0.88	0.21	0.60	0.25	0.58	0.58	0.39	0.49	0.40	0.71	0.48	0.14	0.27
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.69	0.94	0.33	0.00	0.74	0.05	0.80	0.23	0.29	0.72	0.48	0.20	0.07	0.01	0.65	0.66
ksstat	0.09	0.07	0.12	0.23	0.09	0.17	0.08	0.13	0.12	0.09	0.11	0.14	0.16	0.20	0.09	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.39	-2.64	0.76	3.37	-0.41	4.51	-1.36	6.34	4.08	5.18	4.16	4.57	5.81	0.60	-0.55	-1.16
β	0.38	0.25	0.43	1.08	0.22	0.62	0.25	0.56	0.56	0.36	0.49	0.39	0.65	0.50	0.15	0.24

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.46	0.82	0.83	0.20	0.87	0.46	0.74	0.72	0.30	0.56	-0.01	0.80	0.87	0.87	-0.87
DAP	0.46	1	0.52	0.37	0.89	0.50	0.99	0.28	0.28	-0.03	0.12	-0.24	0.34	0.45	0.48	-0.49
Vel	0.82	0.52	1	0.79	0.25	0.95	0.52	0.72	0.71	0.26	0.53	-0.04	0.78	0.89	0.88	-0.89
Ace	0.83	0.37	0.79	1	0.05	0.91	0.39	0.64	0.60	0.10	0.39	-0.20	0.74	0.95	0.88	-0.86
D _{techo}	0.20	0.89	0.25	0.05	1	0.18	0.87	0.06	0.07	-0.06	-0.05	-0.15	0.08	0.13	0.20	-0.23
F _{dam}	0.87	0.50	0.95	0.91	0.18	1	0.51	0.73	0.70	0.20	0.50	-0.13	0.81	0.97	0.93	-0.92
D _{dam}	0.46	0.99	0.52	0.39	0.87	0.51	1	0.27	0.26	-0.06	0.11	-0.29	0.33	0.46	0.49	-0.49
E _I	0.74	0.28	0.72	0.64	0.06	0.73	0.27	1	1.00	0.78	0.93	0.51	0.99	0.77	0.70	-0.70
W _{D1}	0.72	0.28	0.71	0.60	0.07	0.70	0.26	1.00	1	0.81	0.95	0.55	0.97	0.73	0.68	-0.69
W _p	0.30	-0.03	0.26	0.10	-0.06	0.20	-0.06	0.78	0.81	1	0.92	0.93	0.67	0.23	0.21	-0.24
E _{COL}	0.56	0.12	0.53	0.39	-0.05	0.50	0.11	0.93	0.95	0.92	1	0.72	0.87	0.53	0.48	-0.50
E _{VIG}	-0.01	-0.24	-0.04	-0.20	-0.15	-0.13	-0.29	0.51	0.55	0.93	0.72	1	0.37	-0.09	-0.09	0.06
W _{D2}	0.80	0.34	0.78	0.74	0.08	0.81	0.33	0.99	0.97	0.67	0.87	0.37	1	0.85	0.77	-0.77
W _{D2} /W _p	0.87	0.45	0.89	0.95	0.13	0.97	0.46	0.77	0.73	0.23	0.53	-0.09	0.85	1	0.96	-0.95
W _{D2} /E _I	0.87	0.48	0.88	0.88	0.20	0.93	0.49	0.70	0.68	0.21	0.48	-0.09	0.77	0.96	1	-1.00
W _p /E _I	-0.87	-0.49	-0.89	-0.86	-0.23	-0.92	-0.49	-0.70	-0.69	-0.24	-0.50	0.06	-0.77	-0.95	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.39	0.81	0.87	0.23	0.88	0.40	0.64	0.65	0.25	0.48	0.02	0.72	0.87	0.87	1
DAP	0.39	1	0.49	0.44	0.92	0.50	0.99	0.16	0.17	-0.05	0.00	-0.24	0.22	0.45	0.45	0.39
Vel	0.81	0.49	1	0.81	0.33	0.95	0.49	0.64	0.66	0.26	0.45	0.01	0.73	0.91	0.90	0.81
Ace	0.87	0.44	0.81	1	0.22	0.92	0.45	0.51	0.50	0.06	0.32	-0.19	0.62	0.92	0.93	0.87
D _{techo}	0.23	0.92	0.33	0.22	1	0.30	0.89	0.06	0.08	-0.05	-0.09	-0.15	0.09	0.25	0.25	0.23
F _{dam}	0.88	0.50	0.95	0.92	0.30	1	0.51	0.61	0.61	0.17	0.41	-0.10	0.72	0.96	0.96	0.88
D _{dam}	0.40	0.99	0.49	0.45	0.89	0.51	1	0.14	0.16	-0.08	-0.01	-0.28	0.21	0.45	0.46	0.40
E _I	0.64	0.16	0.64	0.51	0.06	0.61	0.14	1	0.99	0.86	0.95	0.67	0.98	0.66	0.64	0.64
W _{D1}	0.65	0.17	0.66	0.50	0.08	0.61	0.16	0.99	1	0.86	0.94	0.67	0.98	0.65	0.64	0.65
W _p	0.25	-0.05	0.26	0.06	-0.05	0.17	-0.08	0.86	0.86	1	0.94	0.93	0.77	0.21	0.20	0.25
E _{COL}	0.48	0.00	0.45	0.32	-0.09	0.41	-0.01	0.95	0.94	0.94	1	0.79	0.90	0.45	0.43	0.48
E _{VIG}	0.02	-0.24	0.01	-0.19	-0.15	-0.10	-0.28	0.67	0.67	0.93	0.79	1	0.56	-0.05	-0.06	0.02
W _{D2}	0.72	0.22	0.73	0.62	0.09	0.72	0.21	0.98	0.98	0.77	0.90	0.56	1	0.76	0.75	0.72
W _{D2} /W _p	0.87	0.45	0.91	0.92	0.25	0.96	0.45	0.66	0.65	0.21	0.45	-0.05	0.76	1	1.00	0.87
W _{D2} /E _I	0.87	0.45	0.90	0.93	0.25	0.96	0.46	0.64	0.64	0.20	0.43	-0.06	0.75	1.00	1	0.87
W _p /E _I	-0.87	-0.46	-0.91	-0.91	-0.26	-0.96	-0.46	-0.67	-0.67	-0.23	-0.46	0.03	-0.77	-1.00	-1.00	-0.87

Tabla E12

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.50	0.06	2.12	44	0.76	59	0.19	729	73	209	67	133	445	2.23	0.62	0.29
Mediana	3.50	0.06	2.00	28	0.77	57	0.19	725	68	205	63	122	424	1.99	0.61	0.30
Max.	7.60	0.10	4.49	156	1.20	88	0.30	1574	184	427	231	334	981	6.80	0.82	0.35
Min.	0.80	0.01	0.50	6	0.09	32	0.02	29	2	5	0	6	22	1.57	0.55	0.12
Σ	1.31	0.02	0.81	36	0.22	12	0.06	342	40	95	50	61	213	0.74	0.05	0.04
cov	0.37	0.31	0.38	0.83	0.29	0.21	0.32	0.47	0.54	0.45	0.74	0.46	0.48	0.33	0.08	0.14
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.44	0.49	0.54	0.01	0.28	0.59	0.60	0.41	0.15	0.62	0.22	0.46	0.76	0.00	0.16	0.02
ksstat	0.11	0.11	0.10	0.21	0.12	0.10	0.10	0.11	0.14	0.09	0.13	0.11	0.08	0.23	0.14	0.20
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.25	-2.80	0.69	3.32	-0.27	4.05	-1.66	6.59	4.22	5.32	4.14	4.80	6.05	0.69	-0.50	-1.20
β	0.32	0.28	0.37	0.97	0.24	0.21	0.29	0.40	0.52	0.42	0.59	0.43	0.46	0.24	0.07	0.06

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.54	0.83	0.79	0.43	0.86	0.60	0.66	0.68	0.57	0.80	0.17	0.67	-0.05	-0.06	-0.14
DAP	0.54	1	0.57	0.35	0.96	0.55	0.99	0.32	0.38	0.34	0.43	0.07	0.29	-0.48	-0.51	0.39
Vel	0.83	0.57	1	0.75	0.42	0.92	0.64	0.60	0.66	0.53	0.77	0.11	0.61	-0.09	-0.09	-0.12
Ace	0.79	0.35	0.75	1	0.21	0.88	0.43	0.47	0.47	0.30	0.66	-0.14	0.54	0.26	0.31	-0.47
D _{techo}	0.43	0.96	0.42	0.21	1	0.39	0.93	0.25	0.30	0.30	0.28	0.13	0.22	-0.55	-0.59	0.49
F _{dam}	0.86	0.55	0.92	0.88	0.39	1	0.62	0.54	0.56	0.41	0.74	-0.03	0.58	0.08	0.10	-0.29
D _{dam}	0.60	0.99	0.64	0.43	0.93	0.62	1	0.35	0.40	0.35	0.48	0.04	0.33	-0.43	-0.45	0.32
E _I	0.66	0.32	0.60	0.47	0.25	0.54	0.35	1	0.98	0.97	0.89	0.76	0.99	-0.17	-0.16	-0.02
W _{D1}	0.68	0.38	0.66	0.47	0.30	0.56	0.40	0.98	1	0.97	0.91	0.74	0.95	-0.19	-0.23	0.03
W _p	0.57	0.34	0.53	0.30	0.30	0.41	0.35	0.97	0.97	1	0.84	0.86	0.93	-0.31	-0.34	0.17
E _{COL}	0.80	0.43	0.77	0.66	0.28	0.74	0.48	0.89	0.91	0.84	1	0.45	0.89	-0.08	-0.09	-0.10
E _{VIG}	0.17	0.07	0.11	-0.14	0.13	-0.03	0.04	0.76	0.74	0.86	0.45	1	0.71	-0.39	-0.43	0.34
W _{D2}	0.67	0.29	0.61	0.54	0.22	0.58	0.33	0.99	0.95	0.93	0.89	0.71	1	-0.09	-0.06	-0.11
W _{D2} /W _p	-0.05	-0.48	-0.09	0.26	-0.55	0.08	-0.43	-0.17	-0.19	-0.31	-0.08	-0.39	-0.09	1	0.93	-0.93
W _{D2} /E _I	-0.06	-0.51	-0.09	0.31	-0.59	0.10	-0.45	-0.16	-0.23	-0.34	-0.09	-0.43	-0.06	0.93	1	-0.97
W _p /E _I	-0.14	0.39	-0.12	-0.47	0.49	-0.29	0.32	-0.02	0.03	0.17	-0.10	0.34	-0.11	-0.93	-0.97	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.80	0.81	0.36	0.84	0.52	0.59	0.62	0.52	0.75	0.22	0.59	0.21	0.07	-0.29
DAP	0.50	1	0.57	0.46	0.94	0.55	0.98	0.19	0.27	0.19	0.35	-0.07	0.16	-0.20	-0.30	0.13
Vel	0.80	0.57	1	0.78	0.40	0.90	0.61	0.56	0.60	0.48	0.75	0.17	0.56	0.17	0.02	-0.27
Ace	0.81	0.46	0.78	1	0.31	0.94	0.53	0.36	0.36	0.22	0.58	-0.13	0.40	0.48	0.37	-0.54
D _{techo}	0.36	0.94	0.40	0.31	1	0.38	0.90	0.13	0.21	0.16	0.23	-0.02	0.09	-0.28	-0.37	0.22
F _{dam}	0.84	0.55	0.90	0.94	0.38	1	0.61	0.47	0.48	0.35	0.69	0.00	0.50	0.39	0.25	-0.46
D _{dam}	0.52	0.98	0.61	0.53	0.90	0.61	1	0.18	0.26	0.17	0.35	-0.12	0.16	-0.13	-0.23	0.06
E _I	0.59	0.19	0.56	0.36	0.13	0.47	0.18	1	0.98	0.97	0.92	0.82	0.99	0.14	0.01	-0.23
W _{D1}	0.62	0.27	0.60	0.36	0.21	0.48	0.26	0.98	1	0.98	0.93	0.82	0.95	0.02	-0.13	-0.13
W _p	0.52	0.19	0.48	0.22	0.16	0.35	0.17	0.97	0.98	1	0.88	0.90	0.93	-0.07	-0.20	-0.02
E _{COL}	0.75	0.35	0.75	0.58	0.23	0.69	0.35	0.92	0.93	0.88	1	0.64	0.90	0.13	-0.02	-0.24
E _{VIG}	0.22	-0.07	0.17	-0.13	-0.02	0.00	-0.12	0.82	0.82	0.90	0.64	1	0.77	-0.26	-0.34	0.20
W _{D2}	0.59	0.16	0.56	0.40	0.09	0.50	0.16	0.99	0.95	0.93	0.90	0.77	1	0.24	0.13	-0.33
W _{D2} /W _p	0.21	-0.20	0.17	0.48	-0.28	0.39	-0.13	0.14	0.02	-0.07	0.13	-0.26	0.24	1	0.97	-0.98
W _{D2} /E _I	0.07	-0.30	0.02	0.37	-0.37	0.25	-0.23	0.01	-0.13	-0.20	-0.02	-0.34	0.13	0.97	1	-0.92
W _p /E _I	-0.29	0.13	-0.27	-0.54	0.22	-0.46	0.06	-0.23	-0.13	-0.02	-0.24	0.20	-0.33	-0.98	-0.92	1

Tabla E13

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	3.86	0.07	2.28	48	0.83	82	0.21	908	83	214	71	132	609	2.86	0.67	0.24
Mediana	3.80	0.07	2.08	30	0.83	79	0.22	878	73	198	56	120	579	2.67	0.67	0.25
Max.	8.00	0.12	4.75	164	1.30	120	0.36	1923	204	431	247	330	1313	4.64	0.78	0.30
Min.	1.60	0.02	0.78	8	0.30	56	0.07	251	15	64	6	52	172	2.03	0.61	0.17
Σ	1.33	0.02	0.83	39	0.22	16	0.06	409	44	93	51	59	278	0.52	0.03	0.03
cov	0.34	0.28	0.36	0.81	0.26	0.19	0.29	0.45	0.53	0.43	0.72	0.45	0.46	0.18	0.05	0.12
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.28	0.95	0.29	0.00	0.99	0.29	0.97	0.41	0.23	0.53	0.19	0.24	0.64	0.01	0.45	0.01
ksstat	0.12	0.06	0.12	0.24	0.05	0.12	0.06	0.11	0.13	0.10	0.14	0.13	0.09	0.20	0.11	0.20
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.34	-2.71	0.73	3.39	-0.18	4.36	-1.53	6.78	4.29	5.29	4.03	4.78	6.36	0.98	-0.41	-1.39
β	0.32	0.26	0.37	0.98	0.25	0.20	0.24	0.42	0.57	0.48	0.70	0.44	0.45	0.21	0.05	0.07

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.42	0.79	0.80	0.24	0.84	0.51	0.60	0.64	0.50	0.78	0.05	0.61	0.28	0.12	-0.37
DAP	0.42	1	0.46	0.27	0.95	0.39	0.98	0.23	0.32	0.27	0.35	0.01	0.19	-0.29	-0.40	0.22
Vel	0.79	0.46	1	0.73	0.24	0.91	0.57	0.56	0.64	0.47	0.76	0.02	0.56	0.24	0.06	-0.35
Ace	0.80	0.27	0.73	1	0.08	0.88	0.40	0.44	0.43	0.25	0.63	-0.21	0.50	0.58	0.46	-0.64
D _{techo}	0.24	0.95	0.24	0.08	1	0.17	0.89	0.12	0.20	0.20	0.16	0.06	0.08	-0.41	-0.49	0.37
F _{dam}	0.84	0.39	0.91	0.88	0.17	1	0.51	0.48	0.52	0.33	0.72	-0.16	0.51	0.44	0.28	-0.53
D _{dam}	0.51	0.98	0.57	0.40	0.89	0.51	1	0.26	0.35	0.27	0.41	-0.05	0.23	-0.18	-0.30	0.11
E _I	0.60	0.23	0.56	0.44	0.12	0.48	0.26	1	0.98	0.96	0.89	0.73	0.99	0.17	0.04	-0.27
W _{D1}	0.64	0.32	0.64	0.43	0.20	0.52	0.35	0.98	1	0.96	0.92	0.70	0.95	0.06	-0.10	-0.17
W _p	0.50	0.27	0.47	0.25	0.20	0.33	0.27	0.96	0.96	1	0.83	0.84	0.93	-0.07	-0.19	-0.04
E _{COL}	0.78	0.35	0.76	0.63	0.16	0.72	0.41	0.89	0.92	0.83	1	0.40	0.88	0.17	0.01	-0.27
E _{VIG}	0.05	0.01	0.02	-0.21	0.06	-0.16	-0.05	0.73	0.70	0.84	0.40	1	0.68	-0.25	-0.29	0.19
W _{D2}	0.61	0.19	0.56	0.50	0.08	0.51	0.23	0.99	0.95	0.93	0.88	0.68	1	0.27	0.14	-0.37
W _{D2} /W _p	0.28	-0.29	0.24	0.58	-0.41	0.44	-0.18	0.17	0.06	-0.07	0.17	-0.25	0.27	1	0.97	-0.98
W _{D2} /E _I	0.12	-0.40	0.06	0.46	-0.49	0.28	-0.30	0.04	-0.10	-0.19	0.01	-0.29	0.14	0.97	1	-0.94
W _p /E _I	-0.37	0.22	-0.35	-0.64	0.37	-0.53	0.11	-0.27	-0.17	-0.04	-0.27	0.19	-0.37	-0.98	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.33	0.77	0.80	0.18	0.80	0.42	0.54	0.59	0.45	0.72	0.11	0.54	0.27	0.12	-0.37
DAP	0.33	1	0.36	0.25	0.95	0.29	0.97	0.17	0.27	0.21	0.23	0.03	0.13	-0.21	-0.31	0.14
Vel	0.77	0.36	1	0.77	0.16	0.89	0.48	0.50	0.57	0.41	0.69	0.06	0.51	0.24	0.07	-0.37
Ace	0.80	0.25	0.77	1	0.08	0.95	0.37	0.33	0.34	0.17	0.57	-0.19	0.36	0.53	0.40	-0.59
D _{techo}	0.18	0.95	0.16	0.08	1	0.09	0.88	0.09	0.17	0.15	0.11	0.07	0.03	-0.33	-0.41	0.30
F _{dam}	0.80	0.29	0.89	0.95	0.09	1	0.41	0.39	0.43	0.26	0.63	-0.12	0.42	0.44	0.28	-0.53
D _{dam}	0.42	0.97	0.48	0.37	0.88	0.41	1	0.20	0.29	0.21	0.28	-0.02	0.16	-0.11	-0.23	0.04
E _I	0.54	0.17	0.50	0.33	0.09	0.39	0.20	1	0.98	0.97	0.91	0.81	0.99	0.21	0.07	-0.33
W _{D1}	0.59	0.27	0.57	0.34	0.17	0.43	0.29	0.98	1	0.97	0.93	0.80	0.96	0.10	-0.08	-0.22
W _p	0.45	0.21	0.41	0.17	0.15	0.26	0.21	0.97	0.97	1	0.87	0.90	0.94	-0.02	-0.16	-0.09
E _{COL}	0.72	0.23	0.69	0.57	0.11	0.63	0.28	0.91	0.93	0.87	1	0.62	0.90	0.17	0.00	-0.30
E _{VIG}	0.11	0.03	0.06	-0.19	0.07	-0.12	-0.02	0.81	0.80	0.90	0.62	1	0.77	-0.20	-0.28	0.12
W _{D2}	0.54	0.13	0.51	0.36	0.03	0.42	0.16	0.99	0.96	0.94	0.90	0.77	1	0.30	0.15	-0.41
W _{D2} /W _p	0.27	-0.21	0.24	0.53	-0.33	0.44	-0.11	0.21	0.10	-0.02	0.17	-0.20	0.30	1	0.96	-0.98
W _{D2} /E _I	0.12	-0.31	0.07	0.40	-0.41	0.28	-0.23	0.07	-0.08	-0.16	0.00	-0.28	0.15	0.96	1	-0.90
W _p /E _I	-0.37	0.14	-0.37	-0.59	0.30	-0.53	0.04	-0.33	-0.22	-0.09	-0.30	0.12	-0.41	-0.98	-0.90	1

Tabla E14

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.56	0.08	2.55	54	0.65	108	0.28	786	74	174	75	94	538	3.00	0.67	0.24
Mediana	4.40	0.07	2.31	32	0.66	96	0.27	705	65	172	67	88	471	2.75	0.66	0.24
Max.	9.60	0.11	5.73	189	0.92	230	0.39	2007	213	349	176	185	1508	5.39	0.76	0.34
Min.	1.60	0.04	1.13	8	0.40	53	0.16	248	18	78	26	42	149	1.71	0.58	0.14
Σ	1.70	0.02	1.02	46	0.13	43	0.07	406	43	68	37	37	307	0.98	0.05	0.05
cov	0.37	0.24	0.40	0.85	0.20	0.40	0.24	0.52	0.59	0.39	0.49	0.40	0.57	0.33	0.07	0.22
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.67	0.77	0.51	0.00	0.57	0.11	0.59	0.39	0.17	0.35	0.36	0.15	0.16	0.03	0.21	0.80
ksstat	0.09	0.08	0.10	0.22	0.10	0.15	0.10	0.11	0.14	0.12	0.12	0.14	0.14	0.18	0.13	0.08
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.48	-2.60	0.84	3.47	-0.41	4.57	-1.32	6.56	4.17	5.15	4.20	4.48	6.15	1.01	-0.41	-1.42
β	0.35	0.27	0.41	1.06	0.18	0.42	0.27	0.50	0.56	0.37	0.51	0.40	0.55	0.36	0.08	0.23

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.80	0.82	0.17	0.86	0.44	0.68	0.72	0.31	0.54	-0.01	0.73	0.83	0.82	-0.84
DAP	0.44	1	0.50	0.34	0.90	0.48	1.00	0.19	0.25	-0.06	0.08	-0.28	0.23	0.41	0.45	-0.48
Vel	0.80	0.50	1	0.78	0.24	0.96	0.50	0.65	0.71	0.27	0.51	-0.04	0.70	0.83	0.80	-0.84
Ace	0.82	0.34	0.78	1	0.01	0.90	0.34	0.58	0.59	0.10	0.36	-0.20	0.65	0.94	0.88	-0.87
D _{techo}	0.17	0.90	0.24	0.01	1	0.17	0.89	0.02	0.07	-0.06	-0.04	-0.16	0.03	0.10	0.16	-0.21
F _{dam}	0.86	0.48	0.96	0.90	0.17	1	0.49	0.65	0.69	0.21	0.47	-0.13	0.71	0.93	0.89	-0.92
D _{dam}	0.44	1.00	0.50	0.34	0.89	0.49	1	0.19	0.25	-0.06	0.08	-0.29	0.23	0.41	0.45	-0.48
E _I	0.68	0.19	0.65	0.58	0.02	0.65	0.19	1	0.99	0.85	0.95	0.60	0.99	0.67	0.62	-0.65
W _{D1}	0.72	0.25	0.71	0.59	0.07	0.69	0.25	0.99	1	0.82	0.94	0.55	0.99	0.69	0.63	-0.67
W _p	0.31	-0.06	0.27	0.10	-0.06	0.21	-0.06	0.85	0.82	1	0.94	0.92	0.78	0.22	0.19	-0.24
E _{COL}	0.54	0.08	0.51	0.36	-0.04	0.47	0.08	0.95	0.94	0.94	1	0.74	0.92	0.46	0.41	-0.46
E _{VIG}	-0.01	-0.28	-0.04	-0.20	-0.16	-0.13	-0.29	0.60	0.55	0.92	0.74	1	0.52	-0.10	-0.10	0.07
W _{D2}	0.73	0.23	0.70	0.65	0.03	0.71	0.23	0.99	0.99	0.78	0.92	0.52	1	0.75	0.69	-0.71
W _{D2} /W _p	0.83	0.41	0.83	0.94	0.10	0.93	0.41	0.67	0.69	0.22	0.46	-0.10	0.75	1	0.97	-0.97
W _{D2} /E _I	0.82	0.45	0.80	0.88	0.16	0.89	0.45	0.62	0.63	0.19	0.41	-0.10	0.69	0.97	1	-0.99
W _p /E _I	-0.84	-0.48	-0.84	-0.87	-0.21	-0.92	-0.48	-0.65	-0.67	-0.24	-0.46	0.07	-0.71	-0.97	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.79	0.84	0.24	0.86	0.44	0.59	0.66	0.28	0.47	0.03	0.65	0.85	0.81	-0.86
DAP	0.44	1	0.52	0.50	0.90	0.54	1.00	0.10	0.17	-0.10	-0.02	-0.31	0.15	0.51	0.50	-0.52
Vel	0.79	0.52	1	0.80	0.32	0.95	0.52	0.56	0.65	0.25	0.42	0.00	0.61	0.87	0.81	-0.87
Ace	0.84	0.50	0.80	1	0.22	0.91	0.50	0.43	0.49	0.07	0.28	-0.21	0.51	0.92	0.91	-0.92
D _{techo}	0.24	0.90	0.32	0.22	1	0.28	0.89	-0.01	0.07	-0.09	-0.10	-0.20	0.03	0.26	0.25	-0.27
F _{dam}	0.86	0.54	0.95	0.91	0.28	1	0.54	0.54	0.62	0.19	0.39	-0.10	0.61	0.94	0.90	-0.95
D _{dam}	0.44	1.00	0.52	0.50	0.89	0.54	1	0.10	0.17	-0.10	-0.02	-0.31	0.15	0.51	0.50	-0.52
E _I	0.59	0.10	0.56	0.43	-0.01	0.54	0.10	1	0.99	0.90	0.96	0.72	0.99	0.59	0.57	-0.59
W _{D1}	0.66	0.17	0.65	0.49	0.07	0.62	0.17	0.99	1	0.86	0.94	0.66	0.99	0.64	0.62	-0.65
W _p	0.28	-0.10	0.25	0.07	-0.09	0.19	-0.10	0.90	0.86	1	0.96	0.92	0.86	0.22	0.20	-0.22
E _{COL}	0.47	-0.02	0.42	0.28	-0.10	0.39	-0.02	0.96	0.94	0.96	1	0.81	0.94	0.41	0.39	-0.42
E _{VIG}	0.03	-0.31	0.00	-0.21	-0.20	-0.10	-0.31	0.72	0.66	0.92	0.81	1	0.66	-0.07	-0.07	0.07
W _{D2}	0.65	0.15	0.61	0.51	0.03	0.61	0.15	0.99	0.99	0.86	0.94	0.66	1	0.66	0.64	-0.66
W _{D2} /W _p	0.85	0.51	0.87	0.92	0.26	0.94	0.51	0.59	0.64	0.22	0.41	-0.07	0.66	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.81	0.50	0.81	0.91	0.25	0.90	0.50	0.57	0.62	0.20	0.39	-0.07	0.64	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.86	-0.52	-0.87	-0.92	-0.27	-0.95	-0.52	-0.59	-0.65	-0.22	-0.42	0.07	-0.66	-1.00	-0.99	1

Tabla E15

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	5.04	0.06	2.77	60	0.60	234	0.23	1155	82	181	72	105	892	4.77	0.74	0.18
Mediana	4.90	0.06	2.49	34	0.55	199	0.22	991	70	168	66	99	775	4.12	0.74	0.18
Max.	10.20	0.10	6.25	206	0.90	644	0.36	3550	236	362	165	216	3030	11.2	0.86	0.32
Min.	1.60	0.04	1.24	8	0.34	75	0.13	276	19	81	28	52	169	1.93	0.61	0.08
Σ	1.88	0.02	1.17	51	0.16	133	0.06	718	49	72	33	41	621	2.31	0.06	0.06
cov	0.37	0.26	0.42	0.85	0.27	0.57	0.26	0.62	0.59	0.40	0.46	0.39	0.70	0.48	0.09	0.34
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.63	0.30	0.51	0.00	0.20	0.12	0.31	0.16	0.28	0.21	0.50	0.37	0.22	0.09	0.99	0.99
ksstat	0.09	0.12	0.10	0.22	0.14	0.15	0.12	0.14	0.12	0.13	0.10	0.12	0.13	0.16	0.05	0.06
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.59	-2.80	0.91	3.54	-0.60	5.29	-1.52	6.90	4.26	5.12	4.18	4.59	6.65	1.41	-0.30	-1.71
β	0.35	0.28	0.45	1.15	0.32	0.58	0.28	0.59	0.57	0.40	0.47	0.39	0.62	0.51	0.09	0.35

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.30	0.81	0.81	0.13	0.85	0.30	0.75	0.72	0.27	0.47	0.08	0.78	0.85	0.86	-0.86
DAP	0.30	1	0.22	0.04	0.97	0.13	1.00	0.12	0.16	0.10	0.08	0.02	0.11	0.13	0.27	-0.30
Vel	0.81	0.22	1	0.79	0.05	0.96	0.22	0.74	0.72	0.22	0.44	0.03	0.77	0.88	0.87	-0.88
Ace	0.81	0.04	0.79	1	-0.15	0.91	0.04	0.68	0.61	0.06	0.30	-0.12	0.73	0.95	0.86	-0.83
D _{techo}	0.13	0.97	0.05	-0.15	1	-0.06	0.96	-0.01	0.05	0.12	0.04	0.09	-0.03	-0.06	0.09	-0.13
F _{dam}	0.85	0.13	0.96	0.91	-0.06	1	0.13	0.76	0.72	0.17	0.42	-0.03	0.81	0.96	0.91	-0.90
D _{dam}	0.30	1.00	0.22	0.04	0.96	0.13	1	0.12	0.16	0.10	0.08	0.02	0.11	0.13	0.27	-0.30
E _I	0.75	0.12	0.74	0.68	-0.01	0.76	0.12	1	0.99	0.71	0.87	0.55	1.00	0.79	0.71	-0.71
W _{D1}	0.72	0.16	0.72	0.61	0.05	0.72	0.16	0.99	1	0.77	0.90	0.61	0.98	0.73	0.69	-0.69
W _p	0.27	0.10	0.22	0.06	0.12	0.17	0.10	0.71	0.77	1	0.95	0.97	0.65	0.19	0.19	-0.20
E _{COL}	0.47	0.08	0.44	0.30	0.04	0.42	0.08	0.87	0.90	0.95	1	0.86	0.82	0.42	0.40	-0.41
E _{VIG}	0.08	0.02	0.03	-0.12	0.09	-0.03	0.02	0.55	0.61	0.97	0.86	1	0.47	-0.02	-0.01	-0.01
W _{D2}	0.78	0.11	0.77	0.73	-0.03	0.81	0.11	1.00	0.98	0.65	0.82	0.47	1	0.83	0.75	-0.74
W _{D2} /W _p	0.85	0.13	0.88	0.95	-0.06	0.96	0.13	0.79	0.73	0.19	0.42	-0.02	0.83	1	0.94	-0.93
W _{D2} /E _I	0.86	0.27	0.87	0.86	0.09	0.91	0.27	0.71	0.69	0.19	0.40	-0.01	0.75	0.94	1	-1.00
W _p /E _I	-0.86	-0.30	-0.88	-0.83	-0.13	-0.90	-0.30	-0.71	-0.69	-0.20	-0.41	-0.01	-0.74	-0.93	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.34	0.81	0.85	0.19	0.87	0.34	0.70	0.68	0.28	0.43	0.08	0.73	0.88	0.87	-0.88
DAP	0.34	1	0.33	0.21	0.95	0.29	1.00	0.21	0.24	0.10	0.11	-0.02	0.24	0.30	0.30	-0.31
Vel	0.81	0.33	1	0.83	0.16	0.96	0.33	0.70	0.70	0.26	0.42	0.07	0.74	0.92	0.92	-0.92
Ace	0.85	0.21	0.83	1	0.02	0.92	0.21	0.57	0.54	0.07	0.26	-0.13	0.62	0.92	0.93	-0.92
D _{techo}	0.19	0.95	0.16	0.02	1	0.11	0.95	0.08	0.12	0.07	0.04	0.00	0.10	0.12	0.11	-0.12
F _{dam}	0.87	0.29	0.96	0.92	0.11	1	0.29	0.68	0.67	0.19	0.37	-0.01	0.74	0.97	0.97	-0.97
D _{dam}	0.34	1.00	0.33	0.21	0.95	0.29	1	0.21	0.24	0.10	0.11	-0.02	0.24	0.30	0.29	-0.31
E _I	0.70	0.21	0.70	0.57	0.08	0.68	0.21	1	0.99	0.80	0.90	0.64	0.99	0.72	0.72	-0.72
W _{D1}	0.68	0.24	0.70	0.54	0.12	0.67	0.24	0.99	1	0.82	0.91	0.66	0.99	0.70	0.70	-0.70
W _p	0.28	0.10	0.26	0.07	0.07	0.19	0.10	0.80	0.82	1	0.97	0.96	0.76	0.21	0.21	-0.21
E _{COL}	0.43	0.11	0.42	0.26	0.04	0.37	0.11	0.90	0.91	0.97	1	0.88	0.87	0.40	0.39	-0.40
E _{VIG}	0.08	-0.02	0.07	-0.13	0.00	-0.01	-0.02	0.64	0.66	0.96	0.88	1	0.59	0.00	-0.01	0.00
W _{D2}	0.73	0.24	0.74	0.62	0.10	0.74	0.24	0.99	0.99	0.76	0.87	0.59	1	0.78	0.77	-0.78
W _{D2} /W _p	0.88	0.30	0.92	0.92	0.12	0.97	0.30	0.72	0.70	0.21	0.40	0.00	0.78	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.87	0.30	0.92	0.93	0.11	0.97	0.29	0.72	0.70	0.21	0.39	-0.01	0.77	1.00	1	-1.00
W _p /E _I	-0.88	-0.31	-0.92	-0.92	-0.12	-0.97	-0.31	-0.72	-0.70	-0.21	-0.40	0.00	-0.78	-1.00	-1.00	1

Tabla E16

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.26	0.08	2.39	50	0.66	51	0.30	611	66	162	77	80	390	2.39	0.63	0.27
Mediana	4.10	0.08	2.15	30	0.65	49	0.30	545	53	155	64	77	345	2.25	0.62	0.28
Max.	9.20	0.14	5.09	184	1.03	70	0.49	1265	181	330	172	168	813	3.48	0.70	0.34
Min.	1.80	0.05	1.15	9	0.41	39	0.17	235	17	67	25	34	142	1.69	0.57	0.20
Σ	1.54	0.02	0.89	43	0.13	8	0.07	266	38	65	40	33	176	0.42	0.03	0.03
cov	0.36	0.23	0.37	0.85	0.20	0.16	0.23	0.44	0.58	0.40	0.52	0.41	0.45	0.18	0.04	0.13
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.60	0.97	0.22	0.00	0.92	0.38	0.97	0.43	0.10	0.77	0.16	0.26	0.36	0.06	0.74	0.26
ksstat	0.10	0.06	0.13	0.25	0.07	0.11	0.06	0.11	0.15	0.08	0.14	0.13	0.12	0.17	0.09	0.13
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.41	-2.50	0.77	3.39	-0.44	3.89	-1.22	6.30	3.98	5.04	4.16	4.34	5.84	0.81	-0.47	-1.28
β	0.33	0.24	0.39	1.04	0.20	0.16	0.24	0.48	0.63	0.40	0.59	0.41	0.51	0.19	0.04	0.09

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.28	0.78	0.82	0.00	0.84	0.28	NA	0.70	0.34	0.55	-0.02	0.56	0.61	0.30	-0.69
DAP	0.28	1	0.35	0.18	0.90	0.31	1.00	NA	0.08	-0.16	-0.03	-0.37	-0.09	0.07	-0.09	-0.14
Vel	0.78	0.35	1	0.78	0.05	0.95	0.35	NA	0.69	0.30	0.51	-0.06	0.49	0.55	0.19	-0.65
Ace	0.82	0.18	0.78	1	-0.13	0.87	0.18	NA	0.57	0.13	0.35	-0.20	0.45	0.80	0.52	-0.81
D _{techo}	0.00	0.90	0.05	-0.13	1	-0.01	0.90	NA	-0.12	-0.21	-0.18	-0.26	-0.24	-0.19	-0.25	0.13
F _{dam}	0.84	0.31	0.95	0.87	-0.01	1	0.31	NA	0.64	0.21	0.45	-0.16	0.46	0.69	0.35	-0.77
D _{dam}	0.28	1.00	0.35	0.18	0.90	0.31	1	NA	0.08	-0.16	-0.03	-0.37	-0.09	0.07	-0.09	-0.14
E _I	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NaN	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
W _{D1}	0.70	0.08	0.69	0.57	-0.12	0.64	0.08	NA	1	0.85	0.95	0.56	0.95	0.46	0.16	-0.54
W _p	0.34	-0.16	0.30	0.13	-0.21	0.21	-0.16	NA	0.85	1	0.95	0.90	0.92	0.12	-0.03	-0.19
E _{COL}	0.55	-0.03	0.51	0.35	-0.18	0.45	-0.03	NA	0.95	0.95	1	0.72	0.94	0.26	0.03	-0.35
E _{VIG}	-0.02	-0.37	-0.06	-0.20	-0.26	-0.16	-0.37	NA	0.56	0.90	0.72	1	0.72	-0.12	-0.12	0.08
W _{D2}	0.56	-0.09	0.49	0.45	-0.24	0.46	-0.09	NA	0.95	0.92	0.94	0.72	1	0.48	0.30	-0.54
W _{D2} /W _p	0.61	0.07	0.55	0.80	-0.19	0.69	0.07	NA	0.46	0.12	0.26	-0.12	0.48	1	0.90	-0.98
W _{D2} /E _I	0.30	-0.09	0.19	0.52	-0.25	0.35	-0.09	NA	0.16	-0.03	0.03	-0.12	0.30	0.90	1	-0.84
W _p /E _I	-0.69	-0.14	-0.65	-0.81	0.13	-0.77	-0.14	NA	-0.54	-0.19	-0.35	0.08	-0.54	-0.98	-0.84	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.29	0.75	0.83	0.03	0.83	0.29	0.50	0.65	0.35	0.51	0.06	0.51	0.61	0.31	-0.69
DAP	0.29	1	0.35	0.36	0.91	0.35	1.00	-0.13	0.00	-0.16	-0.10	-0.34	-0.13	0.15	-0.04	-0.20
Vel	0.75	0.35	1	0.79	0.13	0.94	0.35	0.40	0.60	0.28	0.42	0.00	0.39	0.49	0.17	-0.60
Ace	0.83	0.36	0.79	1	0.08	0.90	0.36	0.28	0.46	0.10	0.28	-0.21	0.31	0.69	0.46	-0.76
D _{techo}	0.03	0.91	0.13	0.08	1	0.06	0.91	-0.23	-0.14	-0.20	-0.21	-0.24	-0.25	-0.09	-0.23	0.05
F _{dam}	0.83	0.35	0.94	0.90	0.06	1	0.35	0.37	0.57	0.21	0.38	-0.11	0.38	0.63	0.33	-0.73
D _{dam}	0.29	1.00	0.35	0.36	0.91	0.35	1	-0.13	0.00	-0.16	-0.10	-0.34	-0.13	0.15	-0.04	-0.20
E _I	0.50	-0.13	0.40	0.28	-0.23	0.37	-0.13	1	0.96	0.96	0.96	0.81	0.99	0.43	0.27	-0.46
W _{D1}	0.65	0.00	0.60	0.46	-0.14	0.57	0.00	0.96	1	0.90	0.95	0.69	0.95	0.49	0.25	-0.55
W _p	0.35	-0.16	0.28	0.10	-0.20	0.21	-0.16	0.96	0.90	1	0.97	0.89	0.94	0.21	0.06	-0.24
E _{COL}	0.51	-0.10	0.42	0.28	-0.21	0.38	-0.10	0.96	0.95	0.97	1	0.78	0.94	0.29	0.10	-0.35
E _{VIG}	0.06	-0.34	0.00	-0.21	-0.24	-0.11	-0.34	0.81	0.69	0.89	0.78	1	0.78	-0.01	-0.05	0.02
W _{D2}	0.51	-0.13	0.39	0.31	-0.25	0.38	-0.13	0.99	0.95	0.94	0.94	0.78	1	0.50	0.35	-0.52
W _{D2} /W _p	0.61	0.15	0.49	0.69	-0.09	0.63	0.15	0.43	0.49	0.21	0.29	-0.01	0.50	1	0.90	-0.98
W _{D2} /E _I	0.31	-0.04	0.17	0.46	-0.23	0.33	-0.04	0.27	0.25	0.06	0.10	-0.05	0.35	0.90	1	-0.82
W _p /E _I	-0.69	-0.20	-0.60	-0.76	0.05	-0.73	-0.20	-0.46	-0.55	-0.24	-0.35	0.02	-0.52	-0.98	-0.82	1

Tabla E17

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.63	0.08	2.56	54	0.66	90	0.29	799	74	169	78	85	556	3.23	0.69	0.22
Mediana	4.50	0.08	2.35	32	0.66	84	0.30	725	62	162	68	81	504	3.00	0.68	0.23
Max.	9.60	0.12	5.67	189	0.99	155	0.42	1826	214	334	172	173	1334	5.17	0.76	0.29
Min.	2.00	0.05	1.23	9	0.38	58	0.18	304	22	74	25	38	199	2.20	0.63	0.15
Σ	1.64	0.02	0.97	45	0.13	24	0.06	375	43	66	38	34	275	0.77	0.03	0.04
cov	0.35	0.21	0.38	0.84	0.20	0.27	0.21	0.47	0.58	0.39	0.50	0.39	0.49	0.24	0.05	0.17
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.81	0.82	0.46	0.00	0.99	0.30	0.83	0.45	0.17	0.58	0.18	0.41	0.22	0.02	0.08	0.46
ksstat	0.08	0.08	0.11	0.23	0.05	0.12	0.08	0.11	0.14	0.10	0.14	0.11	0.13	0.19	0.16	0.11
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.50	-2.48	0.86	3.47	-0.41	4.43	-1.20	6.59	4.13	5.09	4.22	4.39	6.22	1.10	-0.38	-1.49
β	0.34	0.19	0.40	1.04	0.18	0.28	0.19	0.48	0.60	0.39	0.53	0.39	0.50	0.27	0.05	0.16

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.18	0.78	0.81	-0.12	0.84	0.18	0.62	0.71	0.32	0.54	0.00	0.66	0.76	0.67	-0.79
DAP	0.18	1	0.39	0.11	0.89	0.32	1.00	0.09	0.18	-0.03	0.03	-0.20	0.09	0.19	0.14	-0.25
Vel	0.78	0.39	1	0.77	0.07	0.96	0.39	0.57	0.70	0.28	0.50	-0.05	0.61	0.74	0.60	-0.77
Ace	0.81	0.11	0.77	1	-0.22	0.88	0.11	0.49	0.58	0.11	0.35	-0.20	0.56	0.91	0.81	-0.85
D _{techo}	-0.12	0.89	0.07	-0.22	1	-0.04	0.89	-0.09	-0.04	-0.06	-0.12	-0.08	-0.10	-0.14	-0.15	0.07
F _{dam}	0.84	0.32	0.96	0.88	-0.04	1	0.32	0.55	0.67	0.20	0.45	-0.15	0.60	0.86	0.74	-0.87
D _{dam}	0.18	1.00	0.39	0.11	0.89	0.32	1	0.09	0.18	-0.03	0.03	-0.20	0.09	0.19	0.14	-0.25
E _I	0.62	0.09	0.57	0.49	-0.09	0.55	0.09	1	0.98	0.90	0.96	0.68	1.00	0.57	0.48	-0.59
W _{D1}	0.71	0.18	0.70	0.58	-0.04	0.67	0.18	0.98	1	0.83	0.94	0.56	0.98	0.62	0.50	-0.64
W _p	0.32	-0.03	0.28	0.11	-0.06	0.20	-0.03	0.90	0.83	1	0.94	0.92	0.86	0.19	0.13	-0.23
E _{COL}	0.54	0.03	0.50	0.35	-0.12	0.45	0.03	0.96	0.94	0.94	1	0.74	0.94	0.40	0.30	-0.42
E _{VIG}	0.00	-0.20	-0.05	-0.20	-0.08	-0.15	-0.20	0.68	0.56	0.92	0.74	1	0.63	-0.10	-0.11	0.06
W _{D2}	0.66	0.09	0.61	0.56	-0.10	0.60	0.09	1.00	0.98	0.86	0.94	0.63	1	0.64	0.55	-0.65
W _{D2} /W _p	0.76	0.19	0.74	0.91	-0.14	0.86	0.19	0.57	0.62	0.19	0.40	-0.10	0.64	1	0.96	-0.98
W _{D2} /E _I	0.67	0.14	0.60	0.81	-0.15	0.74	0.14	0.48	0.50	0.13	0.30	-0.11	0.55	0.96	1	-0.96
W _p /E _I	-0.79	-0.25	-0.77	-0.85	0.07	-0.87	-0.25	-0.59	-0.64	-0.23	-0.42	0.06	-0.65	-0.98	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.15	0.76	0.82	-0.06	0.83	0.15	0.54	0.65	0.31	0.48	0.06	0.57	0.76	0.66	-0.77
DAP	0.15	1	0.36	0.22	0.93	0.33	1.00	0.02	0.08	-0.07	-0.05	-0.21	0.03	0.25	0.17	-0.27
Vel	0.76	0.36	1	0.79	0.13	0.95	0.36	0.48	0.61	0.25	0.40	-0.01	0.51	0.76	0.59	-0.79
Ace	0.82	0.22	0.79	1	-0.04	0.90	0.22	0.35	0.46	0.06	0.27	-0.21	0.40	0.83	0.78	-0.84
D _{techo}	-0.06	0.93	0.13	-0.04	1	0.06	0.93	-0.11	-0.07	-0.12	-0.17	-0.16	-0.12	0.00	-0.06	-0.02
F _{dam}	0.83	0.33	0.95	0.90	0.06	1	0.33	0.46	0.59	0.18	0.37	-0.11	0.50	0.85	0.72	-0.87
D _{dam}	0.15	1.00	0.36	0.22	0.93	0.33	1	0.02	0.08	-0.07	-0.05	-0.21	0.03	0.25	0.17	-0.27
E _I	0.54	0.02	0.48	0.35	-0.11	0.46	0.02	1	0.98	0.94	0.96	0.77	1.00	0.56	0.49	-0.56
W _{D1}	0.65	0.08	0.61	0.46	-0.07	0.59	0.08	0.98	1	0.88	0.94	0.68	0.98	0.63	0.53	-0.64
W _p	0.31	-0.07	0.25	0.06	-0.12	0.18	-0.07	0.94	0.88	1	0.96	0.91	0.91	0.25	0.19	-0.26
E _{COL}	0.48	-0.05	0.40	0.27	-0.17	0.37	-0.05	0.96	0.94	0.96	1	0.80	0.95	0.41	0.33	-0.42
E _{VIG}	0.06	-0.21	-0.01	-0.21	-0.16	-0.11	-0.21	0.77	0.68	0.91	0.80	1	0.73	-0.02	-0.04	0.02
W _{D2}	0.57	0.03	0.51	0.40	-0.12	0.50	0.03	1.00	0.98	0.91	0.95	0.73	1	0.61	0.55	-0.61
W _{D2} /W _p	0.76	0.25	0.76	0.83	0.00	0.85	0.25	0.56	0.63	0.25	0.41	-0.02	0.61	1	0.95	-1.00
W _{D2} /E _I	0.66	0.17	0.59	0.78	-0.06	0.72	0.17	0.49	0.53	0.19	0.33	-0.04	0.55	0.95	1	-0.94
W _p /E _I	-0.77	-0.27	-0.79	-0.84	-0.02	-0.87	-0.27	-0.56	-0.64	-0.26	-0.42	0.02	-0.61	-1.00	-0.94	1

