

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Espectros inelásticos de respuesta de los registros del
terremoto de Pedernales, abril 2016**

Proyecto de investigación

Viviana Carolina Silva Proaño

Ingeniería Civil

Trabajo de titulación presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniera Civil

Quito, 18 de mayo de 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍAS

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Espectros inelásticos de respuesta de los registros del terremoto de
Pedernales, abril 2016**

Viviana Carolina Silva Proaño

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Fabrizio Yépez, Ph.D.

Firma del profesor

Quito, 18 de mayo de 2017

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante:

Nombres y apellidos:

Viviana Carolina Silva Proaño

Código:

00110989

Cédula de Identidad:

1716598626

Lugar y fecha:

Quito, mayo de 2017

RESUMEN

El presente proyecto de investigación explica y utiliza la teoría sobre los espectros elásticos e inelásticos de respuesta para, a partir de esto, proceder a calcular los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de aceleración, velocidad, desplazamientos y R factor de reducción de fuerza con ductilidades constantes y los espectros de demanda de ductilidad a partir de los registros obtenidos en el terremoto de Pedernales de abril 2016. Posterior a ello, se realiza un análisis comparativo entre los registros en ciudades que tengan el mismo tipo de suelo con los resultados obtenidos anteriormente y son comparados con los espectros de diseño en aceleración y desplazamiento construidos a partir de la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015. Se analiza también el espectro inelástico de respuesta de R_y el cual se compara con la gráfica calculada con la ecuación propuesta por un estudio que establece que el factor de reducción de fuerza R_y de ductilidad depende del tipo de suelo y del periodo de vibración.

Palabras clave: Espectro elástico de respuesta, espectro inelástico de respuesta, ductilidad, Terremoto, Pedernales, NEC 2015, Factor de reducción de resistencia.

ABSTRACT

The current research project explains and uses the theory of the elastic and inelastic response spectra to calculate the elastic and inelastic response spectra of acceleration, velocity, displacement and R force reduction factor with constant ductility and the ductility demand inelastic response spectra from the records obtained in the April 2016 Pedernales earthquake. Regarding this, a comparative analysis is carried out between records from cities with same type of soil with the results obtained previously and are compared with de acceleration and displacement design spectra constructed from the Norma Ecuatorina de la Construcción NEC 2015. Also, the inelastic response spectrum of R_y is analyzed and it is compared with the graph calculated with the equation proposed by a study that establishes that the force reduction factor R_y of ductility depends on the type of soil and the vibration period.

Key word: Elastic response spectra, inelastic response spectra, ductility, force reduction factor, earthquake, Pedernales, NEC 2015.

TABLA DE CONTENIDOS

Introducción.....	24
Objetivos	25
Alcance.....	25
Importancia	26
Antecedentes	27
Red nacional de acelerógrafos.....	28
Teoría del espectro elástico de respuesta	30
Teoría del espectro inelástico de respuesta	33
Validación de proceso de cálculo, Sismo de El Centro (1940)	36
Desarrollo del Tema.....	43
Chone ACHN	45
Esmeraldas AES2.....	54
Ibarra AIB1.....	63
La Libertad ALIB.....	72
Manta AMNT	81
Milagro AMIL	90
Portoviejo APO1	108
Santo Domingo ASDO.....	117
Análisis.....	126
Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros elásticos	129
Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos con ductilidad 1.5	132
Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de ductilidad 2. ..	136
Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de ductilidad 4. ..	140
Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de ductilidad 8. ..	144
Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad con R_y 2, 4 y 8.....	148
Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros elásticos.....	152
Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 1.5	155
Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 2. ..	159
Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 4. ..	163
Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 8. ..	167
Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad con R_y 2, 4 y 8.....	171
Conclusiones	175
Referencias bibliográficas.....	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos de la RENAC. (Nikolaou & Vera-Grauner, GEER-ATC Earthquake reconnaissance, 2016)	29
Tabla 2: Registros seleccionados por su aceleración máxima de acelerograma corregido mayor al 4% de la gravedad.	44
Tabla 3: Acelerógrafos con sus respectivos tipos de suelo de emplazamiento, factor Z y η .	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Epicentro del terremoto. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)	27
Figura 2: Distribución de la Red Nacional de Acelerogramas. (Nikolaou & Vera-Grauner, GEER-ATC Earthquake reconnaissance, 2016)	28
Figura 3: Estructura sometida a una fuerza lateral f_s en el grado de libertad u . (Chopra, 2014)	30
Figura 4: Relación lineal entre la fuerza f_s y el desplazamiento u . (Chopra, 2014)	30
Figura 5: Amortiguador viscoso lineal sujeto a una fuerza f_D en la dirección del grado de libertad u . (Chopra, 2004)	31
Figura 6: Relación lineal entre la fuerza de amortiguamiento f_D y la velocidad \dot{u} , con una pendiente c . (Chopra, 2004)	31
Figura 7: Relación fuerza deformación de un elemento estructural de acero. (Chopra, 2014)	33
Figura 8: Curva de fuerza deformación real e idealizada (Chopra, 2014)	34
Figura 9: Modelo de rigidez bilineal. (Chopra, 2014)	34
Figura 10: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\xi=5\%$	36
Figura 11: Espectro de respuesta inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)	37
Figura 12: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\xi=5\%$	38
Figura 13: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\xi=5\%$	38
Figura 14: Espectro de respuesta tripartito inelástico de respuesta de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)	39
Figura 15: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\xi=5\%$	40
Figura 16: Espectro de respuesta tripartito inelástico de respuesta de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)	40
Figura 17: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de El Centro, amortiguamiento $\xi=5\%$	41
Figura 18: Espectro de respuesta inelástico de demanda de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)	42

Figura 19: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	45
Figura 20: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	45
Figura 21: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	46
Figura 22: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	46
Figura 23: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	47
Figura 24: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	47
Figura 25: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	48
Figura 26: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	48
Figura 27: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	49
Figura 28: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	49
Figura 29: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	50
Figura 30: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	50
Figura 31: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	51
Figura 32: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	51
Figura 33: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	52
Figura 34: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	52

Figura 35: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	53
Figura 36: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	53
Figura 37: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	54
Figura 38: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	54
Figura 39: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	55
Figura 40: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	55
Figura 41: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	56
Figura 42: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	56
Figura 43: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	57
Figura 44: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	57
Figura 45: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	58
Figura 46: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	58
Figura 47: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	59
Figura 48: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	59
Figura 49: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	60
Figura 50: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	60

Figura 51: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..61	61
Figura 52: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..61	61
Figura 53: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..62	62
Figura 54: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..62	62
Figura 55: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..63	63
Figura 56: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..63	63
Figura 57: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..64	64
Figura 58: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..64	64
Figura 59: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..65	65
Figura 60: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..65	65
Figura 61: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..66	66
Figura 62: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..66	66
Figura 63: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..67	67
Figura 64: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..67	67
Figura 65: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..68	68
Figura 66: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..68	68

Figura 67: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	69
Figura 68: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	69
Figura 69: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	70
Figura 70: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. 70	
Figura 71: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	71
Figura 72: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	71
Figura 73: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$... 72	
Figura 74: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$... 72	
Figura 75: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$... 73	
Figura 76: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	73
Figura 77: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	74
Figura 78: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	74
Figura 79: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$... 75	
Figura 80: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$... 75	
Figura 81: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$... 76	
Figura 82: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	76

Figura 83: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	77
Figura 84: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	77
Figura 85: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	78
Figura 86: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	78
Figura 87: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. ..	79
Figura 88: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	79
Figura 89: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	80
Figura 90: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	80
Figura 91: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	81
Figura 92: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	81
Figura 93: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	82
Figura 94: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	82
Figura 95: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	83
Figura 96: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	83
Figura 97: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	84
Figura 98: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	84

Figura 99: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	85
Figura 100: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	85
Figura 101: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	86
Figura 102: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	86
Figura 103: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	87
Figura 104: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	87
Figura 105: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	88
Figura 106: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	88
Figura 107: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	89
Figura 108: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	89
Figura 109: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	90
Figura 110: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	90
Figura 111: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	91
Figura 112: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	91
Figura 113: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	92

Figura 114: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	92
Figura 115: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	93
Figura 116: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	93
Figura 117: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	94
Figura 118: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	94
Figura 119: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	95
Figura 120: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	95
Figura 121: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	96
Figura 122: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	96
Figura 123: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	97
Figura 124: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	97
Figura 125: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	98
Figura 126: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	98
Figura 127: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$..	99
Figura 128: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$..	99
Figura 129: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	100

Figura 130: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	100
Figura 131: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	101
Figura 132: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	101
Figura 133: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	102
Figura 134: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	102
Figura 135: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	103
Figura 136: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	103
Figura 137: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	104
Figura 138: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	104
Figura 139: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	105
Figura 140: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	105
Figura 141: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	106
Figura 142: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	106
Figura 143: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	107
Figura 144: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	107

- Figura 145: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$...108
- Figura 146: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$...108
- Figura 147: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.
.....109
- Figura 148: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$109
- Figura 149: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$110
- Figura 150: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$110
- Figura 151: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. .111
- Figura 152: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$. .111
- Figura 153: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.
.....112
- Figura 154: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$112
- Figura 155: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$113
- Figura 156: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$113
- Figura 157: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$...114
- Figura 158: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$...114
- Figura 159: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.
.....115

Figura 160: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	115
Figura 161: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	116
Figura 162: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	116
Figura 163: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	117
Figura 164: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	117
Figura 165: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	118
Figura 166: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	118
Figura 167: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	119
Figura 168: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	119
Figura 169: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	120
Figura 170: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	120
Figura 171: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	121
Figura 172: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	121

Figura 173: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	122
Figura 174: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	122
Figura 175: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	123
Figura 176: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	123
Figura 177: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	124
Figura 178: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	124
Figura 179: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	125
Figura 180: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$	125
Figura 181: Comparación del factor R_y para sitios firmes. (Miranda,1997).....	128
Figura 182: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	129
Figura 183: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	129
Figura 184: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.....	130
Figura 185: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	130
Figura 186: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	132
Figura 187: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	132
Figura 188: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	133

Figura 189: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	133
Figura 190: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	134
Figura 191: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	134
Figura 192: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	136
Figura 193: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	136
Figura 194: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	137
Figura 195: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	137
Figura 196: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.....	138
Figura 197: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	138
Figura 198: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	140
Figura 199: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	140
Figura 200: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	141
Figura 201: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	141
Figura 202: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.....	142
Figura 203: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	142
Figura 204: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizada de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	144
Figura 205: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizada de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.....	144

Figura 206: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	145
Figura 207: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	145
Figura 208: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	146
Figura 209: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	146
Figura 210: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	148
Figura 211: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	148
Figura 212: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	149
Figura 213: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	149
Figura 214: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.	150
Figura 215: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	150
Figura 216: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	152
Figura 217: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	152
Figura 218: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	153
Figura 219: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	153
Figura 220: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	155
Figura 221: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	155
Figura 222: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	156

Figura 223: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	156
Figura 224: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	157
Figura 225: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	157
Figura 226: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	159
Figura 227: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	159
Figura 228: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	160
Figura 229: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	160
Figura 230: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	161
Figura 231: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	161
Figura 232: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	163
Figura 233: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	163
Figura 234: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	164
Figura 235: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	164
Figura 236: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	165
Figura 237: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	165
Figura 238: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	167
Figura 239: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	167

Figura 240: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.....	168
Figura 241: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.	168
Figura 242: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.....	169
Figura 243: Espectro inelástico de respuesta Ry de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.	169
Figura 244: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	171
Figura 245: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.....	171
Figura 246: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	172
Figura 247: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.....	172
Figura 248: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.	173
Figura 249: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.....	173

INTRODUCCIÓN

El espectro de respuesta es un gráfico que analiza la respuesta máxima absoluta de estructuras ante un registro sísmico con respecto al periodo o frecuencia de la estructura. Existen varios tipos de respuestas entre ellas están: aceleración, velocidad, desplazamiento, etc. A su vez existen dos tipos de espectros de respuesta, los espectros elásticos de respuesta y los espectros inelásticos de respuesta.

Los espectros elásticos de respuesta se construyen asumiendo que las deformaciones en las estructuras ante un sismo no superan el rango elástico, es decir, no fallan ni se fisuran. Sin embargo, se ha podido constatar que las estructuras de hormigón presentan micro fisuras incluso antes de un sismo. Diseñar una estructura en las que sus deformaciones no superen el rango elástico sería sumamente costoso. Es por esto que el diseño de estructuras sismo resistentes se realizan a partir del espectro inelástico de respuesta. Este proyecto tiene como finalidad aplicar la definición de un espectro inelástico de respuesta y obtenerlos a partir de los registros del terremoto de Pedernales del 16 de abril de 2016, registros proporcionados por la Red Nacional de Acelerógrafos del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

Los espectros inelásticos de respuesta serán calculados con los acelerogramas corregidos de las ciudades que presenten registros con aceleraciones mayores a 0.04g, y para un amortiguamiento de 5%, ya que este es el típico, utilizado en normas de construcción. Se utilizaron ductilidades de 1, 1.5, 4 y 8 para el cálculo de los espectros inelásticos de aceleración, velocidad, desplazamiento, mientras que para el R- factor de reducción de fuerza con ductilidad constante y R-factor de reducción de fuerza se utiliza los valores de 2, 4 y 8 para los espectros de demanda de ductilidad.

Objetivos

- Describir y explicar la teoría sobre los espectros elásticos e inelásticos de respuesta.
- Calcular los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de aceleración, velocidad, desplazamientos y R factor de reducción de fuerza con ductilidades constantes, así como los espectros de demanda de ductilidad a partir de los registros obtenidos en el terremoto de Pedernales de abril de 2016.
- Realizar un análisis comparativo de los espectros obtenidos entre las ciudades que tengan el mismo tipo de suelo, con los espectros de diseño en aceleración y desplazamiento calculados a partir de la Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Alcance

Este proyecto de investigación pretende describir la teoría sobre los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de ductilidad tanto para ductilidad constante como para demanda de ductilidad. Una vez descrita la teoría se procederá a validar los procesos de cálculo para la construcción de los espectros elásticos de respuesta y los inelásticos de ductilidad constante. Para los inelásticos de demanda de ductilidad se deducirá como son calculados a partir de los espectros elásticos de desplazamiento, utilizando como ejemplo el sismo de El Centro (1940), ya que de los registros de este sismo existen ya los espectros con los cuales se comparará los calculados en este proyecto, validando así que la forma de calcularlos es correcta para luego proceder a calcular los espectros para los registros del Sismo de Pedernales. Para ello se analizará todos los registros sísmicos facilitados por el

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional y su Red Nacional de Acelerógrafos. En total fueron entregados registros de 21 instrumentos ubicados en distintas ciudades de la costa y sierra del país. Se procede a analizar cada registro, corregirlo y encontrar las aceleraciones máximas. Los espectros inelásticos de respuesta se calcularán solo para las ciudades que presenten aceleraciones en sus registros corregidos mayores al 4% de la gravedad.

Importancia

El Sismo de Pedernales del 16 de abril de 2016 permitió al Ecuador tener los primeros registros sísmicos de un terremoto de esa magnitud. Anteriormente en Ecuador han ocurrido varios terremotos de altas magnitudes, siendo el mayor registrado en Esmeraldas con magnitud M 8.8 en 1906; sin embargo, el país no contaba con los instrumentos suficientes como para registrar dichos eventos sísmicos. No es hasta el 2008-2012 que se instaura el proyecto “Fortalecimiento del INSTITUTO GEOFÍSICO Ampliación y Modernización del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología” financiado por la Secretaria Nacional de Educación Superior Ciencia y Tecnología SENECHYT, a partir del cual se instala una serie de instrumentos y se puede registrar estos eventos con alta precisión siendo los del sismo de Pedernales los primeros de tal magnitud. (Instituto geofísico EPN, 2017) El Ecuador por su ubicación se considera un país con alto peligro sísmico, especialmente en la costa ya que pueden ocurrir sismos mayores a 0.50g. Por este motivo, es de gran importancia el análisis de los registros del terremoto de Pedernales ya que a partir de estos registros se realizarán los primeros espectros elásticos e inelásticos de respuesta con datos reales aplicados en nuestro país, para posteriormente, a partir de estos espectros, realizar los espectros de diseño mejorando así la normativa futura.

ANTECEDENTES

El 16 de abril de 2016 a las 18h58m hora local se produjo un sismo de magnitud Mw7.8 en la costa este al norte del país, el epicentro Latitud N 0° 21' 0" y Longitud O 80° 9' 35.999" en la ciudad de Pedernales en la provincia de Manabí a 29 km de la ciudad de Muisne. La distancia del hipocentro a la superficie fue de 21 km. El terremoto fue causado por una ruptura superficial en la falla a causa del deslizamiento de las placas. Este deslizamiento se conoce como fenómeno de subducción y consiste en que la placa de Nazca una placa oceánica se desliza bajo la placa Sudamericana una placa continental con una tasa de 61mm/año. (Nikolaou, et al., 2017)

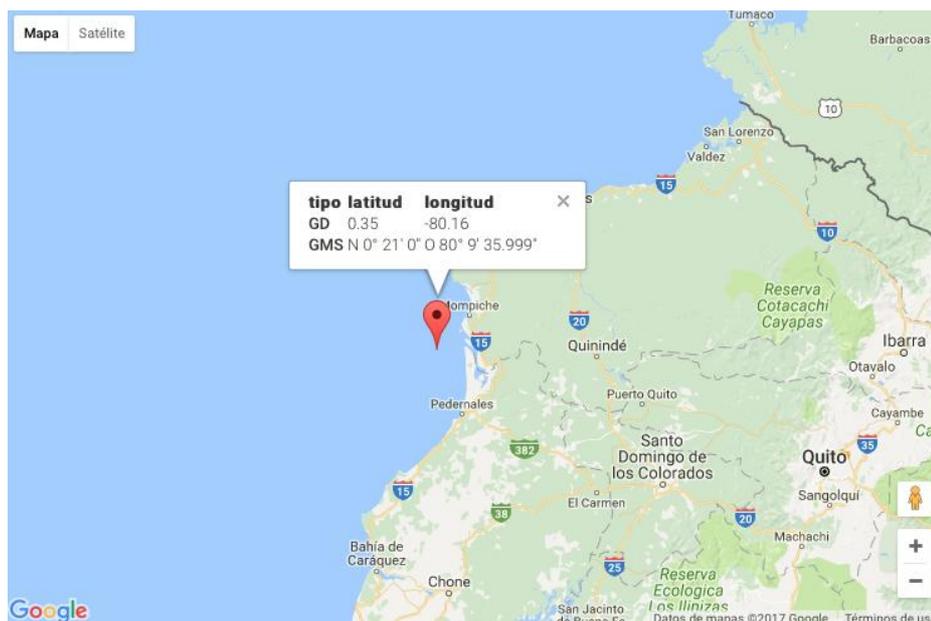


Figura 1: Epicentro del terremoto. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

El terremoto de Pedernales y las réplicas causaron alrededor de 700 muertes, miles de heridos, y diez mil damnificados. Muchos hospitales y centros de salud quedaron inhabilitados por el sismo, así como miles de edificaciones y proyectos de infraestructura

alcanzando pérdidas de hasta 3200 millones de dólares. El impacto económico causado por el terremoto se estima que es 3.5% del Producto Interno Bruto del país. A la vez el daño en la infraestructura del país fue tan severo que se puede comparar con el del terremoto del 2010 en Haití. (Nikolaou & Vera-Grauner, GEER-ATC Earthquake reconnaissance, 2016)

Red nacional de acelerógrafos

La Escuela Politécnica Nacional maneja la Red nacional de acelerógrafos que cuenta con alrededor de 30 acelerógrafos o también llamados acelerómetros. Estos instrumentos permiten medir la aceleración del suelo debido a un sismo, constan con 3 sensores ortogonales registrando así el movimiento del suelo en la componente norte-sur, este-oeste y vertical. Con las aceleraciones registradas en toda la red de acelerómetros se procesa y analiza los datos y se obtiene así la aceleración máxima del evento y la intensidad a la cual las estructuras han sido sometidas. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2017)

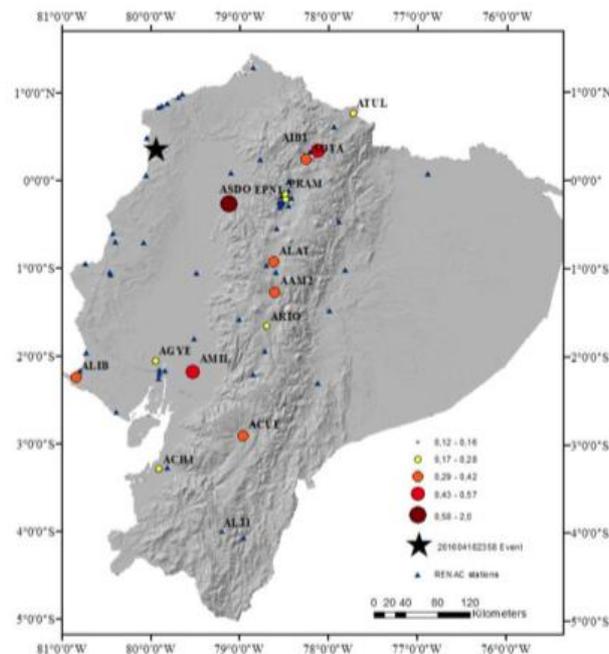


Figura 2: Distribución de la Red Nacional de Acelerogramas. (Nikolaou & Vera-Grauner, GEER-ATC Earthquake reconnaissance, 2016)

Tabla 1: Datos de la RENAC. (Nikolaou & Vera-Grauner, GEER-ATC Earthquake reconnaissance, 2016)

Estación	Ciudad	Coordenadas		Altura [m]	Tipo Instru.	Dist. Epice. [km]	Vs [m/s]	PGA [g]		
		Latitud	Longitud					EW	NS	VER
AMM2	Ambato	-1.269	-78.611	2664	Guralp	235	-	0.026	0.035	0.015
ACH1	Machala	-3.287	-79.910	13	Reftek	407	-	0.025	0.024	0.008
ACHN	Chone	-0.698	-80.084	18	Reftek	120	200	0.330	0.370	0.173
ACUE	Cuenca	-2.910	-78.959	2578	Reftek	381	-	0.036	0.030	0.018
AES2	Esmeraldas	0.991	-79.646	4	Reftek	76	-	0.154	0.110	0.057
AGYE	Guayaquil	-2.054	-79.952	30	Guralp	270	1800	0.019	0.023	0.015
AIB1	Ibarra	0.347	-78.125	2208	Guralp	202	-	0.049	0.058	0.012
AIB2	Ibarra	0.349	-78.106	2298	Guralp	204	-	0.021	0.033	0.009
ALAT	Latacunga	-0.926	-76.618	2777	Guralp	206	-	0.032	0.028	0.012
ALIB	La Libertad	-2.243	-80.846	40	Guralp	308	429	0.042	0.040	0.021
ALJ1	Loja	-3.987	-79.197	2147	Reftek	492	-	0.015	0.016	0.009
ALOR	San Lorenzo	1.293	-78.847	22	Reftek	159	-	0.026	0.027	0.016
AMIL	Milagro	-2.181	-79.529	20	Guralp	288	-	0.052	0.046	0.019
AMNT	Manta	-0.941	-80.735	38	Guralp	171	496	0.405	0.524	0.165
AOTA	Otavaló	0.240	-78.256	2529	Guralp	188	-	0.043	0.035	0.019
APED	Pedernales	0.068	-80.057	15	Reftek	36	342	1.408	0.829	0.742
APO1	Portoviejo	-1.038	-80.460	47	Reftek	167	224	0.318	0.380	0.104
ASDO	Sto. Domingo	-0.263	-79.124	615	Guralp	115	-	0.206	0.111	0.057
ATUL	Tulcán	0.772	-77.723	3097	Guralp	251	-	0.016	0.021	0.007
EPNL	Quito	-0.212	-78.492	2813	Guralp	174	-	0.027	0.020	0.013
PRAM	Quito	-	-	-	-	-	-	0.027	0.023	0.014

Teoría del espectro elástico de respuesta

Considerando la Figura 3 en donde la estructura es sometida a una fuerza f_s aplicada en la dirección del grado de libertad u , se obtiene un desplazamiento relativo en la dirección u . La relación fuerza desplazamiento se puede considerar lineal en deformaciones pequeñas. (Chopra, 2014)

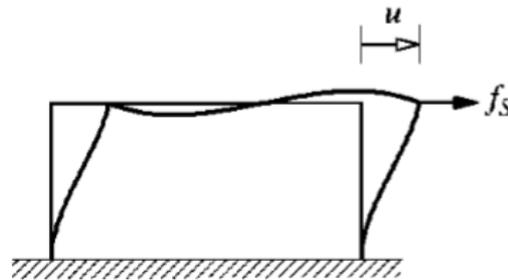


Figura 3: Estructura sometida a una fuerza lateral f_s en el grado de libertad u . (Chopra, 2014)

Para un sistema lineal la relación entre la fuerza lateral f_s y la deformación u se describe en la gráfica de la Figura 4, en donde se muestra la fuerza f_s en función del desplazamiento u obteniendo una relación lineal con una pendiente k . Por lo tanto, la fuerza lateral f_s se puede definir como

$$f_s = ku$$

en donde la la pendiente k representa la rigidez de la estructura, siendo esta una propiedad de la estructura.

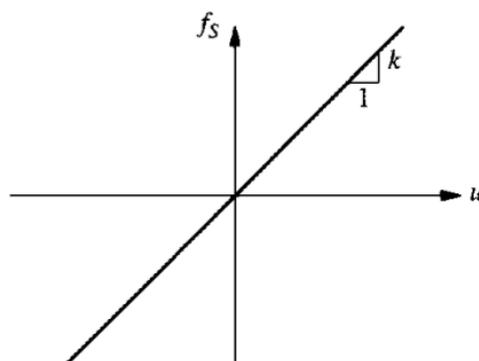


Figura 4: Relación lineal entre la fuerza f_s y el desplazamiento u . (Chopra, 2014)

Otra propiedad de la estructura es el amortiguamiento, cuando la estructura se somete a una fuerza externa adquiere una vibración, el proceso en el que la amplitud de dicha vibración disminuye se define como amortiguamiento. En las estructuras de un grado de libertad se puede idealizar al amortiguamiento como un amortiguador viscoso lineal sometido a una fuerza f_D como se observa en la Figura 5 en donde se puede observar que la fuerza de amortiguamiento f_D a través del amortiguador viscoso lineal se relaciona con la velocidad \dot{u} siendo esta una relación lineal con pendiente c como se observa en la Figura 6, la fuerza de amortiguamiento f_D se define como (Chopra, 2014)

$$f_D = c\dot{u}$$

En donde la pendiente c es el coeficiente de amortiguamiento viscoso, el cual se define como la reducción de la amplitud de la vibración que se desenvuelve en un medio viscoso en este caso el aire. (Hurty & Rubinstein, 1964).

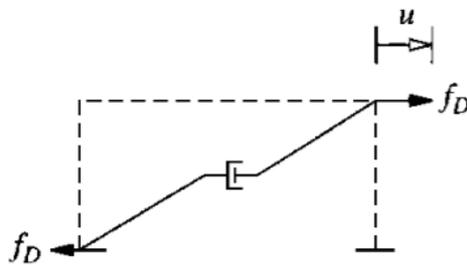


Figura 5: Amortiguador viscoso lineal sujeto a una fuerza f_D en la dirección del grado de libertad u . (Chopra, 2004).

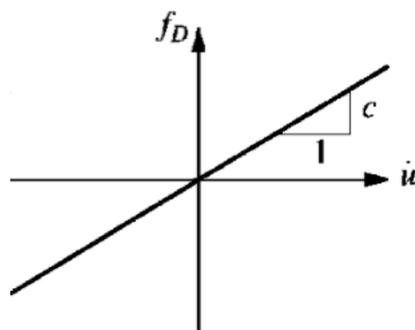


Figura 6: Relación lineal entre la fuerza de amortiguamiento f_D y la velocidad u ; con una pendiente c . (Chopra, 2004)

La ecuación que describe el movimiento de la estructura de la figura 3 sometida a una fuerza externa, que para este proyecto es un sismo de acuerdo a la segunda ley de Newton es:

$$p - f_s - f_D = m\ddot{u}$$

En donde p es la fuerza externa del sismo definida como $m\ddot{u}_g(t)$, f_s la fuerza restauradora elástica y se define como ku y f_D la fuerza de amortiguamiento se define como $c\dot{u}$. Por lo tanto la ecuación del movimiento para el sistema elástico idealizado de un grado de libertad sometido a la excitación sísmica es

$$m\ddot{u} + c\dot{u} + ku = -m\ddot{u}_g(t)$$

Dividiendo la ecuación para m se obtiene la siguiente ecuación de movimiento para sistemas elásticos:

$$\ddot{u} + 2\xi\omega_n\dot{u} + \omega_n^2u = -\ddot{u}_g(t)$$

Para construir el espectro de respuesta elástica es necesario definir la aceleración del terreno $\ddot{u}_g(t)$ la cual proviene de los acelerógrafos que registraron el evento. Se procede a definir una estructura idealizada de un grado de libertad, el periodo de vibración de dicha estructura y su amortiguamiento. Una vez definidos todos los datos anteriores se calcula la respuesta de deformación a partir de la ecuación del movimiento descrita anteriormente utilizando el método de Newmark, así se obtiene la respuesta de aceleración, velocidad y desplazamiento para una estructura de periodo y amortiguamiento determinado, se repite el proceso para un intervalo de periodos que cubran las posibles estructuras existentes. En el caso de Ecuador hasta el periodo 4 segundos.

Teoría del espectro inelástico de respuesta

Las curvas de la Figura 7 representan la relación experimental fuerza deformación de un elemento estructural de acero a varias deformaciones cíclicas simulando las esperadas durante un sismo, se puede observar que las curvas no tienen un comportamiento lineal por lo tanto se considera un sistema inelástico, es decir la relación fuerza deformación depende de cuánto varia la deformación por lo tanto la fuerza restauradora definida anteriormente f_s ya no es directamente proporcional al desplazamiento ahora se define como una función implícita del desplazamiento. (Chopra, 2014)

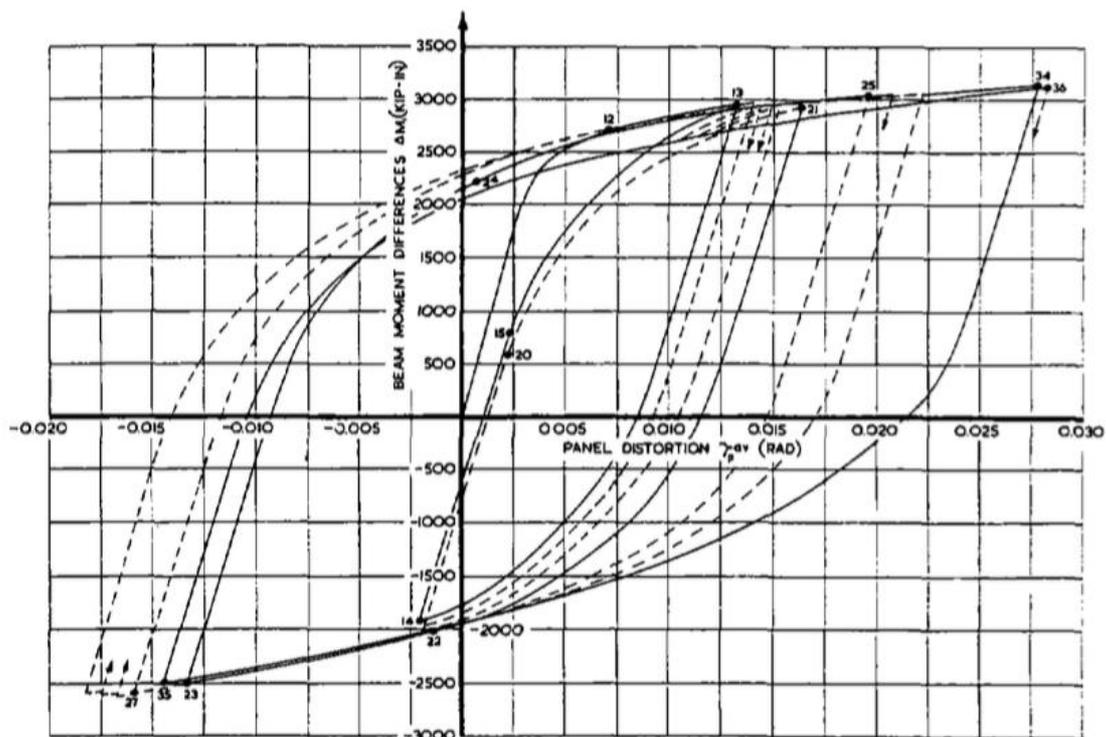


Figura 7: Relación fuerza deformación de un elemento estructural de acero. (Chopra, 2014)

Las curvas de la Figura 7 se pueden idealizar con el modelo de rigidez bilineal como se muestra en la Figura 8. El modelo de rigidez bilineal e compone de tres parámetros: el punto de fluencia, la rigidez inicial y la rigidez después de alcanzar el punto de fluencia como se puede observar en la Figura 9. (Mahin & Lin, 1983)

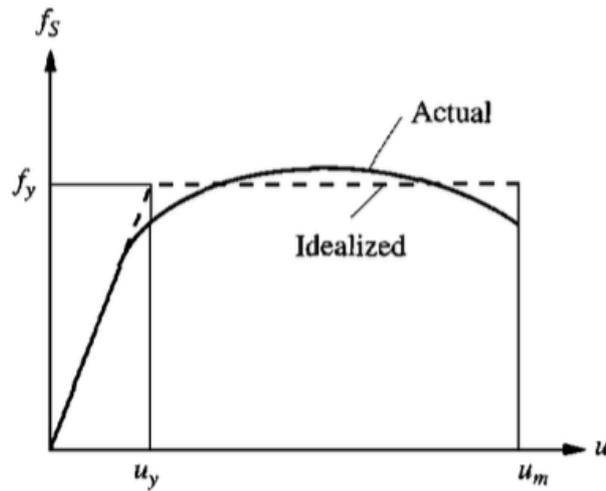


Figura 8: Curva de fuerza deformación real e idealizada (Chopra, 2014).

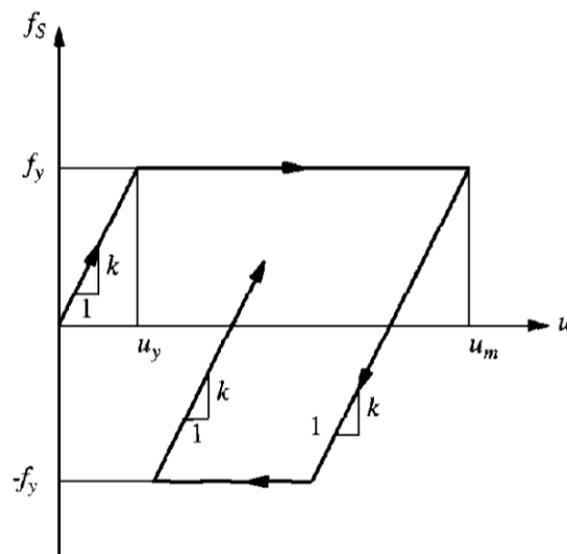


Figura 9: Modelo de rigidez bilineal. (Chopra, 2014)

El modelo bilineal de rigidez como se mencionó antes depende del punto de fluencia como en la figura 9 la fuerza f_y fuerza de fluencia, a la vez se define la resistencia a la fluencia normalizada \bar{f}_y . R_y es el factor de reducción de resistencia a la fluencia. Por lo tanto, para los sistemas elásticos R_y es igual 1.

$$\bar{f}_y = \frac{f_y}{f_o} = \frac{u_y}{u_o}$$

En donde f_o y u_o son la fuerza restauradora y la deformación inducida por el sismo en el sistema elástico. El factor R_y se define como el inverso de la resistencia a la fluencia normalizada. (Chopra, 2014). Ahora se obtiene el factor de ductilidad, la ductilidad se define como la relación entre el desplazamiento máximo de la curva inelástica u_m y el desplazamiento en la curva elástica relacionado con la fuerza de fluencia u_o . (Paz, 2009)

$$\mu = \frac{u_m}{u_o}$$

Para el sistema inelástico la ecuación que describe el movimiento es la misma que la descrita en la sección anterior con excepción de la fuerza restaurada. (Cheikh, Moussa, Zerzour, & Mehani, 2012) La ecuación dividida para la masa es:

$$\ddot{u} + 2\xi\omega_n\dot{u} + \omega_n^2 u_y \bar{f}_s(u) = -\ddot{u}_g(t)$$

La ecuación dada se puede reescribir en términos de ductilidad $\mu(t) = u(t)/u_y$ si se reemplaza $u(t) = u_y\mu(t)$ de igual forma con la velocidad y la aceleración obteniendo así

$$\ddot{\mu} + 2\xi\omega_n\dot{\mu} + \omega_n^2 \bar{f}_s(\mu) = -\omega_n^2 \frac{\ddot{u}_g(t)}{a_y}$$

Para construir los espectros inelásticos de respuesta se debe iniciar definiendo la aceleración del terreno la cual proviene de los acelerógrafos, se determina el periodo y el amortiguamiento de la estructura idealizada de un grado de libertad, se determina el desplazamiento del espectro elástico u_o por lo tanto se tiene la fuerza elástica $f_o = ku_o$ y a partir de la ecuación de movimiento expresada en el párrafo anterior se determina la deformación del sisma inelástico para una ductilidad constante y la resistencia a la fluencia a partir de $f_y = \bar{f}_y f_o$ fijando $\bar{f}_y < 1$. Determinando así las ordenadas espectrales de aceleración, velocidad, desplazamiento y R_y . (Chopra, 2014)

Validación de proceso de cálculo, Sismo de El Centro (1940)

Para validar el proceso de cálculo descrito anteriormente, se elaboraron los espectros inelásticos de respuesta para los registros del sismo de El Centro con un amortiguamiento del 5% que es el típico utilizado en las normas de construcción, para así compararlos con los espectros ya existentes en la referencia (Chopra, 2014). Utilizando tal proceso y con la ayuda de un software de análisis de la respuesta sísmica de sistemas de un grado de libertad PRISM, este programa facilitó y agilizó los cálculos de los espectros inelásticos de respuesta con ductilidades constantes. (Jeong, Lee, & Jang, 2011)

La siguiente Figura 10 es el espectro inelástico de respuesta de aceleración con ductilidades constantes elaborado a partir del proceso de cálculo descrito anteriormente. Al comparar las Figuras 10 y 11 se puede observar que los valores de la aceleración para cada ductilidad son muy similares lo cual demuestra que el cálculo descrito anteriormente es correcto.

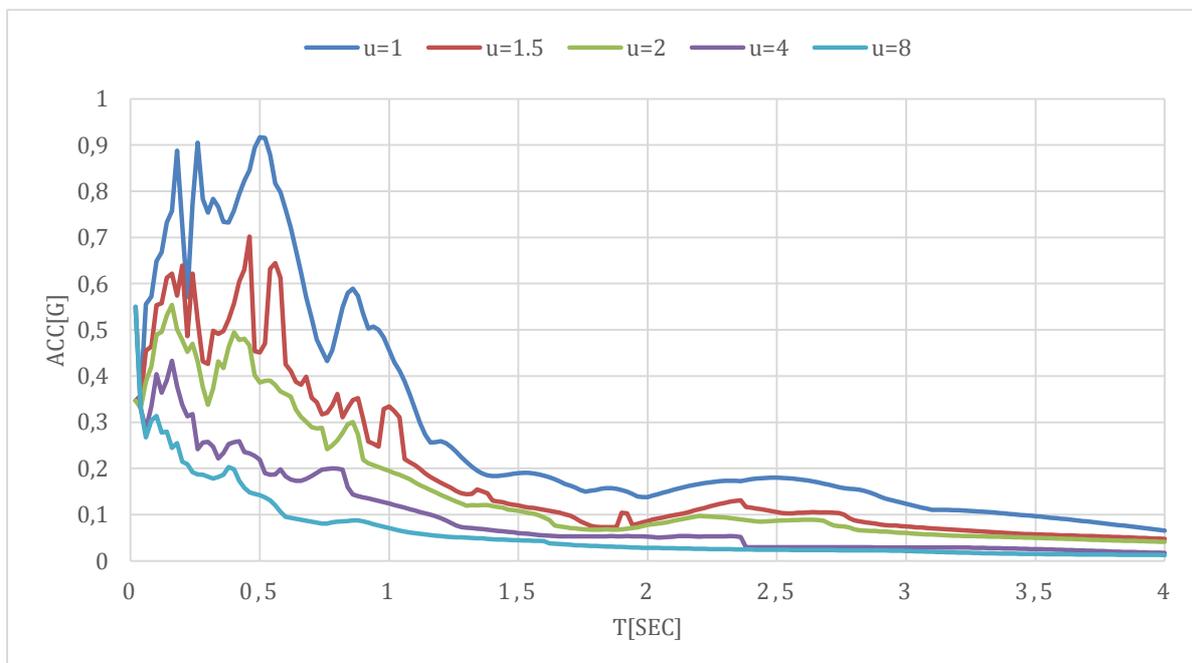


Figura 10: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\xi=5\%$.

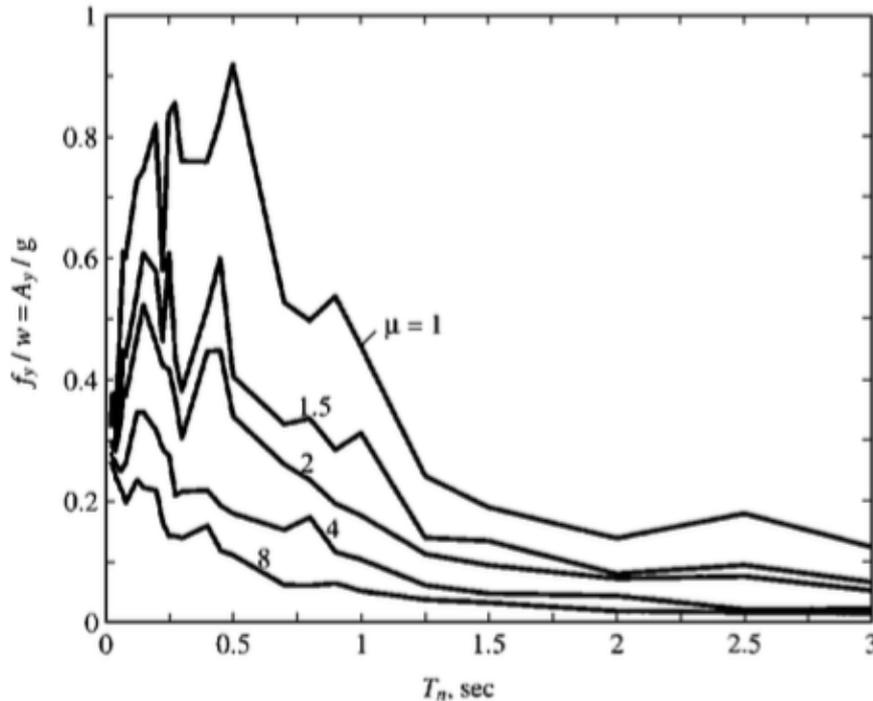


Figure 7.5.2 Constant-ductility response spectrum for elastoplastic systems and El Centro ground motion; $\mu = 1, 1.5, 2, 4, \text{ and } 8$; $\zeta = 5\%$.

Figura 11: Espectro de respuesta inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)

En cuanto a los espectros inelásticos de respuesta de velocidad y desplazamiento con ductilidades constantes mostrados en las Figuras 12 y 13 se los comparara con el espectro inelástico de respuesta tripartito de la Figura 14. Como se puede constatar los valores obtenidos en los espectros calculados son de igual manera bastante similares a los del espectro tripartito. Es importante tomar en cuenta que las unidades utilizadas son las del sistema imperial con el objetivo de facilitar la comparación con los espectros provenientes de la referencia.

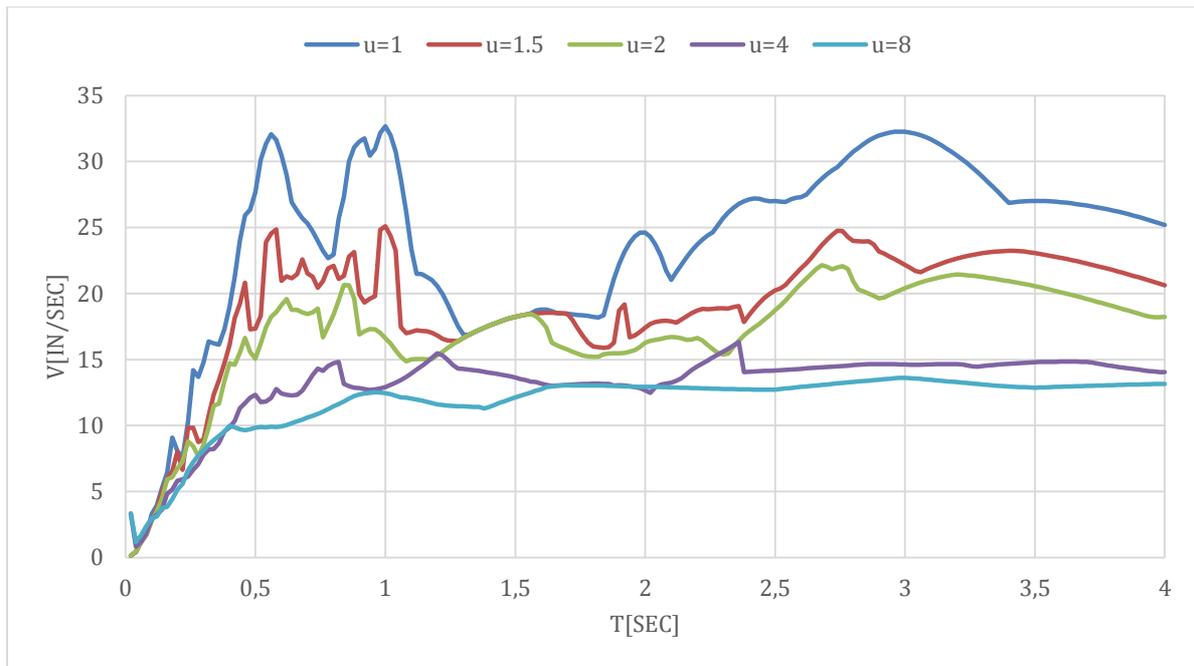


Figura 12: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

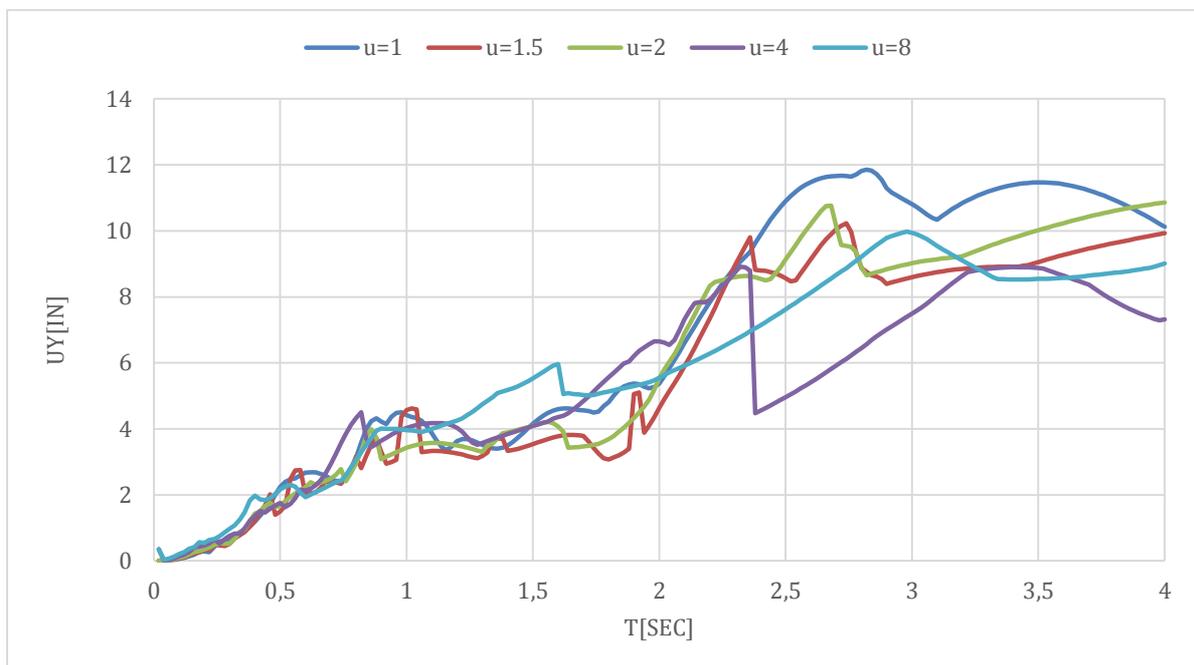


Figura 13: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

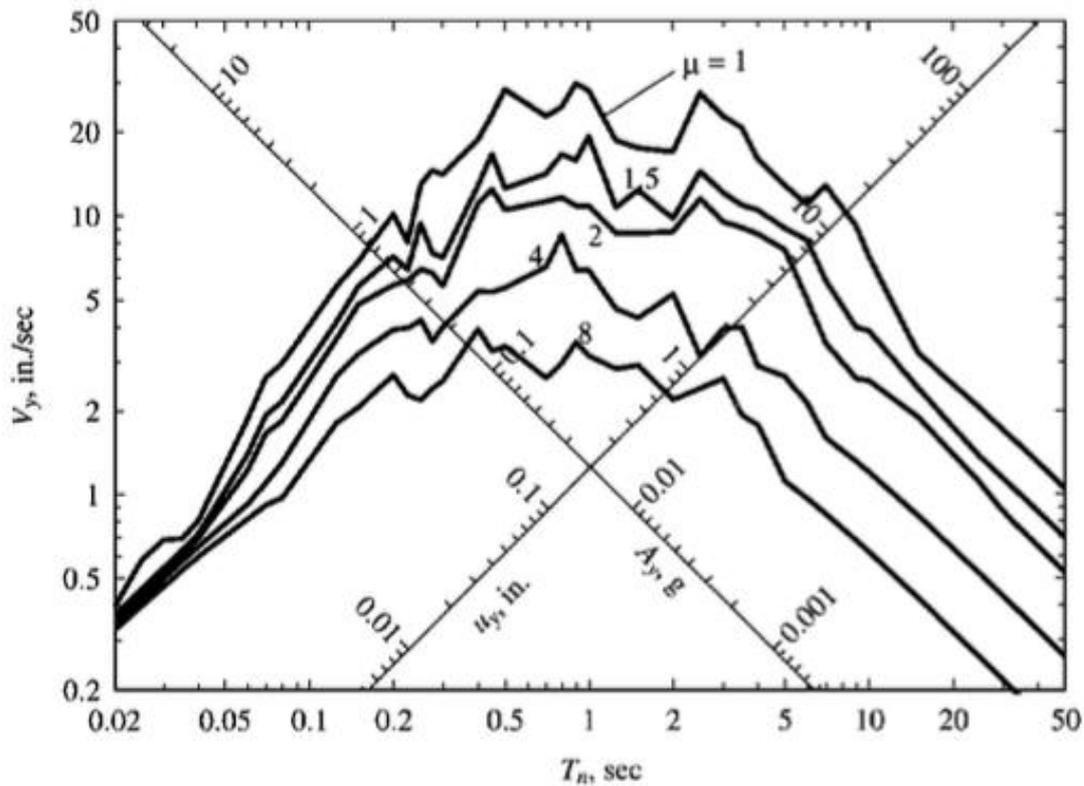


Figure 7.5.3 Constant-ductility response spectrum for elastoplastic systems and El Centro ground motion; $\mu = 1, 1.5, 2, 4,$ and 8 ; $\zeta = 5\%$.

Figura 14: Espectro de respuesta tripartito inelástico de respuesta de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)

A continuación, se compara el espectro de inelástico de respuesta de la resistencia normalizada \bar{f}_y elaborado a partir del cálculo presentado en la sección anterior con el mismo y se compara el espectro inelástico de respuesta \bar{f}_y calculado que es el de la figura 15 con el espectro inelástico de respuesta obtenido de la misma referencia de los anteriores de (Chopra, 2014). De la misma manera se puede observar que ambos espectros presentan valores muy similares, es importante destacar que este espectro se realizó en escala logarítmica por motivos de comparación para que la similitud entre ambos espectros sea más notoria y fácil de identificar.

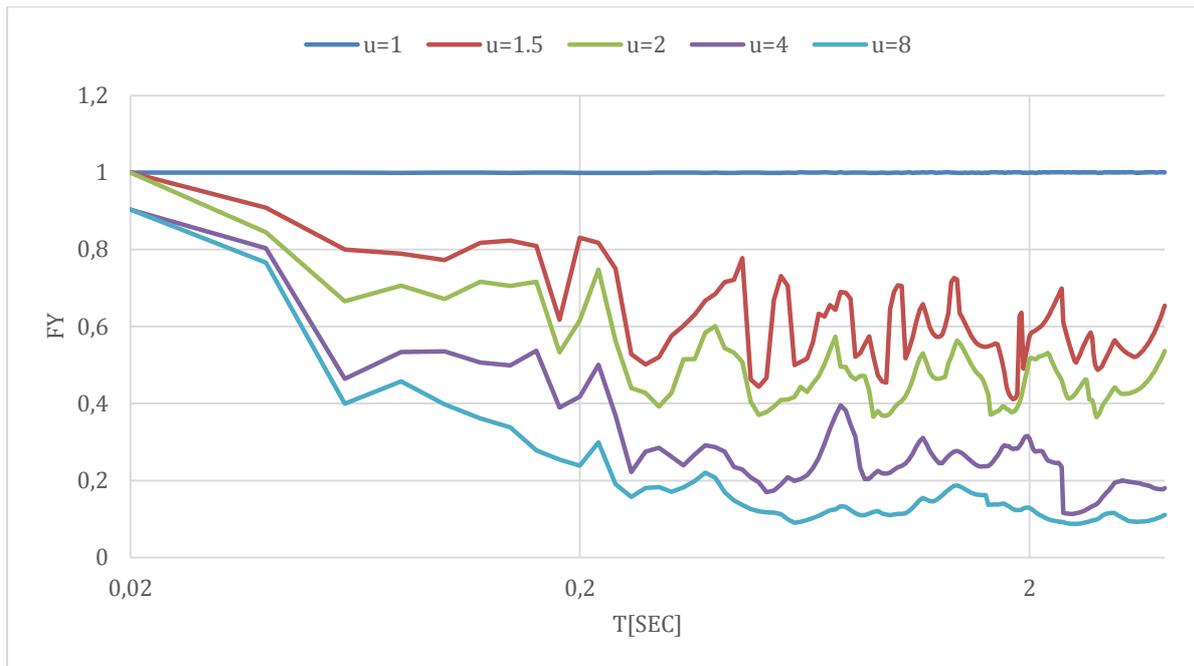


Figura 15: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de El Centro, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

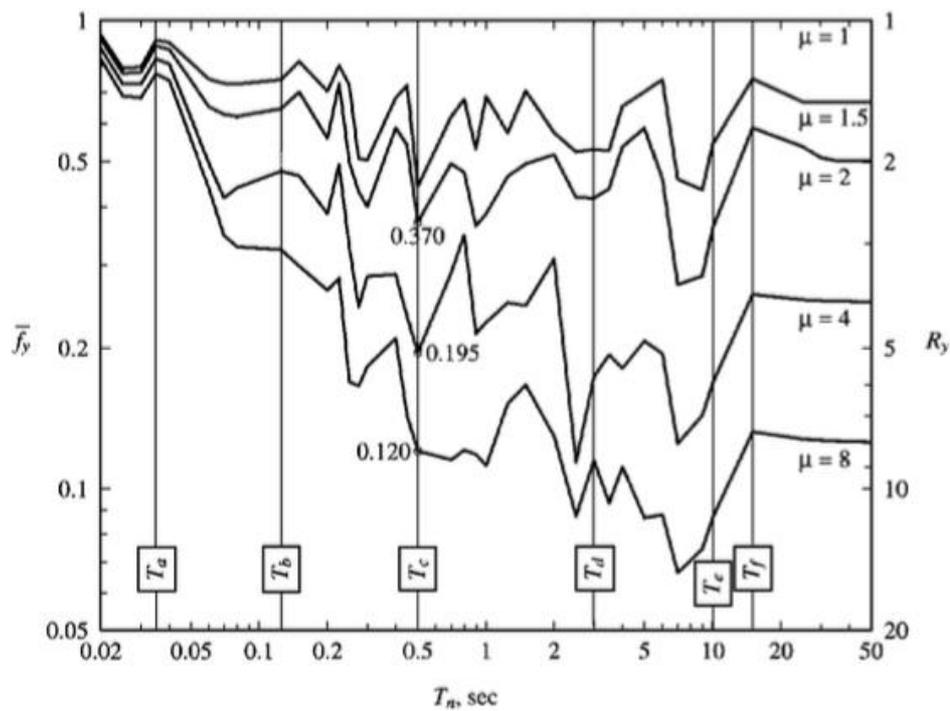


Figure 7.7.1 Normalized strength \bar{F}_y of elastoplastic systems as a function of natural vibration period T_n for $\mu = 1, 1.5, 2, 4, \text{ and } 8$; $\zeta = 5\%$; El Centro ground motion.

Figura 16: Espectro de respuesta tripartito inelástico de respuesta de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)

Finalmente, para el espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad se calculó la fuerza f_y a partir de las fuerzas de resistencia normalizada $\bar{f}_y = 0.5, 0.25$ y 0.125 . Con la ayuda de un Software de análisis tiempo historia dinámico NONLIN, programa que a partir del acelerograma ingresando las propiedades de la estructura y la fuerza de fluencia calculada aporta la demanda de ductilidad de dicha estructura. Las figuras 17 y 18 corresponden a el espectro calculado y al espectro obtenido de la referencia (Chopra, 2014) respectivamente, y como se puede observar se obtienen valores muy similares. (Advanced Structural Concepts, Inc., 2003)

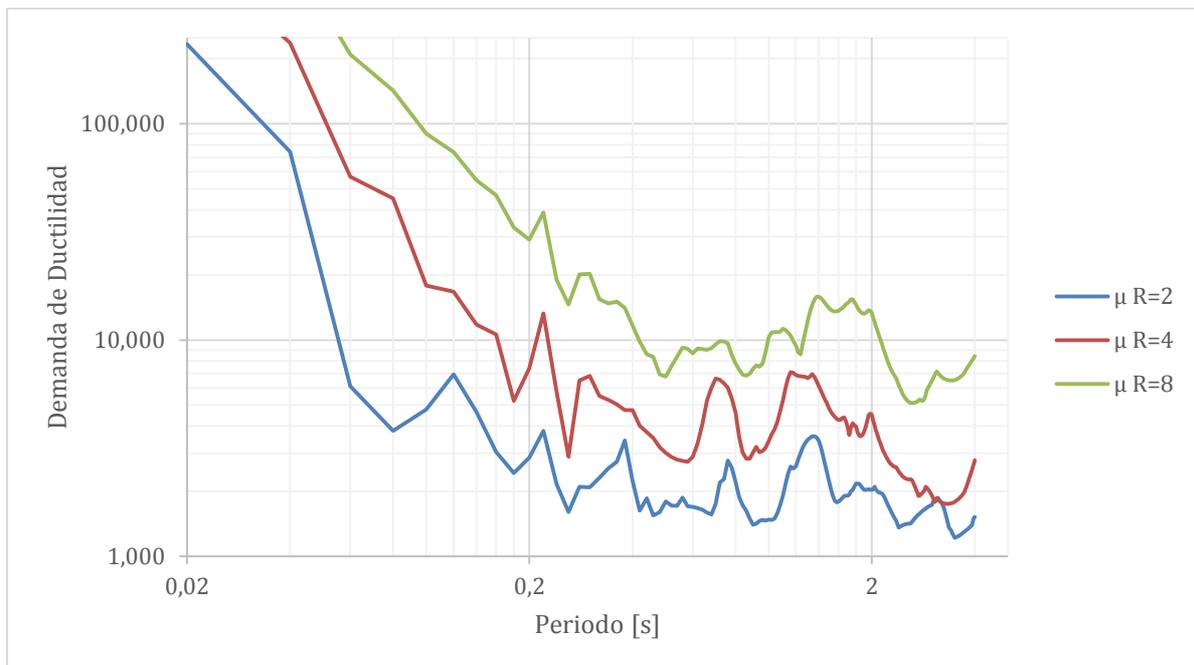


Figura 17: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de El Centro, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

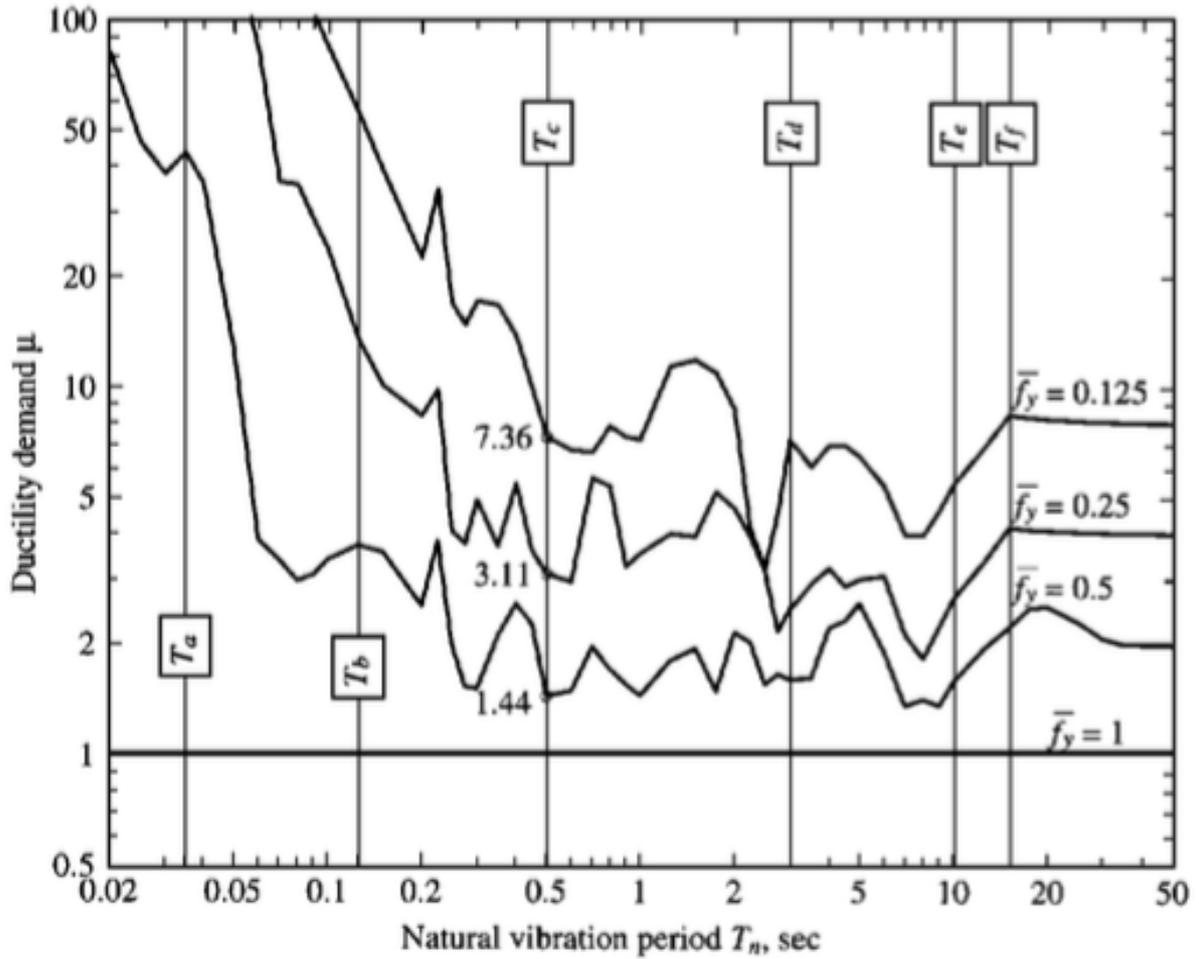


Figure 7.4.5 Ductility demand for elastoplastic system due to El Centro ground motion; $\zeta = 5\%$ and $\bar{f}_y = 1, 0.5, 0.25,$ and 0.125 .