Tabla E18

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	5.10	0.08	2.78	59	0.64	162	0.27	1085	84	177	78	94	824	4.54	0.75	0.18
Mediana	5.00	0.08	2.57	36	0.64	150	0.28	981	71	170	69	88	730	4.20	0.74	0.18
Max.	10.2	0.12	6.07	200	0.95	334	0.42	2721	236	376	182	186	2179	8.08	0.82	0.26
Min.	1.80	0.04	1.35	10	0.36	79	0.15	332	20	82	30	42	224	2.55	0.67	0.10
Σ	1.80	0.02	1.10	49	0.14	62	0.07	570	49	68	37	36	466	1.50	0.04	0.04
cov	0.35	0.24	0.40	0.82	0.23	0.38	0.24	0.53	0.59	0.39	0.47	0.39	0.57	0.33	0.05	0.25
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.78	0.72	0.49	0.00	0.92	0.28	0.72	0.20	0.35	0.66	0.38	0.25	0.14	0.03	0.38	0.57
ksstat	0.08	0.09	0.10	0.22	0.07	0.13	0.09	0.14	0.12	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.11	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.61	-2.57	0.94	3.58	-0.45	5.01	-1.29	6.89	4.27	5.14	4.24	4.47	6.59	1.44	-0.30	-1.73
β	0.33	0.26	0.41	1.03	0.25	0.41	0.26	0.52	0.59	0.36	0.49	0.40	0.55	0.37	0.05	0.27

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.32	0.78	0.79	0.09	0.84	0.32	0.69	0.72	0.31	0.52	0.04	0.73	0.82	0.81	-0.84
DAP	0.32	1	0.32	0.09	0.94	0.28	1.00	0.13	0.19	-0.01	0.07	-0.19	0.14	0.24	0.31	-0.36
Vel	0.78	0.32	1	0.77	0.08	0.96	0.32	0.66	0.71	0.26	0.47	-0.01	0.69	0.82	0.79	-0.84
Ace	0.79	0.09	0.77	1	-0.19	0.89	0.08	0.57	0.57	0.08	0.31	-0.17	0.63	0.93	0.87	-0.85
D _{techo}	0.09	0.94	0.08	-0.19	1	0.01	0.94	-0.02	0.03	-0.01	-0.01	-0.10	-0.03	-0.03	0.06	-0.11
F _{dam}	0.84	0.28	0.96	0.89	0.01	1	0.28	0.66	0.69	0.20	0.44	-0.09	0.70	0.92	0.89	-0.91
D _{dam}	0.32	1.00	0.32	0.08	0.94	0.28	1	0.13	0.19	-0.01	0.07	-0.19	0.14	0.24	0.31	-0.36
E _I	0.69	0.13	0.66	0.57	-0.02	0.66	0.13	1	0.99	0.83	0.94	0.62	1.00	0.69	0.64	-0.67
W _{D1}	0.72	0.19	0.71	0.57	0.03	0.69	0.19	0.99	1	0.80	0.93	0.57	0.99	0.69	0.65	-0.68
W _p	0.31	-0.01	0.26	0.08	-0.01	0.20	-0.01	0.83	0.80	1	0.95	0.94	0.78	0.21	0.19	-0.23
E _{COL}	0.52	0.07	0.47	0.31	-0.01	0.44	0.07	0.94	0.93	0.95	1	0.79	0.91	0.43	0.39	-0.43
E _{VIG}	0.04	-0.19	-0.01	-0.17	-0.10	-0.09	-0.19	0.62	0.57	0.94	0.79	1	0.56	-0.06	-0.07	0.04
W _{D2}	0.73	0.14	0.69	0.63	-0.03	0.70	0.14	1.00	0.99	0.78	0.91	0.56	1	0.74	0.69	-0.71
W _{D2} /W _p	0.82	0.24	0.82	0.93	-0.03	0.92	0.24	0.69	0.69	0.21	0.43	-0.06	0.74	1	0.97	-0.96
W _{D2} /E _I	0.81	0.31	0.79	0.87	0.06	0.89	0.31	0.64	0.65	0.19	0.39	-0.07	0.69	0.97	1	-0.99
W _p /E _I	-0.84	-0.36	-0.84	-0.85	-0.11	-0.91	-0.36	-0.67	-0.68	-0.23	-0.43	0.04	-0.71	-0.96	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.34	0.79	0.83	0.14	0.84	0.34	0.63	0.68	0.28	0.45	0.05	0.66	0.85	0.81	-0.85
DAP	0.34	1	0.37	0.29	0.94	0.36	1.00	0.08	0.14	-0.09	-0.04	-0.26	0.11	0.37	0.35	-0.38
Vel	0.79	0.37	1	0.82	0.17	0.96	0.37	0.59	0.66	0.24	0.40	-0.01	0.62	0.87	0.83	-0.88
Ace	0.83	0.29	0.82	1	0.05	0.91	0.29	0.50	0.53	0.07	0.28	-0.18	0.53	0.90	0.89	-0.90
D _{techo}	0.14	0.94	0.17	0.05	1	0.12	0.94	-0.04	0.03	-0.08	-0.10	-0.18	-0.01	0.14	0.12	-0.15
F _{dam}	0.84	0.36	0.96	0.91	0.12	1	0.36	0.58	0.65	0.18	0.38	-0.08	0.62	0.93	0.90	-0.94
D _{dam}	0.34	1.00	0.37	0.29	0.94	0.36	1	0.08	0.14	-0.09	-0.04	-0.26	0.11	0.37	0.35	-0.38
E _I	0.63	0.08	0.59	0.50	-0.04	0.58	0.08	1	0.99	0.87	0.94	0.69	1.00	0.65	0.64	-0.65
W _{D1}	0.68	0.14	0.66	0.53	0.03	0.65	0.14	0.99	1	0.84	0.92	0.64	0.99	0.69	0.67	-0.69
W _p	0.28	-0.09	0.24	0.07	-0.08	0.18	-0.09	0.87	0.84	1	0.96	0.93	0.84	0.22	0.21	-0.22
E _{COL}	0.45	-0.04	0.40	0.28	-0.10	0.38	-0.04	0.94	0.92	0.96	1	0.82	0.92	0.41	0.40	-0.41
E _{VIG}	0.05	-0.26	-0.01	-0.18	-0.18	-0.08	-0.26	0.69	0.64	0.93	0.82	1	0.65	-0.04	-0.04	0.05
W _{D2}	0.66	0.11	0.62	0.53	-0.01	0.62	0.11	1.00	0.99	0.84	0.92	0.65	1	0.69	0.68	-0.69
W _{D2} /W _p	0.85	0.37	0.87	0.90	0.14	0.93	0.37	0.65	0.69	0.22	0.41	-0.04	0.69	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.81	0.35	0.83	0.89	0.12	0.90	0.35	0.64	0.67	0.21	0.40	-0.04	0.68	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.38	-0.88	-0.90	-0.15	-0.94	-0.38	-0.65	-0.69	-0.22	-0.41	0.05	-0.69	-1.00	-0.99	1

Tabla E19

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	5.74	0.06	3.05	69	0.56	362	0.22	1706	93	182	72	108	1431	7.61	0.82	0.13
Mediana	5.60	0.06	2.79	40	0.51	298	0.21	1443	80	173	67	101	1197	6.67	0.82	0.12
Max.	11.0	0.10	6.75	228	0.96	942	0.37	5116	270	351	151	221	4573	17.4	0.90	0.23
Min.	2.00	0.03	1.36	9	0.30	128	0.11	394	20	81	29	52	292	3.15	0.72	0.05
Σ	2.04	0.02	1.30	57	0.17	195	0.06	1074	56	71	31	42	972	3.66	0.05	0.05
cov	0.35	0.27	0.42	0.83	0.30	0.54	0.27	0.63	0.60	0.39	0.43	0.39	0.68	0.48	0.06	0.37
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.64	0.22	0.33	0.01	0.13	0.14	0.22	0.06	0.12	0.59	0.60	0.67	0.12	0.07	0.93	0.86
ksstat	0.09	0.13	0.12	0.22	0.15	0.15	0.13	0.17	0.15	0.10	0.10	0.09	0.15	0.16	0.07	0.08
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.72	-2.84	1.03	3.70	-0.67	5.70	-1.56	7.27	4.38	5.15	4.21	4.62	7.09	1.90	-0.20	-2.10
β	0.33	0.27	0.46	1.12	0.32	0.58	0.27	0.62	0.60	0.40	0.45	0.40	0.65	0.51	0.06	0.40

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.25	0.79	0.79	0.11	0.83	0.25	0.75	0.73	0.26	0.42	0.13	0.76	0.83	0.85	-0.85
DAP	0.25	1	0.16	0.01	0.98	0.09	1.00	0.07	0.12	0.10	0.07	0.03	0.06	0.07	0.20	-0.23
Vel	0.79	0.16	1	0.79	0.01	0.97	0.16	0.76	0.75	0.22	0.39	0.09	0.78	0.88	0.87	-0.87
Ace	0.79	0.01	0.79	1	-0.15	0.91	0.01	0.70	0.64	0.05	0.23	-0.07	0.73	0.95	0.85	-0.83
D _{techo}	0.11	0.98	0.01	-0.15	1	-0.08	0.98	-0.03	0.03	0.12	0.05	0.08	-0.04	-0.08	0.05	-0.09
F _{dam}	0.83	0.09	0.97	0.91	-0.08	1	0.08	0.78	0.75	0.17	0.36	0.03	0.81	0.95	0.90	-0.89
D _{dam}	0.25	1.00	0.16	0.01	0.98	0.08	1	0.07	0.12	0.10	0.07	0.03	0.06	0.07	0.20	-0.23
E _I	0.75	0.07	0.76	0.70	-0.03	0.78	0.07	1	0.99	0.68	0.81	0.57	1.00	0.81	0.73	-0.72
W _{D1}	0.73	0.12	0.75	0.64	0.03	0.75	0.12	0.99	1	0.73	0.84	0.62	0.99	0.76	0.71	-0.71
W _p	0.26	0.10	0.22	0.05	0.12	0.17	0.10	0.68	0.73	1	0.97	0.98	0.64	0.18	0.18	-0.19
E _{COL}	0.42	0.07	0.39	0.23	0.05	0.36	0.07	0.81	0.84	0.97	1	0.92	0.77	0.36	0.35	-0.36
E _{VIG}	0.13	0.03	0.09	-0.07	0.08	0.03	0.03	0.57	0.62	0.98	0.92	1	0.52	0.04	0.04	-0.05
W _{D2}	0.76	0.06	0.78	0.73	-0.04	0.81	0.06	1.00	0.99	0.64	0.77	0.52	1	0.83	0.75	-0.75
W _{D2} /W _p	0.83	0.07	0.88	0.95	-0.08	0.95	0.07	0.81	0.76	0.18	0.36	0.04	0.83	1	0.94	-0.92
W _{D2} /E _I	0.85	0.20	0.87	0.85	0.05	0.90	0.20	0.73	0.71	0.18	0.35	0.04	0.75	0.94	1	-1.00
W _p /E _I	-0.85	-0.23	-0.87	-0.83	-0.09	-0.89	-0.23	-0.72	-0.71	-0.19	-0.36	-0.05	-0.75	-0.92	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.21	0.82	0.83	0.09	0.84	0.21	0.72	0.71	0.31	0.43	0.15	0.75	0.85	0.85	-0.85
DAP	0.21	1	0.23	0.07	0.97	0.18	1.00	0.16	0.17	0.16	0.12	0.07	0.16	0.17	0.17	-0.17
Vel	0.82	0.23	1	0.85	0.08	0.98	0.22	0.73	0.73	0.27	0.40	0.12	0.77	0.93	0.92	-0.93
Ace	0.83	0.07	0.85	1	-0.07	0.92	0.07	0.61	0.58	0.08	0.23	-0.08	0.66	0.92	0.93	-0.92
D _{techo}	0.09	0.97	0.08	-0.07	1	0.03	0.97	0.04	0.06	0.12	0.06	0.04	0.04	0.03	0.02	-0.03
F _{dam}	0.84	0.18	0.98	0.92	0.03	1	0.18	0.71	0.70	0.20	0.34	0.04	0.76	0.97	0.97	-0.97
D _{dam}	0.21	1.00	0.22	0.07	0.97	0.18	1	0.16	0.17	0.16	0.12	0.06	0.16	0.17	0.16	-0.17
E _I	0.72	0.16	0.73	0.61	0.04	0.71	0.16	1	1.00	0.78	0.87	0.66	1.00	0.75	0.74	-0.75
W _{D1}	0.71	0.17	0.73	0.58	0.06	0.70	0.17	1.00	1	0.81	0.89	0.69	0.99	0.73	0.71	-0.73
W _p	0.31	0.16	0.27	0.08	0.12	0.20	0.16	0.78	0.81	1	0.97	0.97	0.74	0.21	0.19	-0.22
E _{COL}	0.43	0.12	0.40	0.23	0.06	0.34	0.12	0.87	0.89	0.97	1	0.92	0.84	0.36	0.35	-0.36
E _{VIG}	0.15	0.07	0.12	-0.08	0.04	0.04	0.06	0.66	0.69	0.97	0.92	1	0.62	0.05	0.03	-0.05
W _{D2}	0.75	0.16	0.77	0.66	0.04	0.76	0.16	1.00	0.99	0.74	0.84	0.62	1	0.79	0.78	-0.79
W _{D2} /W _p	0.85	0.17	0.93	0.92	0.03	0.97	0.17	0.75	0.73	0.21	0.36	0.05	0.79	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.85	0.17	0.92	0.93	0.02	0.97	0.16	0.74	0.71	0.19	0.35	0.03	0.78	1.00	1	-1.00
W _p /E _I	-0.85	-0.17	-0.93	-0.92	-0.03	-0.97	-0.17	-0.75	-0.73	-0.22	-0.36	-0.05	-0.79	-1.00	-1.00	1

Tabla E20

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.46	0.09	2.47	52	0.66	62	0.31	710	70	161	78	77	477	2.93	0.67	0.23
Mediana	4.30	0.08	2.28	31	0.63	60	0.30	634	56	156	66	74	420	2.79	0.67	0.24
Max.	9.20	0.14	5.36	183	1.00	86	0.49	1443	198	327	172	160	986	4.26	0.73	0.30
Min.	1.80	0.05	1.21	9	0.41	49	0.18	283	20	69	26	34	177	2.05	0.61	0.17
Σ	1.57	0.02	0.91	44	0.15	10	0.07	319	41	66	41	32	219	0.52	0.03	0.03
cov	0.35	0.24	0.37	0.84	0.22	0.15	0.24	0.45	0.58	0.41	0.52	0.41	0.46	0.18	0.04	0.13
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.57	0.91	0.32	0.00	0.59	0.51	0.91	0.43	0.12	0.42	0.11	0.49	0.32	0.03	0.97	0.22
ksstat	0.10	0.07	0.12	0.24	0.10	0.10	0.07	0.11	0.15	0.11	0.15	0.11	0.12	0.18	0.06	0.13
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.46	-2.50	0.82	3.43	-0.46	4.10	-1.22	6.45	4.03	5.05	4.18	4.31	6.04	1.03	-0.40	-1.43
β	0.33	0.25	0.38	1.04	0.23	0.16	0.25	0.50	0.62	0.39	0.60	0.42	0.51	0.19	0.04	0.09

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.08	0.78	0.81	-0.14	0.84	0.08	0.54	0.70	0.35	0.54	0.03	0.56	0.61	0.27	-0.68
DAP	0.08	1	0.19	0.02	0.94	0.17	1.00	-0.09	0.01	-0.13	-0.06	-0.27	-0.10	0.00	-0.11	-0.05
Vel	0.78	0.19	1	0.77	-0.06	0.95	0.19	0.49	0.69	0.31	0.50	-0.03	0.50	0.56	0.16	-0.64
Ace	0.81	0.02	0.77	1	-0.24	0.86	0.02	0.39	0.56	0.13	0.33	-0.18	0.43	0.80	0.50	-0.80
D _{techo}	-0.14	0.94	-0.06	-0.24	1	-0.11	0.94	-0.17	-0.14	-0.14	-0.15	-0.16	-0.20	-0.22	-0.24	0.17
F _{dam}	0.84	0.17	0.95	0.86	-0.11	1	0.17	0.44	0.64	0.22	0.43	-0.13	0.46	0.69	0.32	-0.76
D _{dam}	0.08	1.00	0.19	0.02	0.94	0.17	1	-0.09	0.01	-0.13	-0.06	-0.27	-0.10	0.00	-0.11	-0.05
E _I	0.54	-0.09	0.49	0.39	-0.17	0.44	-0.09	1	0.95	0.95	0.96	0.77	1.00	0.42	0.22	-0.48
W _{D1}	0.70	0.01	0.69	0.56	-0.14	0.64	0.01	0.95	1	0.86	0.95	0.59	0.95	0.47	0.16	-0.55
W _p	0.35	-0.13	0.31	0.13	-0.14	0.22	-0.13	0.95	0.86	1	0.95	0.91	0.92	0.14	-0.01	-0.21
E _{COL}	0.54	-0.06	0.50	0.33	-0.15	0.43	-0.06	0.96	0.95	0.95	1	0.75	0.94	0.27	0.02	-0.35
E _{VIG}	0.03	-0.27	-0.03	-0.18	-0.16	-0.13	-0.27	0.77	0.59	0.91	0.75	1	0.74	-0.08	-0.09	0.04
W _{D2}	0.56	-0.10	0.50	0.43	-0.20	0.46	-0.10	1.00	0.95	0.92	0.94	0.74	1	0.49	0.30	-0.54
W _{D2} /W _p	0.61	0.00	0.56	0.80	-0.22	0.69	0.00	0.42	0.47	0.14	0.27	-0.08	0.49	1	0.88	-0.98
W _{D2} /E _I	0.27	-0.11	0.16	0.50	-0.24	0.32	-0.11	0.22	0.16	-0.01	0.02	-0.09	0.30	0.88	1	-0.83
W _p /E _I	-0.68	-0.05	-0.64	-0.80	0.17	-0.76	-0.05	-0.48	-0.55	-0.21	-0.35	0.04	-0.54	-0.98	-0.83	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.08	0.75	0.82	-0.08	0.83	0.08	0.52	0.66	0.38	0.54	0.11	0.53	0.60	0.28	-0.68
DAP	0.08	1	0.22	0.17	0.93	0.22	1.00	-0.13	-0.04	-0.18	-0.13	-0.30	-0.14	0.09	-0.08	-0.13
Vel	0.75	0.22	1	0.78	0.01	0.95	0.22	0.42	0.61	0.31	0.44	0.03	0.43	0.51	0.14	-0.62
Ace	0.82	0.17	0.78	1	-0.08	0.89	0.17	0.30	0.46	0.12	0.29	-0.16	0.33	0.69	0.45	-0.76
D _{techo}	-0.08	0.93	0.01	-0.08	1	-0.03	0.93	-0.16	-0.11	-0.15	-0.15	-0.19	-0.19	-0.12	-0.26	0.09
F _{dam}	0.83	0.22	0.95	0.89	-0.03	1	0.22	0.41	0.60	0.26	0.42	-0.05	0.43	0.64	0.31	-0.74
D _{dam}	0.08	1.00	0.22	0.17	0.93	0.22	1	-0.13	-0.04	-0.18	-0.13	-0.30	-0.14	0.09	-0.08	-0.13
E _I	0.52	-0.13	0.42	0.30	-0.16	0.41	-0.13	1	0.97	0.96	0.96	0.81	1.00	0.47	0.29	-0.51
W _{D1}	0.66	-0.04	0.61	0.46	-0.11	0.60	-0.04	0.97	1	0.91	0.95	0.71	0.96	0.52	0.24	-0.58
W _p	0.38	-0.18	0.31	0.12	-0.15	0.26	-0.18	0.96	0.91	1	0.97	0.90	0.94	0.25	0.08	-0.28
E _{COL}	0.54	-0.13	0.44	0.29	-0.15	0.42	-0.13	0.96	0.95	0.97	1	0.80	0.95	0.33	0.11	-0.39
E _{VIG}	0.11	-0.30	0.03	-0.16	-0.19	-0.05	-0.30	0.81	0.71	0.90	0.80	1	0.79	0.02	-0.03	-0.03
W _{D2}	0.53	-0.14	0.43	0.33	-0.19	0.43	-0.14	1.00	0.96	0.94	0.95	0.79	1	0.52	0.35	-0.55
W _{D2} /W _p	0.60	0.09	0.51	0.69	-0.12	0.64	0.09	0.47	0.52	0.25	0.33	0.02	0.52	1	0.88	-0.98
W _{D2} /E _I	0.28	-0.08	0.14	0.45	-0.26	0.31	-0.08	0.29	0.24	0.08	0.11	-0.03	0.35	0.88	1	-0.80
W _p /E _I	-0.68	-0.13	-0.62	-0.76	0.09	-0.74	-0.13	-0.51	-0.58	-0.28	-0.39	-0.03	-0.55	-0.98	-0.80	1

Tabla E21

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.98	0.09	2.72	58	0.69	116	0.32	974	81	169	80	85	720	4.18	0.74	0.18
Mediana	4.90	0.08	2.56	34	0.67	109	0.30	870	65	161	70	81	635	3.90	0.73	0.19
Max.	10.0	0.24	6.07	195	1.72	199	0.86	2295	237	366	197	169	1708	6.68	0.79	0.25
Min.	2.00	0.04	1.34	10	0.36	75	0.16	377	24	76	28	35	266	2.80	0.68	0.12
Σ	1.73	0.03	1.03	47	0.22	30	0.12	471	48	67	40	33	361	1.02	0.03	0.03
cov	0.35	0.36	0.38	0.83	0.32	0.26	0.36	0.48	0.59	0.39	0.50	0.39	0.50	0.24	0.04	0.19
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.60	0.07	0.64	0.00	0.07	0.46	0.07	0.36	0.16	0.67	0.28	0.44	0.24	0.08	0.21	0.81
ksstat	0.10	0.16	0.09	0.23	0.16	0.11	0.16	0.12	0.14	0.09	0.12	0.11	0.13	0.16	0.13	0.08
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.59	-2.48	0.94	3.53	-0.41	4.69	-1.20	6.77	4.18	5.08	4.25	4.39	6.45	1.36	-0.31	-1.67
β	0.32	0.26	0.38	1.04	0.23	0.28	0.26	0.50	0.62	0.38	0.53	0.38	0.53	0.27	0.04	0.19

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.39	0.78	0.79	0.22	0.83	0.39	0.64	0.72	0.33	0.55	0.05	0.66	0.77	0.66	-0.79
DAP	0.39	1	0.42	0.20	0.96	0.34	1.00	0.26	0.33	0.07	0.22	0.01	0.24	0.28	0.20	-0.32
Vel	0.78	0.42	1	0.77	0.23	0.96	0.42	0.59	0.70	0.27	0.49	0.00	0.61	0.75	0.59	-0.77
Ace	0.79	0.20	0.77	1	-0.01	0.87	0.20	0.50	0.57	0.09	0.32	-0.16	0.55	0.91	0.80	-0.84
D _{techo}	0.22	0.96	0.23	-0.01	1	0.14	0.96	0.14	0.19	0.04	0.14	0.05	0.11	0.09	0.03	-0.15
F _{dam}	0.83	0.34	0.96	0.87	0.14	1	0.34	0.56	0.67	0.20	0.44	-0.10	0.59	0.86	0.73	-0.87
D _{dam}	0.39	1.00	0.42	0.20	0.96	0.34	1	0.26	0.33	0.07	0.22	0.01	0.24	0.28	0.20	-0.32
E _I	0.64	0.26	0.59	0.50	0.14	0.56	0.26	1	0.98	0.89	0.96	0.70	1.00	0.60	0.50	-0.60
W _{D1}	0.72	0.33	0.70	0.57	0.19	0.67	0.33	0.98	1	0.82	0.94	0.59	0.98	0.64	0.51	-0.65
W _p	0.33	0.07	0.27	0.09	0.04	0.20	0.07	0.89	0.82	1	0.94	0.93	0.86	0.20	0.14	-0.23
E _{COL}	0.55	0.22	0.49	0.32	0.14	0.44	0.22	0.96	0.94	0.94	1	0.78	0.94	0.40	0.29	-0.42
E _{VIG}	0.05	0.01	0.00	-0.16	0.05	-0.10	0.01	0.70	0.59	0.93	0.78	1	0.66	-0.06	-0.07	0.03
W _{D2}	0.66	0.24	0.61	0.55	0.11	0.59	0.24	1.00	0.98	0.86	0.94	0.66	1	0.65	0.55	-0.65
W _{D2} /W _p	0.77	0.28	0.75	0.91	0.09	0.86	0.28	0.60	0.64	0.20	0.40	-0.06	0.65	1	0.96	-0.98
W _{D2} /E _I	0.66	0.20	0.59	0.80	0.03	0.73	0.20	0.50	0.51	0.14	0.29	-0.07	0.55	0.96	1	-0.95
W _p /E _I	-0.79	-0.32	-0.77	-0.84	-0.15	-0.87	-0.32	-0.60	-0.65	-0.23	-0.42	0.03	-0.65	-0.98	-0.95	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.31	0.75	0.81	0.13	0.82	0.31	0.57	0.67	0.33	0.49	0.08	0.59	0.78	0.67	-0.80
DAP	0.31	1	0.35	0.27	0.95	0.33	1.00	0.04	0.12	-0.07	-0.04	-0.19	0.04	0.30	0.23	-0.32
Vel	0.75	0.35	1	0.79	0.16	0.96	0.35	0.52	0.66	0.27	0.42	0.02	0.53	0.76	0.58	-0.78
Ace	0.81	0.27	0.79	1	0.06	0.89	0.27	0.39	0.50	0.08	0.25	-0.19	0.42	0.83	0.76	-0.84
D _{techo}	0.13	0.95	0.16	0.06	1	0.11	0.95	-0.05	0.00	-0.10	-0.12	-0.16	-0.07	0.11	0.06	-0.13
F _{dam}	0.82	0.33	0.96	0.89	0.11	1	0.33	0.49	0.63	0.20	0.37	-0.08	0.51	0.85	0.71	-0.87
D _{dam}	0.31	1.00	0.35	0.27	0.95	0.33	1	0.04	0.12	-0.07	-0.04	-0.19	0.04	0.30	0.23	-0.32
E _I	0.57	0.04	0.52	0.39	-0.05	0.49	0.04	1	0.98	0.92	0.96	0.75	1.00	0.58	0.53	-0.59
W _{D1}	0.67	0.12	0.66	0.50	0.00	0.63	0.12	0.98	1	0.86	0.93	0.65	0.98	0.66	0.56	-0.67
W _p	0.33	-0.07	0.27	0.08	-0.10	0.20	-0.07	0.92	0.86	1	0.96	0.91	0.91	0.25	0.20	-0.26
E _{COL}	0.49	-0.04	0.42	0.25	-0.12	0.37	-0.04	0.96	0.93	0.96	1	0.83	0.94	0.40	0.32	-0.41
E _{VIG}	0.08	-0.19	0.02	-0.19	-0.16	-0.08	-0.19	0.75	0.65	0.91	0.83	1	0.73	-0.01	-0.02	0.01
W _{D2}	0.59	0.04	0.53	0.42	-0.07	0.51	0.04	1.00	0.98	0.91	0.94	0.73	1	0.62	0.57	-0.62
W _{D2} /W _p	0.78	0.30	0.76	0.83	0.11	0.85	0.30	0.58	0.66	0.25	0.40	-0.01	0.62	1	0.95	-1.00
W _{D2} /E _I	0.67	0.23	0.58	0.76	0.06	0.71	0.23	0.53	0.56	0.20	0.32	-0.02	0.57	0.95	1	-0.94
W _p /E _I	-0.80	-0.32	-0.78	-0.84	-0.13	-0.87	-0.32	-0.59	-0.67	-0.26	-0.41	0.01	-0.62	-1.00	-0.94	1

Tabla E22

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	5.54	0.08	2.98	64	0.65	214	0.28	1377	91	177	80	95	1104	6.07	0.79	0.14
Mediana	5.40	0.07	2.69	39	0.62	192	0.26	1212	79	170	72	90	972	5.54	0.79	0.14
Max.	10.6	0.24	6.36	210	1.92	434	0.87	3547	266	344	189	177	2936	10.7	0.86	0.22
Min.	2.00	0.04	1.42	11	0.34	107	0.14	401	21	87	32	42	293	3.38	0.73	0.08
Σ	1.87	0.03	1.17	52	0.23	80	0.10	719	53	66	37	36	611	2.01	0.03	0.04
cov	0.34	0.37	0.39	0.81	0.35	0.37	0.37	0.52	0.58	0.37	0.47	0.38	0.55	0.33	0.04	0.26
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.61	0.29	0.43	0.00	0.19	0.11	0.29	0.20	0.20	0.71	0.47	0.31	0.11	0.11	0.50	0.56
ksstat	0.10	0.12	0.11	0.24	0.14	0.15	0.12	0.14	0.14	0.09	0.11	0.12	0.15	0.15	0.10	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.69	-2.62	0.99	3.67	-0.48	5.26	-1.34	7.10	4.37	5.14	4.28	4.50	6.88	1.71	-0.24	-1.95
β	0.32	0.29	0.42	1.02	0.26	0.40	0.29	0.54	0.57	0.37	0.48	0.38	0.55	0.37	0.05	0.27

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.16	0.77	0.79	0.02	0.82	0.16	0.69	0.72	0.29	0.46	0.06	0.71	0.81	0.80	-0.83
DAP	0.16	1	0.10	-0.05	0.98	0.08	1.00	0.19	0.18	0.15	0.29	0.17	0.16	0.14	0.21	-0.24
Vel	0.77	0.10	1	0.77	-0.04	0.97	0.10	0.66	0.72	0.26	0.42	0.02	0.69	0.81	0.79	-0.83
Ace	0.79	-0.05	0.77	1	-0.21	0.89	-0.05	0.60	0.61	0.09	0.26	-0.14	0.65	0.93	0.87	-0.85
D _{techo}	0.02	0.98	-0.04	-0.21	1	-0.08	0.98	0.08	0.07	0.14	0.24	0.20	0.05	-0.02	0.05	-0.09
F _{dam}	0.82	0.08	0.97	0.89	-0.08	1	0.08	0.67	0.72	0.20	0.39	-0.05	0.71	0.91	0.87	-0.90
D _{dam}	0.16	1.00	0.10	-0.05	0.98	0.08	1	0.19	0.18	0.15	0.29	0.17	0.16	0.14	0.21	-0.24
E _I	0.69	0.19	0.66	0.60	0.08	0.67	0.19	1	0.99	0.81	0.90	0.63	1.00	0.71	0.66	-0.68
W _{D1}	0.72	0.18	0.72	0.61	0.07	0.72	0.18	0.99	1	0.78	0.88	0.58	0.99	0.72	0.67	-0.70
W _p	0.29	0.15	0.26	0.09	0.14	0.20	0.15	0.81	0.78	1	0.94	0.95	0.77	0.21	0.20	-0.23
E _{COL}	0.46	0.29	0.42	0.26	0.24	0.39	0.29	0.90	0.88	0.94	1	0.84	0.87	0.39	0.37	-0.40
E _{VIG}	0.06	0.17	0.02	-0.14	0.20	-0.05	0.17	0.63	0.58	0.95	0.84	1	0.58	-0.03	-0.02	0.00
W _{D2}	0.71	0.16	0.69	0.65	0.05	0.71	0.16	1.00	0.99	0.77	0.87	0.58	1	0.75	0.70	-0.72
W _{D2} /W _p	0.81	0.14	0.81	0.93	-0.02	0.91	0.14	0.71	0.72	0.21	0.39	-0.03	0.75	1	0.97	-0.96
W _{D2} /E _I	0.80	0.21	0.79	0.87	0.05	0.87	0.21	0.66	0.67	0.20	0.37	-0.02	0.70	0.97	1	-0.99
W _p /E _I	-0.83	-0.24	-0.83	-0.85	-0.09	-0.90	-0.24	-0.68	-0.70	-0.23	-0.40	0.00	-0.72	-0.96	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.19	0.77	0.82	0.00	0.83	0.19	0.61	0.67	0.29	0.43	0.09	0.64	0.82	0.80	-0.83
DAP	0.19	1	0.23	0.13	0.96	0.23	1.00	0.13	0.17	0.05	0.05	-0.06	0.15	0.30	0.30	-0.30
Vel	0.77	0.23	1	0.83	0.03	0.97	0.23	0.60	0.69	0.26	0.40	0.05	0.63	0.87	0.83	-0.88
Ace	0.82	0.13	0.83	1	-0.09	0.90	0.13	0.49	0.54	0.08	0.24	-0.15	0.54	0.88	0.88	-0.88
D _{techo}	0.00	0.96	0.03	-0.09	1	0.01	0.96	-0.01	0.02	0.00	-0.04	-0.05	0.00	0.08	0.09	-0.08
F _{dam}	0.83	0.23	0.97	0.90	0.01	1	0.23	0.60	0.68	0.21	0.37	-0.02	0.64	0.93	0.90	-0.93
D _{dam}	0.19	1.00	0.23	0.13	0.96	0.23	1	0.13	0.17	0.05	0.05	-0.06	0.15	0.30	0.30	-0.30
E _I	0.61	0.13	0.60	0.49	-0.01	0.60	0.13	1	0.98	0.87	0.94	0.72	1.00	0.65	0.63	-0.65
W _{D1}	0.67	0.17	0.69	0.54	0.02	0.68	0.17	0.98	1	0.82	0.90	0.65	0.99	0.71	0.68	-0.71
W _p	0.29	0.05	0.26	0.08	0.00	0.21	0.05	0.87	0.82	1	0.97	0.95	0.84	0.23	0.20	-0.23
E _{COL}	0.43	0.05	0.40	0.24	-0.04	0.37	0.05	0.94	0.90	0.97	1	0.87	0.91	0.39	0.36	-0.39
E _{VIG}	0.09	-0.06	0.05	-0.15	-0.05	-0.02	-0.06	0.72	0.65	0.95	0.87	1	0.67	0.00	-0.02	0.00
W _{D2}	0.64	0.15	0.63	0.54	0.00	0.64	0.15	1.00	0.99	0.84	0.91	0.67	1	0.70	0.68	-0.69
W _{D2} /W _p	0.82	0.30	0.87	0.88	0.08	0.93	0.30	0.65	0.71	0.23	0.39	0.00	0.70	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.80	0.30	0.83	0.88	0.09	0.90	0.30	0.63	0.68	0.20	0.36	-0.02	0.68	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.83	-0.30	-0.88	-0.88	-0.08	-0.93	-0.30	-0.65	-0.71	-0.23	-0.39	0.00	-0.69	-1.00	-0.99	1

Tabla E23

Análisis estadístico para el prototipo de 03 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	6.31	0.06	3.27	76	0.53	487	0.20	2269	102	184	72	110	1983	10.4	0.86	0.10
Mediana	6.20	0.05	2.89	45	0.47	399	0.19	1885	85	174	67	105	1635	9.05	0.86	0.09
Max.	11.6	0.09	7.45	245	0.94	1230	0.34	6793	301	360	144	228	6214	23.1	0.92	0.18
Min.	2.40	0.03	1.44	10	0.30	190	0.11	517	22	81	29	52	414	4.44	0.78	0.04
Σ	2.08	0.02	1.41	61	0.17	249	0.06	1437	63	72	30	42	1326	4.85	0.04	0.04
cov	0.33	0.28	0.43	0.80	0.31	0.51	0.28	0.63	0.62	0.39	0.41	0.38	0.67	0.46	0.04	0.38
h-value	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.63	0.05	0.31	0.01	0.02	0.12	0.05	0.07	0.08	0.58	0.51	0.68	0.11	0.07	0.87	0.92
ksstat	0.09	0.17	0.12	0.21	0.19	0.15	0.17	0.16	0.16	0.10	0.10	0.09	0.15	0.16	0.07	0.07
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.82	-2.93	1.06	3.81	-0.75	5.99	-1.65	7.54	4.45	5.16	4.20	4.65	7.40	2.20	-0.15	-2.36
β	0.32	0.28	0.47	1.09	0.35	0.55	0.27	0.64	0.64	0.40	0.45	0.38	0.66	0.51	0.05	0.39

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.16	0.78	0.77	0.06	0.81	0.15	0.74	0.73	0.29	0.42	0.20	0.75	0.80	0.83	-0.83
DAP	0.16	1	0.09	-0.11	0.99	0.00	1.00	0.09	0.14	0.24	0.22	0.18	0.08	-0.02	0.12	-0.14
Vel	0.78	0.09	1	0.80	-0.03	0.97	0.08	0.77	0.77	0.24	0.37	0.15	0.79	0.88	0.86	-0.86
Ace	0.77	-0.11	0.80	1	-0.23	0.90	-0.12	0.69	0.64	0.06	0.19	-0.02	0.71	0.94	0.84	-0.82
D _{techo}	0.06	0.99	-0.03	-0.23	1	-0.12	0.99	0.02	0.07	0.25	0.20	0.20	0.00	-0.14	0.00	-0.03
F _{dam}	0.81	0.00	0.97	0.90	-0.12	1	0.00	0.79	0.77	0.19	0.33	0.10	0.81	0.95	0.89	-0.88
D _{dam}	0.15	1.00	0.08	-0.12	0.99	0.00	1	0.09	0.14	0.24	0.22	0.18	0.08	-0.03	0.11	-0.14
E _I	0.74	0.09	0.77	0.69	0.02	0.79	0.09	1	1.00	0.69	0.78	0.62	1.00	0.81	0.73	-0.73
W _{D1}	0.73	0.14	0.77	0.64	0.07	0.77	0.14	1.00	1	0.72	0.81	0.65	0.99	0.78	0.72	-0.72
W _p	0.29	0.24	0.24	0.06	0.25	0.19	0.24	0.69	0.72	1	0.98	0.99	0.66	0.19	0.19	-0.21
E _{COL}	0.42	0.22	0.37	0.19	0.20	0.33	0.22	0.78	0.81	0.98	1	0.95	0.76	0.34	0.33	-0.34
E _{VIG}	0.20	0.18	0.15	-0.02	0.20	0.10	0.18	0.62	0.65	0.99	0.95	1	0.59	0.10	0.10	-0.11
W _{D2}	0.75	0.08	0.79	0.71	0.00	0.81	0.08	1.00	0.99	0.66	0.76	0.59	1	0.83	0.75	-0.74
W _{D2} /W _p	0.80	-0.02	0.88	0.94	-0.14	0.95	-0.03	0.81	0.78	0.19	0.34	0.10	0.83	1	0.93	-0.92
W _{D2} /E _I	0.83	0.12	0.86	0.84	0.00	0.89	0.11	0.73	0.72	0.19	0.33	0.10	0.75	0.93	1	-1.00
W _p /E _I	-0.83	-0.14	-0.86	-0.82	-0.03	-0.88	-0.14	-0.73	-0.72	-0.21	-0.34	-0.11	-0.74	-0.92	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.19	0.80	0.80	0.08	0.81	0.19	0.71	0.71	0.34	0.45	0.23	0.73	0.83	0.82	-0.83
DAP	0.19	1	0.21	0.04	0.97	0.15	1.00	0.15	0.17	0.18	0.18	0.11	0.15	0.11	0.11	-0.11
Vel	0.80	0.21	1	0.85	0.05	0.98	0.21	0.74	0.73	0.27	0.39	0.16	0.76	0.93	0.93	-0.93
Ace	0.80	0.04	0.85	1	-0.11	0.90	0.04	0.62	0.59	0.08	0.22	-0.02	0.64	0.91	0.91	-0.91
D _{techo}	0.08	0.97	0.05	-0.11	1	0.00	0.97	0.02	0.05	0.12	0.11	0.07	0.02	-0.04	-0.04	0.04
F _{dam}	0.81	0.15	0.98	0.90	0.00	1	0.15	0.72	0.71	0.21	0.35	0.10	0.75	0.96	0.96	-0.96
D _{dam}	0.19	1.00	0.21	0.04	0.97	0.15	1	0.15	0.17	0.18	0.18	0.11	0.15	0.11	0.11	-0.11
E _I	0.71	0.15	0.74	0.62	0.02	0.72	0.15	1	1.00	0.78	0.86	0.70	1.00	0.76	0.76	-0.76
W _{D1}	0.71	0.17	0.73	0.59	0.05	0.71	0.17	1.00	1	0.80	0.87	0.72	0.99	0.75	0.74	-0.74
W _p	0.34	0.18	0.27	0.08	0.12	0.21	0.18	0.78	0.80	1	0.98	0.98	0.76	0.22	0.22	-0.22
E _{COL}	0.45	0.18	0.39	0.22	0.11	0.35	0.18	0.86	0.87	0.98	1	0.94	0.84	0.36	0.36	-0.36
E _{VIG}	0.23	0.11	0.16	-0.02	0.07	0.10	0.11	0.70	0.72	0.98	0.94	1	0.67	0.11	0.10	-0.11
W _{D2}	0.73	0.15	0.76	0.64	0.02	0.75	0.15	1.00	0.99	0.76	0.84	0.67	1	0.79	0.78	-0.79
W _{D2} /W _p	0.83	0.11	0.93	0.91	-0.04	0.96	0.11	0.76	0.75	0.22	0.36	0.11	0.79	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.82	0.11	0.93	0.91	-0.04	0.96	0.11	0.76	0.74	0.22	0.36	0.10	0.78	1.00	1	-1.00
W _p /E _I	-0.83	-0.11	-0.93	-0.91	0.04	-0.96	-0.11	-0.76	-0.74	-0.22	-0.36	-0.11	-0.79	-1.00	-1.00	1

Tabla E24

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	2.95	0.06	1.90	38	0.79	18	0.19	441	58	225	68	148	158	0.70	0.36	0.51
Mediana	2.80	0.06	1.85	25	0.79	18	0.18	427	53	214	60	135	141	0.66	0.35	0.53
Max.	6.40	0.10	3.82	134	1.22	28	0.30	927	140	473	253	368	343	1.01	0.44	0.58
Min.	1.00	0.02	0.71	6	0.27	12	0.06	139	15	75	3	60	49	0.49	0.29	0.43
Σ	1.07	0.02	0.66	31	0.20	4	0.05	193	29	96	51	62	72	0.13	0.04	0.04
cov	0.36	0.29	0.35	0.81	0.25	0.20	0.29	0.44	0.50	0.43	0.74	0.42	0.46	0.19	0.11	0.07
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.47	0.79	0.43	0.01	1.00	0.51	0.89	0.48	0.22	0.77	0.34	0.26	0.43	0.01	0.06	0.03
ksstat	0.11	0.08	0.11	0.20	0.05	0.10	0.07	0.11	0.13	0.08	0.12	0.13	0.11	0.21	0.17	0.19
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.03	-2.80	0.61	3.23	-0.23	2.88	-1.69	6.06	3.98	5.37	4.09	4.91	4.95	-0.42	-1.05	-0.64
β	0.33	0.28	0.33	0.92	0.23	0.20	0.29	0.41	0.50	0.41	0.62	0.41	0.49	0.22	0.11	0.04