Figura 18: Espectro de respuesta inelástico de demanda de ductilidad constante para registro El Centro. (Chopra, 2014)

DESARROLLO DEL TEMA

Una vez validado el proceso de cálculo, se procedió a construir los espectros para las ciudades con aceleraciones máximas en sus acelerogramas corregidos mayores a 0.04g. Es necesario corregir los acelerogramas, ya que pueden existir errores como ruidos de fondo que distorsionan las ondas, errores en los instrumentos y errores en la manipulación de los acelerógrafos. Tomando en cuenta que los velocigramas y desplazamientos provienen de la integración del acelerograma, estos errores pueden generar velocigramas y desplazamientos erróneos, es por esto la necesidad de corregirlos. Los acelerogramas se corrigieron utilizando el mismo software antes descrito PRISM aplicando las correcciones de línea base y filtrado. (Chiu, 1997)

De acuerdo a las características de los errores de línea base, el software PRISM utiliza un algoritmo simple para corregir dichos errores de los registros de aceleración digitales obtenidos a partir del terremoto. Este algoritmo cuenta con tres pasos; el primero incluye un ajuste de mínimos cuadrados en la aceleración, un filtrado de paso alto en la aceleración y la sustracción del valor inicial de la velocidad. Los pasos uno y tres permiten reducir los errores de línea base de segundo orden o menores; mientras el filtrado reduce el ruido de bajo orden y los errores de línea base de orden alto provenientes del fondo y de los ruidos propios de los instrumentos. El segundo paso en el algoritmo requiere un filtrado en la aceleración para eliminar los errores residuales de ruidos aleatorios de orden alto. (Chiu, 1997)

Una vez realizadas las correcciones de los registros de los acelerogramas presentados en la tabla 1 se obtuvo que los únicos registros con aceleraciones mayores a 4% en sus acelerogramas corregidos son los presentados en la tabla 2.

Tabla 2: Registros seleccionados por su aceleración máxima de acelerograma corregido mayor al 4% de la gravedad.

CIUDAD	COMP.	ACC. [G]	ACC. [%G]	ACC MAX
CHONE ACHN	E	-0.271081418	27.11%	33.44%
	N	-0.334366888	33.44%	
	Z	0.175898898	17.59%	
ESMERALDAS AES2	E	0.176665582	17.67%	17.67%
	N	-0.102371765	10.24%	
	Z	0.049197684	4.92%	
IBARRA AIB1	E	-0.05301549	5.30%	6.20%
	N	0.062047031	6.20%	
	Z	-0.013722755	1.37%	
LA LIBERTAD ALIB	E	0.032112917	3.21%	4.10%
	N	0.040973327	4.10%	
	Z	-0.019587724	1.96%	
MANTA AMNT	E	-0.419740571	41.97%	51.23%
	N	0.512272133	51.23%	
	Z	0.146141122	14.61%	
MILAGRO AMIL	E	-0.055740857	5.57%	5.57%
	N	0.045673959	4.57%	
	Z	0.01575649	1.58%	
PEDERNALES APED	E	-1.434162112	143.42%	143.42%
	N	0.821220735	82.12%	
	Z	0.771620388	77.16%	
PORTOVIEJO APO1	E	-0.364826724	36.48%	45.92%
	N	0.459226327	45.92%	
	Z	-0.119895571	11.99%	
SANTO DOMINGO ASDO	E	-0.213321245	21.33%	21.33%
	N	0.109413622	10.94%	
	Z	-0.047509633	4.75%	

Por lo tanto, de estas nueve ciudades se realizarán los espectros elásticos de respuesta es decir cuando la ductilidad es igual a uno, y los espectros inelásticos de respuesta de aceleración, velocidad, desplazamiento, R- factor de reducción de fuerza y su inversa F_y para ductilidades constantes y los espectros inelásticos de respuesta para demanda de ductilidad para $F_y = 0.5, 0.25$ y 0.125 o $R = 2, 4$ y 8 .

Chone ACHN

Componente Este- Oeste.

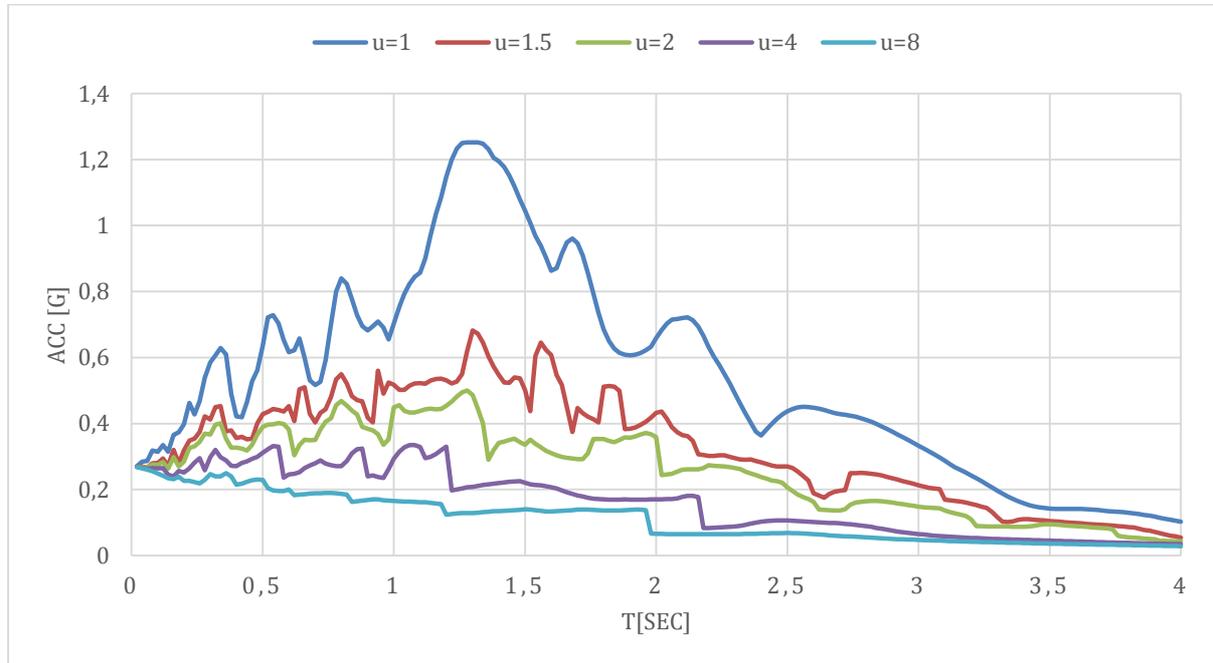


Figura 19: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

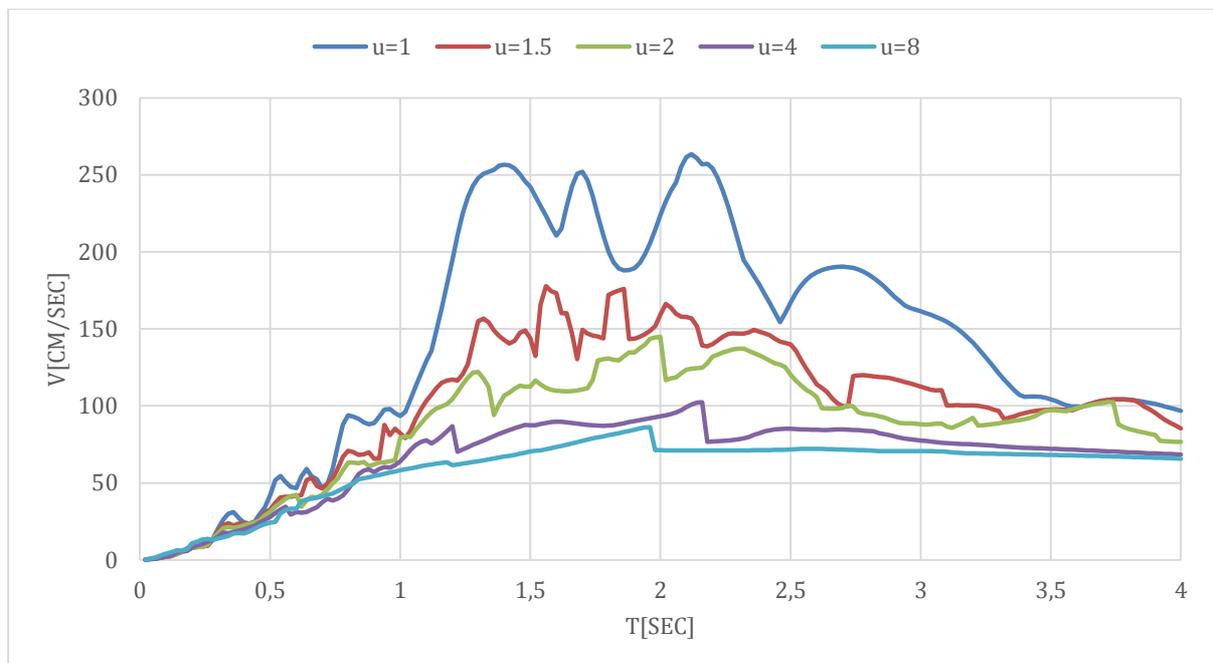


Figura 20: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

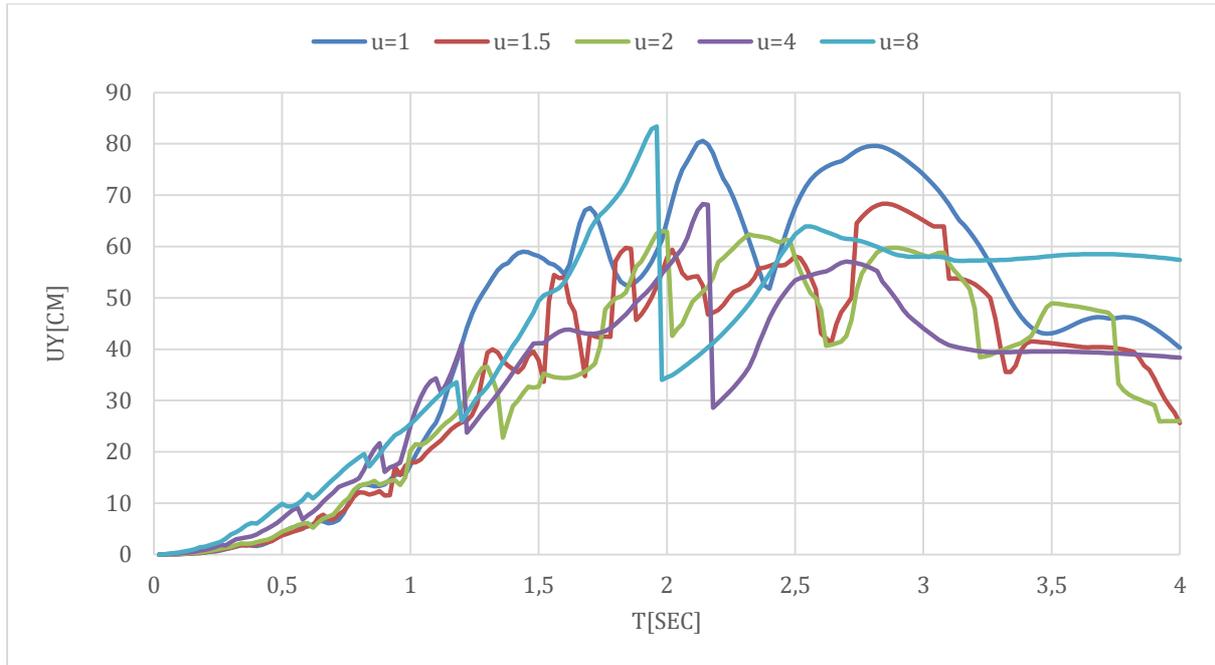


Figura 21: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

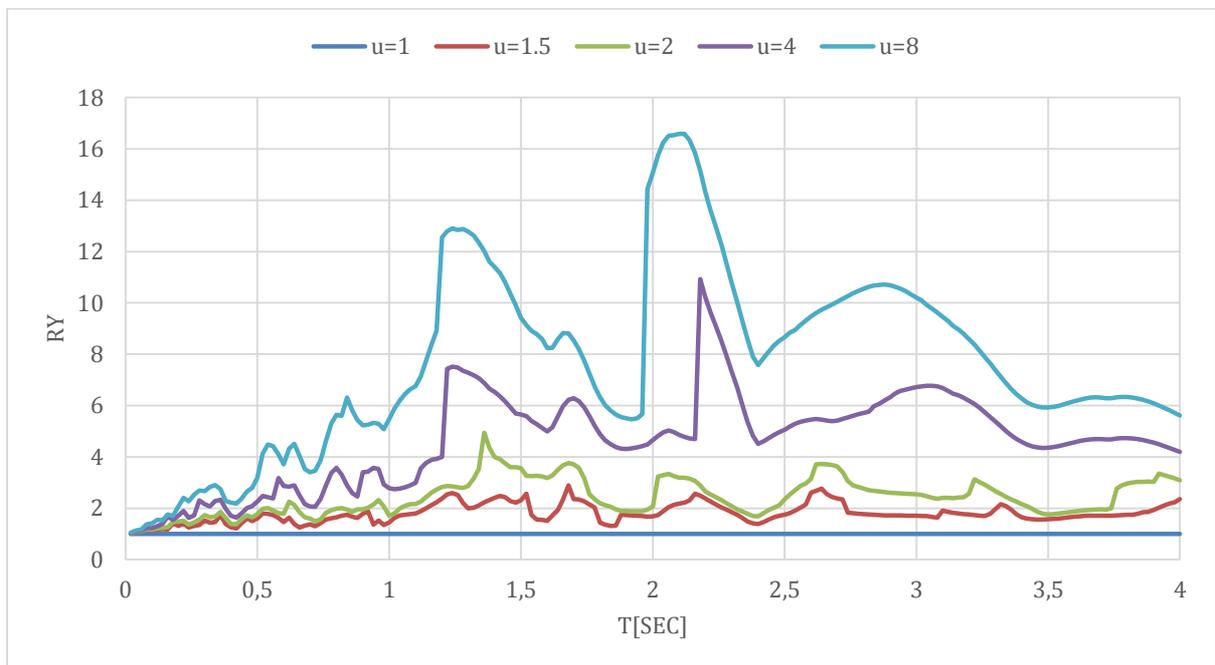


Figura 22: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

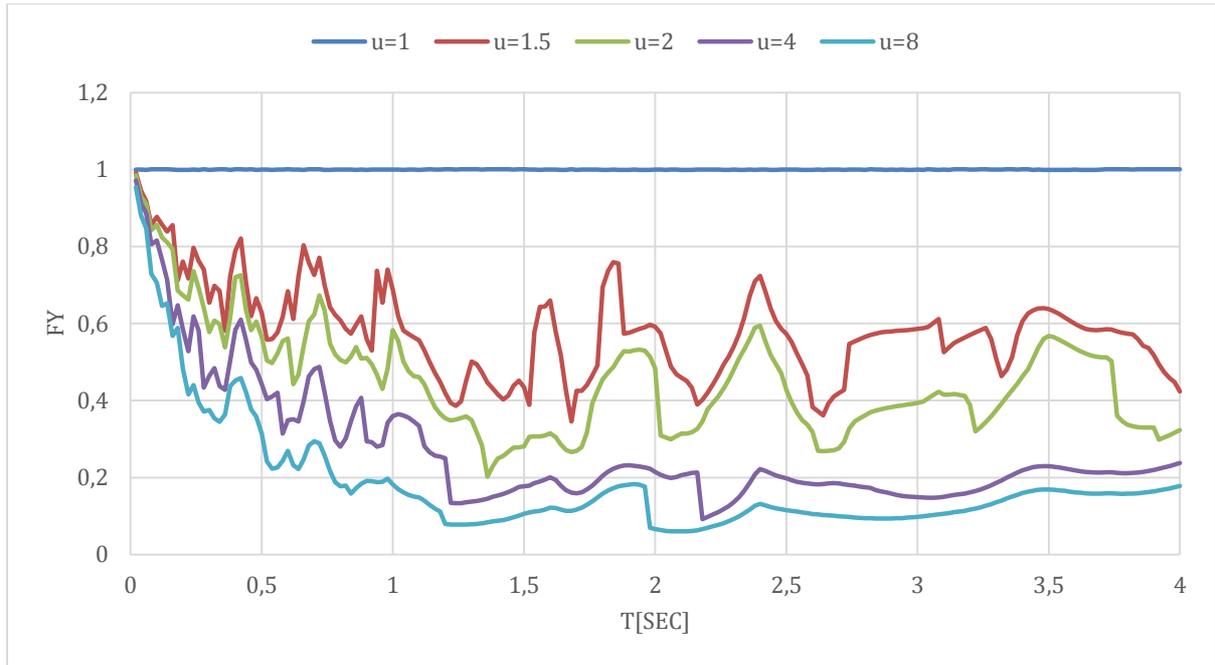


Figura 23: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

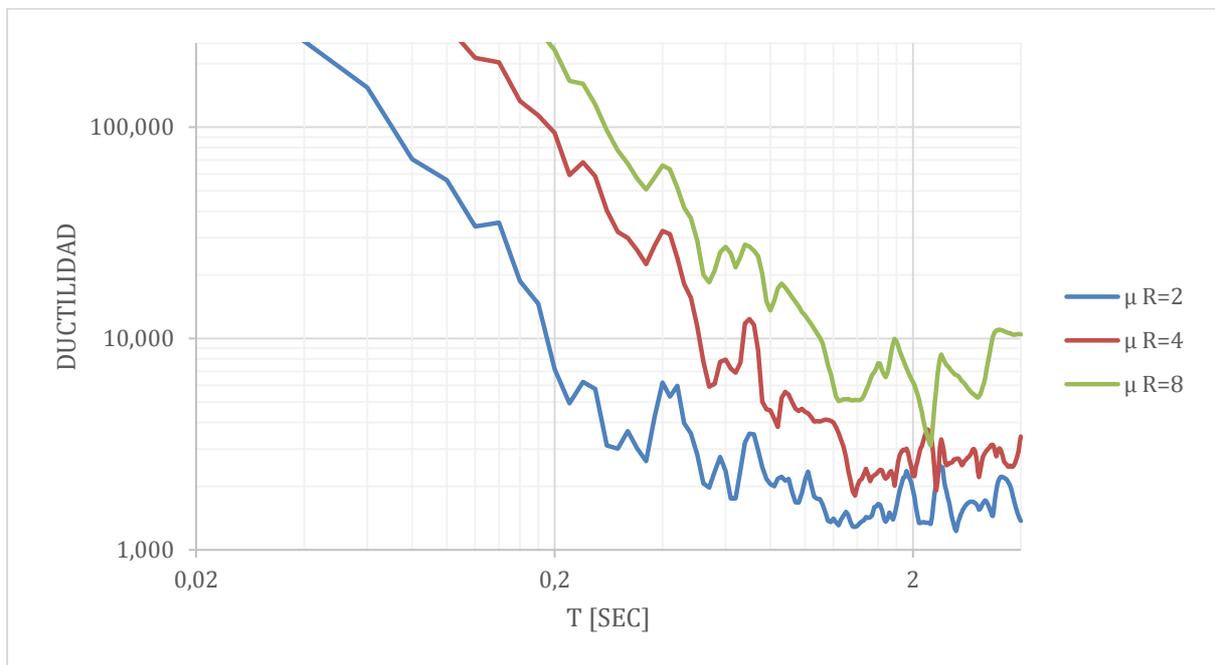


Figura 24: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Chone ACHN E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur

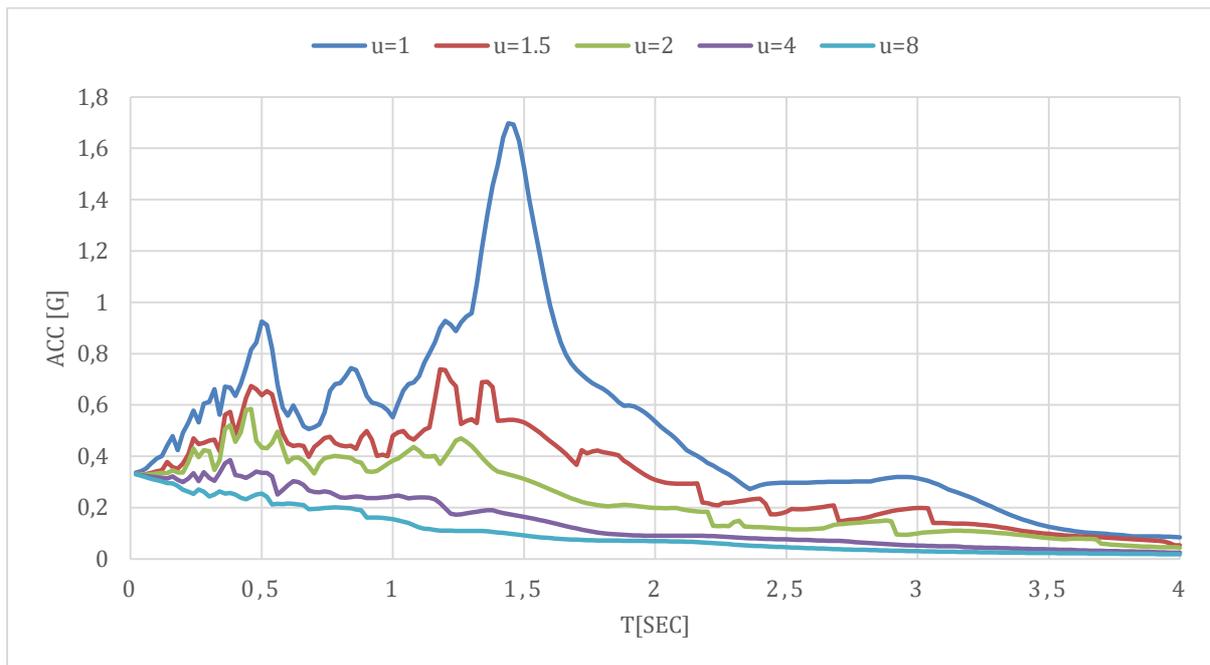


Figura 25: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

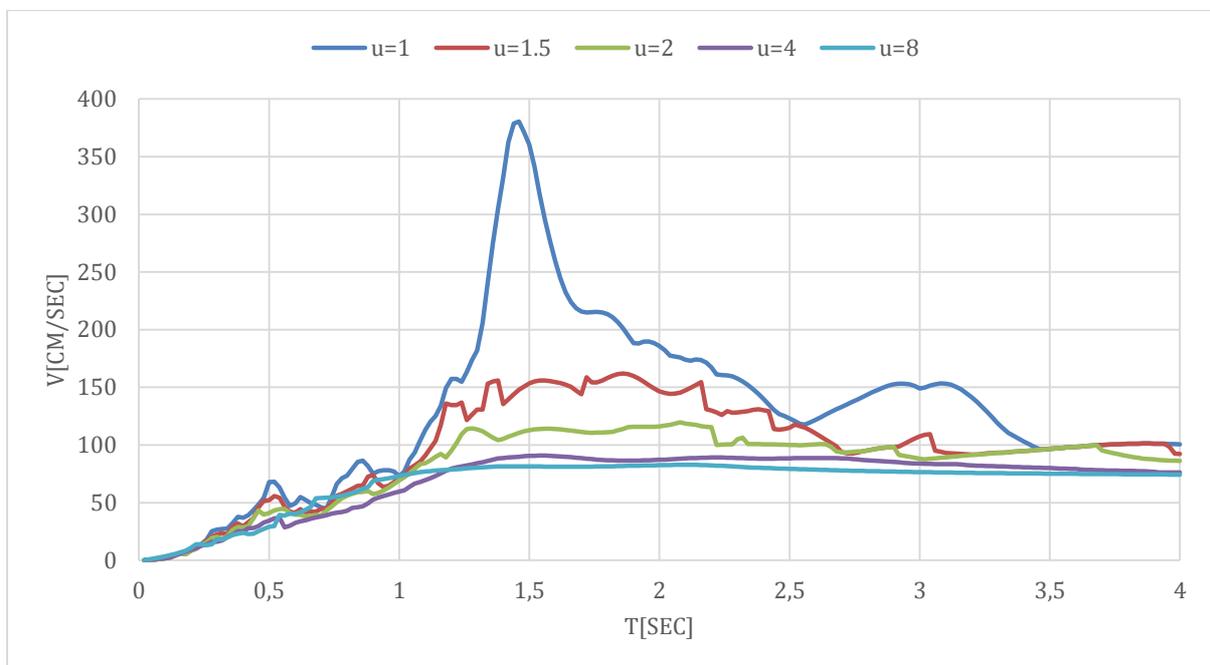


Figura 26: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

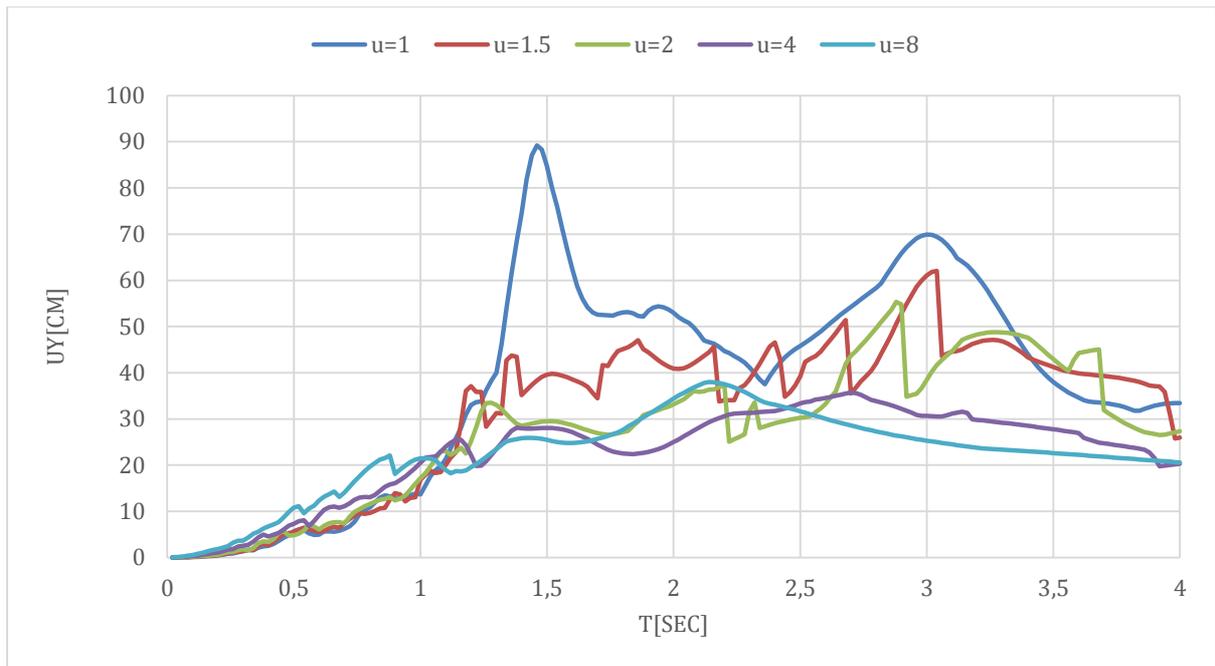


Figura 27: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

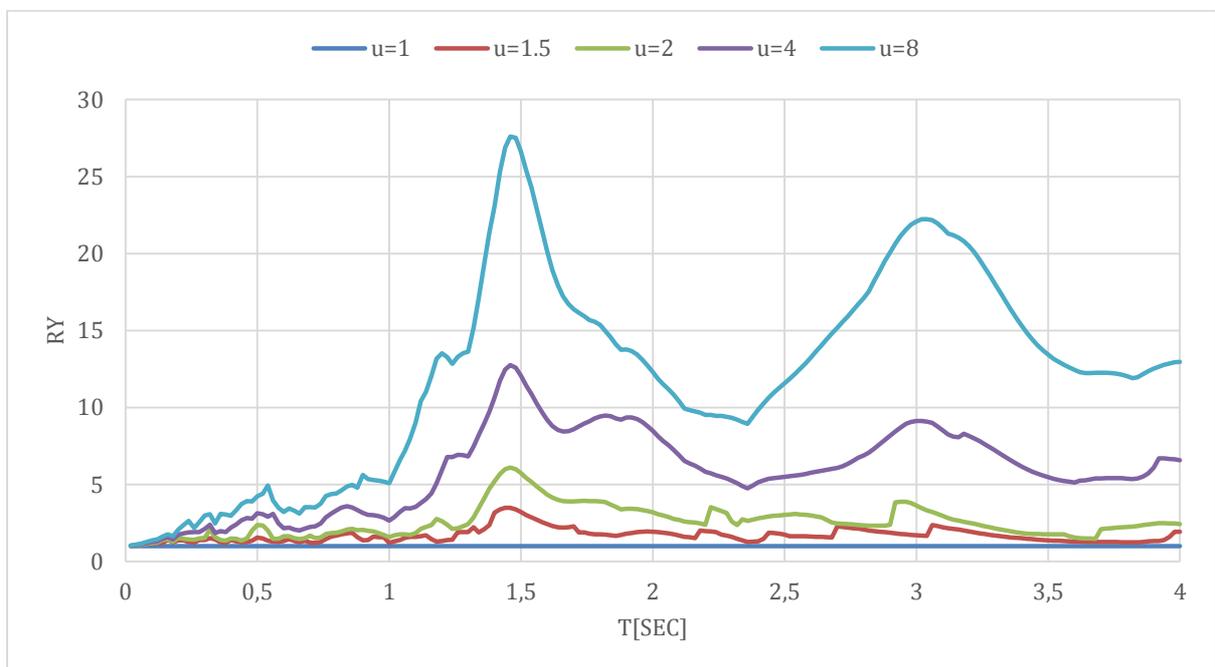


Figura 28: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

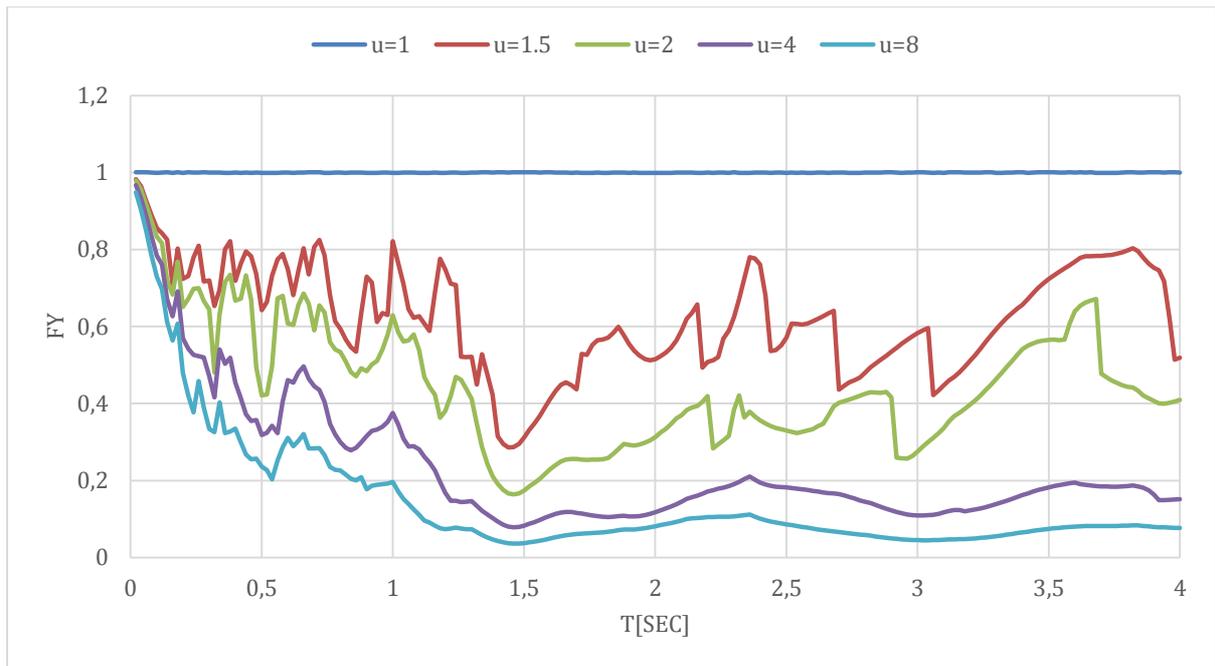


Figura 29: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

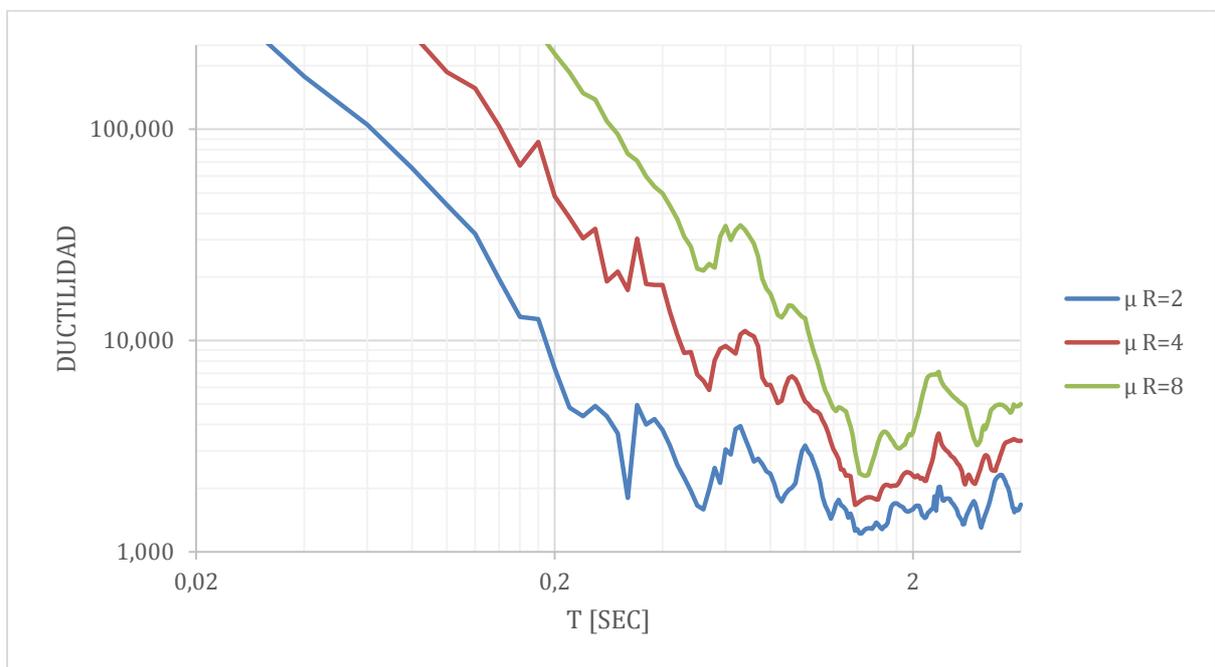


Figura 30: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Chone ACHN N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z

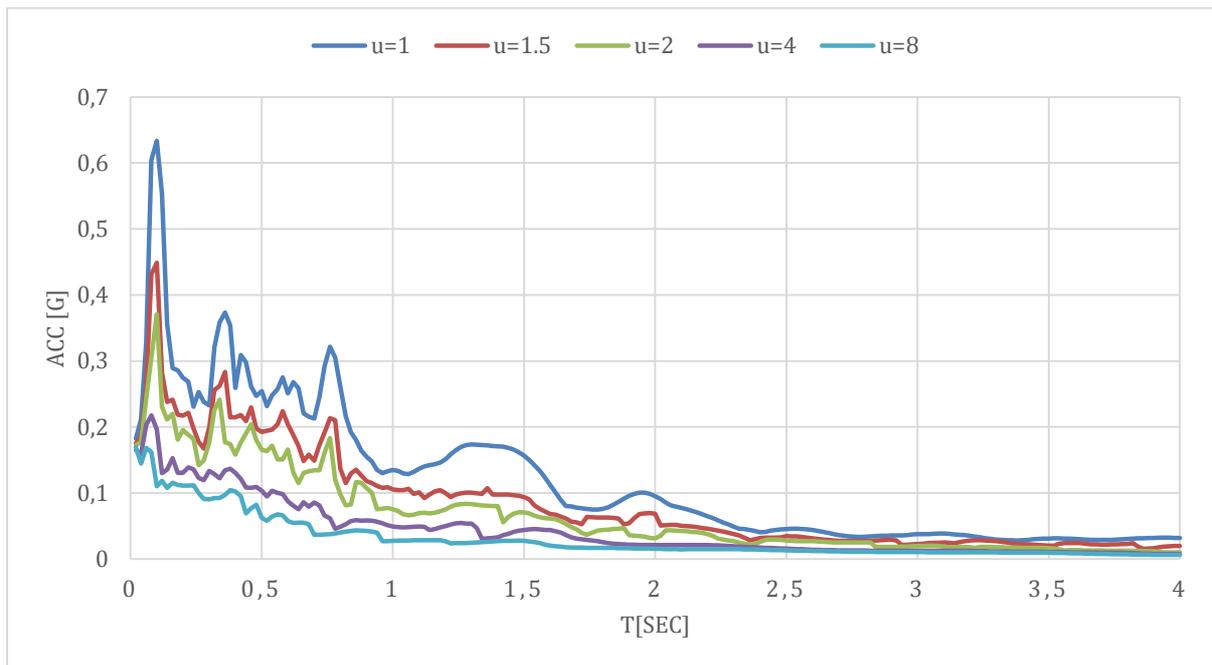


Figura 31: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

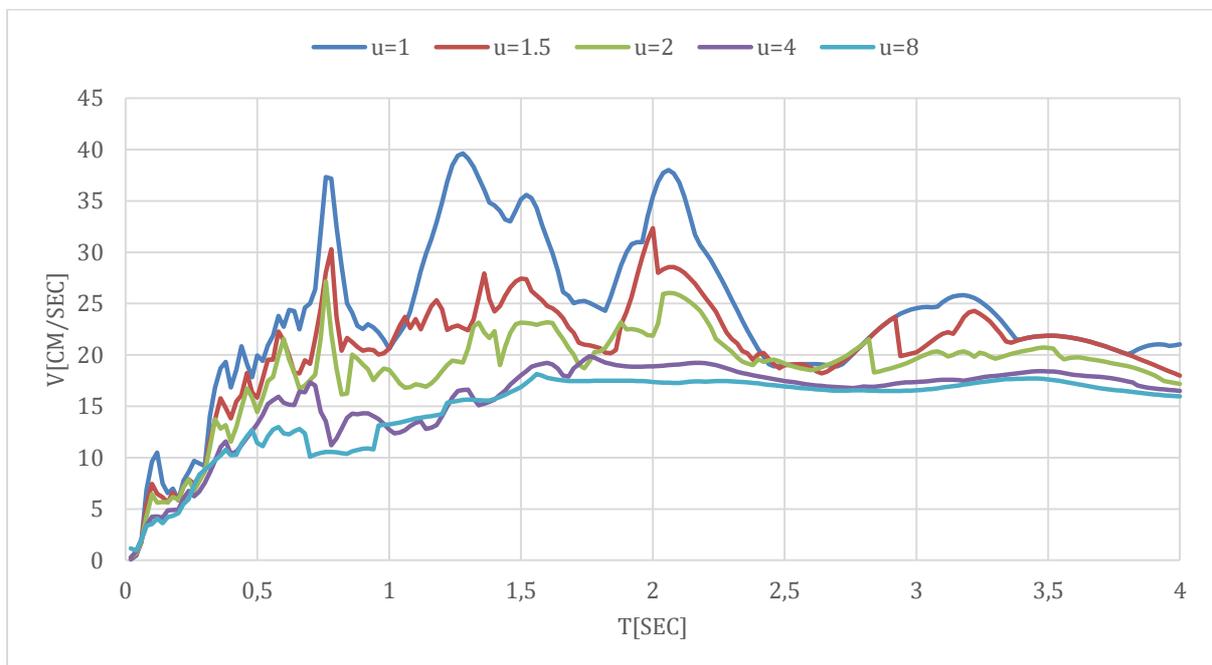


Figura 32: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

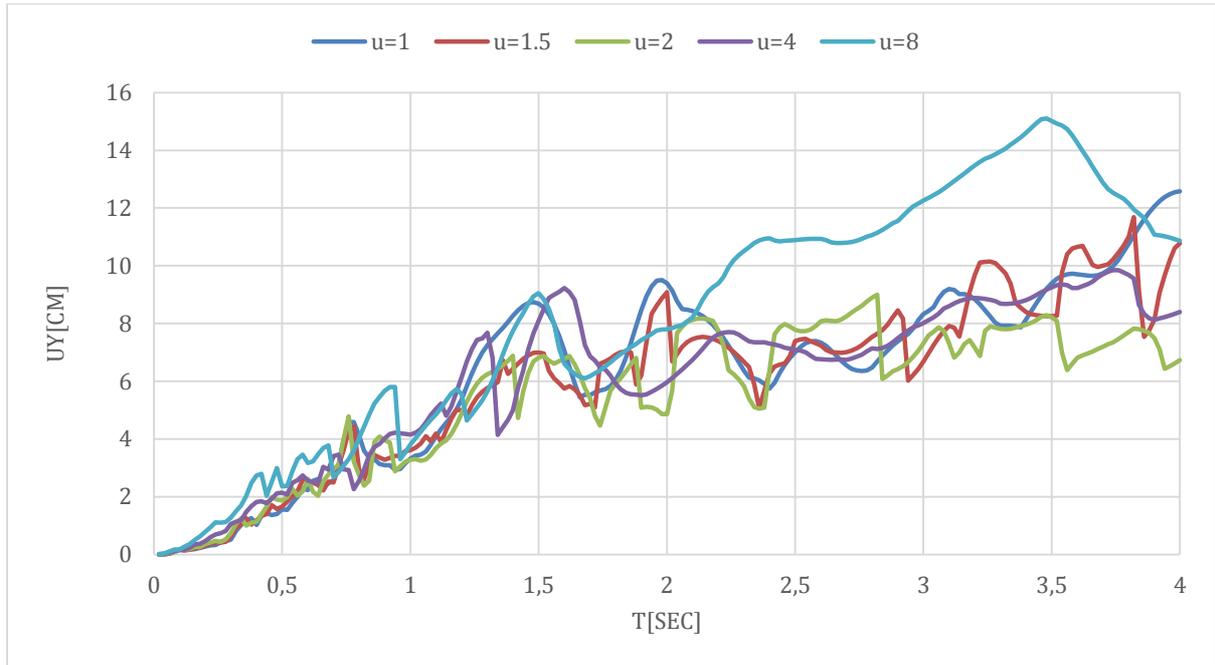


Figura 33: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

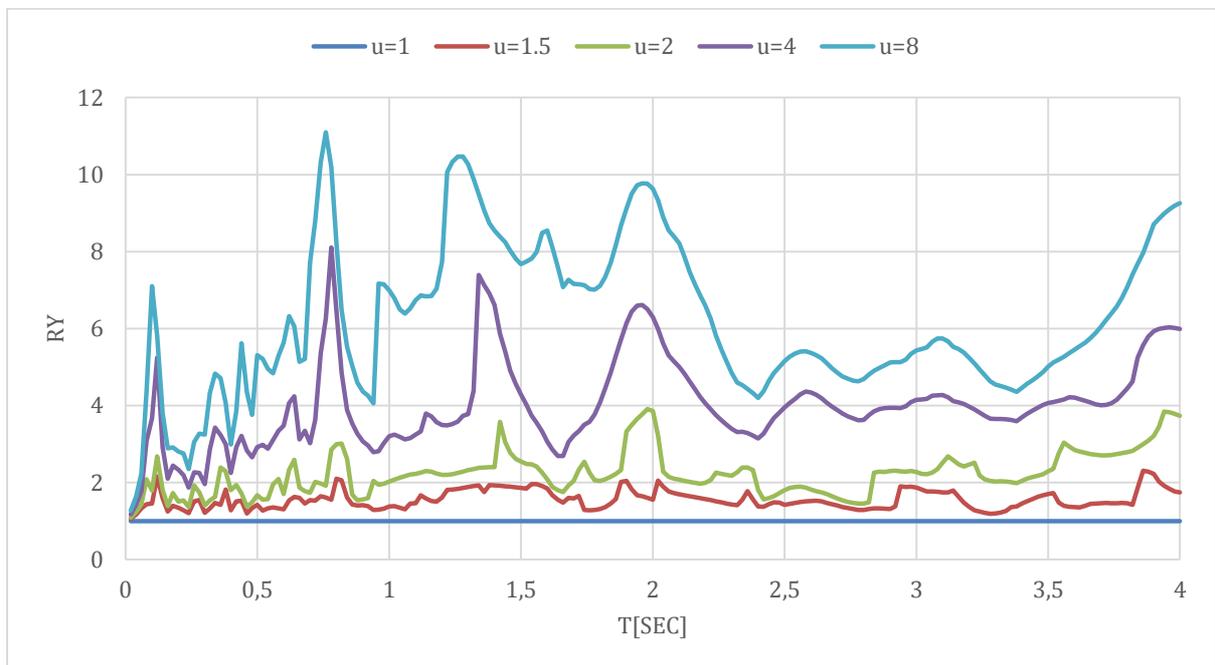


Figura 34: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

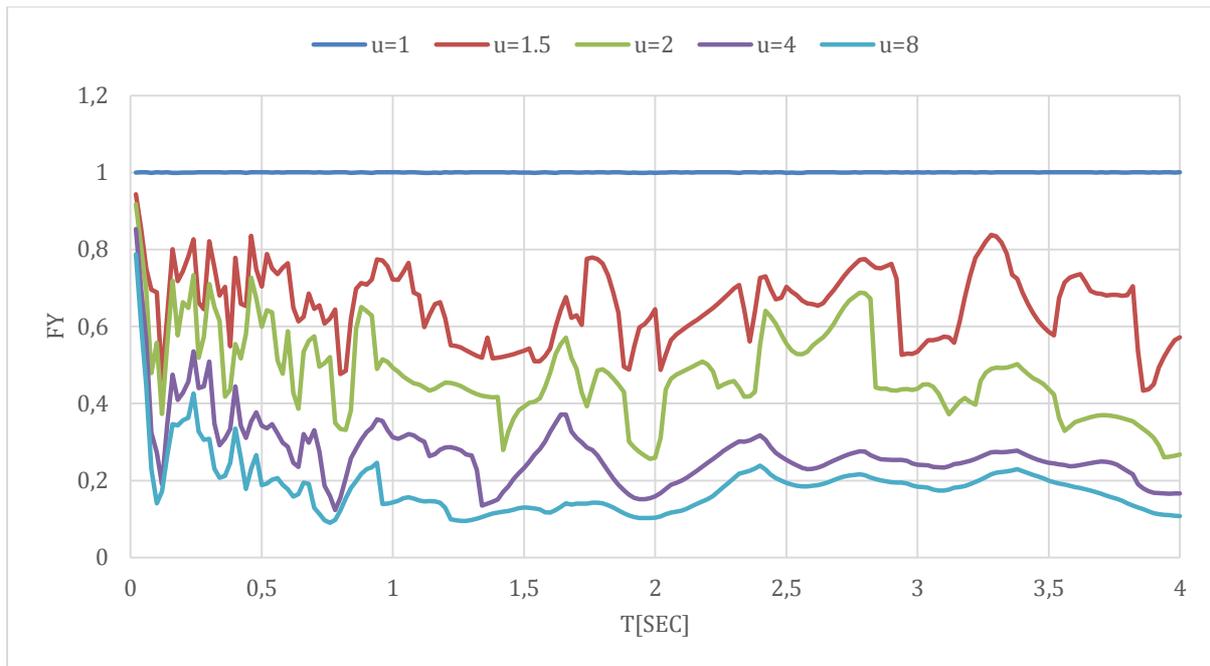


Figura 35: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

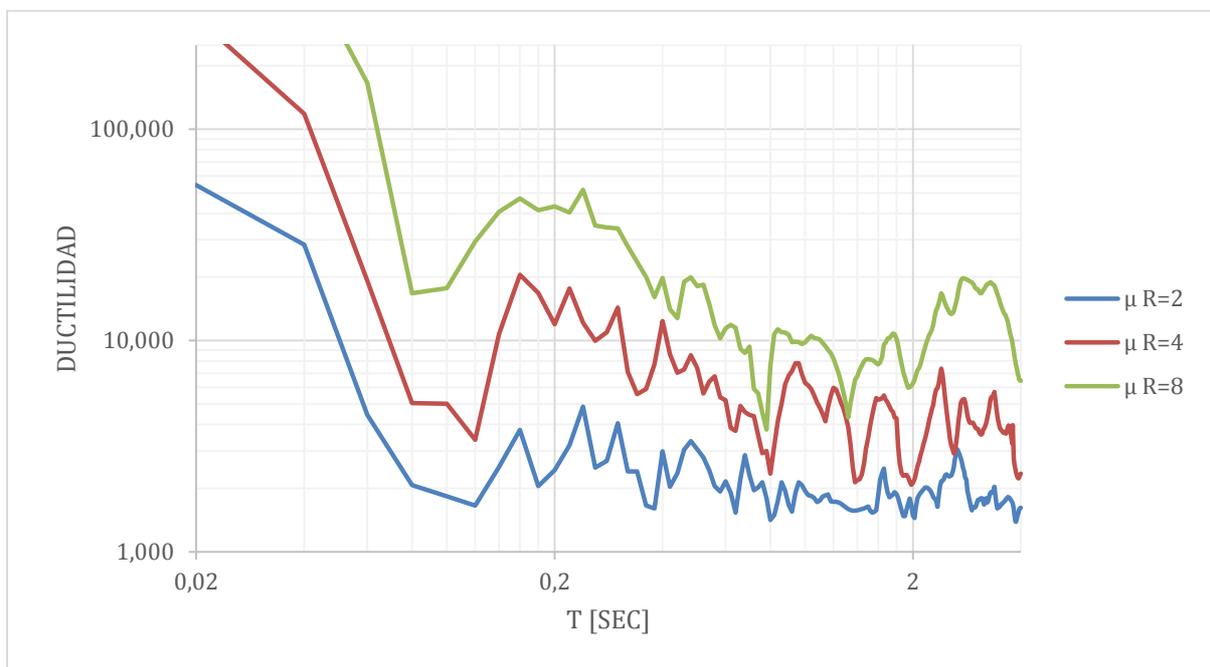


Figura 36: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Chone ACHN Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

Esmeraldas AES2

Componente Este Oeste.

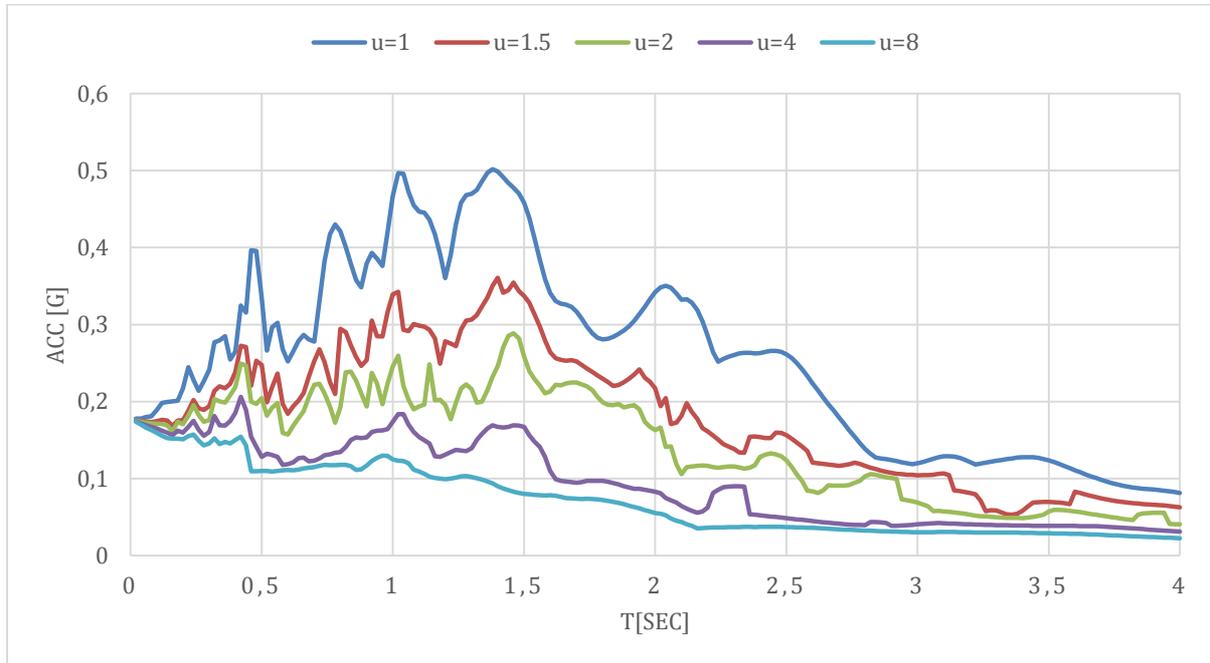


Figura 37: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

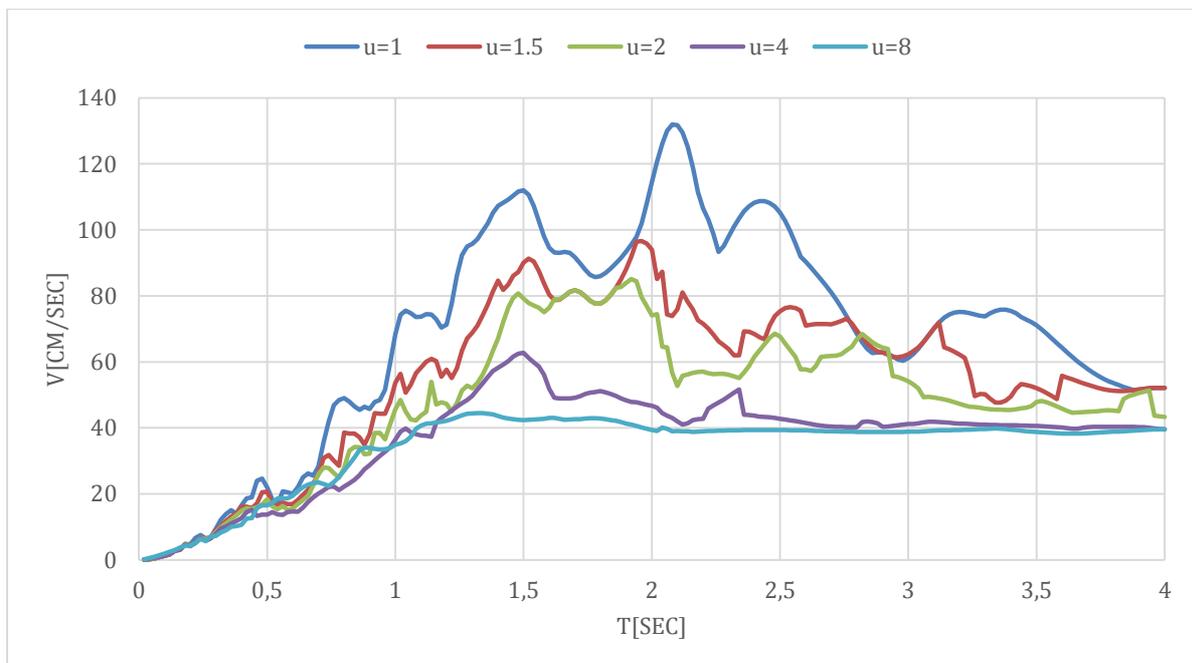


Figura 38: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

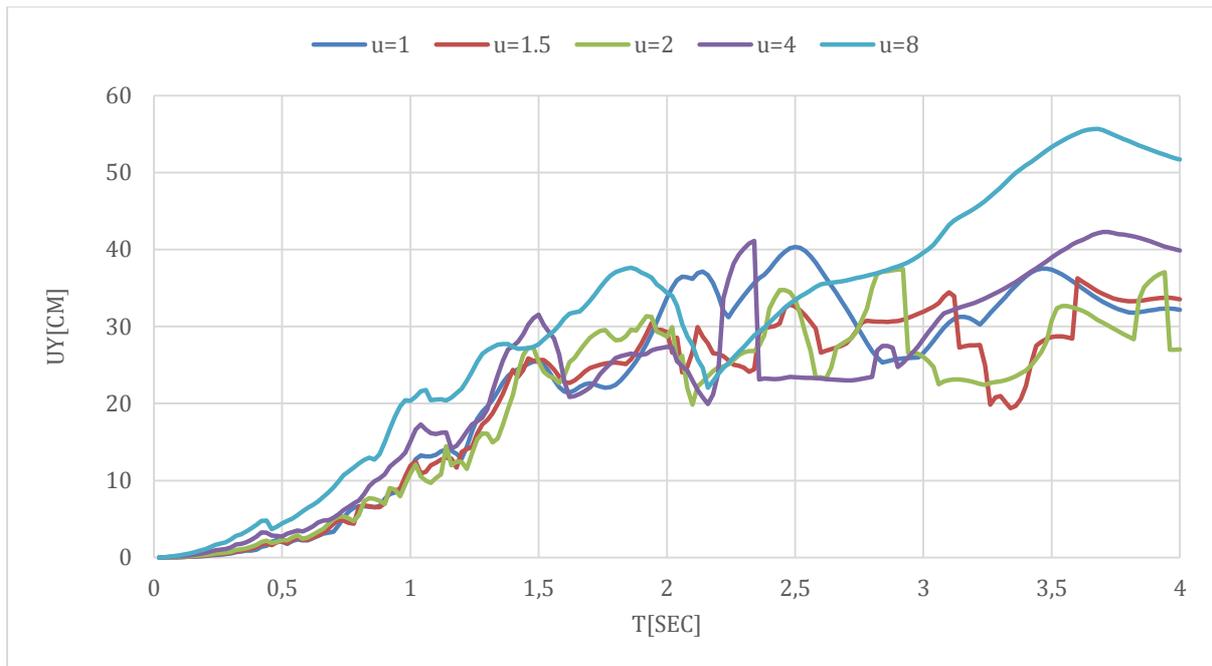


Figura 39: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

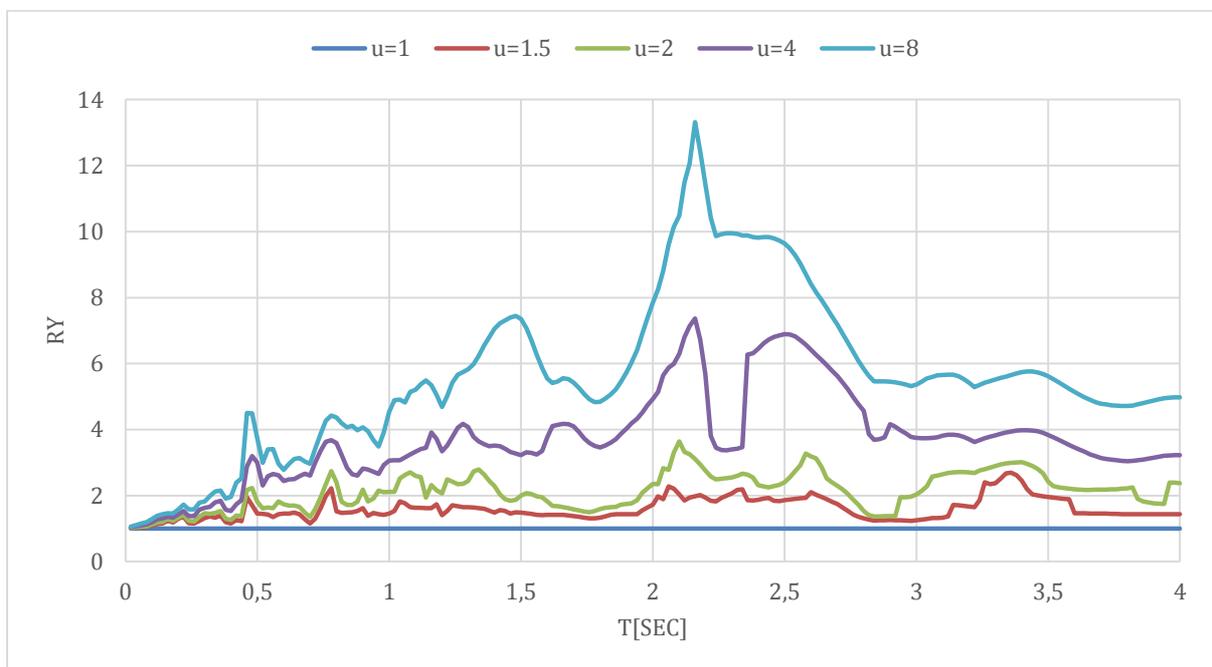


Figura 40: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

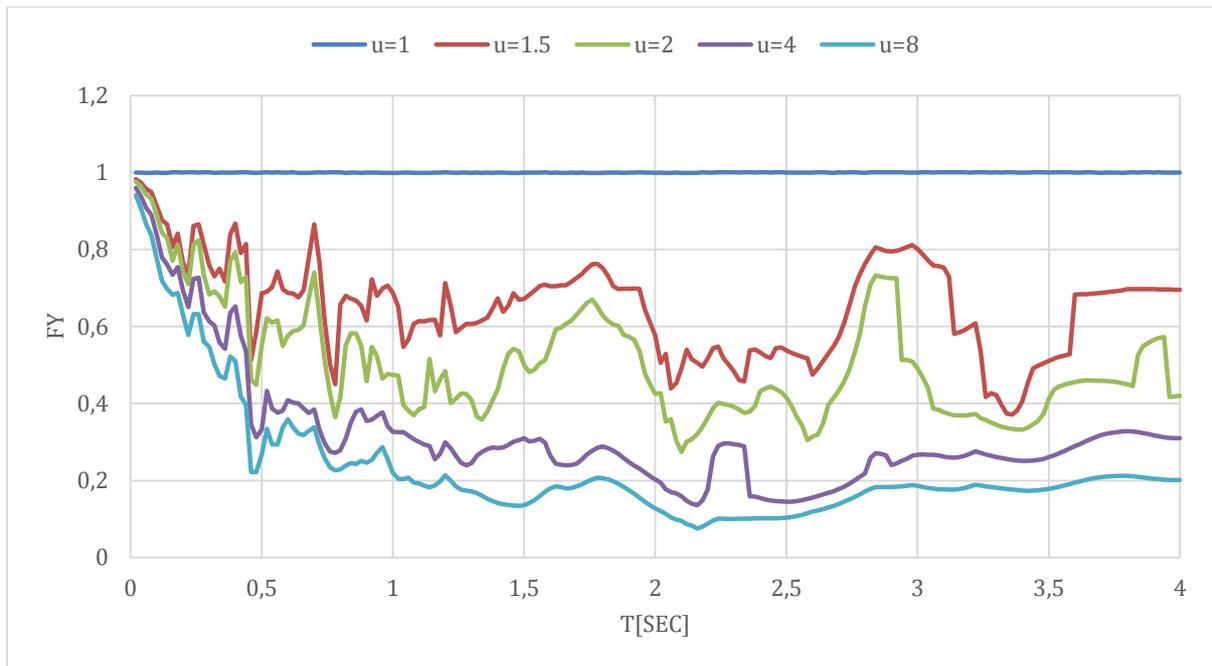


Figura 41: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

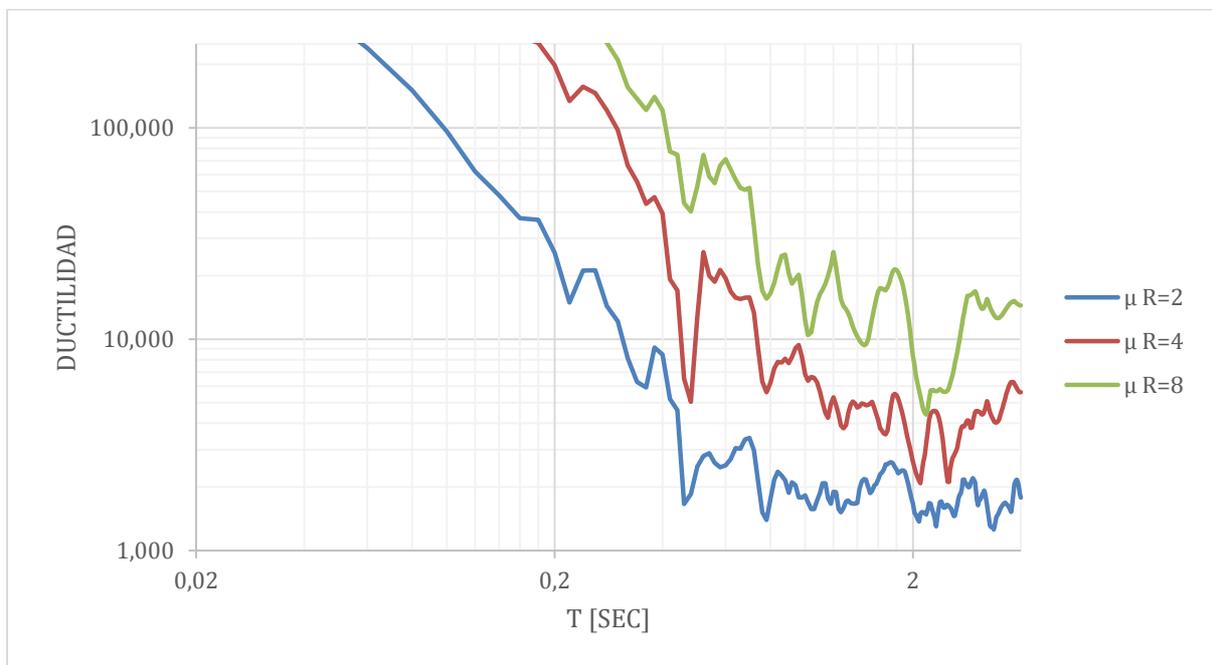


Figura 42: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Esmeraldas AES2 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur