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.47	0.80	0.81	0.38	0.86	0.48	0.56	0.58	0.48	0.74	0.09	0.62	0.34	0.27	-0.48
DAP	0.47	1	0.41	0.27	0.96	0.42	1.00	0.18	0.21	0.18	0.29	-0.06	0.15	-0.18	-0.23	0.10
Vel	0.80	0.41	1	0.73	0.29	0.91	0.42	0.51	0.55	0.45	0.75	0.04	0.54	0.29	0.21	-0.42
Ace	0.81	0.27	0.73	1	0.15	0.89	0.28	0.40	0.41	0.27	0.65	-0.15	0.54	0.65	0.58	-0.72
D _{techo}	0.38	0.96	0.29	0.15	1	0.30	0.96	0.16	0.19	0.18	0.21	0.01	0.12	-0.25	-0.29	0.18
F _{dam}	0.86	0.42	0.91	0.89	0.30	1	0.42	0.47	0.49	0.38	0.73	-0.06	0.57	0.50	0.43	-0.61
D _{dam}	0.48	1.00	0.42	0.28	0.96	0.42	1	0.16	0.20	0.16	0.28	-0.08	0.14	-0.18	-0.22	0.09
E _I	0.56	0.18	0.51	0.40	0.16	0.47	0.16	1	0.98	0.99	0.88	0.81	0.97	0.13	0.06	-0.26
W _{D1}	0.58	0.21	0.55	0.41	0.19	0.49	0.20	0.98	1	0.97	0.88	0.78	0.93	0.06	-0.02	-0.22
W _p	0.48	0.18	0.45	0.27	0.18	0.38	0.16	0.99	0.97	1	0.83	0.87	0.92	-0.02	-0.08	-0.11
E _{COL}	0.74	0.29	0.75	0.65	0.21	0.73	0.28	0.88	0.88	0.83	1	0.46	0.88	0.21	0.14	-0.35
E _{VIG}	0.09	-0.06	0.04	-0.15	0.01	-0.06	-0.08	0.81	0.78	0.87	0.46	1	0.70	-0.20	-0.23	0.11
W _{D2}	0.62	0.15	0.54	0.54	0.12	0.57	0.14	0.97	0.93	0.92	0.88	0.70	1	0.35	0.29	-0.47
W _{D2} /W _p	0.34	-0.18	0.29	0.65	-0.25	0.50	-0.18	0.13	0.06	-0.02	0.21	-0.20	0.35	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.27	-0.23	0.21	0.58	-0.29	0.43	-0.22	0.06	-0.02	-0.08	0.14	-0.23	0.29	0.99	1	-0.94
W _p /E _I	-0.48	0.10	-0.42	-0.72	0.18	-0.61	0.09	-0.26	-0.22	-0.11	-0.35	0.11	-0.47	-0.98	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.78	0.82	0.31	0.83	0.44	0.51	0.53	0.44	0.65	0.14	0.54	0.34	0.25	-0.47
DAP	0.44	1	0.41	0.39	0.96	0.42	1.00	0.11	0.16	0.12	0.17	-0.11	0.07	-0.10	-0.14	0.02
Vel	0.78	0.41	1	0.80	0.26	0.90	0.42	0.47	0.49	0.41	0.69	0.08	0.49	0.27	0.18	-0.43
Ace	0.82	0.39	0.80	1	0.23	0.95	0.40	0.33	0.33	0.22	0.56	-0.12	0.42	0.59	0.52	-0.69
D _{techo}	0.31	0.96	0.26	0.23	1	0.26	0.95	0.09	0.13	0.11	0.10	-0.05	0.04	-0.16	-0.18	0.11
F _{dam}	0.83	0.42	0.90	0.95	0.26	1	0.43	0.41	0.42	0.32	0.65	-0.04	0.48	0.49	0.41	-0.61
D _{dam}	0.44	1.00	0.42	0.40	0.95	0.43	1	0.10	0.15	0.11	0.17	-0.12	0.06	-0.09	-0.13	0.01
E _I	0.51	0.11	0.47	0.33	0.09	0.41	0.10	1	0.98	0.98	0.92	0.85	0.97	0.18	0.08	-0.32
W _{D1}	0.53	0.16	0.49	0.33	0.13	0.42	0.15	0.98	1	0.97	0.92	0.84	0.94	0.11	-0.01	-0.28
W _p	0.44	0.12	0.41	0.22	0.11	0.32	0.11	0.98	0.97	1	0.89	0.90	0.92	0.02	-0.08	-0.17
E _{COL}	0.65	0.17	0.69	0.56	0.10	0.65	0.17	0.92	0.92	0.89	1	0.65	0.91	0.24	0.13	-0.40
E _{VIG}	0.14	-0.11	0.08	-0.12	-0.05	-0.04	-0.12	0.85	0.84	0.90	0.65	1	0.77	-0.14	-0.21	0.03
W _{D2}	0.54	0.07	0.49	0.42	0.04	0.48	0.06	0.97	0.94	0.92	0.91	0.77	1	0.38	0.29	-0.50
W _{D2} /W _p	0.34	-0.10	0.27	0.59	-0.16	0.49	-0.09	0.18	0.11	0.02	0.24	-0.14	0.38	1	0.98	-0.95
W _{D2} /E _I	0.25	-0.14	0.18	0.52	-0.18	0.41	-0.13	0.08	-0.01	-0.08	0.13	-0.21	0.29	0.98	1	-0.88
W _p /E _I	-0.47	0.02	-0.43	-0.69	0.11	-0.61	0.01	-0.32	-0.28	-0.17	-0.40	0.03	-0.50	-0.95	-0.88	1

Tabla E25

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.08	0.06	1.96	40	0.82	30	0.20	489	62	228	67	151	199	0.86	0.40	0.47
Mediana	3.00	0.06	1.90	26	0.84	28	0.20	465	58	213	55	137	186	0.81	0.39	0.48
Max.	6.60	0.09	3.98	137	1.17	58	0.29	1074	148	454	240	363	494	1.34	0.51	0.56
Min.	1.00	0.02	0.70	6	0.27	16	0.06	139	15	75	3	61	50	0.56	0.32	0.37
Σ	1.12	0.02	0.69	32	0.18	10	0.05	217	31	94	47	63	99	0.20	0.05	0.05
cov	0.36	0.26	0.35	0.82	0.22	0.33	0.26	0.44	0.50	0.41	0.71	0.42	0.50	0.23	0.12	0.10
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.73	0.91	0.72	0.02	0.94	0.44	0.94	0.69	0.32	0.63	0.26	0.14	0.60	0.01	0.12	0.32
ksstat	0.09	0.07	0.09	0.20	0.07	0.11	0.07	0.09	0.12	0.09	0.13	0.15	0.10	0.21	0.15	0.12
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.10	-2.74	0.64	3.27	-0.18	3.32	-1.63	6.14	4.06	5.36	4.01	4.92	5.23	-0.21	-0.95	-0.73
β	0.32	0.26	0.34	0.90	0.19	0.35	0.27	0.42	0.50	0.44	0.65	0.41	0.47	0.25	0.12	0.08

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.51	0.80	0.81	0.42	0.87	0.50	0.59	0.58	0.45	0.74	0.06	0.69	0.63	0.59	-0.70
DAP	0.51	1	0.62	0.32	0.95	0.51	0.99	0.22	0.26	0.17	0.35	-0.11	0.23	0.12	0.08	-0.20
Vel	0.80	0.62	1	0.73	0.48	0.91	0.64	0.55	0.56	0.43	0.73	0.01	0.63	0.59	0.54	-0.66
Ace	0.81	0.32	0.73	1	0.20	0.91	0.33	0.44	0.40	0.23	0.63	-0.17	0.62	0.84	0.79	-0.84
D _{techo}	0.42	0.95	0.48	0.20	1	0.38	0.94	0.17	0.21	0.15	0.24	-0.05	0.16	0.03	0.00	-0.12
F _{dam}	0.87	0.51	0.91	0.91	0.38	1	0.53	0.53	0.50	0.35	0.73	-0.10	0.67	0.78	0.74	-0.82
D _{dam}	0.50	0.99	0.64	0.33	0.94	0.53	1	0.19	0.23	0.14	0.33	-0.14	0.21	0.16	0.12	-0.23
E _I	0.59	0.22	0.55	0.44	0.17	0.53	0.19	1	0.98	0.97	0.91	0.76	0.97	0.38	0.33	-0.46
W _{D1}	0.58	0.26	0.56	0.40	0.21	0.50	0.23	0.98	1	0.97	0.89	0.76	0.92	0.29	0.23	-0.39
W _p	0.45	0.17	0.43	0.23	0.15	0.35	0.14	0.97	0.97	1	0.82	0.87	0.88	0.16	0.11	-0.25
E _{COL}	0.74	0.35	0.73	0.63	0.24	0.73	0.33	0.91	0.89	0.82	1	0.45	0.93	0.48	0.43	-0.55
E _{VIG}	0.06	-0.11	0.01	-0.17	-0.05	-0.10	-0.14	0.76	0.76	0.87	0.45	1	0.59	-0.15	-0.18	0.08
W _{D2}	0.69	0.23	0.63	0.62	0.16	0.67	0.21	0.97	0.92	0.88	0.93	0.59	1	0.59	0.54	-0.64
W _{D2} /W _p	0.63	0.12	0.59	0.84	0.03	0.78	0.16	0.38	0.29	0.16	0.48	-0.15	0.59	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.59	0.08	0.54	0.79	0.00	0.74	0.12	0.33	0.23	0.11	0.43	-0.18	0.54	0.99	1	-0.97
W _p /E _I	-0.70	-0.20	-0.66	-0.84	-0.12	-0.82	-0.23	-0.46	-0.39	-0.25	-0.55	0.08	-0.64	-0.98	-0.97	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.79	0.83	0.38	0.84	0.48	0.52	0.54	0.40	0.65	0.10	0.59	0.64	0.59	-0.69
DAP	0.48	1	0.61	0.48	0.94	0.50	0.99	0.14	0.20	0.10	0.22	-0.10	0.12	0.15	0.10	-0.20
Vel	0.79	0.61	1	0.78	0.48	0.89	0.62	0.51	0.54	0.38	0.66	0.07	0.56	0.61	0.55	-0.67
Ace	0.83	0.48	0.78	1	0.36	0.95	0.49	0.36	0.36	0.18	0.54	-0.14	0.48	0.82	0.79	-0.84
D _{techo}	0.38	0.94	0.48	0.36	1	0.36	0.93	0.06	0.13	0.06	0.11	-0.10	0.04	0.06	0.02	-0.09
F _{dam}	0.84	0.50	0.89	0.95	0.36	1	0.52	0.45	0.47	0.29	0.64	-0.04	0.56	0.79	0.75	-0.82
D _{dam}	0.48	0.99	0.62	0.49	0.93	0.52	1	0.12	0.18	0.07	0.20	-0.13	0.11	0.18	0.13	-0.23
E _I	0.52	0.14	0.51	0.36	0.06	0.45	0.12	1	0.98	0.97	0.94	0.82	0.97	0.38	0.33	-0.45
W _{D1}	0.54	0.20	0.54	0.36	0.13	0.47	0.18	0.98	1	0.96	0.94	0.82	0.94	0.34	0.28	-0.43
W _p	0.40	0.10	0.38	0.18	0.06	0.29	0.07	0.97	0.96	1	0.88	0.91	0.90	0.18	0.13	-0.26
E _{COL}	0.65	0.22	0.66	0.54	0.11	0.64	0.20	0.94	0.94	0.88	1	0.65	0.94	0.48	0.43	-0.56
E _{VIG}	0.10	-0.10	0.07	-0.14	-0.10	-0.04	-0.13	0.82	0.82	0.91	0.65	1	0.72	-0.07	-0.11	0.00
W _{D2}	0.59	0.12	0.56	0.48	0.04	0.56	0.11	0.97	0.94	0.90	0.94	0.72	1	0.55	0.51	-0.61
W _{D2} /W _p	0.64	0.15	0.61	0.82	0.06	0.79	0.18	0.38	0.34	0.18	0.48	-0.07	0.55	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.59	0.10	0.55	0.79	0.02	0.75	0.13	0.33	0.28	0.13	0.43	-0.11	0.51	0.99	1	-0.96
W _p /E _I	-0.69	-0.20	-0.67	-0.84	-0.09	-0.82	-0.23	-0.45	-0.43	-0.26	-0.56	0.00	-0.61	-0.98	-0.96	1

Tabla E26

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	3.17	0.06	2.00	40	0.80	50	0.19	537	64	224	63	152	249	1.08	0.45	0.43
Mediana	3.10	0.06	1.91	26	0.82	44	0.19	515	59	208	54	137	218	0.99	0.44	0.44
Max.	7.00	0.09	4.17	145	1.19	118	0.29	1298	156	439	220	357	729	1.86	0.58	0.56
Min.	1.00	0.02	0.70	6	0.26	20	0.06	140	15	75	2	63	51	0.61	0.34	0.31
Σ	1.17	0.02	0.72	33	0.19	23	0.05	253	32	90	44	62	143	0.33	0.07	0.06
cov	0.37	0.26	0.36	0.83	0.24	0.46	0.26	0.47	0.50	0.40	0.70	0.41	0.57	0.31	0.15	0.14
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.70	0.95	0.57	0.01	0.98	0.25	0.96	0.61	0.25	0.70	0.35	0.10	0.39	0.08	0.23	0.65
ksstat	0.09	0.07	0.10	0.20	0.06	0.13	0.06	0.10	0.13	0.09	0.12	0.15	0.11	0.16	0.13	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.13	-2.78	0.65	3.27	-0.20	3.78	-1.67	6.24	4.08	5.34	4.00	4.92	5.38	-0.01	-0.83	-0.82
β	0.32	0.24	0.35	0.92	0.19	0.48	0.25	0.43	0.50	0.44	0.62	0.41	0.54	0.33	0.16	0.13

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.80	0.82	0.38	0.86	0.48	0.65	0.60	0.43	0.74	0.04	0.75	0.76	0.74	-0.79
DAP	0.48	1	0.46	0.30	0.96	0.40	0.99	0.17	0.18	0.09	0.25	-0.14	0.21	0.21	0.19	-0.25
Vel	0.80	0.46	1	0.74	0.33	0.91	0.48	0.60	0.57	0.39	0.73	0.01	0.70	0.75	0.72	-0.78
Ace	0.82	0.30	0.74	1	0.17	0.92	0.31	0.53	0.44	0.22	0.64	-0.17	0.71	0.91	0.86	-0.86
D _{techo}	0.38	0.96	0.33	0.17	1	0.25	0.95	0.11	0.13	0.08	0.14	-0.07	0.11	0.10	0.09	-0.15
F _{dam}	0.86	0.40	0.91	0.92	0.25	1	0.41	0.61	0.53	0.32	0.74	-0.10	0.75	0.90	0.87	-0.89
D _{dam}	0.48	0.99	0.48	0.31	0.95	0.41	1	0.15	0.16	0.06	0.23	-0.17	0.19	0.23	0.21	-0.26
E _I	0.65	0.17	0.60	0.53	0.11	0.61	0.15	1	0.98	0.93	0.94	0.68	0.97	0.56	0.51	-0.58
W _{D1}	0.60	0.18	0.57	0.44	0.13	0.53	0.16	0.98	1	0.96	0.90	0.74	0.91	0.44	0.39	-0.48
W _p	0.43	0.09	0.39	0.22	0.08	0.32	0.06	0.93	0.96	1	0.81	0.89	0.81	0.25	0.21	-0.29
E _{COL}	0.74	0.25	0.73	0.64	0.14	0.74	0.23	0.94	0.90	0.81	1	0.45	0.96	0.63	0.58	-0.64
E _{VIG}	0.04	-0.14	0.01	-0.17	-0.07	-0.10	-0.17	0.68	0.74	0.89	0.45	1	0.48	-0.12	-0.14	0.07
W _{D2}	0.75	0.21	0.70	0.71	0.11	0.75	0.19	0.97	0.91	0.81	0.96	0.48	1	0.73	0.68	-0.73
W _{D2} /W _p	0.76	0.21	0.75	0.91	0.10	0.90	0.23	0.56	0.44	0.25	0.63	-0.12	0.73	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.74	0.19	0.72	0.86	0.09	0.87	0.21	0.51	0.39	0.21	0.58	-0.14	0.68	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.79	-0.25	-0.78	-0.86	-0.15	-0.89	-0.26	-0.58	-0.48	-0.29	-0.64	0.07	-0.73	-0.98	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.41	0.78	0.85	0.32	0.84	0.42	0.55	0.52	0.35	0.64	0.09	0.64	0.77	0.74	-0.80
DAP	0.41	1	0.39	0.38	0.96	0.38	0.99	0.07	0.09	0.02	0.08	-0.16	0.08	0.19	0.18	-0.20
Vel	0.78	0.39	1	0.78	0.28	0.90	0.40	0.53	0.51	0.34	0.65	0.07	0.63	0.77	0.73	-0.79
Ace	0.85	0.38	0.78	1	0.25	0.95	0.39	0.40	0.34	0.15	0.54	-0.15	0.55	0.89	0.87	-0.89
D _{techo}	0.32	0.96	0.28	0.25	1	0.25	0.94	0.03	0.05	0.00	0.01	-0.13	0.02	0.09	0.07	-0.10
F _{dam}	0.84	0.38	0.90	0.95	0.25	1	0.40	0.50	0.45	0.26	0.63	-0.04	0.64	0.90	0.88	-0.91
D _{dam}	0.42	0.99	0.40	0.39	0.94	0.40	1	0.07	0.08	0.00	0.08	-0.18	0.08	0.22	0.20	-0.23
E _I	0.55	0.07	0.53	0.40	0.03	0.50	0.07	1	0.98	0.95	0.96	0.80	0.97	0.50	0.47	-0.54
W _{D1}	0.52	0.09	0.51	0.34	0.05	0.45	0.08	0.98	1	0.96	0.94	0.83	0.93	0.43	0.38	-0.47
W _p	0.35	0.02	0.34	0.15	0.00	0.26	0.00	0.95	0.96	1	0.87	0.93	0.86	0.24	0.21	-0.28
E _{COL}	0.64	0.08	0.65	0.54	0.01	0.63	0.08	0.96	0.94	0.87	1	0.67	0.96	0.59	0.55	-0.62
E _{VIG}	0.09	-0.16	0.07	-0.15	-0.13	-0.04	-0.18	0.80	0.83	0.93	0.67	1	0.66	-0.03	-0.06	0.00
W _{D2}	0.64	0.08	0.63	0.55	0.02	0.64	0.08	0.97	0.93	0.86	0.96	0.66	1	0.67	0.64	-0.70
W _{D2} /W _p	0.77	0.19	0.77	0.89	0.09	0.90	0.22	0.50	0.43	0.24	0.59	-0.03	0.67	1	0.99	-0.99
W _{D2} /E _I	0.74	0.18	0.73	0.87	0.07	0.88	0.20	0.47	0.38	0.21	0.55	-0.06	0.64	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.80	-0.20	-0.79	-0.89	-0.10	-0.91	-0.23	-0.54	-0.47	-0.28	-0.62	0.00	-0.70	-0.99	-0.98	1

Tabla E27

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.41	0.06	2.12	43	0.85	107	0.20	682	72	228	61	156	382	1.58	0.52	0.37
Mediana	3.40	0.07	2.00	27	0.88	84	0.20	592	65	211	54	139	312	1.38	0.52	0.37
Max.	7.60	0.09	4.59	159	1.25	344	0.29	2018	184	454	213	365	1435	3.60	0.71	0.54
Min.	1.00	0.02	0.69	6	0.26	26	0.06	140	14	74	2	66	52	0.65	0.35	0.20
Σ	1.33	0.02	0.84	37	0.20	72	0.05	397	39	94	42	65	286	0.74	0.10	0.09
cov	0.39	0.26	0.39	0.87	0.24	0.67	0.26	0.58	0.54	0.41	0.69	0.41	0.75	0.47	0.19	0.24
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.73	0.66	0.54	0.01	0.66	0.13	0.82	0.19	0.35	0.74	0.22	0.19	0.05	0.14	0.86	0.96
ksstat	0.09	0.09	0.10	0.20	0.09	0.15	0.08	0.14	0.12	0.09	0.13	0.14	0.17	0.15	0.07	0.06
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.22	-2.71	0.69	3.31	-0.12	4.44	-1.59	6.38	4.18	5.35	3.99	4.93	5.74	0.32	-0.66	-0.98
β	0.33	0.20	0.38	0.97	0.18	0.71	0.20	0.56	0.54	0.44	0.59	0.42	0.65	0.50	0.19	0.24

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.60	0.83	0.82	0.50	0.87	0.61	0.75	0.65	0.42	0.73	0.08	0.81	0.85	0.84	-0.85
DAP	0.60	1	0.57	0.37	0.97	0.46	1.00	0.42	0.42	0.32	0.40	0.10	0.42	0.40	0.44	-0.47
Vel	0.83	0.57	1	0.76	0.45	0.91	0.59	0.71	0.63	0.38	0.70	0.04	0.77	0.84	0.83	-0.85
Ace	0.82	0.37	0.76	1	0.26	0.93	0.38	0.66	0.48	0.20	0.61	-0.14	0.78	0.94	0.87	-0.85
D _{techo}	0.50	0.97	0.45	0.26	1	0.33	0.96	0.33	0.35	0.30	0.29	0.14	0.31	0.30	0.35	-0.38
F _{dam}	0.87	0.46	0.91	0.93	0.33	1	0.47	0.74	0.58	0.31	0.72	-0.06	0.84	0.95	0.91	-0.90
D _{dam}	0.61	1.00	0.59	0.38	0.96	0.47	1	0.40	0.39	0.29	0.38	0.07	0.41	0.41	0.45	-0.48
E _I	0.75	0.42	0.71	0.66	0.33	0.74	0.40	1	0.96	0.84	0.97	0.56	0.98	0.75	0.67	-0.69
W _{D1}	0.65	0.42	0.63	0.48	0.35	0.58	0.39	0.96	1	0.93	0.94	0.72	0.89	0.58	0.53	-0.57
W _p	0.42	0.32	0.38	0.20	0.30	0.31	0.29	0.84	0.93	1	0.82	0.91	0.71	0.31	0.28	-0.33
E _{COL}	0.73	0.40	0.70	0.61	0.29	0.72	0.38	0.97	0.94	0.82	1	0.52	0.95	0.70	0.64	-0.66
E _{VIG}	0.08	0.10	0.04	-0.14	0.14	-0.06	0.07	0.56	0.72	0.91	0.52	1	0.38	-0.05	-0.07	0.01
W _{D2}	0.81	0.42	0.77	0.78	0.31	0.84	0.41	0.98	0.89	0.71	0.95	0.38	1	0.85	0.77	-0.78
W _{D2} /W _p	0.85	0.40	0.84	0.94	0.30	0.95	0.41	0.75	0.58	0.31	0.70	-0.05	0.85	1	0.96	-0.95
W _{D2} /E _I	0.84	0.44	0.83	0.87	0.35	0.91	0.45	0.67	0.53	0.28	0.64	-0.07	0.77	0.96	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.47	-0.85	-0.85	-0.38	-0.90	-0.48	-0.69	-0.57	-0.33	-0.66	0.01	-0.78	-0.95	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.57	0.82	0.86	0.46	0.86	0.59	0.62	0.56	0.36	0.61	0.12	0.71	0.85	0.84	-0.85
DAP	0.57	1	0.59	0.46	0.96	0.49	0.99	0.31	0.29	0.22	0.26	0.04	0.35	0.42	0.41	-0.43
Vel	0.82	0.59	1	0.81	0.47	0.92	0.62	0.63	0.57	0.35	0.61	0.09	0.72	0.86	0.85	-0.87
Ace	0.86	0.46	0.81	1	0.35	0.95	0.48	0.49	0.40	0.17	0.49	-0.12	0.64	0.94	0.94	-0.93
D _{techo}	0.46	0.96	0.47	0.35	1	0.37	0.95	0.24	0.22	0.18	0.17	0.05	0.27	0.32	0.31	-0.32
F _{dam}	0.86	0.49	0.92	0.95	0.37	1	0.52	0.59	0.51	0.27	0.58	-0.01	0.73	0.96	0.96	-0.96
D _{dam}	0.59	0.99	0.62	0.48	0.95	0.52	1	0.30	0.27	0.20	0.24	0.01	0.36	0.44	0.43	-0.45
E _I	0.62	0.31	0.63	0.49	0.24	0.59	0.30	1	0.98	0.91	0.97	0.75	0.97	0.62	0.60	-0.64
W _{D1}	0.56	0.29	0.57	0.40	0.22	0.51	0.27	0.98	1	0.95	0.96	0.82	0.91	0.52	0.50	-0.54
W _p	0.36	0.22	0.35	0.17	0.18	0.27	0.20	0.91	0.95	1	0.90	0.94	0.80	0.28	0.26	-0.30
E _{COL}	0.61	0.26	0.61	0.49	0.17	0.58	0.24	0.97	0.96	0.90	1	0.74	0.93	0.59	0.58	-0.61
E _{VIG}	0.12	0.04	0.09	-0.12	0.05	-0.01	0.01	0.75	0.82	0.94	0.74	1	0.60	0.01	-0.01	-0.03
W _{D2}	0.71	0.35	0.72	0.64	0.27	0.73	0.36	0.97	0.91	0.80	0.93	0.60	1	0.76	0.75	-0.78
W _{D2} /W _p	0.85	0.42	0.86	0.94	0.32	0.96	0.44	0.62	0.52	0.28	0.59	0.01	0.76	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.84	0.41	0.85	0.94	0.31	0.96	0.43	0.60	0.50	0.26	0.58	-0.01	0.75	1.00	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.43	-0.87	-0.93	-0.32	-0.96	-0.45	-0.64	-0.54	-0.30	-0.61	-0.03	-0.78	-1.00	-0.99	1

Tabla E28

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.25	0.06	2.02	41	0.82	34	0.20	559	66	219	67	143	273	1.25	0.49	0.40
Mediana	3.20	0.06	1.91	28	0.81	33	0.19	539	61	202	59	129	253	1.17	0.48	0.41
Max.	7.00	0.10	4.09	145	1.21	50	0.30	1160	157	448	237	350	581	1.79	0.58	0.47
Min.	1.20	0.02	0.65	6	0.31	23	0.07	146	13	61	3	55	72	0.87	0.41	0.32
Σ	1.15	0.02	0.70	33	0.19	7	0.05	243	33	92	47	61	122	0.22	0.04	0.04
cov	0.36	0.26	0.35	0.81	0.23	0.20	0.26	0.43	0.51	0.42	0.70	0.43	0.45	0.18	0.08	0.09
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.56	0.58	0.55	0.01	0.98	0.69	0.66	0.38	0.12	0.46	0.17	0.31	0.76	0.01	0.26	0.02
ksstat	0.10	0.10	0.10	0.22	0.06	0.09	0.09	0.11	0.15	0.11	0.14	0.12	0.08	0.21	0.13	0.20
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.16	-2.79	0.65	3.33	-0.21	3.49	-1.66	6.29	4.11	5.31	4.07	4.86	5.53	0.16	-0.74	-0.89
β	0.31	0.29	0.35	0.90	0.22	0.21	0.29	0.42	0.53	0.48	0.61	0.42	0.46	0.20	0.08	0.06

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.51	0.79	0.80	0.38	0.85	0.52	0.56	0.59	0.47	0.75	0.08	0.60	0.34	0.23	-0.46
DAP	0.51	1	0.48	0.28	0.95	0.43	0.99	0.24	0.33	0.28	0.36	0.04	0.19	-0.27	-0.37	0.18
Vel	0.79	0.48	1	0.74	0.32	0.91	0.51	0.50	0.55	0.43	0.74	0.02	0.53	0.31	0.19	-0.42
Ace	0.80	0.28	0.74	1	0.13	0.89	0.31	0.40	0.39	0.24	0.63	-0.17	0.51	0.65	0.56	-0.71
D _{techo}	0.38	0.95	0.32	0.13	1	0.26	0.94	0.21	0.29	0.26	0.22	0.13	0.14	-0.36	-0.45	0.28
F _{dam}	0.85	0.43	0.91	0.89	0.26	1	0.46	0.46	0.47	0.34	0.72	-0.10	0.53	0.51	0.40	-0.60
D _{dam}	0.52	0.99	0.51	0.31	0.94	0.46	1	0.22	0.30	0.24	0.34	0.00	0.17	-0.23	-0.33	0.15
E _I	0.56	0.24	0.50	0.40	0.21	0.46	0.22	1	0.98	0.98	0.87	0.80	0.98	0.18	0.08	-0.30
W _{D1}	0.59	0.33	0.55	0.39	0.29	0.47	0.30	0.98	1	0.97	0.88	0.77	0.94	0.07	-0.05	-0.21
W _p	0.47	0.28	0.43	0.24	0.26	0.34	0.24	0.98	0.97	1	0.82	0.87	0.92	-0.02	-0.11	-0.10
E _{COL}	0.75	0.36	0.74	0.63	0.22	0.72	0.34	0.87	0.88	0.82	1	0.45	0.88	0.22	0.12	-0.34
E _{VIG}	0.08	0.04	0.02	-0.17	0.13	-0.10	0.00	0.80	0.77	0.87	0.45	1	0.71	-0.19	-0.23	0.11
W _{D2}	0.60	0.19	0.53	0.51	0.14	0.53	0.17	0.98	0.94	0.92	0.88	0.71	1	0.35	0.26	-0.45
W _{D2} /W _p	0.34	-0.27	0.31	0.65	-0.36	0.51	-0.23	0.18	0.07	-0.02	0.22	-0.19	0.35	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.23	-0.37	0.19	0.56	-0.45	0.40	-0.33	0.08	-0.05	-0.11	0.12	-0.23	0.26	0.98	1	-0.94
W _p /E _I	-0.46	0.18	-0.42	-0.71	0.28	-0.60	0.15	-0.30	-0.21	-0.10	-0.34	0.11	-0.45	-0.98	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.43	0.77	0.81	0.28	0.82	0.44	0.50	0.54	0.43	0.68	0.14	0.52	0.32	0.20	-0.45
DAP	0.43	1	0.48	0.35	0.95	0.39	0.99	0.17	0.26	0.21	0.25	0.01	0.10	-0.29	-0.38	0.18
Vel	0.77	0.48	1	0.77	0.31	0.89	0.51	0.47	0.53	0.40	0.69	0.10	0.48	0.26	0.14	-0.41
Ace	0.81	0.35	0.77	1	0.18	0.94	0.39	0.31	0.33	0.18	0.56	-0.14	0.38	0.58	0.49	-0.66
D _{techo}	0.28	0.95	0.31	0.18	1	0.20	0.93	0.13	0.21	0.19	0.14	0.05	0.06	-0.38	-0.45	0.29
F _{dam}	0.82	0.39	0.89	0.94	0.20	1	0.43	0.39	0.42	0.28	0.65	-0.05	0.44	0.49	0.38	-0.60
D _{dam}	0.44	0.99	0.51	0.39	0.93	0.43	1	0.13	0.22	0.17	0.24	-0.05	0.08	-0.26	-0.34	0.15
E _I	0.50	0.17	0.47	0.31	0.13	0.39	0.13	1	0.98	0.98	0.91	0.85	0.98	0.21	0.08	-0.34
W _{D1}	0.54	0.26	0.53	0.33	0.21	0.42	0.22	0.98	1	0.97	0.92	0.83	0.94	0.12	-0.03	-0.29
W _p	0.43	0.21	0.40	0.18	0.19	0.28	0.17	0.98	0.97	1	0.87	0.91	0.93	0.02	-0.10	-0.16
E _{COL}	0.68	0.25	0.69	0.56	0.14	0.65	0.24	0.91	0.92	0.87	1	0.65	0.90	0.23	0.09	-0.40
E _{VIG}	0.14	0.01	0.10	-0.14	0.05	-0.05	-0.05	0.85	0.83	0.91	0.65	1	0.79	-0.13	-0.21	0.02
W _{D2}	0.52	0.10	0.48	0.38	0.06	0.44	0.08	0.98	0.94	0.93	0.90	0.79	1	0.35	0.23	-0.47
W _{D2} /W _p	0.32	-0.29	0.26	0.58	-0.38	0.49	-0.26	0.21	0.12	0.02	0.23	-0.13	0.35	1	0.98	-0.96
W _{D2} /E _I	0.20	-0.38	0.14	0.49	-0.45	0.38	-0.34	0.08	-0.03	-0.10	0.09	-0.21	0.23	0.98	1	-0.89
W _p /E _I	-0.45	0.18	-0.41	-0.66	0.29	-0.60	0.15	-0.34	-0.29	-0.16	-0.40	0.02	-0.47	-0.96	-0.89	1

Tabla E29

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.38	0.06	2.09	42	0.82	57	0.20	641	71	218	65	143	351	2.02	0.55	0.35
Mediana	3.40	0.06	1.98	27	0.83	54	0.20	606	64	205	60	130	317	1.48	0.53	0.36
Max.	7.40	0.10	4.39	152	1.29	109	0.29	1486	175	431	226	347	897	27.8	0.91	0.43
Min.	0.67	0.00	0.22	6	0.05	20	0.01	28	2	1	0	1	25	1.08	0.46	0.03
Σ	1.27	0.02	0.78	35	0.21	19	0.05	308	37	94	46	64	182	3.41	0.07	0.06
cov	0.38	0.27	0.37	0.83	0.26	0.34	0.27	0.48	0.52	0.43	0.71	0.45	0.52	1.69	0.12	0.18
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.61	0.66	0.58	0.01	0.67	0.59	0.80	0.53	0.24	0.84	0.29	0.11	0.65	0.00	0.08	0.18
ksstat	0.10	0.09	0.10	0.22	0.09	0.10	0.08	0.10	0.13	0.08	0.12	0.15	0.09	0.43	0.16	0.14
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.22	-2.74	0.68	3.28	-0.19	3.98	-1.61	6.41	4.16	5.32	4.10	4.87	5.76	0.39	-0.64	-1.03
β	0.32	0.25	0.36	0.98	0.21	0.35	0.25	0.45	0.57	0.47	0.56	0.44	0.49	0.23	0.09	0.13

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.54	0.82	0.80	0.41	0.87	0.56	0.65	0.63	0.48	0.76	0.11	0.71	-0.21	0.21	-0.31
DAP	0.54	1	0.48	0.28	0.96	0.43	0.99	0.32	0.34	0.32	0.36	0.12	0.31	-0.46	-0.33	0.26
Vel	0.82	0.48	1	0.74	0.32	0.92	0.52	0.60	0.59	0.44	0.74	0.07	0.65	-0.25	0.18	-0.29
Ace	0.80	0.28	0.74	1	0.12	0.90	0.30	0.49	0.43	0.24	0.64	-0.15	0.62	-0.04	0.47	-0.52
D _{techo}	0.41	0.96	0.32	0.12	1	0.26	0.95	0.26	0.28	0.30	0.22	0.20	0.22	-0.50	-0.44	0.38
F _{dam}	0.87	0.43	0.92	0.90	0.26	1	0.46	0.56	0.52	0.35	0.74	-0.06	0.66	-0.17	0.35	-0.43
D _{dam}	0.56	0.99	0.52	0.30	0.95	0.46	1	0.31	0.32	0.30	0.35	0.09	0.29	-0.45	-0.31	0.24
E _I	0.65	0.32	0.60	0.49	0.26	0.56	0.31	1	0.98	0.95	0.92	0.73	0.98	-0.22	0.07	-0.18
W _{D1}	0.63	0.34	0.59	0.43	0.28	0.52	0.32	0.98	1	0.96	0.90	0.75	0.95	-0.21	0.01	-0.13
W _p	0.48	0.32	0.44	0.24	0.30	0.35	0.30	0.95	0.96	1	0.81	0.89	0.88	-0.28	-0.14	0.03
E _{COL}	0.76	0.36	0.74	0.64	0.22	0.74	0.35	0.92	0.90	0.81	1	0.45	0.94	-0.13	0.19	-0.29
E _{VIG}	0.11	0.12	0.07	-0.15	0.20	-0.06	0.09	0.73	0.75	0.89	0.45	1	0.61	-0.30	-0.34	0.26
W _{D2}	0.71	0.31	0.65	0.62	0.22	0.66	0.29	0.98	0.95	0.88	0.94	0.61	1	-0.17	0.19	-0.29
W _{D2} /W _p	-0.21	-0.46	-0.25	-0.04	-0.50	-0.17	-0.45	-0.22	-0.21	-0.28	-0.13	-0.30	-0.17	1	0.78	-0.75
W _{D2} /E _I	0.21	-0.33	0.18	0.47	-0.44	0.35	-0.31	0.07	0.01	-0.14	0.19	-0.34	0.19	0.78	1	-0.99
W _p /E _I	-0.31	0.26	-0.29	-0.52	0.38	-0.43	0.24	-0.18	-0.13	0.03	-0.29	0.26	-0.29	-0.75	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.39	0.78	0.83	0.27	0.83	0.40	0.54	0.55	0.41	0.67	0.13	0.59	0.57	0.52	-0.61
DAP	0.39	1	0.34	0.31	0.95	0.32	0.99	0.12	0.20	0.17	0.15	-0.02	0.14	-0.03	-0.03	0.02
Vel	0.78	0.34	1	0.80	0.16	0.90	0.38	0.50	0.52	0.38	0.67	0.07	0.57	0.58	0.53	-0.62
Ace	0.83	0.31	0.80	1	0.15	0.95	0.35	0.37	0.36	0.19	0.58	-0.13	0.48	0.72	0.71	-0.74
D _{techo}	0.27	0.95	0.16	0.15	1	0.14	0.93	0.05	0.14	0.13	0.03	0.03	0.06	-0.15	-0.15	0.15
F _{dam}	0.83	0.32	0.90	0.95	0.14	1	0.36	0.46	0.46	0.29	0.66	-0.04	0.55	0.72	0.69	-0.74
D _{dam}	0.40	0.99	0.38	0.35	0.93	0.36	1	0.10	0.17	0.13	0.14	-0.07	0.13	0.02	0.02	-0.02
E _I	0.54	0.12	0.50	0.37	0.05	0.46	0.10	1	0.97	0.95	0.92	0.80	0.96	0.31	0.25	-0.36
W _{D1}	0.55	0.20	0.52	0.36	0.14	0.46	0.17	0.97	1	0.97	0.93	0.81	0.96	0.28	0.21	-0.35
W _p	0.41	0.17	0.38	0.19	0.13	0.29	0.13	0.95	0.97	1	0.87	0.91	0.92	0.12	0.06	-0.18
E _{COL}	0.67	0.15	0.67	0.58	0.03	0.66	0.14	0.92	0.93	0.87	1	0.64	0.94	0.44	0.38	-0.50
E _{VIG}	0.13	-0.02	0.07	-0.13	0.03	-0.04	-0.07	0.80	0.81	0.91	0.64	1	0.73	-0.16	-0.21	0.10
W _{D2}	0.59	0.14	0.57	0.48	0.06	0.55	0.13	0.96	0.96	0.92	0.94	0.73	1	0.45	0.40	-0.50
W _{D2} /W _p	0.57	-0.03	0.58	0.72	-0.15	0.72	0.02	0.31	0.28	0.12	0.44	-0.16	0.45	1	0.99	-0.99
W _{D2} /E _I	0.52	-0.03	0.53	0.71	-0.15	0.69	0.02	0.25	0.21	0.06	0.38	-0.21	0.40	0.99	1	-0.97
W _p /E _I	-0.61	0.02	-0.62	-0.74	0.15	-0.74	-0.02	-0.36	-0.35	-0.18	-0.50	0.10	-0.50	-0.99	-0.97	1

Tabla E30

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.67	0.07	2.23	45	0.85	101	0.20	796	80	227	66	150	489	2.09	0.60	0.30
Mediana	3.60	0.07	2.05	29	0.88	89	0.20	730	72	212	59	133	440	1.91	0.59	0.31
Max.	8.00	0.10	4.68	165	1.13	236	0.29	2014	193	448	214	355	1420	3.61	0.71	0.42
Min.	1.20	0.02	0.76	7	0.29	38	0.07	189	16	77	3	60	96	1.18	0.49	0.20
Σ	1.34	0.02	0.83	38	0.18	47	0.05	404	42	92	45	63	285	0.66	0.06	0.06
cov	0.36	0.24	0.37	0.84	0.21	0.46	0.24	0.51	0.53	0.41	0.68	0.42	0.58	0.32	0.10	0.19
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.62	0.80	0.51	0.03	0.75	0.32	0.83	0.48	0.16	0.57	0.41	0.07	0.50	0.08	0.36	0.93
ksstat	0.09	0.08	0.10	0.19	0.08	0.12	0.08	0.11	0.14	0.10	0.11	0.16	0.10	0.16	0.12	0.07
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.28	-2.72	0.72	3.36	-0.13	4.49	-1.59	6.59	4.28	5.35	4.09	4.89	6.09	0.65	-0.53	-1.18
β	0.32	0.22	0.37	0.96	0.15	0.49	0.24	0.49	0.55	0.45	0.57	0.43	0.53	0.36	0.11	0.18

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.56	0.81	0.80	0.44	0.86	0.57	0.70	0.62	0.43	0.74	0.05	0.76	0.78	0.75	-0.79
DAP	0.56	1	0.56	0.38	0.95	0.53	0.99	0.38	0.38	0.26	0.43	-0.02	0.40	0.37	0.36	-0.42
Vel	0.81	0.56	1	0.75	0.38	0.92	0.59	0.65	0.61	0.39	0.72	0.00	0.71	0.78	0.74	-0.80
Ace	0.80	0.38	0.75	1	0.25	0.92	0.42	0.58	0.44	0.20	0.61	-0.19	0.69	0.92	0.86	-0.85
D _{techo}	0.44	0.95	0.38	0.25	1	0.36	0.92	0.27	0.28	0.21	0.27	0.01	0.27	0.23	0.24	-0.31
F _{dam}	0.86	0.53	0.92	0.92	0.36	1	0.57	0.65	0.55	0.31	0.72	-0.13	0.75	0.91	0.88	-0.90
D _{dam}	0.57	0.99	0.59	0.42	0.92	0.57	1	0.36	0.36	0.23	0.41	-0.07	0.39	0.40	0.40	-0.46
E _I	0.70	0.38	0.65	0.58	0.27	0.65	0.36	1	0.97	0.89	0.96	0.61	0.99	0.63	0.56	-0.63
W _{D1}	0.62	0.38	0.61	0.44	0.28	0.55	0.36	0.97	1	0.95	0.92	0.71	0.92	0.48	0.42	-0.51
W _p	0.43	0.26	0.39	0.20	0.21	0.31	0.23	0.89	0.95	1	0.82	0.89	0.80	0.25	0.20	-0.29
E _{COL}	0.74	0.43	0.72	0.61	0.27	0.72	0.41	0.96	0.92	0.82	1	0.47	0.96	0.63	0.57	-0.63
E _{VIG}	0.05	-0.02	0.00	-0.19	0.01	-0.13	-0.07	0.61	0.71	0.89	0.47	1	0.47	-0.13	-0.16	0.08
W _{D2}	0.76	0.40	0.71	0.69	0.27	0.75	0.39	0.99	0.92	0.80	0.96	0.47	1	0.74	0.67	-0.72
W _{D2} /W _p	0.78	0.37	0.78	0.92	0.23	0.91	0.40	0.63	0.48	0.25	0.63	-0.13	0.74	1	0.98	-0.97
W _{D2} /E _I	0.75	0.36	0.74	0.86	0.24	0.88	0.40	0.56	0.42	0.20	0.57	-0.16	0.67	0.98	1	-0.99
W _p /E _I	-0.79	-0.42	-0.80	-0.85	-0.31	-0.90	-0.46	-0.63	-0.51	-0.29	-0.63	0.08	-0.72	-0.97	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.79	0.84	0.36	0.84	0.53	0.59	0.56	0.39	0.65	0.10	0.66	0.78	0.74	-0.80
DAP	0.50	1	0.51	0.50	0.94	0.54	0.98	0.28	0.28	0.18	0.29	-0.06	0.32	0.37	0.35	-0.38
Vel	0.79	0.51	1	0.79	0.30	0.91	0.54	0.58	0.57	0.37	0.67	0.08	0.65	0.79	0.75	-0.81
Ace	0.84	0.50	0.79	1	0.34	0.95	0.54	0.44	0.38	0.16	0.53	-0.17	0.55	0.90	0.89	-0.90
D _{techo}	0.36	0.94	0.30	0.34	1	0.35	0.90	0.20	0.20	0.14	0.17	-0.03	0.22	0.21	0.19	-0.21
F _{dam}	0.84	0.54	0.91	0.95	0.35	1	0.58	0.52	0.47	0.26	0.61	-0.07	0.63	0.92	0.90	-0.92
D _{dam}	0.53	0.98	0.54	0.54	0.90	0.58	1	0.27	0.27	0.15	0.29	-0.09	0.32	0.42	0.39	-0.43
E _I	0.59	0.28	0.58	0.44	0.20	0.52	0.27	1	0.98	0.94	0.96	0.76	0.99	0.55	0.50	-0.57
W _{D1}	0.56	0.28	0.57	0.38	0.20	0.47	0.27	0.98	1	0.96	0.95	0.80	0.96	0.47	0.42	-0.51
W _p	0.39	0.18	0.37	0.16	0.14	0.26	0.15	0.94	0.96	1	0.89	0.92	0.88	0.25	0.20	-0.28
E _{COL}	0.65	0.29	0.67	0.53	0.17	0.61	0.29	0.96	0.95	0.89	1	0.67	0.96	0.59	0.54	-0.62
E _{VIG}	0.10	-0.06	0.08	-0.17	-0.03	-0.07	-0.09	0.76	0.80	0.92	0.67	1	0.66	-0.05	-0.10	0.02
W _{D2}	0.66	0.32	0.65	0.55	0.22	0.63	0.32	0.99	0.96	0.88	0.96	0.66	1	0.66	0.61	-0.68
W _{D2} /W _p	0.78	0.37	0.79	0.90	0.21	0.92	0.42	0.55	0.47	0.25	0.59	-0.05	0.66	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.74	0.35	0.75	0.89	0.19	0.90	0.39	0.50	0.42	0.20	0.54	-0.10	0.61	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.80	-0.38	-0.81	-0.90	-0.21	-0.92	-0.43	-0.57	-0.51	-0.28	-0.62	0.02	-0.68	-1.00	-0.98	1

Tabla E31

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.10	0.06	2.47	51	0.86	230	0.20	1169	94	236	65	160	838	3.31	0.68	0.24
Mediana	4.00	0.07	2.22	32	0.88	182	0.20	972	82	218	54	144	686	2.87	0.68	0.24
Max.	9.00	0.09	5.11	195	1.17	704	0.27	4131	297	559	264	351	3275	7.74	0.83	0.40
Min.	1.20	0.02	0.75	7	0.28	52	0.07	192	16	75	3	62	101	1.26	0.51	0.11
Σ	1.65	0.02	1.04	46	0.20	157	0.05	808	56	100	45	67	679	1.67	0.09	0.08
cov	0.40	0.24	0.42	0.89	0.23	0.68	0.25	0.69	0.60	0.42	0.69	0.42	0.81	0.51	0.13	0.33
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.80	0.48	0.35	0.01	0.28	0.11	0.73	0.09	0.18	0.67	0.14	0.29	0.06	0.10	0.90	0.99
ksstat	0.08	0.11	0.12	0.20	0.12	0.15	0.09	0.16	0.14	0.09	0.15	0.12	0.17	0.16	0.07	0.06
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.39	-2.73	0.80	3.47	-0.13	5.20	-1.60	6.88	4.41	5.38	3.99	4.97	6.53	1.06	-0.39	-1.45
β	0.36	0.22	0.45	1.02	0.21	0.72	0.25	0.64	0.57	0.42	0.62	0.43	0.73	0.53	0.13	0.34

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.59	0.84	0.81	0.50	0.88	0.59	0.79	0.71	0.46	0.73	0.13	0.82	0.86	0.86	-0.86
DAP	0.59	1	0.55	0.39	0.98	0.51	0.99	0.40	0.40	0.26	0.35	0.04	0.40	0.47	0.58	-0.60
Vel	0.84	0.55	1	0.75	0.46	0.92	0.57	0.75	0.69	0.41	0.69	0.10	0.78	0.86	0.85	-0.86
Ace	0.81	0.39	0.75	1	0.30	0.93	0.40	0.70	0.52	0.22	0.57	-0.10	0.76	0.94	0.86	-0.83
D _{techo}	0.50	0.98	0.46	0.30	1	0.40	0.98	0.29	0.30	0.19	0.24	0.02	0.29	0.38	0.51	-0.54
F _{dam}	0.88	0.51	0.92	0.93	0.40	1	0.52	0.80	0.66	0.36	0.70	0.00	0.85	0.96	0.90	-0.89
D _{dam}	0.59	0.99	0.57	0.40	0.98	0.52	1	0.37	0.37	0.22	0.32	0.00	0.38	0.48	0.59	-0.62
E _I	0.79	0.40	0.75	0.70	0.29	0.80	0.37	1	0.96	0.80	0.97	0.51	0.99	0.81	0.71	-0.72
W _{D1}	0.71	0.40	0.69	0.52	0.30	0.66	0.37	0.96	1	0.91	0.97	0.70	0.92	0.65	0.60	-0.63
W _p	0.46	0.26	0.41	0.22	0.19	0.36	0.22	0.80	0.91	1	0.86	0.92	0.72	0.35	0.32	-0.36
E _{COL}	0.73	0.35	0.69	0.57	0.24	0.70	0.32	0.97	0.97	0.86	1	0.60	0.94	0.68	0.61	-0.63
E _{VIG}	0.13	0.04	0.10	-0.10	0.02	0.00	0.00	0.51	0.70	0.92	0.60	1	0.42	0.01	-0.01	-0.04
W _{D2}	0.82	0.40	0.78	0.76	0.29	0.85	0.38	0.99	0.92	0.72	0.94	0.42	1	0.86	0.75	-0.75
W _{D2} /W _p	0.86	0.47	0.86	0.94	0.38	0.96	0.48	0.81	0.65	0.35	0.68	0.01	0.86	1	0.94	-0.93
W _{D2} /E _I	0.86	0.58	0.85	0.86	0.51	0.90	0.59	0.71	0.60	0.32	0.61	-0.01	0.75	0.94	1	-1.00
W _p /E _I	-0.86	-0.60	-0.86	-0.83	-0.54	-0.89	-0.62	-0.72	-0.63	-0.36	-0.63	-0.04	-0.75	-0.93	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.61	0.85	0.87	0.50	0.88	0.61	0.71	0.63	0.41	0.63	0.13	0.77	0.88	0.87	-0.88
DAP	0.61	1	0.59	0.57	0.96	0.63	0.99	0.41	0.36	0.19	0.28	-0.02	0.46	0.59	0.59	-0.60
Vel	0.85	0.59	1	0.82	0.48	0.93	0.61	0.72	0.65	0.40	0.63	0.12	0.78	0.90	0.88	-0.90
Ace	0.87	0.57	0.82	1	0.45	0.95	0.57	0.59	0.46	0.20	0.50	-0.10	0.68	0.93	0.93	-0.92
D _{techo}	0.50	0.96	0.48	0.45	1	0.51	0.95	0.31	0.26	0.11	0.18	-0.07	0.36	0.50	0.50	-0.51
F _{dam}	0.88	0.63	0.93	0.95	0.51	1	0.64	0.70	0.59	0.32	0.60	0.02	0.78	0.97	0.96	-0.97
D _{dam}	0.61	0.99	0.61	0.57	0.95	0.64	1	0.39	0.33	0.16	0.26	-0.07	0.45	0.60	0.60	-0.61
E _I	0.71	0.41	0.72	0.59	0.31	0.70	0.39	1	0.97	0.87	0.96	0.67	0.99	0.73	0.72	-0.74
W _{D1}	0.63	0.36	0.65	0.46	0.26	0.59	0.33	0.97	1	0.94	0.97	0.78	0.94	0.60	0.59	-0.62
W _p	0.41	0.19	0.40	0.20	0.11	0.32	0.16	0.87	0.94	1	0.91	0.94	0.80	0.33	0.32	-0.35
E _{COL}	0.63	0.28	0.63	0.50	0.18	0.60	0.26	0.96	0.97	0.91	1	0.75	0.93	0.61	0.59	-0.62
E _{VIG}	0.13	-0.02	0.12	-0.10	-0.07	0.02	-0.07	0.67	0.78	0.94	0.75	1	0.57	0.04	0.02	-0.05
W _{D2}	0.77	0.46	0.78	0.68	0.36	0.78	0.45	0.99	0.94	0.80	0.93	0.57	1	0.81	0.80	-0.82
W _{D2} /W _p	0.88	0.59	0.90	0.93	0.50	0.97	0.60	0.73	0.60	0.33	0.61	0.04	0.81	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.87	0.59	0.88	0.93	0.50	0.96	0.60	0.72	0.59	0.32	0.59	0.02	0.80	1.00	1	-1.00
W _p /E _I	-0.88	-0.60	-0.90	-0.92	-0.51	-0.97	-0.61	-0.74	-0.62	-0.35	-0.62	-0.05	-0.82	-1.00	-1.00	1

Tabla E32

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.50	0.06	2.12	44	0.76	59	0.19	729	73	209	67	133	445	2.23	0.62	0.29
Mediana	3.50	0.06	2.00	28	0.77	57	0.19	725	68	205	63	122	424	1.99	0.61	0.30
Max.	7.60	0.10	4.49	156	1.20	88	0.30	1574	184	427	231	334	981	6.80	0.82	0.35
Min.	0.80	0.01	0.50	6	0.09	32	0.02	29	2	5	0	6	22	1.57	0.55	0.12
Σ	1.31	0.02	0.81	36	0.22	12	0.06	342	40	95	50	61	213	0.74	0.05	0.04
cov	0.37	0.31	0.38	0.83	0.29	0.21	0.32	0.47	0.54	0.45	0.74	0.46	0.48	0.33	0.08	0.14
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.44	0.49	0.54	0.01	0.28	0.59	0.60	0.41	0.15	0.62	0.22	0.46	0.76	0.00	0.16	0.02
ksstat	0.11	0.11	0.10	0.21	0.12	0.10	0.10	0.11	0.14	0.09	0.13	0.11	0.08	0.23	0.14	0.20
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.25	-2.80	0.69	3.32	-0.27	4.05	-1.66	6.59	4.22	5.32	4.14	4.80	6.05	0.69	-0.50	-1.20
β	0.32	0.28	0.37	0.97	0.24	0.21	0.29	0.40	0.52	0.42	0.59	0.43	0.46	0.24	0.07	0.06

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.54	0.83	0.79	0.43	0.86	0.60	0.66	0.68	0.57	0.80	0.17	0.67	-0.05	-0.06	-0.14
DAP	0.54	1	0.57	0.35	0.96	0.55	0.99	0.32	0.38	0.34	0.43	0.07	0.29	-0.48	-0.51	0.39
Vel	0.83	0.57	1	0.75	0.42	0.92	0.64	0.60	0.66	0.53	0.77	0.11	0.61	-0.09	-0.09	-0.12
Ace	0.79	0.35	0.75	1	0.21	0.88	0.43	0.47	0.47	0.30	0.66	-0.14	0.54	0.26	0.31	-0.47
D _{techo}	0.43	0.96	0.42	0.21	1	0.39	0.93	0.25	0.30	0.30	0.28	0.13	0.22	-0.55	-0.59	0.49
F _{dam}	0.86	0.55	0.92	0.88	0.39	1	0.62	0.54	0.56	0.41	0.74	-0.03	0.58	0.08	0.10	-0.29
D _{dam}	0.60	0.99	0.64	0.43	0.93	0.62	1	0.35	0.40	0.35	0.48	0.04	0.33	-0.43	-0.45	0.32
E _I	0.66	0.32	0.60	0.47	0.25	0.54	0.35	1	0.98	0.97	0.89	0.76	0.99	-0.17	-0.16	-0.02
W _{D1}	0.68	0.38	0.66	0.47	0.30	0.56	0.40	0.98	1	0.97	0.91	0.74	0.95	-0.19	-0.23	0.03
W _p	0.57	0.34	0.53	0.30	0.30	0.41	0.35	0.97	0.97	1	0.84	0.86	0.93	-0.31	-0.34	0.17
E _{COL}	0.80	0.43	0.77	0.66	0.28	0.74	0.48	0.89	0.91	0.84	1	0.45	0.89	-0.08	-0.09	-0.10
E _{VIG}	0.17	0.07	0.11	-0.14	0.13	-0.03	0.04	0.76	0.74	0.86	0.45	1	0.71	-0.39	-0.43	0.34
W _{D2}	0.67	0.29	0.61	0.54	0.22	0.58	0.33	0.99	0.95	0.93	0.89	0.71	1	-0.09	-0.06	-0.11
W _{D2} /W _p	-0.05	-0.48	-0.09	0.26	-0.55	0.08	-0.43	-0.17	-0.19	-0.31	-0.08	-0.39	-0.09	1	0.93	-0.93
W _{D2} /E _I	-0.06	-0.51	-0.09	0.31	-0.59	0.10	-0.45	-0.16	-0.23	-0.34	-0.09	-0.43	-0.06	0.93	1	-0.97
W _p /E _I	-0.14	0.39	-0.12	-0.47	0.49	-0.29	0.32	-0.02	0.03	0.17	-0.10	0.34	-0.11	-0.93	-0.97	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.80	0.81	0.36	0.84	0.52	0.59	0.62	0.52	0.75	0.22	0.59	0.21	0.07	-0.29
DAP	0.50	1	0.57	0.46	0.94	0.55	0.98	0.19	0.27	0.19	0.35	-0.07	0.16	-0.20	-0.30	0.13
Vel	0.80	0.57	1	0.78	0.40	0.90	0.61	0.56	0.60	0.48	0.75	0.17	0.56	0.17	0.02	-0.27
Ace	0.81	0.46	0.78	1	0.31	0.94	0.53	0.36	0.36	0.22	0.58	-0.13	0.40	0.48	0.37	-0.54
D _{techo}	0.36	0.94	0.40	0.31	1	0.38	0.90	0.13	0.21	0.16	0.23	-0.02	0.09	-0.28	-0.37	0.22
F _{dam}	0.84	0.55	0.90	0.94	0.38	1	0.61	0.47	0.48	0.35	0.69	0.00	0.50	0.39	0.25	-0.46
D _{dam}	0.52	0.98	0.61	0.53	0.90	0.61	1	0.18	0.26	0.17	0.35	-0.12	0.16	-0.13	-0.23	0.06
E _I	0.59	0.19	0.56	0.36	0.13	0.47	0.18	1	0.98	0.97	0.92	0.82	0.99	0.14	0.01	-0.23
W _{D1}	0.62	0.27	0.60	0.36	0.21	0.48	0.26	0.98	1	0.98	0.93	0.82	0.95	0.02	-0.13	-0.13
W _p	0.52	0.19	0.48	0.22	0.16	0.35	0.17	0.97	0.98	1	0.88	0.90	0.93	-0.07	-0.20	-0.02
E _{COL}	0.75	0.35	0.75	0.58	0.23	0.69	0.35	0.92	0.93	0.88	1	0.64	0.90	0.13	-0.02	-0.24
E _{VIG}	0.22	-0.07	0.17	-0.13	-0.02	0.00	-0.12	0.82	0.82	0.90	0.64	1	0.77	-0.26	-0.34	0.20
W _{D2}	0.59	0.16	0.56	0.40	0.09	0.50	0.16	0.99	0.95	0.93	0.90	0.77	1	0.24	0.13	-0.33
W _{D2} /W _p	0.21	-0.20	0.17	0.48	-0.28	0.39	-0.13	0.14	0.02	-0.07	0.13	-0.26	0.24	1	0.97	-0.98
W _{D2} /E _I	0.07	-0.30	0.02	0.37	-0.37	0.25	-0.23	0.01	-0.13	-0.20	-0.02	-0.34	0.13	0.97	1	-0.92
W _p /E _I	-0.29	0.13	-0.27	-0.54	0.22	-0.46	0.06	-0.23	-0.13	-0.02	-0.24	0.20	-0.33	-0.98	-0.92	1

Tabla E33

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.91	0.06	2.31	48	0.82	108	0.20	953	86	220	69	141	645	3.71	0.67	0.24
Mediana	3.90	0.07	2.19	29	0.83	102	0.21	916	77	211	61	125	591	2.69	0.66	0.25
Max.	8.40	0.10	4.79	173	1.19	202	0.32	2173	202	442	240	345	1578	53.1	0.94	0.32
Min.	0.50	0.00	0.37	8	0.04	44	0.01	30	1	1	0	1	28	1.88	0.60	0.02
Σ	1.48	0.02	0.90	40	0.20	37	0.06	482	48	98	50	65	345	6.51	0.05	0.05
cov	0.38	0.27	0.39	0.84	0.24	0.34	0.28	0.51	0.56	0.45	0.72	0.46	0.53	1.75	0.08	0.20
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.45	0.45	0.44	0.01	0.22	0.50	0.56	0.44	0.13	0.69	0.18	0.47	0.65	0.00	0.06	0.28
ksstat	0.11	0.11	0.11	0.20	0.13	0.10	0.10	0.11	0.15	0.09	0.14	0.11	0.09	0.44	0.17	0.12
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.36	-2.71	0.78	3.37	-0.19	4.62	-1.56	6.82	4.34	5.35	4.10	4.83	6.38	0.99	-0.41	-1.41
β	0.32	0.20	0.38	1.00	0.17	0.36	0.19	0.46	0.60	0.47	0.63	0.45	0.51	0.24	0.07	0.14

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.56	0.82	0.79	0.46	0.87	0.62	0.68	0.65	0.51	0.75	0.13	0.72	-0.24	0.21	-0.34
DAP	0.56	1	0.57	0.35	0.96	0.56	0.98	0.30	0.32	0.25	0.38	-0.01	0.30	-0.44	-0.19	0.08
Vel	0.82	0.57	1	0.74	0.43	0.92	0.64	0.64	0.65	0.47	0.73	0.09	0.67	-0.22	0.21	-0.36
Ace	0.79	0.35	0.74	1	0.23	0.90	0.43	0.54	0.44	0.25	0.61	-0.15	0.62	-0.04	0.51	-0.57
D _{techo}	0.46	0.96	0.43	0.23	1	0.41	0.92	0.21	0.24	0.21	0.24	0.04	0.20	-0.51	-0.32	0.23
F _{dam}	0.87	0.56	0.92	0.90	0.41	1	0.64	0.61	0.57	0.37	0.71	-0.06	0.67	-0.15	0.39	-0.51
D _{dam}	0.62	0.98	0.64	0.43	0.92	0.64	1	0.31	0.32	0.23	0.39	-0.06	0.32	-0.41	-0.11	0.01
E _I	0.68	0.30	0.64	0.54	0.21	0.61	0.31	1	0.98	0.94	0.94	0.69	0.99	-0.20	0.13	-0.26
W _{D1}	0.65	0.32	0.65	0.44	0.24	0.57	0.32	0.98	1	0.95	0.93	0.72	0.95	-0.19	0.04	-0.20
W _p	0.51	0.25	0.47	0.25	0.21	0.37	0.23	0.94	0.95	1	0.84	0.88	0.89	-0.27	-0.13	-0.01
E _{COL}	0.75	0.38	0.73	0.61	0.24	0.71	0.39	0.94	0.93	0.84	1	0.48	0.94	-0.13	0.17	-0.31
E _{VIG}	0.13	-0.01	0.09	-0.15	0.04	-0.06	-0.06	0.69	0.72	0.88	0.48	1	0.61	-0.30	-0.34	0.25
W _{D2}	0.72	0.30	0.67	0.62	0.20	0.67	0.32	0.99	0.95	0.89	0.94	0.61	1	-0.18	0.21	-0.33
W _{D2} /W _p	-0.24	-0.44	-0.22	-0.04	-0.51	-0.15	-0.41	-0.20	-0.19	-0.27	-0.13	-0.30	-0.18	1	0.73	-0.69
W _{D2} /E _I	0.21	-0.19	0.21	0.51	-0.32	0.39	-0.11	0.13	0.04	-0.13	0.17	-0.34	0.21	0.73	1	-0.98
W _p /E _I	-0.34	0.08	-0.36	-0.57	0.23	-0.51	0.01	-0.26	-0.20	-0.01	-0.31	0.25	-0.33	-0.69	-0.98	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.54	0.79	0.83	0.41	0.84	0.59	0.62	0.62	0.47	0.70	0.15	0.63	0.57	0.49	-0.60
DAP	0.54	1	0.52	0.50	0.94	0.55	0.97	0.11	0.15	0.04	0.20	-0.20	0.13	0.19	0.14	-0.21
Vel	0.79	0.52	1	0.81	0.35	0.91	0.62	0.57	0.58	0.41	0.66	0.09	0.59	0.59	0.49	-0.62
Ace	0.83	0.50	0.81	1	0.34	0.95	0.59	0.45	0.42	0.22	0.57	-0.13	0.50	0.74	0.69	-0.75
D _{techo}	0.41	0.94	0.35	0.34	1	0.38	0.86	0.04	0.08	0.01	0.12	-0.17	0.04	0.03	0.00	-0.05
F _{dam}	0.84	0.55	0.91	0.95	0.38	1	0.65	0.54	0.52	0.33	0.65	-0.02	0.58	0.72	0.65	-0.74
D _{dam}	0.59	0.97	0.62	0.59	0.86	0.65	1	0.15	0.18	0.05	0.24	-0.23	0.17	0.30	0.24	-0.32
E _I	0.62	0.11	0.57	0.45	0.04	0.54	0.15	1	0.98	0.95	0.95	0.78	0.99	0.37	0.31	-0.40
W _{D1}	0.62	0.15	0.58	0.42	0.08	0.52	0.18	0.98	1	0.96	0.95	0.80	0.97	0.31	0.22	-0.34
W _p	0.47	0.04	0.41	0.22	0.01	0.33	0.05	0.95	0.96	1	0.89	0.91	0.93	0.12	0.05	-0.14
E _{COL}	0.70	0.20	0.66	0.57	0.12	0.65	0.24	0.95	0.95	0.89	1	0.67	0.95	0.39	0.31	-0.42
E _{VIG}	0.15	-0.20	0.09	-0.13	-0.17	-0.02	-0.23	0.78	0.80	0.91	0.67	1	0.74	-0.18	-0.22	0.16
W _{D2}	0.63	0.13	0.59	0.50	0.04	0.58	0.17	0.99	0.97	0.93	0.95	0.74	1	0.44	0.37	-0.46
W _{D2} /W _p	0.57	0.19	0.59	0.74	0.03	0.72	0.30	0.37	0.31	0.12	0.39	-0.18	0.44	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.49	0.14	0.49	0.69	0.00	0.65	0.24	0.31	0.22	0.05	0.31	-0.22	0.37	0.98	1	-0.96
W _p /E _I	-0.60	-0.21	-0.62	-0.75	-0.05	-0.74	-0.32	-0.40	-0.34	-0.14	-0.42	0.16	-0.46	-0.99	-0.96	1

Tabla E34

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.38	0.06	2.58	54	0.83	203	0.20	1329	102	234	72	152	992	4.06	0.73	0.19
Mediana	4.30	0.07	2.34	34	0.89	179	0.21	1157	91	224	62	138	828	3.69	0.72	0.20
Max.	9.20	0.10	5.39	193	1.14	470	0.31	4002	307	555	305	355	3138	7.17	0.82	0.28
Min.	1.60	0.02	0.80	8	0.30	75	0.07	253	16	69	6	61	167	2.30	0.65	0.11
Σ	1.64	0.01	1.02	46	0.18	98	0.05	775	59	100	52	64	633	1.35	0.05	0.05
cov	0.37	0.24	0.39	0.85	0.22	0.48	0.25	0.58	0.58	0.43	0.72	0.42	0.64	0.33	0.07	0.24
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.82	0.32	0.44	0.02	0.22	0.31	0.39	0.33	0.33	0.71	0.18	0.24	0.15	0.13	0.47	0.96
ksstat	0.08	0.12	0.11	0.19	0.13	0.12	0.11	0.12	0.12	0.09	0.14	0.13	0.14	0.15	0.11	0.06
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.46	-2.72	0.85	3.53	-0.12	5.19	-1.58	7.05	4.51	5.41	4.12	4.93	6.72	1.31	-0.32	-1.63
β	0.34	0.16	0.41	0.97	0.12	0.51	0.16	0.56	0.55	0.40	0.60	0.43	0.61	0.37	0.08	0.24

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.58	0.82	0.80	0.46	0.88	0.63	0.75	0.69	0.47	0.74	0.09	0.77	0.80	0.77	-0.81
DAP	0.58	1	0.57	0.46	0.97	0.58	0.98	0.41	0.41	0.23	0.43	-0.08	0.43	0.47	0.47	-0.53
Vel	0.82	0.57	1	0.75	0.42	0.92	0.64	0.71	0.68	0.44	0.72	0.05	0.73	0.80	0.76	-0.82
Ace	0.80	0.46	0.75	1	0.33	0.91	0.55	0.65	0.50	0.25	0.59	-0.15	0.71	0.93	0.87	-0.84
D _{techo}	0.46	0.97	0.42	0.33	1	0.42	0.93	0.26	0.28	0.14	0.27	-0.09	0.27	0.34	0.34	-0.40
F _{dam}	0.88	0.58	0.92	0.91	0.42	1	0.66	0.72	0.63	0.36	0.71	-0.07	0.77	0.92	0.89	-0.90
D _{dam}	0.63	0.98	0.64	0.55	0.93	0.66	1	0.44	0.42	0.22	0.45	-0.12	0.47	0.56	0.55	-0.60
E _I	0.75	0.41	0.71	0.65	0.26	0.72	0.44	1	0.97	0.87	0.97	0.55	1.00	0.70	0.63	-0.67
W _{D1}	0.69	0.41	0.68	0.50	0.28	0.63	0.42	0.97	1	0.93	0.96	0.66	0.95	0.57	0.50	-0.58
W _p	0.47	0.23	0.44	0.25	0.14	0.36	0.22	0.87	0.93	1	0.85	0.88	0.82	0.31	0.26	-0.33
E _{COL}	0.74	0.43	0.72	0.59	0.27	0.71	0.45	0.97	0.96	0.85	1	0.50	0.96	0.63	0.56	-0.61
E _{VIG}	0.09	-0.08	0.05	-0.15	-0.09	-0.07	-0.12	0.55	0.66	0.88	0.50	1	0.48	-0.08	-0.12	0.04
W _{D2}	0.77	0.43	0.73	0.71	0.27	0.77	0.47	1.00	0.95	0.82	0.96	0.48	1	0.76	0.68	-0.71
W _{D2} /W _p	0.80	0.47	0.80	0.93	0.34	0.92	0.56	0.70	0.57	0.31	0.63	-0.08	0.76	1	0.97	-0.96
W _{D2} /E _I	0.77	0.47	0.76	0.87	0.34	0.89	0.55	0.63	0.50	0.26	0.56	-0.12	0.68	0.97	1	-0.99
W _p /E _I	-0.81	-0.53	-0.82	-0.84	-0.40	-0.90	-0.60	-0.67	-0.58	-0.33	-0.61	0.04	-0.71	-0.96	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.61	0.81	0.85	0.47	0.86	0.65	0.64	0.62	0.41	0.67	0.12	0.69	0.82	0.79	-0.83
DAP	0.61	1	0.57	0.60	0.95	0.62	0.98	0.30	0.32	0.13	0.30	-0.10	0.34	0.55	0.52	-0.55
Vel	0.81	0.57	1	0.81	0.40	0.93	0.64	0.64	0.64	0.39	0.67	0.10	0.69	0.84	0.80	-0.85
Ace	0.85	0.60	0.81	1	0.43	0.95	0.68	0.52	0.45	0.18	0.55	-0.13	0.59	0.92	0.91	-0.92
D _{techo}	0.47	0.95	0.40	0.43	1	0.45	0.90	0.17	0.20	0.05	0.17	-0.12	0.20	0.38	0.35	-0.39
F _{dam}	0.86	0.62	0.93	0.95	0.45	1	0.70	0.60	0.56	0.29	0.63	-0.02	0.67	0.94	0.92	-0.94
D _{dam}	0.65	0.98	0.64	0.68	0.90	0.70	1	0.32	0.32	0.11	0.32	-0.14	0.36	0.63	0.60	-0.63
E _I	0.64	0.30	0.64	0.52	0.17	0.60	0.32	1	0.98	0.92	0.97	0.73	0.99	0.62	0.59	-0.63
W _{D1}	0.62	0.32	0.64	0.45	0.20	0.56	0.32	0.98	1	0.94	0.97	0.78	0.97	0.55	0.51	-0.56
W _p	0.41	0.13	0.39	0.18	0.05	0.29	0.11	0.92	0.94	1	0.89	0.93	0.87	0.28	0.25	-0.29
E _{COL}	0.67	0.30	0.67	0.55	0.17	0.63	0.32	0.97	0.97	0.89	1	0.69	0.97	0.62	0.59	-0.62
E _{VIG}	0.12	-0.10	0.10	-0.13	-0.12	-0.02	-0.14	0.73	0.78	0.93	0.69	1	0.66	-0.02	-0.06	0.02
W _{D2}	0.69	0.34	0.69	0.59	0.20	0.67	0.36	0.99	0.97	0.87	0.97	0.66	1	0.69	0.66	-0.70
W _{D2} /W _p	0.82	0.55	0.84	0.92	0.38	0.94	0.63	0.62	0.55	0.28	0.62	-0.02	0.69	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.79	0.52	0.80	0.91	0.35	0.92	0.60	0.59	0.51	0.25	0.59	-0.06	0.66	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.83	-0.55	-0.85	-0.92	-0.39	-0.94	-0.63	-0.63	-0.56	-0.29	-0.62	0.02	-0.70	-1.00	-0.99	1

Tabla E35

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	5.12	0.06	3.03	66	0.82	480	0.18	2273	128	251	71	172	1893	6.96	0.80	0.14
Mediana	5.10	0.06	2.75	41	0.84	397	0.18	1995	116	250	65	165	1575	5.87	0.80	0.14
Max.	10.2	0.09	6.57	228	1.23	1421	0.27	7926	398	566	234	395	6957	16.1	0.90	0.25
Min.	1.60	0.02	0.89	7	0.28	109	0.06	318	19	78	5	69	221	2.72	0.68	0.06
Σ	2.04	0.02	1.36	59	0.23	323	0.05	1663	78	105	43	71	1509	3.50	0.06	0.06
cov	0.40	0.28	0.45	0.89	0.28	0.67	0.29	0.73	0.61	0.42	0.61	0.41	0.80	0.50	0.08	0.39
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
p-value	0.93	0.68	0.56	0.01	0.90	0.15	0.80	0.06	0.52	0.64	0.24	0.88	0.04	0.16	0.89	0.66
ksstat	0.07	0.09	0.10	0.21	0.07	0.14	0.08	0.17	0.10	0.09	0.13	0.07	0.18	0.14	0.07	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.63	-2.86	1.01	3.71	-0.18	5.98	-1.73	7.60	4.75	5.52	4.18	5.10	7.36	1.77	-0.22	-1.99
β	0.34	0.34	0.51	1.10	0.35	0.72	0.33	0.64	0.53	0.35	0.52	0.39	0.71	0.54	0.09	0.40

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.84	0.79	0.46	0.88	0.51	0.79	0.74	0.47	0.71	0.21	0.80	0.87	0.88	-0.88
DAP	0.50	1	0.47	0.32	0.99	0.43	1.00	0.23	0.24	0.09	0.15	-0.08	0.23	0.39	0.50	-0.52
Vel	0.84	0.47	1	0.75	0.43	0.93	0.50	0.77	0.73	0.43	0.68	0.17	0.78	0.87	0.86	-0.87
Ace	0.79	0.32	0.75	1	0.25	0.92	0.36	0.73	0.58	0.26	0.58	0.00	0.76	0.93	0.85	-0.81
D _{techo}	0.46	0.99	0.43	0.25	1	0.37	0.99	0.18	0.21	0.08	0.12	-0.08	0.18	0.34	0.46	-0.48
F _{dam}	0.88	0.43	0.93	0.92	0.37	1	0.46	0.83	0.73	0.39	0.69	0.10	0.85	0.97	0.90	-0.88
D _{dam}	0.51	1.00	0.50	0.36	0.99	0.46	1	0.24	0.24	0.07	0.15	-0.10	0.24	0.43	0.53	-0.55
E _I	0.79	0.23	0.77	0.73	0.18	0.83	0.24	1	0.96	0.77	0.96	0.55	1.00	0.85	0.75	-0.74
W _{D1}	0.74	0.24	0.73	0.58	0.21	0.73	0.24	0.96	1	0.89	0.98	0.70	0.95	0.74	0.68	-0.69
W _p	0.47	0.09	0.43	0.26	0.08	0.39	0.07	0.77	0.89	1	0.89	0.95	0.74	0.40	0.39	-0.42
E _{COL}	0.71	0.15	0.68	0.58	0.12	0.69	0.15	0.96	0.98	0.89	1	0.71	0.94	0.71	0.65	-0.66
E _{VIG}	0.21	-0.08	0.17	0.00	-0.08	0.10	-0.10	0.55	0.70	0.95	0.71	1	0.50	0.12	0.12	-0.16
W _{D2}	0.80	0.23	0.78	0.76	0.18	0.85	0.24	1.00	0.95	0.74	0.94	0.50	1	0.87	0.77	-0.75
W _{D2} /W _p	0.87	0.39	0.87	0.93	0.34	0.97	0.43	0.85	0.74	0.40	0.71	0.12	0.87	1	0.94	-0.91
W _{D2} /E _I	0.88	0.50	0.86	0.85	0.46	0.90	0.53	0.75	0.68	0.39	0.65	0.12	0.77	0.94	1	-1.00
W _p /E _I	-0.88	-0.52	-0.87	-0.81	-0.48	-0.88	-0.55	-0.74	-0.69	-0.42	-0.66	-0.16	-0.75	-0.91	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.52	0.85	0.88	0.49	0.89	0.53	0.77	0.70	0.45	0.65	0.21	0.79	0.89	0.89	-0.89
DAP	0.52	1	0.50	0.49	0.99	0.52	0.99	0.32	0.26	0.06	0.14	-0.13	0.35	0.49	0.49	-0.50
Vel	0.85	0.50	1	0.85	0.47	0.93	0.52	0.78	0.73	0.46	0.65	0.23	0.81	0.90	0.89	-0.91
Ace	0.88	0.49	0.85	1	0.46	0.96	0.53	0.71	0.60	0.30	0.56	0.04	0.75	0.95	0.96	-0.95
D _{techo}	0.49	0.99	0.47	0.46	1	0.48	0.99	0.29	0.24	0.04	0.12	-0.14	0.32	0.46	0.46	-0.46
F _{dam}	0.89	0.52	0.93	0.96	0.48	1	0.55	0.78	0.69	0.39	0.63	0.13	0.82	0.98	0.97	-0.98
D _{dam}	0.53	0.99	0.52	0.53	0.99	0.55	1	0.34	0.27	0.06	0.15	-0.14	0.37	0.53	0.53	-0.53
E _I	0.77	0.32	0.78	0.71	0.29	0.78	0.34	1	0.98	0.84	0.95	0.66	0.99	0.81	0.80	-0.81
W _{D1}	0.70	0.26	0.73	0.60	0.24	0.69	0.27	0.98	1	0.91	0.97	0.76	0.96	0.72	0.70	-0.72
W _p	0.45	0.06	0.46	0.30	0.04	0.39	0.06	0.84	0.91	1	0.93	0.95	0.80	0.42	0.40	-0.43
E _{COL}	0.65	0.14	0.65	0.56	0.12	0.63	0.15	0.95	0.97	0.93	1	0.80	0.93	0.65	0.64	-0.65
E _{VIG}	0.21	-0.13	0.23	0.04	-0.14	0.13	-0.14	0.66	0.76	0.95	0.80	1	0.61	0.16	0.14	-0.17
W _{D2}	0.79	0.35	0.81	0.75	0.32	0.82	0.37	0.99	0.96	0.80	0.93	0.61	1	0.85	0.83	-0.85
W _{D2} /W _p	0.89	0.49	0.90	0.95	0.46	0.98	0.53	0.81	0.72	0.42	0.65	0.16	0.85	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.89	0.49	0.89	0.96	0.46	0.97	0.53	0.80	0.70	0.40	0.64	0.14	0.83	1.00	1	-1.00
W _p /E _I	-0.89	-0.50	-0.91	-0.95	-0.46	-0.98	-0.53	-0.81	-0.72	-0.43	-0.65	-0.17	-0.85	-1.00	-1.00	1

Tabla E36

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.86	0.07	2.28	48	0.83	82	0.21	908	83	214	71	132	609	2.86	0.67	0.24
Mediana	3.80	0.07	2.08	30	0.83	79	0.22	878	73	198	56	120	579	2.67	0.67	0.25
Max.	8.00	0.12	4.75	164	1.30	120	0.36	1923	204	431	247	330	1313	4.64	0.78	0.30
Min.	1.60	0.02	0.78	8	0.30	56	0.07	251	15	64	6	52	172	2.03	0.61	0.17
Σ	1.33	0.02	0.83	39	0.22	16	0.06	409	44	93	51	59	278	0.52	0.03	0.03
cov	0.34	0.28	0.36	0.81	0.26	0.19	0.29	0.45	0.53	0.43	0.72	0.45	0.46	0.18	0.05	0.12
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.28	0.95	0.29	0.00	0.99	0.29	0.97	0.41	0.23	0.53	0.19	0.24	0.64	0.01	0.45	0.01
ksstat	0.12	0.06	0.12	0.24	0.05	0.12	0.06	0.11	0.13	0.10	0.14	0.13	0.09	0.20	0.11	0.20
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.34	-2.71	0.73	3.39	-0.18	4.36	-1.53	6.78	4.29	5.29	4.03	4.78	6.36	0.98	-0.41	-1.39
β	0.32	0.26	0.37	0.98	0.25	0.20	0.24	0.42	0.57	0.48	0.70	0.44	0.45	0.21	0.05	0.07

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.42	0.79	0.80	0.24	0.84	0.51	0.60	0.64	0.50	0.78	0.05	0.61	0.28	0.12	-0.37
DAP	0.42	1	0.46	0.27	0.95	0.39	0.98	0.23	0.32	0.27	0.35	0.01	0.19	-0.29	-0.40	0.22
Vel	0.79	0.46	1	0.73	0.24	0.91	0.57	0.56	0.64	0.47	0.76	0.02	0.56	0.24	0.06	-0.35
Ace	0.80	0.27	0.73	1	0.08	0.88	0.40	0.44	0.43	0.25	0.63	-0.21	0.50	0.58	0.46	-0.64
D _{techo}	0.24	0.95	0.24	0.08	1	0.17	0.89	0.12	0.20	0.20	0.16	0.06	0.08	-0.41	-0.49	0.37
F _{dam}	0.84	0.39	0.91	0.88	0.17	1	0.51	0.48	0.52	0.33	0.72	-0.16	0.51	0.44	0.28	-0.53
D _{dam}	0.51	0.98	0.57	0.40	0.89	0.51	1	0.26	0.35	0.27	0.41	-0.05	0.23	-0.18	-0.30	0.11
E _I	0.60	0.23	0.56	0.44	0.12	0.48	0.26	1	0.98	0.96	0.89	0.73	0.99	0.17	0.04	-0.27
W _{D1}	0.64	0.32	0.64	0.43	0.20	0.52	0.35	0.98	1	0.96	0.92	0.70	0.95	0.06	-0.10	-0.17
W _p	0.50	0.27	0.47	0.25	0.20	0.33	0.27	0.96	0.96	1	0.83	0.84	0.93	-0.07	-0.19	-0.04
E _{COL}	0.78	0.35	0.76	0.63	0.16	0.72	0.41	0.89	0.92	0.83	1	0.40	0.88	0.17	0.01	-0.27
E _{VIG}	0.05	0.01	0.02	-0.21	0.06	-0.16	-0.05	0.73	0.70	0.84	0.40	1	0.68	-0.25	-0.29	0.19
W _{D2}	0.61	0.19	0.56	0.50	0.08	0.51	0.23	0.99	0.95	0.93	0.88	0.68	1	0.27	0.14	-0.37
W _{D2} /W _p	0.28	-0.29	0.24	0.58	-0.41	0.44	-0.18	0.17	0.06	-0.07	0.17	-0.25	0.27	1	0.97	-0.98
W _{D2} /E _I	0.12	-0.40	0.06	0.46	-0.49	0.28	-0.30	0.04	-0.10	-0.19	0.01	-0.29	0.14	0.97	1	-0.94
W _p /E _I	-0.37	0.22	-0.35	-0.64	0.37	-0.53	0.11	-0.27	-0.17	-0.04	-0.27	0.19	-0.37	-0.98	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.33	0.77	0.80	0.18	0.80	0.42	0.54	0.59	0.45	0.72	0.11	0.54	0.27	0.12	-0.37
DAP	0.33	1	0.36	0.25	0.95	0.29	0.97	0.17	0.27	0.21	0.23	0.03	0.13	-0.21	-0.31	0.14
Vel	0.77	0.36	1	0.77	0.16	0.89	0.48	0.50	0.57	0.41	0.69	0.06	0.51	0.24	0.07	-0.37
Ace	0.80	0.25	0.77	1	0.08	0.95	0.37	0.33	0.34	0.17	0.57	-0.19	0.36	0.53	0.40	-0.59
D _{techo}	0.18	0.95	0.16	0.08	1	0.09	0.88	0.09	0.17	0.15	0.11	0.07	0.03	-0.33	-0.41	0.30
F _{dam}	0.80	0.29	0.89	0.95	0.09	1	0.41	0.39	0.43	0.26	0.63	-0.12	0.42	0.44	0.28	-0.53
D _{dam}	0.42	0.97	0.48	0.37	0.88	0.41	1	0.20	0.29	0.21	0.28	-0.02	0.16	-0.11	-0.23	0.04
E _I	0.54	0.17	0.50	0.33	0.09	0.39	0.20	1	0.98	0.97	0.91	0.81	0.99	0.21	0.07	-0.33
W _{D1}	0.59	0.27	0.57	0.34	0.17	0.43	0.29	0.98	1	0.97	0.93	0.80	0.96	0.10	-0.08	-0.22
W _p	0.45	0.21	0.41	0.17	0.15	0.26	0.21	0.97	0.97	1	0.87	0.90	0.94	-0.02	-0.16	-0.09
E _{COL}	0.72	0.23	0.69	0.57	0.11	0.63	0.28	0.91	0.93	0.87	1	0.62	0.90	0.17	0.00	-0.30
E _{VIG}	0.11	0.03	0.06	-0.19	0.07	-0.12	-0.02	0.81	0.80	0.90	0.62	1	0.77	-0.20	-0.28	0.12
W _{D2}	0.54	0.13	0.51	0.36	0.03	0.42	0.16	0.99	0.96	0.94	0.90	0.77	1	0.30	0.15	-0.41
W _{D2} /W _p	0.27	-0.21	0.24	0.53	-0.33	0.44	-0.11	0.21	0.10	-0.02	0.17	-0.20	0.30	1	0.96	-0.98
W _{D2} /E _I	0.12	-0.31	0.07	0.40	-0.41	0.28	-0.23	0.07	-0.08	-0.16	0.00	-0.28	0.15	0.96	1	-0.90
W _p /E _I	-0.37	0.14	-0.37	-0.59	0.30	-0.53	0.04	-0.33	-0.22	-0.09	-0.30	0.12	-0.41	-0.98	-0.90	1

Tabla E37

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.37	0.07	2.55	54	0.83	157	0.21	1272	100	228	75	143	942	4.06	0.73	0.19
Mediana	4.20	0.07	2.31	35	0.84	149	0.22	1193	90	223	61	127	894	3.83	0.73	0.19
Max.	9.00	0.10	5.28	186	1.32	289	0.36	3115	261	497	285	341	2343	6.36	0.80	0.25
Min.	1.60	0.03	0.88	9	0.34	78	0.08	314	18	74	9	55	222	2.71	0.67	0.13
Σ	1.54	0.02	0.95	44	0.19	53	0.06	631	54	95	53	61	491	0.93	0.03	0.03
cov	0.35	0.25	0.37	0.82	0.23	0.33	0.28	0.50	0.54	0.42	0.71	0.43	0.52	0.23	0.05	0.17
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.64	0.78	0.40	0.01	0.73	0.39	0.87	0.60	0.21	0.51	0.29	0.26	0.64	0.01	0.13	0.48
ksstat	0.09	0.08	0.11	0.20	0.09	0.11	0.07	0.10	0.13	0.10	0.12	0.13	0.09	0.20	0.15	0.11
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.44	-2.71	0.84	3.57	-0.17	5.01	-1.53	7.08	4.49	5.41	4.12	4.85	6.80	1.34	-0.32	-1.66
β	0.33	0.21	0.39	0.93	0.18	0.35	0.24	0.46	0.53	0.37	0.66	0.45	0.48	0.25	0.05	0.15

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.80	0.80	0.34	0.86	0.56	0.68	0.66	0.47	0.75	0.04	0.70	0.67	0.58	-0.70
DAP	0.50	1	0.51	0.41	0.95	0.53	0.98	0.22	0.27	0.10	0.34	-0.23	0.23	0.27	0.19	-0.31
Vel	0.80	0.51	1	0.74	0.31	0.92	0.58	0.63	0.66	0.44	0.73	0.00	0.65	0.66	0.54	-0.70
Ace	0.80	0.41	0.74	1	0.23	0.90	0.51	0.57	0.48	0.25	0.62	-0.20	0.63	0.88	0.80	-0.83
D _{techo}	0.34	0.95	0.31	0.23	1	0.33	0.89	0.06	0.11	0.00	0.15	-0.22	0.06	0.09	0.02	-0.13
F _{dam}	0.86	0.53	0.92	0.90	0.33	1	0.61	0.62	0.59	0.35	0.71	-0.14	0.66	0.82	0.74	-0.84
D _{dam}	0.56	0.98	0.58	0.51	0.89	0.61	1	0.26	0.29	0.10	0.38	-0.27	0.28	0.39	0.30	-0.42
E _I	0.68	0.22	0.63	0.57	0.06	0.62	0.26	1	0.98	0.92	0.95	0.62	1.00	0.55	0.44	-0.57
W _{D1}	0.66	0.27	0.66	0.48	0.11	0.59	0.29	0.98	1	0.95	0.95	0.65	0.96	0.43	0.31	-0.47
W _p	0.47	0.10	0.44	0.25	0.00	0.35	0.10	0.92	0.95	1	0.84	0.85	0.88	0.21	0.11	-0.26
E _{COL}	0.75	0.34	0.73	0.62	0.15	0.71	0.38	0.95	0.95	0.84	1	0.44	0.94	0.53	0.41	-0.55
E _{VIG}	0.04	-0.23	0.00	-0.20	-0.22	-0.14	-0.27	0.62	0.65	0.85	0.44	1	0.55	-0.17	-0.22	0.12
W _{D2}	0.70	0.23	0.65	0.63	0.06	0.66	0.28	1.00	0.96	0.88	0.94	0.55	1	0.61	0.51	-0.62
W _{D2} /W _p	0.67	0.27	0.66	0.88	0.09	0.82	0.39	0.55	0.43	0.21	0.53	-0.17	0.61	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.58	0.19	0.54	0.80	0.02	0.74	0.30	0.44	0.31	0.11	0.41	-0.22	0.51	0.98	1	-0.96
W _p /E _I	-0.70	-0.31	-0.70	-0.83	-0.13	-0.84	-0.42	-0.57	-0.47	-0.26	-0.55	0.12	-0.62	-0.98	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.78	0.83	0.33	0.83	0.50	0.59	0.60	0.42	0.69	0.10	0.61	0.67	0.58	-0.71
DAP	0.44	1	0.48	0.45	0.95	0.51	0.96	0.06	0.11	-0.01	0.15	-0.24	0.05	0.24	0.16	-0.27
Vel	0.78	0.48	1	0.80	0.29	0.92	0.58	0.57	0.58	0.39	0.66	0.05	0.58	0.70	0.57	-0.74
Ace	0.83	0.45	0.80	1	0.28	0.95	0.55	0.45	0.40	0.18	0.57	-0.17	0.48	0.83	0.78	-0.84
D _{techo}	0.33	0.95	0.29	0.28	1	0.32	0.87	-0.04	0.02	-0.06	0.05	-0.22	-0.06	0.06	0.01	-0.09
F _{dam}	0.83	0.51	0.92	0.95	0.32	1	0.62	0.52	0.50	0.28	0.63	-0.08	0.55	0.82	0.74	-0.85
D _{dam}	0.50	0.96	0.58	0.55	0.87	0.62	1	0.09	0.13	-0.02	0.19	-0.30	0.09	0.36	0.28	-0.39
E _I	0.59	0.06	0.57	0.45	-0.04	0.52	0.09	1	0.98	0.93	0.95	0.75	1.00	0.49	0.41	-0.51
W _{D1}	0.60	0.11	0.58	0.40	0.02	0.50	0.13	0.98	1	0.96	0.95	0.78	0.96	0.40	0.29	-0.43
W _p	0.42	-0.01	0.39	0.18	-0.06	0.28	-0.02	0.93	0.96	1	0.88	0.91	0.91	0.18	0.09	-0.21
E _{COL}	0.69	0.15	0.66	0.57	0.05	0.63	0.19	0.95	0.95	0.88	1	0.64	0.94	0.50	0.40	-0.54
E _{VIG}	0.10	-0.24	0.05	-0.17	-0.22	-0.08	-0.30	0.75	0.78	0.91	0.64	1	0.72	-0.12	-0.17	0.10
W _{D2}	0.61	0.05	0.58	0.48	-0.06	0.55	0.09	1.00	0.96	0.91	0.94	0.72	1	0.53	0.45	-0.55
W _{D2} /W _p	0.67	0.24	0.70	0.83	0.06	0.82	0.36	0.49	0.40	0.18	0.50	-0.12	0.53	1	0.97	-1.00
W _{D2} /E _I	0.58	0.16	0.57	0.78	0.01	0.74	0.28	0.41	0.29	0.09	0.40	-0.17	0.45	0.97	1	-0.96
W _p /E _I	-0.71	-0.27	-0.74	-0.84	-0.09	-0.85	-0.39	-0.51	-0.43	-0.21	-0.54	0.10	-0.55	-1.00	-0.96	1