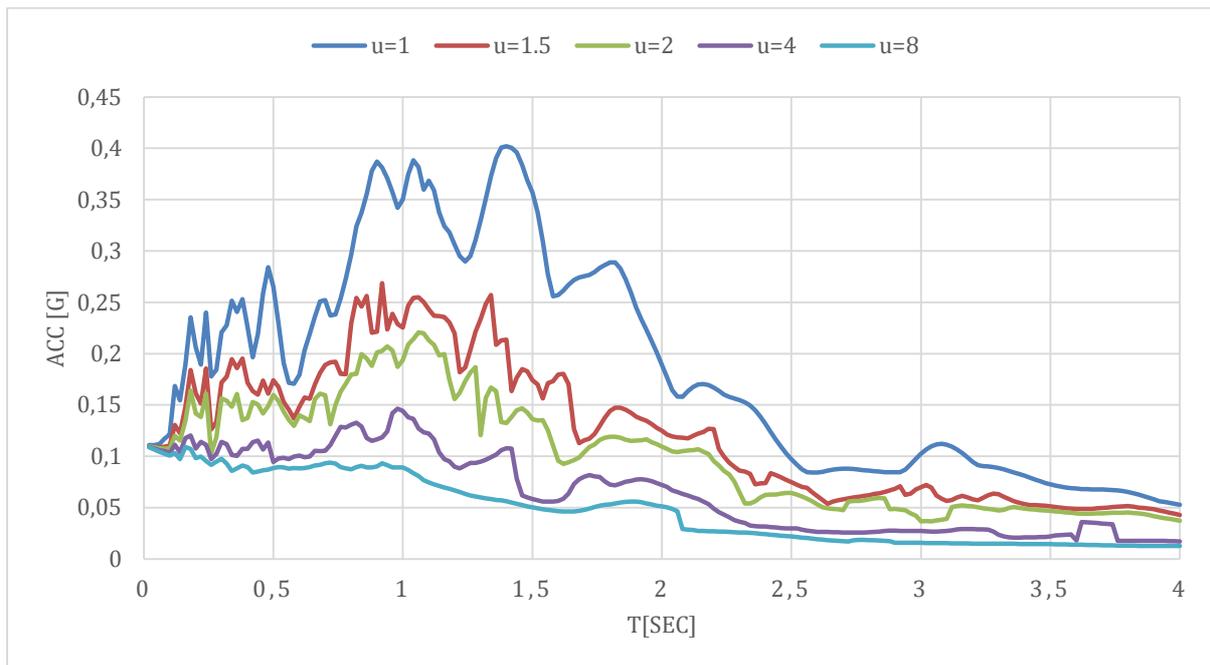


Figura 43: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

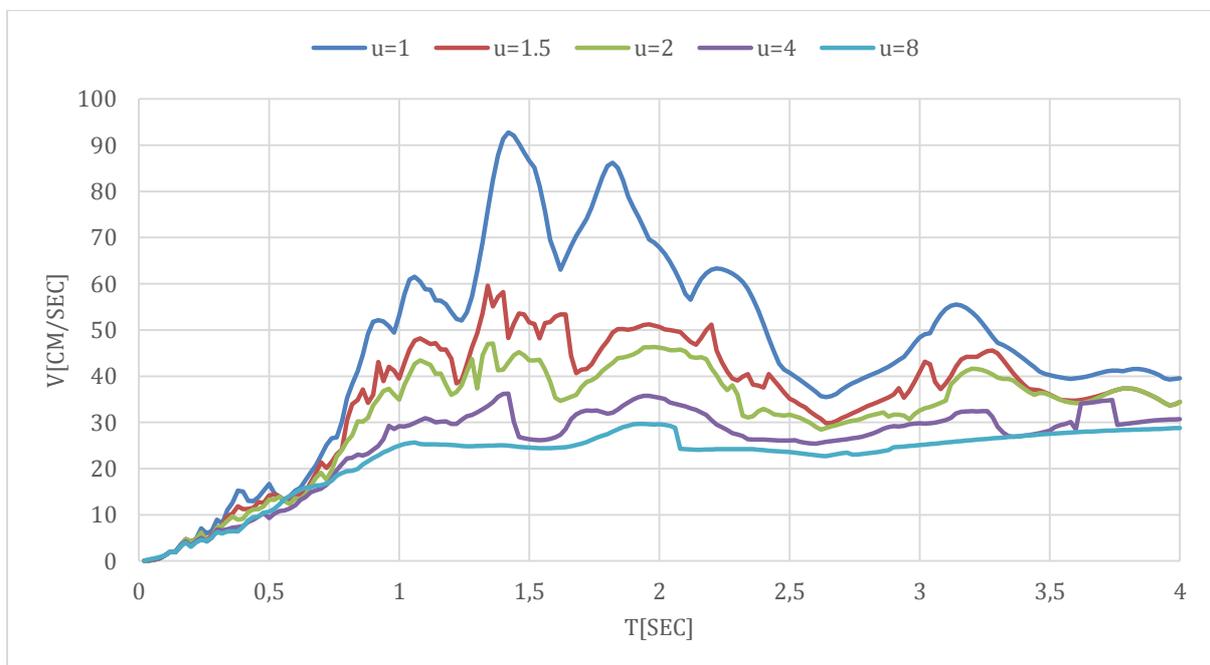


Figura 44: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

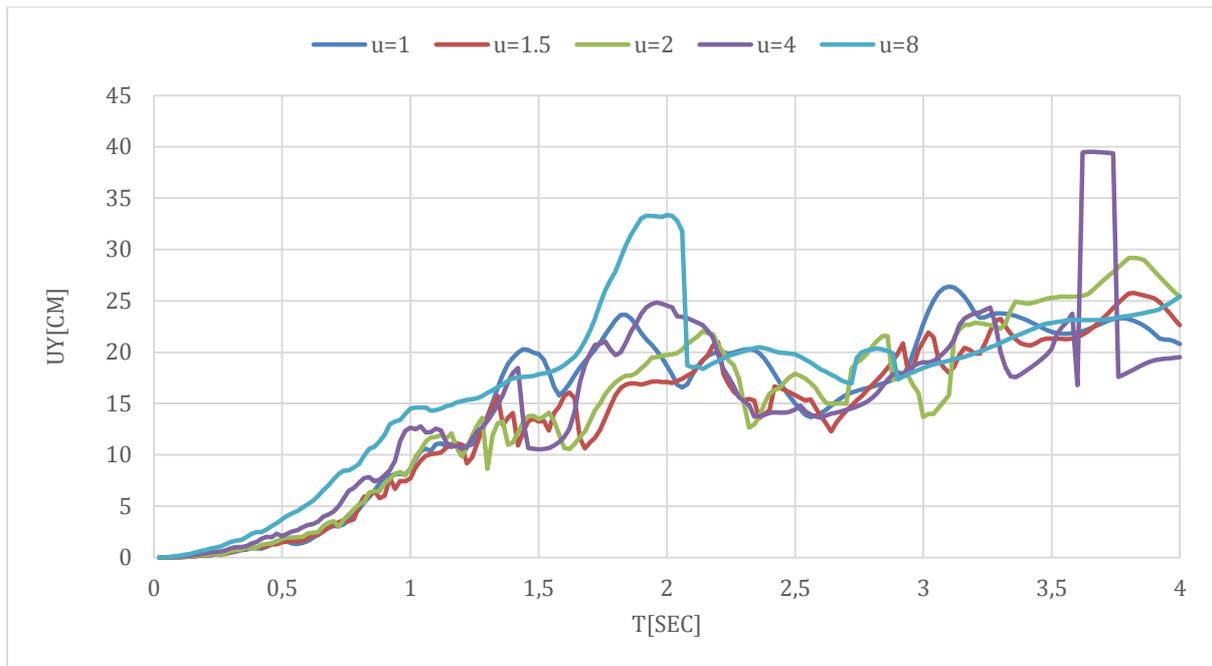


Figura 45: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

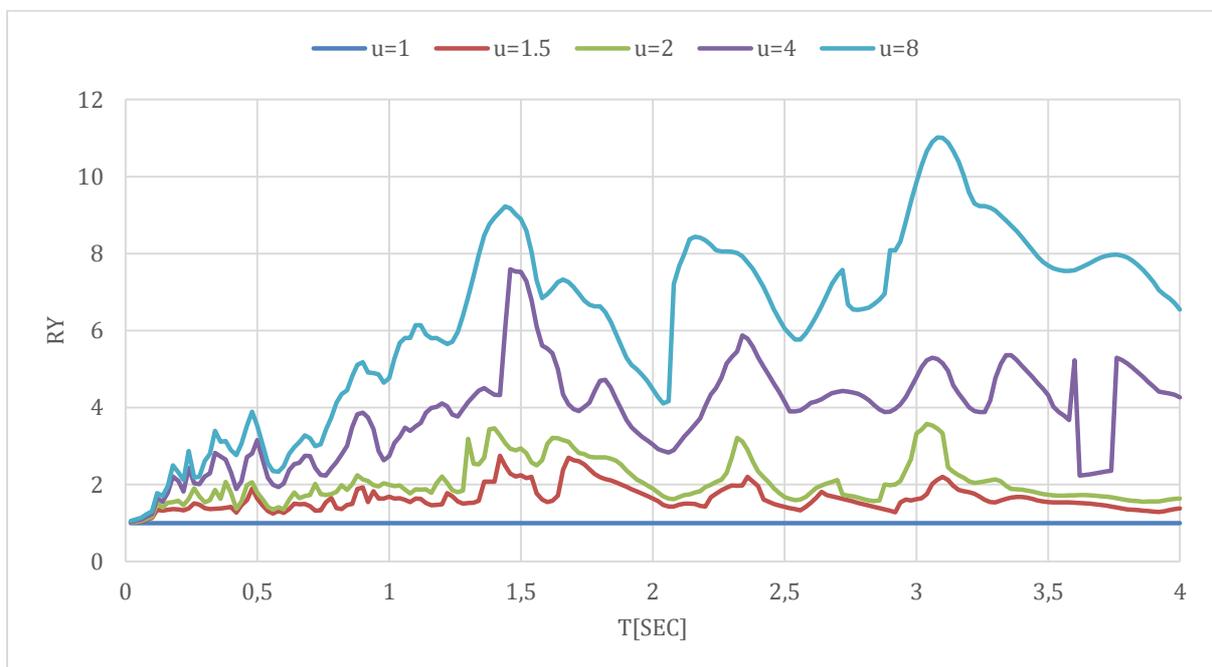


Figura 46: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

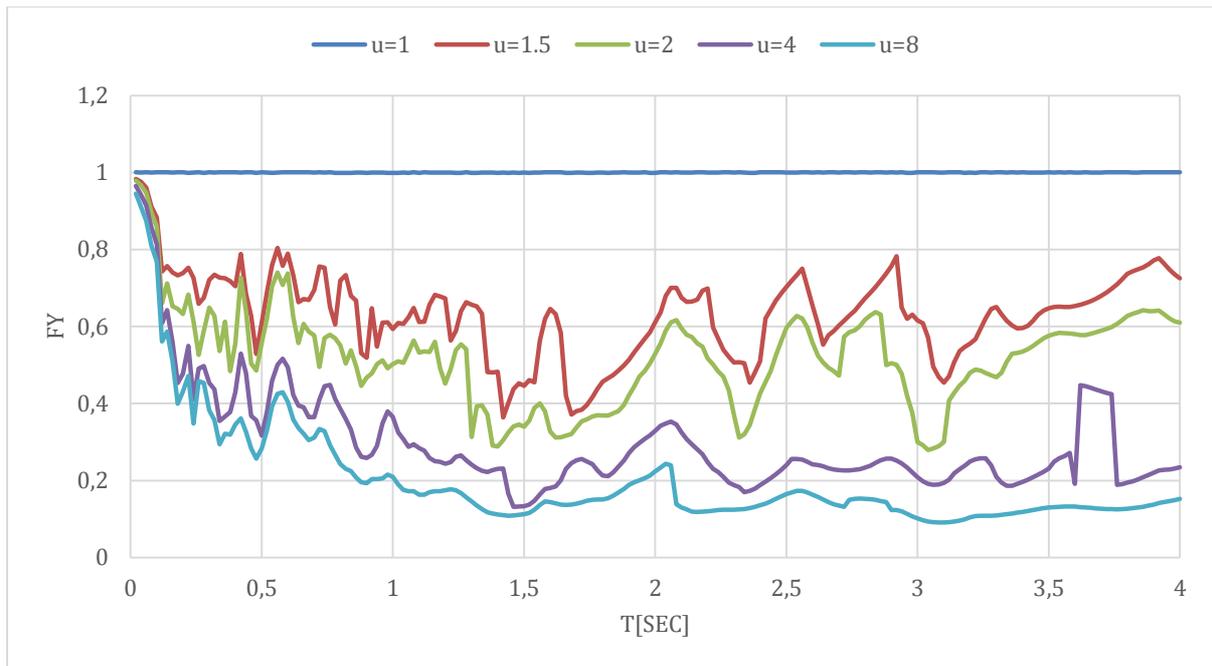


Figura 47: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

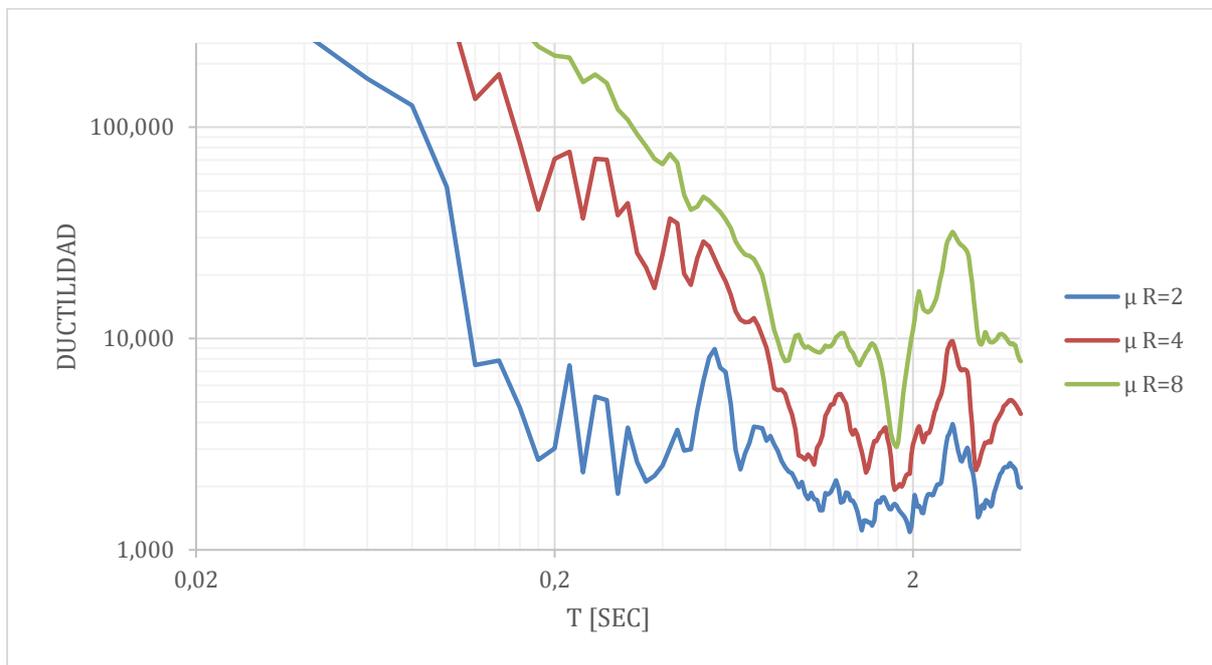


Figura 48: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Esmeraldas AES2 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z

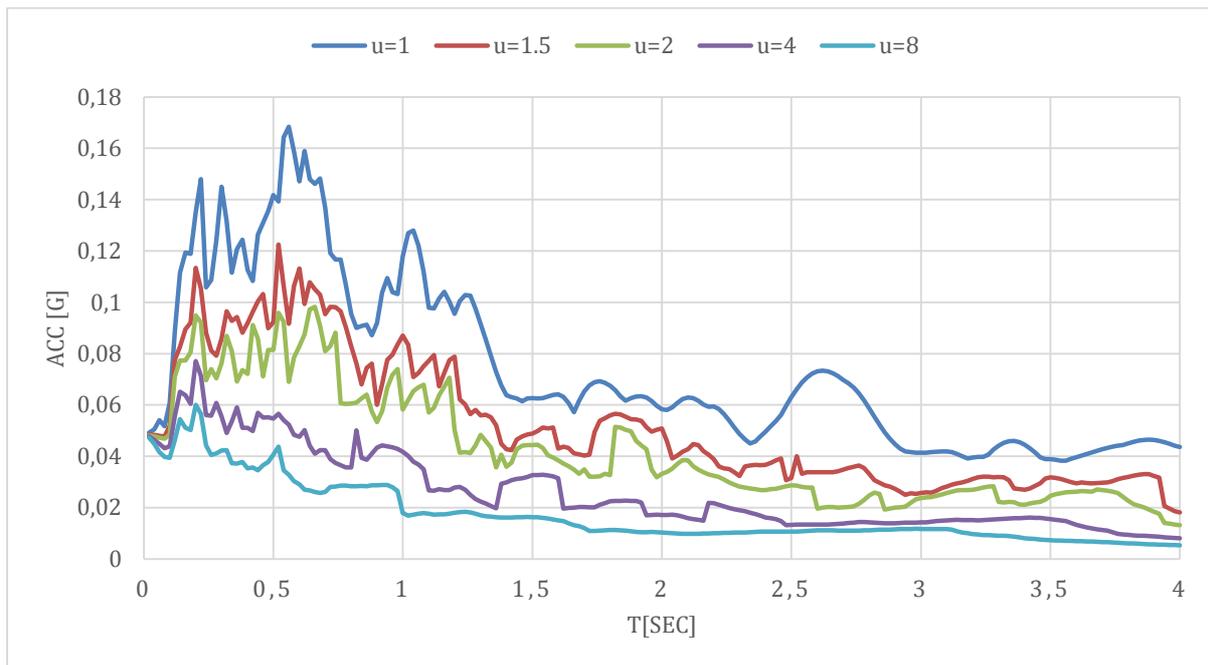


Figura 49: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

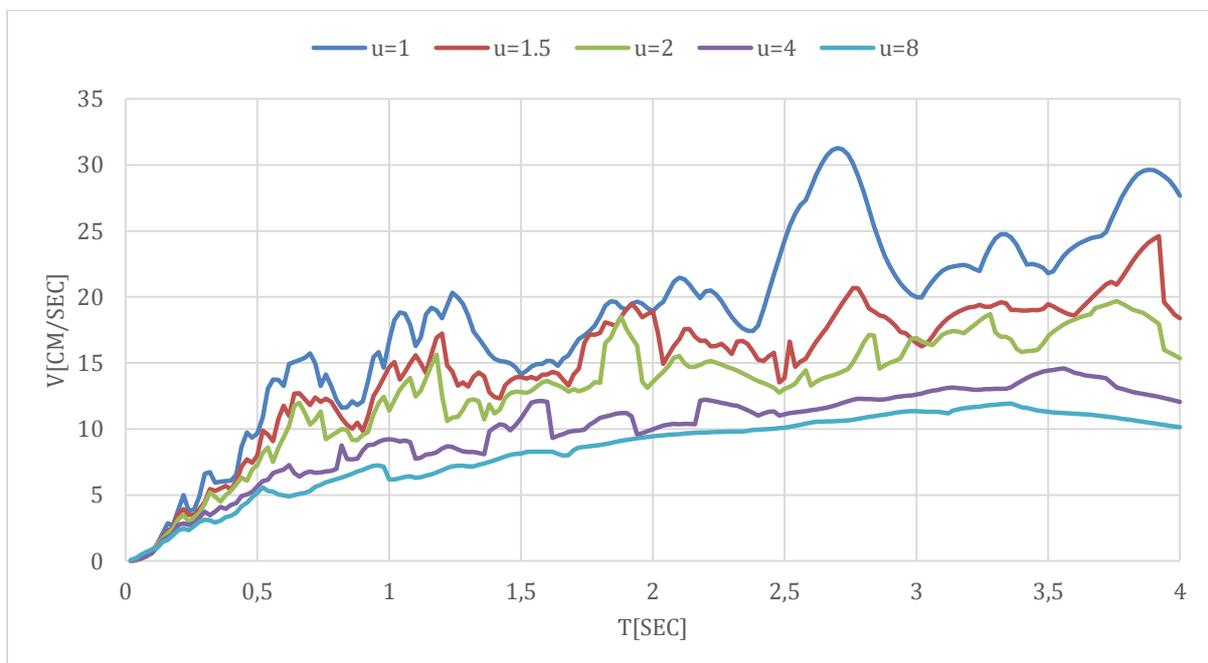


Figura 50: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

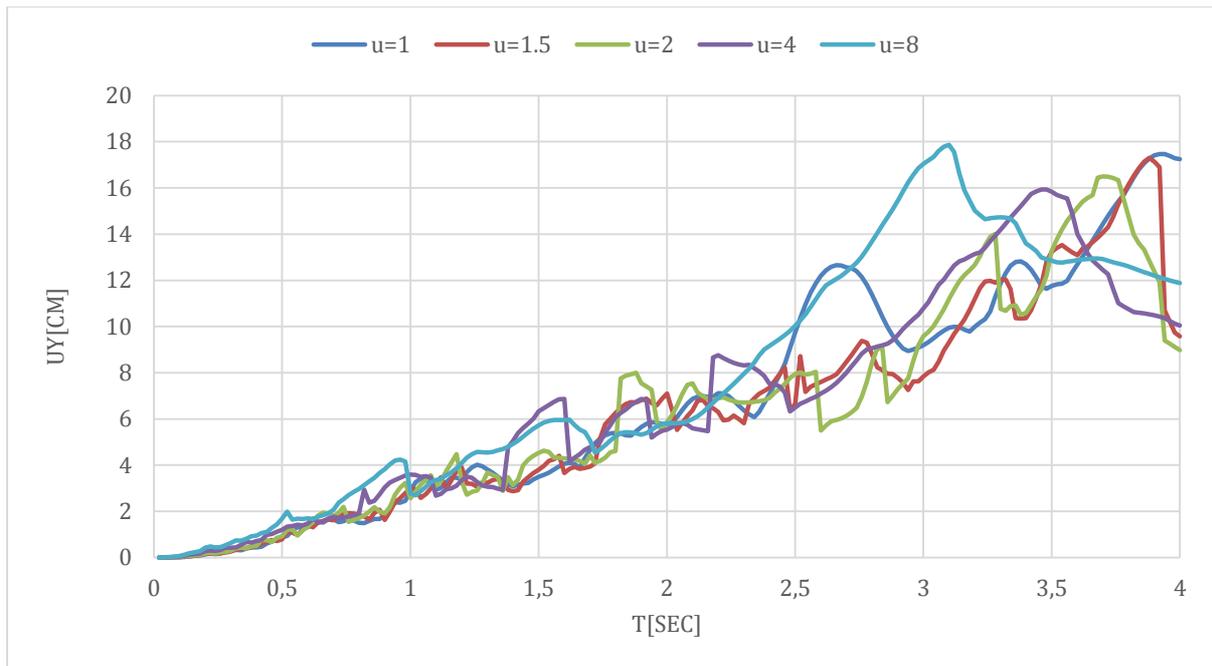


Figura 51: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

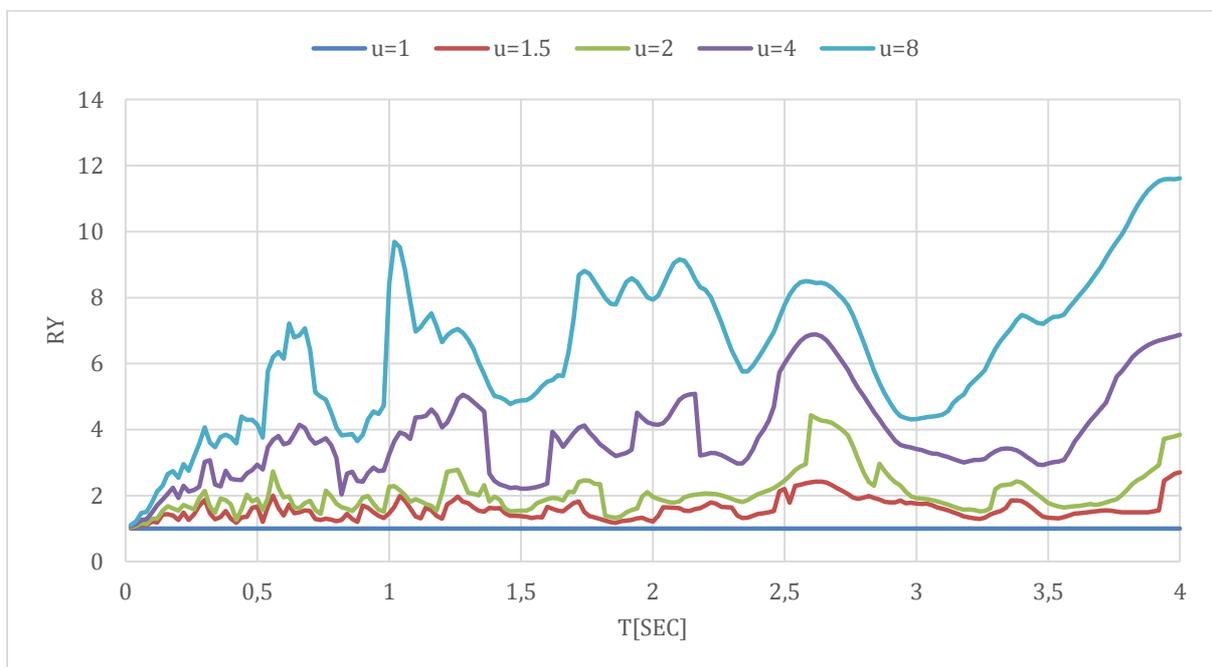


Figura 52: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

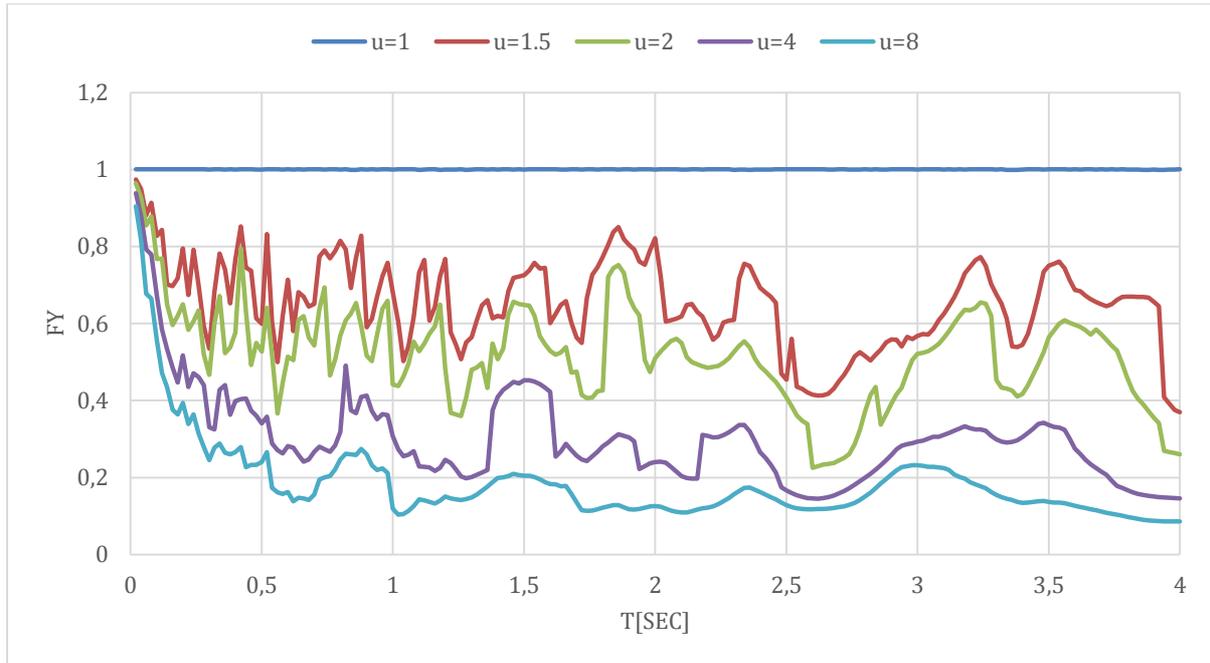


Figura 53: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

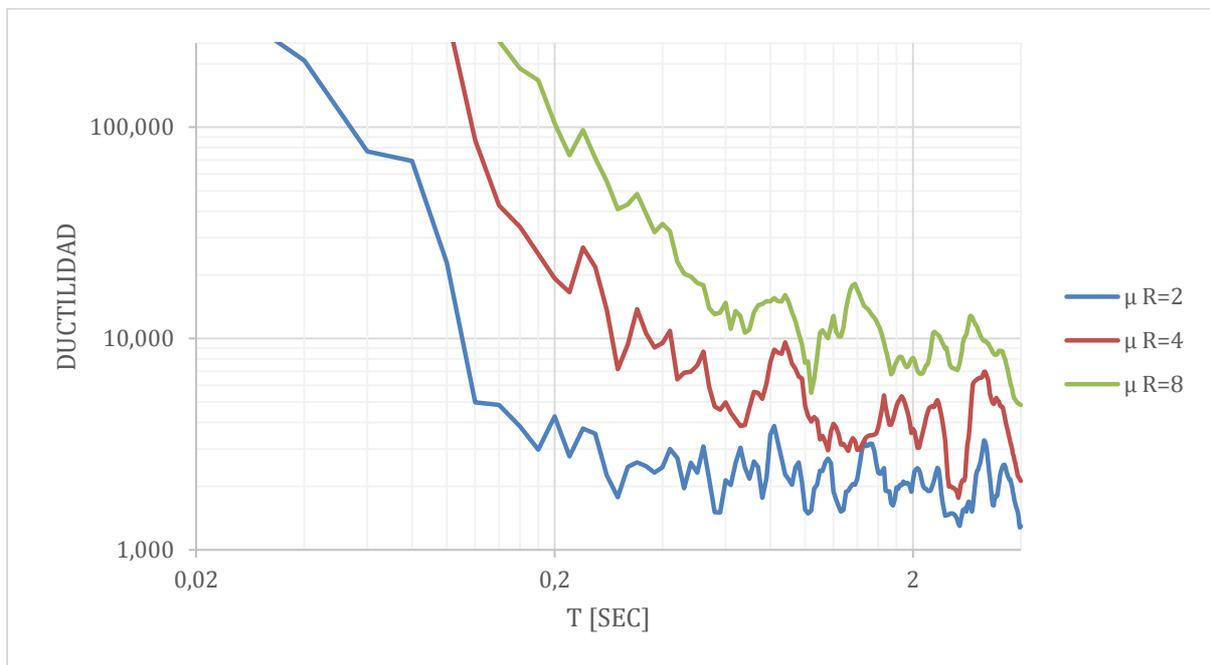


Figura 54: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Esmeraldas AES2 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Ibarra AIB1

Componente Este Oeste

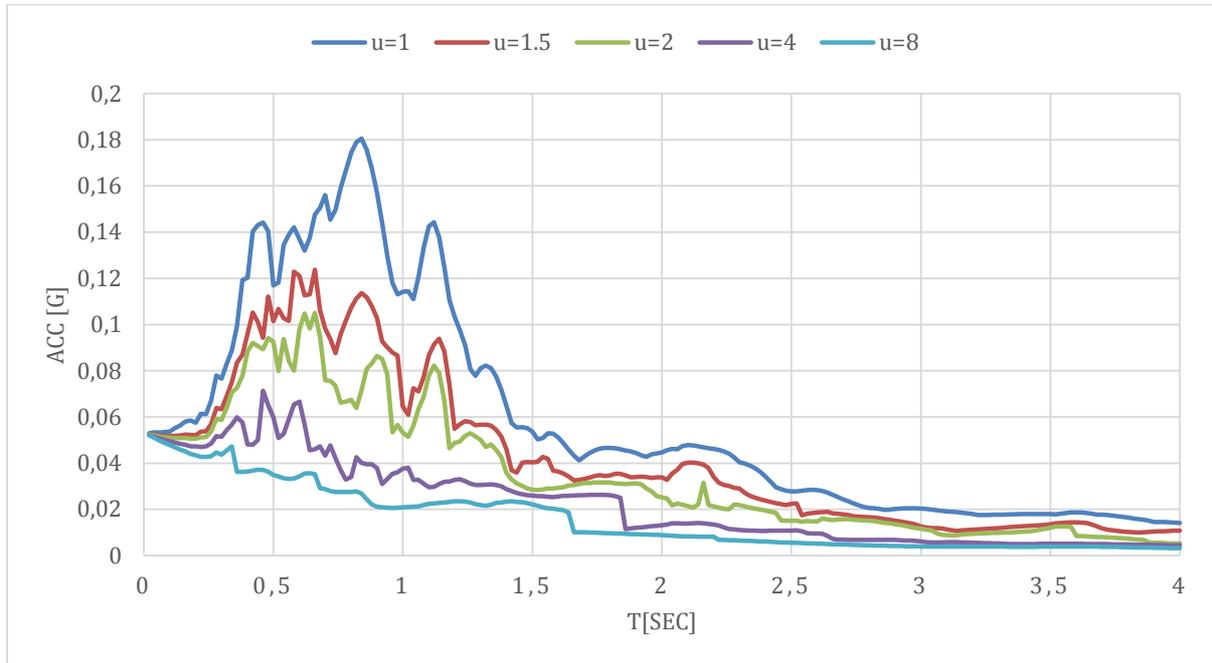


Figura 55: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

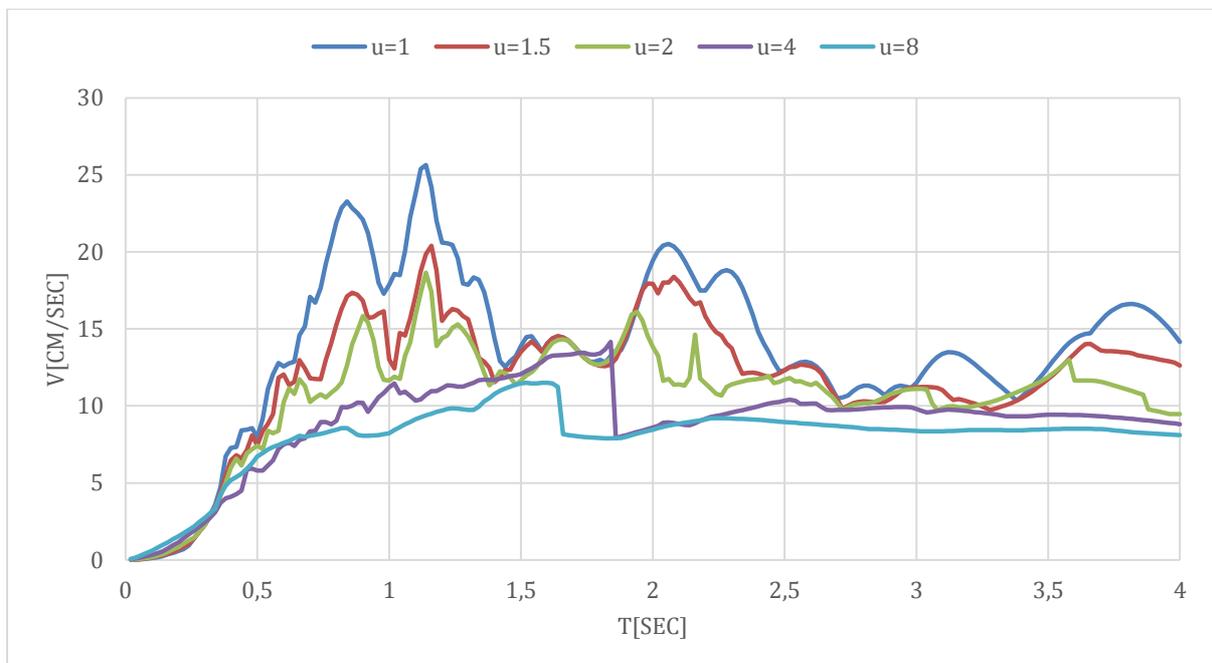


Figura 56: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

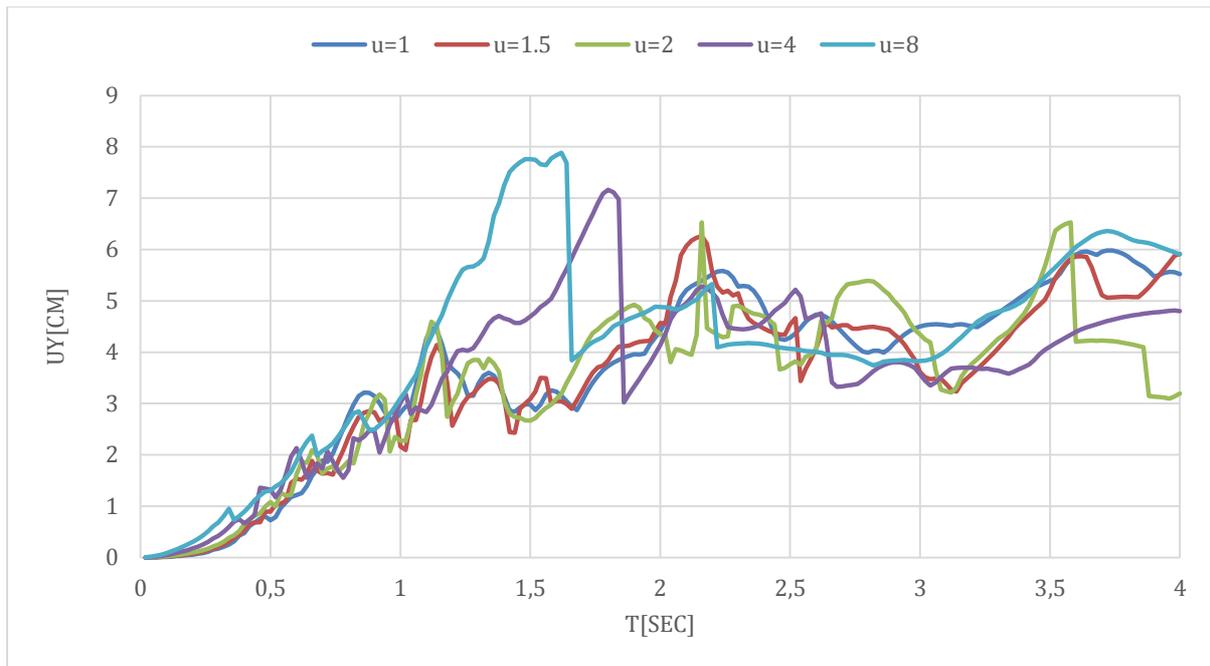


Figura 57: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

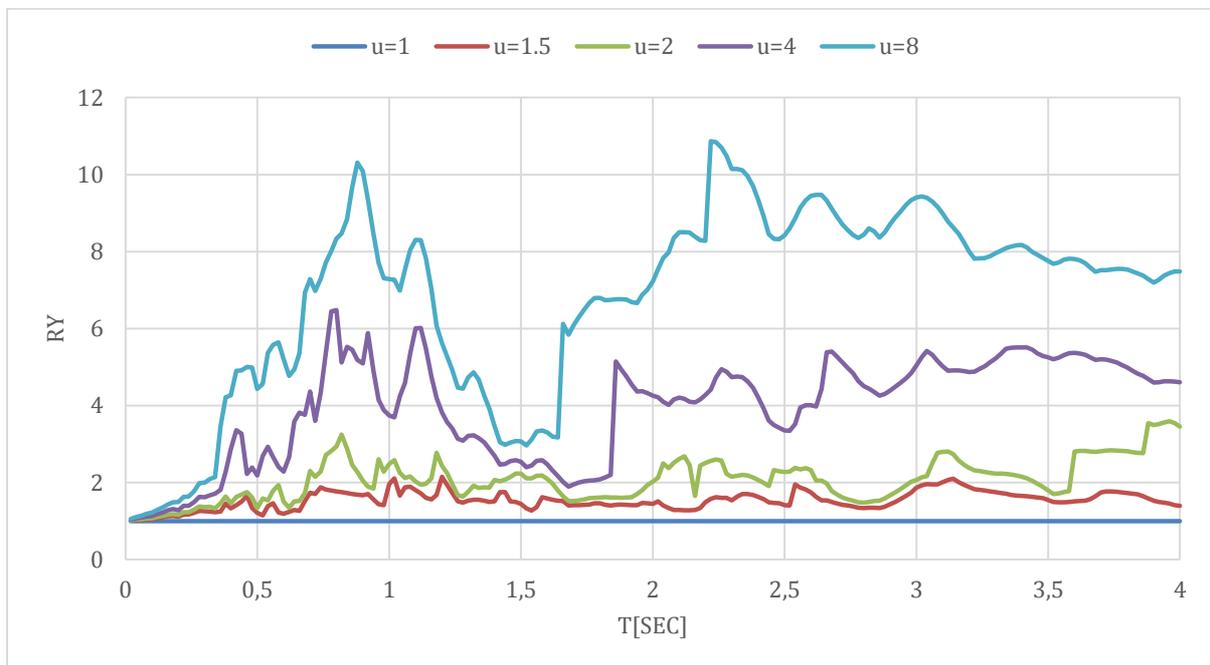


Figura 58: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

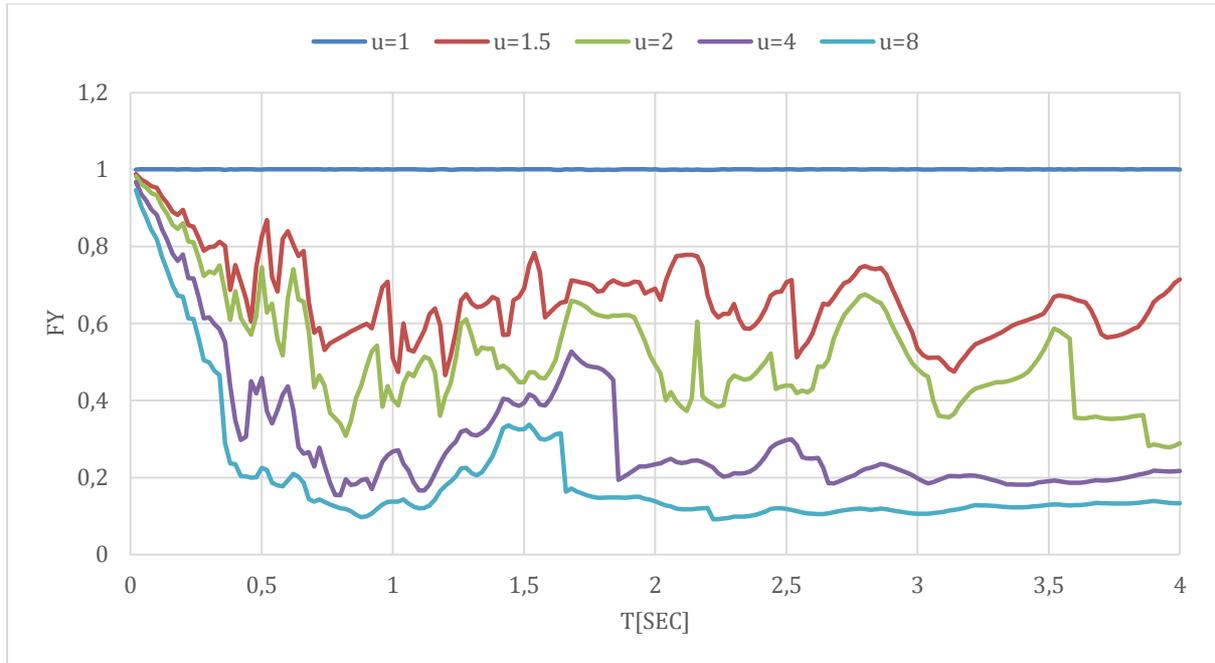


Figura 59: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

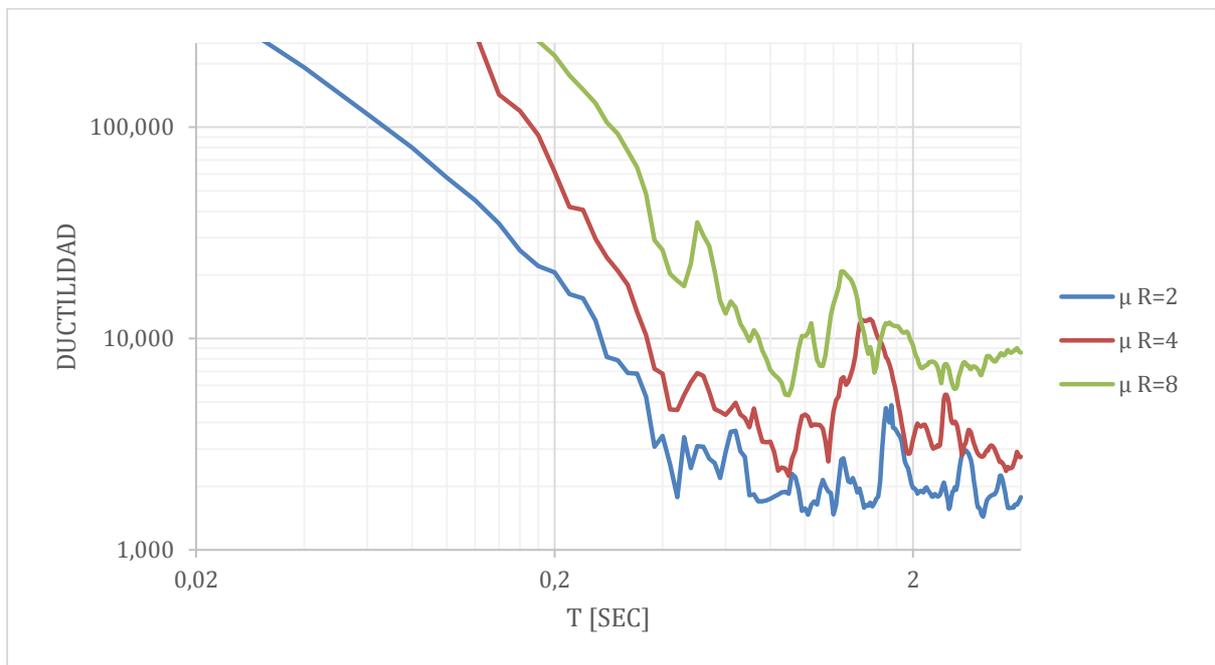


Figura 60: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Ibarra AIB1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur.

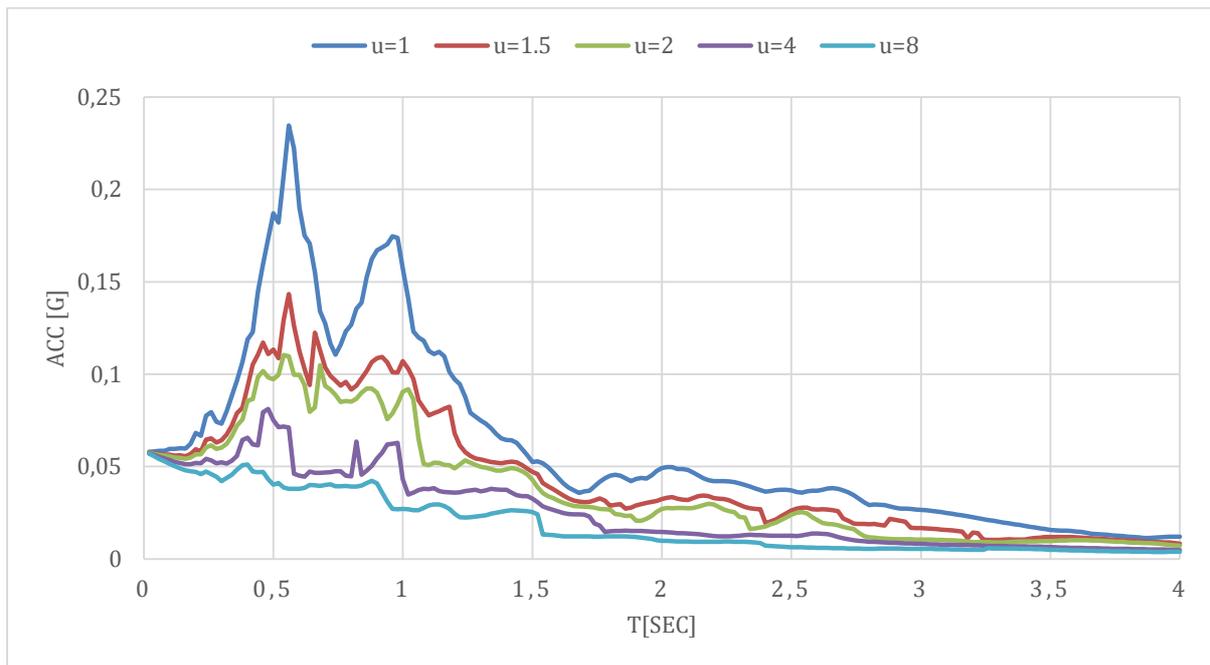


Figura 61: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

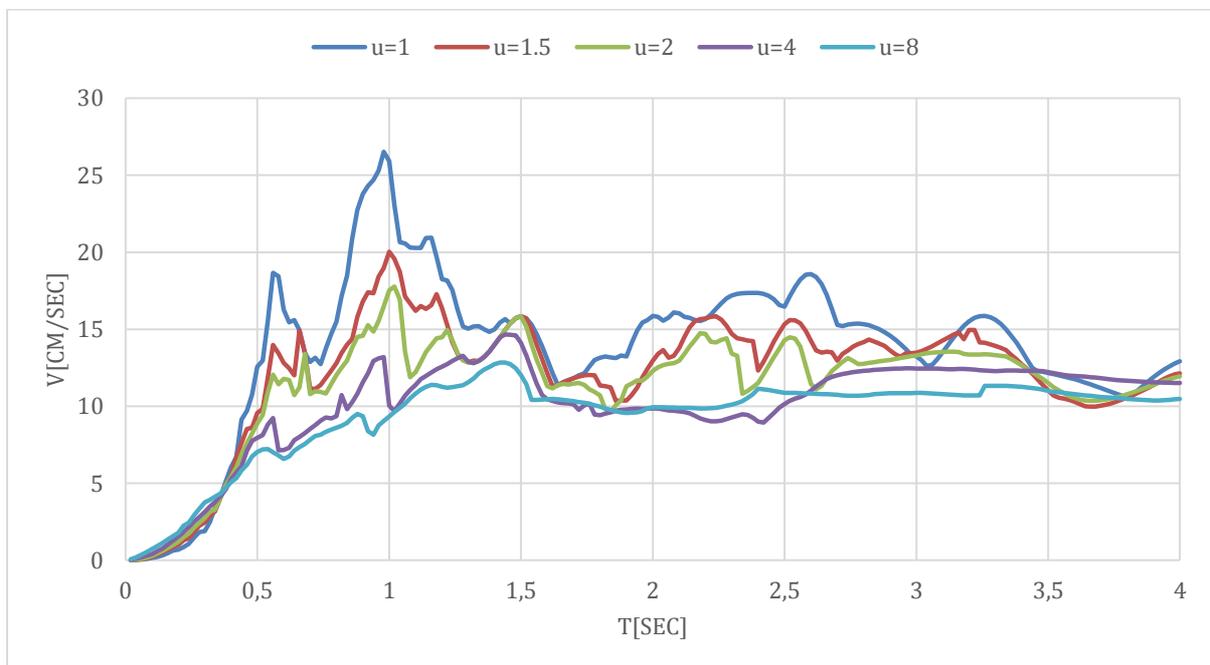


Figura 62: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

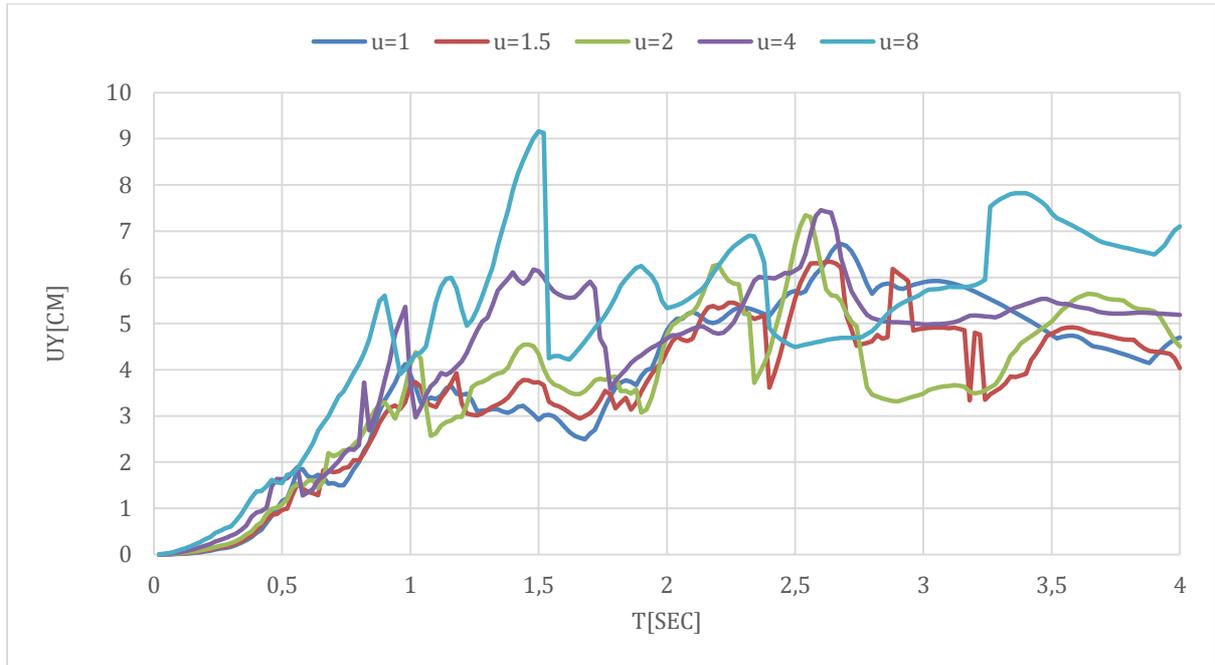


Figura 63: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

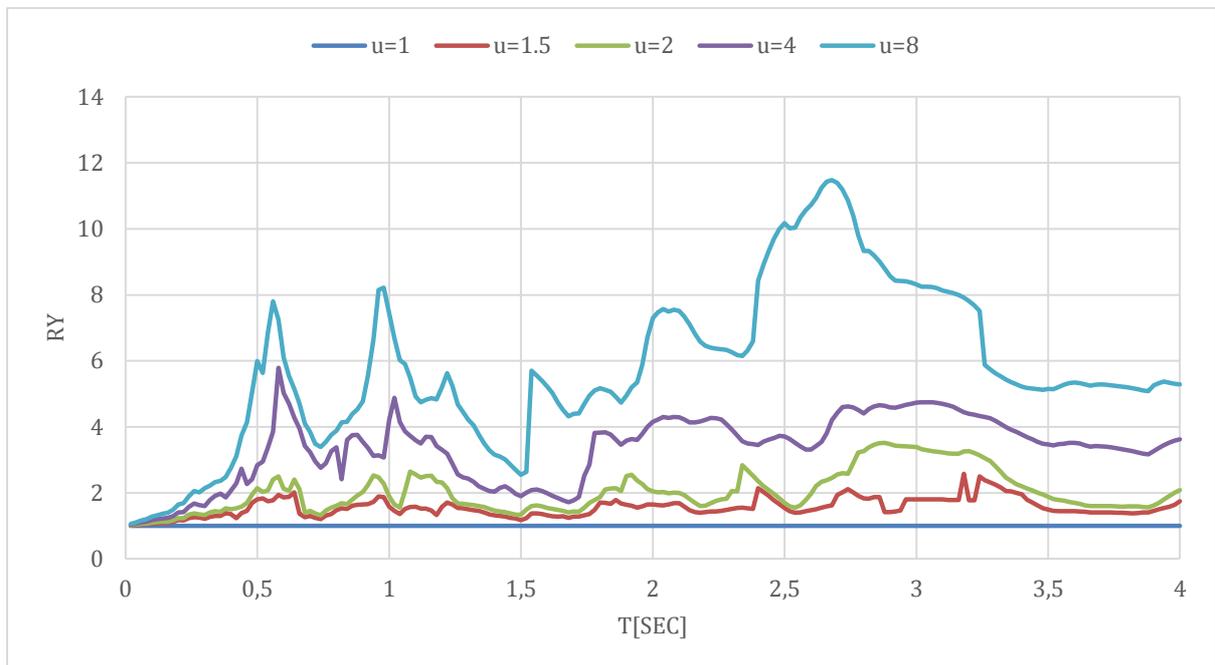


Figura 64: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

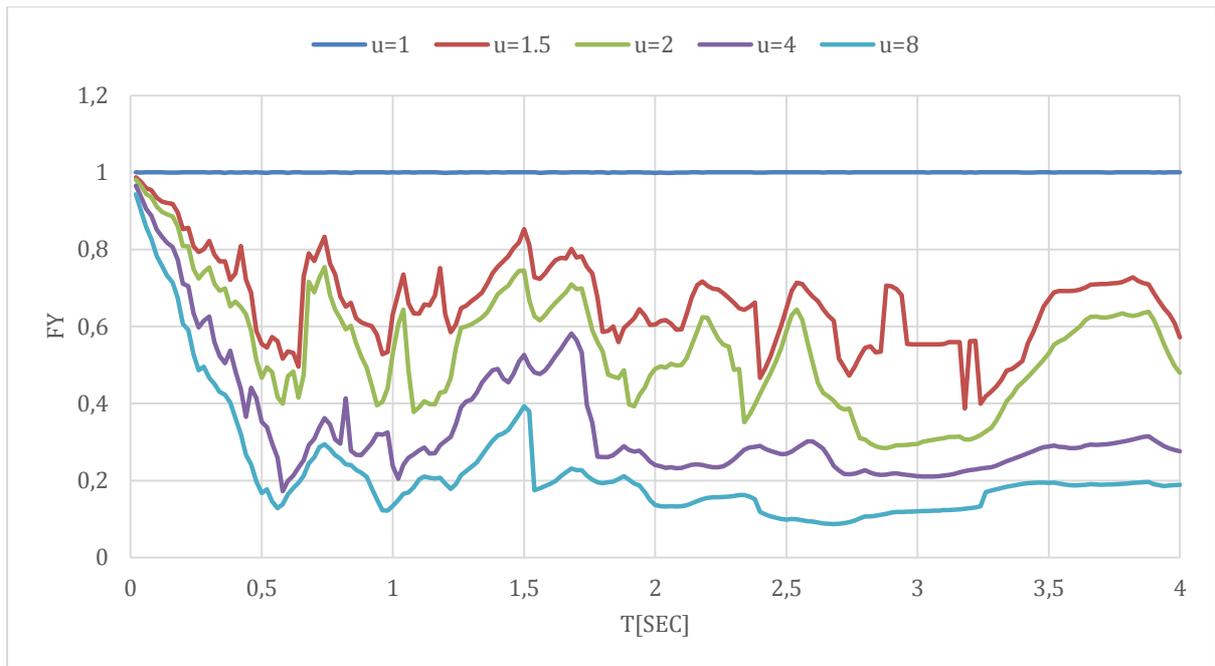


Figura 65: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

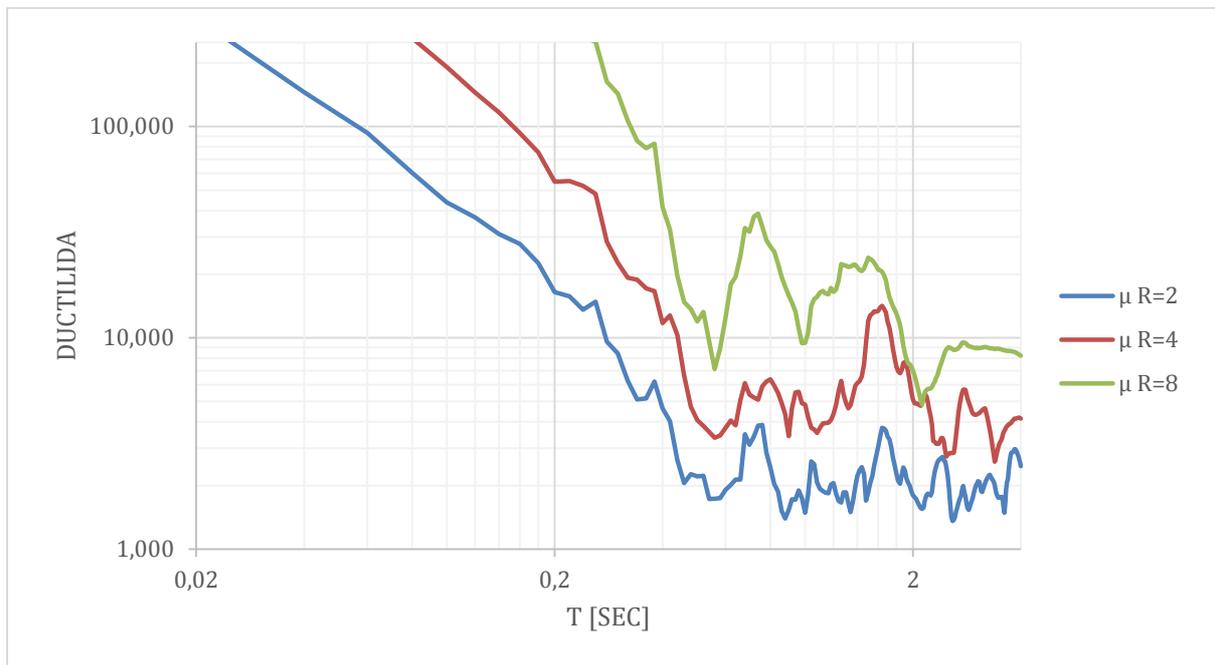


Figura 66: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Ibarra AIB1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z.