Tabla E38

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.93	0.06	2.87	61	0.84	302	0.19	1865	119	240	75	156	1504	5.97	0.79	0.14
Mediana	4.70	0.07	2.64	40	0.87	267	0.20	1579	105	238	66	147	1251	5.46	0.79	0.14
Max.	9.80	0.09	5.93	208	1.18	695	0.28	5487	350	561	286	376	4573	10.7	0.86	0.21
Min.	1.80	0.02	0.87	8	0.32	107	0.07	322	17	67	7	60	237	3.40	0.72	0.08
Σ	1.83	0.02	1.16	52	0.20	146	0.05	1115	68	102	51	66	963	2.02	0.04	0.04
cov	0.37	0.25	0.40	0.85	0.24	0.48	0.27	0.60	0.58	0.42	0.67	0.42	0.64	0.34	0.05	0.26
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.90	0.37	0.41	0.02	0.53	0.27	0.50	0.22	0.44	0.72	0.21	0.43	0.10	0.13	0.60	0.91
ksstat	0.07	0.12	0.11	0.20	0.10	0.13	0.10	0.13	0.11	0.09	0.13	0.11	0.16	0.15	0.10	0.07
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.55	-2.73	0.97	3.70	-0.14	5.59	-1.59	7.36	4.66	5.47	4.18	4.99	7.13	1.70	-0.24	-1.94
β	0.36	0.38	0.43	0.97	0.35	0.53	0.41	0.58	0.55	0.35	0.58	0.40	0.63	0.37	0.05	0.28

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.52	0.82	0.80	0.41	0.87	0.56	0.74	0.70	0.46	0.72	0.11	0.76	0.82	0.80	-0.83
DAP	0.52	1	0.49	0.40	0.98	0.51	0.98	0.28	0.28	0.13	0.21	-0.10	0.29	0.45	0.48	-0.53
Vel	0.82	0.49	1	0.75	0.36	0.93	0.56	0.71	0.70	0.42	0.70	0.07	0.73	0.82	0.78	-0.83
Ace	0.80	0.40	0.75	1	0.26	0.91	0.48	0.68	0.56	0.27	0.61	-0.10	0.72	0.93	0.88	-0.84
D _{techo}	0.41	0.98	0.36	0.26	1	0.36	0.94	0.16	0.17	0.07	0.10	-0.10	0.17	0.31	0.35	-0.41
F _{dam}	0.87	0.51	0.93	0.91	0.36	1	0.58	0.75	0.68	0.38	0.71	-0.02	0.78	0.94	0.90	-0.91
D _{dam}	0.56	0.98	0.56	0.48	0.94	0.58	1	0.31	0.29	0.11	0.23	-0.14	0.33	0.54	0.56	-0.60
E _I	0.74	0.28	0.71	0.68	0.16	0.75	0.31	1	0.98	0.85	0.97	0.56	1.00	0.74	0.67	-0.70
W _{D1}	0.70	0.28	0.70	0.56	0.17	0.68	0.29	0.98	1	0.91	0.97	0.66	0.96	0.64	0.58	-0.63
W _p	0.46	0.13	0.42	0.27	0.07	0.38	0.11	0.85	0.91	1	0.86	0.90	0.82	0.34	0.30	-0.35
E _{COL}	0.72	0.21	0.70	0.61	0.10	0.71	0.23	0.97	0.97	0.86	1	0.57	0.96	0.65	0.59	-0.62
E _{VIG}	0.11	-0.10	0.07	-0.10	-0.10	-0.02	-0.14	0.56	0.66	0.90	0.57	1	0.51	-0.04	-0.06	0.00
W _{D2}	0.76	0.29	0.73	0.72	0.17	0.78	0.33	1.00	0.96	0.82	0.96	0.51	1	0.78	0.71	-0.72
W _{D2} /W _p	0.82	0.45	0.82	0.93	0.31	0.94	0.54	0.74	0.64	0.34	0.65	-0.04	0.78	1	0.97	-0.96
W _{D2} /E _I	0.80	0.48	0.78	0.88	0.35	0.90	0.56	0.67	0.58	0.30	0.59	-0.06	0.71	0.97	1	-0.99
W _p /E _I	-0.83	-0.53	-0.83	-0.84	-0.41	-0.91	-0.60	-0.70	-0.63	-0.35	-0.62	0.00	-0.72	-0.96	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.82	0.86	0.38	0.87	0.55	0.67	0.65	0.42	0.66	0.11	0.71	0.84	0.81	-0.85
DAP	0.50	1	0.46	0.49	0.97	0.52	0.98	0.21	0.20	0.02	0.12	-0.21	0.24	0.51	0.48	-0.51
Vel	0.82	0.46	1	0.83	0.33	0.93	0.55	0.66	0.66	0.41	0.66	0.10	0.69	0.87	0.82	-0.88
Ace	0.86	0.49	0.83	1	0.35	0.96	0.57	0.58	0.52	0.24	0.57	-0.09	0.62	0.93	0.92	-0.93
D _{techo}	0.38	0.97	0.33	0.35	1	0.38	0.92	0.12	0.12	-0.02	0.05	-0.20	0.16	0.38	0.36	-0.38
F _{dam}	0.87	0.52	0.93	0.96	0.38	1	0.61	0.66	0.62	0.34	0.64	0.01	0.70	0.96	0.93	-0.96
D _{dam}	0.55	0.98	0.55	0.57	0.92	0.61	1	0.24	0.22	0.01	0.16	-0.24	0.28	0.60	0.57	-0.60
E _I	0.67	0.21	0.66	0.58	0.12	0.66	0.24	1	0.98	0.91	0.97	0.70	1.00	0.65	0.62	-0.66
W _{D1}	0.65	0.20	0.66	0.52	0.12	0.62	0.22	0.98	1	0.93	0.97	0.75	0.97	0.59	0.56	-0.61
W _p	0.42	0.02	0.41	0.24	-0.02	0.34	0.01	0.91	0.93	1	0.90	0.92	0.87	0.31	0.27	-0.32
E _{COL}	0.66	0.12	0.66	0.57	0.05	0.64	0.16	0.97	0.97	0.90	1	0.71	0.96	0.61	0.57	-0.62
E _{VIG}	0.11	-0.21	0.10	-0.09	-0.20	0.01	-0.24	0.70	0.75	0.92	0.71	1	0.66	-0.02	-0.05	0.01
W _{D2}	0.71	0.24	0.69	0.62	0.16	0.70	0.28	1.00	0.97	0.87	0.96	0.66	1	0.70	0.67	-0.71
W _{D2} /W _p	0.84	0.51	0.87	0.93	0.38	0.96	0.60	0.65	0.59	0.31	0.61	-0.02	0.70	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.81	0.48	0.82	0.92	0.36	0.93	0.57	0.62	0.56	0.27	0.57	-0.05	0.67	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.51	-0.88	-0.93	-0.38	-0.96	-0.60	-0.66	-0.61	-0.32	-0.62	0.01	-0.71	-1.00	-0.99	1

Tabla E39

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	5.68	0.05	3.36	75	0.73	684	0.15	3186	144	254	72	181	2784	10.2	0.85	0.10
Mediana	5.80	0.05	3.18	50	0.71	555	0.14	2893	140	256	68	179	2503	8.89	0.85	0.10
Max.	10.6	0.08	7.03	241	1.23	1960	0.26	10854	448	554	208	396	9841	21.8	0.92	0.18
Min.	1.80	0.02	1.04	8	0.29	159	0.06	400	19	71	7	63	310	4.20	0.77	0.04
Σ	2.14	0.01	1.50	65	0.20	438	0.04	2220	85	105	40	72	2055	4.62	0.04	0.04
cov	0.38	0.27	0.45	0.87	0.28	0.64	0.27	0.70	0.59	0.41	0.55	0.40	0.74	0.45	0.05	0.39
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.89	0.70	0.54	0.01	0.82	0.15	0.74	0.13	0.63	0.93	0.85	0.67	0.07	0.27	0.80	0.72
ksstat	0.07	0.09	0.10	0.21	0.08	0.14	0.09	0.15	0.09	0.07	0.08	0.09	0.16	0.13	0.08	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.76	-3.04	1.16	3.91	-0.34	6.32	-1.93	7.97	4.94	5.55	4.22	5.19	7.83	2.19	-0.16	-2.35
β	0.31	0.26	0.48	1.03	0.27	0.71	0.27	0.58	0.47	0.33	0.47	0.34	0.61	0.49	0.06	0.41

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.38	0.82	0.77	0.35	0.86	0.44	0.77	0.73	0.46	0.69	0.28	0.77	0.86	0.88	-0.88
DAP	0.38	1	0.35	0.17	0.99	0.28	0.99	0.13	0.17	0.08	0.09	0.00	0.13	0.24	0.33	-0.36
Vel	0.82	0.35	1	0.73	0.33	0.93	0.41	0.77	0.75	0.43	0.67	0.25	0.78	0.88	0.86	-0.87
Ace	0.77	0.17	0.73	1	0.11	0.91	0.26	0.72	0.59	0.27	0.57	0.07	0.74	0.92	0.84	-0.80
D _{techo}	0.35	0.99	0.33	0.11	1	0.23	0.97	0.09	0.15	0.08	0.07	0.00	0.09	0.20	0.31	-0.34
F _{dam}	0.86	0.28	0.93	0.91	0.23	1	0.36	0.82	0.74	0.39	0.68	0.18	0.84	0.97	0.90	-0.88
D _{dam}	0.44	0.99	0.41	0.26	0.97	0.36	1	0.21	0.24	0.11	0.14	0.01	0.21	0.33	0.40	-0.42
E _I	0.77	0.13	0.77	0.72	0.09	0.82	0.21	1	0.97	0.78	0.95	0.62	1.00	0.85	0.76	-0.75
W _{D1}	0.73	0.17	0.75	0.59	0.15	0.74	0.24	0.97	1	0.88	0.98	0.75	0.96	0.76	0.71	-0.72
W _p	0.46	0.08	0.43	0.27	0.08	0.39	0.11	0.78	0.88	1	0.91	0.97	0.76	0.42	0.41	-0.43
E _{COL}	0.69	0.09	0.67	0.57	0.07	0.68	0.14	0.95	0.98	0.91	1	0.79	0.94	0.71	0.67	-0.67
E _{VIG}	0.28	0.00	0.25	0.07	0.00	0.18	0.01	0.62	0.75	0.97	0.79	1	0.59	0.21	0.22	-0.25
W _{D2}	0.77	0.13	0.78	0.74	0.09	0.84	0.21	1.00	0.96	0.76	0.94	0.59	1	0.86	0.77	-0.76
W _{D2} /W _p	0.86	0.24	0.88	0.92	0.20	0.97	0.33	0.85	0.76	0.42	0.71	0.21	0.86	1	0.95	-0.92
W _{D2} /E _I	0.88	0.33	0.86	0.84	0.31	0.90	0.40	0.76	0.71	0.41	0.67	0.22	0.77	0.95	1	-1.00
W _p /E _I	-0.88	-0.36	-0.87	-0.80	-0.34	-0.88	-0.42	-0.75	-0.72	-0.43	-0.67	-0.25	-0.76	-0.92	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.83	0.87	0.39	0.88	0.50	0.76	0.69	0.44	0.64	0.28	0.77	0.88	0.88	1
DAP	0.44	1	0.44	0.39	0.99	0.44	0.98	0.27	0.23	0.07	0.12	-0.04	0.28	0.41	0.40	0.44
Vel	0.83	0.44	1	0.84	0.40	0.95	0.51	0.78	0.73	0.45	0.64	0.29	0.80	0.91	0.90	0.83
Ace	0.87	0.39	0.84	1	0.32	0.95	0.48	0.72	0.61	0.30	0.56	0.11	0.74	0.94	0.95	0.87
D _{techo}	0.39	0.99	0.40	0.32	1	0.37	0.96	0.22	0.19	0.05	0.08	-0.05	0.23	0.35	0.34	0.39
F _{dam}	0.88	0.44	0.95	0.95	0.37	1	0.51	0.80	0.71	0.40	0.63	0.22	0.82	0.97	0.97	0.88
D _{dam}	0.50	0.98	0.51	0.48	0.96	0.51	1	0.33	0.28	0.10	0.16	-0.03	0.34	0.50	0.48	0.50
E _I	0.76	0.27	0.78	0.72	0.22	0.80	0.33	1	0.97	0.84	0.95	0.70	1.00	0.82	0.81	0.76
W _{D1}	0.69	0.23	0.73	0.61	0.19	0.71	0.28	0.97	1	0.91	0.97	0.79	0.97	0.73	0.72	0.69
W _p	0.44	0.07	0.45	0.30	0.05	0.40	0.10	0.84	0.91	1	0.93	0.97	0.81	0.43	0.42	0.44
E _{COL}	0.64	0.12	0.64	0.56	0.08	0.63	0.16	0.95	0.97	0.93	1	0.84	0.94	0.65	0.65	0.64
E _{VIG}	0.28	-0.04	0.29	0.11	-0.05	0.22	-0.03	0.70	0.79	0.97	0.84	1	0.67	0.24	0.22	0.28
W _{D2}	0.77	0.28	0.80	0.74	0.23	0.82	0.34	1.00	0.97	0.81	0.94	0.67	1	0.84	0.84	0.77
W _{D2} /W _p	0.88	0.41	0.91	0.94	0.35	0.97	0.50	0.82	0.73	0.43	0.65	0.24	0.84	1	1.00	0.88
W _{D2} /E _I	0.88	0.40	0.90	0.95	0.34	0.97	0.48	0.81	0.72	0.42	0.65	0.22	0.84	1.00	1	0.88
W _p /E _I	-0.88	-0.41	-0.91	-0.94	-0.35	-0.97	-0.50	-0.82	-0.73	-0.43	-0.66	-0.24	-0.84	-1.00	-1.00	-0.88

Tabla E40

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.05	0.07	2.37	50	0.83	100	0.22	1051	89	215	74	131	743	3.45	0.71	0.21
Mediana	4.00	0.07	2.16	31	0.86	95	0.22	1044	76	200	53	116	721	3.26	0.70	0.22
Max.	8.40	0.11	4.89	172	1.26	146	0.35	2189	214	452	273	327	1581	4.76	0.77	0.27
Min.	1.60	0.03	0.87	8	0.35	68	0.08	256	18	58	8	41	180	2.40	0.65	0.16
Σ	1.41	0.02	0.87	40	0.21	20	0.07	489	50	96	54	59	349	0.58	0.03	0.02
cov	0.35	0.28	0.37	0.80	0.26	0.20	0.30	0.47	0.56	0.45	0.73	0.45	0.47	0.17	0.04	0.12
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
p-value	0.29	0.98	0.43	0.00	0.78	0.29	0.99	0.42	0.09	0.28	0.07	0.17	0.61	0.00	0.46	0.05
ksstat	0.12	0.06	0.11	0.22	0.08	0.12	0.05	0.11	0.16	0.12	0.17	0.14	0.10	0.22	0.11	0.17
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.39	-2.65	0.77	3.42	-0.15	4.55	-1.52	6.95	4.33	5.30	3.97	4.75	6.58	1.18	-0.35	-1.53
β	0.32	0.24	0.38	0.99	0.21	0.21	0.29	0.40	0.60	0.47	0.75	0.45	0.43	0.20	0.04	0.08

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.46	0.80	0.79	0.28	0.85	0.54	0.63	0.67	0.53	0.79	0.09	0.64	0.35	0.13	-0.43
DAP	0.46	1	0.52	0.27	0.94	0.48	0.97	0.38	0.46	0.40	0.47	0.11	0.35	-0.10	-0.28	0.04
Vel	0.80	0.52	1	0.73	0.28	0.91	0.63	0.58	0.67	0.50	0.77	0.03	0.58	0.33	0.07	-0.42
Ace	0.79	0.27	0.73	1	0.07	0.88	0.39	0.45	0.43	0.26	0.62	-0.20	0.49	0.66	0.48	-0.68
D _{techo}	0.28	0.94	0.28	0.07	1	0.24	0.87	0.26	0.32	0.31	0.26	0.17	0.22	-0.25	-0.38	0.20
F _{dam}	0.85	0.48	0.91	0.88	0.24	1	0.59	0.51	0.55	0.36	0.73	-0.14	0.53	0.53	0.30	-0.59
D _{dam}	0.54	0.97	0.63	0.39	0.87	0.59	1	0.42	0.49	0.39	0.53	0.04	0.40	0.03	-0.16	-0.10
E _I	0.63	0.38	0.58	0.45	0.26	0.51	0.42	1	0.97	0.96	0.88	0.73	1.00	0.25	0.07	-0.34
W _{D1}	0.67	0.46	0.67	0.43	0.32	0.55	0.49	0.97	1	0.96	0.92	0.69	0.95	0.13	-0.08	-0.24
W _p	0.53	0.40	0.50	0.26	0.31	0.36	0.39	0.96	0.96	1	0.83	0.84	0.94	0.01	-0.16	-0.10
E _{COL}	0.79	0.47	0.77	0.62	0.26	0.73	0.53	0.88	0.92	0.83	1	0.41	0.88	0.22	0.01	-0.31
E _{VIG}	0.09	0.11	0.03	-0.20	0.17	-0.14	0.04	0.73	0.69	0.84	0.41	1	0.69	-0.21	-0.27	0.14
W _{D2}	0.64	0.35	0.58	0.49	0.22	0.53	0.40	1.00	0.95	0.94	0.88	0.69	1	0.33	0.15	-0.41
W _{D2} /W _p	0.35	-0.10	0.33	0.66	-0.25	0.53	0.03	0.25	0.13	0.01	0.22	-0.21	0.33	1	0.95	-0.99
W _{D2} /E _I	0.13	-0.28	0.07	0.48	-0.38	0.30	-0.16	0.07	-0.08	-0.16	0.01	-0.27	0.15	0.95	1	-0.92
W _p /E _I	-0.43	0.04	-0.42	-0.68	0.20	-0.59	-0.10	-0.34	-0.24	-0.10	-0.31	0.14	-0.41	-0.99	-0.92	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.42	0.77	0.79	0.23	0.81	0.49	0.61	0.66	0.53	0.79	0.20	0.61	0.34	0.12	-0.45
DAP	0.42	1	0.52	0.31	0.94	0.43	0.98	0.35	0.42	0.38	0.42	0.11	0.32	-0.09	-0.29	0.01
Vel	0.77	0.52	1	0.78	0.29	0.91	0.59	0.53	0.62	0.45	0.72	0.09	0.54	0.30	0.05	-0.42
Ace	0.79	0.31	0.78	1	0.11	0.93	0.42	0.35	0.38	0.20	0.60	-0.18	0.38	0.55	0.39	-0.61
D _{techo}	0.23	0.94	0.29	0.11	1	0.19	0.87	0.24	0.31	0.31	0.26	0.16	0.20	-0.22	-0.38	0.17
F _{dam}	0.81	0.43	0.91	0.93	0.19	1	0.52	0.45	0.50	0.32	0.68	-0.07	0.47	0.48	0.26	-0.57
D _{dam}	0.49	0.98	0.59	0.42	0.87	0.52	1	0.35	0.42	0.36	0.45	0.04	0.33	0.03	-0.17	-0.10
E _I	0.61	0.35	0.53	0.35	0.24	0.45	0.35	1	0.98	0.96	0.91	0.80	0.99	0.29	0.07	-0.39
W _{D1}	0.66	0.42	0.62	0.38	0.31	0.50	0.42	0.98	1	0.96	0.94	0.78	0.96	0.19	-0.06	-0.31
W _p	0.53	0.38	0.45	0.20	0.31	0.32	0.36	0.96	0.96	1	0.87	0.89	0.94	0.05	-0.16	-0.15
E _{COL}	0.79	0.42	0.72	0.60	0.26	0.68	0.45	0.91	0.94	0.87	1	0.61	0.91	0.27	0.02	-0.40
E _{VIG}	0.20	0.11	0.09	-0.18	0.16	-0.07	0.04	0.80	0.78	0.89	0.61	1	0.77	-0.13	-0.26	0.06
W _{D2}	0.61	0.32	0.54	0.38	0.20	0.47	0.33	0.99	0.96	0.94	0.91	0.77	1	0.37	0.15	-0.46
W _{D2} /W _p	0.34	-0.09	0.30	0.55	-0.22	0.48	0.03	0.29	0.19	0.05	0.27	-0.13	0.37	1	0.93	-0.98
W _{D2} /E _I	0.12	-0.29	0.05	0.39	-0.38	0.26	-0.17	0.07	-0.06	-0.16	0.02	-0.26	0.15	0.93	1	-0.86
W _p /E _I	-0.45	0.01	-0.42	-0.61	0.17	-0.57	-0.10	-0.39	-0.31	-0.15	-0.40	0.06	-0.46	-0.98	-0.86	1

Tabla E41

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.64	0.07	2.65	56	0.87	197	0.22	1537	109	227	78	143	1197	5.49	0.78	0.15
Mediana	4.40	0.07	2.46	35	0.84	181	0.22	1395	93	220	65	127	1065	4.89	0.77	0.16
Max.	9.40	0.21	5.52	194	2.55	366	0.75	4107	319	538	315	358	3233	24.4	0.92	0.21
Min.	0.70	0.01	0.66	9	0.07	100	0.02	55	2	2	0	3	50	3.35	0.72	0.04
Σ	1.75	0.03	1.05	47	0.33	68	0.10	832	63	103	56	64	670	2.78	0.04	0.03
cov	0.38	0.39	0.40	0.84	0.37	0.35	0.44	0.54	0.58	0.45	0.73	0.45	0.56	0.51	0.05	0.21
h-value	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
p-value	0.89	0.03	0.35	0.01	0.18	0.46	0.03	0.66	0.47	0.81	0.33	0.28	0.43	0.00	0.10	0.35
ksstat	0.07	0.18	0.12	0.21	0.14	0.11	0.18	0.09	0.11	0.08	0.12	0.13	0.11	0.22	0.15	0.12
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.48	-2.68	0.90	3.54	-0.17	5.20	-1.50	7.24	4.53	5.39	4.17	4.85	6.97	1.59	-0.27	-1.85
β	0.35	0.24	0.40	1.00	0.24	0.37	0.28	0.51	0.58	0.40	0.66	0.44	0.54	0.27	0.04	0.18

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.47	0.84	0.79	0.35	0.88	0.52	0.72	0.71	0.54	0.75	0.15	0.74	0.02	0.32	-0.48
DAP	0.47	1	0.47	0.28	0.97	0.45	0.98	0.31	0.34	0.25	0.33	0.05	0.30	-0.26	-0.08	-0.06
Vel	0.84	0.47	1	0.74	0.32	0.93	0.54	0.69	0.72	0.52	0.76	0.11	0.70	0.05	0.29	-0.47
Ace	0.79	0.28	0.74	1	0.14	0.90	0.36	0.62	0.55	0.31	0.64	-0.11	0.66	0.28	0.60	-0.67
D _{techo}	0.35	0.97	0.32	0.14	1	0.30	0.92	0.19	0.22	0.18	0.19	0.06	0.18	-0.34	-0.21	0.08
F _{dam}	0.88	0.45	0.93	0.90	0.30	1	0.53	0.68	0.66	0.43	0.75	-0.03	0.71	0.18	0.49	-0.63
D _{dam}	0.52	0.98	0.54	0.36	0.92	0.53	1	0.36	0.38	0.25	0.39	0.00	0.35	-0.18	0.03	-0.17
E _I	0.72	0.31	0.69	0.62	0.19	0.68	0.36	1	0.98	0.92	0.95	0.63	1.00	0.04	0.28	-0.41
W _{D1}	0.71	0.34	0.72	0.55	0.22	0.66	0.38	0.98	1	0.94	0.95	0.66	0.97	0.01	0.19	-0.35
W _p	0.54	0.25	0.52	0.31	0.18	0.43	0.25	0.92	0.94	1	0.85	0.86	0.89	-0.15	-0.02	-0.12
E _{COL}	0.75	0.33	0.76	0.64	0.19	0.75	0.39	0.95	0.95	0.85	1	0.48	0.94	0.08	0.27	-0.41
E _{VIG}	0.15	0.05	0.11	-0.11	0.06	-0.03	0.00	0.63	0.66	0.86	0.48	1	0.59	-0.31	-0.29	0.20
W _{D2}	0.74	0.30	0.70	0.66	0.18	0.71	0.35	1.00	0.97	0.89	0.94	0.59	1	0.07	0.32	-0.45
W _{D2} /W _p	0.02	-0.26	0.05	0.28	-0.34	0.18	-0.18	0.04	0.01	-0.15	0.08	-0.31	0.07	1	0.85	-0.80
W _{D2} /E _I	0.32	-0.08	0.29	0.60	-0.21	0.49	0.03	0.28	0.19	-0.02	0.27	-0.29	0.32	0.85	1	-0.97
W _p /E _I	-0.48	-0.06	-0.47	-0.67	0.08	-0.63	-0.17	-0.41	-0.35	-0.12	-0.41	0.20	-0.45	-0.80	-0.97	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.40	0.81	0.84	0.27	0.86	0.49	0.59	0.64	0.48	0.68	0.14	0.65	0.59	0.51	-0.61
DAP	0.40	1	0.46	0.36	0.96	0.46	0.97	0.26	0.27	0.11	0.24	-0.01	0.22	0.29	0.21	-0.31
Vel	0.81	0.46	1	0.82	0.28	0.93	0.58	0.61	0.66	0.46	0.71	0.14	0.64	0.59	0.47	-0.63
Ace	0.84	0.36	0.82	1	0.20	0.95	0.49	0.47	0.48	0.26	0.60	-0.09	0.53	0.72	0.68	-0.73
D _{techo}	0.27	0.96	0.28	0.20	1	0.29	0.88	0.17	0.17	0.05	0.12	0.01	0.11	0.13	0.06	-0.14
F _{dam}	0.86	0.46	0.93	0.95	0.29	1	0.59	0.57	0.59	0.37	0.69	0.02	0.62	0.71	0.63	-0.73
D _{dam}	0.49	0.97	0.58	0.49	0.88	0.59	1	0.32	0.31	0.12	0.32	-0.04	0.28	0.42	0.33	-0.44
E _I	0.59	0.26	0.61	0.47	0.17	0.57	0.32	1	0.97	0.89	0.95	0.77	0.98	0.47	0.40	-0.50
W _{D1}	0.64	0.27	0.66	0.48	0.17	0.59	0.31	0.97	1	0.94	0.95	0.77	0.98	0.40	0.30	-0.43
W _p	0.48	0.11	0.46	0.26	0.05	0.37	0.12	0.89	0.94	1	0.86	0.87	0.92	0.14	0.07	-0.17
E _{COL}	0.68	0.24	0.71	0.60	0.12	0.69	0.32	0.95	0.95	0.86	1	0.66	0.95	0.49	0.40	-0.52
E _{VIG}	0.14	-0.01	0.14	-0.09	0.01	0.02	-0.04	0.77	0.77	0.87	0.66	1	0.73	-0.09	-0.15	0.07
W _{D2}	0.65	0.22	0.64	0.53	0.11	0.62	0.28	0.98	0.98	0.92	0.95	0.73	1	0.48	0.41	-0.50
W _{D2} /W _p	0.59	0.29	0.59	0.72	0.13	0.71	0.42	0.47	0.40	0.14	0.49	-0.09	0.48	1	0.97	-1.00
W _{D2} /E _I	0.51	0.21	0.47	0.68	0.06	0.63	0.33	0.40	0.30	0.07	0.40	-0.15	0.41	0.97	1	-0.95
W _p /E _I	-0.61	-0.31	-0.63	-0.73	-0.14	-0.73	-0.44	-0.50	-0.43	-0.17	-0.52	0.07	-0.50	-1.00	-0.95	1

Tabla E42

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	5.51	0.06	3.14	68	0.83	399	0.19	2475	191	246	80	161	2032	7.87	0.81	0.11
Mediana	5.20	0.06	2.92	44	0.81	351	0.18	2060	173	250	68	153	1686	7.13	0.80	0.11
Max.	10.6	0.12	6.60	224	1.41	919	0.43	7059	581	552	268	397	6069	14.2	0.89	0.17
Min.	2.00	0.02	1.07	9	0.33	149	0.07	462	32	77	11	66	353	4.45	0.75	0.06
Σ	2.02	0.02	1.30	57	0.25	193	0.07	1471	104	102	50	67	1288	2.68	0.03	0.03
cov	0.37	0.31	0.42	0.84	0.30	0.48	0.36	0.59	0.54	0.41	0.63	0.41	0.63	0.34	0.04	0.28
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.65	0.62	0.51	0.01	0.59	0.29	0.48	0.17	0.74	0.59	0.35	0.85	0.18	0.11	0.24	0.69
ksstat	0.09	0.09	0.10	0.20	0.10	0.12	0.11	0.14	0.09	0.10	0.12	0.08	0.14	0.15	0.13	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.65	-2.86	1.07	3.79	-0.21	5.86	-1.73	7.63	5.15	5.52	4.22	5.03	7.43	1.96	-0.22	-2.18
β	0.35	0.33	0.44	1.00	0.32	0.54	0.36	0.60	0.50	0.32	0.61	0.37	0.63	0.38	0.04	0.29

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.81	0.79	0.41	0.87	0.51	0.74	0.72	0.44	0.70	0.11	0.75	0.82	0.78	-0.84
DAP	0.48	1	0.46	0.30	0.98	0.45	0.99	0.25	0.23	0.07	0.20	-0.12	0.26	0.45	0.45	-0.50
Vel	0.81	0.46	1	0.74	0.38	0.93	0.50	0.72	0.73	0.42	0.70	0.08	0.73	0.82	0.75	-0.83
Ace	0.79	0.30	0.74	1	0.20	0.91	0.37	0.69	0.59	0.27	0.61	-0.08	0.72	0.93	0.88	-0.84
D _{techo}	0.41	0.98	0.38	0.20	1	0.34	0.95	0.16	0.15	0.03	0.11	-0.12	0.16	0.34	0.35	-0.42
F _{dam}	0.87	0.45	0.93	0.91	0.34	1	0.50	0.77	0.72	0.38	0.72	0.01	0.79	0.94	0.88	-0.91
D _{dam}	0.51	0.99	0.50	0.37	0.95	0.50	1	0.29	0.26	0.06	0.23	-0.15	0.30	0.53	0.52	-0.56
E _I	0.74	0.25	0.72	0.69	0.16	0.77	0.29	1	0.93	0.84	0.98	0.56	1.00	0.77	0.75	-0.71
W _{D1}	0.72	0.23	0.73	0.59	0.15	0.72	0.26	0.93	1	0.82	0.96	0.56	0.92	0.69	0.63	-0.70
W _p	0.44	0.07	0.42	0.27	0.03	0.38	0.06	0.84	0.82	1	0.86	0.91	0.81	0.35	0.39	-0.36
E _{COL}	0.70	0.20	0.70	0.61	0.11	0.72	0.23	0.98	0.96	0.86	1	0.59	0.97	0.69	0.66	-0.65
E _{VIG}	0.11	-0.12	0.08	-0.08	-0.12	0.01	-0.15	0.56	0.56	0.91	0.59	1	0.52	-0.01	0.07	-0.02
W _{D2}	0.75	0.26	0.73	0.72	0.16	0.79	0.30	1.00	0.92	0.81	0.97	0.52	1	0.79	0.78	-0.73
W _{D2} /W _p	0.82	0.45	0.82	0.93	0.34	0.94	0.53	0.77	0.69	0.35	0.69	-0.01	0.79	1	0.96	-0.95
W _{D2} /E _I	0.78	0.45	0.75	0.88	0.35	0.88	0.52	0.75	0.63	0.39	0.66	0.07	0.78	0.96	1	-0.94
W _p /E _I	-0.84	-0.50	-0.83	-0.84	-0.42	-0.91	-0.56	-0.71	-0.70	-0.36	-0.65	-0.02	-0.73	-0.95	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.82	0.87	0.41	0.87	0.52	0.71	0.71	0.43	0.67	0.15	0.72	0.85	0.78	-0.85
DAP	0.48	1	0.49	0.43	0.98	0.50	0.99	0.24	0.21	0.04	0.14	-0.16	0.25	0.50	0.48	-0.50
Vel	0.82	0.49	1	0.84	0.40	0.94	0.55	0.68	0.72	0.42	0.65	0.13	0.69	0.87	0.77	-0.88
Ace	0.87	0.43	0.84	1	0.33	0.95	0.51	0.63	0.62	0.28	0.60	-0.04	0.65	0.93	0.87	-0.93
D _{techo}	0.41	0.98	0.40	0.33	1	0.39	0.96	0.16	0.13	0.00	0.07	-0.17	0.17	0.40	0.39	-0.40
F _{dam}	0.87	0.50	0.94	0.95	0.39	1	0.57	0.70	0.70	0.37	0.66	0.06	0.72	0.96	0.89	-0.96
D _{dam}	0.52	0.99	0.55	0.51	0.96	0.57	1	0.27	0.24	0.05	0.17	-0.18	0.29	0.58	0.55	-0.58
E _I	0.71	0.24	0.68	0.63	0.16	0.70	0.27	1	0.95	0.89	0.97	0.69	1.00	0.71	0.73	-0.71
W _{D1}	0.71	0.21	0.72	0.62	0.13	0.70	0.24	0.95	1	0.86	0.96	0.67	0.95	0.69	0.63	-0.69
W _p	0.43	0.04	0.42	0.28	0.00	0.37	0.05	0.89	0.86	1	0.90	0.92	0.87	0.36	0.40	-0.36
E _{COL}	0.67	0.14	0.65	0.60	0.07	0.66	0.17	0.97	0.96	0.90	1	0.72	0.96	0.64	0.64	-0.64
E _{VIG}	0.15	-0.16	0.13	-0.04	-0.17	0.06	-0.18	0.69	0.67	0.92	0.72	1	0.66	0.04	0.09	-0.04
W _{D2}	0.72	0.25	0.69	0.65	0.17	0.72	0.29	1.00	0.95	0.87	0.96	0.66	1	0.73	0.76	-0.73
W _{D2} /W _p	0.85	0.50	0.87	0.93	0.40	0.96	0.58	0.71	0.69	0.36	0.64	0.04	0.73	1	0.95	-1.00
W _{D2} /E _I	0.78	0.48	0.77	0.87	0.39	0.89	0.55	0.73	0.63	0.40	0.64	0.09	0.76	0.95	1	-0.94
W _p /E _I	-0.85	-0.50	-0.88	-0.93	-0.40	-0.96	-0.58	-0.71	-0.69	-0.36	-0.64	-0.04	-0.73	-1.00	-0.94	1

Tabla E43

Análisis estadístico para el prototipo de 06 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	6.03	0.04	3.60	82	0.66	848	0.13	3912	154	254	71	188	3497	12.9	0.88	0.08
Mediana	5.80	0.04	3.38	55	0.64	722	0.13	3716	150	252	70	187	3193	11.3	0.88	0.08
Max.	10.6	0.06	7.19	247	0.98	2344	0.19	13812	513	566	198	394	12713	25.3	0.93	0.14
Min.	2.00	0.02	1.26	9	0.30	222	0.06	575	23	78	9	67	472	5.93	0.82	0.04
Σ	2.12	0.01	1.57	68	0.14	508	0.03	2610	91	105	37	75	2433	5.15	0.03	0.03
cov	0.35	0.20	0.44	0.83	0.21	0.60	0.20	0.67	0.59	0.41	0.52	0.40	0.70	0.40	0.04	0.36
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-value	0.98	0.99	0.65	0.01	0.99	0.25	0.67	0.37	0.76	0.86	0.63	0.49	0.28	0.19	0.86	0.57
ksstat	0.06	0.05	0.09	0.20	0.05	0.13	0.09	0.12	0.08	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.08	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.76	-3.15	1.22	4.00	-0.45	6.58	-2.04	8.22	5.01	5.53	4.25	5.23	8.07	2.42	-0.13	-2.55
β	0.35	0.19	0.49	1.02	0.21	0.64	0.21	0.52	0.46	0.34	0.43	0.35	0.57	0.45	0.04	0.37

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.39	0.80	0.75	0.32	0.84	0.47	0.74	0.72	0.46	0.66	0.33	0.75	0.84	0.86	-0.86
DAP	0.39	1	0.39	0.10	0.99	0.26	0.98	0.11	0.16	0.07	0.12	0.02	0.11	0.22	0.31	-0.35
Vel	0.80	0.39	1	0.70	0.33	0.92	0.50	0.78	0.76	0.45	0.67	0.32	0.78	0.89	0.86	-0.87
Ace	0.75	0.10	0.70	1	0.00	0.89	0.25	0.68	0.57	0.26	0.54	0.10	0.69	0.90	0.84	-0.79
D _{techo}	0.32	0.99	0.33	0.00	1	0.17	0.94	0.03	0.10	0.04	0.06	0.00	0.03	0.14	0.25	-0.29
F _{dam}	0.84	0.26	0.92	0.89	0.17	1	0.40	0.80	0.73	0.39	0.65	0.23	0.81	0.97	0.90	-0.88
D _{dam}	0.47	0.98	0.50	0.25	0.94	0.40	1	0.22	0.26	0.12	0.20	0.05	0.23	0.36	0.42	-0.45
E _I	0.74	0.11	0.78	0.68	0.03	0.80	0.22	1	0.98	0.81	0.95	0.70	1.00	0.83	0.75	-0.73
W _{D1}	0.72	0.16	0.76	0.57	0.10	0.73	0.26	0.98	1	0.88	0.97	0.79	0.98	0.76	0.71	-0.71
W _p	0.46	0.07	0.45	0.26	0.04	0.39	0.12	0.81	0.88	1	0.93	0.98	0.79	0.42	0.41	-0.42
E _{COL}	0.66	0.12	0.67	0.54	0.06	0.65	0.20	0.95	0.97	0.93	1	0.85	0.94	0.69	0.65	-0.65
E _{VIG}	0.33	0.02	0.32	0.10	0.00	0.23	0.05	0.70	0.79	0.98	0.85	1	0.68	0.27	0.27	-0.29
W _{D2}	0.75	0.11	0.78	0.69	0.03	0.81	0.23	1.00	0.98	0.79	0.94	0.68	1	0.84	0.76	-0.74
W _{D2} /W _p	0.84	0.22	0.89	0.90	0.14	0.97	0.36	0.83	0.76	0.42	0.69	0.27	0.84	1	0.96	-0.94
W _{D2} /E _I	0.86	0.31	0.86	0.84	0.25	0.90	0.42	0.75	0.71	0.41	0.65	0.27	0.76	0.96	1	-1.00
W _p /E _I	-0.86	-0.35	-0.87	-0.79	-0.29	-0.88	-0.45	-0.73	-0.71	-0.42	-0.65	-0.29	-0.74	-0.94	-1.00	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.38	0.81	0.85	0.32	0.87	0.46	0.73	0.69	0.44	0.62	0.32	0.75	0.86	0.86	-0.86
DAP	0.38	1	0.41	0.29	0.98	0.36	0.98	0.14	0.14	0.01	0.08	-0.05	0.15	0.31	0.30	-0.31
Vel	0.81	0.41	1	0.82	0.36	0.95	0.49	0.78	0.75	0.46	0.65	0.33	0.79	0.92	0.90	-0.92
Ace	0.85	0.29	0.82	1	0.22	0.95	0.39	0.69	0.61	0.29	0.53	0.14	0.71	0.93	0.94	-0.93
D _{techo}	0.32	0.98	0.36	0.22	1	0.29	0.93	0.09	0.09	-0.03	0.03	-0.09	0.10	0.25	0.23	-0.25
F _{dam}	0.87	0.36	0.95	0.95	0.29	1	0.46	0.77	0.71	0.39	0.62	0.25	0.79	0.98	0.97	-0.98
D _{dam}	0.46	0.98	0.49	0.39	0.93	0.46	1	0.23	0.22	0.06	0.15	-0.02	0.24	0.42	0.40	-0.42
E _I	0.73	0.14	0.78	0.69	0.09	0.77	0.23	1	0.99	0.85	0.96	0.75	1.00	0.80	0.80	-0.80
W _{D1}	0.69	0.14	0.75	0.61	0.09	0.71	0.22	0.99	1	0.90	0.98	0.81	0.98	0.74	0.73	-0.74
W _p	0.44	0.01	0.46	0.29	-0.03	0.39	0.06	0.85	0.90	1	0.95	0.98	0.84	0.42	0.42	-0.43
E _{COL}	0.62	0.08	0.65	0.53	0.03	0.62	0.15	0.96	0.98	0.95	1	0.87	0.95	0.64	0.64	-0.65
E _{VIG}	0.32	-0.05	0.33	0.14	-0.09	0.25	-0.02	0.75	0.81	0.98	0.87	1	0.73	0.28	0.27	-0.28
W _{D2}	0.75	0.15	0.79	0.71	0.10	0.79	0.24	1.00	0.98	0.84	0.95	0.73	1	0.82	0.82	-0.82
W _{D2} /W _p	0.86	0.31	0.92	0.93	0.25	0.98	0.42	0.80	0.74	0.42	0.64	0.28	0.82	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.86	0.30	0.90	0.94	0.23	0.97	0.40	0.80	0.73	0.42	0.64	0.27	0.82	1.00	1	-1.00
W _p /E _I	-0.86	-0.31	-0.92	-0.93	-0.25	-0.98	-0.42	-0.80	-0.74	-0.43	-0.65	-0.28	-0.82	-1.00	-1.00	1

Tabla E44

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.10	0.07	2.27	47	1.33	31	0.22	837	96	433	147	267	308	0.71	0.37	0.52
Mediana	3.00	0.07	2.19	32	1.35	30	0.21	742	85	393	97	248	282	0.69	0.36	0.53
Max.	6.80	0.11	4.28	166	2.03	48	0.34	2396	272	1395	867	499	729	1.07	0.47	0.58
Min.	1.40	0.03	1.30	8	0.62	21	0.08	371	41	196	18	104	126	0.52	0.30	0.44
Σ	1.02	0.02	0.75	35	0.29	7	0.06	379	43	206	149	95	141	0.12	0.04	0.03
cov	0.33	0.27	0.33	0.76	0.22	0.21	0.27	0.45	0.45	0.48	1.01	0.36	0.46	0.17	0.11	0.06
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.40	0.72	0.40	0.01	1.00	0.55	0.73	0.43	0.28	0.27	0.01	0.63	0.43	0.05	0.26	0.32
ksstat	0.11	0.09	0.11	0.21	0.05	0.10	0.09	0.11	0.13	0.13	0.21	0.09	0.11	0.17	0.13	0.12
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.10	-2.68	0.79	3.46	0.30	3.40	-1.57	6.61	4.44	5.97	4.57	5.51	5.64	-0.38	-1.02	-0.64
β	0.30	0.29	0.32	0.83	0.18	0.22	0.28	0.44	0.43	0.42	0.89	0.38	0.45	0.16	0.10	0.04

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.40	0.78	0.78	0.27	0.86	0.40	0.60	0.48	0.59	0.75	0.02	0.61	0.10	0.14	-0.01
DAP	0.40	1	0.44	0.30	0.92	0.44	1.00	0.14	0.13	0.17	0.28	-0.22	0.10	-0.15	-0.15	0.20
Vel	0.78	0.44	1	0.71	0.27	0.88	0.44	0.59	0.50	0.60	0.75	0.02	0.55	-0.02	0.02	0.12
Ace	0.78	0.30	0.71	1	0.15	0.92	0.30	0.53	0.29	0.48	0.70	-0.14	0.64	0.45	0.50	-0.33
D _{techo}	0.27	0.92	0.27	0.15	1	0.27	0.92	-0.03	-0.03	0.00	0.11	-0.31	-0.08	-0.20	-0.20	0.23
F _{dam}	0.86	0.44	0.88	0.92	0.27	1	0.43	0.57	0.38	0.54	0.77	-0.12	0.61	0.27	0.32	-0.15
D _{dam}	0.40	1.00	0.44	0.30	0.92	0.43	1	0.14	0.13	0.17	0.28	-0.22	0.10	-0.15	-0.15	0.20
E _I	0.60	0.14	0.59	0.53	-0.03	0.57	0.14	1	0.94	0.99	0.90	0.70	0.96	0.08	0.10	-0.03
W _{D1}	0.48	0.13	0.50	0.29	-0.03	0.38	0.13	0.94	1	0.95	0.79	0.80	0.84	-0.13	-0.14	0.12
W _p	0.59	0.17	0.60	0.48	0.00	0.54	0.17	0.99	0.95	1	0.92	0.70	0.91	-0.05	-0.03	0.11
E _{COL}	0.75	0.28	0.75	0.70	0.11	0.77	0.28	0.90	0.79	0.92	1	0.36	0.85	0.00	0.04	0.11
E _{VIG}	0.02	-0.22	0.02	-0.14	-0.31	-0.12	-0.22	0.70	0.80	0.70	0.36	1	0.63	-0.10	-0.11	0.04
W _{D2}	0.61	0.10	0.55	0.64	-0.08	0.61	0.10	0.96	0.84	0.91	0.85	0.63	1	0.32	0.34	-0.27
W _{D2} /W _p	0.10	-0.15	-0.02	0.45	-0.20	0.27	-0.15	0.08	-0.13	-0.05	0.00	-0.10	0.32	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.14	-0.15	0.02	0.50	-0.20	0.32	-0.15	0.10	-0.14	-0.03	0.04	-0.11	0.34	0.99	1	-0.94
W _p /E _I	-0.01	0.20	0.12	-0.33	0.23	-0.15	0.20	-0.03	0.12	0.11	0.11	0.04	-0.27	-0.98	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.45	0.77	0.79	0.35	0.83	0.45	0.41	0.31	0.40	0.71	-0.02	0.42	0.11	0.15	-0.02
DAP	0.45	1	0.48	0.45	0.94	0.48	1.00	0.02	0.02	0.03	0.24	-0.22	0.03	-0.21	-0.18	0.24
Vel	0.77	0.48	1	0.78	0.32	0.87	0.48	0.40	0.30	0.41	0.75	-0.04	0.41	0.00	0.02	0.08
Ace	0.79	0.45	0.78	1	0.32	0.96	0.45	0.32	0.11	0.29	0.73	-0.25	0.42	0.37	0.42	-0.25
D _{techo}	0.35	0.94	0.32	0.32	1	0.34	0.94	-0.11	-0.09	-0.10	0.07	-0.26	-0.11	-0.25	-0.23	0.28
F _{dam}	0.83	0.48	0.87	0.96	0.34	1	0.47	0.38	0.19	0.36	0.79	-0.18	0.45	0.27	0.31	-0.14
D _{dam}	0.45	1.00	0.48	0.45	0.94	0.47	1	0.03	0.02	0.04	0.24	-0.21	0.03	-0.21	-0.18	0.25
E _I	0.41	0.02	0.40	0.32	-0.11	0.38	0.03	1	0.93	0.99	0.77	0.81	0.96	0.28	0.26	-0.28
W _{D1}	0.31	0.02	0.30	0.11	-0.09	0.19	0.02	0.93	1	0.95	0.64	0.89	0.85	0.05	0.00	-0.11
W _p	0.40	0.03	0.41	0.29	-0.10	0.36	0.04	0.99	0.95	1	0.77	0.82	0.92	0.18	0.16	-0.17
E _{COL}	0.71	0.24	0.75	0.73	0.07	0.79	0.24	0.77	0.64	0.77	1	0.34	0.77	0.22	0.24	-0.16
E _{VIG}	-0.02	-0.22	-0.04	-0.25	-0.26	-0.18	-0.21	0.81	0.89	0.82	0.34	1	0.71	0.01	-0.04	-0.08
W _{D2}	0.42	0.03	0.41	0.42	-0.11	0.45	0.03	0.96	0.85	0.92	0.77	0.71	1	0.48	0.46	-0.46
W _{D2} /W _p	0.11	-0.21	0.00	0.37	-0.25	0.27	-0.21	0.28	0.05	0.18	0.22	0.01	0.48	1	0.99	-0.95
W _{D2} /E _I	0.15	-0.18	0.02	0.42	-0.23	0.31	-0.18	0.26	0.00	0.16	0.24	-0.04	0.46	0.99	1	-0.91
W _p /E _I	-0.02	0.24	0.08	-0.25	0.28	-0.14	0.25	-0.28	-0.11	-0.17	-0.16	-0.08	-0.46	-0.95	-0.91	1

Tabla E45

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.25	0.07	2.33	48	1.34	54	0.21	936	103	424	138	266	409	0.95	0.43	0.46
Mediana	3.20	0.07	2.20	33	1.36	49	0.21	807	90	378	95	243	354	0.90	0.42	0.46
Max.	7.20	0.11	4.49	175	2.06	110	0.33	2700	287	1313	806	571	1100	1.45	0.54	0.53
Min.	1.40	0.04	1.30	8	0.81	27	0.12	375	41	185	17	106	148	0.67	0.36	0.37
Σ	1.08	0.02	0.78	37	0.27	19	0.05	450	47	197	139	100	217	0.19	0.05	0.04
cov	0.33	0.24	0.33	0.77	0.20	0.36	0.24	0.48	0.46	0.47	1.00	0.38	0.53	0.20	0.11	0.08
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.47	0.87	0.54	0.00	0.88	0.34	0.87	0.28	0.12	0.21	0.01	0.39	0.10	0.08	0.15	0.36
ksstat	0.11	0.07	0.10	0.22	0.07	0.12	0.07	0.13	0.15	0.13	0.22	0.11	0.16	0.16	0.14	0.12
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.16	-2.67	0.79	3.51	0.31	3.90	-1.56	6.69	4.50	5.94	4.55	5.49	5.87	-0.10	-0.87	-0.77
β	0.30	0.23	0.34	0.82	0.16	0.37	0.23	0.48	0.46	0.43	0.86	0.38	0.52	0.20	0.11	0.07

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.42	0.79	0.79	0.26	0.86	0.42	0.63	0.49	0.58	0.76	0.02	0.68	0.45	0.46	-0.46
DAP	0.42	1	0.37	0.31	0.91	0.38	1.00	0.12	0.11	0.10	0.22	-0.23	0.13	0.07	0.03	-0.08
Vel	0.79	0.37	1	0.73	0.16	0.89	0.37	0.60	0.48	0.57	0.75	0.00	0.63	0.37	0.39	-0.37
Ace	0.79	0.31	0.73	1	0.13	0.93	0.31	0.55	0.30	0.44	0.69	-0.16	0.69	0.75	0.75	-0.71
D _{techo}	0.26	0.91	0.16	0.13	1	0.17	0.91	-0.05	-0.04	-0.06	0.03	-0.27	-0.04	-0.04	-0.07	0.03
F _{dam}	0.86	0.38	0.89	0.93	0.17	1	0.37	0.62	0.40	0.53	0.79	-0.11	0.71	0.63	0.65	-0.61
D _{dam}	0.42	1.00	0.37	0.31	0.91	0.37	1	0.12	0.11	0.10	0.22	-0.23	0.13	0.07	0.03	-0.08
E _I	0.63	0.12	0.60	0.55	-0.05	0.62	0.12	1	0.94	0.98	0.90	0.66	0.97	0.35	0.35	-0.37
W _{D1}	0.49	0.11	0.48	0.30	-0.04	0.40	0.11	0.94	1	0.97	0.79	0.80	0.85	0.09	0.07	-0.14
W _p	0.58	0.10	0.57	0.44	-0.06	0.53	0.10	0.98	0.97	1	0.89	0.72	0.92	0.18	0.19	-0.21
E _{COL}	0.76	0.22	0.75	0.69	0.03	0.79	0.22	0.90	0.79	0.89	1	0.34	0.89	0.32	0.34	-0.31
E _{VIG}	0.02	-0.23	0.00	-0.16	-0.27	-0.11	-0.23	0.66	0.80	0.72	0.34	1	0.55	-0.12	-0.13	0.06
W _{D2}	0.68	0.13	0.63	0.69	-0.04	0.71	0.13	0.97	0.85	0.92	0.89	0.55	1	0.53	0.53	-0.54
W _{D2} /W _p	0.45	0.07	0.37	0.75	-0.04	0.63	0.07	0.35	0.09	0.18	0.32	-0.12	0.53	1	0.99	-0.99
W _{D2} /E _I	0.46	0.03	0.39	0.75	-0.07	0.65	0.03	0.35	0.07	0.19	0.34	-0.13	0.53	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.46	-0.08	-0.37	-0.71	0.03	-0.61	-0.08	-0.37	-0.14	-0.21	-0.31	0.06	-0.54	-0.99	-0.98	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.52	0.77	0.79	0.33	0.83	0.52	0.46	0.34	0.41	0.71	-0.01	0.52	0.44	0.46	-0.45
DAP	0.52	1	0.51	0.44	0.90	0.50	1.00	0.13	0.14	0.10	0.30	-0.20	0.13	-0.03	-0.01	0.03
Vel	0.77	0.51	1	0.77	0.27	0.87	0.50	0.45	0.34	0.39	0.74	-0.05	0.51	0.37	0.38	-0.38
Ace	0.79	0.44	0.77	1	0.22	0.96	0.43	0.36	0.12	0.24	0.70	-0.26	0.48	0.68	0.71	-0.66
D _{techo}	0.33	0.90	0.27	0.22	1	0.27	0.90	-0.05	0.01	-0.06	0.06	-0.23	-0.06	-0.11	-0.10	0.12
F _{dam}	0.83	0.50	0.87	0.96	0.27	1	0.50	0.44	0.22	0.33	0.77	-0.18	0.54	0.60	0.63	-0.59
D _{dam}	0.52	1.00	0.50	0.43	0.90	0.50	1	0.13	0.15	0.10	0.30	-0.19	0.12	-0.03	-0.02	0.03
E _I	0.46	0.13	0.45	0.36	-0.05	0.44	0.13	1	0.93	0.97	0.82	0.76	0.97	0.45	0.42	-0.51
W _{D1}	0.34	0.14	0.34	0.12	0.01	0.22	0.15	0.93	1	0.96	0.68	0.87	0.84	0.16	0.12	-0.24
W _p	0.41	0.10	0.39	0.24	-0.06	0.33	0.10	0.97	0.96	1	0.77	0.84	0.92	0.29	0.26	-0.35
E _{COL}	0.71	0.30	0.74	0.70	0.06	0.77	0.30	0.82	0.68	0.77	1	0.36	0.85	0.53	0.52	-0.56
E _{VIG}	-0.01	-0.20	-0.05	-0.26	-0.23	-0.18	-0.19	0.76	0.87	0.84	0.36	1	0.65	-0.02	-0.06	-0.04
W _{D2}	0.52	0.13	0.51	0.48	-0.06	0.54	0.12	0.97	0.84	0.92	0.85	0.65	1	0.60	0.58	-0.65
W _{D2} /W _p	0.44	-0.03	0.37	0.68	-0.11	0.60	-0.03	0.45	0.16	0.29	0.53	-0.02	0.60	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.46	-0.01	0.38	0.71	-0.10	0.63	-0.02	0.42	0.12	0.26	0.52	-0.06	0.58	0.99	1	-0.96
W _p /E _I	-0.45	0.03	-0.38	-0.66	0.12	-0.59	0.03	-0.51	-0.24	-0.35	-0.56	-0.04	-0.65	-0.98	-0.96	1

Tabla E46

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.45	0.07	2.43	50	1.34	95	0.21	1087	112	417	131	265	557	1.28	0.50	0.40
Mediana	3.40	0.07	2.30	34	1.36	82	0.21	941	99	385	88	247	476	1.17	0.48	0.41
Max.	8.00	0.11	4.89	192	1.94	259	0.33	3308	320	1256	752	493	1732	2.17	0.63	0.51
Min.	1.20	0.03	1.22	7	0.64	26	0.09	341	38	168	8	106	133	0.75	0.38	0.29
Σ	1.20	0.02	0.85	40	0.28	50	0.05	577	54	191	131	98	349	0.34	0.06	0.05
cov	0.35	0.25	0.35	0.80	0.21	0.52	0.25	0.53	0.48	0.46	1.00	0.37	0.63	0.27	0.13	0.13
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
p-value	0.36	0.98	0.49	0.01	0.74	0.29	0.99	0.08	0.24	0.21	0.00	0.49	0.04	0.06	0.29	0.26
ksstat	0.12	0.06	0.10	0.21	0.09	0.12	0.06	0.16	0.13	0.13	0.25	0.11	0.18	0.17	0.12	0.13
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.22	-2.68	0.83	3.52	0.31	4.41	-1.57	6.85	4.60	5.95	4.48	5.51	6.17	0.16	-0.73	-0.89
β	0.30	0.24	0.35	0.86	0.18	0.53	0.23	0.50	0.46	0.40	0.88	0.39	0.56	0.28	0.13	0.10

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.51	0.81	0.80	0.38	0.88	0.51	0.70	0.55	0.58	0.77	0.00	0.75	0.66	0.66	-0.68
DAP	0.51	1	0.49	0.37	0.94	0.46	1.00	0.23	0.19	0.17	0.32	-0.24	0.26	0.26	0.24	-0.27
Vel	0.81	0.49	1	0.74	0.34	0.90	0.49	0.67	0.55	0.57	0.76	0.00	0.71	0.61	0.61	-0.64
Ace	0.80	0.37	0.74	1	0.23	0.94	0.37	0.62	0.36	0.43	0.69	-0.17	0.74	0.88	0.85	-0.83
D _{techo}	0.38	0.94	0.34	0.23	1	0.31	0.94	0.07	0.04	0.03	0.16	-0.29	0.10	0.14	0.13	-0.16
F _{dam}	0.88	0.46	0.90	0.94	0.31	1	0.46	0.71	0.50	0.55	0.81	-0.09	0.80	0.81	0.80	-0.80
D _{dam}	0.51	1.00	0.49	0.37	0.94	0.46	1	0.23	0.19	0.17	0.32	-0.23	0.25	0.25	0.24	-0.27
E _I	0.70	0.23	0.67	0.62	0.07	0.71	0.23	1	0.93	0.97	0.94	0.58	0.98	0.55	0.53	-0.56
W _{D1}	0.55	0.19	0.55	0.36	0.04	0.50	0.19	0.93	1	0.98	0.84	0.76	0.85	0.28	0.26	-0.33
W _p	0.58	0.17	0.57	0.43	0.03	0.55	0.17	0.97	0.98	1	0.89	0.72	0.90	0.34	0.32	-0.36
E _{COL}	0.77	0.32	0.76	0.69	0.16	0.81	0.32	0.94	0.84	0.89	1	0.33	0.94	0.53	0.52	-0.53
E _{VIG}	0.00	-0.24	0.00	-0.17	-0.29	-0.09	-0.23	0.58	0.76	0.72	0.33	1	0.45	-0.12	-0.13	0.07
W _{D2}	0.75	0.26	0.71	0.74	0.10	0.80	0.25	0.98	0.85	0.90	0.94	0.45	1	0.68	0.66	-0.68
W _{D2} /W _p	0.66	0.26	0.61	0.88	0.14	0.81	0.25	0.55	0.28	0.34	0.53	-0.12	0.68	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.66	0.24	0.61	0.85	0.13	0.80	0.24	0.53	0.26	0.32	0.52	-0.13	0.66	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.68	-0.27	-0.64	-0.83	-0.16	-0.80	-0.27	-0.56	-0.33	-0.36	-0.53	0.07	-0.68	-0.98	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.56	0.79	0.80	0.43	0.84	0.56	0.50	0.36	0.37	0.69	-0.03	0.59	0.69	0.67	-0.71
DAP	0.56	1	0.55	0.50	0.93	0.53	1.00	0.17	0.12	0.12	0.32	-0.16	0.21	0.23	0.22	-0.22
Vel	0.79	0.55	1	0.78	0.42	0.88	0.55	0.48	0.36	0.35	0.70	-0.06	0.57	0.65	0.63	-0.67
Ace	0.80	0.50	0.78	1	0.36	0.96	0.50	0.41	0.17	0.19	0.68	-0.28	0.54	0.86	0.85	-0.85
D _{techo}	0.43	0.93	0.42	0.36	1	0.39	0.93	0.02	-0.01	-0.02	0.14	-0.22	0.05	0.12	0.12	-0.10
F _{dam}	0.84	0.53	0.88	0.96	0.39	1	0.53	0.47	0.25	0.27	0.74	-0.21	0.59	0.84	0.83	-0.84
D _{dam}	0.56	1.00	0.55	0.50	0.93	0.53	1	0.17	0.12	0.13	0.32	-0.16	0.21	0.23	0.22	-0.22
E _I	0.50	0.17	0.48	0.41	0.02	0.47	0.17	1	0.93	0.95	0.84	0.71	0.98	0.57	0.54	-0.61
W _{D1}	0.36	0.12	0.36	0.17	-0.01	0.25	0.12	0.93	1	0.98	0.71	0.86	0.85	0.29	0.24	-0.34
W _p	0.37	0.12	0.35	0.19	-0.02	0.27	0.13	0.95	0.98	1	0.73	0.85	0.89	0.34	0.30	-0.38
E _{COL}	0.69	0.32	0.70	0.68	0.14	0.74	0.32	0.84	0.71	0.73	1	0.35	0.88	0.70	0.67	-0.72
E _{VIG}	-0.03	-0.16	-0.06	-0.28	-0.22	-0.21	-0.16	0.71	0.86	0.85	0.35	1	0.59	-0.07	-0.10	0.02
W _{D2}	0.59	0.21	0.57	0.54	0.05	0.59	0.21	0.98	0.85	0.89	0.88	0.59	1	0.70	0.68	-0.74
W _{D2} /W _p	0.69	0.23	0.65	0.86	0.12	0.84	0.23	0.57	0.29	0.34	0.70	-0.07	0.70	1	1.00	-0.99
W _{D2} /E _I	0.67	0.22	0.63	0.85	0.12	0.83	0.22	0.54	0.24	0.30	0.67	-0.10	0.68	1.00	1	-0.98
W _p /E _I	-0.71	-0.22	-0.67	-0.85	-0.10	-0.84	-0.22	-0.61	-0.34	-0.38	-0.72	0.02	-0.74	-0.99	-0.98	1

Tabla E47

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 5\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.89	0.07	2.67	56	1.38	229	0.21	1521	136	421	130	268	964	2.09	0.59	0.31
Mediana	3.80	0.07	2.38	36	1.42	173	0.21	1282	109	388	91	253	720	1.85	0.58	0.32
Max.	10.40	0.10	6.08	247	2.03	965	0.30	5830	396	1125	700	499	4435	4.37	0.76	0.49
Min.	1.20	0.03	1.22	6	0.68	34	0.10	345	38	164	7	106	143	0.83	0.40	0.17
Σ	1.51	0.02	1.05	48	0.29	176	0.05	1064	75	191	129	99	825	0.87	0.09	0.07
cov	0.39	0.23	0.39	0.87	0.21	0.77	0.23	0.70	0.55	0.45	0.99	0.37	0.86	0.41	0.15	0.24
h-value	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
p-value	0.30	0.89	0.25	0.01	0.61	0.06	0.90	0.01	0.10	0.13	0.00	0.70	0.00	0.11	0.76	0.92
ksstat	0.12	0.07	0.13	0.20	0.10	0.17	0.07	0.20	0.15	0.15	0.25	0.09	0.24	0.15	0.08	0.07
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.34	-2.67	0.87	3.60	0.35	5.15	-1.56	7.16	4.70	5.96	4.51	5.53	6.58	0.61	-0.54	-1.15
β	0.32	0.22	0.40	0.90	0.15	0.75	0.22	0.60	0.58	0.42	0.86	0.39	0.76	0.46	0.16	0.21

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.40	0.85	0.82	0.32	0.90	0.40	0.81	0.67	0.62	0.82	0.06	0.84	0.82	0.79	-0.80
DAP	0.40	1	0.46	0.29	0.97	0.36	1.00	0.23	0.23	0.15	0.25	-0.17	0.24	0.36	0.43	-0.46
Vel	0.85	0.46	1	0.75	0.35	0.91	0.46	0.77	0.67	0.60	0.79	0.05	0.79	0.80	0.77	-0.79
Ace	0.82	0.29	0.75	1	0.19	0.94	0.29	0.74	0.47	0.46	0.73	-0.13	0.80	0.93	0.86	-0.83
D _{techo}	0.32	0.97	0.35	0.19	1	0.25	0.97	0.14	0.14	0.08	0.15	-0.18	0.14	0.26	0.35	-0.38
F _{dam}	0.90	0.36	0.91	0.94	0.25	1	0.36	0.84	0.64	0.61	0.86	-0.01	0.89	0.91	0.85	-0.84
D _{dam}	0.40	1.00	0.46	0.29	0.97	0.36	1	0.23	0.23	0.15	0.25	-0.17	0.24	0.36	0.43	-0.46
E _I	0.81	0.23	0.77	0.74	0.14	0.84	0.23	1	0.92	0.92	0.98	0.47	0.99	0.77	0.67	-0.69
W _{D1}	0.67	0.23	0.67	0.47	0.14	0.64	0.23	0.92	1	0.98	0.90	0.69	0.87	0.54	0.48	-0.52
W _p	0.62	0.15	0.60	0.46	0.08	0.61	0.15	0.92	0.98	1	0.89	0.75	0.87	0.51	0.43	-0.47
E _{COL}	0.82	0.25	0.79	0.73	0.15	0.86	0.25	0.98	0.90	0.89	1	0.37	0.98	0.73	0.64	-0.65
E _{VIG}	0.06	-0.17	0.05	-0.13	-0.18	-0.01	-0.17	0.47	0.69	0.75	0.37	1	0.36	-0.04	-0.08	0.03
W _{D2}	0.84	0.24	0.79	0.80	0.14	0.89	0.24	0.99	0.87	0.87	0.98	0.36	1	0.82	0.73	-0.73
W _{D2} /W _p	0.82	0.36	0.80	0.93	0.26	0.91	0.36	0.77	0.54	0.51	0.73	-0.04	0.82	1	0.97	-0.95
W _{D2} /E _I	0.79	0.43	0.77	0.86	0.35	0.85	0.43	0.67	0.48	0.43	0.64	-0.08	0.73	0.97	1	-0.99
W _p /E _I	-0.80	-0.46	-0.79	-0.83	-0.38	-0.84	-0.46	-0.69	-0.52	-0.47	-0.65	0.03	-0.73	-0.95	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.84	0.83	0.38	0.87	0.48	0.64	0.50	0.41	0.70	0.02	0.72	0.84	0.82	-0.85
DAP	0.48	1	0.56	0.51	0.97	0.52	1.00	0.26	0.23	0.13	0.34	-0.13	0.33	0.42	0.40	-0.43
Vel	0.84	0.56	1	0.78	0.46	0.89	0.56	0.61	0.51	0.39	0.69	0.00	0.71	0.82	0.80	-0.84
Ace	0.83	0.51	0.78	1	0.40	0.96	0.51	0.53	0.32	0.23	0.63	-0.23	0.66	0.92	0.91	-0.92
D _{techo}	0.38	0.97	0.46	0.40	1	0.41	0.97	0.18	0.17	0.07	0.23	-0.13	0.24	0.32	0.30	-0.32
F _{dam}	0.87	0.52	0.89	0.96	0.41	1	0.52	0.62	0.44	0.34	0.72	-0.12	0.74	0.95	0.94	-0.95
D _{dam}	0.48	1.00	0.56	0.51	0.97	0.52	1	0.26	0.23	0.13	0.34	-0.13	0.33	0.42	0.40	-0.43
E _I	0.64	0.26	0.61	0.53	0.18	0.62	0.26	1	0.94	0.92	0.93	0.64	0.98	0.69	0.67	-0.71
W _{D1}	0.50	0.23	0.51	0.32	0.17	0.44	0.23	0.94	1	0.97	0.85	0.80	0.88	0.47	0.44	-0.50
W _p	0.41	0.13	0.39	0.23	0.07	0.34	0.13	0.92	0.97	1	0.80	0.87	0.83	0.38	0.36	-0.41
E _{COL}	0.70	0.34	0.69	0.63	0.23	0.72	0.34	0.93	0.85	0.80	1	0.47	0.94	0.74	0.71	-0.76
E _{VIG}	0.02	-0.13	0.00	-0.23	-0.13	-0.12	-0.13	0.64	0.80	0.87	0.47	1	0.50	-0.06	-0.08	0.04
W _{D2}	0.72	0.33	0.71	0.66	0.24	0.74	0.33	0.98	0.88	0.83	0.94	0.50	1	0.80	0.78	-0.81
W _{D2} /W _p	0.84	0.42	0.82	0.92	0.32	0.95	0.42	0.69	0.47	0.38	0.74	-0.06	0.80	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.82	0.40	0.80	0.91	0.30	0.94	0.40	0.67	0.44	0.36	0.71	-0.08	0.78	1.00	1	-0.99
W _p /E _I	-0.85	-0.43	-0.84	-0.92	-0.32	-0.95	-0.43	-0.71	-0.50	-0.41	-0.76	0.04	-0.81	-1.00	-0.99	1

Tabla E48

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.43	0.07	2.42	50	1.36	57	0.22	1053	110	416	143	251	525	1.27	0.50	0.40
Mediana	3.40	0.07	2.31	35	1.35	56	0.22	956	95	388	101	237	476	1.22	0.49	0.40
Max.	7.60	0.11	4.72	182	1.94	90	0.33	2741	282	1263	792	549	1197	1.83	0.60	0.46
Min.	1.60	0.04	1.36	8	0.81	39	0.13	438	45	180	20	94	209	0.95	0.43	0.32
Σ	1.09	0.02	0.78	38	0.27	12	0.05	469	49	193	138	96	239	0.21	0.04	0.03
cov	0.32	0.22	0.32	0.75	0.20	0.21	0.22	0.45	0.45	0.46	0.97	0.38	0.45	0.16	0.08	0.08
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.36	0.97	0.45	0.00	0.94	0.46	0.97	0.41	0.20	0.27	0.00	0.48	0.15	0.12	0.37	0.60
ksstat	0.12	0.06	0.11	0.22	0.07	0.11	0.06	0.11	0.14	0.13	0.22	0.11	0.14	0.15	0.12	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.22	-2.64	0.84	3.55	0.30	4.02	-1.53	6.86	4.55	5.96	4.62	5.47	6.17	0.20	-0.72	-0.91
β	0.28	0.23	0.32	0.81	0.21	0.21	0.23	0.43	0.47	0.40	0.83	0.38	0.46	0.16	0.08	0.06

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.29	0.77	0.77	0.05	0.84	0.29	0.58	0.46	0.57	0.75	0.02	0.59	0.11	0.13	-0.06
DAP	0.29	1	0.27	0.06	0.89	0.19	1.00	0.02	0.12	0.08	0.13	-0.13	-0.06	-0.40	-0.42	0.39
Vel	0.77	0.27	1	0.72	-0.01	0.88	0.27	0.54	0.44	0.55	0.74	-0.01	0.52	0.00	0.03	0.06
Ace	0.77	0.06	0.72	1	-0.15	0.92	0.06	0.49	0.24	0.42	0.69	-0.18	0.58	0.47	0.51	-0.38
D _{techo}	0.05	0.89	-0.01	-0.15	1	-0.08	0.89	-0.18	-0.07	-0.14	-0.15	-0.16	-0.23	-0.37	-0.40	0.33
F _{dam}	0.84	0.19	0.88	0.92	-0.08	1	0.19	0.53	0.33	0.50	0.76	-0.15	0.57	0.29	0.33	-0.20
D _{dam}	0.29	1.00	0.27	0.06	0.89	0.19	1	0.02	0.12	0.08	0.13	-0.13	-0.06	-0.40	-0.42	0.39
E _I	0.58	0.02	0.54	0.49	-0.18	0.53	0.02	1	0.94	0.98	0.87	0.72	0.98	0.13	0.14	-0.12
W _{D1}	0.46	0.12	0.44	0.24	-0.07	0.33	0.12	0.94	1	0.95	0.75	0.83	0.86	-0.10	-0.13	0.08
W _p	0.57	0.08	0.55	0.42	-0.14	0.50	0.08	0.98	0.95	1	0.89	0.72	0.92	-0.04	-0.04	0.06
E _{COL}	0.75	0.13	0.74	0.69	-0.15	0.76	0.13	0.87	0.75	0.89	1	0.33	0.83	0.02	0.05	0.05
E _{VIG}	0.02	-0.13	-0.01	-0.18	-0.16	-0.15	-0.13	0.72	0.83	0.72	0.33	1	0.65	-0.09	-0.12	0.02
W _{D2}	0.59	-0.06	0.52	0.58	-0.23	0.57	-0.06	0.98	0.86	0.92	0.83	0.65	1	0.32	0.32	-0.30
W _{D2} /W _p	0.11	-0.40	0.00	0.47	-0.37	0.29	-0.40	0.13	-0.10	-0.04	0.02	-0.09	0.32	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.13	-0.42	0.03	0.51	-0.40	0.33	-0.42	0.14	-0.13	-0.04	0.05	-0.12	0.32	0.99	1	-0.96
W _p /E _I	-0.06	0.39	0.06	-0.38	0.33	-0.20	0.39	-0.12	0.08	0.06	0.05	0.02	-0.30	-0.98	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.32	0.74	0.74	0.06	0.80	0.32	0.41	0.32	0.39	0.68	0.00	0.41	0.12	0.14	-0.07
DAP	0.32	1	0.34	0.15	0.88	0.22	1.00	0.00	0.14	0.07	0.12	-0.09	-0.06	-0.46	-0.46	0.44
Vel	0.74	0.34	1	0.76	0.05	0.86	0.34	0.37	0.28	0.35	0.70	-0.07	0.36	-0.01	0.02	0.04
Ace	0.74	0.15	0.76	1	-0.10	0.95	0.15	0.29	0.07	0.20	0.68	-0.28	0.35	0.39	0.44	-0.32
D _{techo}	0.06	0.88	0.05	-0.10	1	-0.06	0.88	-0.17	0.01	-0.09	-0.16	-0.10	-0.23	-0.40	-0.42	0.36
F _{dam}	0.80	0.22	0.86	0.95	-0.06	1	0.22	0.37	0.18	0.30	0.76	-0.19	0.41	0.27	0.32	-0.21
D _{dam}	0.32	1.00	0.34	0.15	0.88	0.22	1	0.00	0.14	0.07	0.12	-0.09	-0.06	-0.46	-0.46	0.44
E _I	0.41	0.00	0.37	0.29	-0.17	0.37	0.00	1	0.93	0.98	0.80	0.80	0.98	0.30	0.26	-0.32
W _{D1}	0.32	0.14	0.28	0.07	0.01	0.18	0.14	0.93	1	0.97	0.67	0.88	0.86	0.02	-0.04	-0.08
W _p	0.39	0.07	0.35	0.20	-0.09	0.30	0.07	0.98	0.97	1	0.78	0.85	0.93	0.13	0.10	-0.16
E _{COL}	0.68	0.12	0.70	0.68	-0.16	0.76	0.12	0.80	0.67	0.78	1	0.38	0.80	0.25	0.25	-0.23
E _{VIG}	0.00	-0.09	-0.07	-0.28	-0.10	-0.19	-0.09	0.80	0.88	0.85	0.38	1	0.73	0.00	-0.06	-0.07
W _{D2}	0.41	-0.06	0.36	0.35	-0.23	0.41	-0.06	0.98	0.86	0.93	0.80	0.73	1	0.44	0.40	-0.46
W _{D2} /W _p	0.12	-0.46	-0.01	0.39	-0.40	0.27	-0.46	0.30	0.02	0.13	0.25	0.00	0.44	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.14	-0.46	0.02	0.44	-0.42	0.32	-0.46	0.26	-0.04	0.10	0.25	-0.06	0.40	0.99	1	-0.94
W _p /E _I	-0.07	0.44	0.04	-0.32	0.36	-0.21	0.44	-0.32	-0.08	-0.16	-0.23	-0.07	-0.46	-0.98	-0.94	1

Tabla E49

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.69	0.07	2.54	53	1.31	105	0.21	1265	123	410	140	248	731	1.75	0.57	0.33
Mediana	3.60	0.07	2.38	35	1.32	96	0.20	1108	109	389	96	230	626	1.66	0.56	0.34
Max.	8.60	0.11	5.20	203	1.89	222	0.34	3722	357	1306	826	549	2059	2.6	0.67	0.41
Min.	1.20	0.03	1.19	6	0.64	39	0.11	350	34	134	5	89	182	1.23	0.50	0.25
Σ	1.25	0.02	0.87	42	0.26	38	0.05	648	61	200	142	99	400	0.34	0.05	0.04
cov	0.34	0.23	0.34	0.79	0.20	0.37	0.23	0.51	0.50	0.49	1.01	0.40	0.55	0.20	0.08	0.11
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.24	0.88	0.45	0.00	0.89	0.41	0.80	0.22	0.28	0.26	0.00	0.40	0.09	0.09	0.33	0.56
ksstat	0.13	0.07	0.11	0.22	0.07	0.11	0.08	0.13	0.12	0.13	0.23	0.11	0.16	0.16	0.12	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.28	-2.70	0.87	3.56	0.28	4.57	-1.59	7.01	4.69	5.96	4.56	5.44	6.44	0.51	-0.58	-1.09
β	0.30	0.22	0.34	0.86	0.19	0.37	0.22	0.49	0.48	0.41	0.87	0.40	0.54	0.21	0.08	0.10

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.48	0.81	0.79	0.29	0.87	0.48	0.67	0.55	0.60	0.76	0.03	0.70	0.46	0.46	-0.49
DAP	0.48	1	0.45	0.32	0.93	0.45	1.00	0.16	0.16	0.16	0.28	-0.20	0.15	0.01	0.00	-0.03
Vel	0.81	0.45	1	0.74	0.22	0.90	0.44	0.63	0.53	0.58	0.75	0.00	0.65	0.41	0.41	-0.43
Ace	0.79	0.32	0.74	1	0.15	0.92	0.32	0.58	0.33	0.43	0.68	-0.17	0.67	0.75	0.75	-0.72
D _{techo}	0.29	0.93	0.22	0.15	1	0.24	0.93	0.00	0.00	0.00	0.07	-0.21	0.00	-0.04	-0.05	0.02
F _{dam}	0.87	0.45	0.90	0.92	0.24	1	0.45	0.65	0.46	0.54	0.78	-0.10	0.71	0.64	0.65	-0.64
D _{dam}	0.48	1.00	0.44	0.32	0.93	0.45	1	0.15	0.16	0.16	0.28	-0.21	0.14	0.01	-0.01	-0.03
E _I	0.67	0.16	0.63	0.58	0.00	0.65	0.15	1	0.94	0.97	0.92	0.63	0.99	0.39	0.37	-0.41
W _{D1}	0.55	0.16	0.53	0.33	0.00	0.46	0.16	0.94	1	0.98	0.82	0.78	0.88	0.12	0.10	-0.18
W _p	0.60	0.16	0.58	0.43	0.00	0.54	0.16	0.97	0.98	1	0.90	0.71	0.93	0.18	0.17	-0.22
E _{COL}	0.76	0.28	0.75	0.68	0.07	0.78	0.28	0.92	0.82	0.90	1	0.34	0.91	0.33	0.33	-0.33
E _{VIG}	0.03	-0.20	0.00	-0.17	-0.21	-0.10	-0.21	0.63	0.78	0.71	0.34	1	0.55	-0.13	-0.15	0.07
W _{D2}	0.70	0.15	0.65	0.67	0.00	0.71	0.14	0.99	0.88	0.93	0.91	0.55	1	0.51	0.50	-0.53
W _{D2} /W _p	0.46	0.01	0.41	0.75	-0.04	0.64	0.01	0.39	0.12	0.18	0.33	-0.13	0.51	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.46	0.00	0.41	0.75	-0.05	0.65	-0.01	0.37	0.10	0.17	0.33	-0.15	0.50	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.49	-0.03	-0.43	-0.72	0.02	-0.64	-0.03	-0.41	-0.18	-0.22	-0.33	0.07	-0.53	-0.98	-0.98	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.46	0.76	0.77	0.34	0.82	0.46	0.48	0.39	0.40	0.68	0.01	0.51	0.47	0.46	-0.48
DAP	0.46	1	0.47	0.43	0.93	0.45	1.00	0.08	0.09	0.08	0.22	-0.21	0.08	-0.03	-0.02	0.03
Vel	0.76	0.47	1	0.78	0.31	0.87	0.47	0.45	0.35	0.36	0.69	-0.05	0.47	0.42	0.41	-0.43
Ace	0.77	0.43	0.78	1	0.27	0.96	0.42	0.37	0.17	0.22	0.65	-0.27	0.44	0.69	0.70	-0.68
D _{techo}	0.34	0.93	0.31	0.27	1	0.29	0.93	-0.05	-0.01	-0.04	0.05	-0.23	-0.05	-0.08	-0.07	0.09
F _{dam}	0.82	0.45	0.87	0.96	0.29	1	0.45	0.45	0.27	0.32	0.73	-0.18	0.51	0.64	0.65	-0.63
D _{dam}	0.46	1.00	0.47	0.42	0.93	0.45	1	0.07	0.09	0.07	0.22	-0.21	0.07	-0.03	-0.02	0.03
E _I	0.48	0.08	0.45	0.37	-0.05	0.45	0.07	1	0.94	0.97	0.87	0.75	0.99	0.45	0.42	-0.49
W _{D1}	0.39	0.09	0.35	0.17	-0.01	0.27	0.09	0.94	1	0.98	0.77	0.85	0.89	0.19	0.15	-0.25
W _p	0.40	0.08	0.36	0.22	-0.04	0.32	0.07	0.97	0.98	1	0.81	0.84	0.93	0.26	0.23	-0.30
E _{COL}	0.68	0.22	0.69	0.65	0.05	0.73	0.22	0.87	0.77	0.81	1	0.42	0.88	0.51	0.50	-0.55
E _{VIG}	0.01	-0.21	-0.05	-0.27	-0.23	-0.18	-0.21	0.75	0.85	0.84	0.42	1	0.68	-0.07	-0.11	0.02
W _{D2}	0.51	0.08	0.47	0.44	-0.05	0.51	0.07	0.99	0.89	0.93	0.88	0.68	1	0.56	0.53	-0.59
W _{D2} /W _p	0.47	-0.03	0.42	0.69	-0.08	0.64	-0.03	0.45	0.19	0.26	0.51	-0.07	0.56	1	0.99	-0.99
W _{D2} /E _I	0.46	-0.02	0.41	0.70	-0.07	0.65	-0.02	0.42	0.15	0.23	0.50	-0.11	0.53	0.99	1	-0.97
W _p /E _I	-0.48	0.03	-0.43	-0.68	0.09	-0.63	0.03	-0.49	-0.25	-0.30	-0.55	0.02	-0.59	-0.99	-0.97	1

Tabla E50

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.94	0.07	2.65	55	1.33	189	0.21	1588	141	405	137	244	1041	2.91	0.64	0.26
Mediana	3.80	0.07	2.44	37	1.40	161	0.22	1343	121	378	94	237	895	2.28	0.63	0.27
Max.	10.60	0.11	6.20	246	1.94	581	0.32	5289	437	1269	780	480	3830	18.38	0.89	0.38
Min.	0.30	0.00	0.21	3	0.05	21	0.01	6	0	0	0	0	5	1.41	0.53	0.05
Σ	1.63	0.02	1.09	47	0.37	106	0.06	1024	82	213	147	103	747	2.63	0.07	0.06
cov	0.41	0.29	0.41	0.86	0.27	0.56	0.29	0.65	0.58	0.53	1.07	0.42	0.72	0.90	0.11	0.22
h-value	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
p-value	0.32	0.37	0.23	0.01	0.35	0.20	0.35	0.02	0.25	0.22	0.00	0.94	0.04	0.00	0.16	0.50
ksstat	0.12	0.12	0.13	0.21	0.12	0.14	0.12	0.19	0.13	0.13	0.26	0.07	0.18	0.32	0.14	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.34	-2.61	0.89	3.61	0.34	5.08	-1.50	7.20	4.80	5.94	4.54	5.47	6.80	0.83	-0.46	-1.29
β	0.33	0.16	0.40	0.02	0.17	0.55	0.16	0.57	0.54	0.44	0.89	0.39	0.64	0.03	0.10	0.15

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.52	0.86	0.83	0.40	0.90	0.52	0.80	0.70	0.70	0.80	0.22	0.82	-0.23	0.24	-0.23
DAP	0.52	1	0.49	0.30	0.97	0.39	1.00	0.29	0.32	0.31	0.28	0.12	0.27	-0.57	-0.33	0.34
Vel	0.86	0.49	1	0.75	0.36	0.91	0.49	0.76	0.69	0.68	0.78	0.20	0.77	-0.22	0.22	-0.22
Ace	0.83	0.30	0.75	1	0.18	0.93	0.30	0.69	0.46	0.49	0.72	-0.07	0.75	0.05	0.54	-0.48
D _{techo}	0.40	0.97	0.36	0.18	1	0.26	0.97	0.20	0.22	0.24	0.16	0.14	0.18	-0.63	-0.42	0.43
F _{dam}	0.90	0.39	0.91	0.93	0.26	1	0.39	0.79	0.63	0.64	0.83	0.06	0.83	-0.04	0.45	-0.42
D _{dam}	0.52	1.00	0.49	0.30	0.97	0.39	1	0.29	0.31	0.31	0.27	0.12	0.27	-0.57	-0.34	0.34
E _I	0.80	0.29	0.76	0.69	0.20	0.79	0.29	1	0.94	0.96	0.96	0.57	0.99	-0.13	0.25	-0.24
W _{D1}	0.70	0.32	0.69	0.46	0.22	0.63	0.31	0.94	1	0.98	0.88	0.73	0.90	-0.22	0.05	-0.09
W _p	0.70	0.31	0.68	0.49	0.24	0.64	0.31	0.96	0.98	1	0.90	0.74	0.92	-0.25	0.03	-0.05
E _{COL}	0.80	0.28	0.78	0.72	0.16	0.83	0.27	0.96	0.88	0.90	1	0.39	0.96	-0.03	0.30	-0.30
E _{VIG}	0.22	0.12	0.20	-0.07	0.14	0.06	0.12	0.57	0.73	0.74	0.39	1	0.49	-0.44	-0.36	0.33
W _{D2}	0.82	0.27	0.77	0.75	0.18	0.83	0.27	0.99	0.90	0.92	0.96	0.49	1	-0.08	0.32	-0.31
W _{D2} /W _p	-0.23	-0.57	-0.22	0.05	-0.63	-0.04	-0.57	-0.13	-0.22	-0.25	-0.03	-0.44	-0.08	1	0.79	-0.82
W _{D2} /E _I	0.24	-0.33	0.22	0.54	-0.42	0.45	-0.34	0.25	0.05	0.03	0.30	-0.36	0.32	0.79	1	-0.99
W _p /E _I	-0.23	0.34	-0.22	-0.48	0.43	-0.42	0.34	-0.24	-0.09	-0.05	-0.30	0.33	-0.31	-0.82	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.84	0.82	0.31	0.87	0.44	0.64	0.52	0.47	0.74	0.11	0.69	0.57	0.55	-0.58
DAP	0.44	1	0.44	0.37	0.94	0.40	1.00	0.17	0.18	0.16	0.23	-0.03	0.17	0.00	-0.01	-0.01
Vel	0.84	0.44	1	0.79	0.29	0.90	0.44	0.59	0.49	0.42	0.72	0.07	0.64	0.55	0.52	-0.56
Ace	0.82	0.37	0.79	1	0.26	0.95	0.37	0.46	0.26	0.23	0.64	-0.20	0.55	0.74	0.74	-0.74
D _{techo}	0.31	0.94	0.29	0.26	1	0.26	0.94	0.06	0.08	0.06	0.10	-0.05	0.06	-0.10	-0.10	0.09
F _{dam}	0.87	0.40	0.90	0.95	0.26	1	0.40	0.57	0.40	0.36	0.75	-0.07	0.64	0.71	0.70	-0.71
D _{dam}	0.44	1.00	0.44	0.37	0.94	0.40	1	0.17	0.18	0.16	0.23	-0.03	0.17	0.00	-0.01	-0.01
E _I	0.64	0.17	0.59	0.46	0.06	0.57	0.17	1	0.95	0.95	0.91	0.72	0.99	0.44	0.41	-0.46
W _{D1}	0.52	0.18	0.49	0.26	0.08	0.40	0.18	0.95	1	0.98	0.82	0.85	0.90	0.22	0.19	-0.24
W _p	0.47	0.16	0.42	0.23	0.06	0.36	0.16	0.95	0.98	1	0.81	0.87	0.90	0.20	0.17	-0.22
E _{COL}	0.74	0.23	0.72	0.64	0.10	0.75	0.23	0.91	0.82	0.81	1	0.49	0.92	0.53	0.50	-0.55
E _{VIG}	0.11	-0.03	0.07	-0.20	-0.05	-0.07	-0.03	0.72	0.85	0.87	0.49	1	0.64	-0.17	-0.20	0.15
W _{D2}	0.69	0.17	0.64	0.55	0.06	0.64	0.17	0.99	0.90	0.90	0.92	0.64	1	0.53	0.50	-0.54
W _{D2} /W _p	0.57	0.00	0.55	0.74	-0.10	0.71	0.00	0.44	0.22	0.20	0.53	-0.17	0.53	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.55	-0.01	0.52	0.74	-0.10	0.70	-0.01	0.41	0.19	0.17	0.50	-0.20	0.50	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.58	-0.01	-0.56	-0.74	0.09	-0.71	-0.01	-0.46	-0.24	-0.22	-0.55	0.15	-0.54	-1.00	-0.99	1