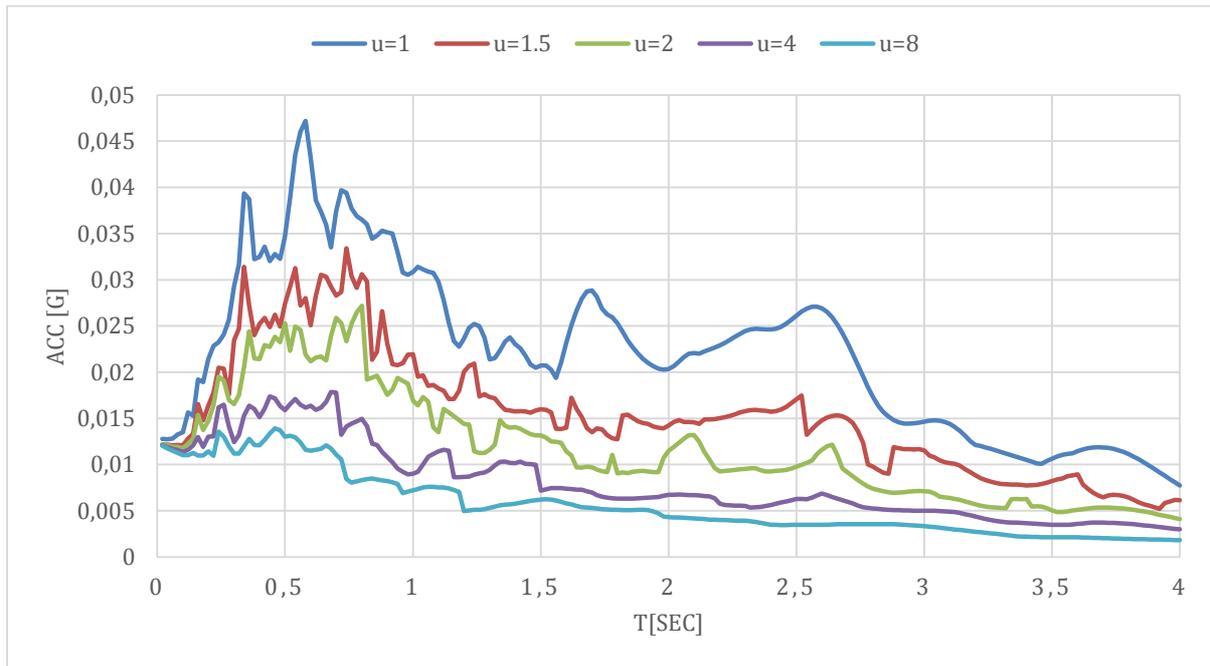


Figura 67: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

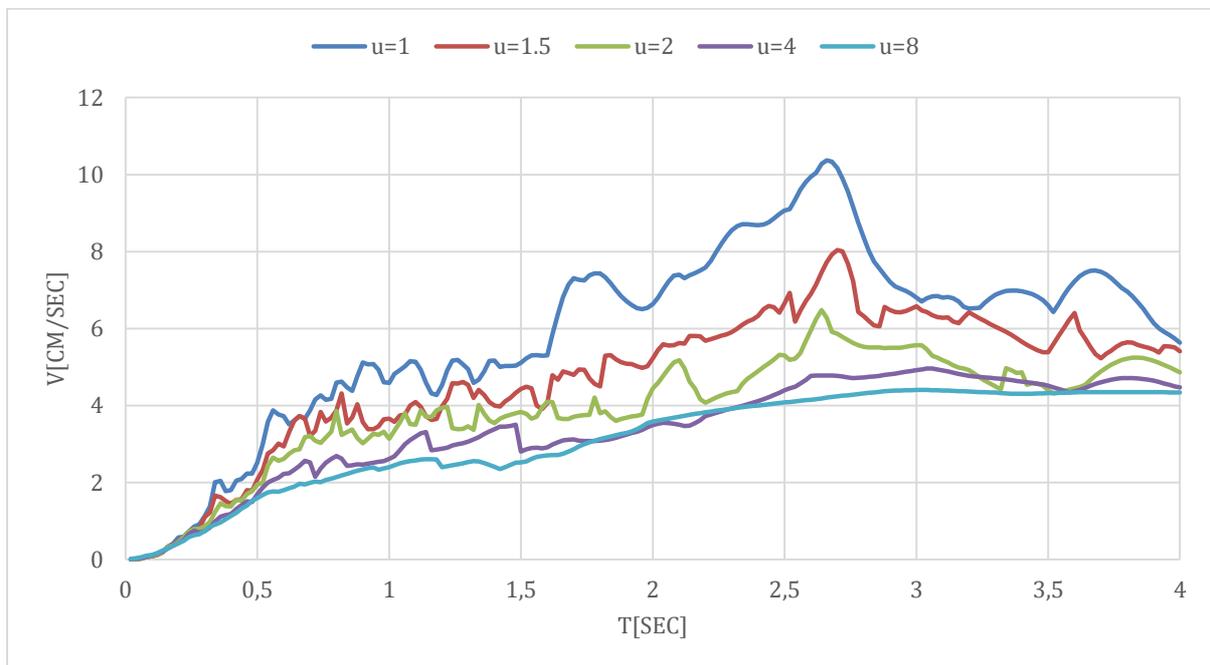


Figura 68: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

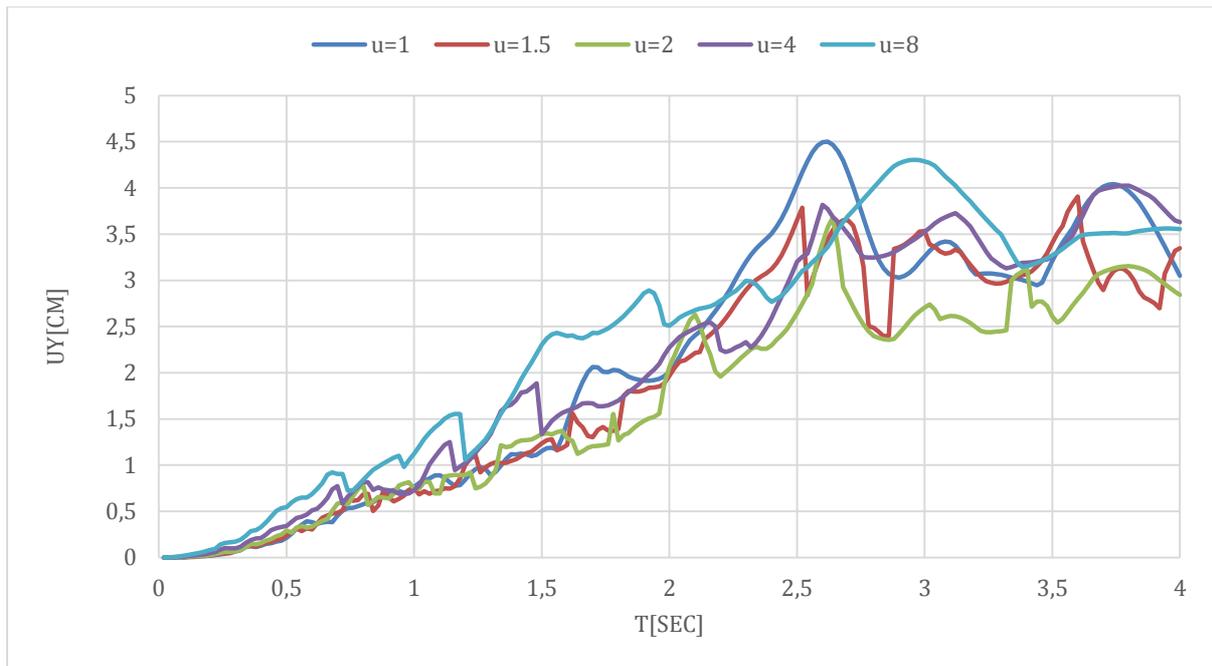


Figura 69: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

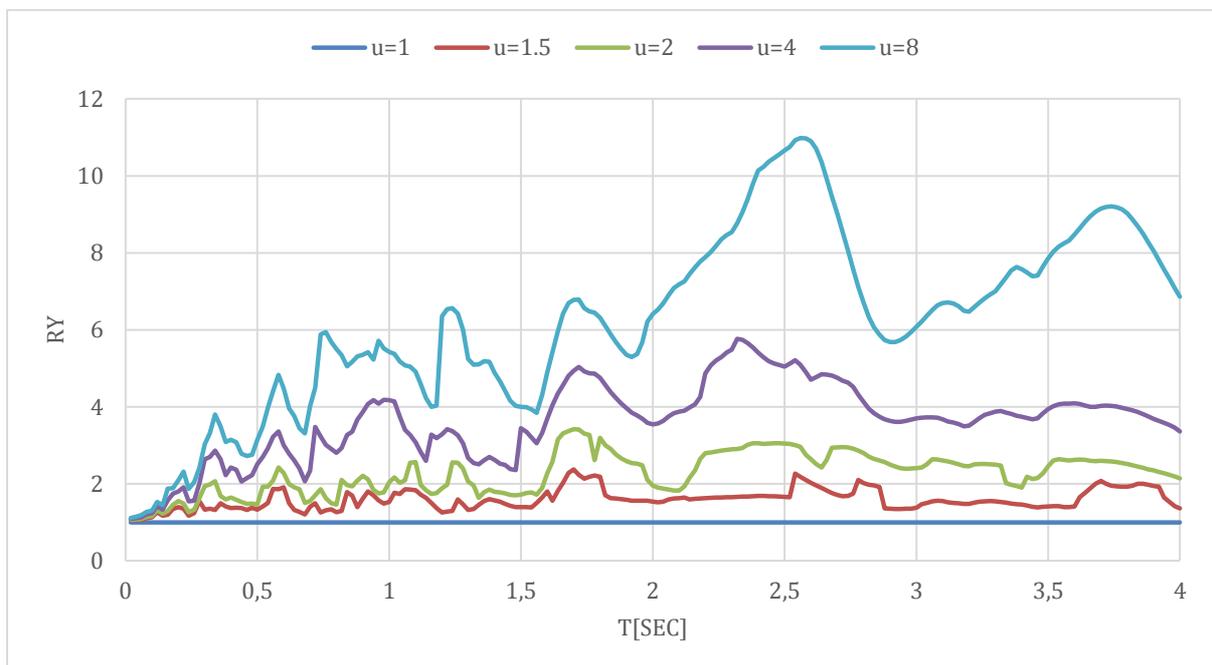


Figura 70: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

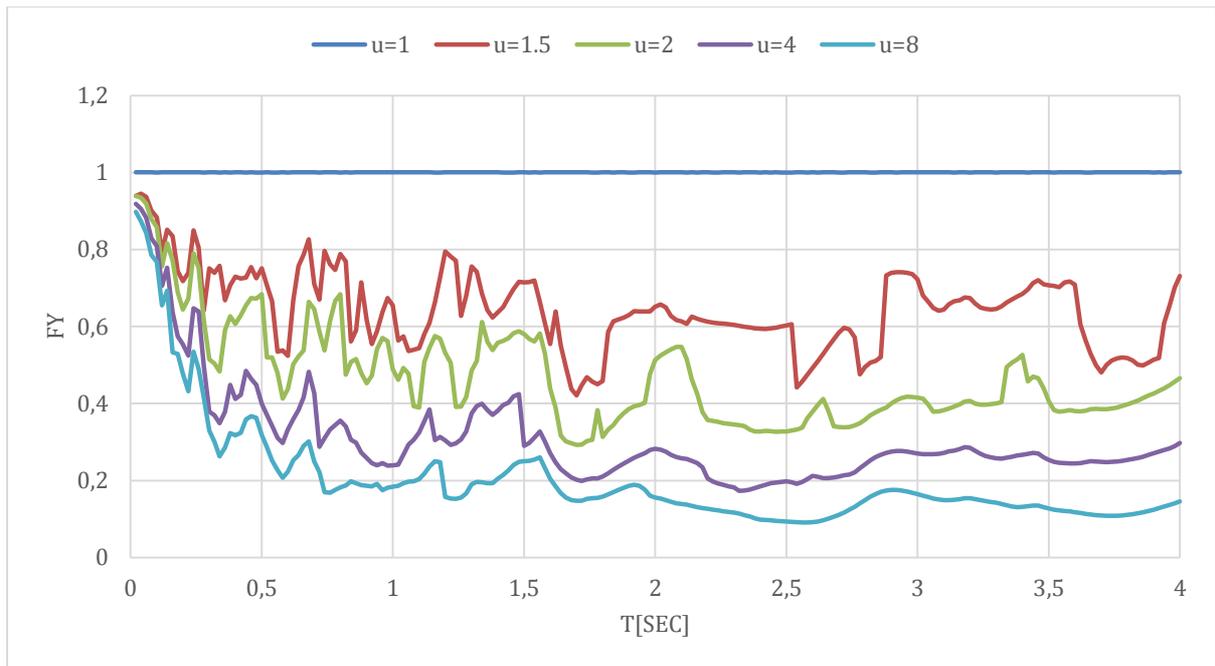


Figura 71: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

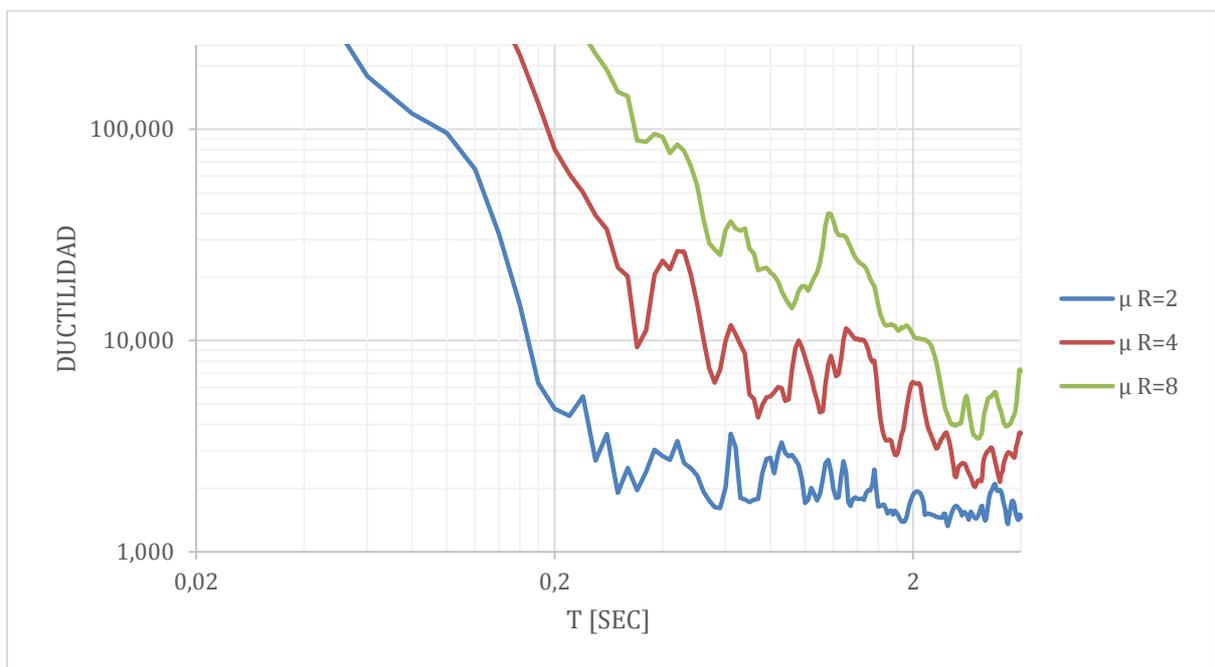


Figura 72: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Ibarra AIB1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

La Libertad ALIB

Componente Este Oeste.

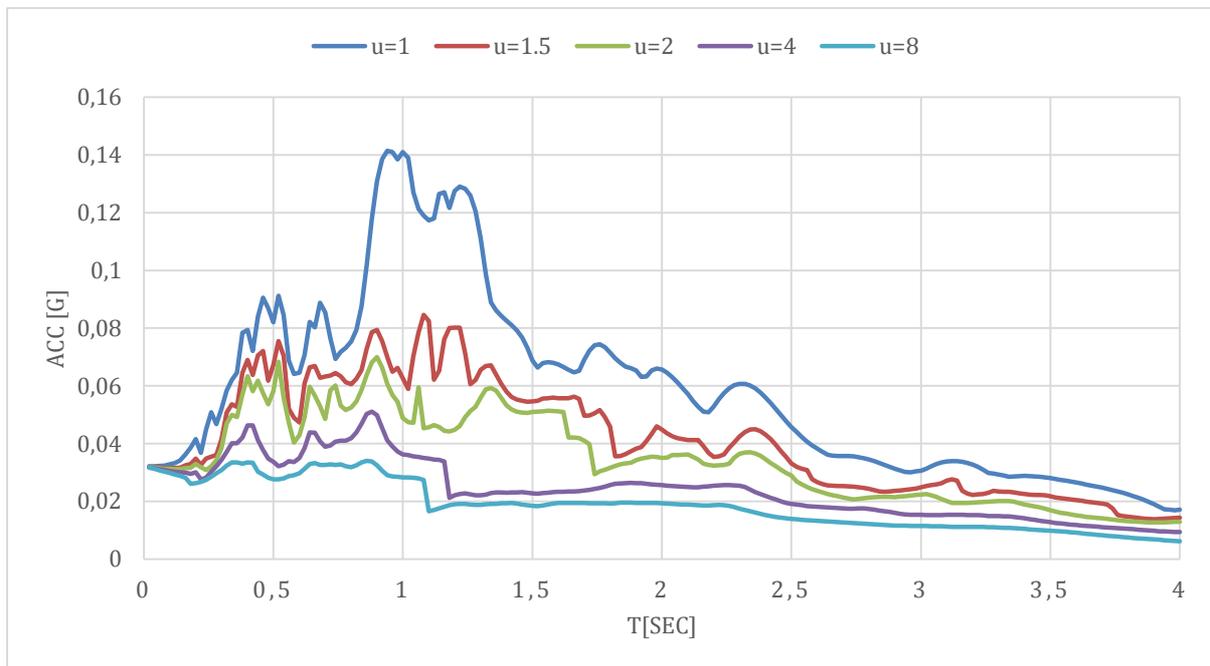


Figura 73: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

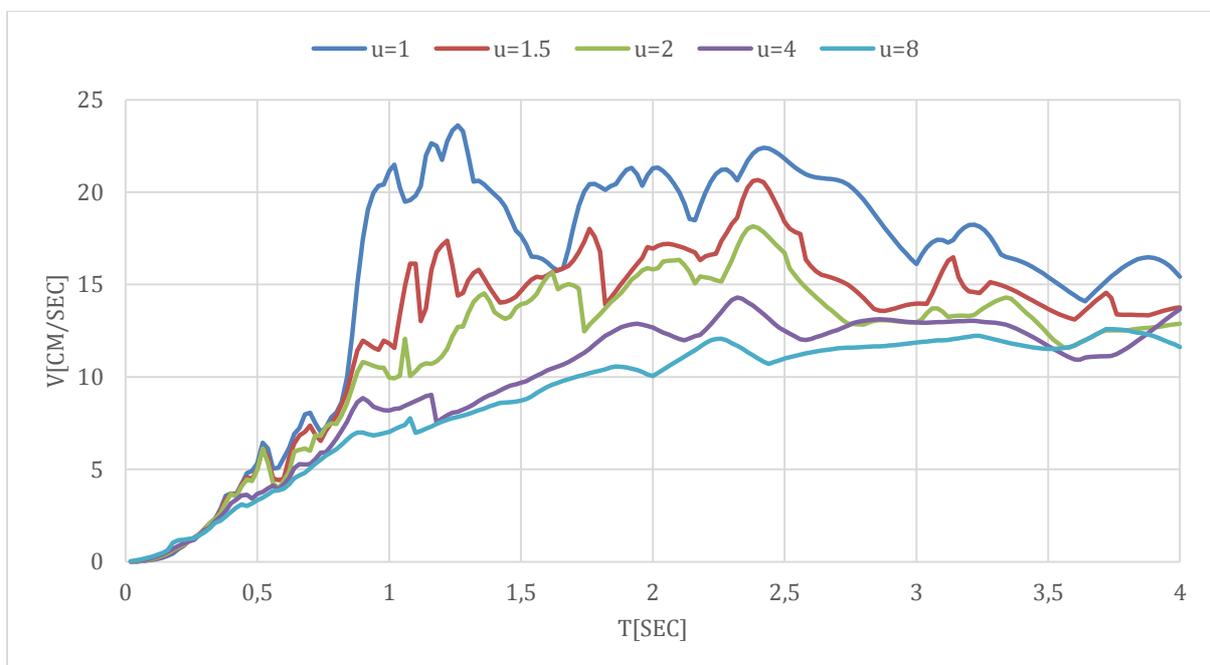


Figura 74: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

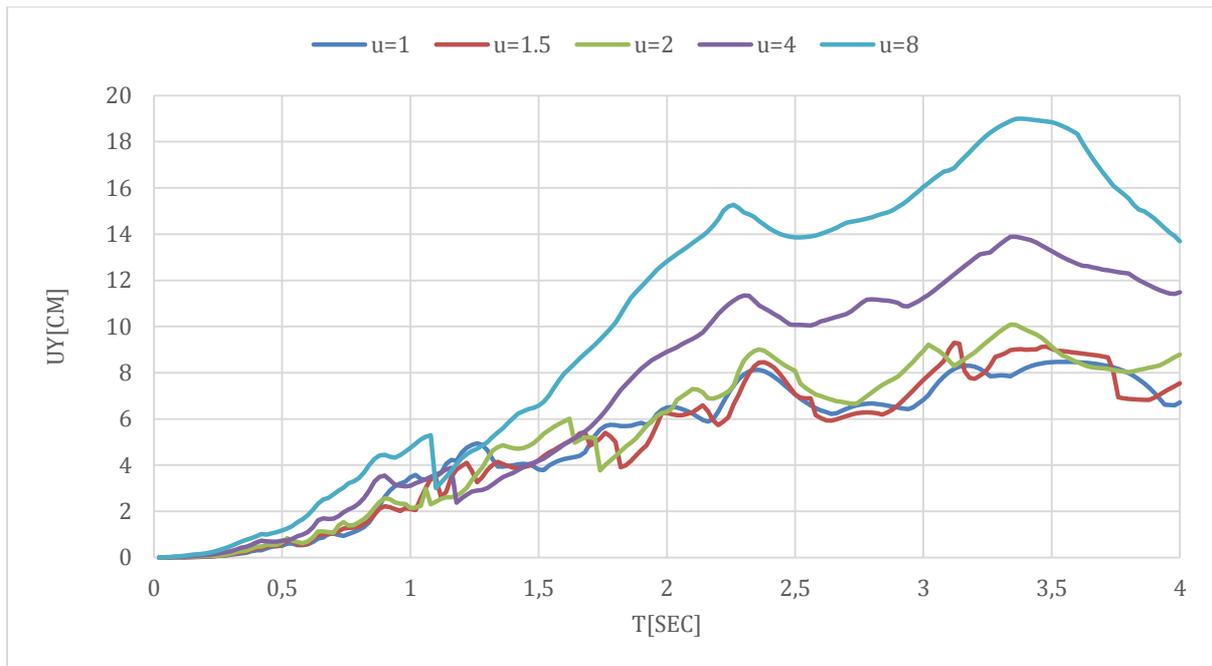


Figura 75: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

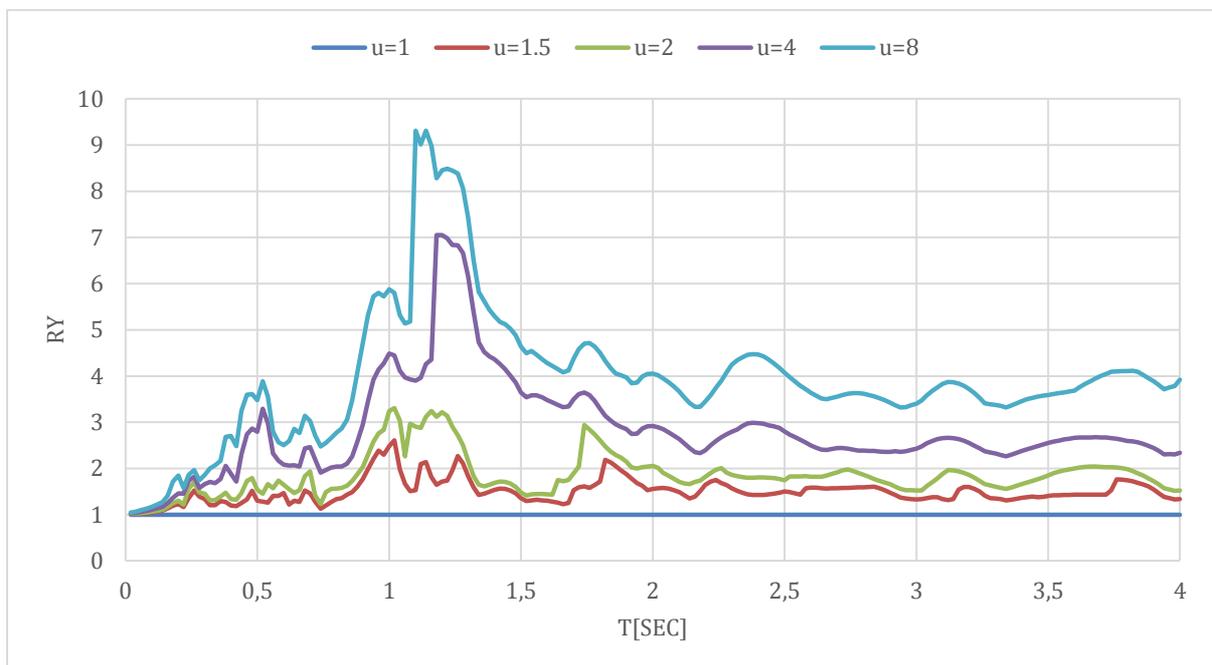


Figura 76: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

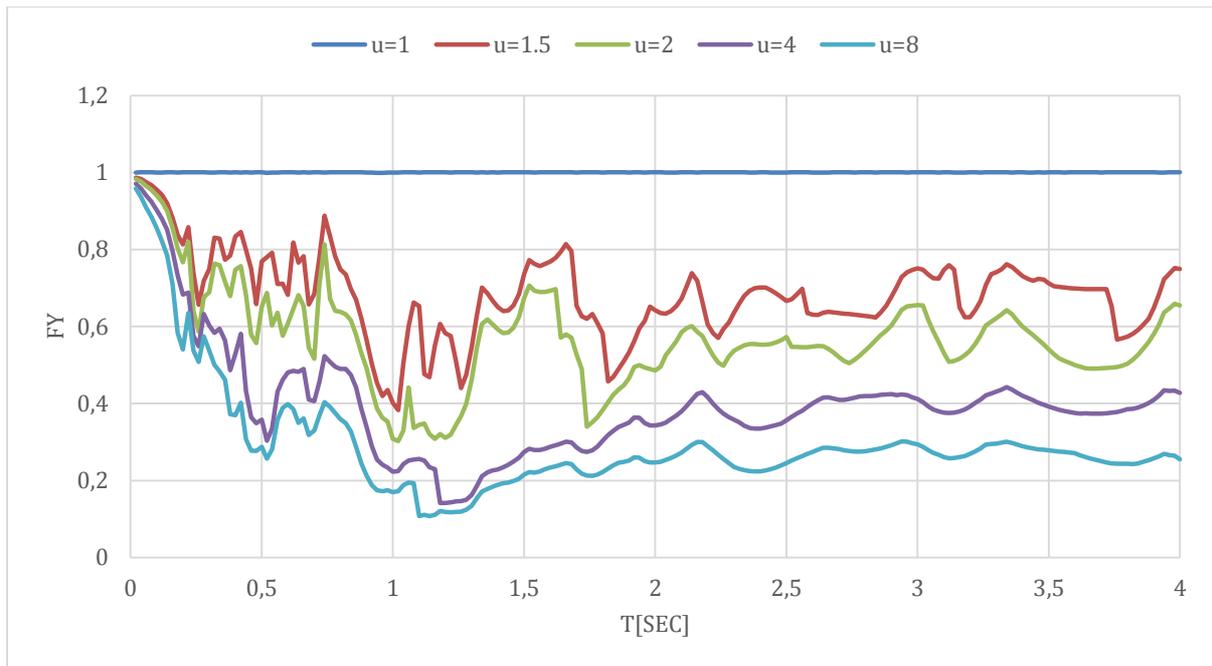


Figura 77: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

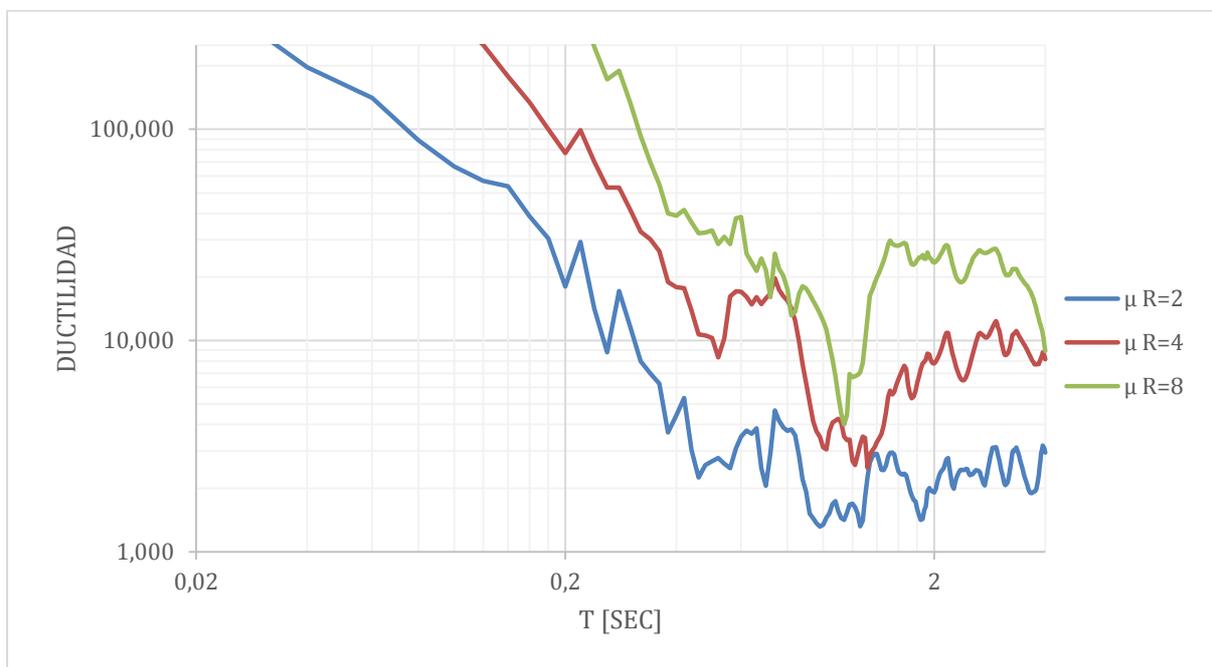


Figura 78: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de La Libertad ALIB E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur.

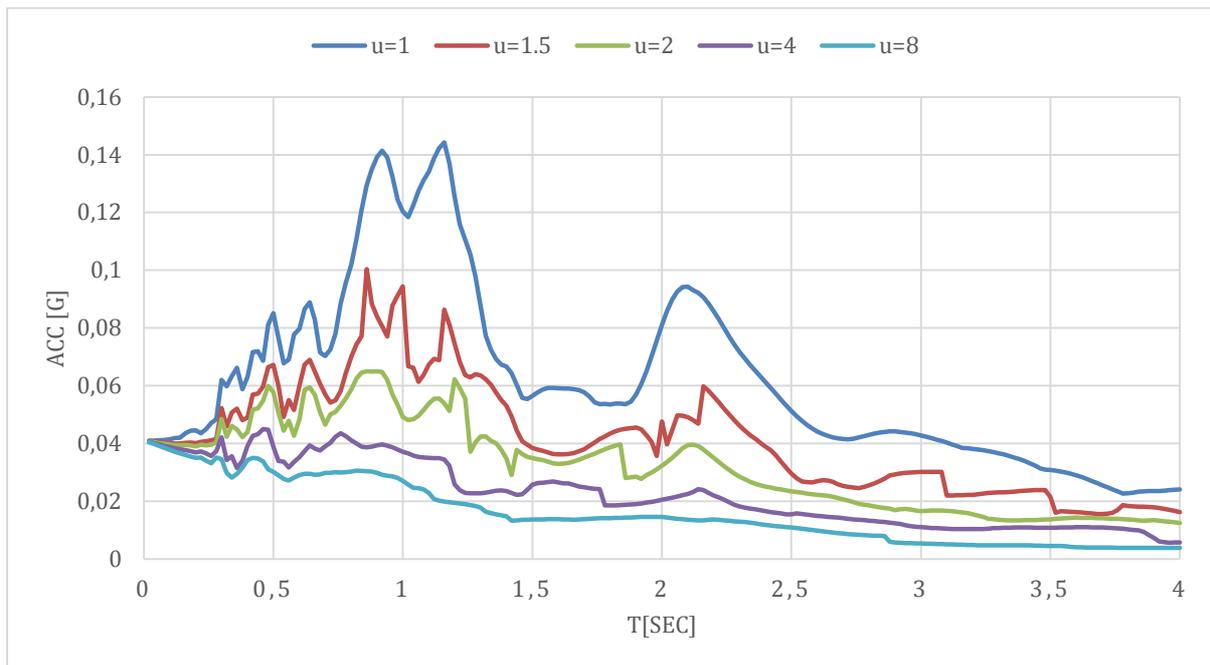


Figura 79: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

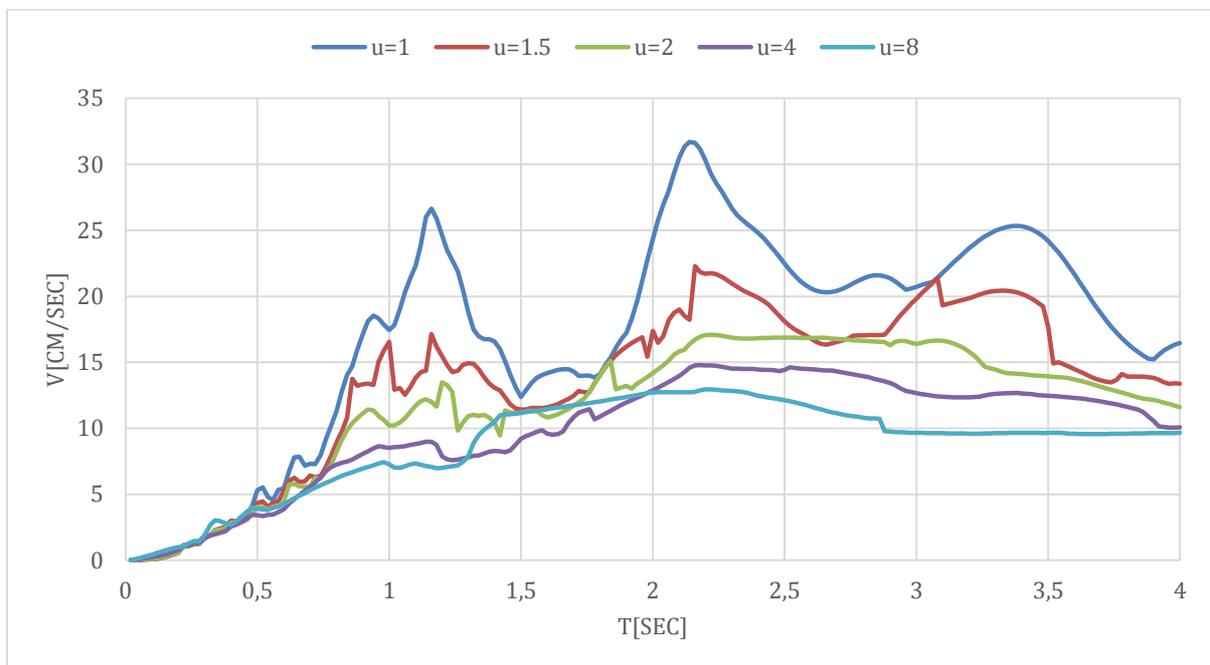


Figura 80: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

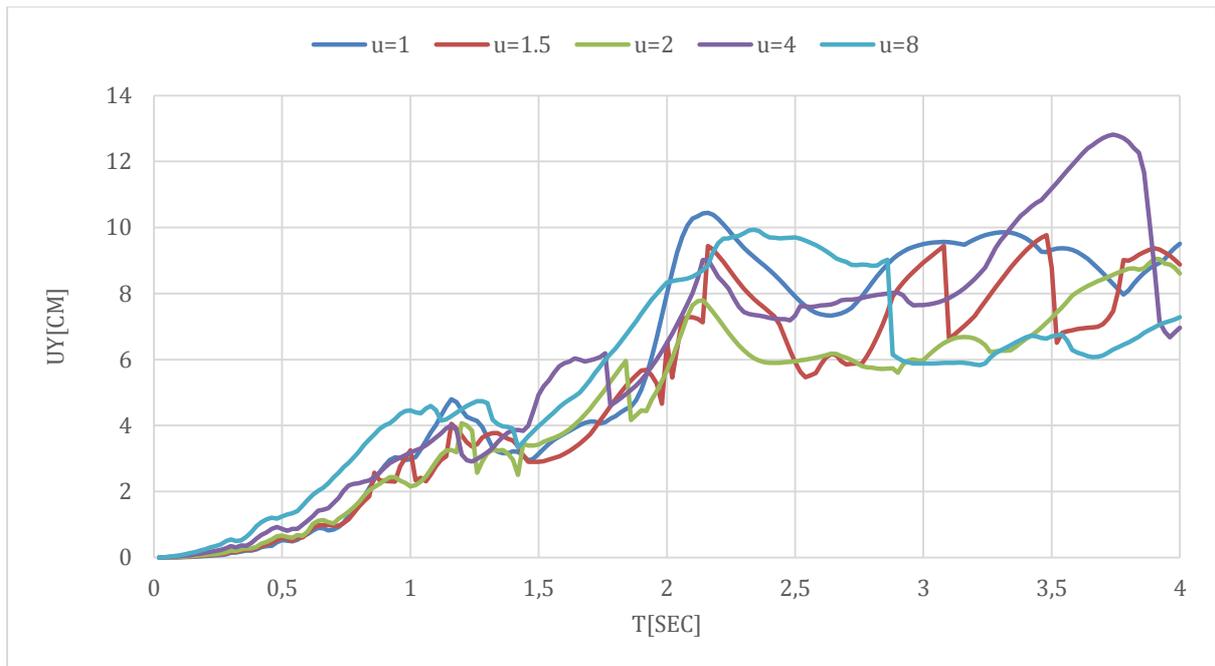


Figura 81: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

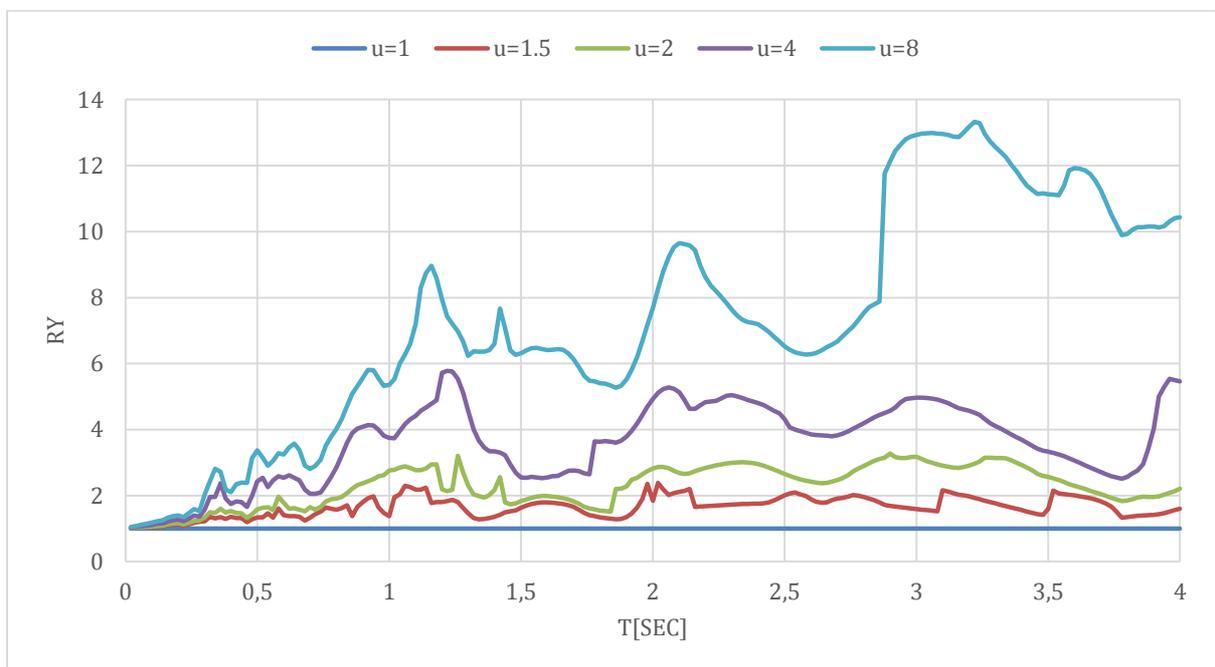


Figura 82: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

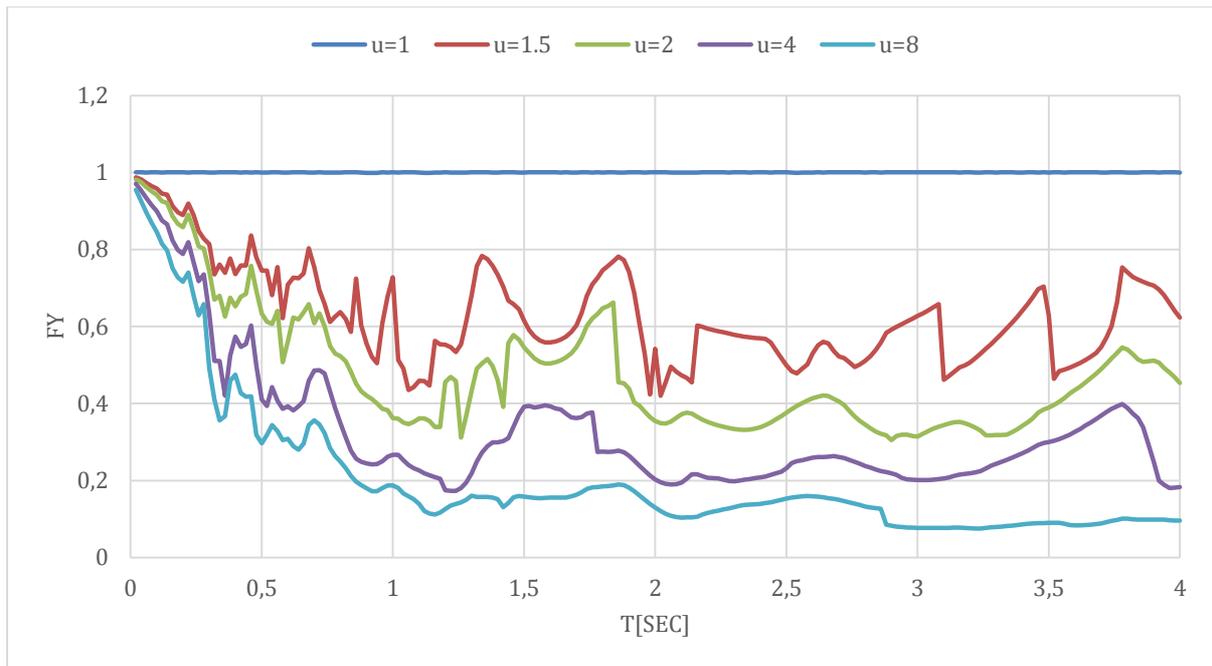


Figura 83: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

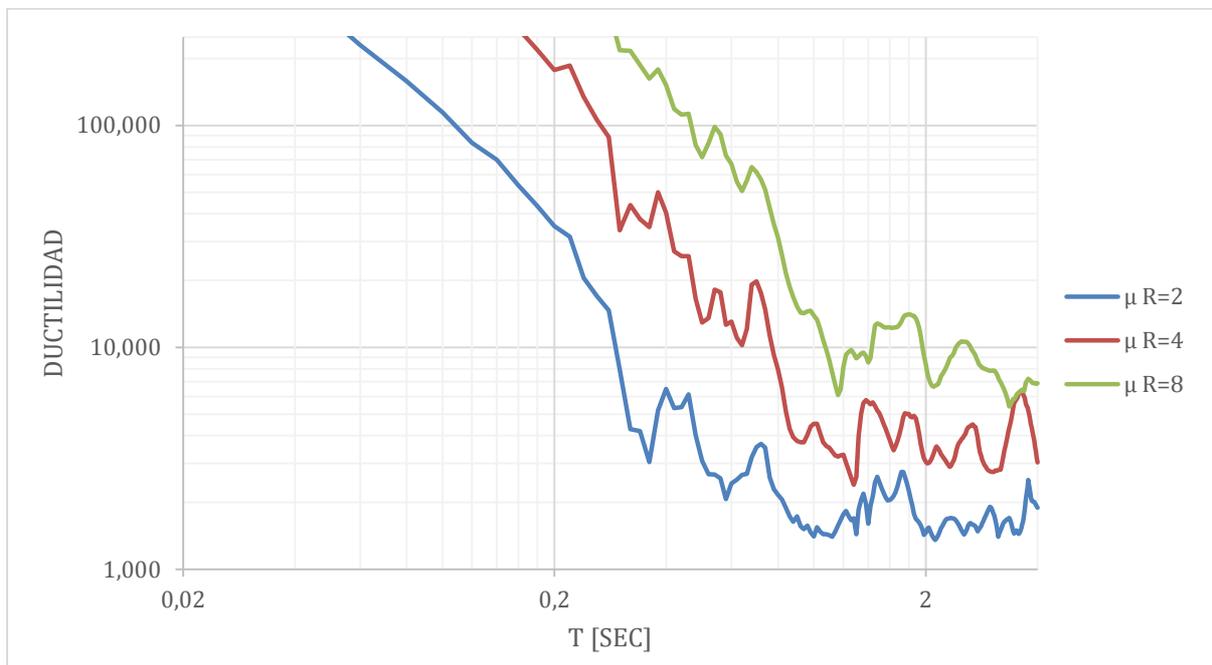


Figura 84: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de La Libertad ALIB N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z

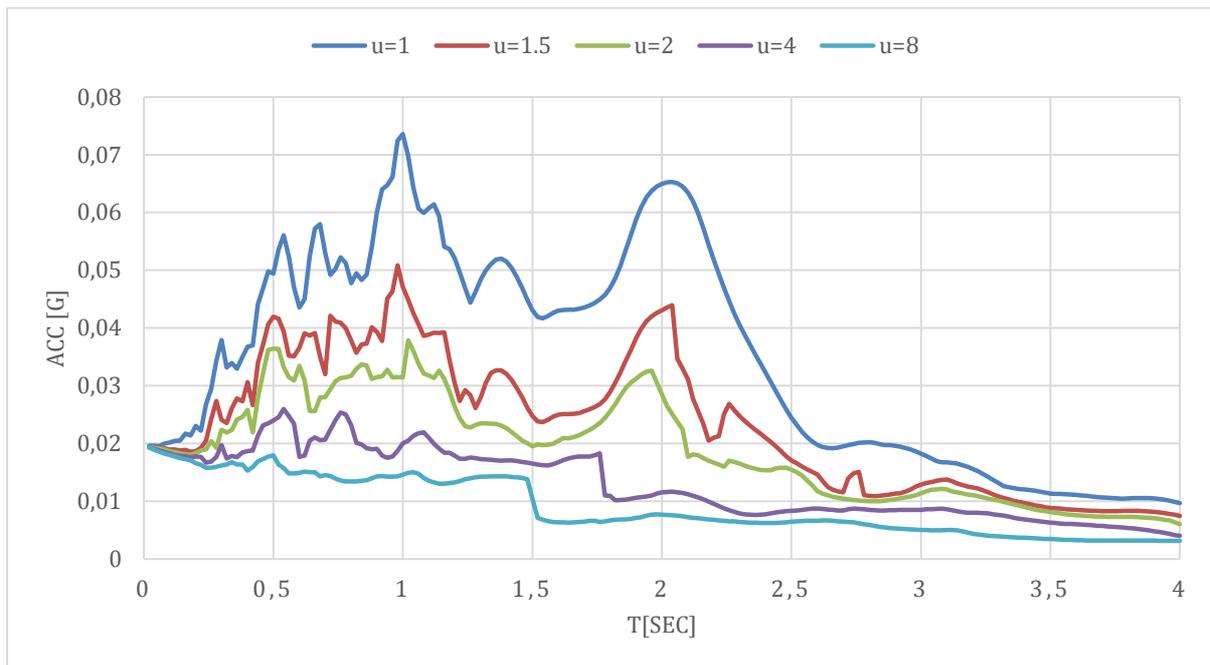


Figura 85: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

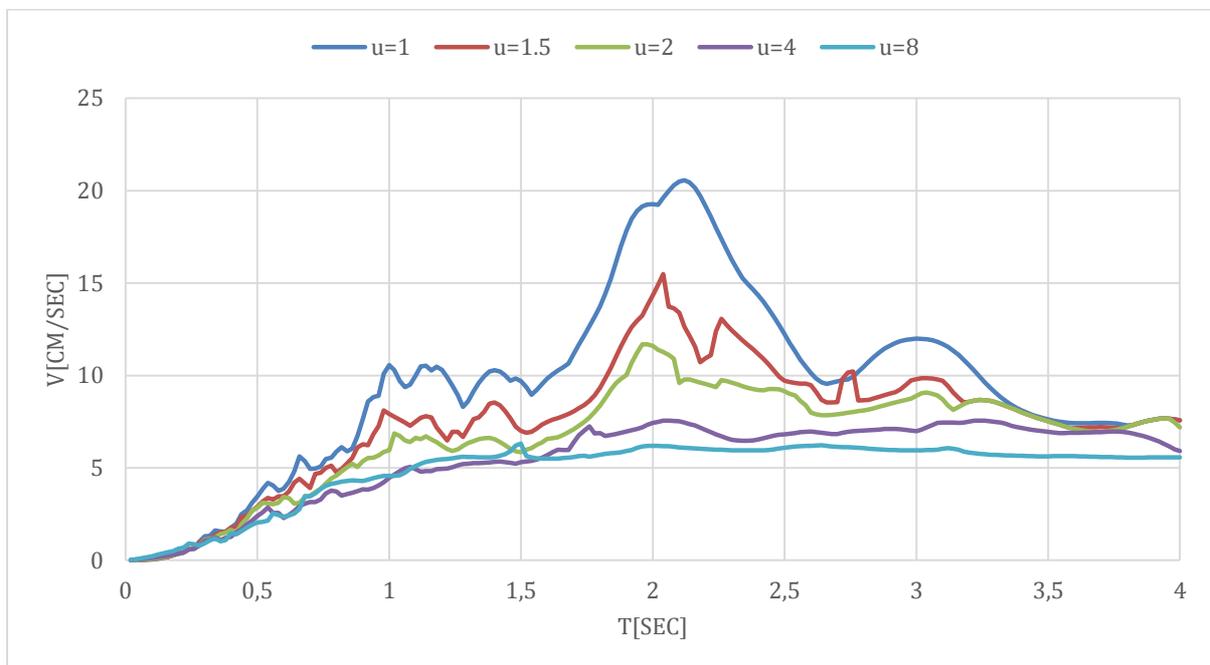


Figura 86: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

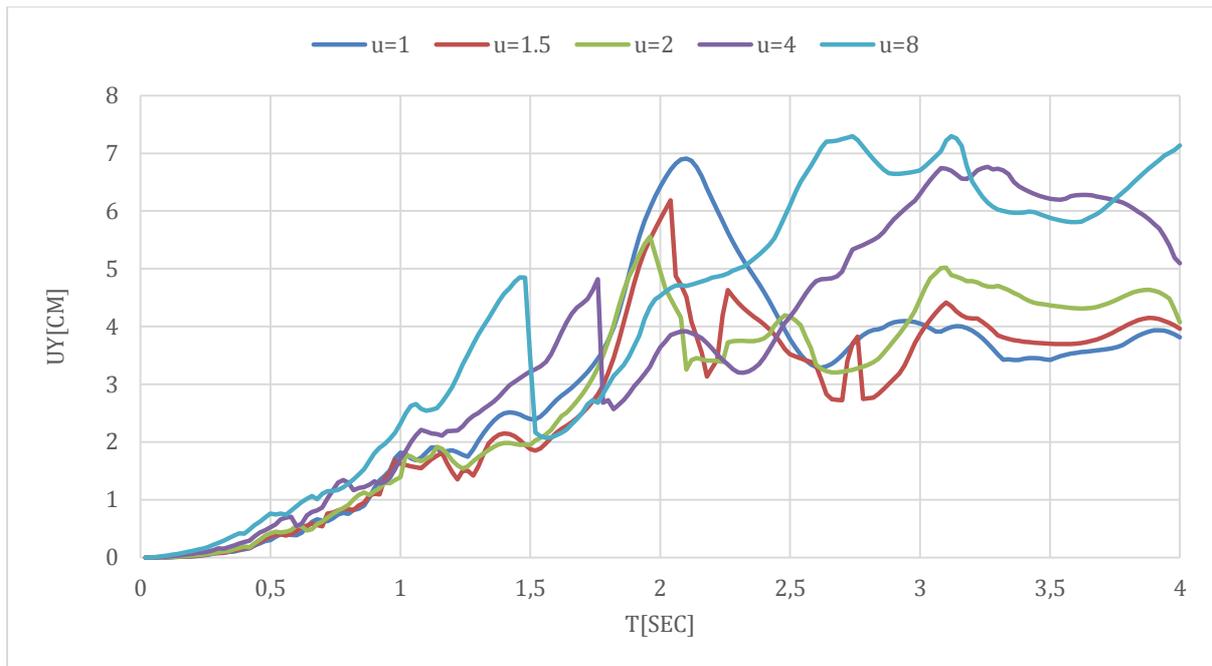


Figura 87: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

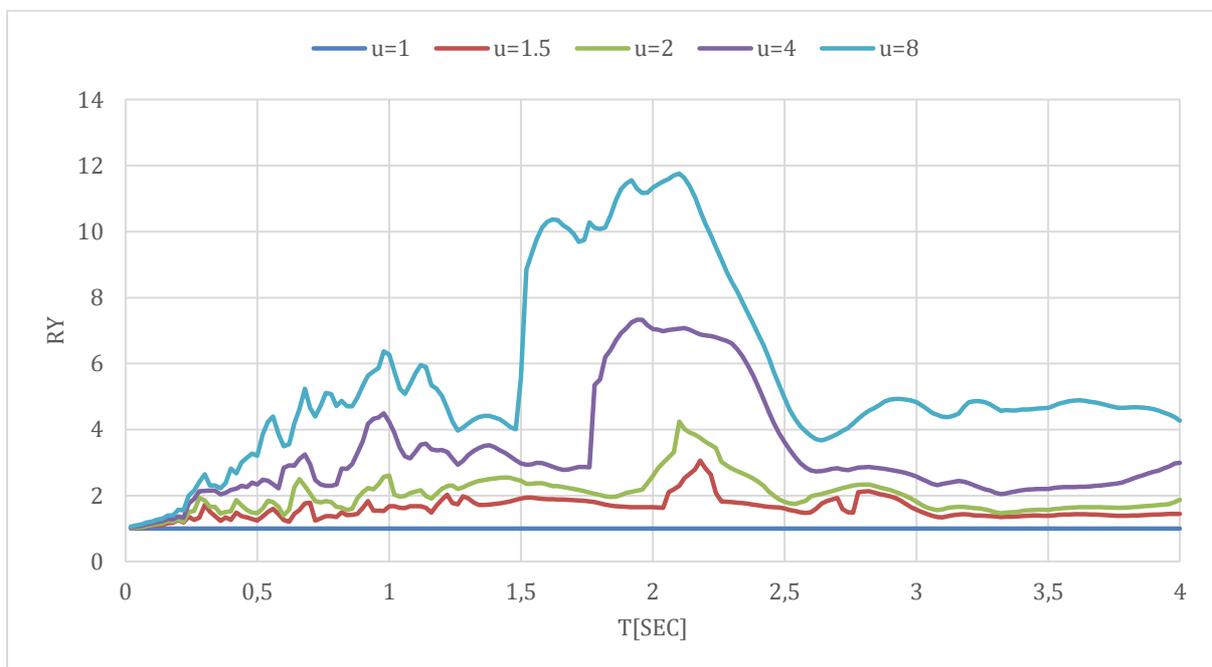


Figura 88: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

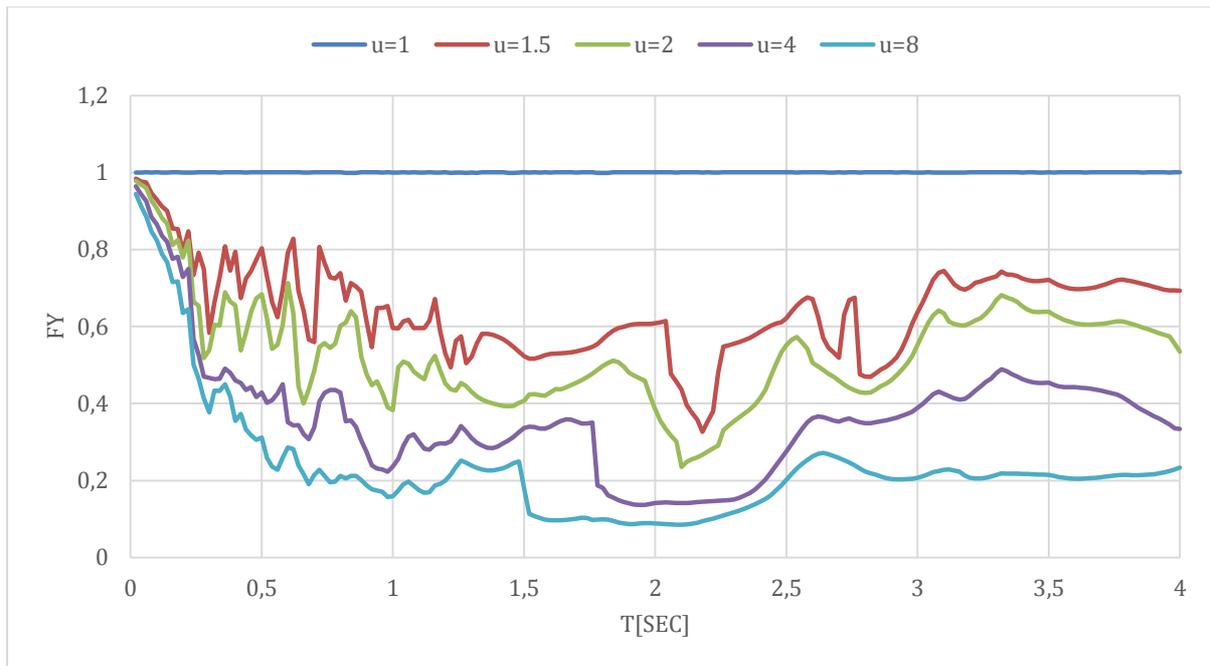


Figura 89: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

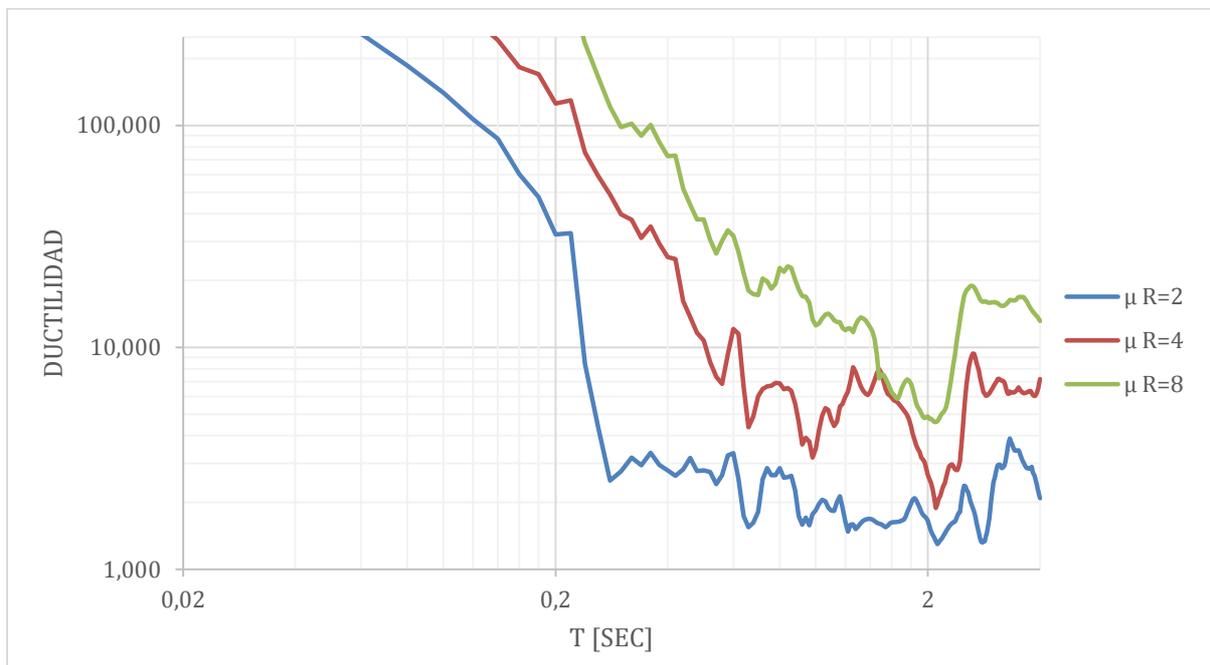


Figura 90: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de La Libertad ALIB Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Manta AMNT

Componente Este Oeste.

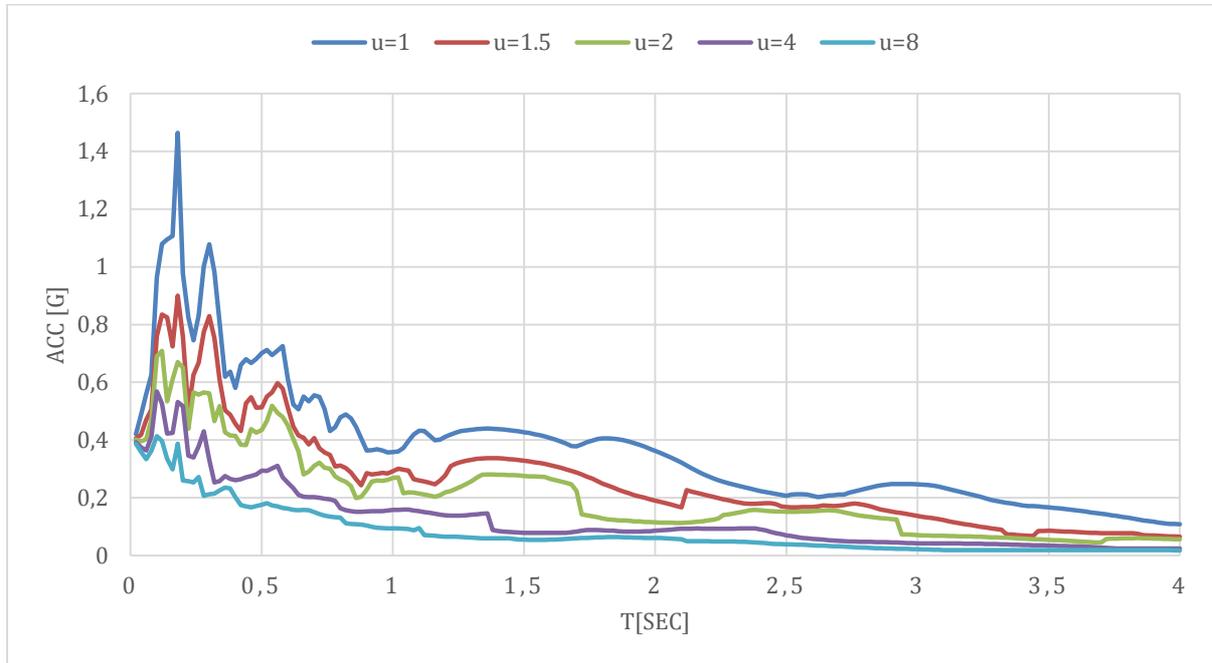


Figura 91: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

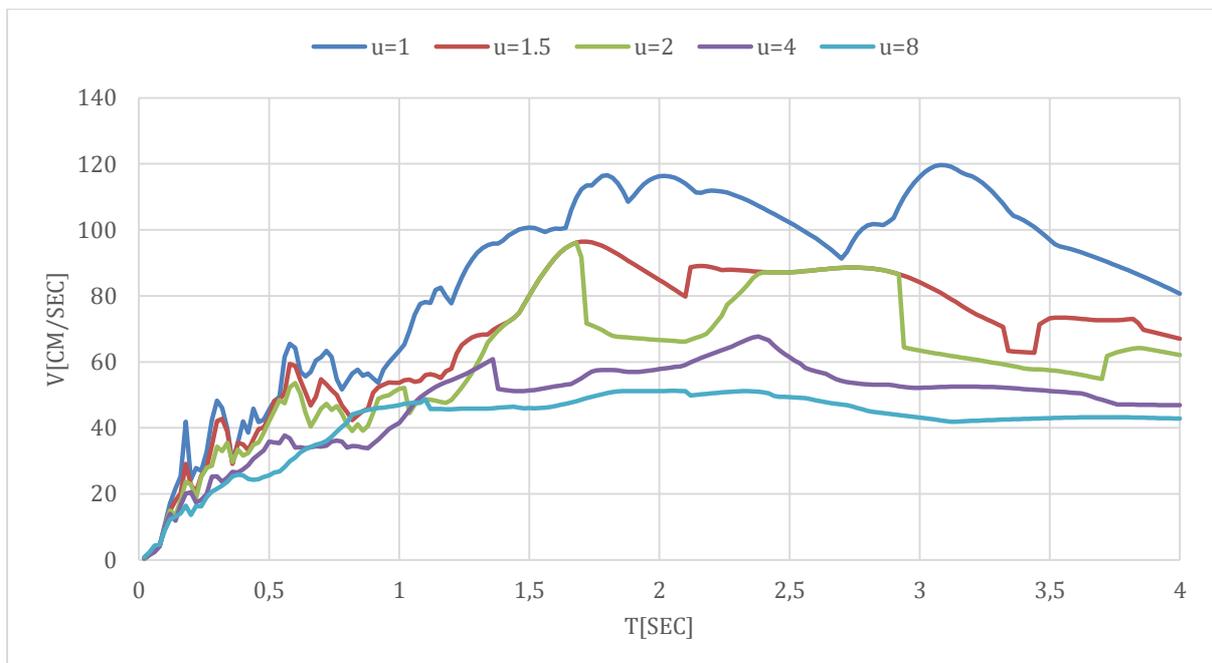


Figura 92: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

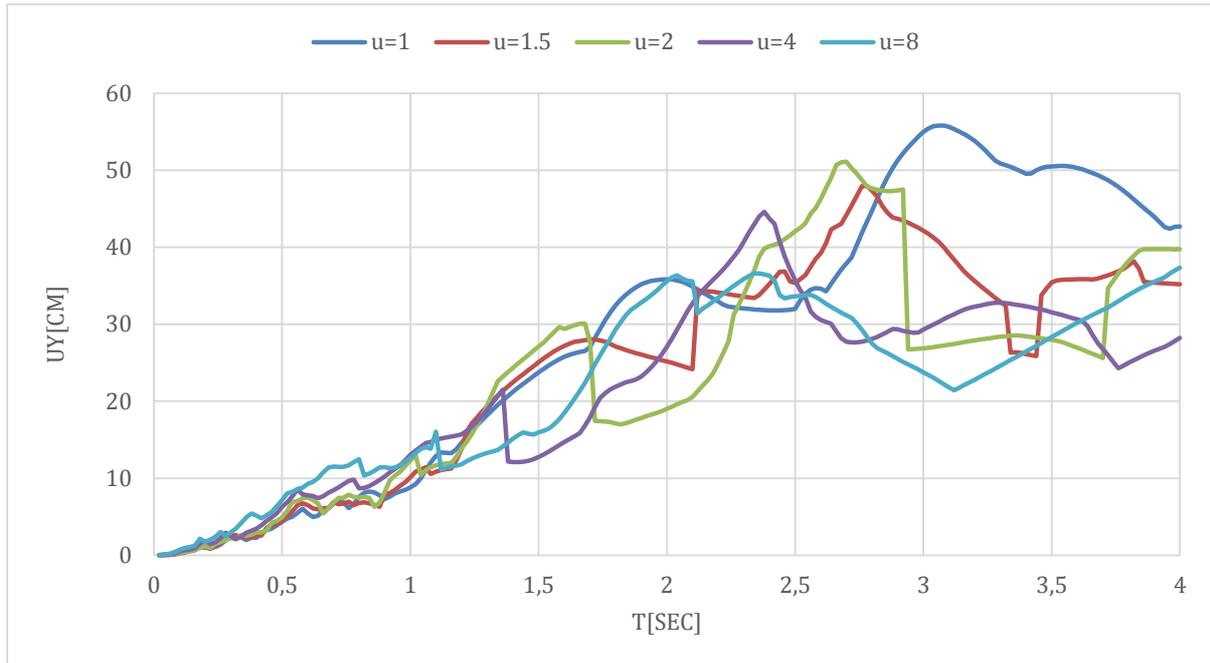


Figura 93: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

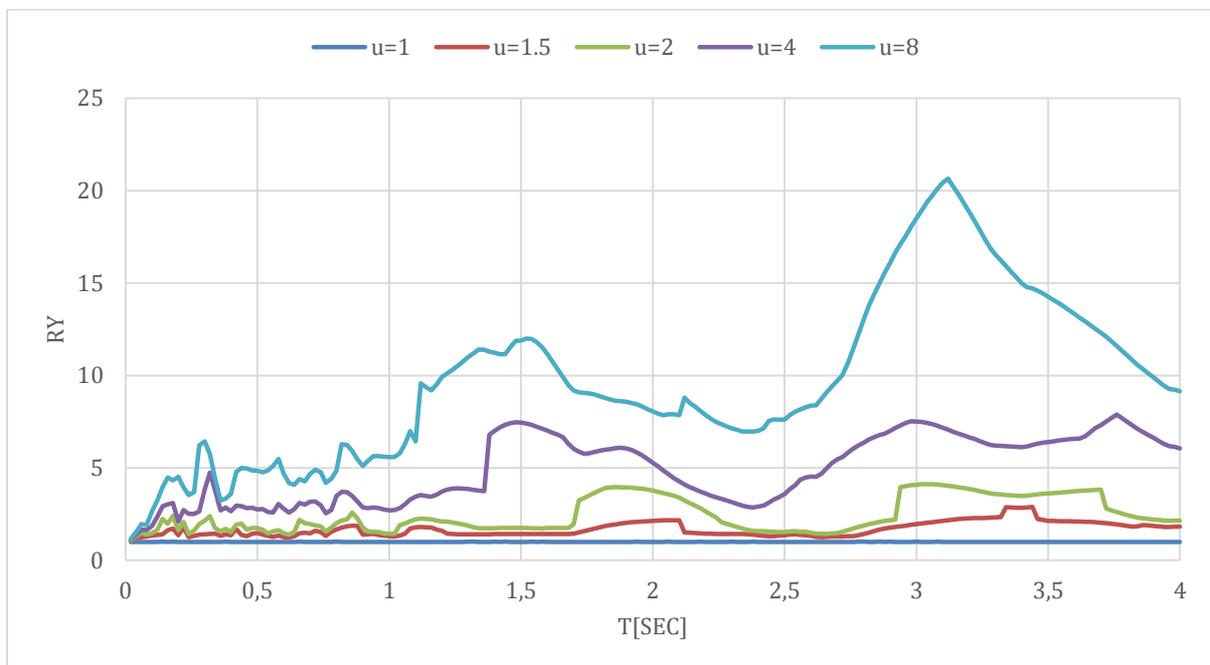


Figura 94: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

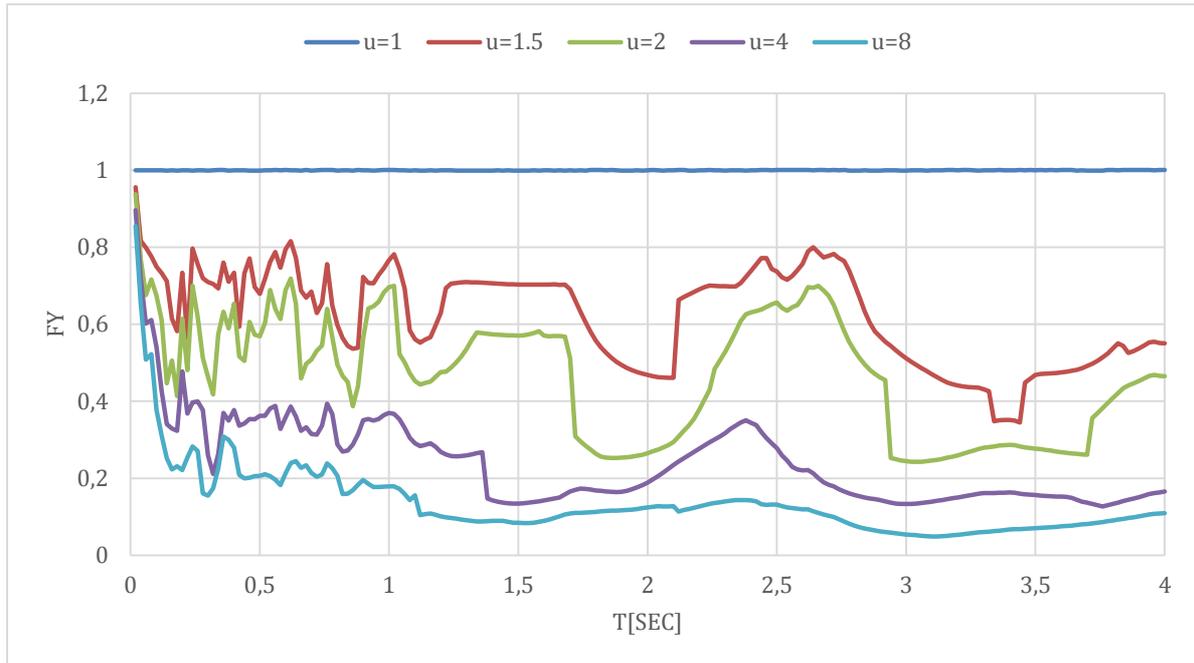


Figura 95: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

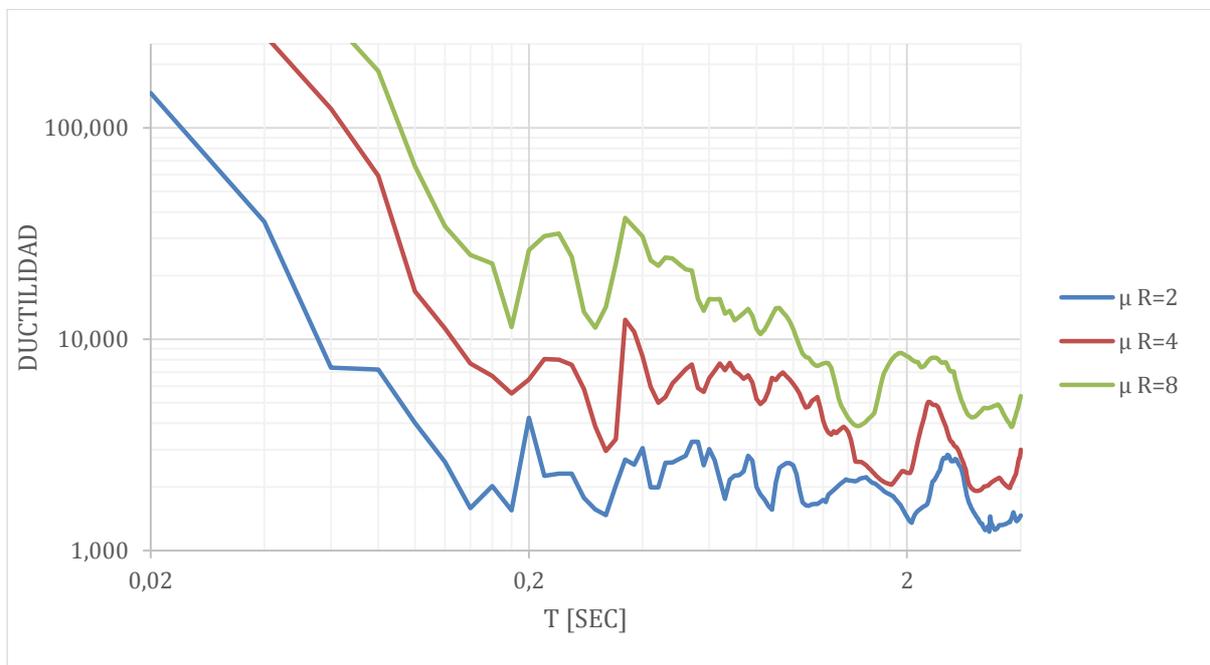


Figura 96: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Manta AMNT E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur.

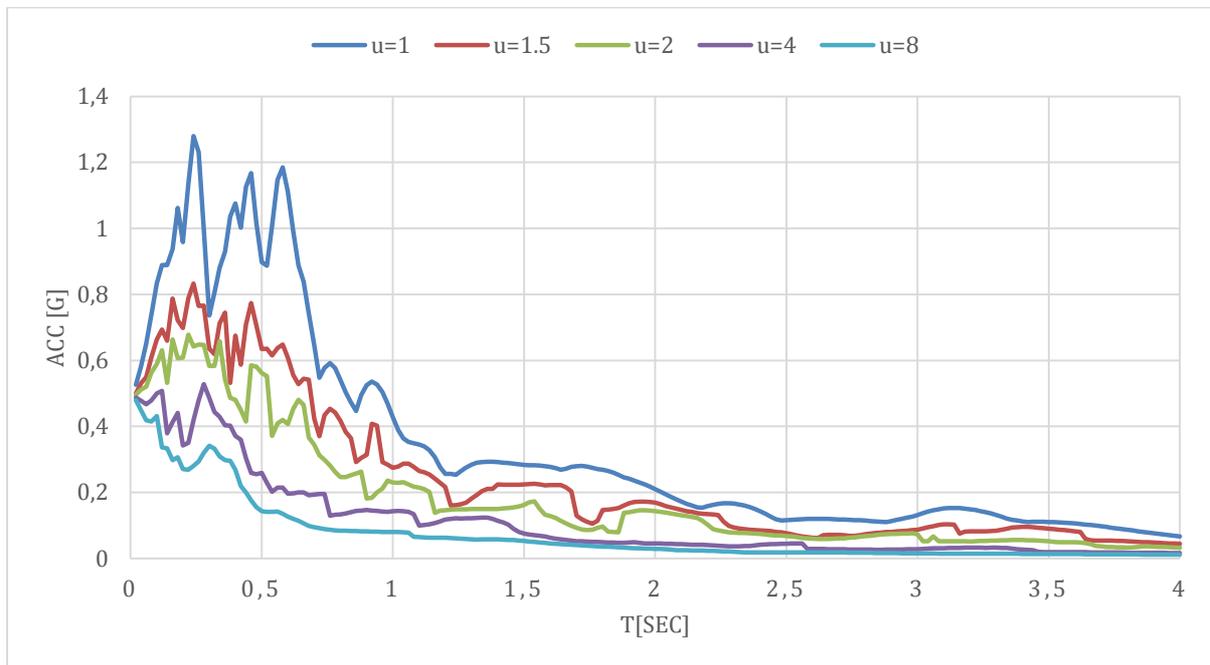


Figura 97: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

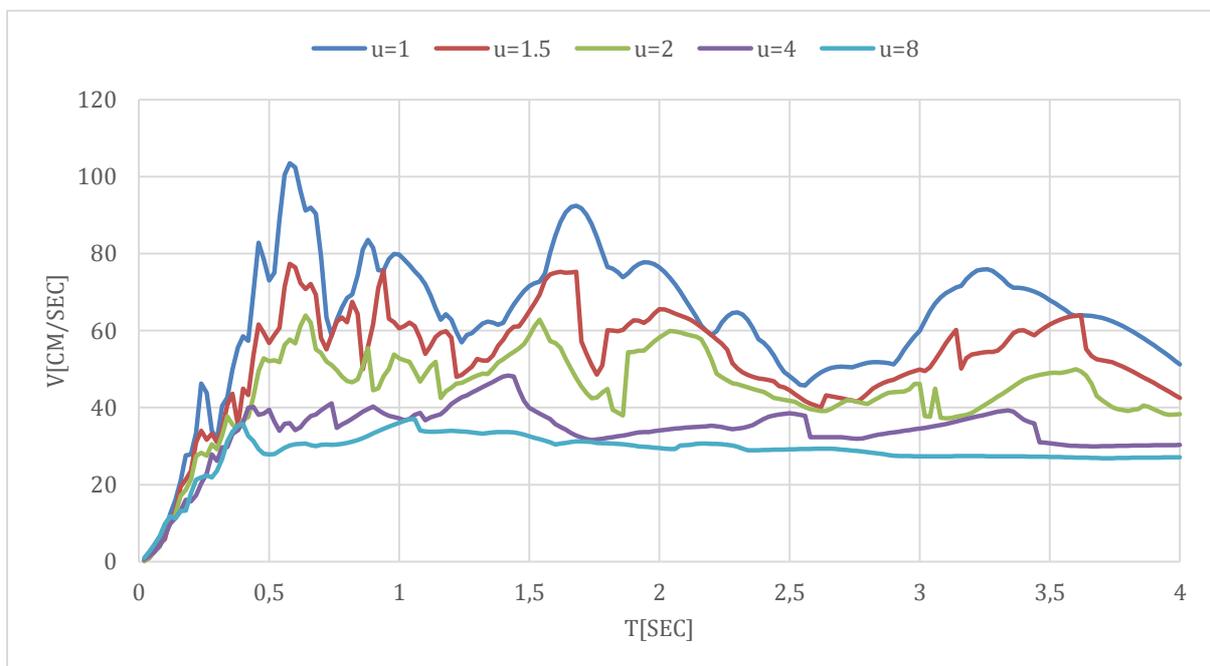


Figura 98: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

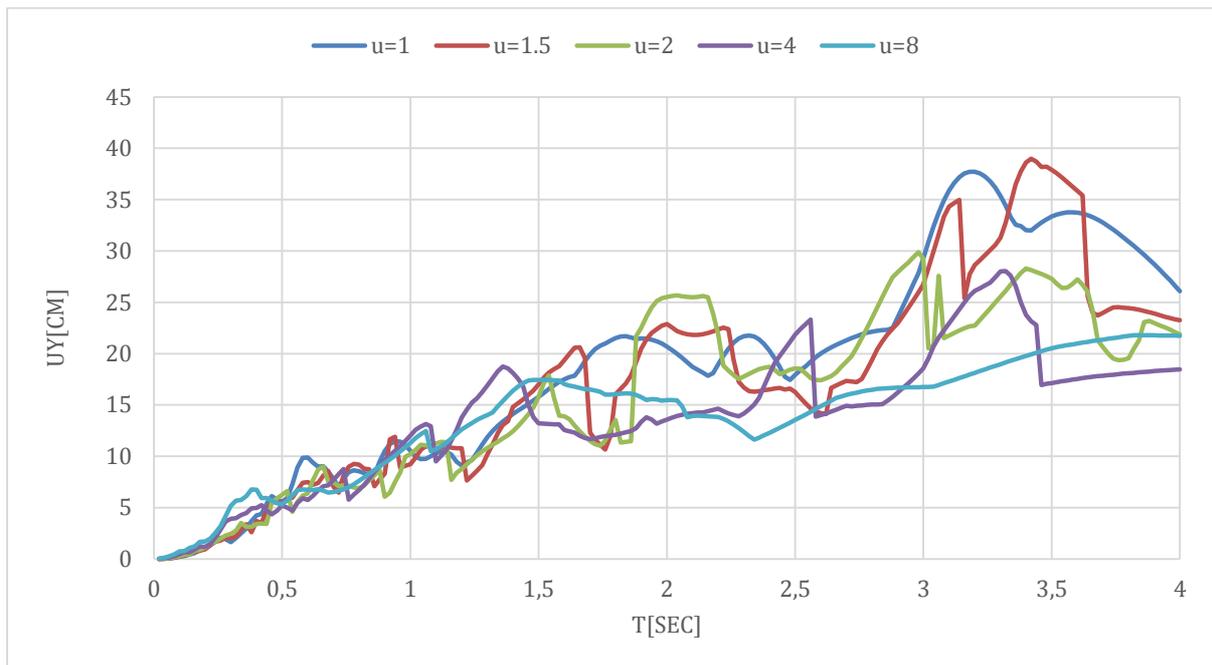


Figura 99: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

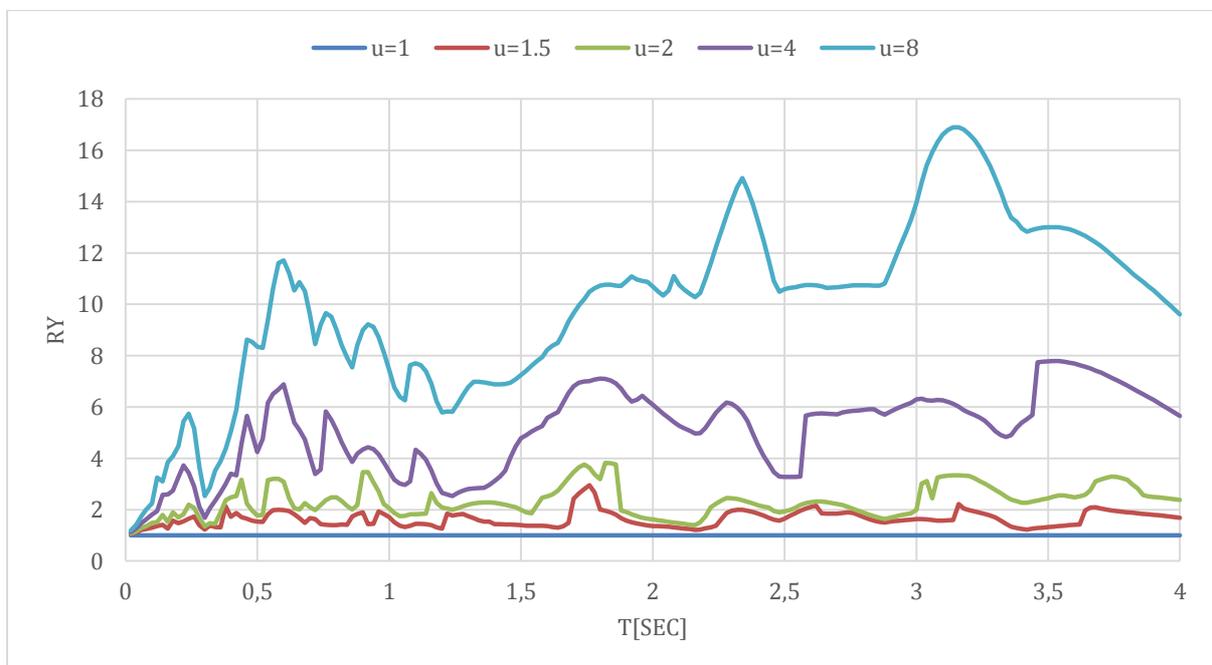


Figura 100: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

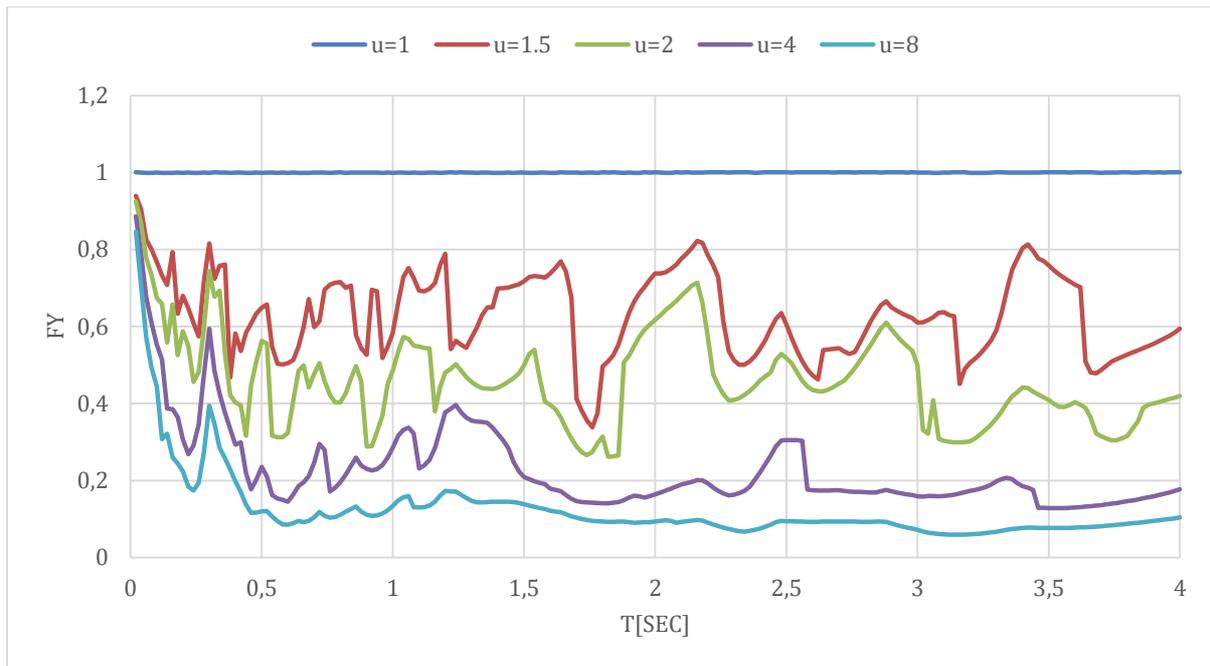


Figura 101: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

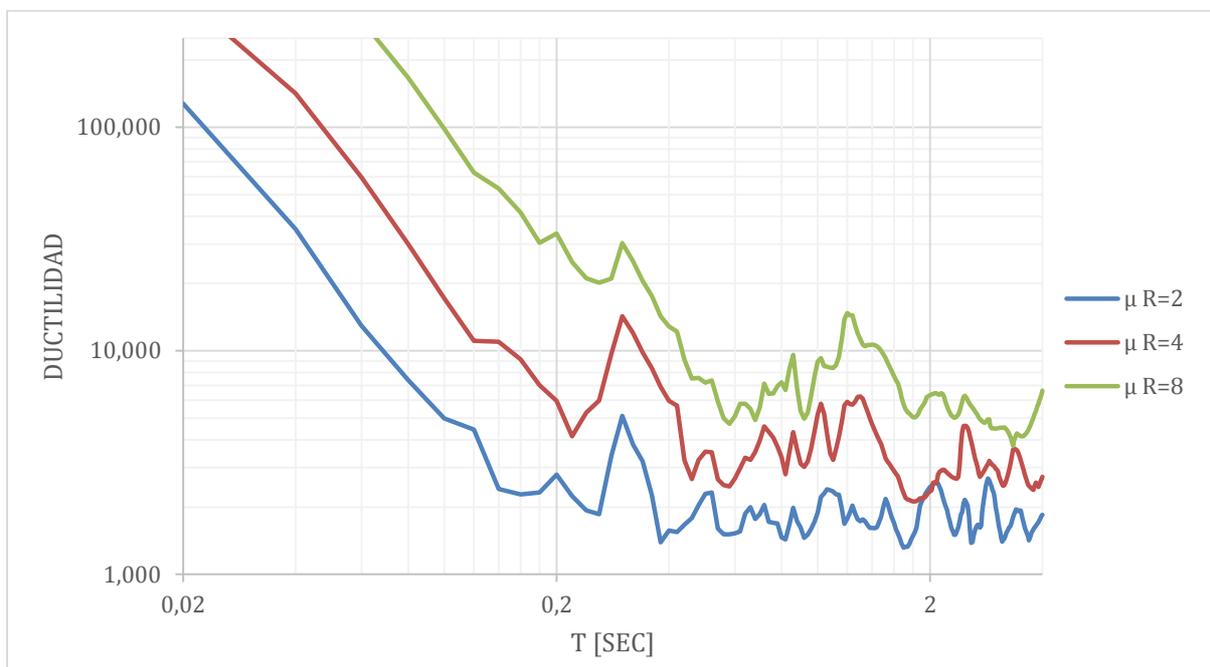


Figura 102: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Manta AMNT N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z.

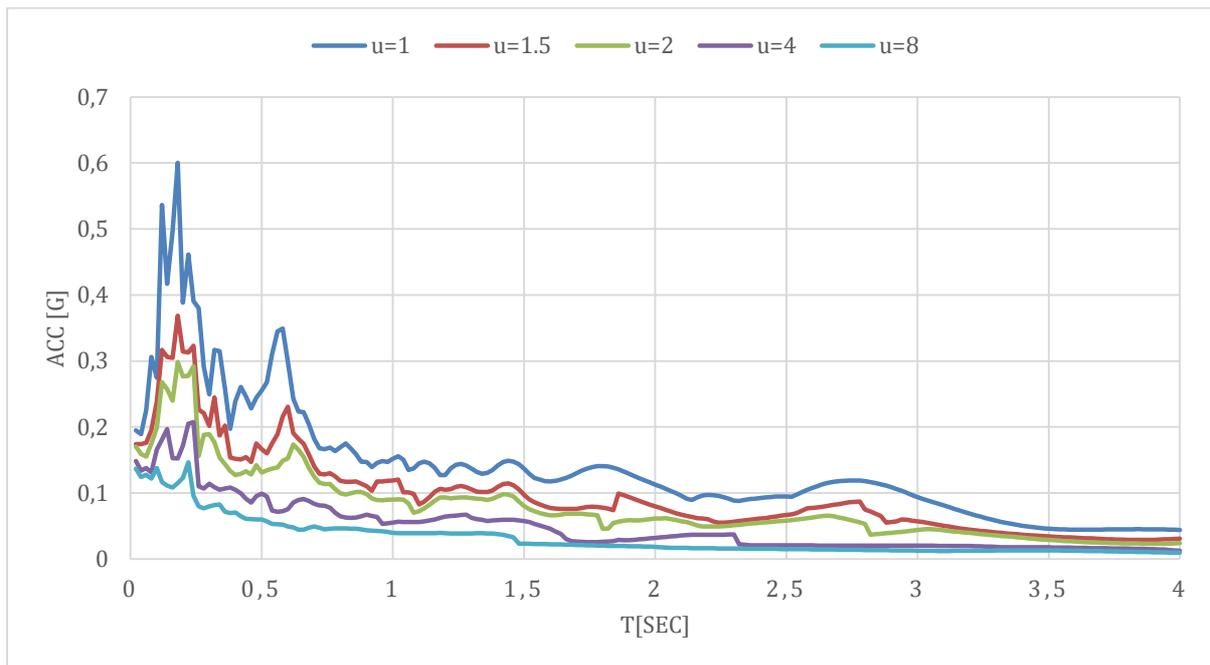


Figura 103: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

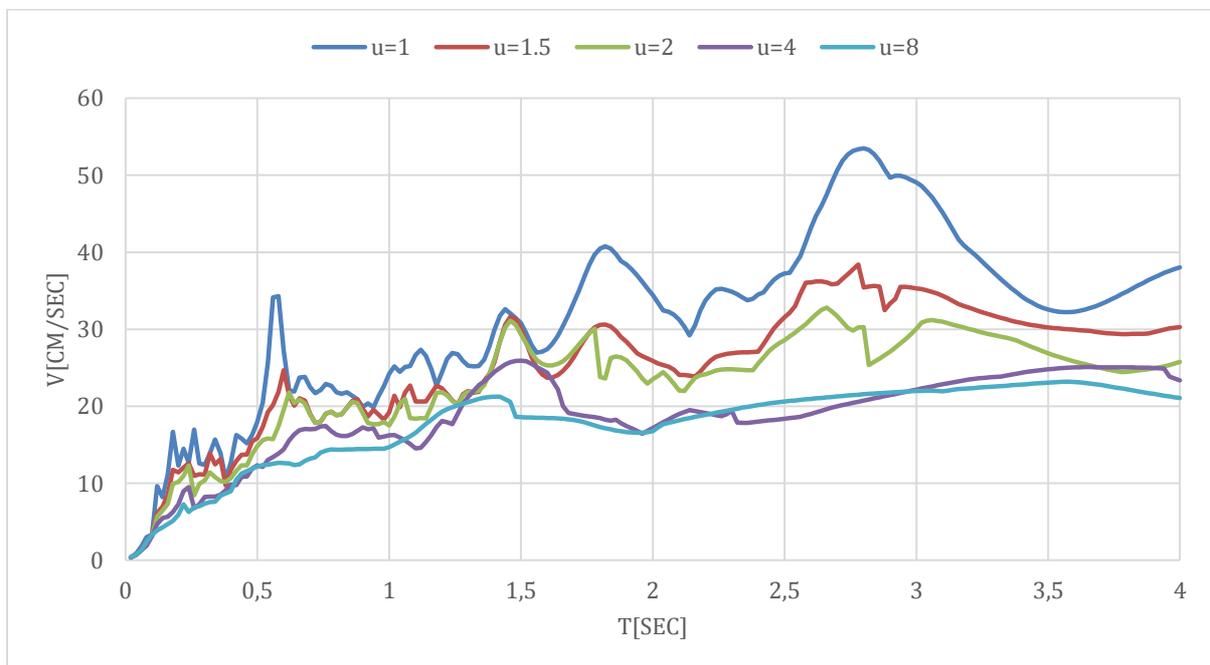


Figura 104: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

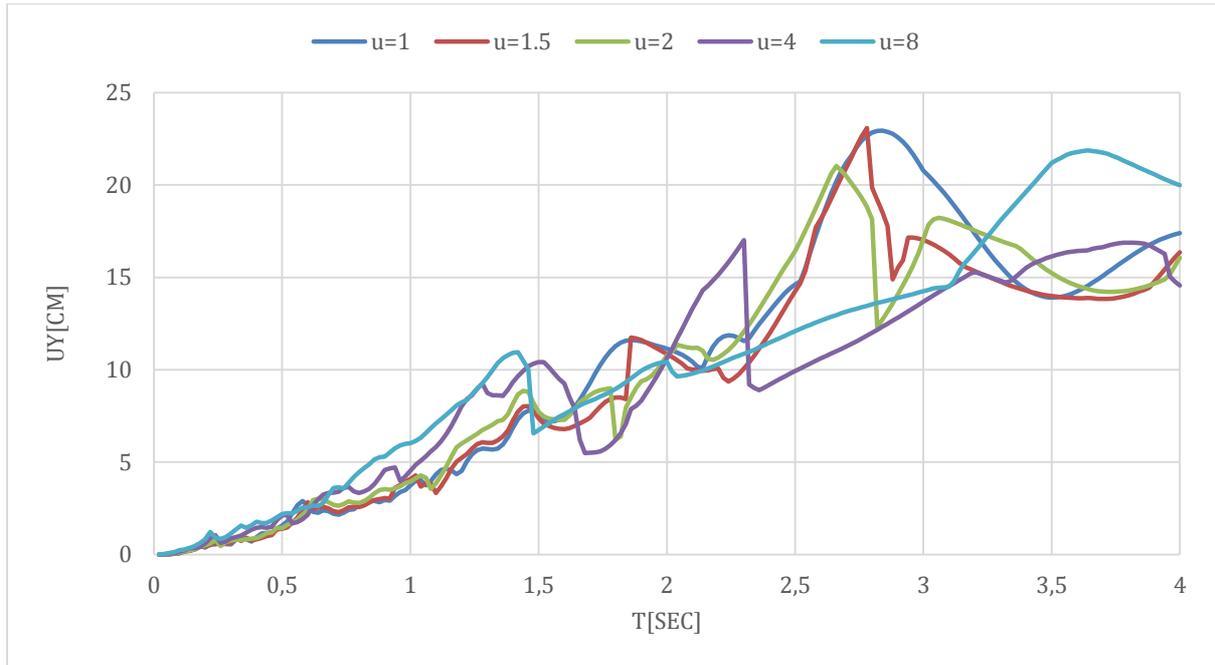


Figura 105: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

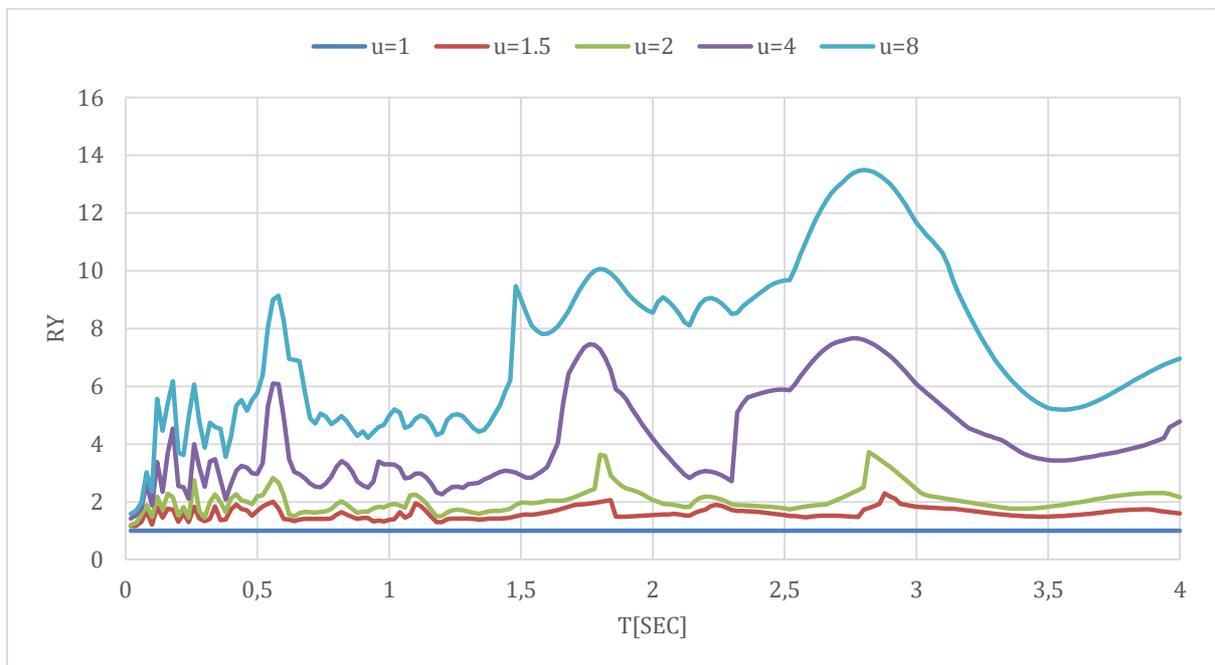


Figura 106: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

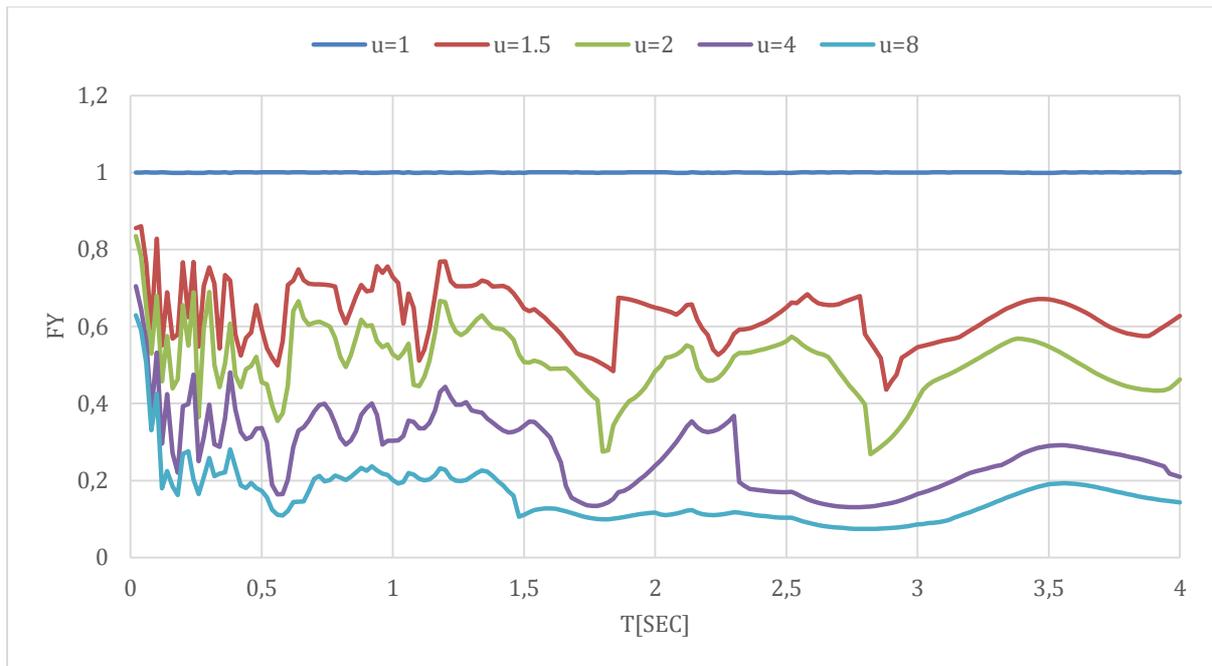


Figura 107: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

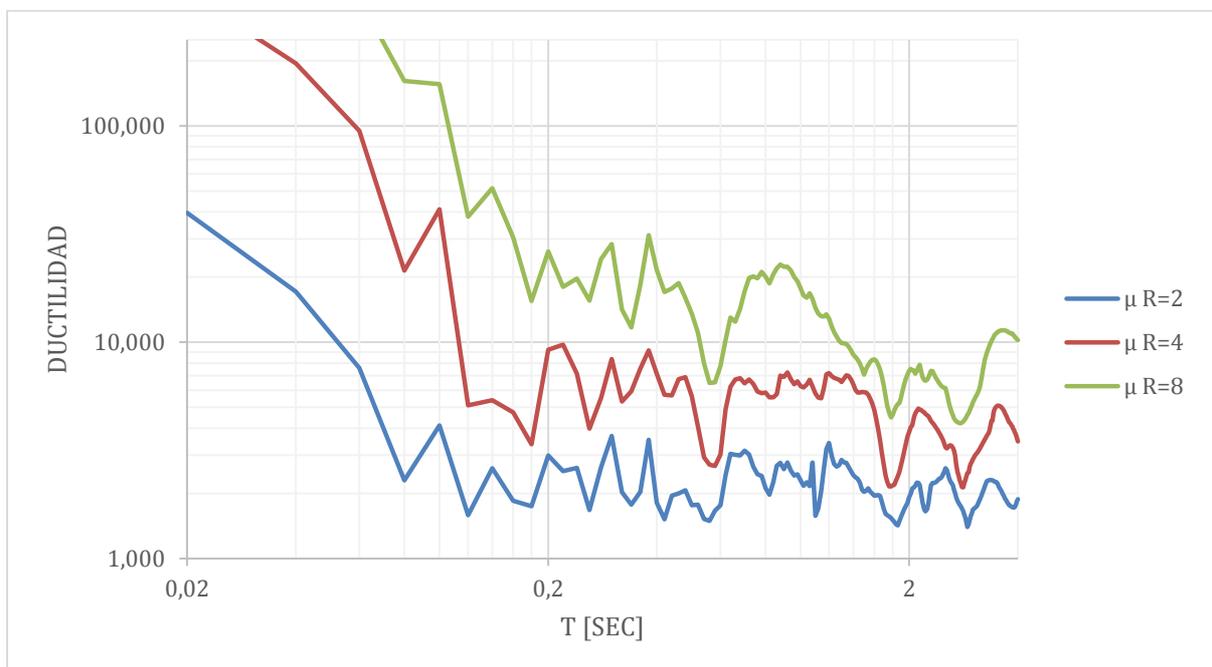


Figura 108: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Manta AMNT Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Milagro AMIL

Componente Este Oeste.

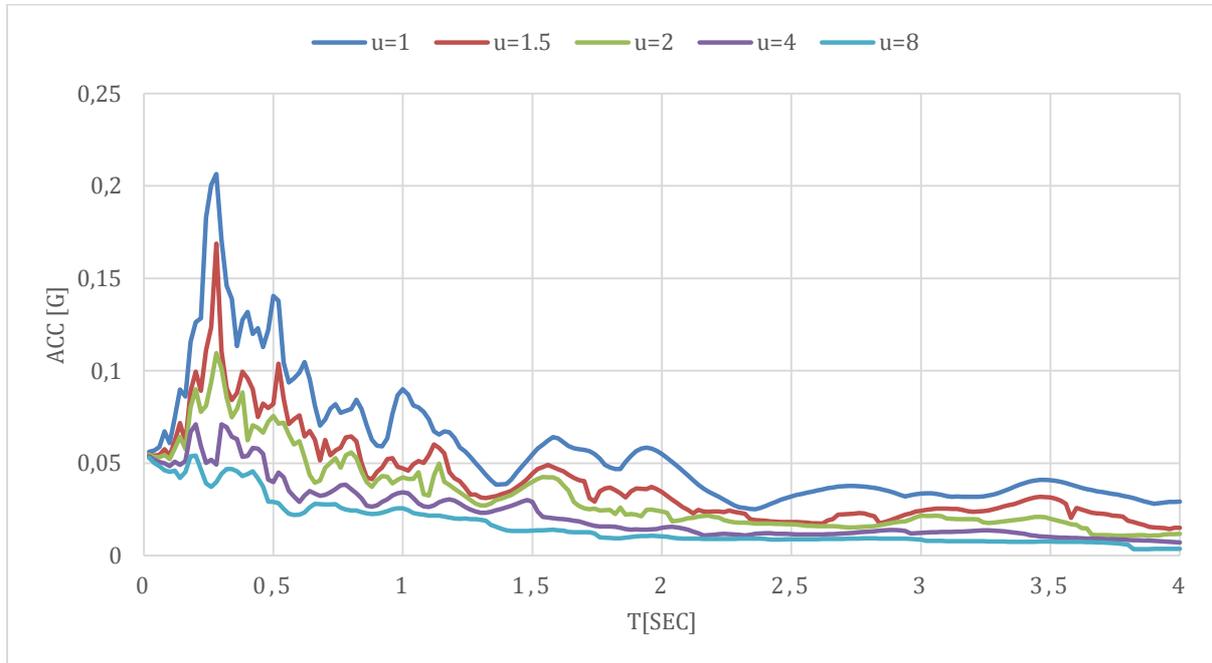


Figura 109: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

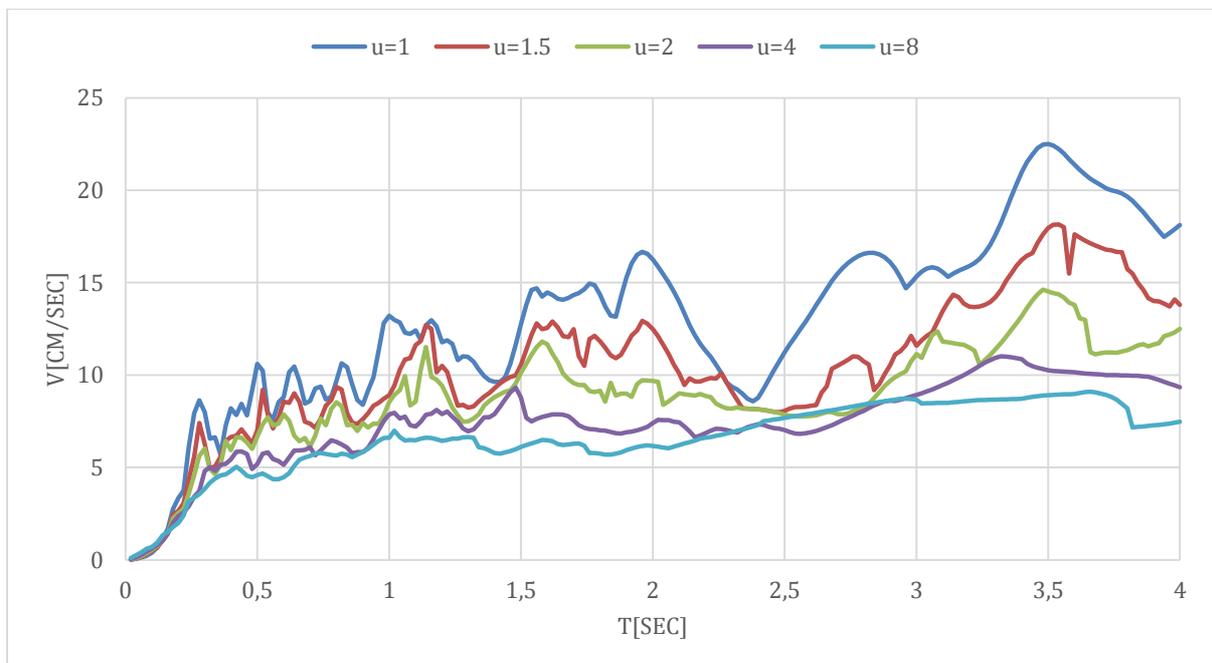


Figura 110: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

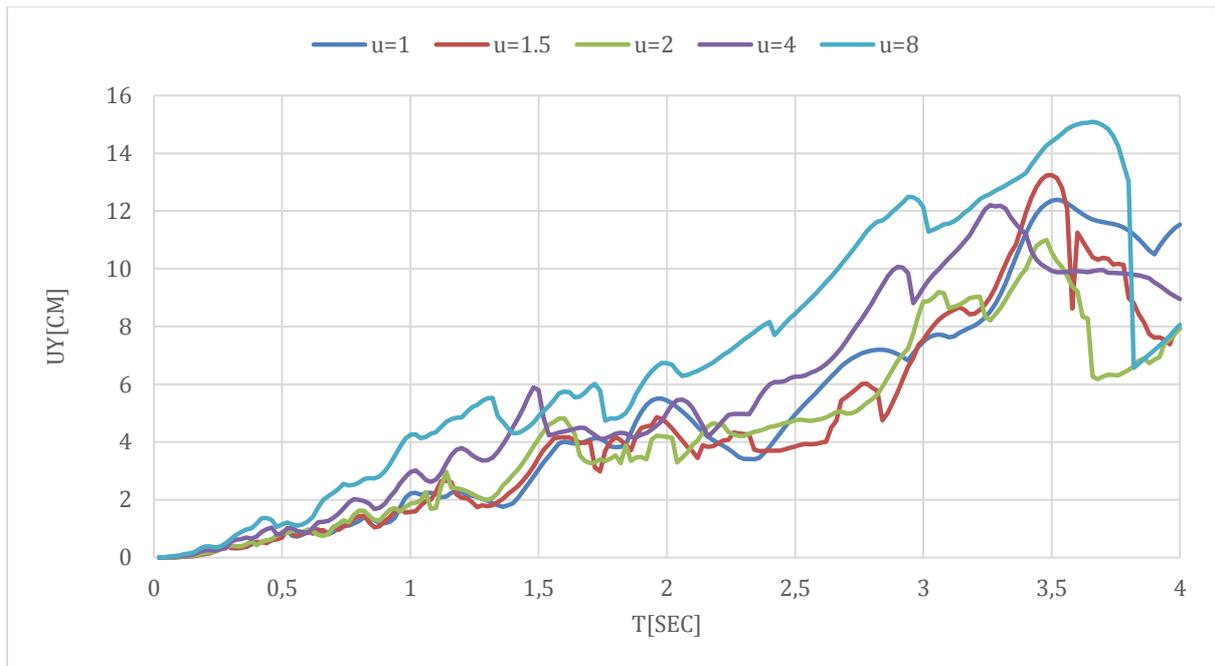


Figura 111: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

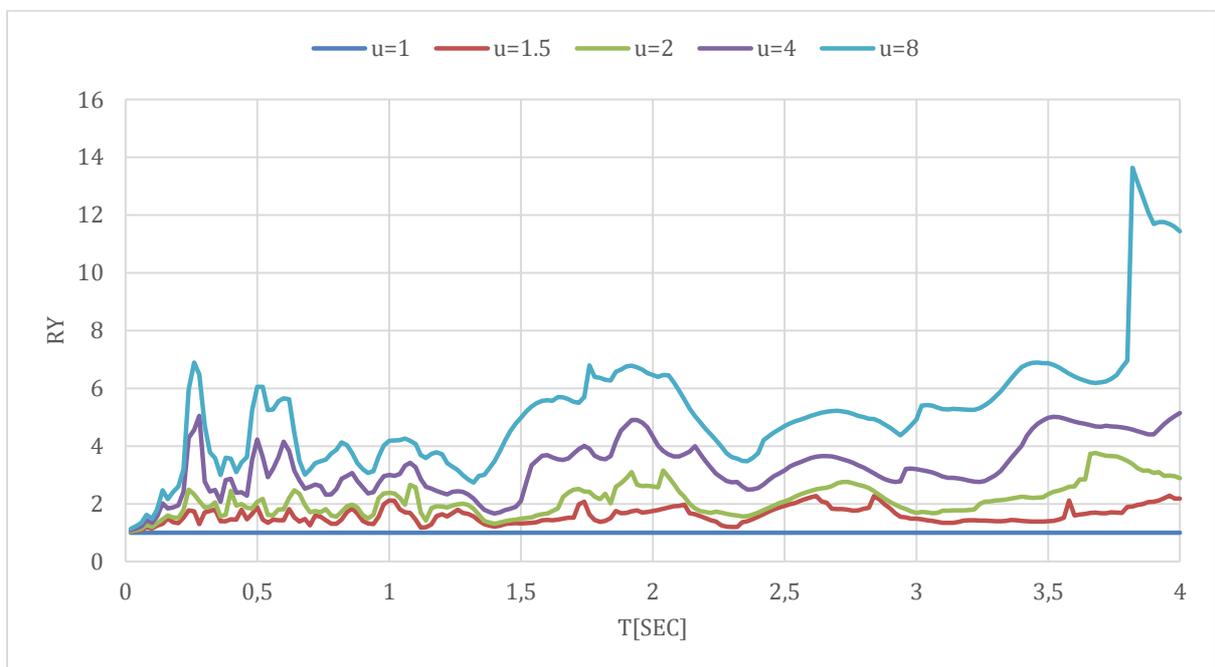


Figura 112: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

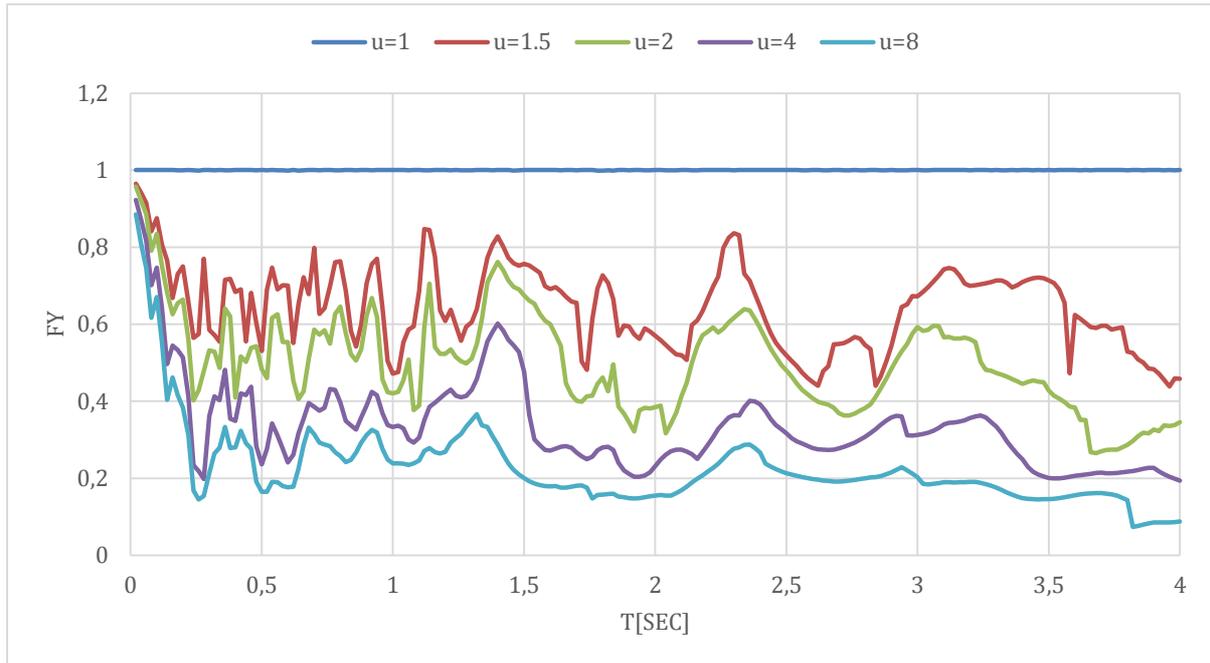


Figura 113: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

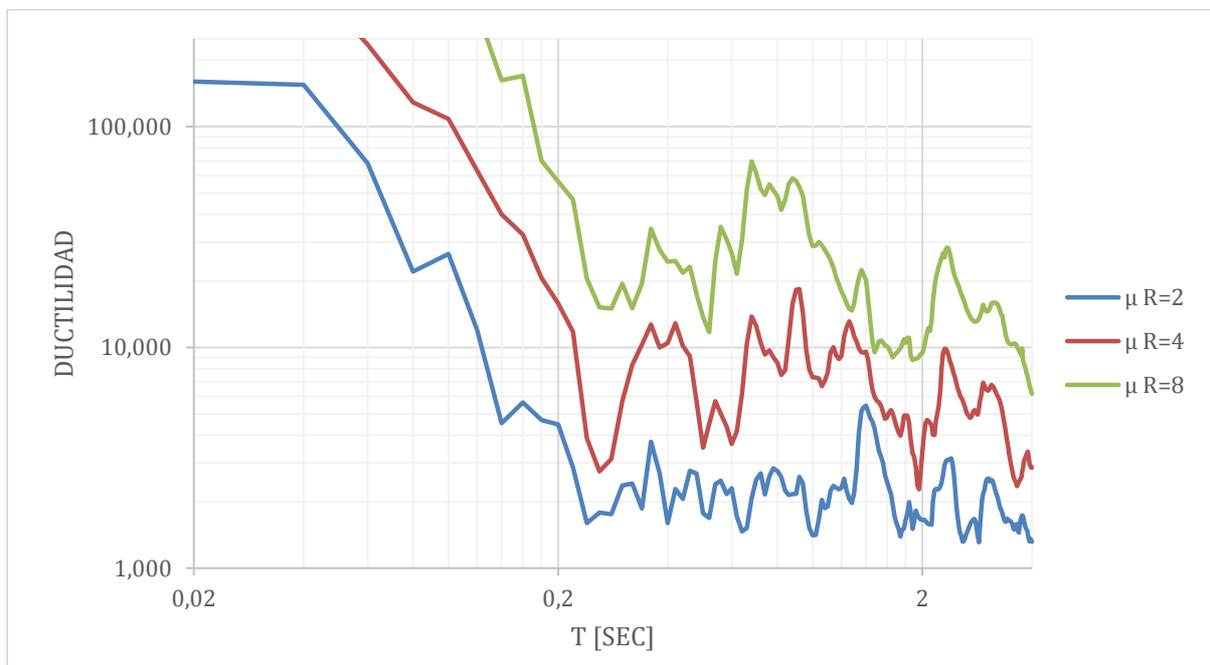


Figura 114: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Milagro AMIL E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur.