Tabla E51

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 10\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.64	0.06	3.09	66	1.30	463	0.19	2542	175	419	140	258	1946	4.19	0.73	0.20
Mediana	4.40	0.06	2.82	41	1.31	343	0.19	2058	156	370	104	243	1442	3.61	0.72	0.20
Max.	11.40	0.10	6.76	274	1.84	1740	0.31	9675	518	1072	675	514	8208	8.34	0.85	0.36
Min.	1.20	0.01	0.87	8	0.20	76	0.04	361	25	92	5	89	243	1.54	0.55	0.10
Σ	1.84	0.02	1.32	58	0.33	339	0.05	1953	107	198	129	99	1678	1.72	0.07	0.06
cov	0.40	0.26	0.43	0.88	0.26	0.73	0.26	0.77	0.61	0.47	0.92	0.38	0.86	0.41	0.10	0.31
h-value	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
p-value	0.70	0.72	0.34	0.01	0.49	0.11	0.76	0.01	0.16	0.16	0.00	0.75	0.00	0.15	0.94	0.80
ksstat	0.09	0.09	0.12	0.21	0.10	0.15	0.08	0.20	0.14	0.14	0.24	0.09	0.22	0.14	0.07	0.08
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.48	-2.75	1.04	3.72	0.27	5.84	-1.64	7.63	5.05	5.91	4.64	5.49	7.27	1.28	-0.33	-1.62
β	0.36	0.22	0.43	0.97	0.26	0.74	0.22	0.69	0.57	0.46	0.82	0.39	0.80	0.47	0.11	0.27

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.60	0.86	0.78	0.55	0.88	0.60	0.81	0.70	0.66	0.80	0.17	0.82	0.84	0.81	-0.82
DAP	0.60	1	0.55	0.37	0.98	0.48	1.00	0.30	0.30	0.20	0.27	-0.12	0.30	0.45	0.50	-0.54
Vel	0.86	0.55	1	0.72	0.48	0.90	0.55	0.79	0.73	0.64	0.77	0.17	0.80	0.84	0.79	-0.81
Ace	0.78	0.37	0.72	1	0.32	0.92	0.37	0.74	0.46	0.49	0.74	-0.06	0.77	0.90	0.83	-0.78
D _{techo}	0.55	0.98	0.48	0.32	1	0.41	0.98	0.25	0.25	0.17	0.23	-0.12	0.26	0.39	0.46	-0.49
F _{dam}	0.88	0.48	0.90	0.92	0.41	1	0.47	0.86	0.66	0.64	0.85	0.07	0.88	0.93	0.86	-0.83
D _{dam}	0.60	1.00	0.55	0.37	0.98	0.47	1	0.30	0.30	0.20	0.27	-0.12	0.30	0.45	0.50	-0.54
E _I	0.81	0.30	0.79	0.74	0.25	0.86	0.30	1	0.91	0.92	0.99	0.49	1.00	0.80	0.69	-0.69
W _{D1}	0.70	0.30	0.73	0.46	0.25	0.66	0.30	0.91	1	0.97	0.89	0.73	0.88	0.60	0.53	-0.57
W _p	0.66	0.20	0.64	0.49	0.17	0.64	0.20	0.92	0.97	1	0.91	0.78	0.89	0.57	0.47	-0.50
E _{COL}	0.80	0.27	0.77	0.74	0.23	0.85	0.27	0.99	0.89	0.91	1	0.46	0.99	0.77	0.66	-0.65
E _{VIG}	0.17	-0.12	0.17	-0.06	-0.12	0.07	-0.12	0.49	0.73	0.78	0.46	1	0.44	0.04	-0.02	-0.04
W _{D2}	0.82	0.30	0.80	0.77	0.26	0.88	0.30	1.00	0.88	0.89	0.99	0.44	1	0.83	0.72	-0.71
W _{D2} /W _p	0.84	0.45	0.84	0.90	0.39	0.93	0.45	0.80	0.60	0.57	0.77	0.04	0.83	1	0.96	-0.94
W _{D2} /E _I	0.81	0.50	0.79	0.83	0.46	0.86	0.50	0.69	0.53	0.47	0.66	-0.02	0.72	0.96	1	-0.99
W _p /E _I	-0.82	-0.54	-0.81	-0.78	-0.49	-0.83	-0.54	-0.69	-0.57	-0.50	-0.65	-0.04	-0.71	-0.94	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.65	0.86	0.83	0.57	0.88	0.65	0.75	0.64	0.51	0.72	0.13	0.79	0.85	0.83	-0.86
DAP	0.65	1	0.59	0.59	0.97	0.62	1.00	0.34	0.24	0.10	0.30	-0.17	0.38	0.52	0.51	-0.52
Vel	0.86	0.59	1	0.79	0.52	0.91	0.59	0.74	0.62	0.47	0.71	0.09	0.77	0.87	0.84	-0.87
Ace	0.83	0.59	0.79	1	0.52	0.95	0.59	0.64	0.42	0.31	0.65	-0.14	0.69	0.91	0.92	-0.91
D _{techo}	0.57	0.97	0.52	0.52	1	0.54	0.98	0.27	0.19	0.06	0.24	-0.17	0.31	0.44	0.44	-0.44
F _{dam}	0.88	0.62	0.91	0.95	0.54	1	0.62	0.74	0.55	0.43	0.73	-0.01	0.79	0.96	0.95	-0.96
D _{dam}	0.65	1.00	0.59	0.59	0.98	0.62	1	0.33	0.24	0.10	0.30	-0.17	0.37	0.52	0.51	-0.51
E _I	0.75	0.34	0.74	0.64	0.27	0.74	0.33	1	0.94	0.89	0.95	0.59	1.00	0.79	0.76	-0.80
W _{D1}	0.64	0.24	0.62	0.42	0.19	0.55	0.24	0.94	1	0.96	0.89	0.78	0.92	0.59	0.54	-0.60
W _p	0.51	0.10	0.47	0.31	0.06	0.43	0.10	0.89	0.96	1	0.86	0.87	0.86	0.46	0.42	-0.48
E _{COL}	0.72	0.30	0.71	0.65	0.24	0.73	0.30	0.95	0.89	0.86	1	0.55	0.95	0.76	0.73	-0.77
E _{VIG}	0.13	-0.17	0.09	-0.14	-0.17	-0.01	-0.17	0.59	0.78	0.87	0.55	1	0.53	0.02	-0.02	-0.04
W _{D2}	0.79	0.38	0.77	0.69	0.31	0.79	0.37	1.00	0.92	0.86	0.95	0.53	1	0.83	0.80	-0.84
W _{D2} /W _p	0.85	0.52	0.87	0.91	0.44	0.96	0.52	0.79	0.59	0.46	0.76	0.02	0.83	1	1.00	-1.00
W _{D2} /E _I	0.83	0.51	0.84	0.92	0.44	0.95	0.51	0.76	0.54	0.42	0.73	-0.02	0.80	1.00	1	-0.99
W _p /E _I	-0.86	-0.52	-0.87	-0.91	-0.44	-0.96	-0.51	-0.80	-0.60	-0.48	-0.77	-0.04	-0.84	-1.00	-0.99	1

Tabla E52

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	3.87	0.07	2.64	56	1.37	102	0.22	1410	131	406	150	232	869	2.15	0.62	0.29
Mediana	3.70	0.07	2.44	38	1.38	97	0.22	1245	117	364	113	217	763	2.08	0.61	0.29
Max.	9.00	0.11	5.40	209	2.11	162	0.34	3711	351	1292	853	522	2064	2.92	0.70	0.35
Min.	1.80	0.04	1.48	9	0.81	68	0.12	554	52	171	15	80	329	1.57	0.55	0.24
Σ	1.26	0.02	0.86	43	0.27	21	0.05	655	62	198	147	92	408	0.32	0.04	0.03
cov	0.32	0.21	0.33	0.77	0.20	0.21	0.22	0.46	0.48	0.49	0.98	0.39	0.47	0.15	0.06	0.09
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.50	0.95	0.38	0.02	0.34	0.29	0.95	0.25	0.09	0.10	0.00	0.30	0.35	0.19	0.52	0.54
ksstat	0.10	0.07	0.11	0.20	0.12	0.12	0.06	0.13	0.16	0.16	0.23	0.12	0.12	0.14	0.10	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.31	-2.63	0.89	3.63	0.32	4.58	-1.52	7.13	4.76	5.90	4.72	5.38	6.64	0.73	-0.49	-1.23
β	0.29	0.22	0.34	0.82	0.19	0.21	0.22	0.46	0.46	0.43	0.78	0.39	0.48	0.14	0.06	0.08

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.38	0.79	0.78	0.14	0.84	0.37	0.61	0.53	0.61	0.76	0.02	0.61	0.08	0.08	-0.04
DAP	0.38	1	0.42	0.25	0.89	0.35	0.99	0.08	0.11	0.13	0.22	-0.21	0.04	-0.29	-0.29	0.30
Vel	0.79	0.42	1	0.73	0.09	0.89	0.43	0.56	0.51	0.59	0.75	-0.03	0.54	-0.02	-0.01	0.06
Ace	0.78	0.25	0.73	1	0.05	0.91	0.26	0.54	0.32	0.46	0.69	-0.18	0.59	0.42	0.45	-0.34
D _{techo}	0.14	0.89	0.09	0.05	1	0.06	0.88	-0.11	-0.09	-0.09	-0.07	-0.22	-0.13	-0.21	-0.21	0.20
F _{dam}	0.84	0.35	0.89	0.91	0.06	1	0.35	0.56	0.41	0.54	0.76	-0.15	0.58	0.23	0.26	-0.16
D _{dam}	0.37	0.99	0.43	0.26	0.88	0.35	1	0.06	0.09	0.12	0.21	-0.24	0.02	-0.28	-0.28	0.29
E _I	0.61	0.08	0.56	0.54	-0.11	0.56	0.06	1	0.94	0.97	0.88	0.68	0.99	0.16	0.14	-0.15
W _{D1}	0.53	0.11	0.51	0.32	-0.09	0.41	0.09	0.94	1	0.96	0.80	0.79	0.89	-0.07	-0.12	0.05
W _p	0.61	0.13	0.59	0.46	-0.09	0.54	0.12	0.97	0.96	1	0.91	0.68	0.93	-0.04	-0.06	0.06
E _{COL}	0.76	0.22	0.75	0.69	-0.07	0.76	0.21	0.88	0.80	0.91	1	0.33	0.84	-0.02	0.00	0.08
E _{VIG}	0.02	-0.21	-0.03	-0.18	-0.22	-0.15	-0.24	0.68	0.79	0.68	0.33	1	0.64	-0.06	-0.12	0.00
W _{D2}	0.61	0.04	0.54	0.59	-0.13	0.58	0.02	0.99	0.89	0.93	0.84	0.64	1	0.29	0.28	-0.28
W _{D2} /W _p	0.08	-0.29	-0.02	0.42	-0.21	0.23	-0.28	0.16	-0.07	-0.04	-0.02	-0.06	0.29	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.08	-0.29	-0.01	0.45	-0.21	0.26	-0.28	0.14	-0.12	-0.06	0.00	-0.12	0.28	0.98	1	-0.96
W _p /E _I	-0.04	0.30	0.06	-0.34	0.20	-0.16	0.29	-0.15	0.05	0.06	0.08	0.00	-0.28	-0.98	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.40	0.74	0.76	0.24	0.80	0.39	0.43	0.37	0.42	0.66	-0.01	0.43	0.11	0.11	-0.10
DAP	0.40	1	0.45	0.34	0.87	0.38	1.00	0.01	0.06	0.06	0.15	-0.22	-0.03	-0.35	-0.34	0.35
Vel	0.74	0.45	1	0.77	0.19	0.88	0.45	0.38	0.33	0.38	0.67	-0.08	0.37	0.02	0.00	-0.01
Ace	0.76	0.34	0.77	1	0.20	0.95	0.34	0.32	0.14	0.25	0.66	-0.28	0.35	0.34	0.38	-0.29
D _{techo}	0.24	0.87	0.19	0.20	1	0.16	0.87	-0.12	-0.07	-0.09	-0.06	-0.26	-0.15	-0.21	-0.20	0.21
F _{dam}	0.80	0.38	0.88	0.95	0.16	1	0.38	0.39	0.24	0.35	0.74	-0.19	0.41	0.23	0.25	-0.19
D _{dam}	0.39	1.00	0.45	0.34	0.87	0.38	1	-0.01	0.03	0.04	0.14	-0.24	-0.05	-0.34	-0.33	0.34
E _I	0.43	0.01	0.38	0.32	-0.12	0.39	-0.01	1	0.93	0.98	0.82	0.78	0.99	0.34	0.27	-0.37
W _{D1}	0.37	0.06	0.33	0.14	-0.07	0.24	0.03	0.93	1	0.96	0.73	0.86	0.88	0.08	-0.02	-0.14
W _p	0.42	0.06	0.38	0.25	-0.09	0.35	0.04	0.98	0.96	1	0.82	0.81	0.94	0.17	0.11	-0.21
E _{COL}	0.66	0.15	0.67	0.66	-0.06	0.74	0.14	0.82	0.73	0.82	1	0.41	0.81	0.23	0.20	-0.24
E _{VIG}	-0.01	-0.22	-0.08	-0.28	-0.26	-0.19	-0.24	0.78	0.86	0.81	0.41	1	0.73	0.01	-0.08	-0.08
W _{D2}	0.43	-0.03	0.37	0.35	-0.15	0.41	-0.05	0.99	0.88	0.94	0.81	0.73	1	0.44	0.38	-0.47
W _{D2} /W _p	0.11	-0.35	0.02	0.34	-0.21	0.23	-0.34	0.34	0.08	0.17	0.23	0.01	0.44	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.11	-0.34	0.00	0.38	-0.20	0.25	-0.33	0.27	-0.02	0.11	0.20	-0.08	0.38	0.98	1	-0.94
W _p /E _I	-0.10	0.35	-0.01	-0.29	0.21	-0.19	0.34	-0.37	-0.14	-0.21	-0.24	-0.08	-0.47	-0.99	-0.94	1

Tabla E53

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.33	0.07	2.87	61	1.33	199	0.21	1901	157	416	155	236	1332	3.14	0.69	0.23
Mediana	4.20	0.07	2.63	40	1.38	182	0.22	1606	138	368	108	222	1117	2.98	0.68	0.23
Max.	11.0	0.10	6.40	252	1.76	443	0.30	5549	449	1307	858	519	3927	4.5	0.77	0.29
Min.	1.80	0.04	1.52	9	0.81	99	0.13	727	57	174	24	85	474	2.20	0.62	0.17
Σ	1.51	0.01	1.01	49	0.22	73	0.04	1048	84	209	157	93	761	0.57	0.04	0.03
cov	0.35	0.19	0.35	0.81	0.17	0.37	0.18	0.55	0.54	0.50	1.01	0.39	0.57	0.18	0.05	0.12
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.37	0.53	0.32	0.02	0.54	0.35	0.55	0.20	0.23	0.14	0.00	0.41	0.14	0.12	0.26	0.46
ksstat	0.12	0.10	0.12	0.19	0.10	0.12	0.10	0.14	0.13	0.15	0.22	0.11	0.15	0.15	0.13	0.11
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.44	-2.63	0.97	3.68	0.32	5.20	-1.51	7.38	4.93	5.91	4.68	5.40	7.02	1.09	-0.38	-1.48
β	0.29	0.16	0.35	0.86	0.15	0.37	0.14	0.53	0.50	0.45	0.84	0.38	0.56	0.20	0.05	0.12

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.38	0.81	0.80	0.08	0.87	0.38	0.72	0.63	0.65	0.80	0.04	0.74	0.48	0.46	-0.50
DAP	0.38	1	0.40	0.17	0.89	0.33	1.00	0.24	0.29	0.27	0.33	-0.06	0.23	-0.09	-0.12	0.06
Vel	0.81	0.40	1	0.74	0.05	0.91	0.40	0.68	0.62	0.62	0.78	0.02	0.69	0.45	0.42	-0.48
Ace	0.80	0.17	0.74	1	-0.06	0.92	0.17	0.63	0.41	0.49	0.71	-0.16	0.69	0.73	0.73	-0.69
D _{techo}	0.08	0.89	0.05	-0.06	1	0.02	0.89	-0.04	-0.01	-0.02	-0.02	-0.14	-0.05	-0.17	-0.18	0.15
F _{dam}	0.87	0.33	0.91	0.92	0.02	1	0.33	0.71	0.55	0.60	0.80	-0.09	0.74	0.65	0.64	-0.65
D _{dam}	0.38	1.00	0.40	0.17	0.89	0.33	1	0.24	0.29	0.27	0.32	-0.07	0.22	-0.10	-0.12	0.07
E _I	0.72	0.24	0.68	0.63	-0.04	0.71	0.24	1	0.94	0.97	0.94	0.59	1.00	0.44	0.40	-0.46
W _{D1}	0.63	0.29	0.62	0.41	-0.01	0.55	0.29	0.94	1	0.98	0.86	0.72	0.91	0.20	0.15	-0.26
W _p	0.65	0.27	0.62	0.49	-0.02	0.60	0.27	0.97	0.98	1	0.92	0.68	0.94	0.24	0.21	-0.27
E _{COL}	0.80	0.33	0.78	0.71	-0.02	0.80	0.32	0.94	0.86	0.92	1	0.35	0.93	0.36	0.34	-0.37
E _{VIG}	0.04	-0.06	0.02	-0.16	-0.14	-0.09	-0.07	0.59	0.72	0.68	0.35	1	0.53	-0.11	-0.15	0.05
W _{D2}	0.74	0.23	0.69	0.69	-0.05	0.74	0.22	1.00	0.91	0.94	0.93	0.53	1	0.51	0.48	-0.53
W _{D2} /W _p	0.48	-0.09	0.45	0.73	-0.17	0.65	-0.10	0.44	0.20	0.24	0.36	-0.11	0.51	1	0.99	-0.98
W _{D2} /E _I	0.46	-0.12	0.42	0.73	-0.18	0.64	-0.12	0.40	0.15	0.21	0.34	-0.15	0.48	0.99	1	-0.97
W _p /E _I	-0.50	0.06	-0.48	-0.69	0.15	-0.65	0.07	-0.46	-0.26	-0.27	-0.37	0.05	-0.53	-0.98	-0.97	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.33	0.75	0.77	0.03	0.81	0.33	0.51	0.43	0.42	0.69	0.03	0.54	0.50	0.48	-0.51
DAP	0.33	1	0.39	0.23	0.84	0.33	1.00	0.15	0.24	0.20	0.24	-0.02	0.18	-0.11	-0.11	0.09
Vel	0.75	0.39	1	0.76	0.05	0.88	0.39	0.46	0.39	0.37	0.68	-0.03	0.51	0.48	0.45	-0.51
Ace	0.77	0.23	0.76	1	-0.01	0.95	0.23	0.37	0.20	0.23	0.65	-0.25	0.44	0.69	0.71	-0.68
D _{techo}	0.03	0.84	0.05	-0.01	1	0.03	0.84	-0.09	0.00	-0.03	-0.06	-0.14	-0.06	-0.16	-0.15	0.16
F _{dam}	0.81	0.33	0.88	0.95	0.03	1	0.33	0.46	0.32	0.34	0.73	-0.15	0.53	0.65	0.66	-0.66
D _{dam}	0.33	1.00	0.39	0.23	0.84	0.33	1	0.15	0.24	0.20	0.24	-0.02	0.18	-0.11	-0.12	0.09
E _I	0.51	0.15	0.46	0.37	-0.09	0.46	0.15	1	0.94	0.96	0.88	0.74	0.98	0.50	0.43	-0.54
W _{D1}	0.43	0.24	0.39	0.20	0.00	0.32	0.24	0.94	1	0.97	0.81	0.84	0.92	0.28	0.20	-0.32
W _p	0.42	0.20	0.37	0.23	-0.03	0.34	0.20	0.96	0.97	1	0.84	0.84	0.95	0.29	0.22	-0.33
E _{COL}	0.69	0.24	0.68	0.65	-0.06	0.73	0.24	0.88	0.81	0.84	1	0.46	0.91	0.55	0.51	-0.58
E _{VIG}	0.03	-0.02	-0.03	-0.25	-0.14	-0.15	-0.02	0.74	0.84	0.84	0.46	1	0.68	-0.04	-0.12	0.00
W _{D2}	0.54	0.18	0.51	0.44	-0.06	0.53	0.18	0.98	0.92	0.95	0.91	0.68	1	0.56	0.50	-0.60
W _{D2} /W _p	0.50	-0.11	0.48	0.69	-0.16	0.65	-0.11	0.50	0.28	0.29	0.55	-0.04	0.56	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.48	-0.11	0.45	0.71	-0.15	0.66	-0.12	0.43	0.20	0.22	0.51	-0.12	0.50	0.98	1	-0.96
W _p /E _I	-0.51	0.09	-0.51	-0.68	0.16	-0.66	0.09	-0.54	-0.32	-0.33	-0.58	0.00	-0.60	-0.99	-0.96	1

Tabla E54

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.73	0.07	3.11	64	1.31	374	0.20	2621	184	415	147	244	2021	5.08	0.76	0.17
Mediana	4.60	0.07	2.88	43	1.39	323	0.21	2284	160	367	109	229	1765	4.52	0.76	0.17
Max.	8.80	0.10	6.65	208	1.81	948	0.30	9478	613	1321	814	489	7542	31.1 1	0.94	0.26
Min.	1.20	0.00	0.85	8	0.05	133	0.01	149	5	4	2	3	139	2.60	0.67	0.03
Σ	1.58	0.02	1.18	50	0.32	184	0.05	1657	109	206	136	102	1362	3.61	0.05	0.04
cov	0.33	0.25	0.38	0.78	0.24	0.49	0.25	0.63	0.59	0.50	0.92	0.42	0.67	0.71	0.06	0.22
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
p-value	0.77	0.58	0.32	0.02	0.43	0.26	0.65	0.10	0.21	0.21	0.01	0.53	0.06	0.00	0.59	0.80
ksstat	0.08	0.10	0.12	0.19	0.11	0.13	0.09	0.15	0.13	0.13	0.22	0.10	0.17	0.27	0.10	0.08
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.53	-2.68	1.06	3.75	0.33	5.78	-1.57	7.73	5.08	5.90	4.69	5.43	7.48	1.51	-0.28	-1.79
β	0.31	0.17	0.37	0.94	0.16	0.50	0.17	0.56	0.53	0.46	0.79	0.42	0.59	0.27	0.06	0.21

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.59	0.81	0.71	0.51	0.84	0.59	0.73	0.63	0.61	0.73	0.16	0.74	-0.05	0.46	-0.50
DAP	0.59	1	0.54	0.35	0.98	0.47	1.00	0.31	0.28	0.25	0.32	-0.08	0.31	-0.39	0.01	-0.03
Vel	0.81	0.54	1	0.65	0.42	0.88	0.53	0.71	0.66	0.59	0.73	0.13	0.72	-0.02	0.44	-0.50
Ace	0.71	0.35	0.65	1	0.28	0.90	0.34	0.59	0.32	0.37	0.62	-0.15	0.64	0.20	0.70	-0.65
D _{techo}	0.51	0.98	0.42	0.28	1	0.38	0.98	0.25	0.22	0.20	0.25	-0.07	0.25	-0.43	-0.05	0.04
F _{dam}	0.84	0.47	0.88	0.90	0.38	1	0.47	0.74	0.55	0.55	0.77	-0.01	0.77	0.14	0.66	-0.66
D _{dam}	0.59	1.00	0.53	0.34	0.98	0.47	1	0.30	0.28	0.24	0.31	-0.08	0.31	-0.39	0.00	-0.03
E _I	0.73	0.31	0.71	0.59	0.25	0.74	0.30	1	0.93	0.95	0.97	0.58	1.00	0.02	0.40	-0.44
W _{D1}	0.63	0.28	0.66	0.32	0.22	0.55	0.28	0.93	1	0.97	0.89	0.74	0.90	-0.07	0.19	-0.28
W _p	0.61	0.25	0.59	0.37	0.20	0.55	0.24	0.95	0.97	1	0.91	0.77	0.93	-0.12	0.17	-0.22
E _{COL}	0.73	0.32	0.73	0.62	0.25	0.77	0.31	0.97	0.89	0.91	1	0.46	0.97	0.06	0.41	-0.43
E _{VIG}	0.16	-0.08	0.13	-0.15	-0.07	-0.01	-0.08	0.58	0.74	0.77	0.46	1	0.53	-0.32	-0.25	0.18
W _{D2}	0.74	0.31	0.72	0.64	0.25	0.77	0.31	1.00	0.90	0.93	0.97	0.53	1	0.04	0.45	-0.47
W _{D2} /W _p	-0.05	-0.39	-0.02	0.20	-0.43	0.14	-0.39	0.02	-0.07	-0.12	0.06	-0.32	0.04	1	0.74	-0.73
W _{D2} /E _I	0.46	0.01	0.44	0.70	-0.05	0.66	0.00	0.40	0.19	0.17	0.41	-0.25	0.45	0.74	1	-0.98
W _p /E _I	-0.50	-0.03	-0.50	-0.65	0.04	-0.66	-0.03	-0.44	-0.28	-0.22	-0.43	0.18	-0.47	-0.73	-0.98	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.55	0.81	0.78	0.47	0.84	0.55	0.63	0.55	0.44	0.69	0.09	0.66	0.67	0.64	-0.68
DAP	0.55	1	0.51	0.50	0.97	0.52	1.00	0.16	0.13	0.05	0.22	-0.24	0.20	0.29	0.28	-0.31
Vel	0.81	0.51	1	0.75	0.39	0.89	0.51	0.60	0.52	0.40	0.68	0.02	0.64	0.69	0.65	-0.70
Ace	0.78	0.50	0.75	1	0.42	0.94	0.50	0.48	0.30	0.23	0.61	-0.22	0.54	0.83	0.83	-0.83
D _{techo}	0.47	0.97	0.39	0.42	1	0.42	0.97	0.10	0.07	0.00	0.14	-0.24	0.13	0.22	0.22	-0.23
F _{dam}	0.84	0.52	0.89	0.94	0.42	1	0.52	0.59	0.44	0.35	0.70	-0.10	0.64	0.83	0.82	-0.83
D _{dam}	0.55	1.00	0.51	0.50	0.97	0.52	1	0.15	0.12	0.04	0.21	-0.24	0.19	0.29	0.28	-0.31
E _I	0.63	0.16	0.60	0.48	0.10	0.59	0.15	1	0.96	0.94	0.95	0.68	0.99	0.57	0.52	-0.57
W _{D1}	0.55	0.13	0.52	0.30	0.07	0.44	0.12	0.96	1	0.97	0.88	0.80	0.93	0.39	0.33	-0.39
W _p	0.44	0.05	0.40	0.23	0.00	0.35	0.04	0.94	0.97	1	0.85	0.87	0.91	0.30	0.25	-0.30
E _{COL}	0.69	0.22	0.68	0.61	0.14	0.70	0.21	0.95	0.88	0.85	1	0.54	0.95	0.61	0.56	-0.61
E _{VIG}	0.09	-0.24	0.02	-0.22	-0.24	-0.10	-0.24	0.68	0.80	0.87	0.54	1	0.63	-0.12	-0.16	0.12
W _{D2}	0.66	0.20	0.64	0.54	0.13	0.64	0.19	0.99	0.93	0.91	0.95	0.63	1	0.62	0.58	-0.62
W _{D2} /W _p	0.67	0.29	0.69	0.83	0.22	0.83	0.29	0.57	0.39	0.30	0.61	-0.12	0.62	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.64	0.28	0.65	0.83	0.22	0.82	0.28	0.52	0.33	0.25	0.56	-0.16	0.58	0.99	1	-0.99
W _p /E _I	-0.68	-0.31	-0.70	-0.83	-0.23	-0.83	-0.31	-0.57	-0.39	-0.30	-0.61	0.12	-0.62	-1.00	-0.99	1

Tabla E55

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 20\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	5.77	0.06	3.83	84	1.29	883	0.19	4765	242	453	168	284	4047	8.15	0.83	0.12
Mediana	5.40	0.06	3.39	52	1.26	669	0.18	3633	210	409	123	270	3062	7.44	0.83	0.11
Max.	10.6	0.23	8.49	265	5.00	2709	0.80	20345	807	986	816	639	17555	21.5	0.91	0.22
Min.	1.80	0.03	1.58	8	0.60	192	0.09	855	57	177	25	116	619	3.29	0.72	0.04
Σ	2.11	0.03	1.66	70	0.59	584	0.09	3581	144	184	143	107	3201	3.22	0.05	0.04
cov	0.37	0.44	0.43	0.84	0.46	0.66	0.50	0.75	0.60	0.41	0.85	0.38	0.79	0.40	0.05	0.33
h-value	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0
p-value	0.51	0.08	0.33	0.02	0.11	0.04	0.02	0.01	0.18	0.21	0.00	0.72	0.02	0.39	0.64	0.69
ksstat	0.10	0.16	0.12	0.19	0.15	0.18	0.20	0.20	0.14	0.13	0.24	0.09	0.20	0.11	0.09	0.09
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.69	-2.84	1.22	3.96	0.23	6.51	-1.73	8.20	5.35	6.01	4.81	5.60	8.03	2.01	-0.19	-2.19
β	0.38	0.28	0.44	1.03	0.26	0.72	0.28	0.70	0.55	0.42	0.78	0.37	0.72	0.39	0.06	0.31

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.58	0.85	0.74	0.54	0.86	0.55	0.75	0.67	0.57	0.70	0.19	0.76	0.87	0.85	-0.86
DAP	0.58	1	0.50	0.35	1.00	0.52	1.00	0.61	0.55	0.26	0.58	0.22	0.61	0.71	0.48	-0.50
Vel	0.85	0.50	1	0.69	0.46	0.92	0.48	0.78	0.75	0.61	0.71	0.23	0.79	0.87	0.82	-0.83
Ace	0.74	0.35	0.69	1	0.30	0.89	0.33	0.65	0.44	0.52	0.70	-0.02	0.67	0.74	0.80	-0.72
D _{techo}	0.54	1.00	0.46	0.30	1	0.47	0.99	0.57	0.52	0.22	0.54	0.21	0.57	0.67	0.44	-0.46
F _{dam}	0.86	0.52	0.92	0.89	0.47	1	0.50	0.82	0.67	0.62	0.80	0.15	0.83	0.91	0.87	-0.84
D _{dam}	0.55	1.00	0.48	0.33	0.99	0.50	1	0.62	0.56	0.26	0.60	0.26	0.61	0.70	0.45	-0.47
E _I	0.75	0.61	0.78	0.65	0.57	0.82	0.62	1	0.94	0.87	0.97	0.62	1.00	0.87	0.71	-0.70
W _{D1}	0.67	0.55	0.75	0.44	0.52	0.67	0.56	0.94	1	0.90	0.87	0.77	0.93	0.77	0.61	-0.65
W _p	0.57	0.26	0.61	0.52	0.22	0.62	0.26	0.87	0.90	1	0.85	0.79	0.86	0.60	0.53	-0.54
E _{COL}	0.70	0.58	0.71	0.70	0.54	0.80	0.60	0.97	0.87	0.85	1	0.57	0.97	0.83	0.68	-0.66
E _{VIG}	0.19	0.22	0.23	-0.02	0.21	0.15	0.26	0.62	0.77	0.79	0.57	1	0.59	0.28	0.12	-0.17
W _{D2}	0.76	0.61	0.79	0.67	0.57	0.83	0.61	1.00	0.93	0.86	0.97	0.59	1	0.88	0.73	-0.72
W _{D2} /W _p	0.87	0.71	0.87	0.74	0.67	0.91	0.70	0.87	0.77	0.60	0.83	0.28	0.88	1	0.91	-0.90
W _{D2} /E _I	0.85	0.48	0.82	0.80	0.44	0.87	0.45	0.71	0.61	0.53	0.68	0.12	0.73	0.91	1	-0.99
W _p /E _I	-0.86	-0.50	-0.83	-0.72	-0.46	-0.84	-0.47	-0.70	-0.65	-0.54	-0.66	-0.17	-0.72	-0.90	-0.99	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.60	0.86	0.81	0.56	0.87	0.60	0.74	0.65	0.49	0.71	0.12	0.76	0.86	0.84	-0.86
DAP	0.60	1	0.53	0.53	0.99	0.55	1.00	0.27	0.22	0.02	0.25	-0.23	0.30	0.53	0.49	-0.53
Vel	0.86	0.53	1	0.79	0.48	0.93	0.52	0.79	0.69	0.53	0.74	0.14	0.81	0.91	0.87	-0.91
Ace	0.81	0.53	0.79	1	0.49	0.94	0.53	0.68	0.47	0.37	0.69	-0.10	0.71	0.87	0.91	-0.86
D _{techo}	0.56	0.99	0.48	0.49	1	0.51	0.99	0.23	0.18	-0.01	0.20	-0.24	0.26	0.49	0.45	-0.50
F _{dam}	0.87	0.55	0.93	0.94	0.51	1	0.55	0.78	0.61	0.47	0.75	0.02	0.80	0.95	0.96	-0.95
D _{dam}	0.60	1.00	0.52	0.53	0.99	0.55	1	0.27	0.21	0.02	0.24	-0.23	0.30	0.53	0.49	-0.53
E _I	0.74	0.27	0.79	0.68	0.23	0.78	0.27	1	0.95	0.89	0.97	0.58	1.00	0.82	0.81	-0.83
W _{D1}	0.65	0.22	0.69	0.47	0.18	0.61	0.21	0.95	1	0.94	0.92	0.75	0.93	0.67	0.63	-0.68
W _p	0.49	0.02	0.53	0.37	-0.01	0.47	0.02	0.89	0.94	1	0.89	0.86	0.88	0.51	0.50	-0.52
E _{COL}	0.71	0.25	0.74	0.69	0.20	0.75	0.24	0.97	0.92	0.89	1	0.57	0.97	0.77	0.77	-0.77
E _{VIG}	0.12	-0.23	0.14	-0.10	-0.24	0.02	-0.23	0.58	0.75	0.86	0.57	1	0.54	0.09	0.05	-0.10
W _{D2}	0.76	0.30	0.81	0.71	0.26	0.80	0.30	1.00	0.93	0.88	0.97	0.54	1	0.85	0.84	-0.85
W _{D2} /W _p	0.86	0.53	0.91	0.87	0.49	0.95	0.53	0.82	0.67	0.51	0.77	0.09	0.85	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.84	0.49	0.87	0.91	0.45	0.96	0.49	0.81	0.63	0.50	0.77	0.05	0.84	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.86	-0.53	-0.91	-0.86	-0.50	-0.95	-0.53	-0.83	-0.68	-0.52	-0.77	-0.10	-0.85	-1.00	-0.98	1

Tabla E56

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	4.18	0.08	2.79	59	1.42	140	0.24	1716	145	402	161	225	1155	3.09	0.68	0.24
Mediana	4.00	0.08	2.56	39	1.38	133	0.23	1519	132	359	111	203	1034	2.80	0.67	0.24
Max.	9.40	0.21	5.62	217	4.31	220	0.75	4396	382	1281	875	506	2728	17.3	0.79	0.30
Min.	2.00	0.04	1.51	9	0.81	95	0.12	665	57	63	19	79	433	2.06	0.61	0.05
Σ	1.33	0.02	0.90	45	0.47	29	0.09	805	71	206	156	89	543	1.91	0.04	0.03
cov	0.32	0.32	0.32	0.76	0.33	0.21	0.36	0.47	0.49	0.51	0.97	0.40	0.47	0.62	0.05	0.14
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
p-value	0.34	0.28	0.41	0.02	0.13	0.52	0.15	0.26	0.17	0.37	0.00	0.37	0.33	0.00	0.35	0.20
ksstat	0.12	0.13	0.11	0.19	0.15	0.10	0.14	0.13	0.14	0.12	0.24	0.12	0.12	0.35	0.12	0.14
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.39	-2.59	0.94	3.67	0.32	4.89	-1.48	7.33	4.88	5.88	4.71	5.31	6.94	1.03	-0.40	-1.43
β	0.29	0.24	0.33	0.85	0.22	0.22	0.24	0.47	0.47	0.45	0.86	0.42	0.48	0.02	0.05	0.09

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.21	0.78	0.77	0.02	0.84	0.22	0.62	0.54	0.62	0.77	0.02	0.62	0.04	0.04	0.00
DAP	0.21	1	0.23	0.10	0.92	0.22	1.00	0.11	0.15	0.15	0.19	-0.15	0.08	-0.20	-0.23	0.21
Vel	0.78	0.23	1	0.73	-0.04	0.89	0.23	0.57	0.53	0.60	0.76	-0.02	0.55	-0.05	-0.04	0.08
Ace	0.77	0.10	0.73	1	-0.04	0.91	0.10	0.55	0.33	0.47	0.69	-0.19	0.58	0.37	0.41	-0.29
D _{techo}	0.02	0.92	-0.04	-0.04	1	0.01	0.91	-0.09	-0.09	-0.09	-0.07	-0.23	-0.10	-0.10	-0.12	0.09
F _{dam}	0.84	0.22	0.89	0.91	0.01	1	0.23	0.57	0.43	0.56	0.77	-0.15	0.58	0.18	0.20	-0.11
D _{dam}	0.22	1.00	0.23	0.10	0.91	0.23	1	0.10	0.13	0.13	0.18	-0.17	0.07	-0.21	-0.23	0.21
E _I	0.62	0.11	0.57	0.55	-0.09	0.57	0.10	1	0.94	0.97	0.87	0.66	0.99	0.15	0.13	-0.14
W _{D1}	0.54	0.15	0.53	0.33	-0.09	0.43	0.13	0.94	1	0.96	0.81	0.77	0.90	-0.08	-0.13	0.06
W _p	0.62	0.15	0.60	0.47	-0.09	0.56	0.13	0.97	0.96	1	0.92	0.66	0.93	-0.06	-0.08	0.08
E _{COL}	0.77	0.19	0.76	0.69	-0.07	0.77	0.18	0.87	0.81	0.92	1	0.32	0.84	-0.07	-0.06	0.13
E _{VIG}	0.02	-0.15	-0.02	-0.19	-0.23	-0.15	-0.17	0.66	0.77	0.66	0.32	1	0.63	-0.05	-0.12	0.00
W _{D2}	0.62	0.08	0.55	0.58	-0.10	0.58	0.07	0.99	0.90	0.93	0.84	0.63	1	0.26	0.24	-0.25
W _{D2} /W _p	0.04	-0.20	-0.05	0.37	-0.10	0.18	-0.21	0.15	-0.08	-0.06	-0.07	-0.05	0.26	1	0.98	-0.99
W _{D2} /E _I	0.04	-0.23	-0.04	0.41	-0.12	0.20	-0.23	0.13	-0.13	-0.08	-0.06	-0.12	0.24	0.98	1	-0.95
W _p /E _I	0.00	0.21	0.08	-0.29	0.09	-0.11	0.21	-0.14	0.06	0.08	0.13	0.00	-0.25	-0.99	-0.95	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.24	0.73	0.75	0.07	0.79	0.25	0.41	0.44	0.47	0.65	0.00	0.44	0.04	0.02	-0.04
DAP	0.24	1	0.25	0.19	0.92	0.24	1.00	0.10	0.07	0.03	0.17	-0.14	0.05	-0.15	-0.16	0.16
Vel	0.73	0.25	1	0.76	0.01	0.87	0.25	0.37	0.37	0.39	0.68	-0.08	0.38	-0.03	-0.05	0.02
Ace	0.75	0.19	0.76	1	0.03	0.96	0.19	0.31	0.20	0.28	0.65	-0.28	0.35	0.25	0.28	-0.22
D _{techo}	0.07	0.92	0.01	0.03	1	0.04	0.92	-0.04	-0.08	-0.13	-0.04	-0.20	-0.08	-0.04	-0.05	0.05
F _{dam}	0.79	0.24	0.87	0.96	0.04	1	0.24	0.37	0.30	0.36	0.72	-0.20	0.40	0.15	0.16	-0.13
D _{dam}	0.25	1.00	0.25	0.19	0.92	0.24	1	0.08	0.05	0.01	0.16	-0.15	0.03	-0.16	-0.17	0.16
E _I	0.41	0.10	0.37	0.31	-0.04	0.37	0.08	1	0.88	0.88	0.84	0.77	0.97	0.37	0.29	-0.38
W _{D1}	0.44	0.07	0.37	0.20	-0.08	0.30	0.05	0.88	1	0.97	0.75	0.78	0.90	0.07	-0.03	-0.10
W _p	0.47	0.03	0.39	0.28	-0.13	0.36	0.01	0.88	0.97	1	0.77	0.74	0.92	0.10	0.04	-0.11
E _{COL}	0.65	0.17	0.68	0.65	-0.04	0.72	0.16	0.84	0.75	0.77	1	0.43	0.81	0.19	0.15	-0.19
E _{VIG}	0.00	-0.14	-0.08	-0.28	-0.20	-0.20	-0.15	0.77	0.78	0.74	0.43	1	0.72	0.05	-0.03	-0.08
W _{D2}	0.44	0.05	0.38	0.35	-0.08	0.40	0.03	0.97	0.90	0.92	0.81	0.72	1	0.41	0.34	-0.41
W _{D2} /W _p	0.04	-0.15	-0.03	0.25	-0.04	0.15	-0.16	0.37	0.07	0.10	0.19	0.05	0.41	1	0.97	-0.99
W _{D2} /E _I	0.02	-0.16	-0.05	0.28	-0.05	0.16	-0.17	0.29	-0.03	0.04	0.15	-0.03	0.34	0.97	1	-0.94
W _p /E _I	-0.04	0.16	0.02	-0.22	0.05	-0.13	0.16	-0.38	-0.10	-0.11	-0.19	-0.08	-0.41	-0.99	-0.94	1

Tabla E57

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.79	0.07	3.12	67	1.34	285	0.21	2486	181	424	165	235	1882	4.35	0.75	0.18
Mediana	4.60	0.07	2.89	43	1.35	264	0.22	2091	159	373	112	220	1558	4.22	0.74	0.18
Max.	11.2	0.10	6.54	258	1.90	611	0.30	7129	507	1306	860	478	5311	6.08	0.81	0.23
Min.	2.00	0.04	1.66	10	0.73	140	0.11	985	73	175	25	84	731	3.05	0.69	0.13
Σ	1.58	0.01	1.10	53	0.27	104	0.04	1348	95	209	161	93	1048	0.70	0.03	0.02
cov	0.33	0.21	0.35	0.80	0.20	0.36	0.21	0.54	0.52	0.49	0.97	0.39	0.56	0.16	0.04	0.12
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.40	0.92	0.40	0.02	0.80	0.28	0.95	0.12	0.26	0.35	0.01	0.40	0.17	0.20	0.42	0.95
ksstat	0.11	0.07	0.11	0.19	0.08	0.12	0.06	0.15	0.13	0.12	0.21	0.11	0.14	0.14	0.11	0.06
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.53	-2.62	1.06	3.77	0.30	5.58	-1.52	7.65	5.07	5.92	4.72	5.39	7.35	1.44	-0.30	-1.73
β	0.30	0.17	0.35	0.88	0.19	0.37	0.17	0.54	0.50	0.47	0.88	0.40	0.56	0.16	0.04	0.11

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.16	0.80	0.79	-0.03	0.87	0.17	0.71	0.60	0.64	0.79	0.04	0.72	0.50	0.47	-0.51
DAP	0.16	1	0.28	0.08	0.95	0.21	1.00	0.01	0.05	0.00	0.07	-0.26	0.00	-0.01	-0.06	-0.01
Vel	0.80	0.28	1	0.72	0.03	0.90	0.30	0.67	0.63	0.62	0.76	0.01	0.68	0.47	0.42	-0.50
Ace	0.79	0.08	0.72	1	-0.06	0.92	0.10	0.63	0.39	0.49	0.70	-0.16	0.67	0.73	0.73	-0.68
D _{techo}	-0.03	0.95	0.03	-0.06	1	0.00	0.94	-0.20	-0.17	-0.21	-0.16	-0.33	-0.20	-0.07	-0.10	0.07
F _{dam}	0.87	0.21	0.90	0.92	0.00	1	0.23	0.70	0.54	0.60	0.80	-0.09	0.73	0.66	0.64	-0.65
D _{dam}	0.17	1.00	0.30	0.10	0.94	0.23	1	0.01	0.05	0.00	0.08	-0.27	0.00	0.00	-0.05	-0.02
E _I	0.71	0.01	0.67	0.63	-0.20	0.70	0.01	1	0.93	0.97	0.94	0.59	1.00	0.46	0.42	-0.47
W _{D1}	0.60	0.05	0.63	0.39	-0.17	0.54	0.05	0.93	1	0.97	0.86	0.72	0.91	0.22	0.16	-0.28
W _p	0.64	0.00	0.62	0.49	-0.21	0.60	0.00	0.97	0.97	1	0.93	0.68	0.95	0.26	0.23	-0.28
E _{COL}	0.79	0.07	0.76	0.70	-0.16	0.80	0.08	0.94	0.86	0.93	1	0.37	0.94	0.38	0.36	-0.38
E _{VIG}	0.04	-0.26	0.01	-0.16	-0.33	-0.09	-0.27	0.59	0.72	0.68	0.37	1	0.54	-0.12	-0.17	0.07
W _{D2}	0.72	0.00	0.68	0.67	-0.20	0.73	0.00	1.00	0.91	0.95	0.94	0.54	1	0.51	0.47	-0.51
W _{D2} /W _p	0.50	-0.01	0.47	0.73	-0.07	0.66	0.00	0.46	0.22	0.26	0.38	-0.12	0.51	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.47	-0.06	0.42	0.73	-0.10	0.64	-0.05	0.42	0.16	0.23	0.36	-0.17	0.47	0.98	1	-0.96
W _p /E _I	-0.51	-0.01	-0.50	-0.68	0.07	-0.65	-0.02	-0.47	-0.28	-0.28	-0.38	0.07	-0.51	-0.98	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.18	0.76	0.78	0.00	0.81	0.18	0.53	0.47	0.44	0.69	0.02	0.56	0.53	0.49	-0.53
DAP	0.18	1	0.34	0.22	0.93	0.28	0.99	-0.10	-0.03	-0.09	0.01	-0.29	-0.07	-0.05	-0.09	0.04
Vel	0.76	0.34	1	0.76	0.11	0.88	0.35	0.48	0.45	0.39	0.67	-0.06	0.51	0.52	0.45	-0.52
Ace	0.78	0.22	0.76	1	0.06	0.95	0.23	0.39	0.25	0.26	0.64	-0.27	0.44	0.70	0.71	-0.70
D _{techo}	0.00	0.93	0.11	0.06	1	0.07	0.92	-0.28	-0.21	-0.26	-0.19	-0.39	-0.26	-0.10	-0.14	0.09
F _{dam}	0.81	0.28	0.88	0.95	0.07	1	0.29	0.47	0.37	0.36	0.71	-0.17	0.52	0.68	0.66	-0.67
D _{dam}	0.18	0.99	0.35	0.23	0.92	0.29	1	-0.12	-0.06	-0.11	-0.01	-0.31	-0.09	-0.04	-0.09	0.03
E _I	0.53	-0.10	0.48	0.39	-0.28	0.47	-0.12	1	0.95	0.96	0.90	0.72	0.99	0.47	0.41	-0.49
W _{D1}	0.47	-0.03	0.45	0.25	-0.21	0.37	-0.06	0.95	1	0.96	0.84	0.80	0.94	0.29	0.21	-0.31
W _p	0.44	-0.09	0.39	0.26	-0.26	0.36	-0.11	0.96	0.96	1	0.85	0.82	0.96	0.28	0.22	-0.29
E _{COL}	0.69	0.01	0.67	0.64	-0.19	0.71	-0.01	0.90	0.84	0.85	1	0.47	0.92	0.53	0.48	-0.54
E _{VIG}	0.02	-0.29	-0.06	-0.27	-0.39	-0.17	-0.31	0.72	0.80	0.82	0.47	1	0.68	-0.11	-0.16	0.09
W _{D2}	0.56	-0.07	0.51	0.44	-0.26	0.52	-0.09	0.99	0.94	0.96	0.92	0.68	1	0.52	0.47	-0.53
W _{D2} /W _p	0.53	-0.05	0.52	0.70	-0.10	0.68	-0.04	0.47	0.29	0.28	0.53	-0.11	0.52	1	0.97	-1.00
W _{D2} /E _I	0.49	-0.09	0.45	0.71	-0.14	0.66	-0.09	0.41	0.21	0.22	0.48	-0.16	0.47	0.97	1	-0.96
W _p /E _I	-0.53	0.04	-0.52	-0.70	0.09	-0.67	0.03	-0.49	-0.31	-0.29	-0.54	0.09	-0.53	-1.00	-0.96	1

Tabla E58

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	5.52	0.07	3.58	77	1.33	569	0.20	3854	227	449	171	257	3174	6.70	0.81	0.13
Mediana	5.20	0.07	3.25	50	1.39	483	0.21	3222	209	385	121	241	2666	6.59	0.81	0.12
Max.	12.0	0.10	7.50	285	1.97	1504	0.31	12977	708	1309	785	492	10956	10.5	0.87	0.19
Min.	2.00	0.03	1.61	9	0.66	189	0.10	1035	66	181	28	98	778	3.97	0.75	0.08
Σ	1.89	0.02	1.40	63	0.33	294	0.05	2451	130	217	156	99	2123	1.55	0.03	0.03
cov	0.34	0.25	0.39	0.82	0.25	0.52	0.25	0.64	0.57	0.48	0.91	0.39	0.67	0.23	0.04	0.20
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
p-value	0.27	0.42	0.22	0.04	0.48	0.14	0.48	0.06	0.15	0.06	0.00	0.65	0.05	0.87	0.64	0.44
ksstat	0.13	0.11	0.13	0.18	0.11	0.15	0.11	0.17	0.14	0.17	0.24	0.09	0.17	0.07	0.09	0.11
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.65	-2.67	1.18	3.92	0.33	6.18	-1.56	8.08	5.34	5.95	4.80	5.48	7.89	1.89	-0.21	-2.10
β	0.33	0.17	0.41	0.92	0.19	0.53	0.18	0.60	0.50	0.48	0.85	0.40	0.62	0.23	0.04	0.21

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.39	0.82	0.77	0.29	0.87	0.38	0.75	0.64	0.64	0.78	0.11	0.77	0.78	0.74	-0.76
DAP	0.39	1	0.42	0.21	0.98	0.34	1.00	0.16	0.17	0.06	0.14	-0.24	0.16	0.34	0.29	-0.34
Vel	0.82	0.42	1	0.70	0.29	0.90	0.42	0.74	0.69	0.62	0.76	0.11	0.75	0.78	0.71	-0.76
Ace	0.77	0.21	0.70	1	0.11	0.92	0.21	0.66	0.41	0.50	0.73	-0.12	0.69	0.83	0.83	-0.74
D _{techo}	0.29	0.98	0.29	0.11	1	0.22	0.98	0.08	0.10	0.01	0.06	-0.24	0.09	0.24	0.20	-0.25
F _{dam}	0.87	0.34	0.90	0.92	0.22	1	0.34	0.78	0.60	0.62	0.83	0.00	0.80	0.88	0.85	-0.82
D _{dam}	0.38	1.00	0.42	0.21	0.98	0.34	1	0.15	0.17	0.06	0.14	-0.25	0.16	0.35	0.30	-0.35
E _I	0.75	0.16	0.74	0.66	0.08	0.78	0.15	1	0.93	0.96	0.97	0.56	1.00	0.69	0.63	-0.64
W _{D1}	0.64	0.17	0.69	0.41	0.10	0.60	0.17	0.93	1	0.96	0.87	0.72	0.92	0.52	0.44	-0.53
W _p	0.64	0.06	0.62	0.50	0.01	0.62	0.06	0.96	0.96	1	0.92	0.74	0.95	0.51	0.45	-0.48
E _{COL}	0.78	0.14	0.76	0.73	0.06	0.83	0.14	0.97	0.87	0.92	1	0.43	0.98	0.67	0.62	-0.61
E _{VIG}	0.11	-0.24	0.11	-0.12	-0.24	0.00	-0.25	0.56	0.72	0.74	0.43	1	0.53	-0.02	-0.07	-0.02
W _{D2}	0.77	0.16	0.75	0.69	0.09	0.80	0.16	1.00	0.92	0.95	0.98	0.53	1	0.71	0.65	-0.66
W _{D2} /W _p	0.78	0.34	0.78	0.83	0.24	0.88	0.35	0.69	0.52	0.51	0.67	-0.02	0.71	1	0.98	-0.97
W _{D2} /E _I	0.74	0.29	0.71	0.83	0.20	0.85	0.30	0.63	0.44	0.45	0.62	-0.07	0.65	0.98	1	-0.97
W _p /E _I	-0.76	-0.34	-0.76	-0.74	-0.25	-0.82	-0.35	-0.64	-0.53	-0.48	-0.61	-0.02	-0.66	-0.97	-0.97	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.39	0.81	0.79	0.30	0.83	0.38	0.63	0.57	0.47	0.70	0.08	0.66	0.78	0.75	-0.78
DAP	0.39	1	0.43	0.36	0.97	0.41	1.00	0.10	0.10	0.02	0.14	-0.25	0.13	0.36	0.32	-0.37
Vel	0.81	0.43	1	0.76	0.29	0.90	0.43	0.64	0.58	0.46	0.72	0.05	0.67	0.80	0.76	-0.81
Ace	0.79	0.36	0.76	1	0.26	0.95	0.37	0.54	0.36	0.32	0.65	-0.19	0.57	0.88	0.89	-0.88
D _{techo}	0.30	0.97	0.29	0.26	1	0.28	0.97	0.03	0.03	-0.03	0.05	-0.24	0.05	0.26	0.23	-0.27
F _{dam}	0.83	0.41	0.90	0.95	0.28	1	0.41	0.63	0.49	0.42	0.73	-0.08	0.67	0.92	0.91	-0.92
D _{dam}	0.38	1.00	0.43	0.37	0.97	0.41	1	0.10	0.09	0.01	0.14	-0.26	0.13	0.37	0.33	-0.38
E _I	0.63	0.10	0.64	0.54	0.03	0.63	0.10	1	0.96	0.95	0.95	0.67	1.00	0.68	0.65	-0.68
W _{D1}	0.57	0.10	0.58	0.36	0.03	0.49	0.09	0.96	1	0.96	0.89	0.78	0.95	0.52	0.48	-0.53
W _p	0.47	0.02	0.46	0.32	-0.03	0.42	0.01	0.95	0.96	1	0.87	0.84	0.93	0.44	0.42	-0.45
E _{COL}	0.70	0.14	0.72	0.65	0.05	0.73	0.14	0.95	0.89	0.87	1	0.53	0.96	0.73	0.70	-0.73
E _{VIG}	0.08	-0.25	0.05	-0.19	-0.24	-0.08	-0.26	0.67	0.78	0.84	0.53	1	0.63	-0.04	-0.07	0.03
W _{D2}	0.66	0.13	0.67	0.57	0.05	0.67	0.13	1.00	0.95	0.93	0.96	0.63	1	0.72	0.69	-0.72
W _{D2} /W _p	0.78	0.36	0.80	0.88	0.26	0.92	0.37	0.68	0.52	0.44	0.73	-0.04	0.72	1	0.99	-1.00
W _{D2} /E _I	0.75	0.32	0.76	0.89	0.23	0.91	0.33	0.65	0.48	0.42	0.70	-0.07	0.69	0.99	1	-0.98
W _p /E _I	-0.78	-0.37	-0.81	-0.88	-0.27	-0.92	-0.38	-0.68	-0.53	-0.45	-0.73	0.03	-0.72	-1.00	-0.98	1

Tabla E59

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 30\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	6.15	0.05	4.14	90	1.04	1139	0.14	6116	266	461	166	297	5381	10.8	0.87	0.09
Mediana	5.80	0.05	3.64	60	1.04	870	0.14	5098	231	403	127	278	4492	10.2	0.87	0.08
Max.	11.0	0.08	9.80	280	1.68	3294	0.23	25834	946	1328	680	649	23541	17.7	0.91	0.15
Min.	2.20	0.02	1.71	10	0.48	287	0.07	1363	66	166	33	122	1090	5.25	0.80	0.05
Σ	2.12	0.01	1.84	72	0.26	719	0.03	4456	168	219	131	114	4086	3.11	0.03	0.02
cov	0.34	0.24	0.44	0.80	0.25	0.63	0.24	0.73	0.63	0.48	0.79	0.39	0.76	0.29	0.03	0.27
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
p-value	0.47	0.70	0.10	0.03	0.52	0.05	0.49	0.07	0.14	0.12	0.02	0.32	0.04	0.60	0.84	0.55
ksstat	0.11	0.09	0.16	0.19	0.10	0.17	0.10	0.17	0.15	0.15	0.19	0.12	0.18	0.10	0.08	0.10
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.76	-3.05	1.29	4.10	0.04	6.77	-1.94	8.54	5.44	6.00	4.84	5.63	8.41	2.32	-0.14	-2.47
β	0.36	0.21	0.46	0.97	0.21	0.72	0.21	0.62	0.57	0.46	0.74	0.39	0.64	0.31	0.04	0.27

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.50	0.83	0.68	0.44	0.84	0.50	0.74	0.68	0.62	0.73	0.32	0.74	0.85	0.82	-0.81
DAP	0.50	1	0.54	0.17	0.99	0.42	1.00	0.34	0.38	0.21	0.23	0.09	0.35	0.46	0.33	-0.39
Vel	0.83	0.54	1	0.66	0.47	0.92	0.54	0.79	0.76	0.64	0.75	0.36	0.80	0.90	0.80	-0.81
Ace	0.68	0.17	0.66	1	0.10	0.86	0.19	0.56	0.38	0.48	0.73	0.05	0.57	0.66	0.73	-0.63
D _{techo}	0.44	0.99	0.47	0.10	1	0.35	0.99	0.31	0.36	0.18	0.18	0.09	0.31	0.41	0.27	-0.34
F _{dam}	0.84	0.42	0.92	0.86	0.35	1	0.43	0.79	0.67	0.65	0.82	0.27	0.80	0.89	0.84	-0.79
D _{dam}	0.50	1.00	0.54	0.19	0.99	0.43	1	0.36	0.39	0.22	0.25	0.09	0.36	0.47	0.34	-0.39
E _I	0.74	0.34	0.79	0.56	0.31	0.79	0.36	1	0.96	0.95	0.95	0.73	1.00	0.78	0.67	-0.66
W _{D1}	0.68	0.38	0.76	0.38	0.36	0.67	0.39	0.96	1	0.93	0.85	0.83	0.96	0.73	0.59	-0.63
W _p	0.62	0.21	0.64	0.48	0.18	0.65	0.22	0.95	0.93	1	0.92	0.87	0.94	0.60	0.51	-0.51
E _{COL}	0.73	0.23	0.75	0.73	0.18	0.82	0.25	0.95	0.85	0.92	1	0.62	0.95	0.70	0.66	-0.61
E _{VIG}	0.32	0.09	0.36	0.05	0.09	0.27	0.09	0.73	0.83	0.87	0.62	1	0.72	0.31	0.21	-0.26
W _{D2}	0.74	0.35	0.80	0.57	0.31	0.80	0.36	1.00	0.96	0.94	0.95	0.72	1	0.78	0.68	-0.66
W _{D2} /W _p	0.85	0.46	0.90	0.66	0.41	0.89	0.47	0.78	0.73	0.60	0.70	0.31	0.78	1	0.95	-0.95
W _{D2} /E _I	0.82	0.33	0.80	0.73	0.27	0.84	0.34	0.67	0.59	0.51	0.66	0.21	0.68	0.95	1	-0.98
W _p /E _I	-0.81	-0.39	-0.81	-0.63	-0.34	-0.79	-0.39	-0.66	-0.63	-0.51	-0.61	-0.26	-0.66	-0.95	-0.98	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.54	0.85	0.74	0.48	0.85	0.53	0.73	0.66	0.50	0.71	0.25	0.74	0.82	0.81	-0.82
DAP	0.54	1	0.52	0.32	0.98	0.47	1.00	0.29	0.30	0.13	0.29	0.02	0.30	0.45	0.39	-0.45
Vel	0.85	0.52	1	0.73	0.47	0.92	0.51	0.77	0.70	0.55	0.77	0.27	0.78	0.89	0.85	-0.90
Ace	0.74	0.32	0.73	1	0.26	0.90	0.32	0.55	0.39	0.30	0.66	-0.06	0.57	0.79	0.86	-0.78
D _{techo}	0.48	0.98	0.47	0.26	1	0.41	0.98	0.25	0.27	0.11	0.23	0.02	0.26	0.41	0.34	-0.41
F _{dam}	0.85	0.47	0.92	0.90	0.41	1	0.46	0.73	0.60	0.46	0.77	0.13	0.74	0.94	0.95	-0.93
D _{dam}	0.53	1.00	0.51	0.32	0.98	0.46	1	0.28	0.29	0.13	0.28	0.02	0.29	0.44	0.39	-0.44
E _I	0.73	0.29	0.77	0.55	0.25	0.73	0.28	1	0.97	0.92	0.96	0.73	1.00	0.76	0.74	-0.76
W _{D1}	0.66	0.30	0.70	0.39	0.27	0.60	0.29	0.97	1	0.95	0.90	0.83	0.96	0.66	0.62	-0.66
W _p	0.50	0.13	0.55	0.30	0.11	0.46	0.13	0.92	0.95	1	0.88	0.91	0.91	0.48	0.47	-0.48
E _{COL}	0.71	0.29	0.77	0.66	0.23	0.77	0.28	0.96	0.90	0.88	1	0.63	0.97	0.74	0.76	-0.74
E _{VIG}	0.25	0.02	0.27	-0.06	0.02	0.13	0.02	0.73	0.83	0.91	0.63	1	0.71	0.20	0.16	-0.21
W _{D2}	0.74	0.30	0.78	0.57	0.26	0.74	0.29	1.00	0.96	0.91	0.97	0.71	1	0.78	0.76	-0.78
W _{D2} /W _p	0.82	0.45	0.89	0.79	0.41	0.94	0.44	0.76	0.66	0.48	0.74	0.20	0.78	1	0.98	-1.00
W _{D2} /E _I	0.81	0.39	0.85	0.86	0.34	0.95	0.39	0.74	0.62	0.47	0.76	0.16	0.76	0.98	1	-0.98
W _p /E _I	-0.82	-0.45	-0.90	-0.78	-0.41	-0.93	-0.44	-0.76	-0.66	-0.48	-0.74	-0.21	-0.78	-1.00	-0.98	1

Tabla E60

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.3$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	4.39	0.07	2.88	62	1.33	171	0.22	1962	156	406	161	222	1394	3.47	0.71	0.21
Mediana	4.20	0.07	2.70	42	1.33	164	0.22	1717	139	354	107	199	1228	3.44	0.71	0.21
Max.	10.4	0.11	6.11	237	1.95	274	0.34	5093	420	1307	912	456	3360	4.67	0.78	0.26
Min.	2.00	0.02	1.56	9	0.38	116	0.07	777	64	171	16	84	534	2.47	0.65	0.17
Σ	1.44	0.02	0.96	48	0.31	36	0.05	939	79	207	164	87	666	0.49	0.03	0.02
cov	0.33	0.24	0.33	0.77	0.23	0.21	0.24	0.48	0.51	0.51	1.02	0.39	0.48	0.14	0.04	0.10
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.40	0.99	0.27	0.02	0.98	0.60	1.00	0.21	0.17	0.25	0.00	0.42	0.29	0.19	0.71	0.91
ksstat	0.11	0.05	0.13	0.20	0.06	0.10	0.05	0.13	0.14	0.13	0.24	0.11	0.12	0.14	0.09	0.07
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.44	-2.62	0.99	3.73	0.29	5.10	-1.51	7.45	4.94	5.87	4.67	5.30	7.11	1.24	-0.34	-1.58
β	0.29	0.24	0.32	0.84	0.22	0.21	0.24	0.48	0.50	0.46	0.88	0.43	0.48	0.15	0.04	0.10

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.24	0.79	0.78	0.02	0.83	0.24	0.64	0.58	0.64	0.78	0.04	0.63	-0.04	-0.04	0.07
DAP	0.24	1	0.28	0.10	0.93	0.22	1.00	0.19	0.27	0.23	0.23	-0.05	0.16	-0.30	-0.32	0.25
Vel	0.79	0.28	1	0.73	-0.01	0.89	0.29	0.59	0.57	0.62	0.76	-0.02	0.57	-0.10	-0.10	0.12
Ace	0.78	0.10	0.73	1	-0.07	0.91	0.10	0.55	0.36	0.49	0.70	-0.18	0.58	0.29	0.34	-0.23
D _{techo}	0.02	0.93	-0.01	-0.07	1	-0.02	0.92	-0.02	0.03	-0.01	-0.04	-0.09	-0.04	-0.22	-0.24	0.16
F _{dam}	0.83	0.22	0.89	0.91	-0.02	1	0.22	0.57	0.45	0.56	0.77	-0.16	0.58	0.12	0.14	-0.06
D _{dam}	0.24	1.00	0.29	0.10	0.92	0.22	1	0.18	0.26	0.22	0.23	-0.06	0.15	-0.30	-0.32	0.25
E _I	0.64	0.19	0.59	0.55	-0.02	0.57	0.18	1	0.94	0.97	0.88	0.65	0.99	0.09	0.06	-0.08
W _{D1}	0.58	0.27	0.57	0.36	0.03	0.45	0.26	0.94	1	0.96	0.82	0.74	0.91	-0.13	-0.20	0.11
W _p	0.64	0.23	0.62	0.49	-0.01	0.56	0.22	0.97	0.96	1	0.92	0.65	0.94	-0.12	-0.15	0.14
E _{COL}	0.78	0.23	0.76	0.70	-0.04	0.77	0.23	0.88	0.82	0.92	1	0.32	0.85	-0.12	-0.10	0.17
E _{VIG}	0.04	-0.05	-0.02	-0.18	-0.09	-0.16	-0.06	0.65	0.74	0.65	0.32	1	0.63	-0.09	-0.15	0.03
W _{D2}	0.63	0.16	0.57	0.58	-0.04	0.58	0.15	0.99	0.91	0.94	0.85	0.63	1	0.18	0.15	-0.17
W _{D2} /W _p	-0.04	-0.30	-0.10	0.29	-0.22	0.12	-0.30	0.09	-0.13	-0.12	-0.12	-0.09	0.18	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	-0.04	-0.32	-0.10	0.34	-0.24	0.14	-0.32	0.06	-0.20	-0.15	-0.10	-0.15	0.15	0.98	1	-0.95
W _p /E _I	0.07	0.25	0.12	-0.23	0.16	-0.06	0.25	-0.08	0.11	0.14	0.17	0.03	-0.17	-0.98	-0.95	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.23	0.73	0.73	0.03	0.77	0.24	0.44	0.42	0.45	0.68	0.05	0.44	0.00	-0.03	0.00
DAP	0.23	1	0.27	0.15	0.91	0.20	1.00	0.11	0.21	0.16	0.13	-0.03	0.10	-0.24	-0.29	0.22
Vel	0.73	0.27	1	0.75	0.02	0.87	0.29	0.38	0.36	0.37	0.67	-0.07	0.38	-0.05	-0.08	0.04
Ace	0.73	0.15	0.75	1	-0.01	0.95	0.16	0.29	0.15	0.23	0.64	-0.30	0.31	0.27	0.29	-0.23
D _{techo}	0.03	0.91	0.02	-0.01	1	-0.02	0.90	-0.05	0.04	-0.02	-0.11	-0.11	-0.06	-0.10	-0.15	0.10
F _{dam}	0.77	0.20	0.87	0.95	-0.02	1	0.21	0.35	0.25	0.31	0.71	-0.22	0.36	0.14	0.15	-0.12
D _{dam}	0.24	1.00	0.29	0.16	0.90	0.21	1	0.10	0.20	0.15	0.12	-0.05	0.08	-0.23	-0.29	0.22
E _I	0.44	0.11	0.38	0.29	-0.05	0.35	0.10	1	0.95	0.97	0.82	0.77	0.99	0.26	0.18	-0.28
W _{D1}	0.42	0.21	0.36	0.15	0.04	0.25	0.20	0.95	1	0.97	0.77	0.84	0.92	0.03	-0.07	-0.08
W _p	0.45	0.16	0.37	0.23	-0.02	0.31	0.15	0.97	0.97	1	0.82	0.81	0.95	0.06	-0.01	-0.08
E _{COL}	0.68	0.13	0.67	0.64	-0.11	0.71	0.12	0.82	0.77	0.82	1	0.42	0.80	0.10	0.06	-0.11
E _{VIG}	0.05	-0.03	-0.07	-0.30	-0.11	-0.22	-0.05	0.77	0.84	0.81	0.42	1	0.75	-0.05	-0.12	0.00
W _{D2}	0.44	0.10	0.38	0.31	-0.06	0.36	0.08	0.99	0.92	0.95	0.80	0.75	1	0.33	0.26	-0.35
W _{D2} /W _p	0.00	-0.24	-0.05	0.27	-0.10	0.14	-0.23	0.26	0.03	0.06	0.10	-0.05	0.33	1	0.97	-0.99
W _{D2} /E _I	-0.03	-0.29	-0.08	0.29	-0.15	0.15	-0.29	0.18	-0.07	-0.01	0.06	-0.12	0.26	0.97	1	-0.93
W _p /E _I	0.00	0.22	0.04	-0.23	0.10	-0.12	0.22	-0.28	-0.08	-0.08	-0.11	0.00	-0.35	-0.99	-0.93	1

Tabla E61

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.5$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	5.16	0.07	3.32	72	1.33	362	0.21	3058	203	434	173	237	2416	5.45	0.79	0.15
Mediana	5.00	0.07	2.99	49	1.37	330	0.22	2576	183	375	114	226	2027	5.33	0.78	0.15
Max.	11.6	0.10	6.84	268	1.78	764	0.29	8809	583	1327	875	480	6900	7.6	0.84	0.20
Min.	2.00	0.04	1.63	9	0.73	168	0.11	1015	67	179	26	85	766	3.75	0.73	0.11
Σ	1.70	0.02	1.21	57	0.29	133	0.05	1677	111	217	167	95	1363	0.85	0.02	0.02
cov	0.33	0.22	0.36	0.79	0.22	0.37	0.22	0.55	0.55	0.50	0.96	0.40	0.56	0.16	0.03	0.13
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.63	0.51	0.29	0.03	0.70	0.28	0.41	0.13	0.38	0.30	0.01	0.46	0.11	0.44	0.35	0.84
ksstat	0.09	0.10	0.12	0.19	0.09	0.13	0.11	0.15	0.11	0.12	0.22	0.11	0.15	0.11	0.12	0.08
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.61	-2.62	1.09	3.90	0.32	5.80	-1.50	7.85	5.21	5.93	4.73	5.42	7.61	1.67	-0.25	-1.92
β	0.30	0.32	0.38	0.85	0.26	0.38	0.32	0.55	0.50	0.49	0.90	0.39	0.56	0.16	0.03	0.13

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.25	0.80	0.77	0.09	0.86	0.25	0.71	0.61	0.65	0.78	0.07	0.72	0.53	0.48	-0.55
DAP	0.25	1	0.35	0.16	0.96	0.28	1.00	0.10	0.15	0.06	0.12	-0.26	0.10	0.19	0.10	-0.22
Vel	0.80	0.35	1	0.71	0.13	0.89	0.36	0.68	0.65	0.63	0.76	0.04	0.69	0.50	0.42	-0.53
Ace	0.77	0.16	0.71	1	0.03	0.92	0.17	0.61	0.37	0.49	0.71	-0.17	0.65	0.71	0.73	-0.65
D _{techo}	0.09	0.96	0.13	0.03	1	0.10	0.96	-0.08	-0.04	-0.12	-0.08	-0.30	-0.08	0.11	0.05	-0.14
F _{dam}	0.86	0.28	0.89	0.92	0.10	1	0.29	0.70	0.54	0.60	0.80	-0.09	0.72	0.67	0.65	-0.66
D _{dam}	0.25	1.00	0.36	0.17	0.96	0.29	1	0.08	0.13	0.04	0.11	-0.28	0.08	0.20	0.12	-0.23
E _I	0.71	0.10	0.68	0.61	-0.08	0.70	0.08	1	0.94	0.98	0.94	0.59	1.00	0.48	0.43	-0.49
W _{D1}	0.61	0.15	0.65	0.37	-0.04	0.54	0.13	0.94	1	0.96	0.85	0.72	0.91	0.27	0.18	-0.33
W _p	0.65	0.06	0.63	0.49	-0.12	0.60	0.04	0.98	0.96	1	0.93	0.69	0.96	0.29	0.25	-0.32
E _{COL}	0.78	0.12	0.76	0.71	-0.08	0.80	0.11	0.94	0.85	0.93	1	0.37	0.94	0.40	0.38	-0.40
E _{VIG}	0.07	-0.26	0.04	-0.17	-0.30	-0.09	-0.28	0.59	0.72	0.69	0.37	1	0.56	-0.11	-0.16	0.04
W _{D2}	0.72	0.10	0.69	0.65	-0.08	0.72	0.08	1.00	0.91	0.96	0.94	0.56	1	0.52	0.47	-0.53
W _{D2} /W _p	0.53	0.19	0.50	0.71	0.11	0.67	0.20	0.48	0.27	0.29	0.40	-0.11	0.52	1	0.98	-0.98
W _{D2} /E _I	0.48	0.10	0.42	0.73	0.05	0.65	0.12	0.43	0.18	0.25	0.38	-0.16	0.47	0.98	1	-0.94
W _p /E _I	-0.55	-0.22	-0.53	-0.65	-0.14	-0.66	-0.23	-0.49	-0.33	-0.32	-0.40	0.04	-0.53	-0.98	-0.94	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.26	0.77	0.77	0.09	0.81	0.26	0.56	0.52	0.47	0.72	0.05	0.58	0.55	0.49	-0.55
DAP	0.26	1	0.35	0.31	0.95	0.31	1.00	0.03	0.08	-0.02	0.09	-0.26	0.04	0.18	0.09	-0.20
Vel	0.77	0.35	1	0.75	0.15	0.88	0.36	0.53	0.49	0.42	0.69	-0.02	0.55	0.55	0.46	-0.55
Ace	0.77	0.31	0.75	1	0.17	0.94	0.32	0.43	0.28	0.28	0.65	-0.25	0.47	0.72	0.71	-0.71
D _{techo}	0.09	0.95	0.15	0.17	1	0.14	0.95	-0.11	-0.07	-0.16	-0.07	-0.32	-0.10	0.13	0.05	-0.14
F _{dam}	0.81	0.31	0.88	0.94	0.14	1	0.32	0.53	0.40	0.38	0.72	-0.14	0.55	0.70	0.66	-0.70
D _{dam}	0.26	1.00	0.36	0.32	0.95	0.32	1	0.01	0.05	-0.05	0.08	-0.29	0.02	0.20	0.10	-0.21
E _I	0.56	0.03	0.53	0.43	-0.11	0.53	0.01	1	0.96	0.97	0.91	0.70	1.00	0.53	0.48	-0.53
W _{D1}	0.52	0.08	0.49	0.28	-0.07	0.40	0.05	0.96	1	0.97	0.86	0.79	0.94	0.36	0.29	-0.37
W _p	0.47	-0.02	0.42	0.28	-0.16	0.38	-0.05	0.97	0.97	1	0.86	0.82	0.95	0.32	0.28	-0.32
E _{COL}	0.72	0.09	0.69	0.65	-0.07	0.72	0.08	0.91	0.86	0.86	1	0.48	0.92	0.56	0.50	-0.56
E _{VIG}	0.05	-0.26	-0.02	-0.25	-0.32	-0.14	-0.29	0.70	0.79	0.82	0.48	1	0.67	-0.10	-0.12	0.10
W _{D2}	0.58	0.04	0.55	0.47	-0.10	0.55	0.02	1.00	0.94	0.95	0.92	0.67	1	0.57	0.53	-0.57
W _{D2} /W _p	0.55	0.18	0.55	0.72	0.13	0.70	0.20	0.53	0.36	0.32	0.56	-0.10	0.57	1	0.97	-1.00
W _{D2} /E _I	0.49	0.09	0.46	0.71	0.05	0.66	0.10	0.48	0.29	0.28	0.50	-0.12	0.53	0.97	1	-0.95
W _p /E _I	-0.55	-0.20	-0.55	-0.71	-0.14	-0.70	-0.21	-0.53	-0.37	-0.32	-0.56	0.10	-0.57	-1.00	-0.95	1

Tabla E62

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 0.7$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
Media	7	0.06	3.87	83	1.29	725	0.19	4841	255	462	178	269	4116	8.45	0.84	0.10
Mediana	5.70	0.06	3.60	52	1.27	595	0.19	4004	228	413	126	250	3341	8.28	0.84	0.10
Max.	12.2	0.09	8.28	292	2.04	1842	0.29	16242	788	1311	769	517	14135	13.1	0.89	0.15
Min.	2.20	0.03	1.70	10	0.62	243	0.09	1307	69	179	30	113	1038	5.26	0.79	0.07
Σ	2.02	0.02	1.51	67	0.34	368	0.05	3026	145	221	156	102	2679	1.81	0.02	0.02
cov	0.34	0.26	0.39	0.80	0.27	0.51	0.26	0.63	0.57	0.48	0.87	0.38	0.65	0.21	0.03	0.19
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.49	0.67	0.11	0.02	0.82	0.11	0.72	0.15	0.08	0.12	0.00	0.52	0.10	0.98	0.63	0.48
ksstat	0.11	0.09	0.15	0.19	0.08	0.15	0.09	0.14	0.16	0.15	0.23	0.10	0.15	0.06	0.09	0.11
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.74	-2.75	1.28	3.96	0.24	6.39	-1.64	8.30	5.43	6.02	4.83	5.52	8.11	2.11	-0.17	-2.29
β	0.32	0.30	0.40	0.94	0.26	0.53	0.30	0.59	0.52	0.46	0.84	0.39	0.63	0.22	0.03	0.20

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.42	0.82	0.74	0.33	0.86	0.42	0.73	0.64	0.62	0.75	0.13	0.74	0.80	0.75	-0.77
DAP	0.42	1	0.41	0.22	0.98	0.33	1.00	0.21	0.22	0.11	0.15	-0.15	0.21	0.40	0.32	-0.37
Vel	0.82	0.41	1	0.68	0.28	0.89	0.40	0.74	0.71	0.62	0.75	0.15	0.75	0.80	0.72	-0.78
Ace	0.74	0.22	0.68	1	0.11	0.91	0.22	0.63	0.39	0.51	0.74	-0.09	0.65	0.76	0.81	-0.69
D _{techo}	0.33	0.98	0.28	0.11	1	0.22	0.98	0.12	0.14	0.04	0.07	-0.16	0.13	0.29	0.22	-0.27
F _{dam}	0.86	0.33	0.89	0.91	0.22	1	0.33	0.76	0.60	0.62	0.82	0.03	0.78	0.86	0.85	-0.81
D _{dam}	0.42	1.00	0.40	0.22	0.98	0.33	1	0.20	0.21	0.10	0.15	-0.16	0.21	0.40	0.32	-0.37
E _I	0.73	0.21	0.74	0.63	0.12	0.76	0.20	1	0.94	0.97	0.96	0.60	1.00	0.70	0.64	-0.65
W _{D1}	0.64	0.22	0.71	0.39	0.14	0.60	0.21	0.94	1	0.95	0.85	0.75	0.93	0.57	0.48	-0.56
W _p	0.62	0.11	0.62	0.51	0.04	0.62	0.10	0.97	0.95	1	0.92	0.76	0.96	0.53	0.48	-0.50
E _{COL}	0.75	0.15	0.75	0.74	0.07	0.82	0.15	0.96	0.85	0.92	1	0.45	0.96	0.66	0.64	-0.60
E _{VIG}	0.13	-0.15	0.15	-0.09	-0.16	0.03	-0.16	0.60	0.75	0.76	0.45	1	0.57	0.04	-0.01	-0.08
W _{D2}	0.74	0.21	0.75	0.65	0.13	0.78	0.21	1.00	0.93	0.96	0.96	0.57	1	0.71	0.66	-0.66
W _{D2} /W _p	0.80	0.40	0.80	0.76	0.29	0.86	0.40	0.70	0.57	0.53	0.66	0.04	0.71	1	0.97	-0.97
W _{D2} /E _I	0.75	0.32	0.72	0.81	0.22	0.85	0.32	0.64	0.48	0.48	0.64	-0.01	0.66	0.97	1	-0.96
W _p /E _I	-0.77	-0.37	-0.78	-0.69	-0.27	-0.81	-0.37	-0.65	-0.56	-0.50	-0.60	-0.08	-0.66	-0.97	-0.96	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} / W _p	W _{D2} / E _I	W _p /E _I
IC	1	0.46	0.81	0.76	0.39	0.81	0.46	0.65	0.59	0.47	0.70	0.11	0.66	0.79	0.75	-0.80
DAP	0.46	1	0.43	0.35	0.97	0.39	1.00	0.20	0.17	0.07	0.21	-0.17	0.20	0.43	0.35	-0.44
Vel	0.81	0.43	1	0.74	0.31	0.90	0.43	0.66	0.59	0.47	0.72	0.09	0.67	0.83	0.77	-0.85
Ace	0.76	0.35	0.74	1	0.25	0.94	0.35	0.54	0.36	0.32	0.68	-0.15	0.56	0.83	0.87	-0.82
D _{techo}	0.39	0.97	0.31	0.25	1	0.27	0.97	0.10	0.09	-0.01	0.10	-0.20	0.10	0.35	0.26	-0.35
F _{dam}	0.81	0.39	0.90	0.94	0.27	1	0.39	0.65	0.50	0.43	0.75	-0.03	0.66	0.90	0.90	-0.90
D _{dam}	0.46	1.00	0.43	0.35	0.97	0.39	1	0.20	0.17	0.06	0.21	-0.18	0.20	0.44	0.35	-0.44
E _I	0.65	0.20	0.66	0.54	0.10	0.65	0.20	1	0.95	0.94	0.96	0.68	1.00	0.71	0.68	-0.71
W _{D1}	0.59	0.17	0.59	0.36	0.09	0.50	0.17	0.95	1	0.96	0.88	0.79	0.95	0.56	0.50	-0.56
W _p	0.47	0.07	0.47	0.32	-0.01	0.43	0.06	0.94	0.96	1	0.87	0.86	0.93	0.46	0.43	-0.46
E _{COL}	0.70	0.21	0.72	0.68	0.10	0.75	0.21	0.96	0.88	0.87	1	0.54	0.96	0.74	0.73	-0.74
E _{VIG}	0.11	-0.17	0.09	-0.15	-0.20	-0.03	-0.18	0.68	0.79	0.86	0.54	1	0.66	0.03	-0.01	-0.03
W _{D2}	0.66	0.20	0.67	0.56	0.10	0.66	0.20	1.00	0.95	0.93	0.96	0.66	1	0.72	0.70	-0.72
W _{D2} /W _p	0.79	0.43	0.83	0.83	0.35	0.90	0.44	0.71	0.56	0.46	0.74	0.03	0.72	1	0.98	-1.00
W _{D2} /E _I	0.75	0.35	0.77	0.87	0.26	0.90	0.35	0.68	0.50	0.43	0.73	-0.01	0.70	0.98	1	-0.97
W _p /E _I	-0.80	-0.44	-0.85	-0.82	-0.35	-0.90	-0.44	-0.71	-0.56	-0.46	-0.74	-0.03	-0.72	-1.00	-0.97	1

Tabla E63

Análisis estadístico para el prototipo de 09 pisos $\xi_{v1} = 40\%$ y $\alpha = 1.0$

	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
Media	6.48	0.04	4.45	99	0.96	1354	0.13	7304	289	474	171	313	6527	13.0	0.89	0.07
Mediana	6.40	0.04	4.09	69	0.96	1106	0.13	6360	258	419	129	291	5705	12.7	0.89	0.07
Max.	11.4	0.07	10.5	311	1.66	3579	0.22	27747	948	1301	639	686	25464	21.8	0.92	0.11
Min.	2.40	0.02	1.78	11	0.36	364	0.05	1330	56	119	13	116	1147	7.44	0.84	0.04
Σ	2.13	0.01	1.93	78	0.22	800	0.03	4861	174	227	133	120	4473	3.16	0.02	0.02
cov	0.33	0.22	0.43	0.79	0.23	0.59	0.22	0.67	0.60	0.48	0.78	0.38	0.69	0.24	0.02	0.23
h-value	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
p-value	0.97	0.47	0.18	0.03	0.51	0.08	0.49	0.08	0.12	0.24	0.04	0.44	0.07	0.70	0.88	0.49
ksstat	0.06	0.11	0.14	0.18	0.10	0.16	0.11	0.16	0.15	0.13	0.18	0.11	0.16	0.09	0.07	0.11
cv	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
μ	1.86	-3.16	1.41	4.23	-0.04	7.01	-2.06	8.76	5.55	6.04	4.86	5.67	8.65	2.54	-0.12	-2.66
β	0.31	0.19	0.44	0.93	0.18	0.64	0.18	0.59	0.52	0.46	0.75	0.41	0.59	0.24	0.03	0.23

r	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.44	0.80	0.68	0.33	0.83	0.44	0.71	0.66	0.62	0.71	0.39	0.71	0.78	0.82	-0.78
DAP	0.44	1	0.47	0.03	0.97	0.31	1.00	0.28	0.34	0.12	0.09	0.11	0.28	0.46	0.33	-0.40
Vel	0.80	0.47	1	0.65	0.36	0.92	0.47	0.78	0.76	0.65	0.73	0.43	0.79	0.87	0.82	-0.80
Ace	0.68	0.03	0.65	1	-0.11	0.84	0.05	0.52	0.38	0.54	0.76	0.15	0.52	0.46	0.62	-0.47
D _{techo}	0.33	0.97	0.36	-0.11	1	0.17	0.96	0.18	0.27	0.02	-0.03	0.07	0.19	0.39	0.24	-0.33
F _{dam}	0.83	0.31	0.92	0.84	0.17	1	0.32	0.77	0.68	0.68	0.82	0.36	0.78	0.79	0.83	-0.74
D _{dam}	0.44	1.00	0.47	0.05	0.96	0.32	1	0.30	0.36	0.14	0.12	0.13	0.30	0.46	0.33	-0.39
E _I	0.71	0.28	0.78	0.52	0.18	0.77	0.30	1	0.98	0.94	0.90	0.82	1.00	0.75	0.70	-0.66
W _{D1}	0.66	0.34	0.76	0.38	0.27	0.68	0.36	0.98	1	0.91	0.80	0.87	0.97	0.76	0.66	-0.67
W _p	0.62	0.12	0.65	0.54	0.02	0.68	0.14	0.94	0.91	1	0.93	0.89	0.94	0.54	0.55	-0.49
E _{COL}	0.71	0.09	0.73	0.76	-0.03	0.82	0.12	0.90	0.80	0.93	1	0.66	0.89	0.56	0.62	-0.51
E _{VIG}	0.39	0.11	0.43	0.15	0.07	0.36	0.13	0.82	0.87	0.89	0.66	1	0.81	0.42	0.36	-0.38
W _{D2}	0.71	0.28	0.79	0.52	0.19	0.78	0.30	1.00	0.97	0.94	0.89	0.81	1	0.75	0.70	-0.67
W _{D2} /W _p	0.78	0.46	0.87	0.46	0.39	0.79	0.46	0.75	0.76	0.54	0.56	0.42	0.75	1	0.94	-0.96
W _{D2} /E _I	0.82	0.33	0.82	0.62	0.24	0.83	0.33	0.70	0.66	0.55	0.62	0.36	0.70	0.94	1	-0.98
W _p /E _I	-0.78	-0.40	-0.80	-0.47	-0.33	-0.74	-0.39	-0.66	-0.67	-0.49	-0.51	-0.38	-0.67	-0.96	-0.98	1

ρ	IC	DAP	Vel	Ace	D _{techo}	F _{dam}	D _{dam}	E _I	W _{D1}	W _p	E _{COL}	E _{VIG}	W _{D2}	W _{D2} /W _p	W _{D2} /E _I	W _p /E _I
IC	1	0.47	0.83	0.75	0.31	0.85	0.45	0.70	0.65	0.52	0.72	0.33	0.71	0.78	0.82	-0.78
DAP	0.47	1	0.40	0.22	0.93	0.34	0.99	0.18	0.19	0.06	0.17	0.00	0.19	0.39	0.33	-0.39
Vel	0.83	0.40	1	0.74	0.27	0.93	0.37	0.74	0.69	0.56	0.75	0.35	0.75	0.87	0.88	-0.87
Ace	0.75	0.22	0.74	1	0.04	0.91	0.22	0.56	0.43	0.41	0.73	0.10	0.57	0.63	0.76	-0.62
D _{techo}	0.31	0.93	0.27	0.04	1	0.18	0.92	0.06	0.08	-0.06	0.02	-0.08	0.06	0.30	0.21	-0.30
F _{dam}	0.85	0.34	0.93	0.91	0.18	1	0.33	0.71	0.61	0.52	0.80	0.26	0.72	0.85	0.92	-0.84
D _{dam}	0.45	0.99	0.37	0.22	0.92	0.33	1	0.18	0.19	0.06	0.17	0.01	0.18	0.37	0.32	-0.37
E _I	0.70	0.18	0.74	0.56	0.06	0.71	0.18	1	0.98	0.94	0.94	0.83	1.00	0.71	0.75	-0.71
W _{D1}	0.65	0.19	0.69	0.43	0.08	0.61	0.19	0.98	1	0.94	0.87	0.89	0.97	0.67	0.67	-0.68
W _p	0.52	0.06	0.56	0.41	-0.06	0.52	0.06	0.94	0.94	1	0.89	0.93	0.94	0.48	0.53	-0.48
E _{COL}	0.72	0.17	0.75	0.73	0.02	0.80	0.17	0.94	0.87	0.89	1	0.69	0.95	0.66	0.75	-0.66
E _{VIG}	0.33	0.00	0.35	0.10	-0.08	0.26	0.01	0.83	0.89	0.93	0.69	1	0.81	0.33	0.33	-0.33
W _{D2}	0.71	0.19	0.75	0.57	0.06	0.72	0.18	1.00	0.97	0.94	0.95	0.81	1	0.72	0.76	-0.72
W _{D2} /W _p	0.78	0.39	0.87	0.63	0.30	0.85	0.37	0.71	0.67	0.48	0.66	0.33	0.72	1	0.97	-1.00
W _{D2} /E _I	0.82	0.33	0.88	0.76	0.21	0.92	0.32	0.75	0.67	0.53	0.75	0.33	0.76	0.97	1	-0.96
W _p /E _I	-0.78	-0.39	-0.87	-0.62	-0.30	-0.84	-0.37	-0.71	-0.68	-0.48	-0.66	-0.33	-0.72	-1.00	-0.96	1