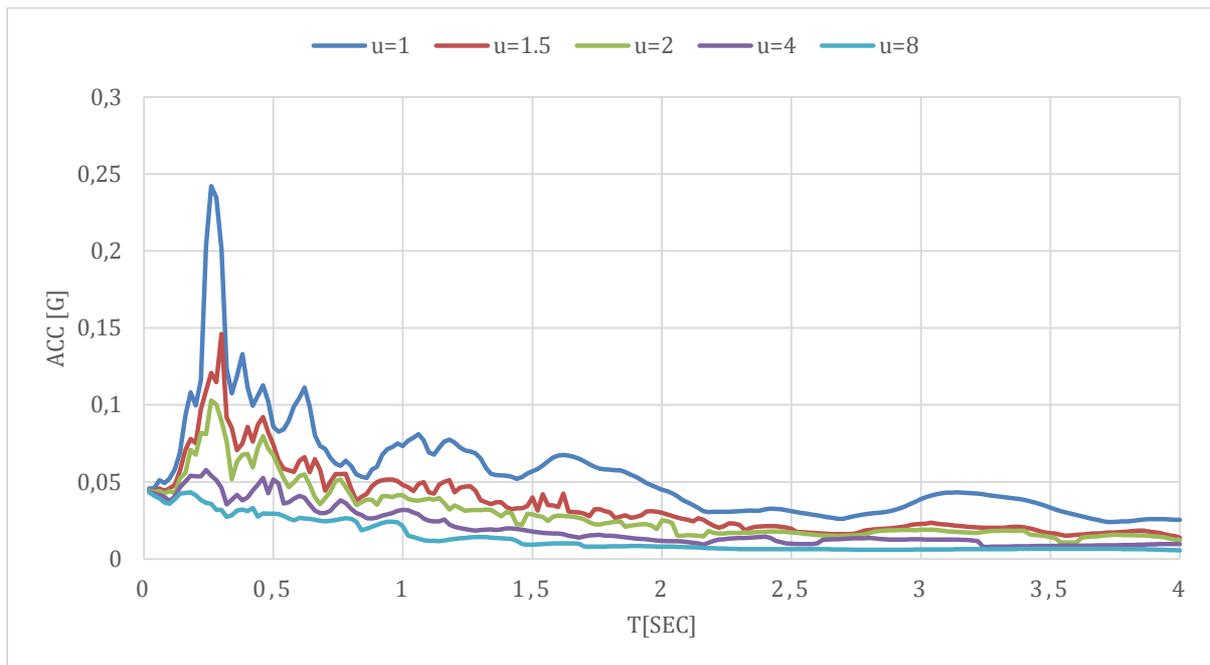


Figura 115: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

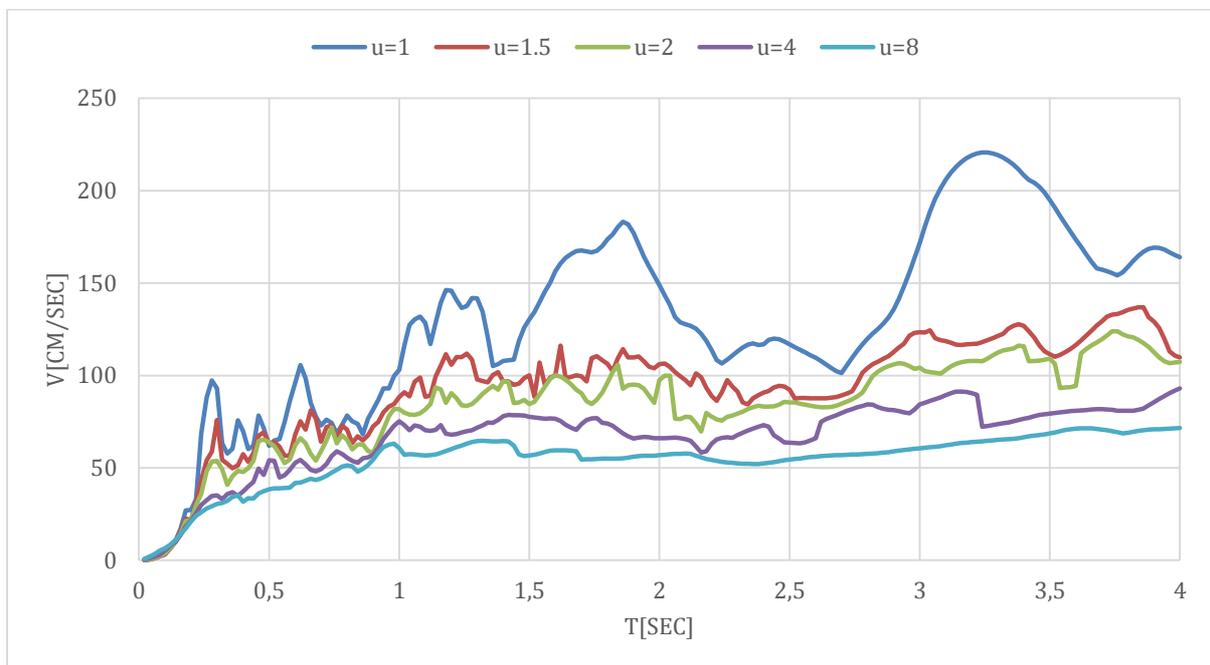


Figura 116: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

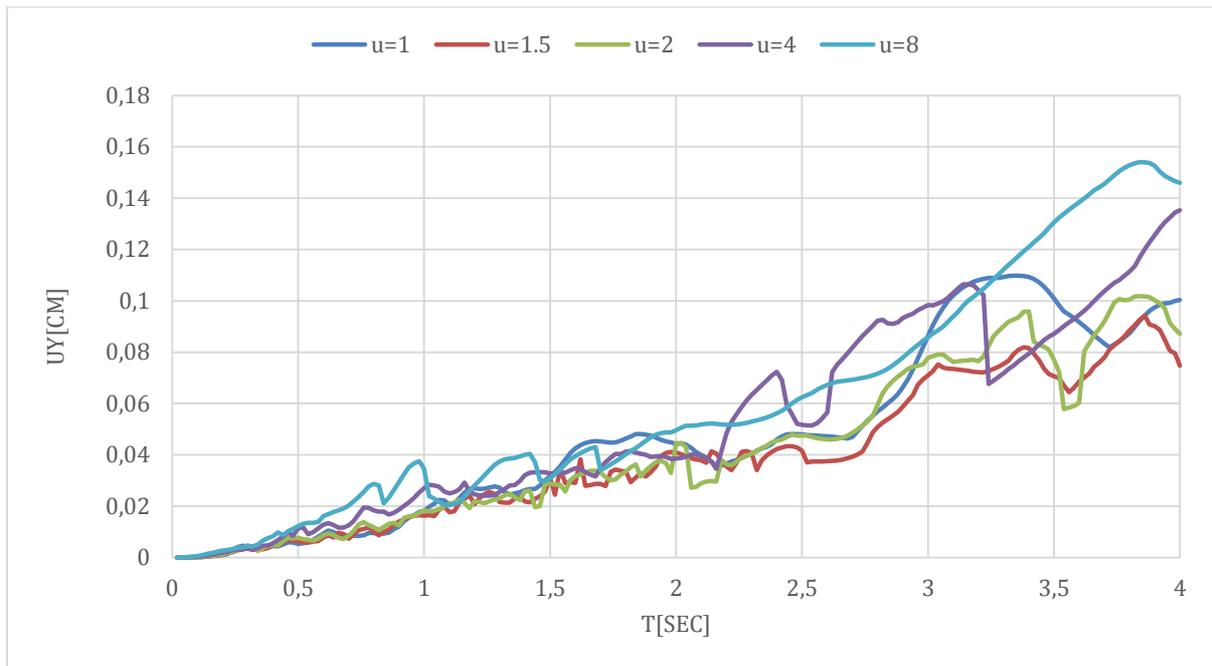


Figura 117: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

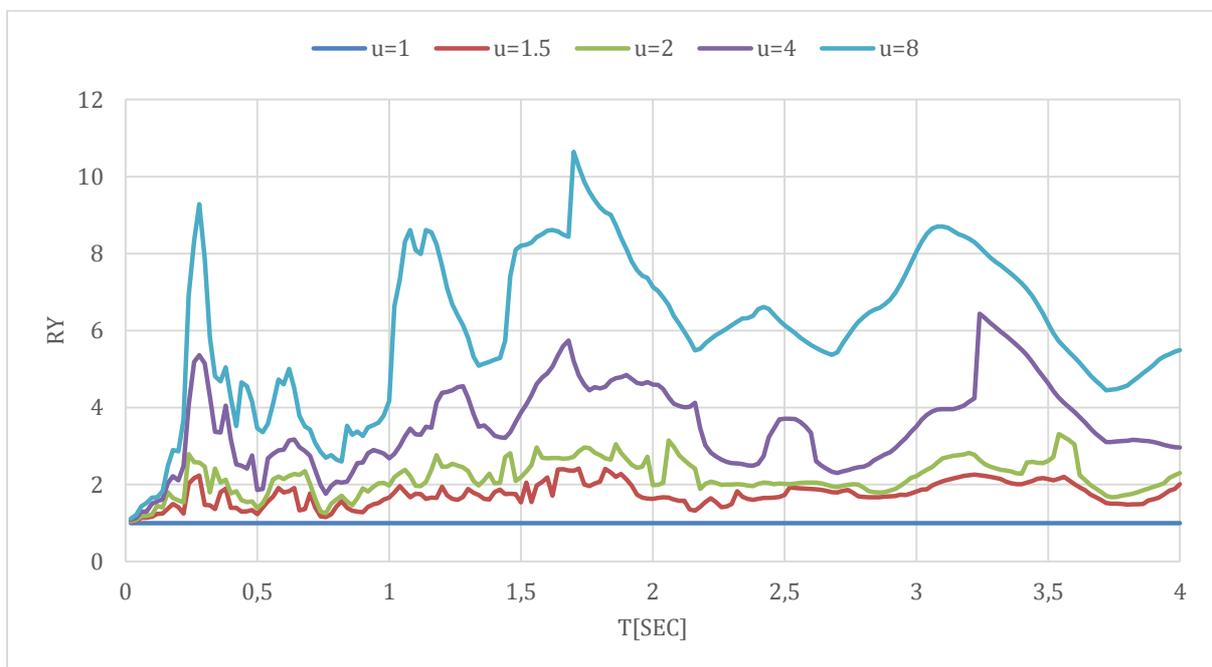


Figura 118: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

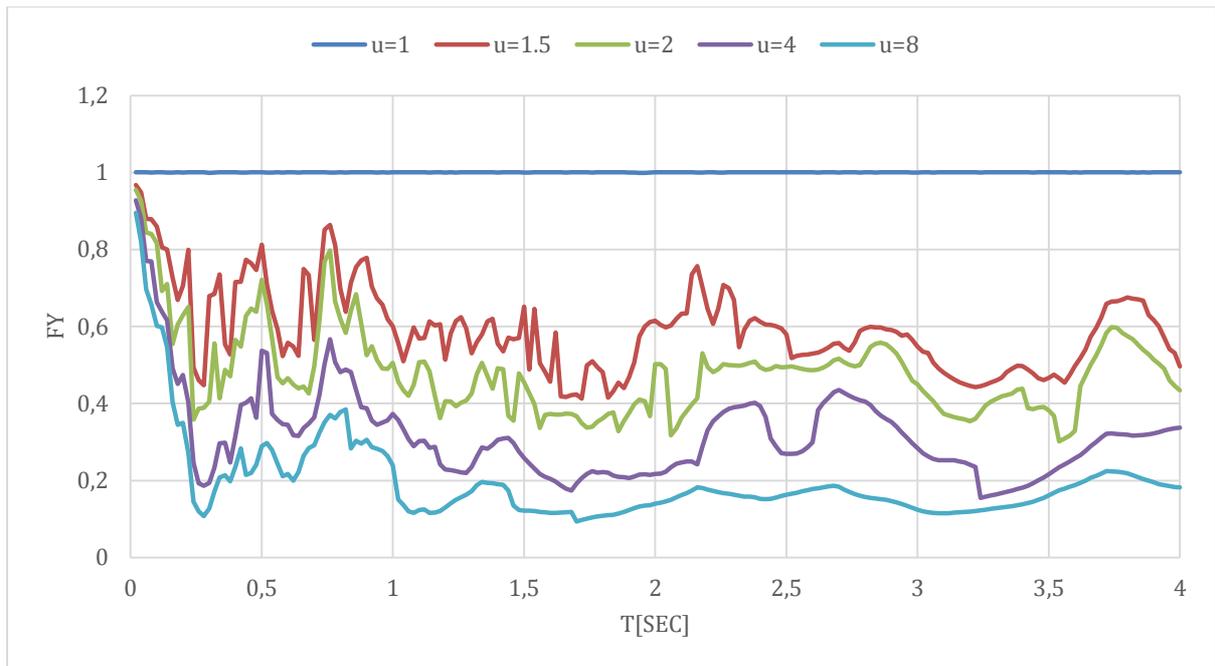


Figura 119: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

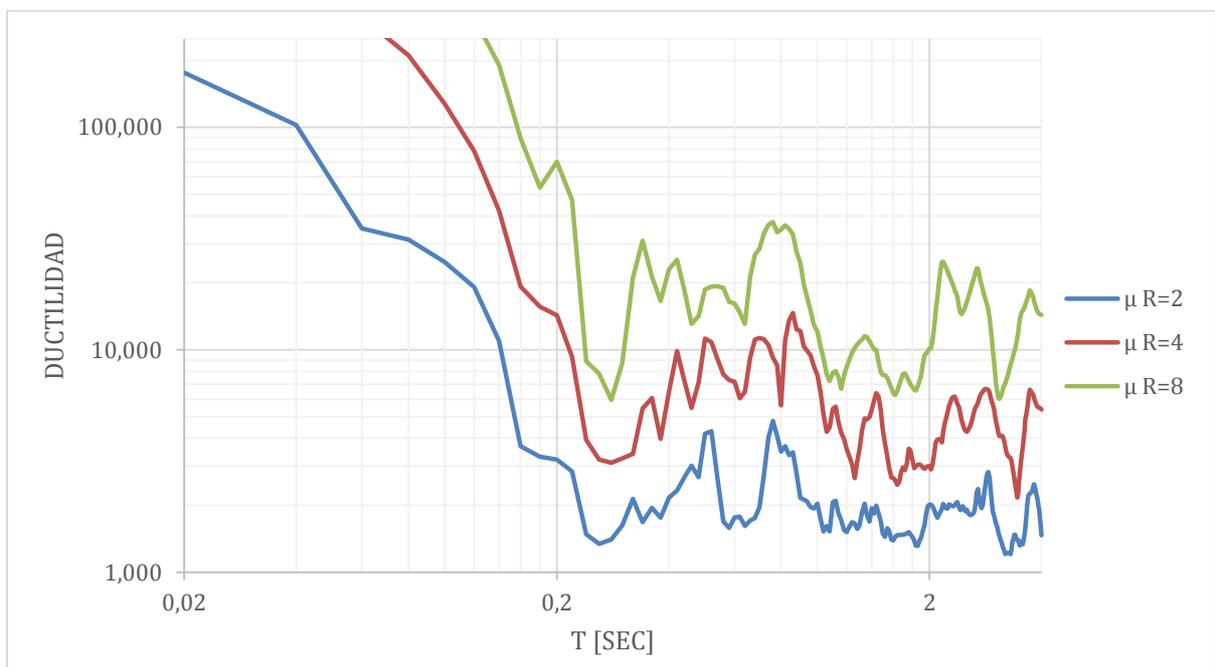


Figura 120: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Milagro AMIL N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z.

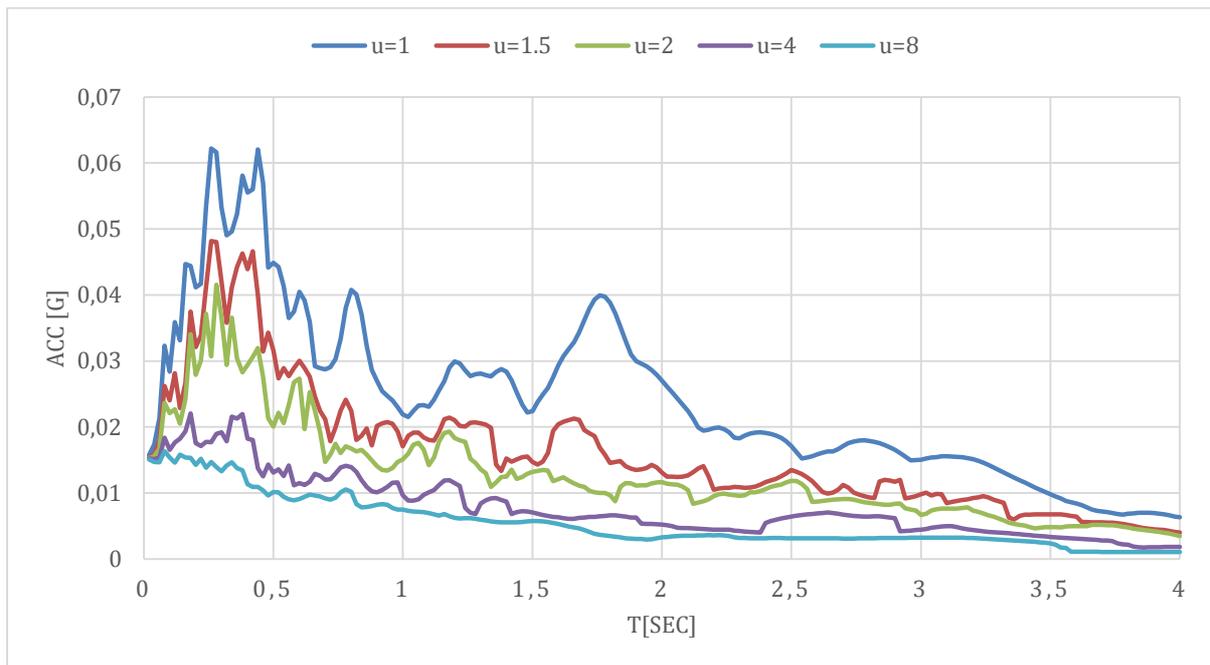


Figura 121: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

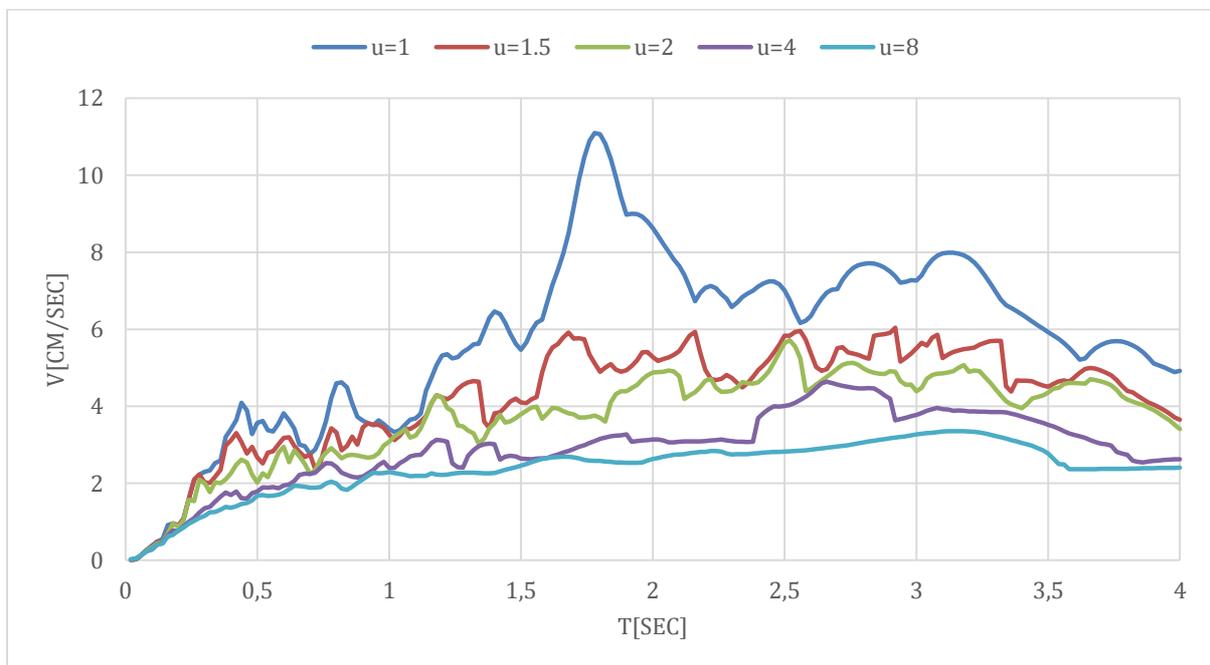


Figura 122: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

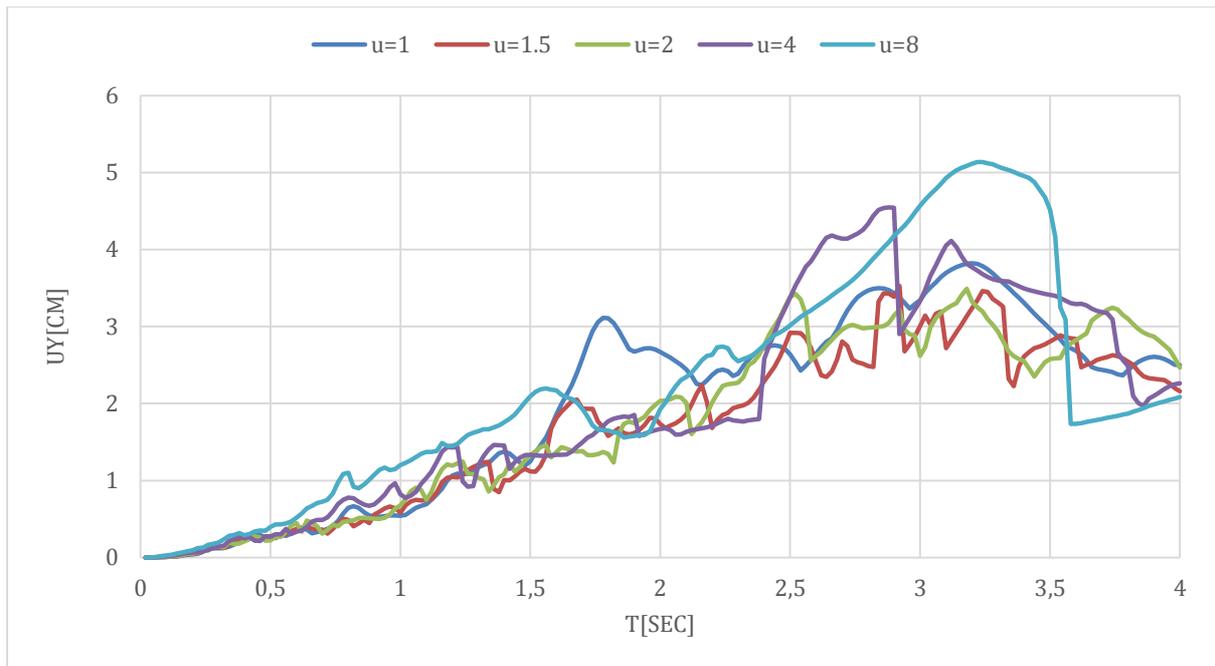


Figura 123: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

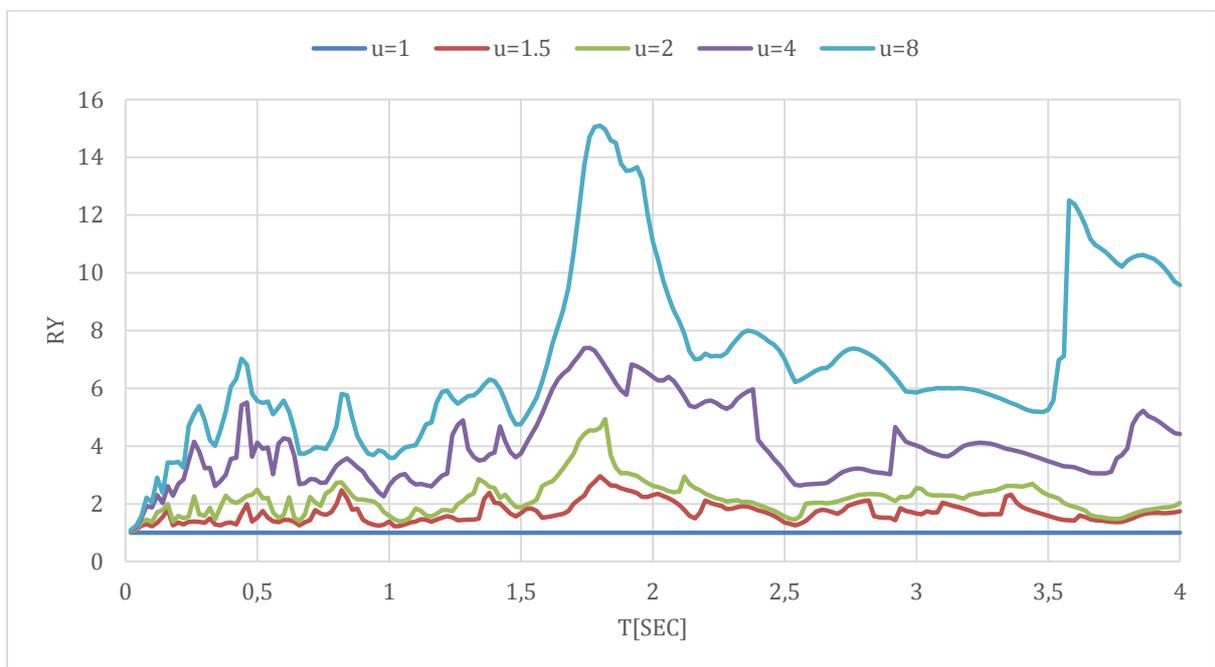


Figura 124: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

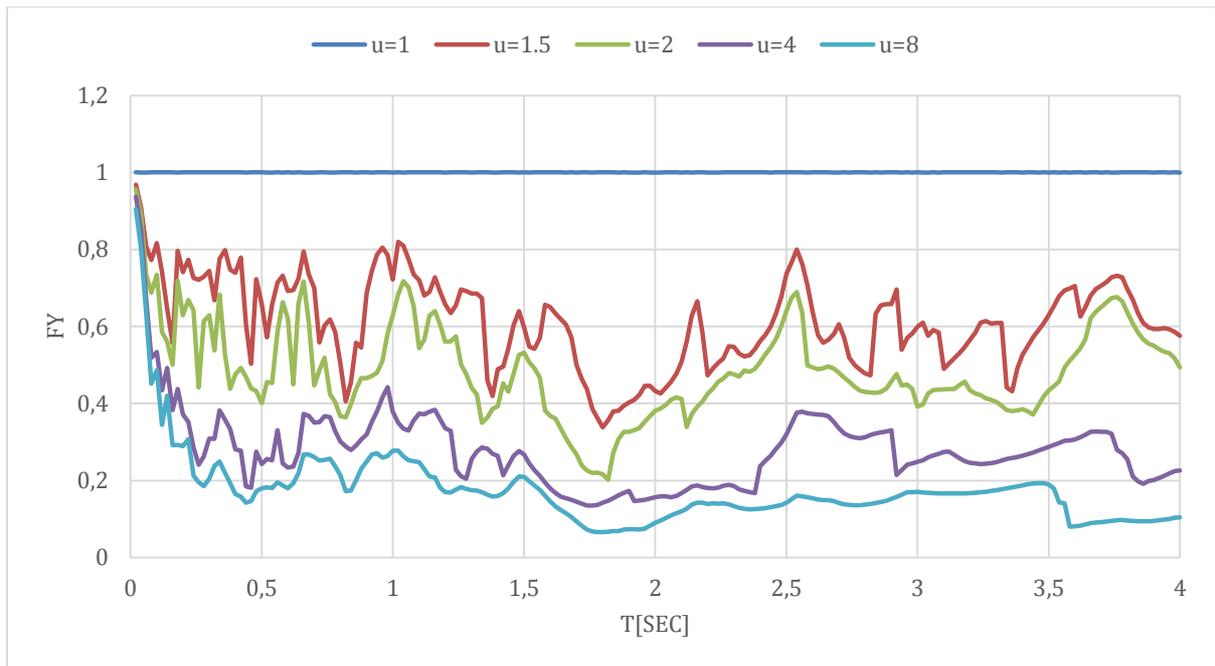


Figura 125: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

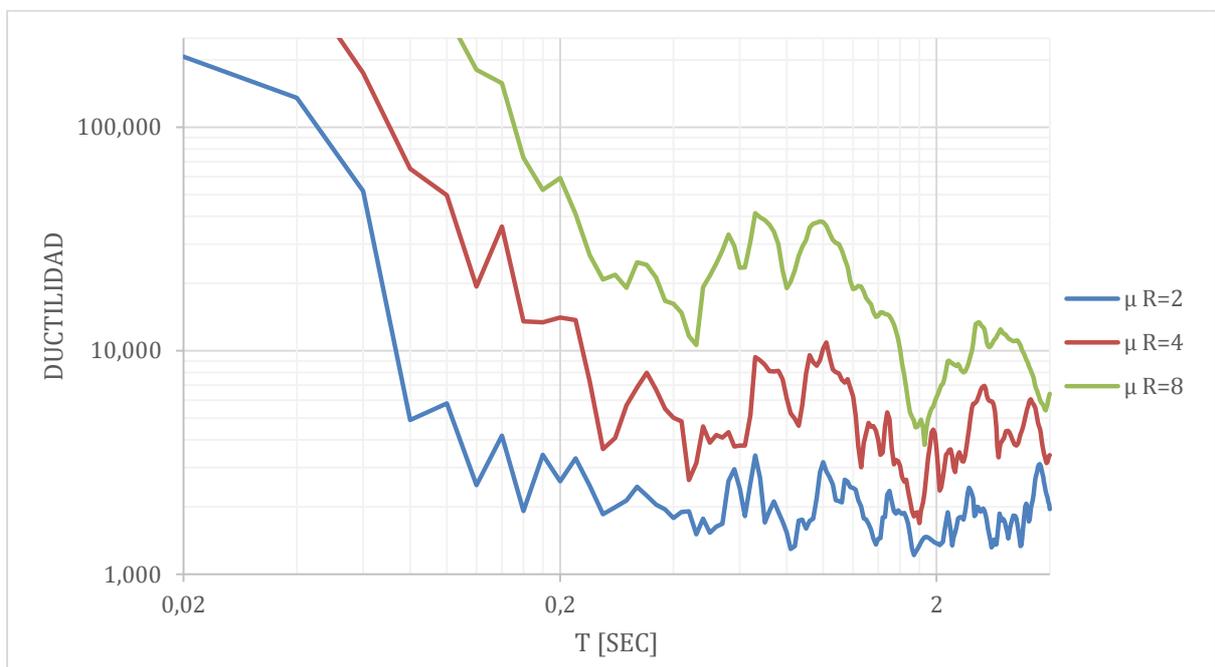


Figura 126: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Milagro AMIL Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Pedernales APED

Componente Este Oeste.

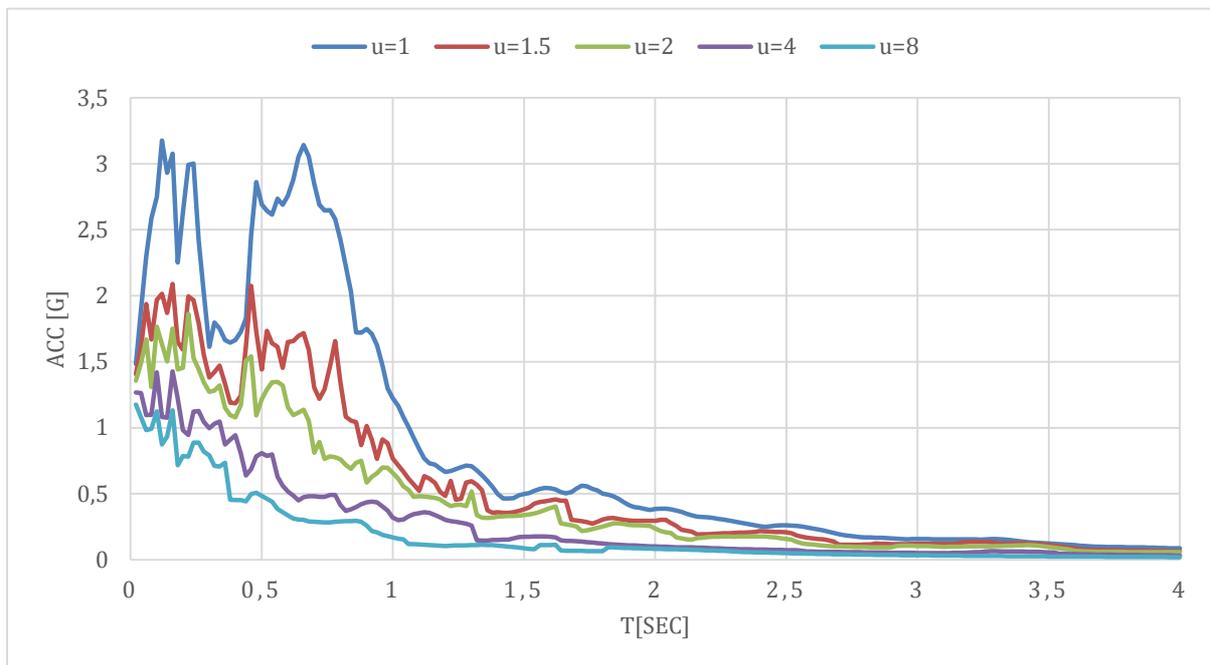


Figura 127: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

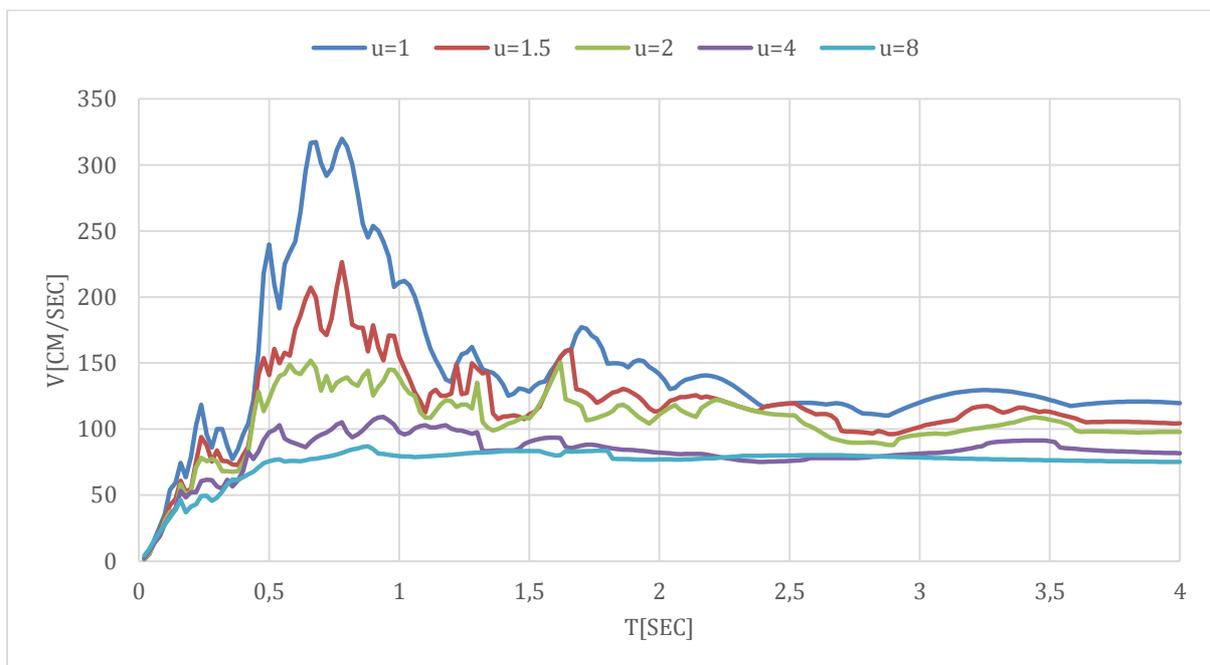


Figura 128: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

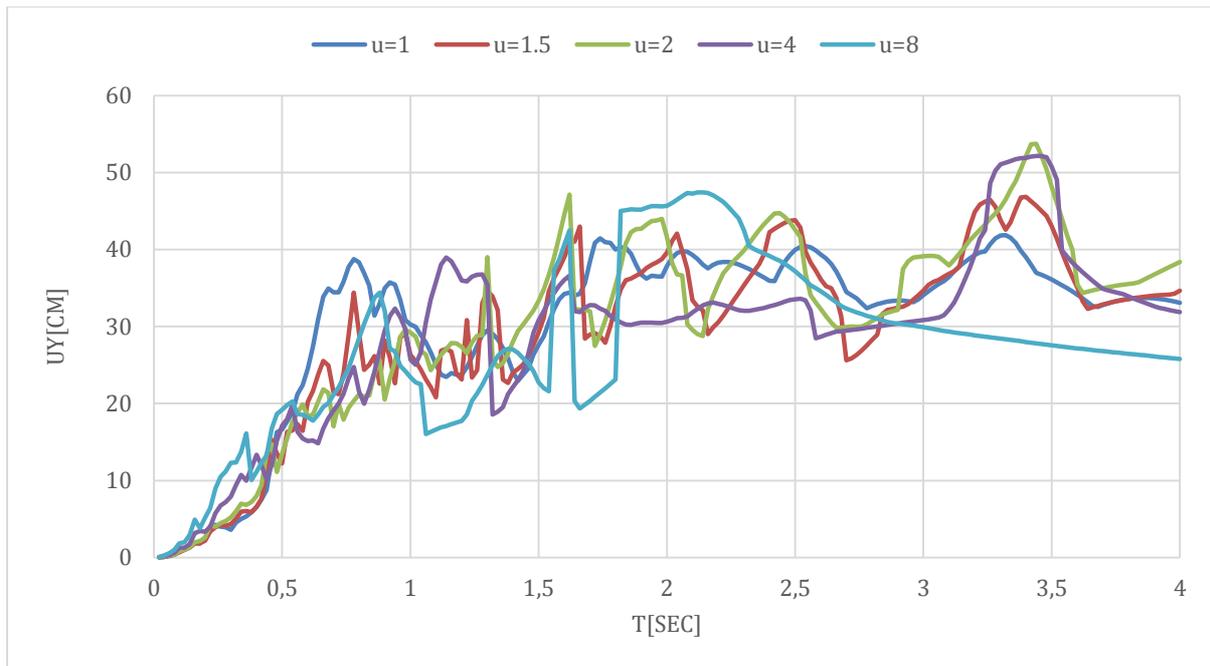


Figura 129: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

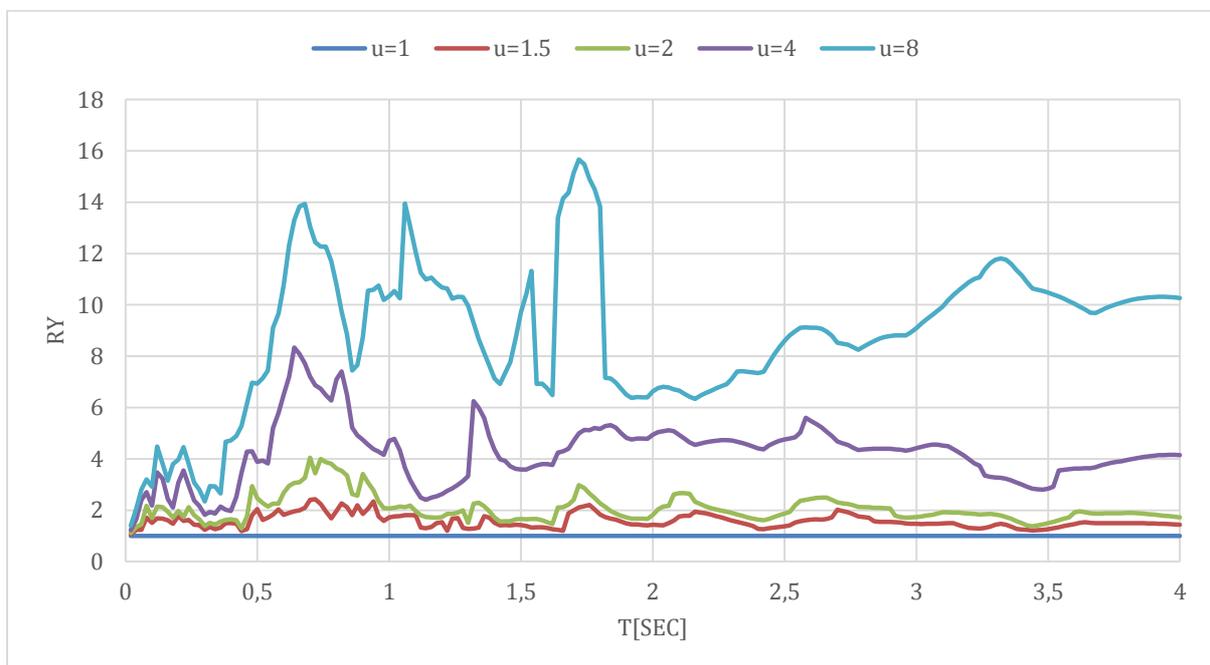


Figura 130: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

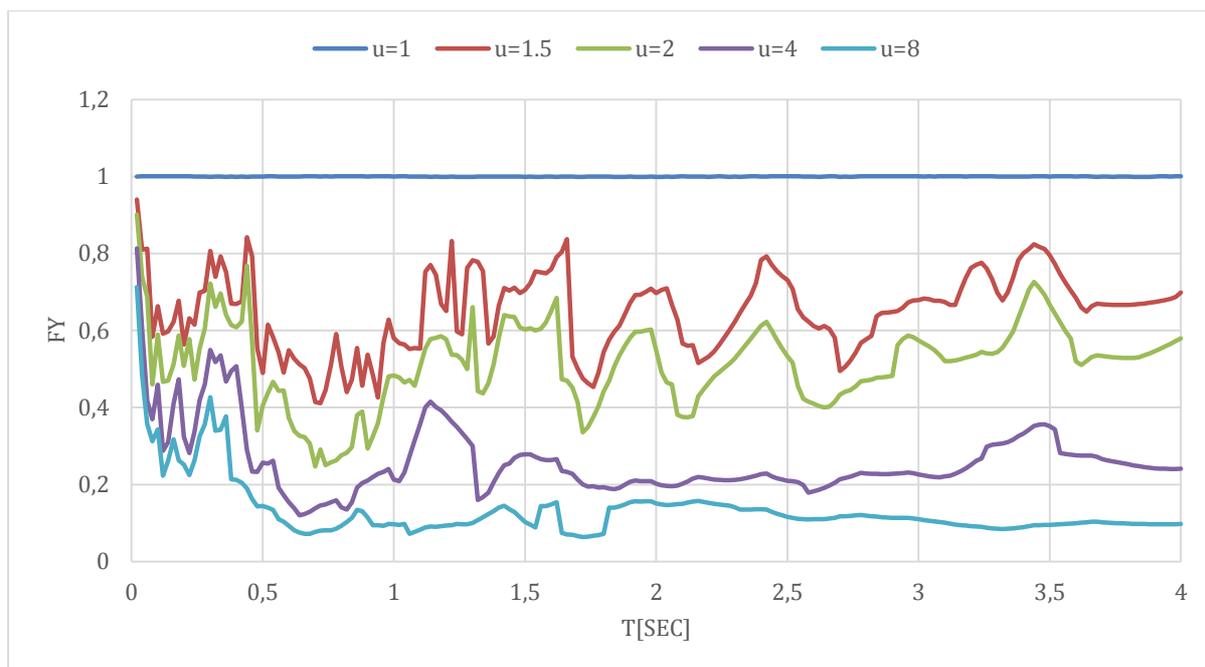


Figura 131: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

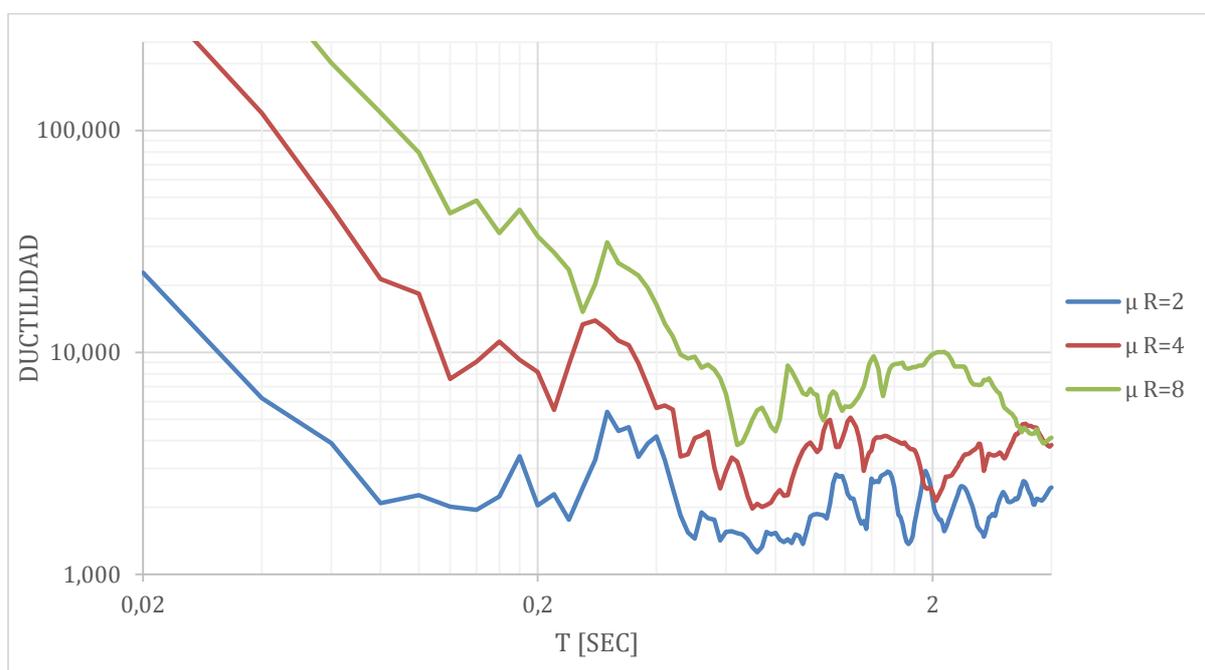


Figura 132: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Pedernales APED E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componete Norte Sur.

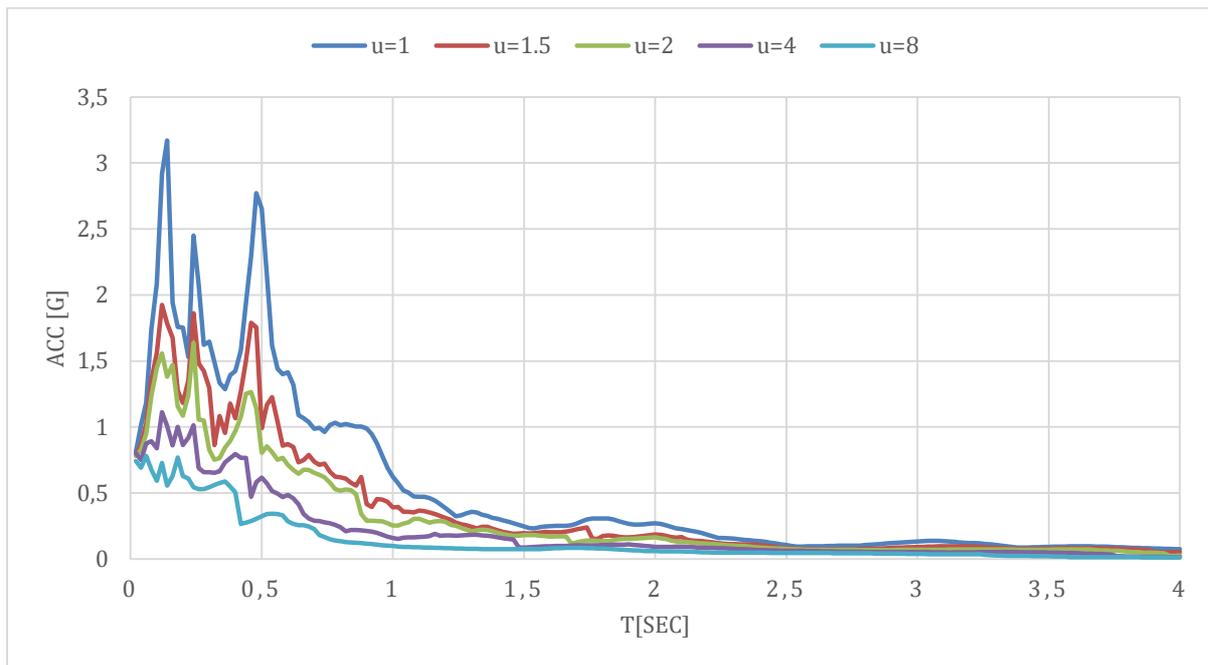


Figura 133: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

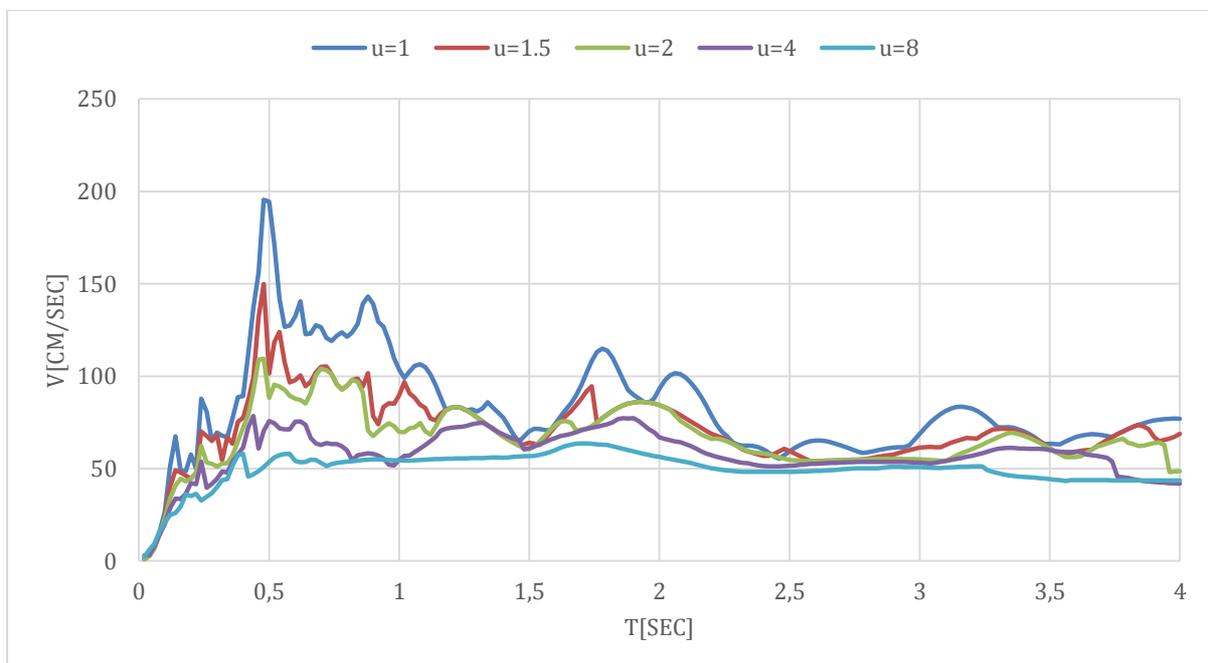


Figura 134: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

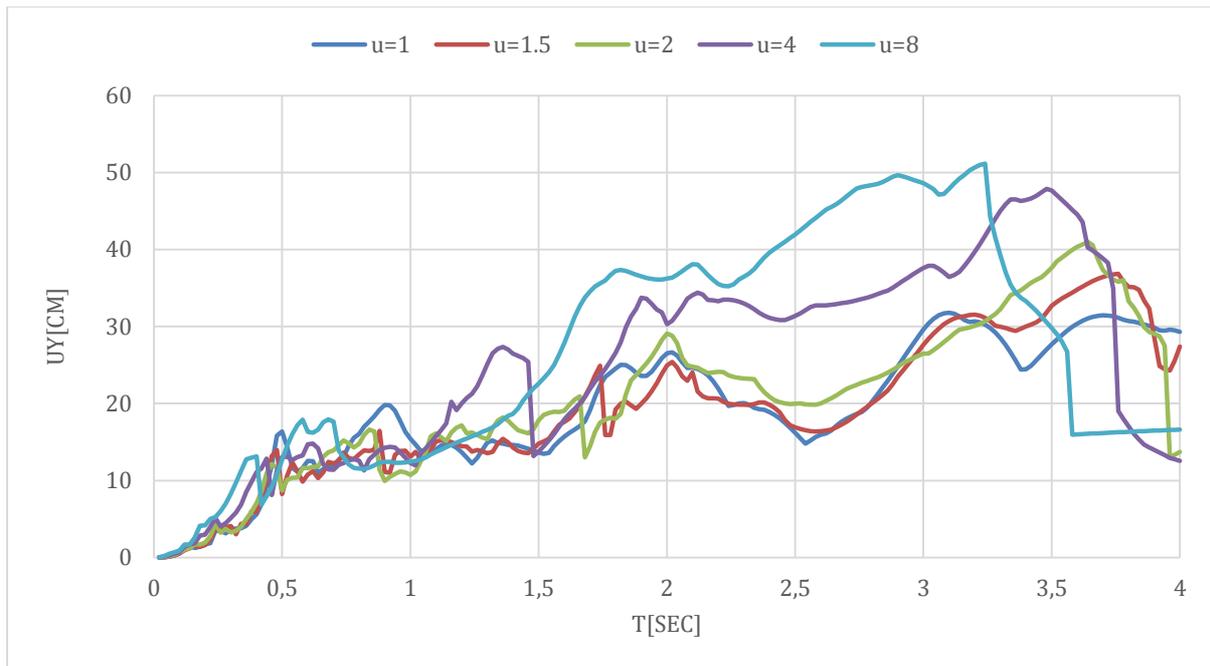


Figura 135: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

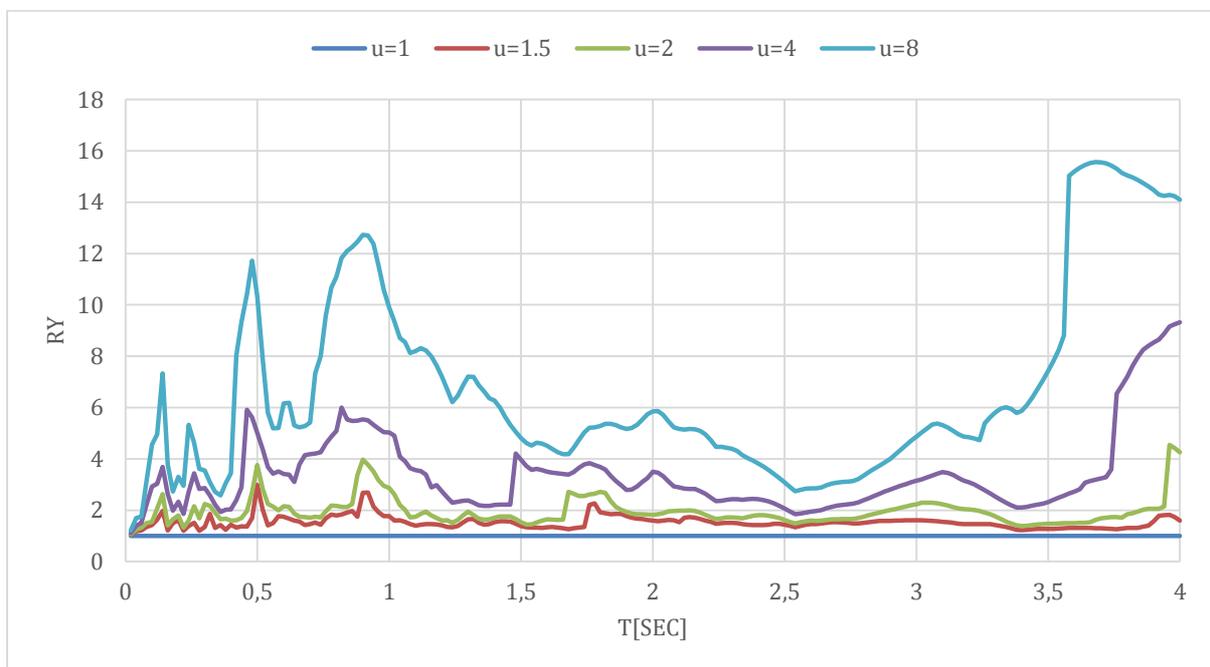


Figura 136: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

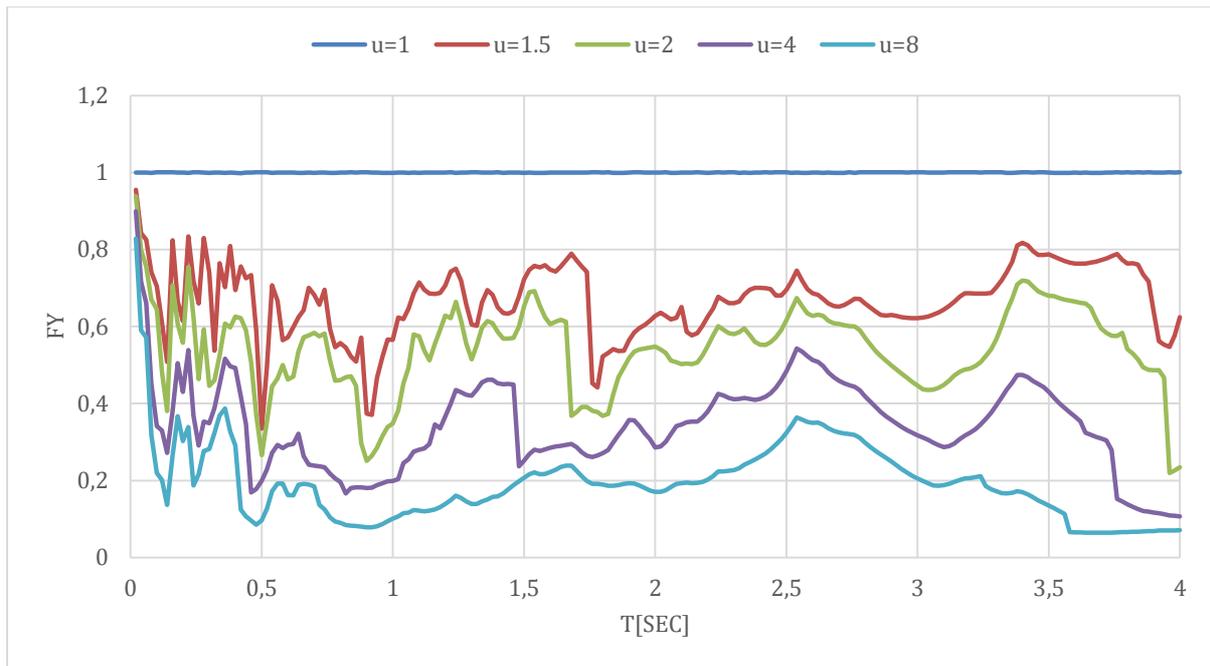


Figura 137: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

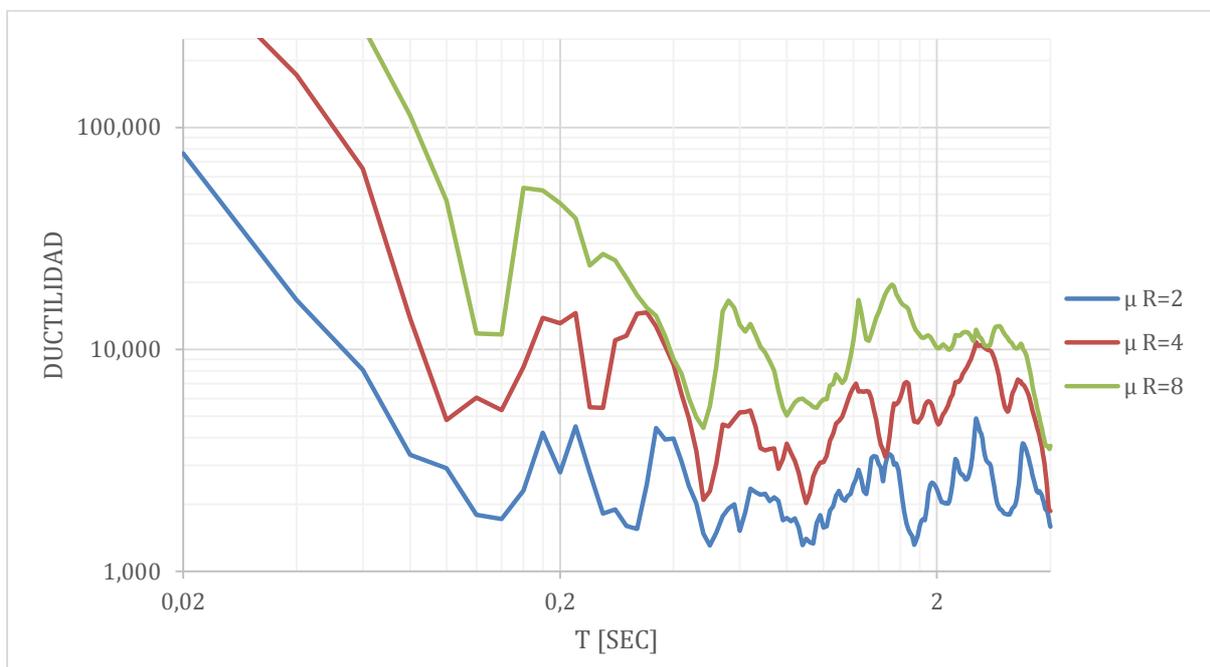


Figura 138: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Pedernales APED N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z

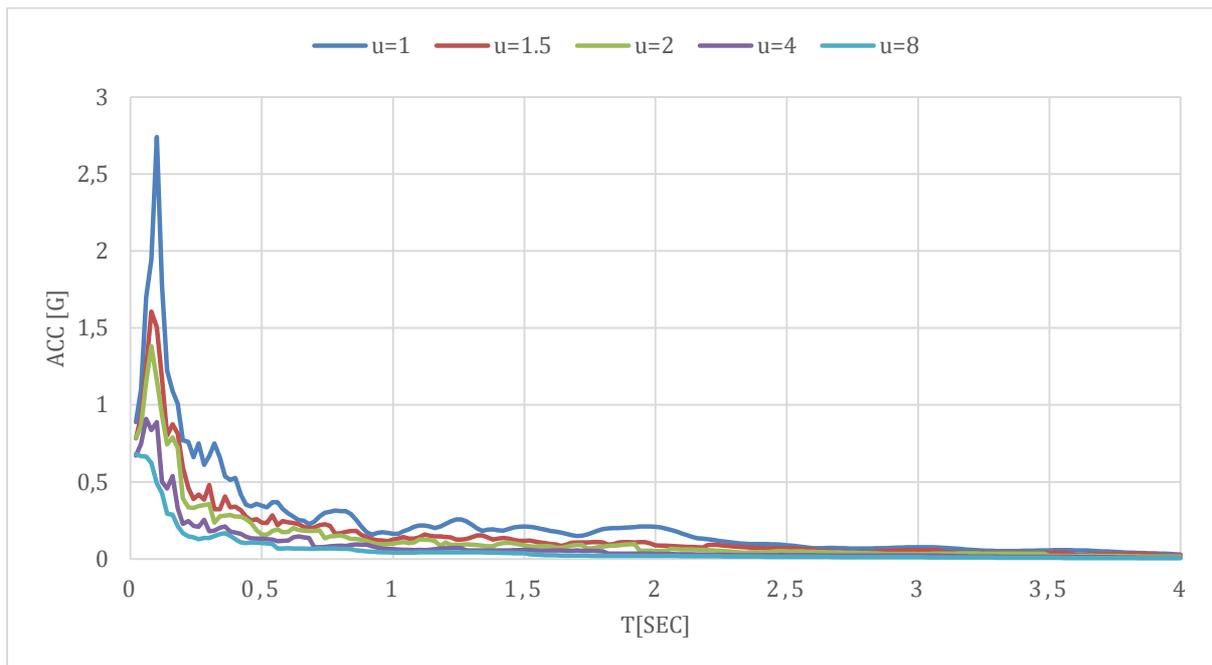


Figura 139: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

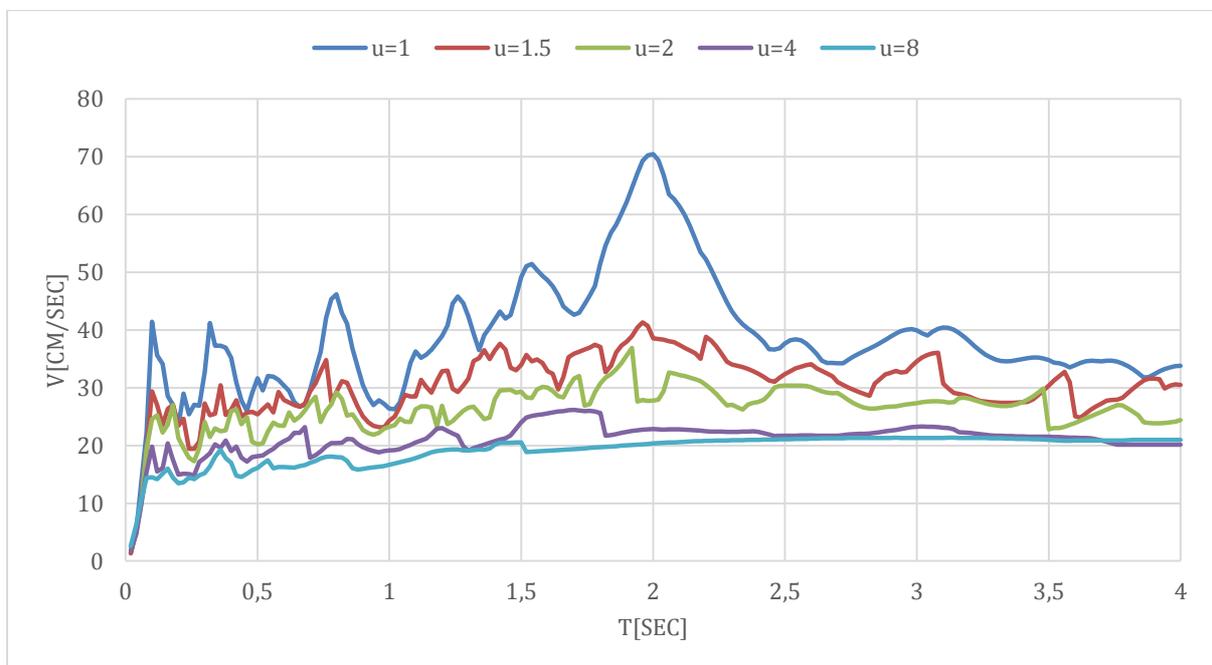


Figura 140: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

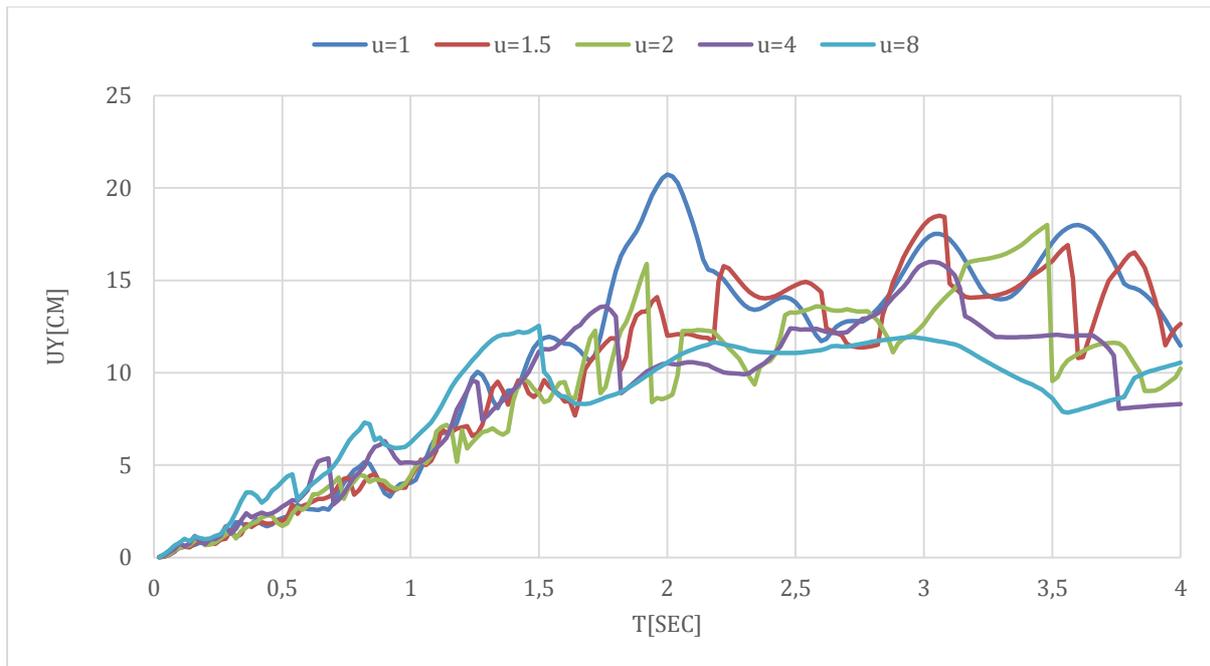


Figura 141: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

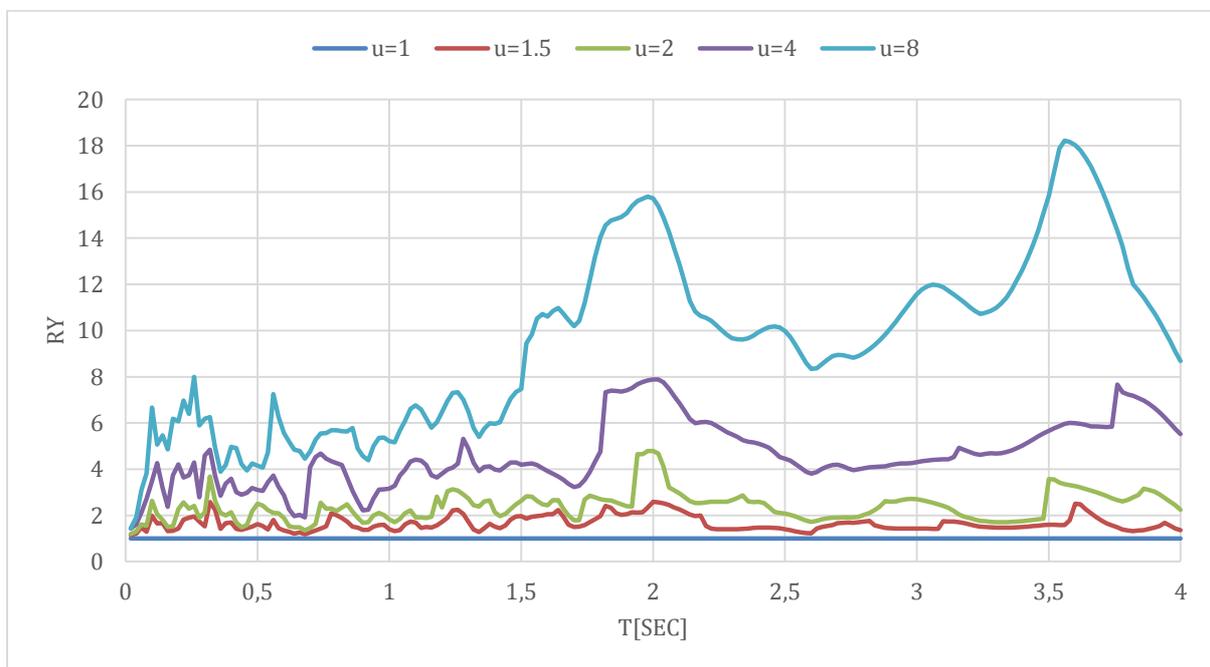


Figura 142: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

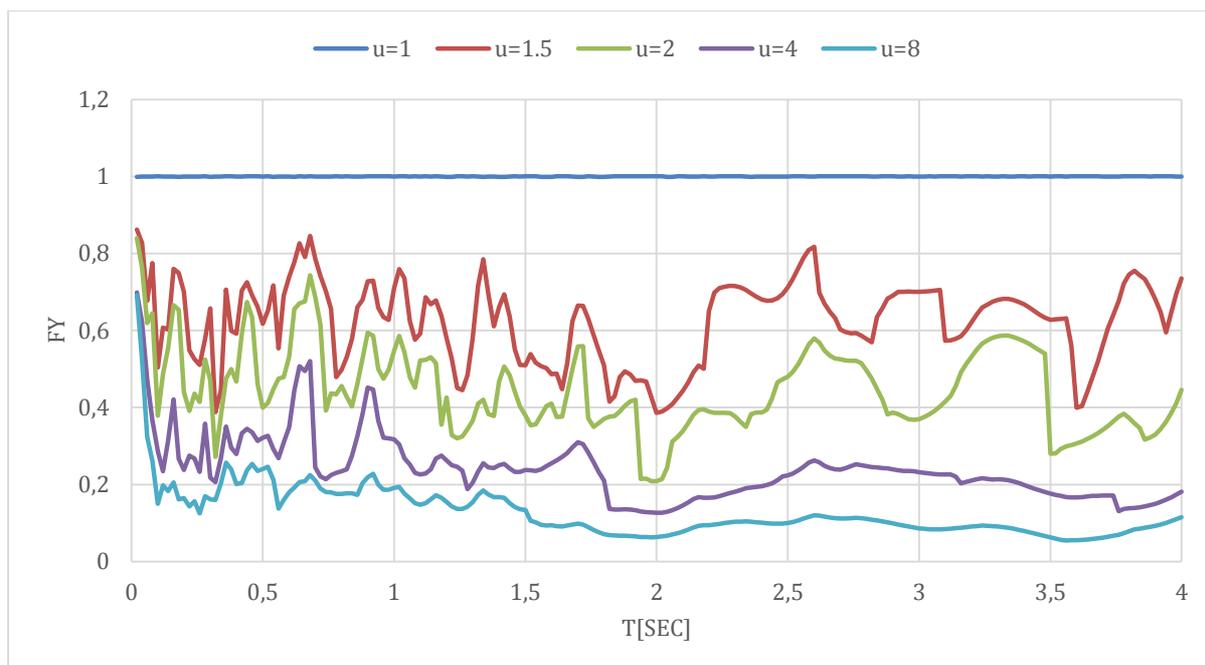


Figura 143: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

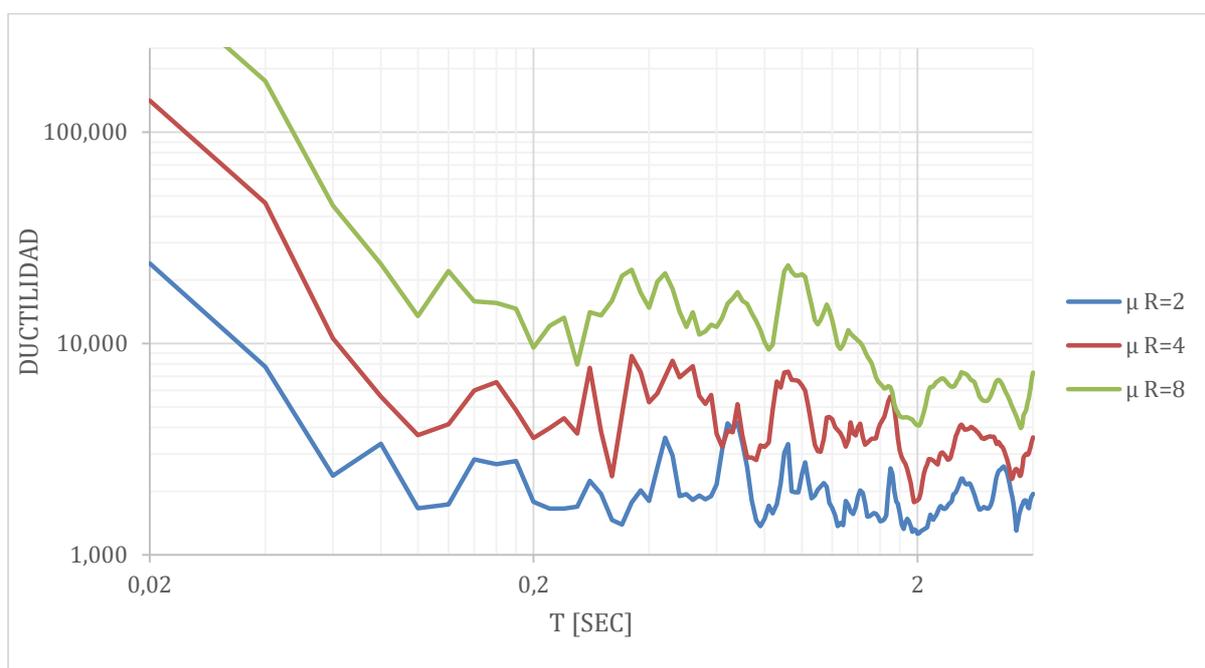


Figura 144: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Pedernales APED Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Portoviejo APO1

Componente Este Oeste.

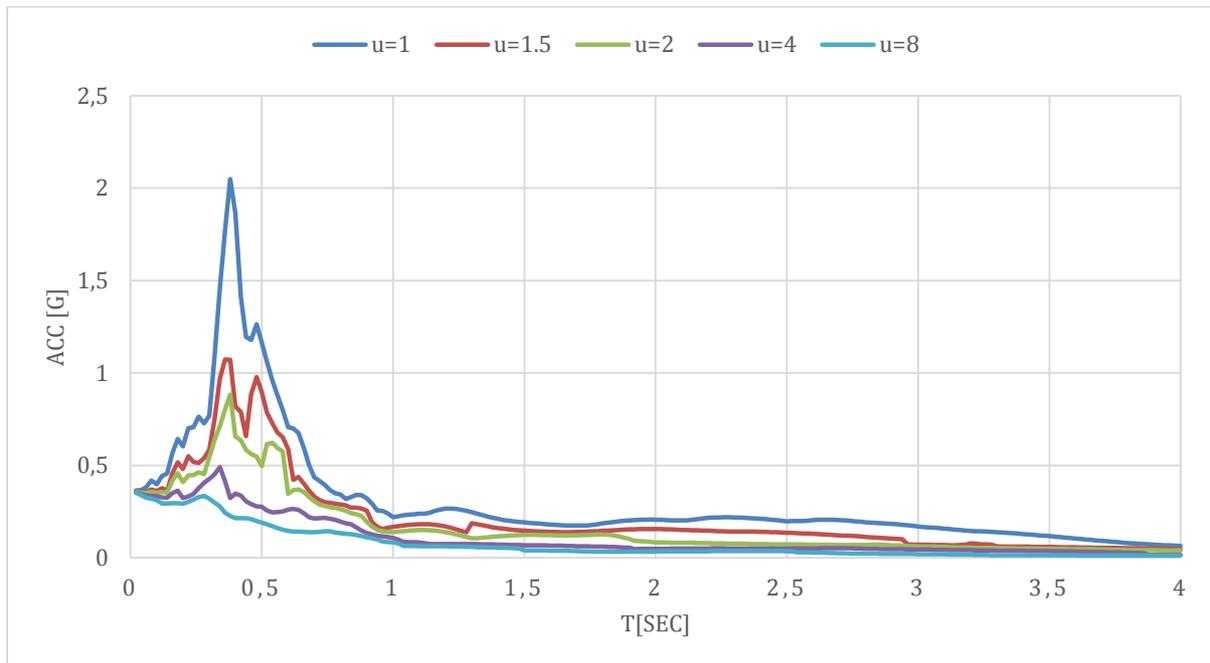


Figura 145: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

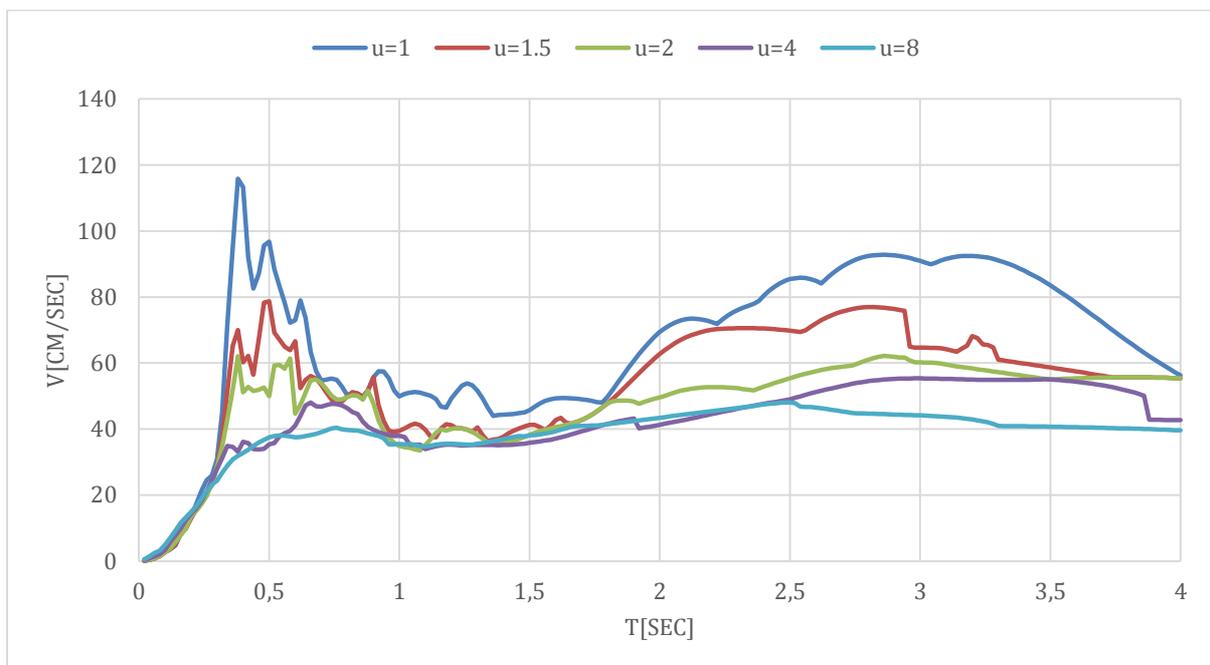


Figura 146: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

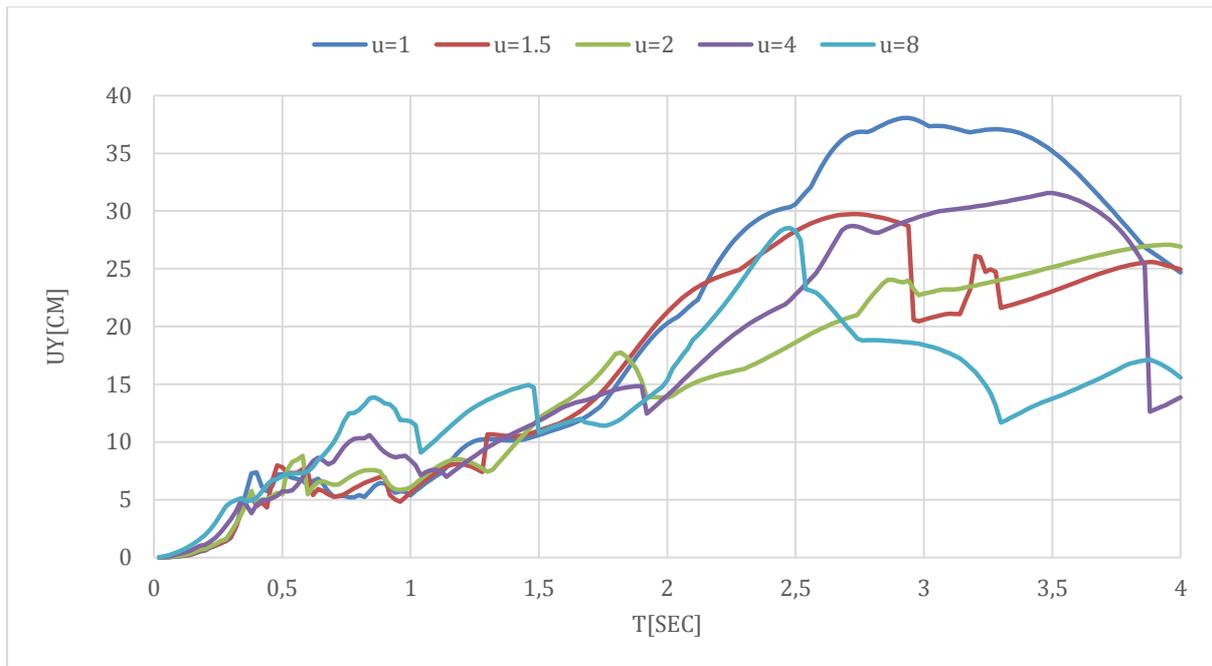


Figura 147: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

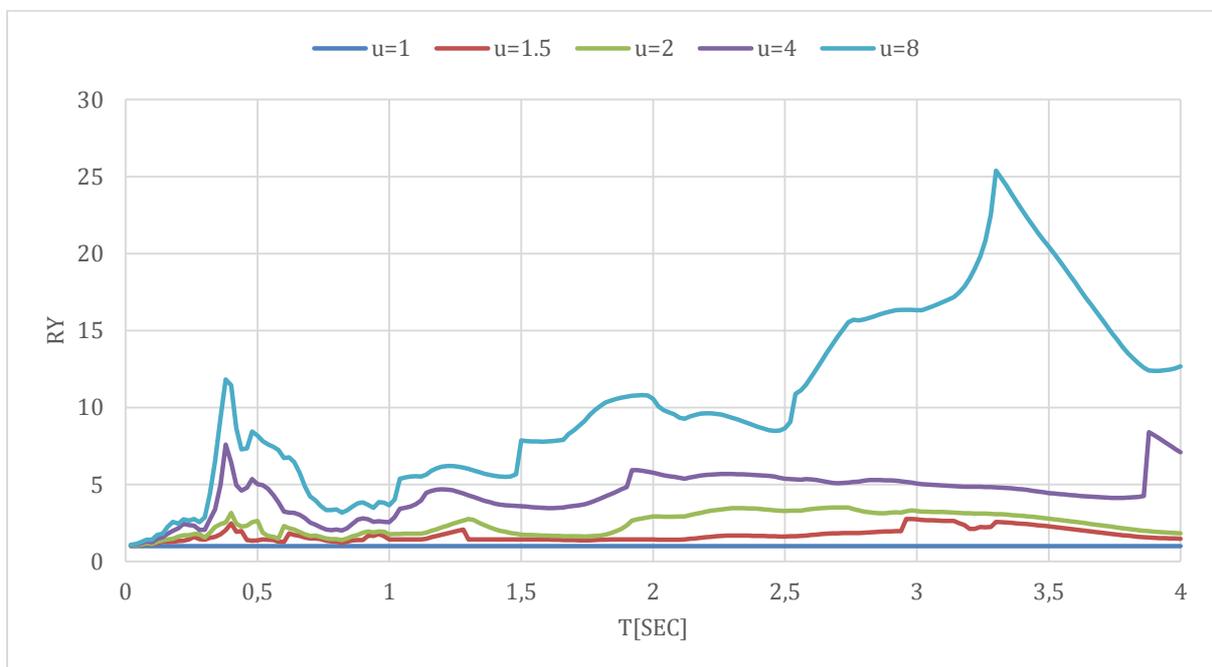


Figura 148: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

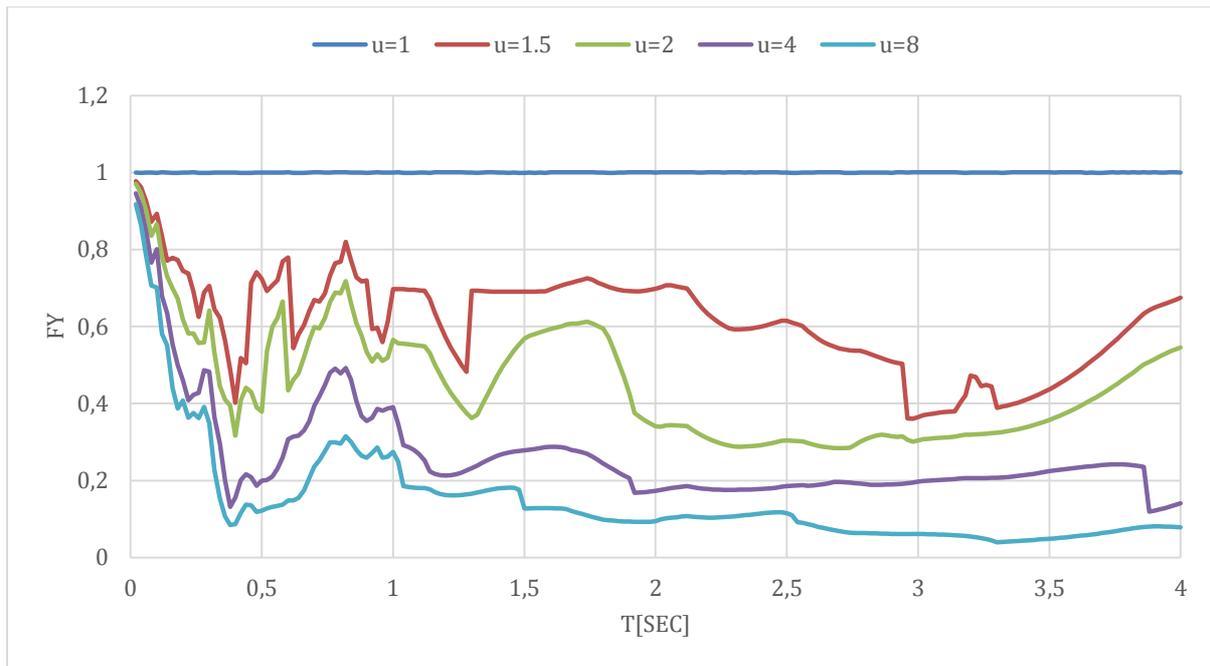


Figura 149: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

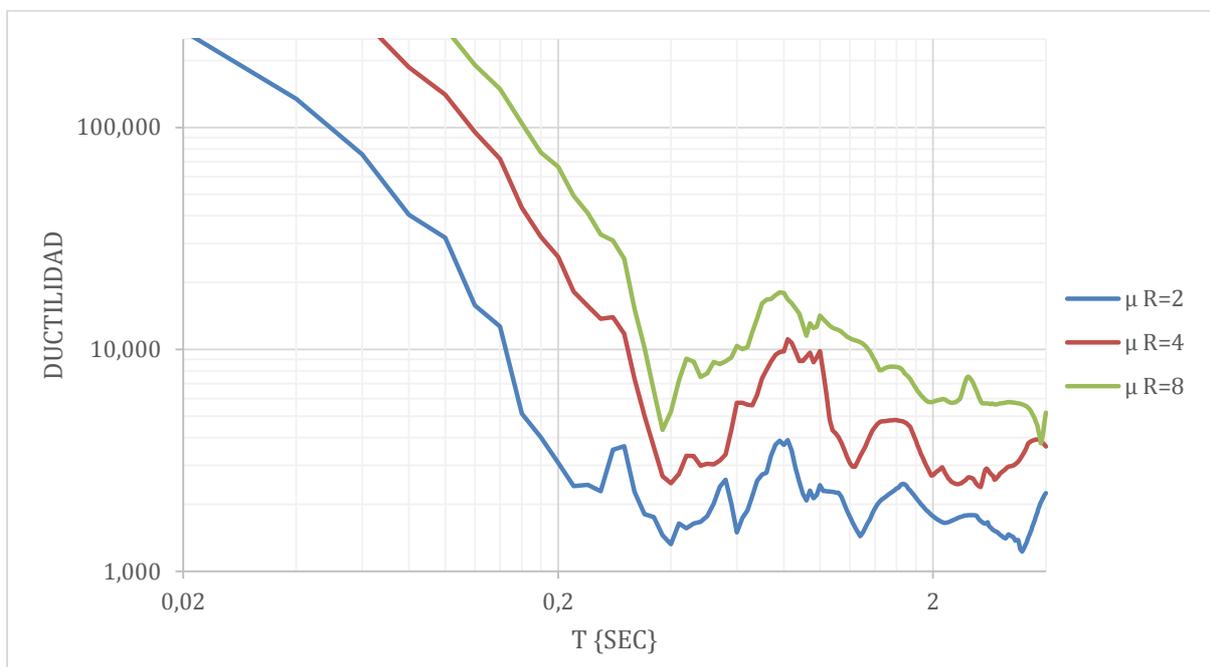


Figura 150: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Portoviejo APO1 E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur

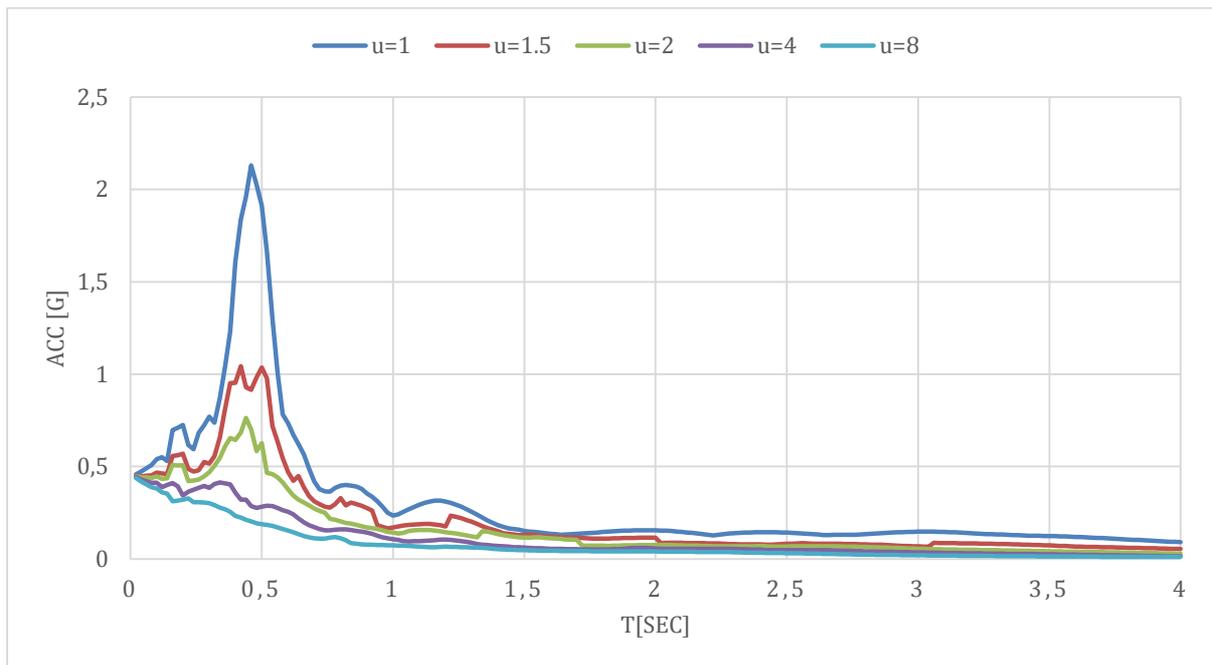


Figura 151: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

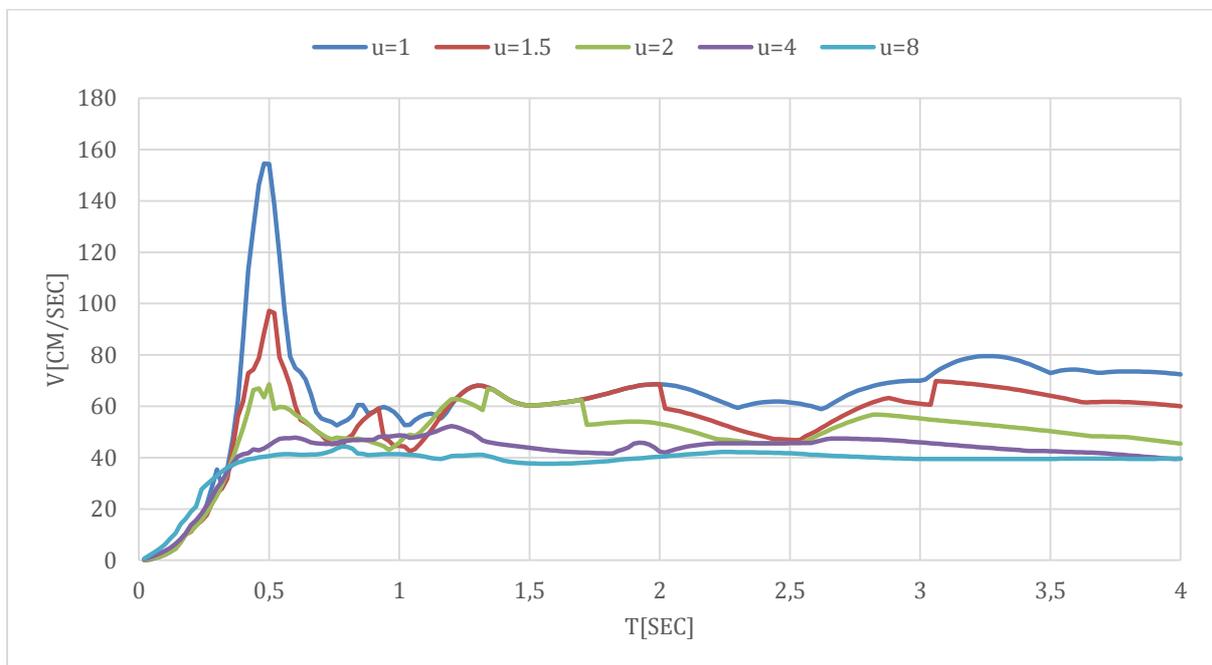


Figura 152: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

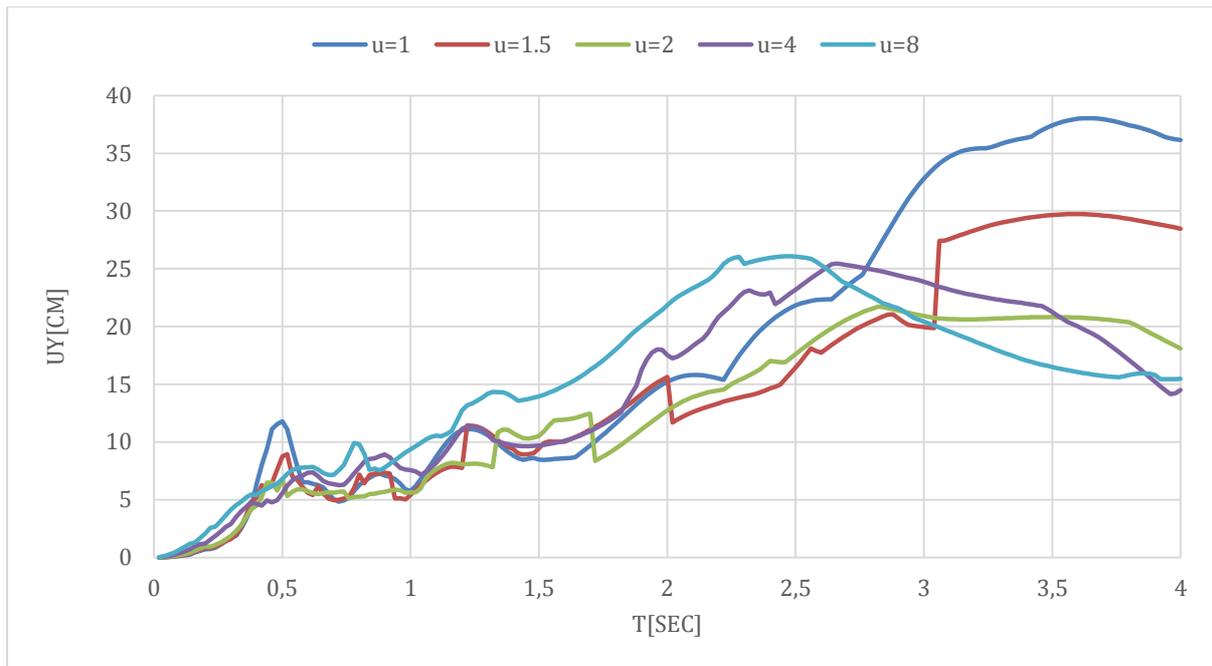


Figura 153: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

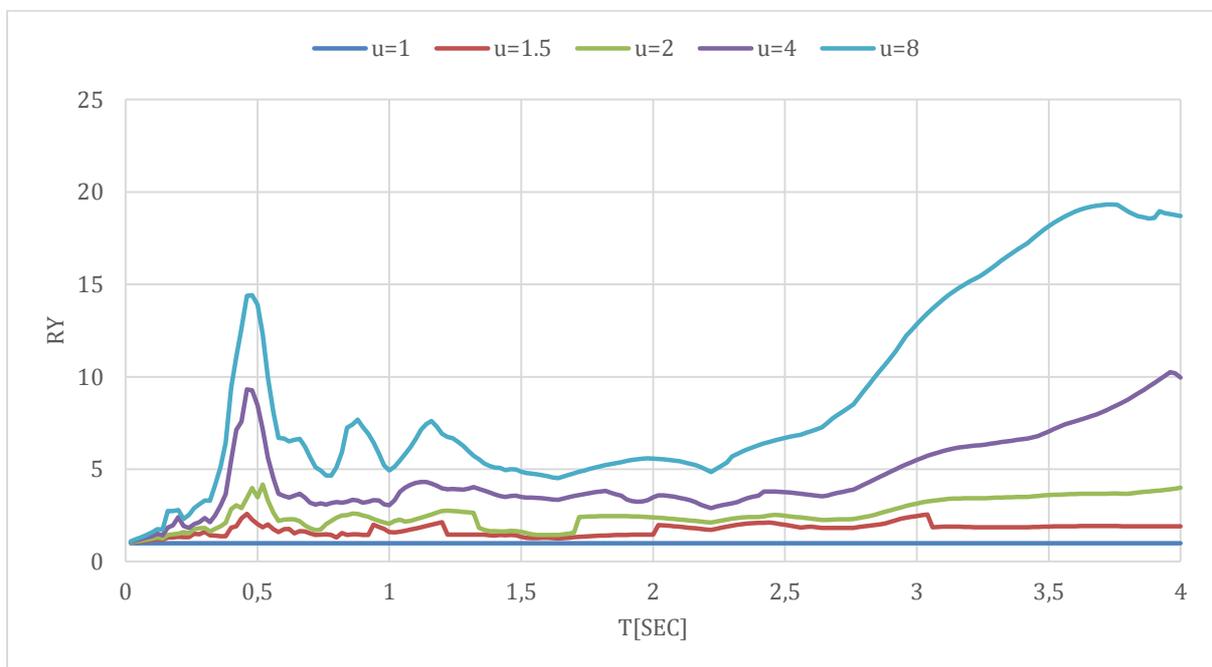


Figura 154: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

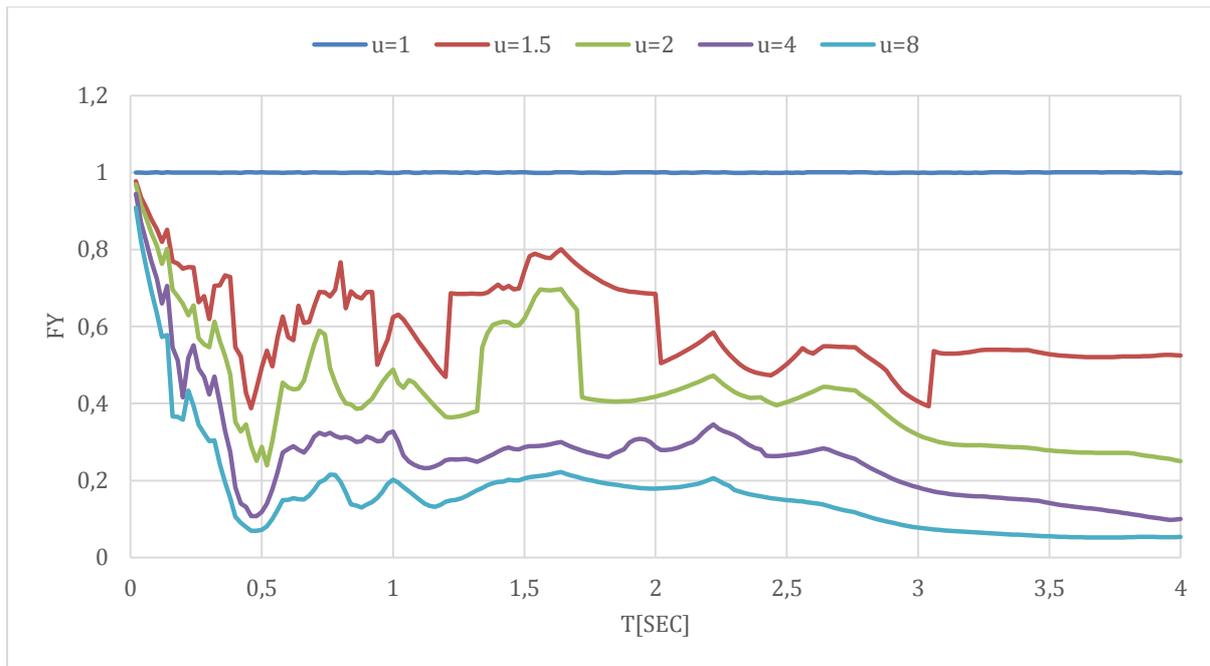


Figura 155: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

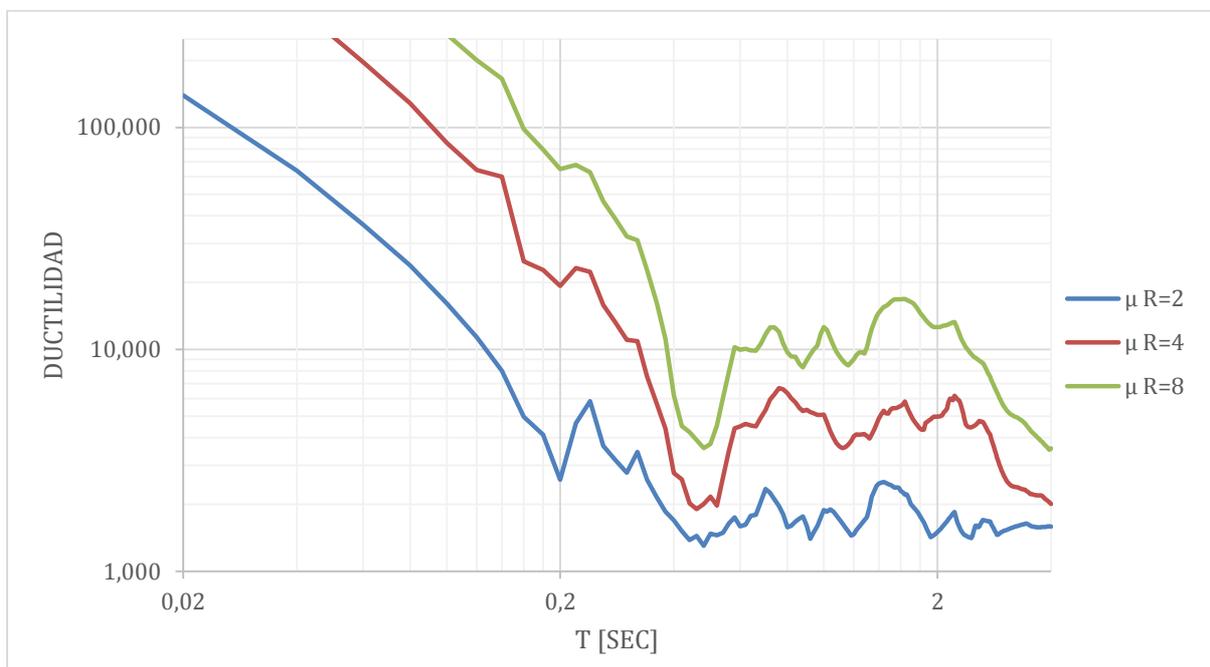


Figura 156: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Portoviejo APO1 N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z.

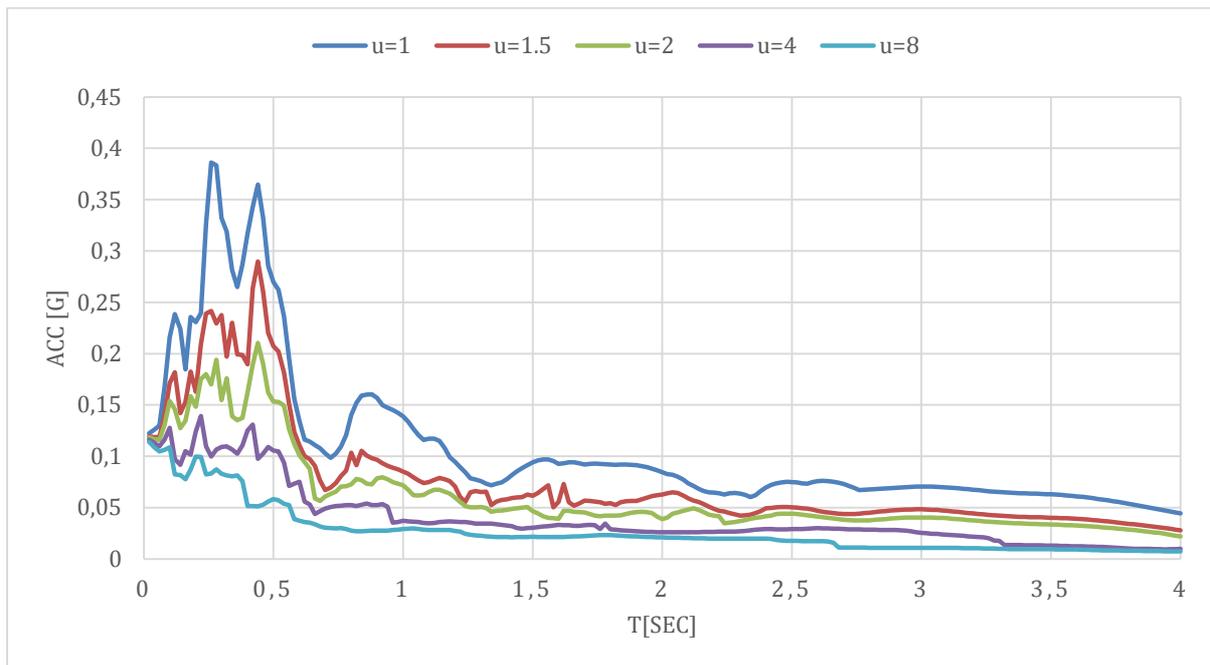


Figura 157: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

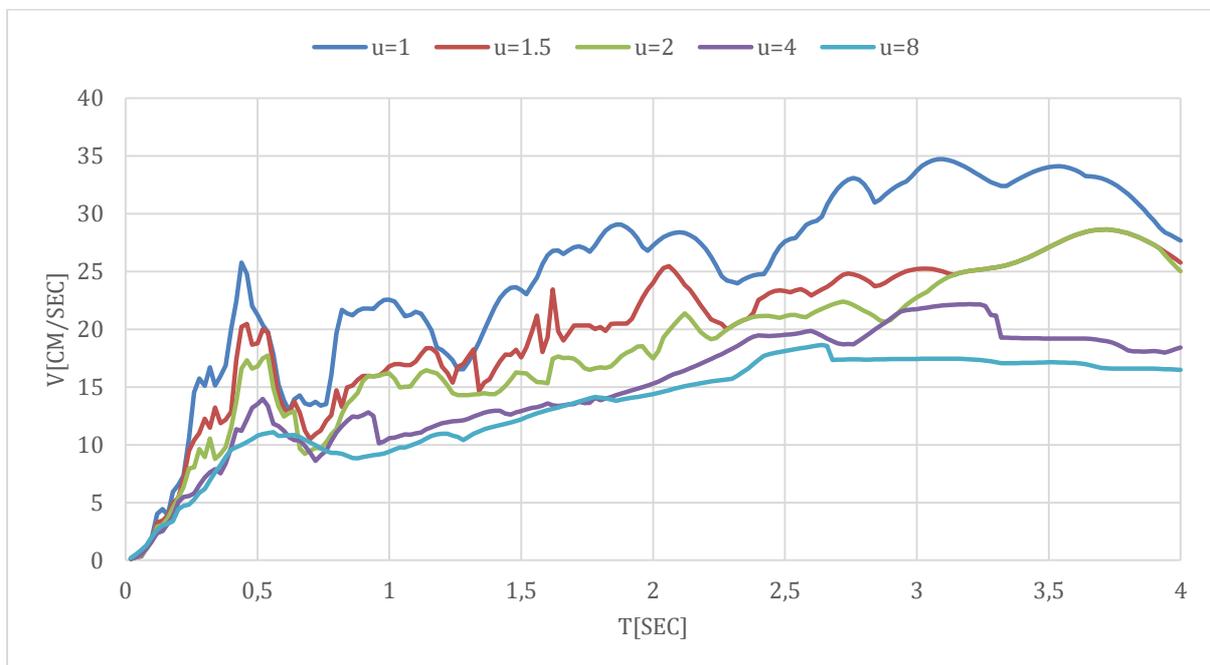


Figura 158: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

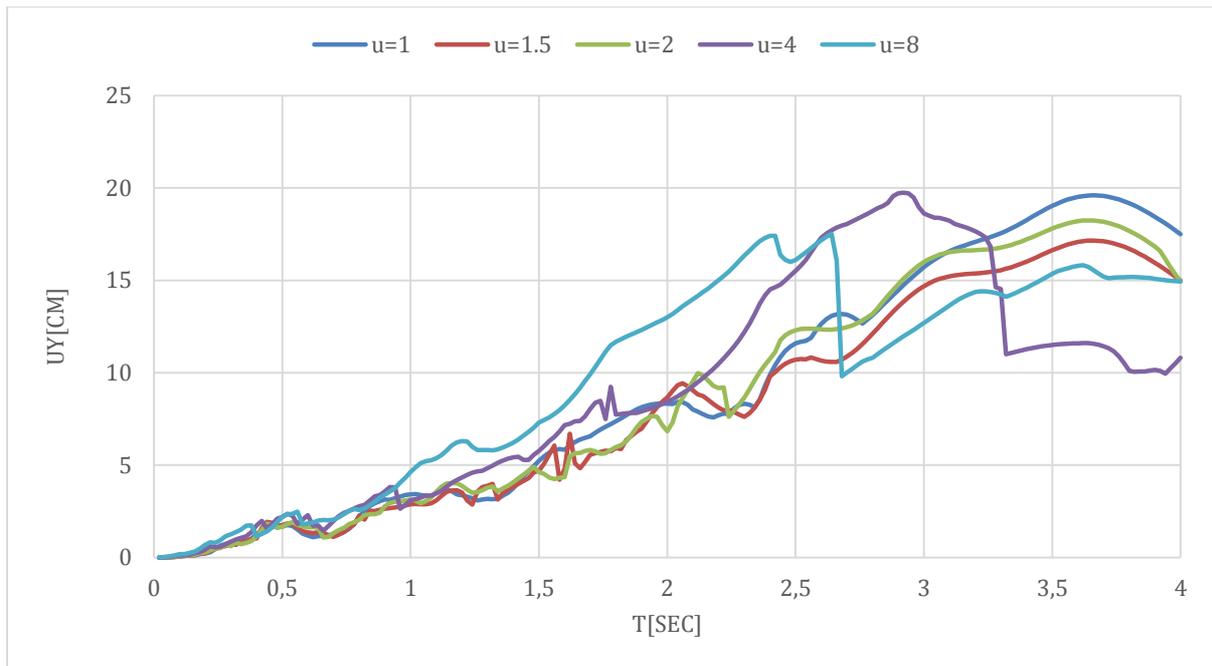


Figura 159: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

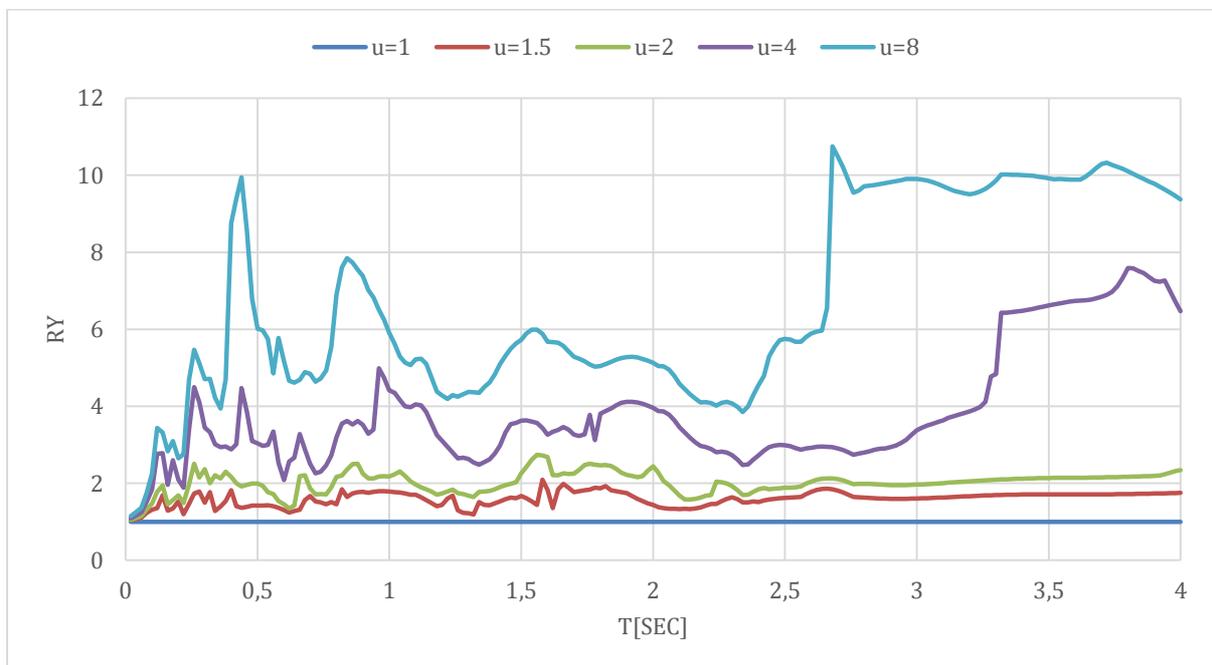


Figura 160: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

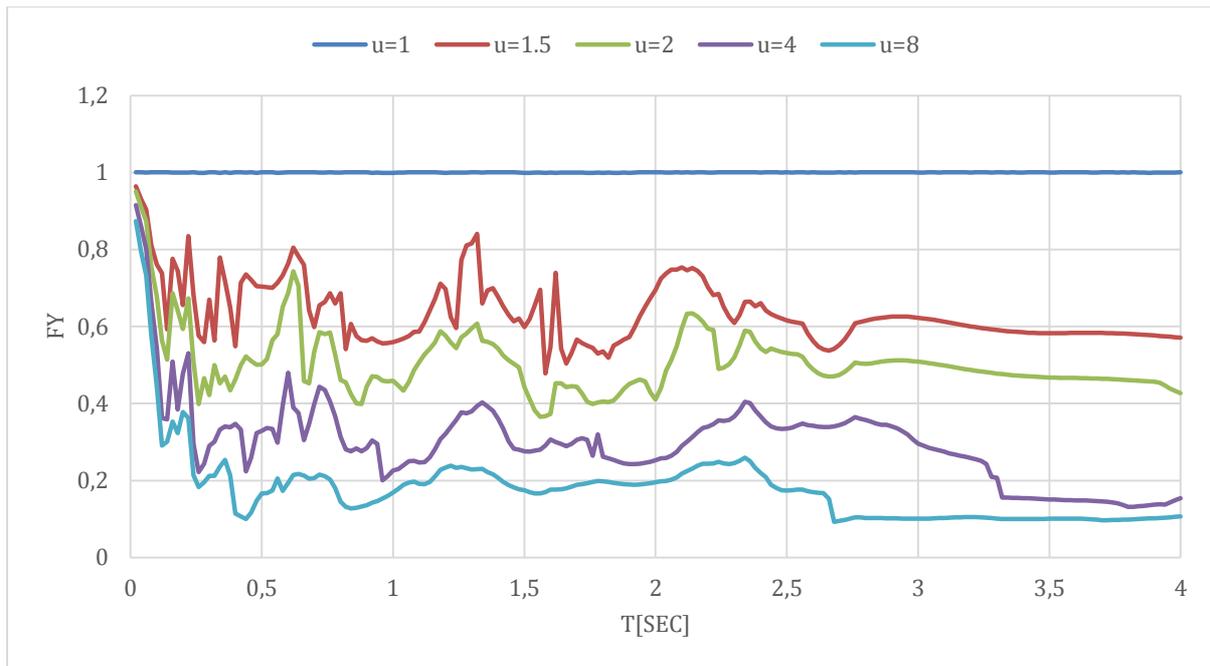


Figura 161: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

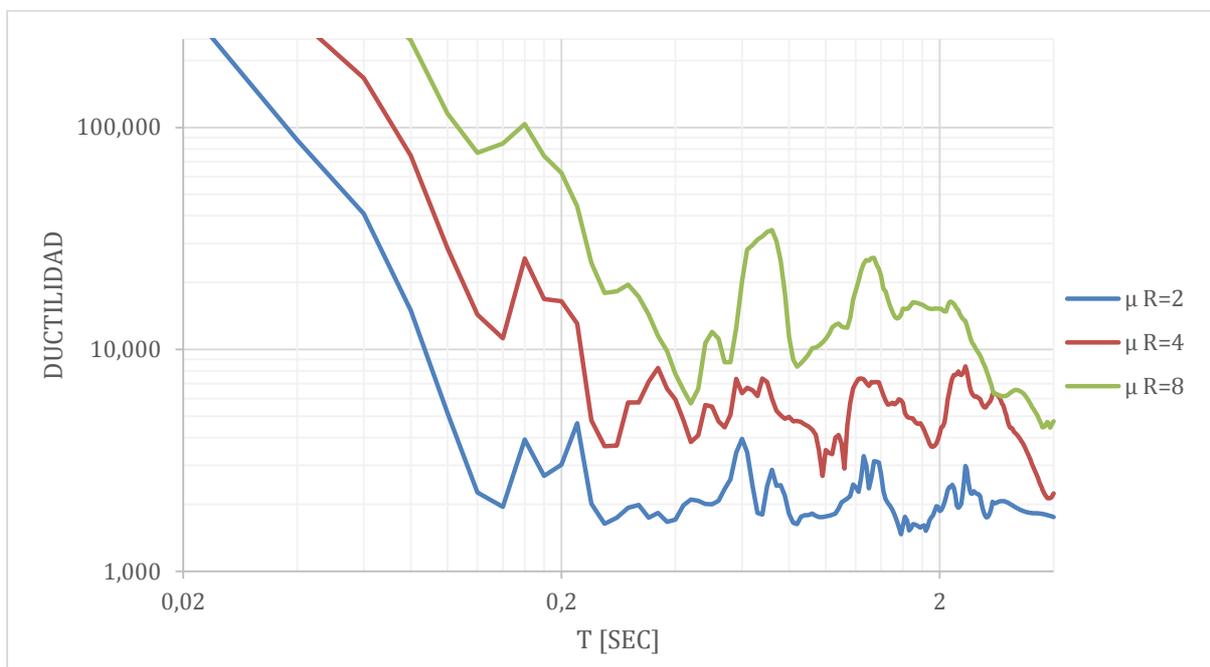


Figura 162: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Portoviejo APO1 Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Santo Domingo ASDO

Componente Este Oeste.

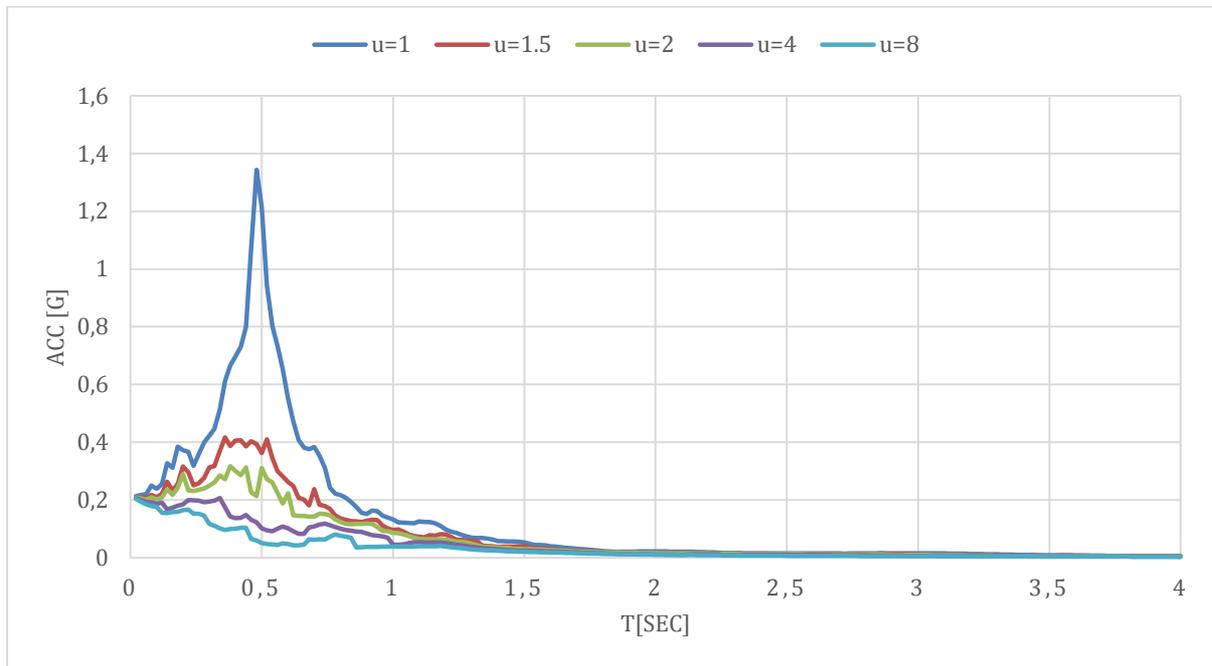


Figura 163: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

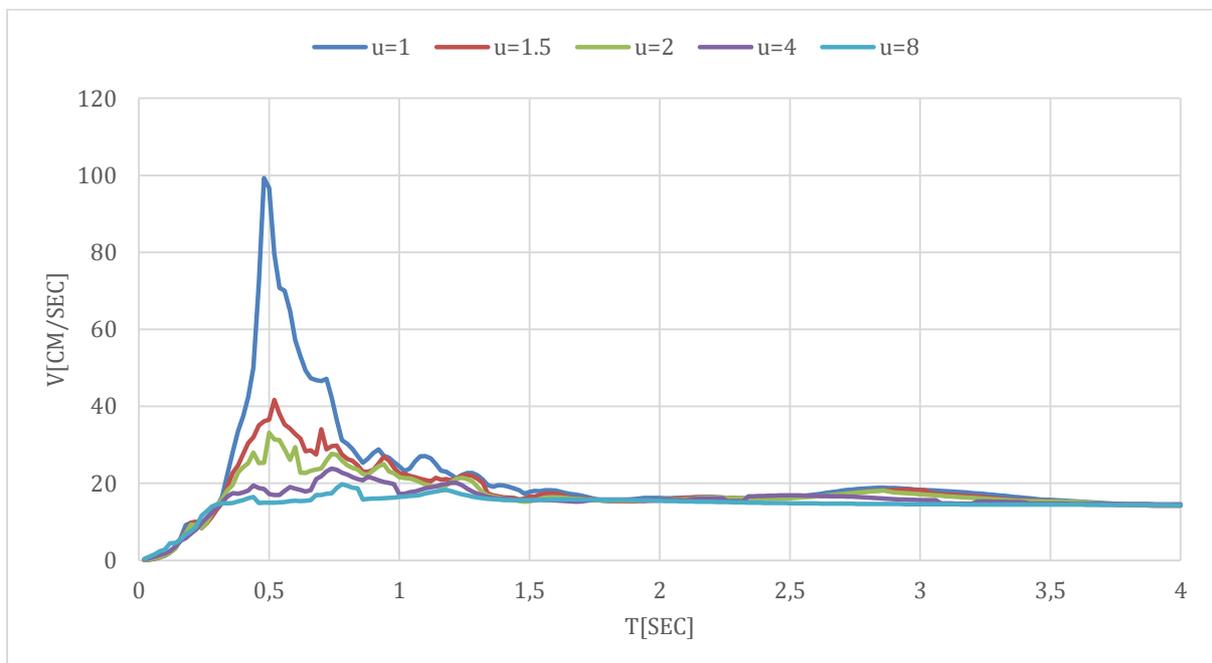


Figura 164: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

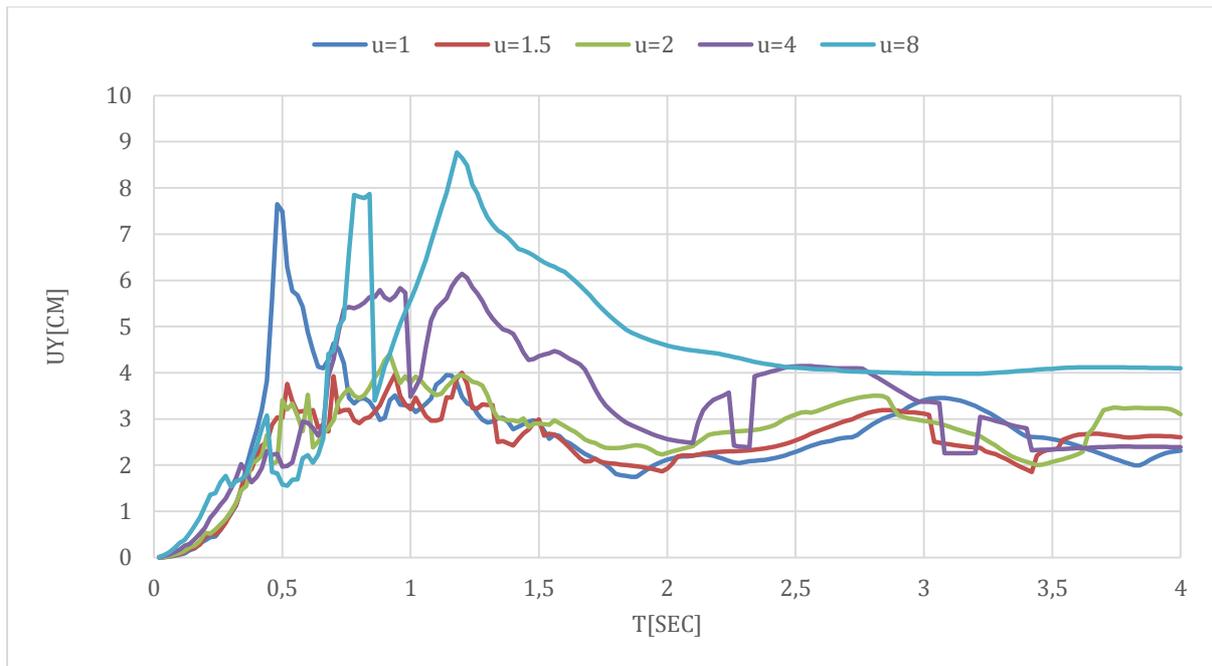


Figura 165: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

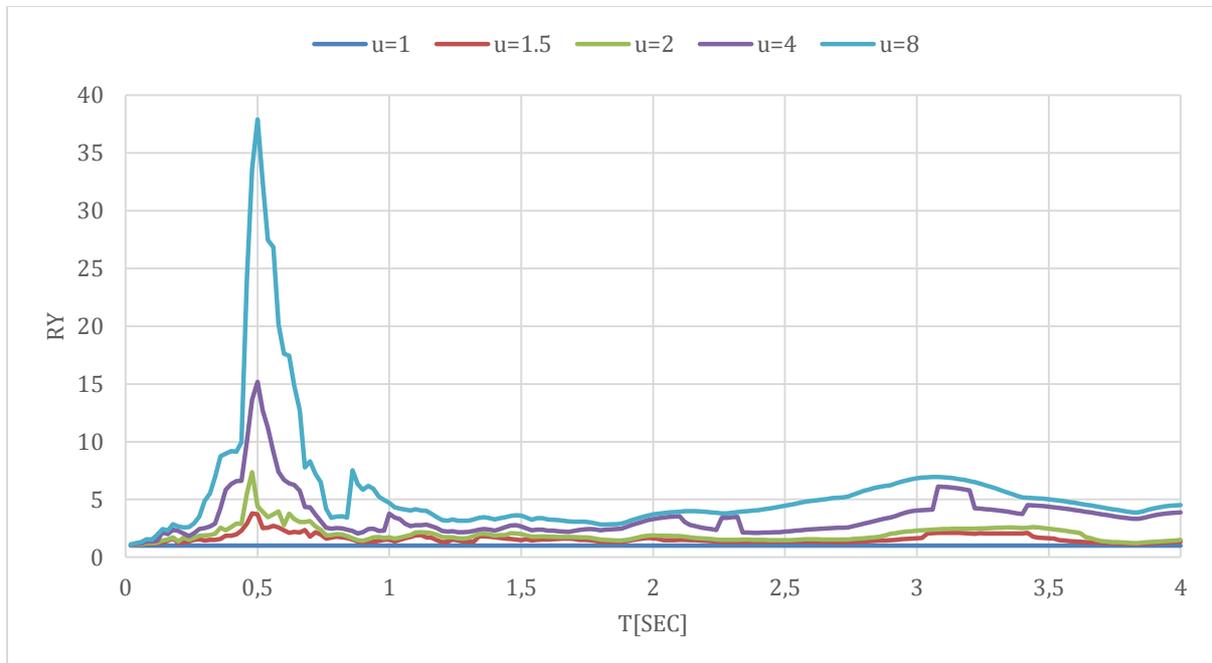


Figura 166: Espectro inelástico de respuesta de R- factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

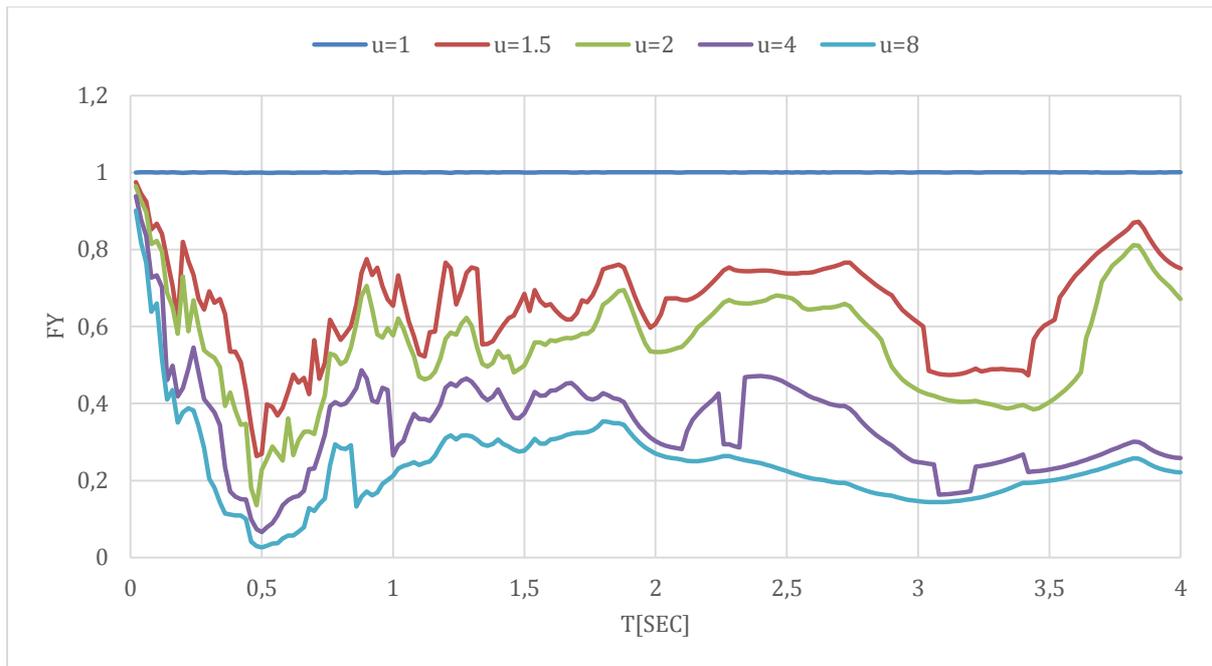


Figura 167: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

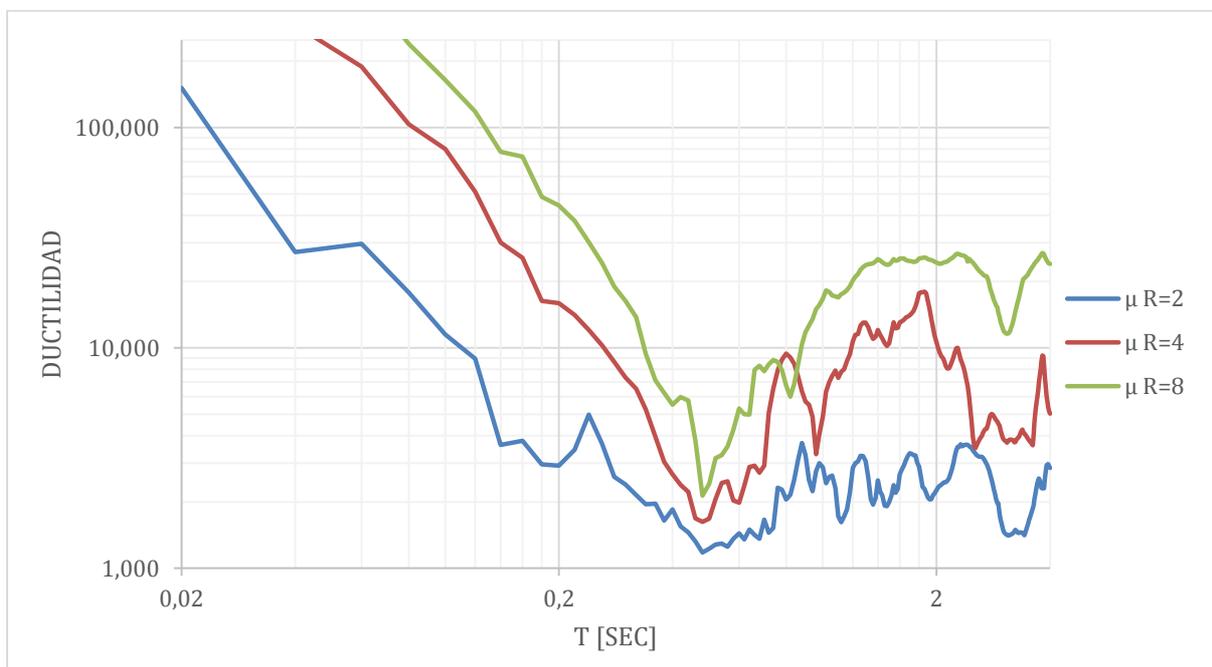


Figura 168: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Santo Domingo ASDO E del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente Norte Sur.

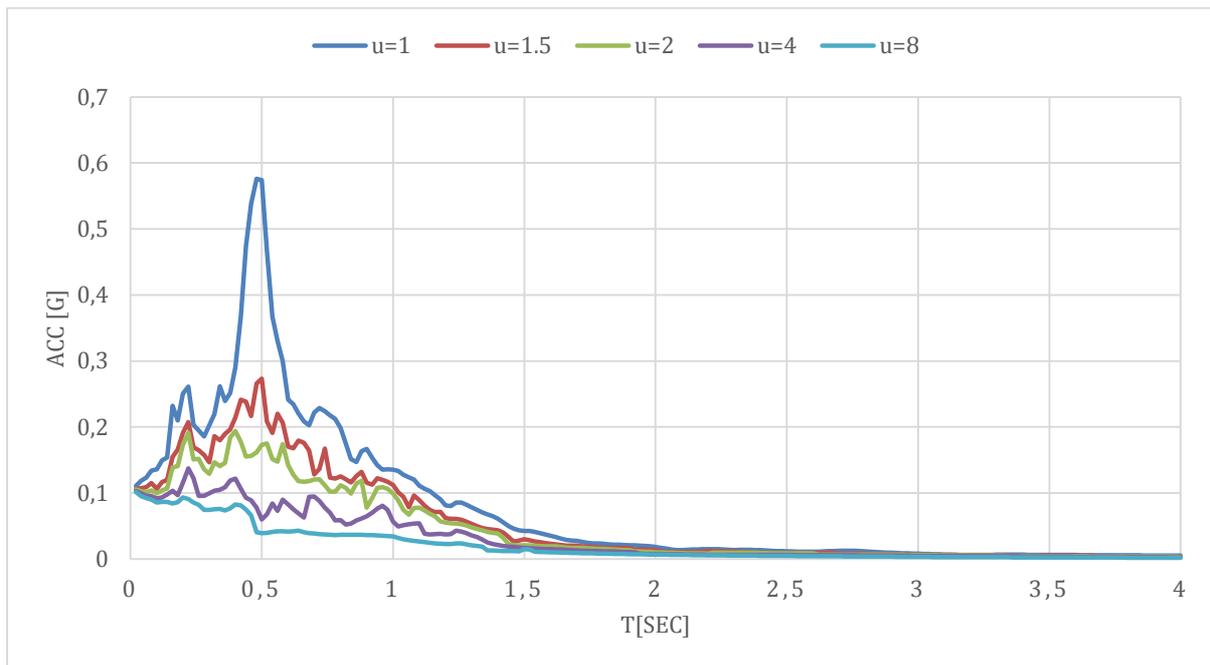


Figura 169: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

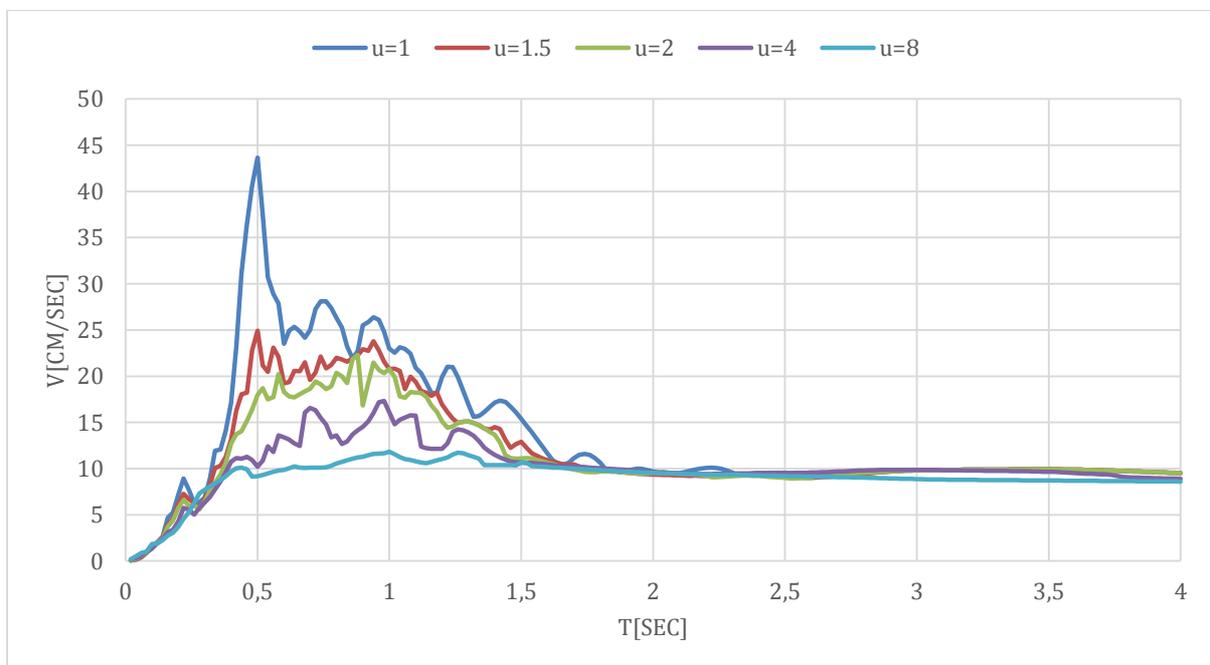


Figura 170: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

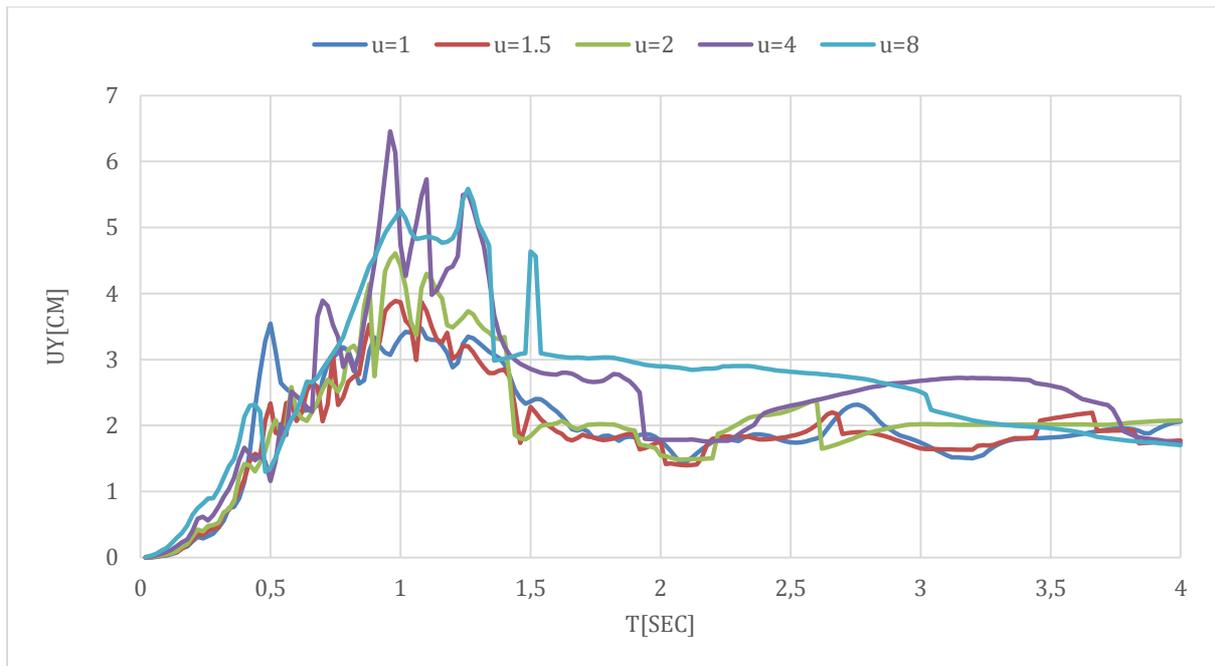


Figura 171: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

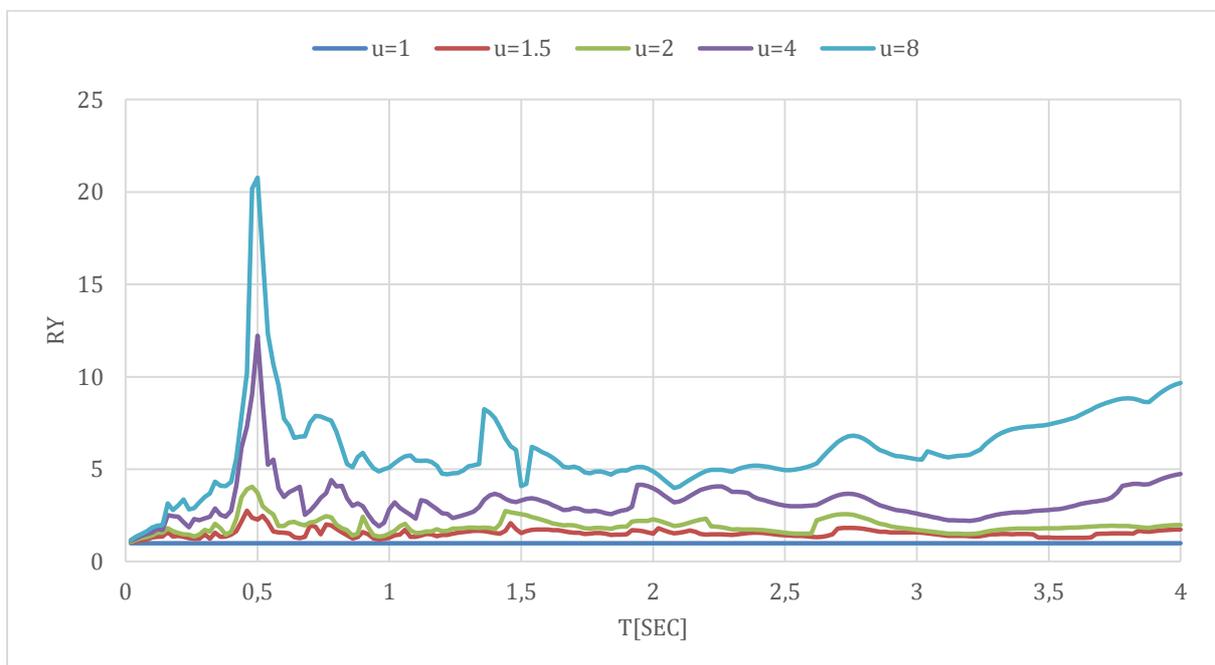


Figura 172: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

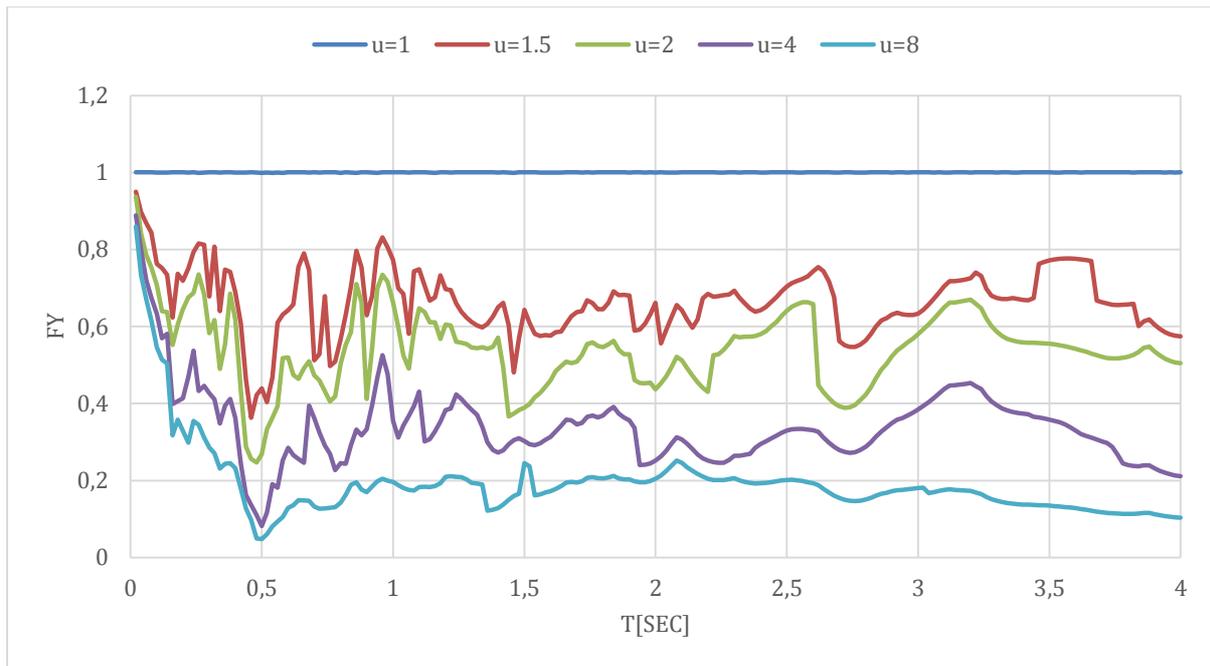


Figura 173: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

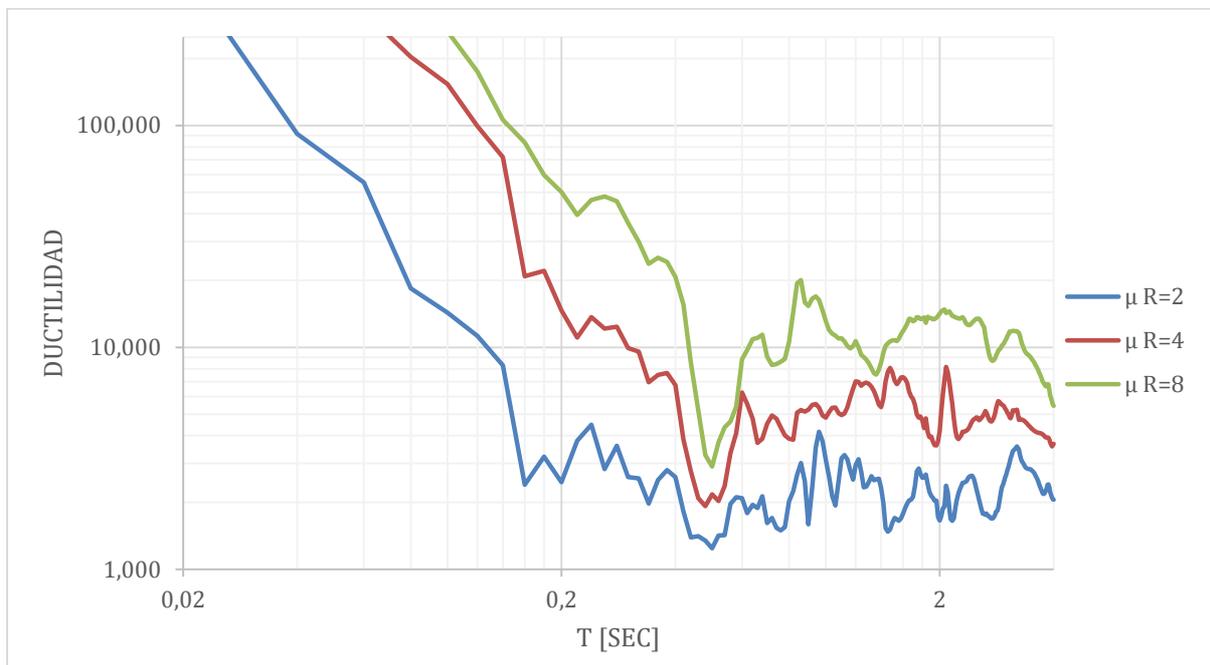


Figura 174: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Santo Domingo ASDO N del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

Componente vertical Z.

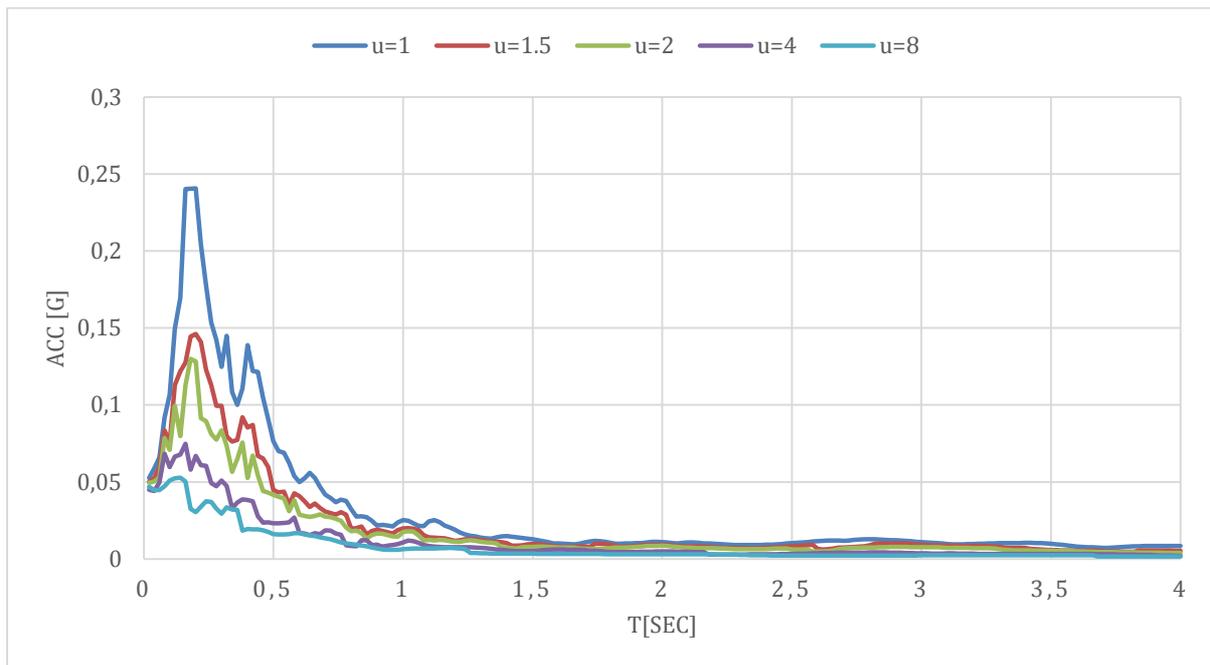


Figura 175: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

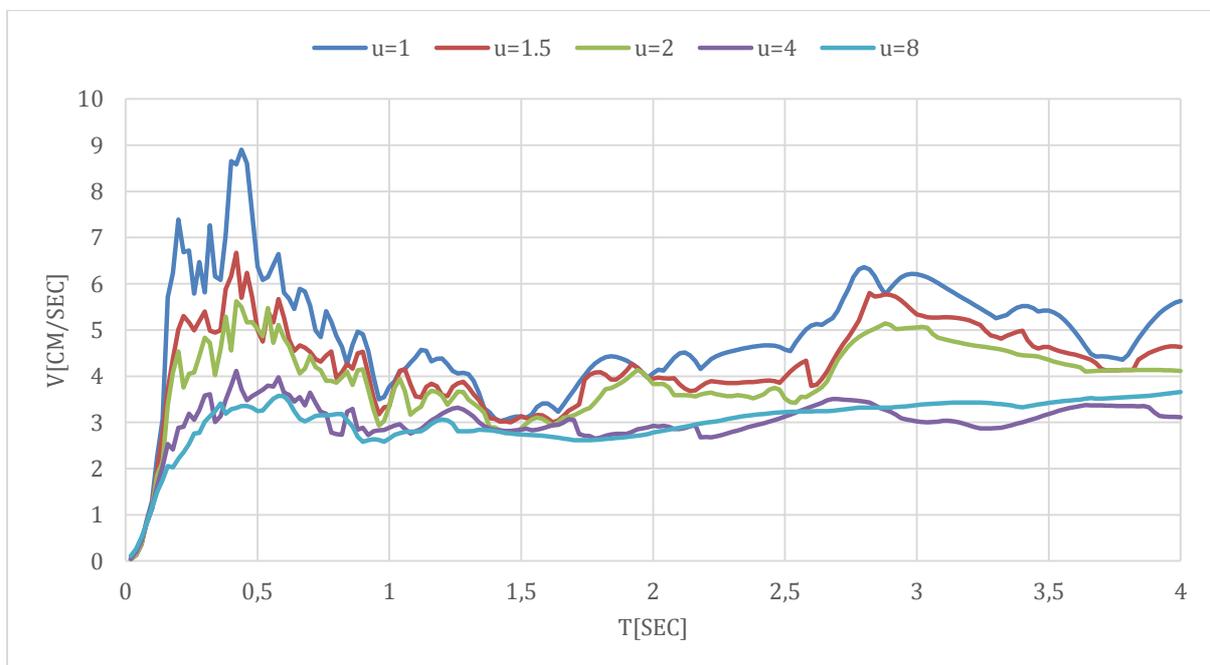


Figura 176: Espectro inelástico de respuesta de velocidad de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\xi=5\%$.

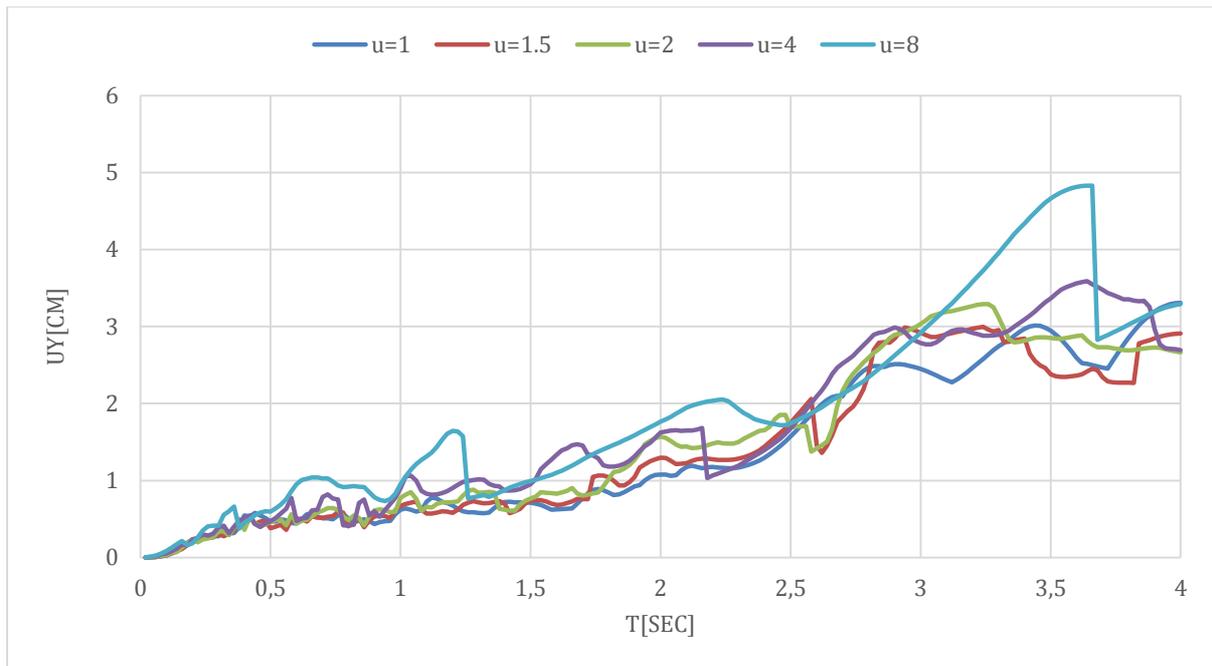


Figura 177: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

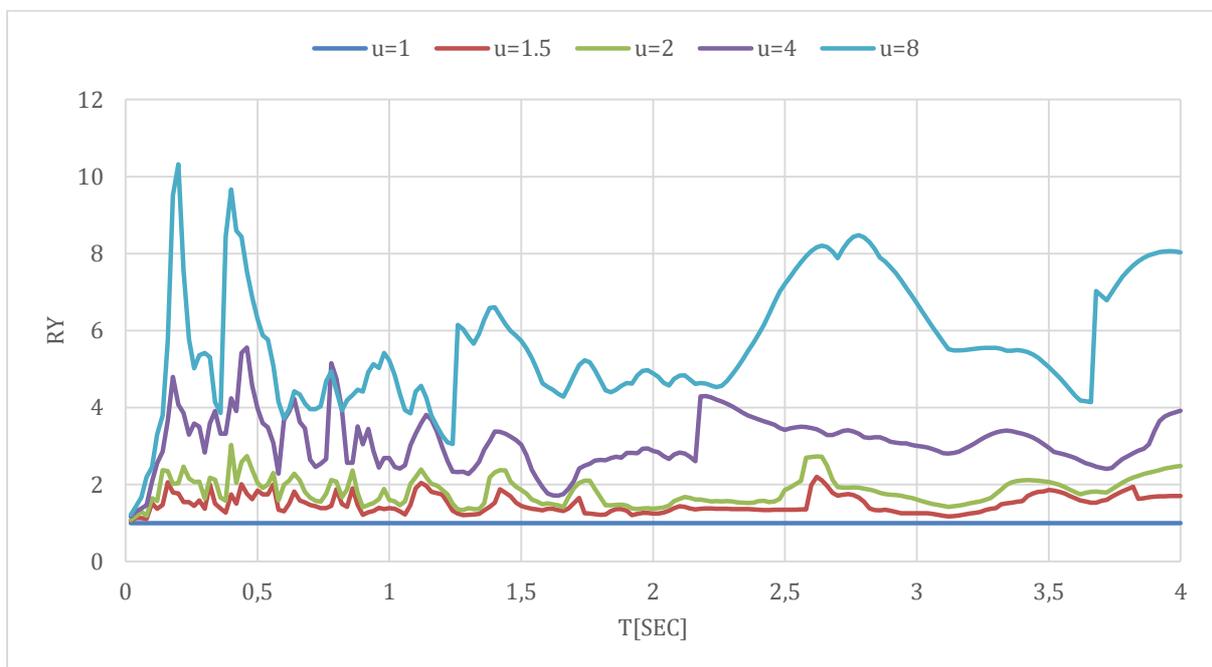


Figura 178: Espectro inelástico de respuesta de R-factor de reducción de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

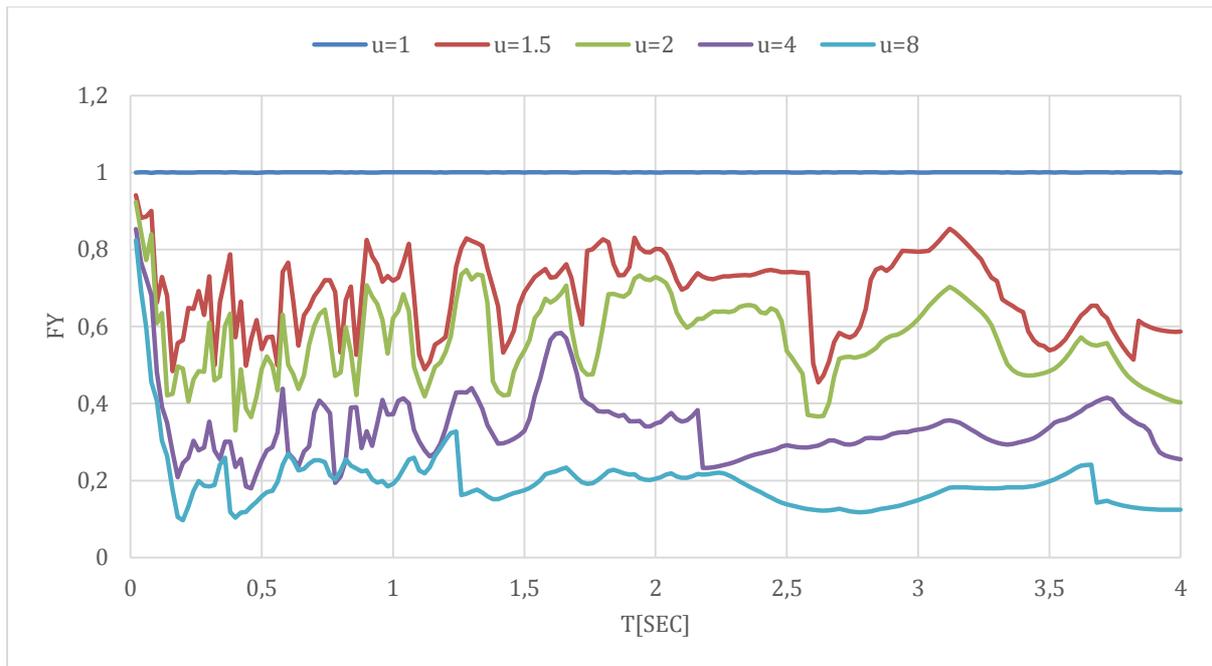


Figura 179: Espectro inelástico de respuesta de la resistencia normalizada F_y de ductilidad constante para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

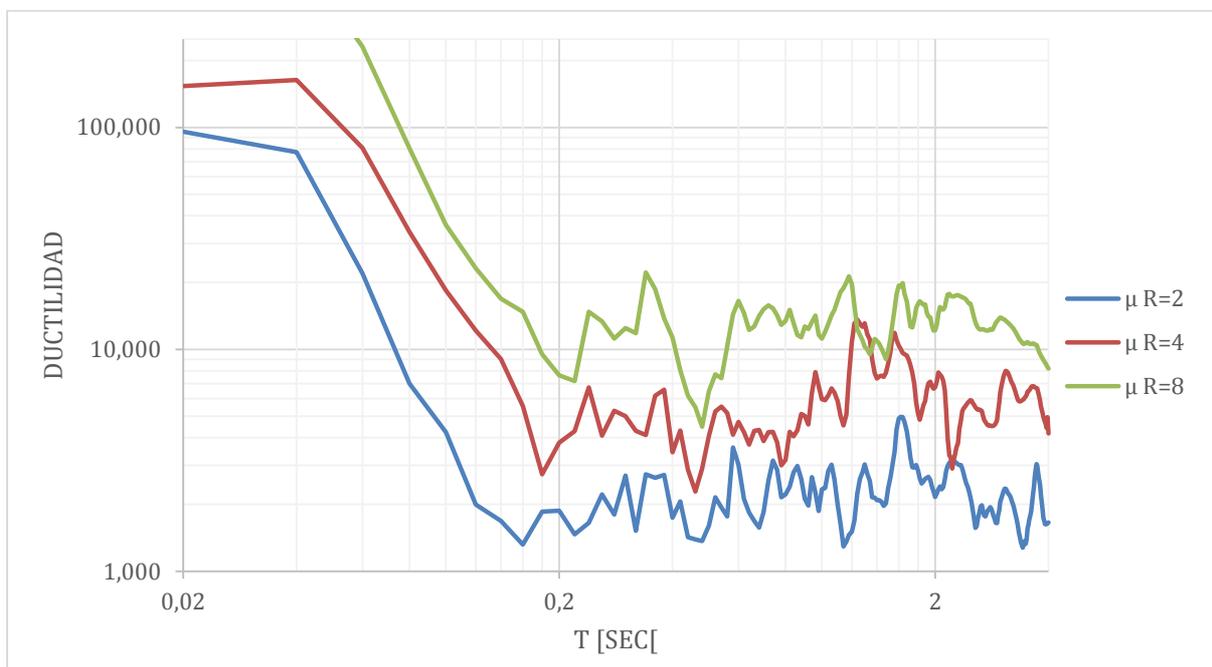


Figura 180: Espectro inelástico de respuesta de demanda de ductilidad para el registro de Santo Domingo ASDO Z del terremoto de Pedernales, amortiguamiento $\zeta=5\%$.

ANÁLISIS

Una vez obtenidos los resultados se realizó el respectivo análisis, el cual consiste en comparar los espectros de respuesta de cada ciudad agrupándolos en su respectivo tipo de suelo y comparándolos con los espectros de diseño de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Para ello se utilizó la tabla 2 en el cual se obtiene la velocidad de onda de algunos sitios y con esa velocidad se determina su tipo de suelo según la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Como se puede observar en la siguiente tabla, en esta también se incluyen los datos necesarios para calcular los espectros de diseño de la Norma, para los acelerógrafos emplazados en sitios en los que no se cuenta con información sobre la velocidad de onda del suelo en el que están localizado, se asumió el tipo de suelo.

Tabla 3: Acelerógrafos con sus respectivos tipos de suelo de emplazamiento, factor Z y η .

CIUDAD	Vs [m/s]	T. SUELO	Factor Z	η
ACHN	200	D	0.50	1.8
AES2	-	D	0.50	2.48
AIB1	-	C	0.40	2.48
ALIB	429	C	0.50	1.8
AMNT	496	C	0.50	1.8
AMIL	-	D	0.35	1.8
APED	342	D	0.50	1.8
APO1	224	D	0.50	1.8
ASDO	-	D	0.40	1.8

De acuerdo a la Norma Ecuatoriana de Construcción, para los registros escogidos solo hay dos tipos de suelo, el tipo C que corresponde a perfiles de suelo muy denso o roca blanda que presentan una velocidad de onda Vs de 760 m/s hasta 360 m/s, y suelo tipo D que son suelos rígidos que tienen una velocidad de onda Vs de 360 m/s hasta 180 m/s. Los acelerógrafos de Esmeraldas, Ibarra, Milagro y Santo Domingo no contaban con información que permita clasificar el tipo de suelo en el que se encuentra por lo tanto se asumió conforme se muestra a la Tabla 3. (Norma ecuatoriana de la construcción, 2015)

Con los tipos de suelo establecidos, se procedió a calcular los espectros elásticos de respuesta de aceleración y desplazamiento para los registros de un mismo tipo de suelo. De igual forma se calcularon los espectros inelásticos de respuesta de aceleración y desplazamiento con ductilidades de 1.5, 2, 4 y 8. Estos espectros son comparados con los espectros de diseño calculados a partir del procedimiento descrito en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Es importante destacar que los espectros de respuesta de aceleración fueron normalizados con el objetivo de facilitar la comparación con los espectros de diseño obtenidos de la Norma. Los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de aceleración se encuentran en los anexos. También se realizó un análisis sobre los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad con R_y de 2, 4 y 8, se calculó el promedio para cada tipo de suelo en la misma componente.

Eduardo Miranda realizó un estudio en donde resumió los resultados de 13 estudios diferentes durante 30 años sobre R_y el factor de reducción de fuerza de fluencia para sistemas sometidos a aceleraciones de suelos tomadas en suelos firmes en tres ciudades diferentes. La primera curva es de un estudio de Nassar y Krawinkler con 15 registros tomados en California, la siguiente curva corresponde al estudio de Miranda que tomó 62 registros de aceleraciones tomados de diferentes terremotos en el mundo, y la última corresponde al estudio de Riddell, el cual se realizó a partir de 34 registros de aceleraciones tomados en suelos firmes en Chile, como se muestra en la Figura 181. Se puede observar que, a pesar de que los registros son tomados en lugares diferentes, se muestra una tendencia similar en ellos mostrando que el comportamiento del factor de reducción no cambia significativamente de una región sísmica a otra. (Miranda, 1997). Por lo tanto, para facilitar la comparación de los espectros de respuesta de R_y se decidió realizar un promedio entre todas las respuestas del mismo tipo de suelo tomando en cuenta que el estudio de Miranda establece que R_y depende

del tipo de suelo y del periodo de vibración, y esta curva es la que será comparada con la curva R_y de Miranda.

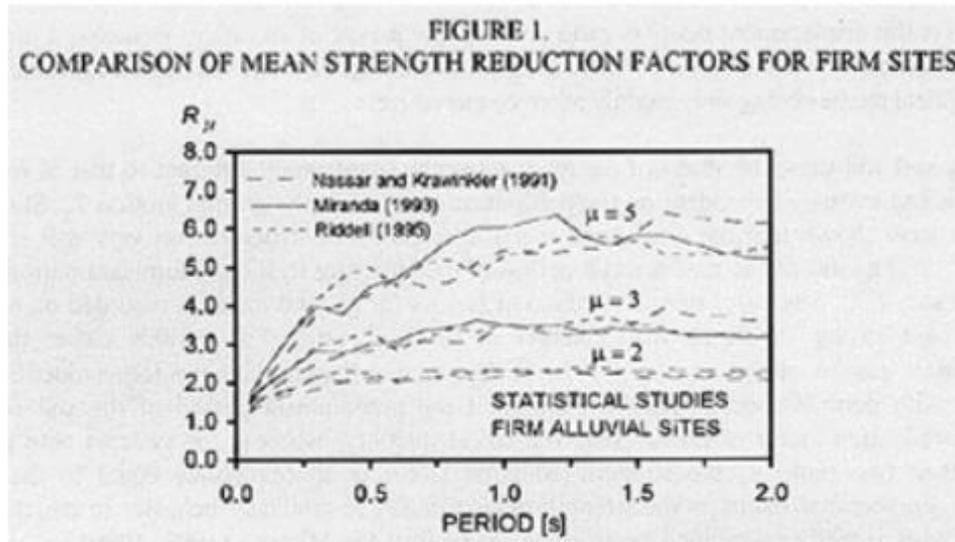


Figura 181: Comparación del factor R_y para sitios firmes. (Miranda, 1997)

A partir de este estudio Miranda, 1997 propuso una ecuación que estima analíticamente factor de reducción R_y para roca, suelos firmes. La ecuación es la siguiente:

$$R_y = \mu + (1 - \mu) \exp\left(\frac{-16T}{\mu}\right)$$

Se realizó un análisis para cada tipo de suelo y se comparó con la curva a partir de la ecuación de Miranda, 1997 y los R_y promediados de cada tipo de suelo en las tres componentes.

A continuación, se presentan los gráficos resultantes del análisis descrito anteriormente y se describe los resultados del análisis al final de cada uno. En cuanto a la componente vertical Z, esta ha sido omitida por conveniencia de comparación ya que esta presenta aceleraciones menores en comparación a las componentes horizontales. Los espectros elásticos e inelásticos de aceleración no normalizados serán presentados en los anexos.

Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros elásticos

Los espectros elásticos de respuesta de aceleración para todas las componentes:

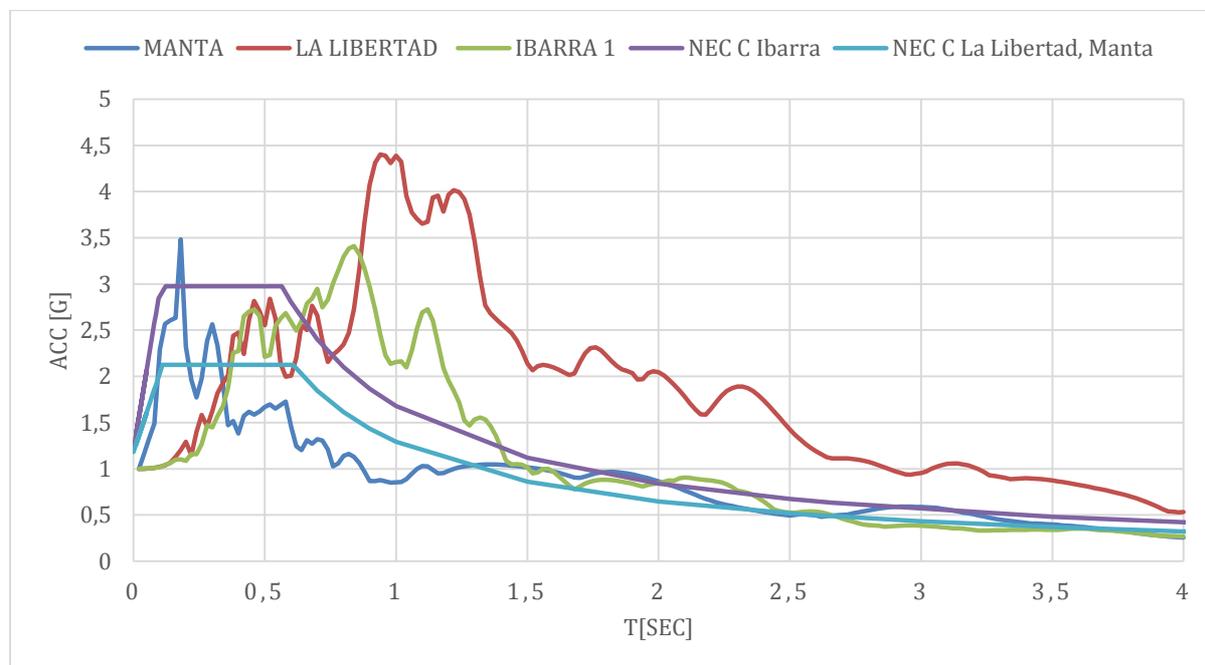


Figura 182: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

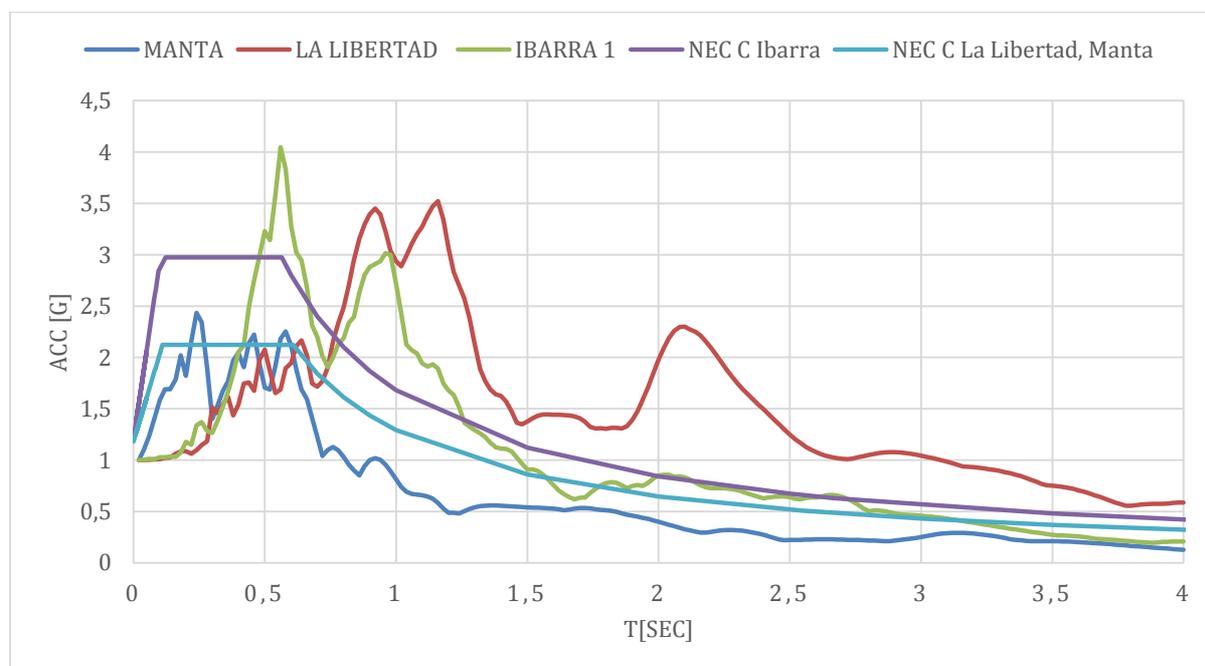


Figura 183: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para todas las componentes:

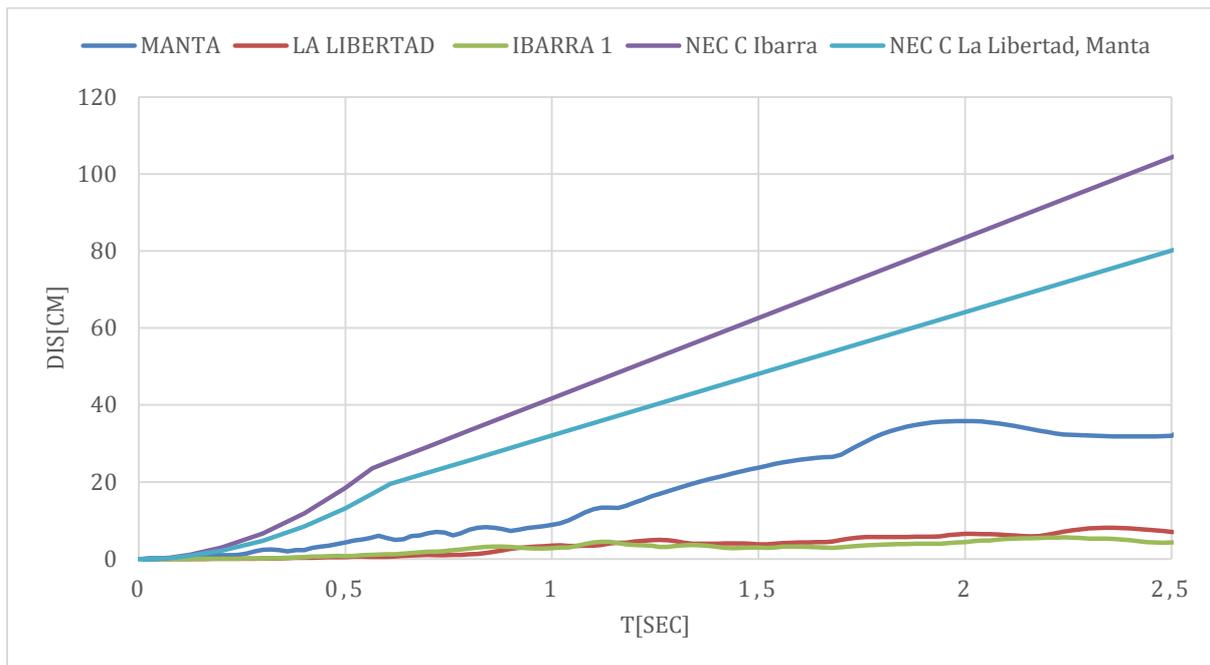


Figura 184: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

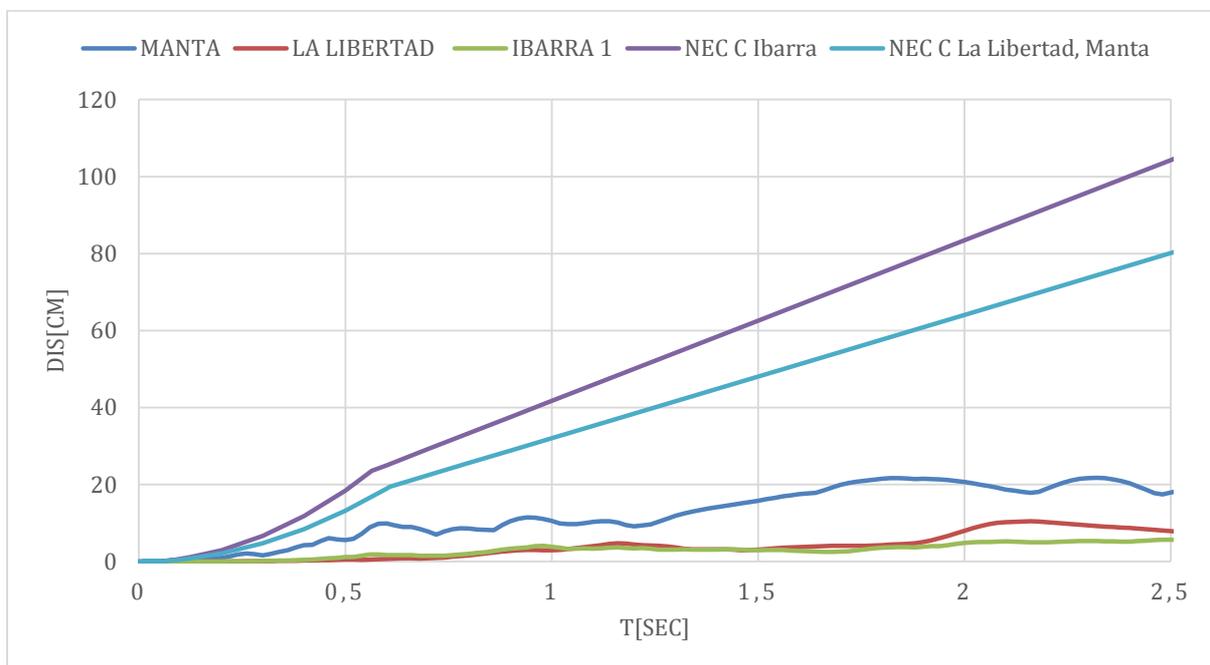


Figura 185: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

A partir de los espectros elásticos de respuesta presentados anteriormente, se puede observar que, en el caso de los espectros de aceleración normalizados, las magnitudes de aceleración de los espectros de diseño de la Norma son menores en ciertos periodos que las de los espectros elásticos de respuesta de los registros. En el caso de la forma de la curva, el único espectro de respuesta de aceleración normalizada que tiene una forma similar al espectro de diseño normalizado calculado a partir de la Norma Ecuatoriana, de la Construcción es el de Manta, ya que el de La Libertad e Ibarra tiene curvas muy distintas a sus respectivos espectros de la Norma, como se puede observar en las figuras 182 y 183.

Los espectros de respuesta de desplazamiento no han sido normalizados. En ellos se puede observar que los desplazamientos de los espectros de diseño de la Norma son mayores que los espectros de respuesta de desplazamiento de los registros. El espectro de respuesta de desplazamiento de Manta es el que más se acerca. En cuanto a la forma de los espectros de respuesta de desplazamiento, solo el de Manta tiene una forma similar; los espectros de Ibarra y de La Libertad presentan magnitudes de desplazamiento muy pequeñas lo cual dificulta encontrar una tendencia similar a los espectros de diseño en desplazamiento de la Norma. Esto demuestra que las estructuras de ciertos periodos no cumplen con el espectro elástico de diseño en aceleraciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción como se puede ver en las figuras 182 y 183; sin embargo, los espectros elásticos de desplazamientos si cumplen con los construidos a partir de la Norma como se muestra en las figuras 184 y 185.

Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos con ductilidad 1.5

Los espectros inelásticos de respuesta de aceleración de ductilidad 1.5 para todas las componentes:

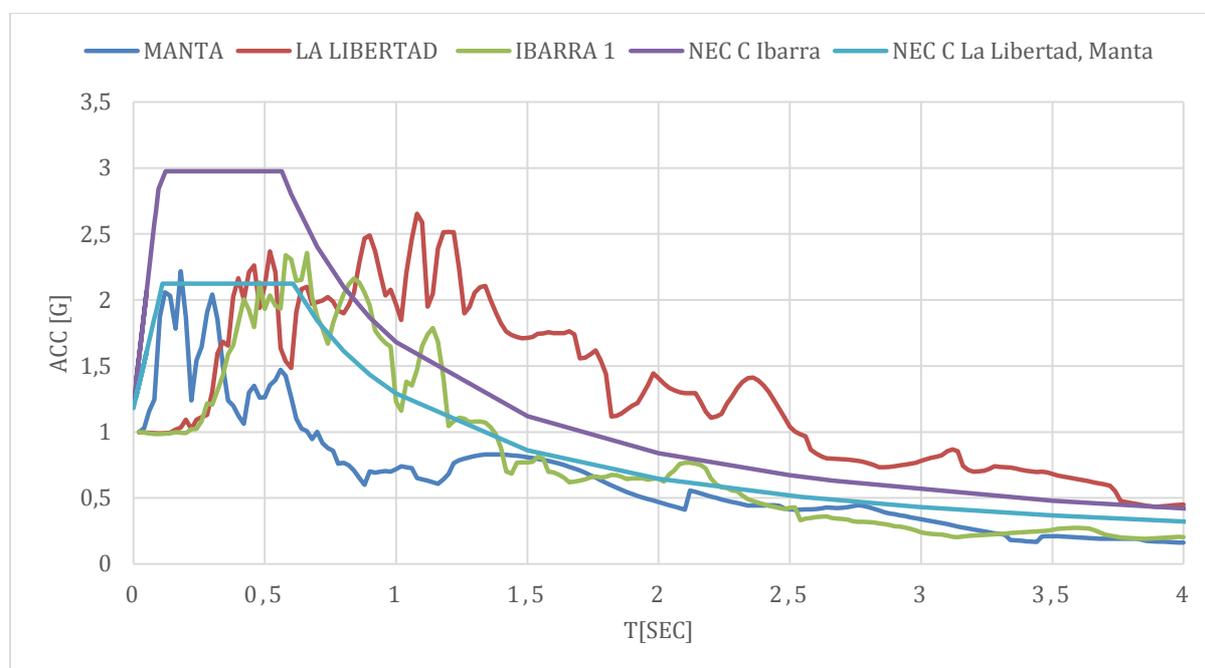


Figura 186: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

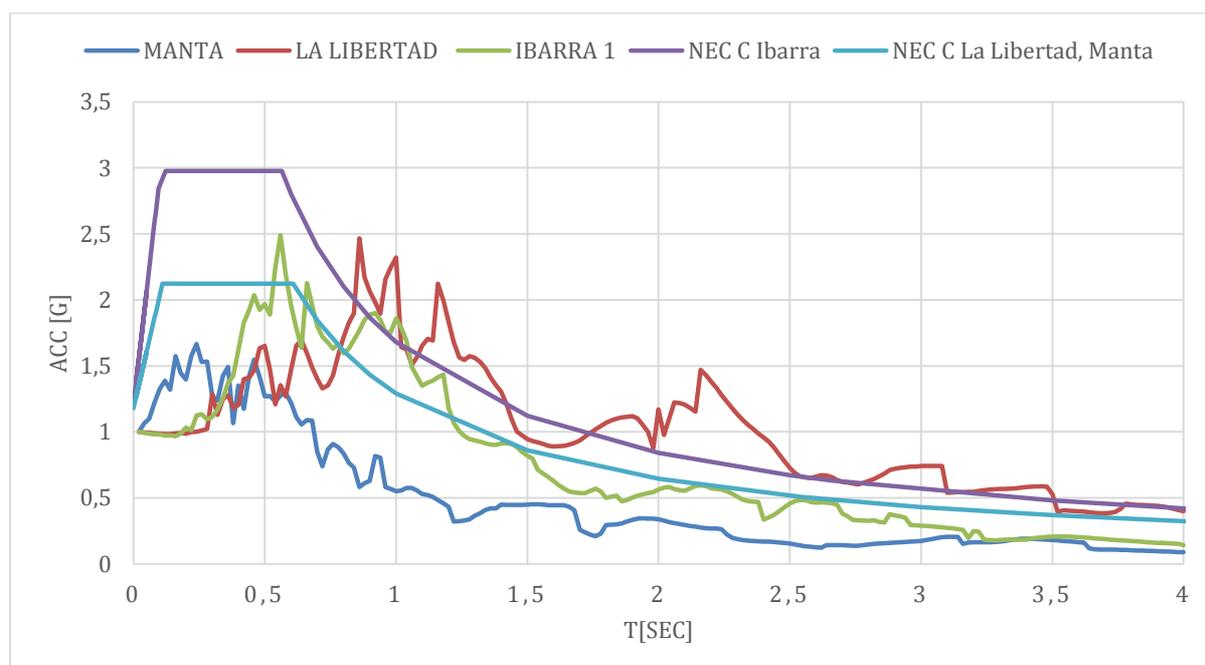


Figura 187: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para todas las componentes:

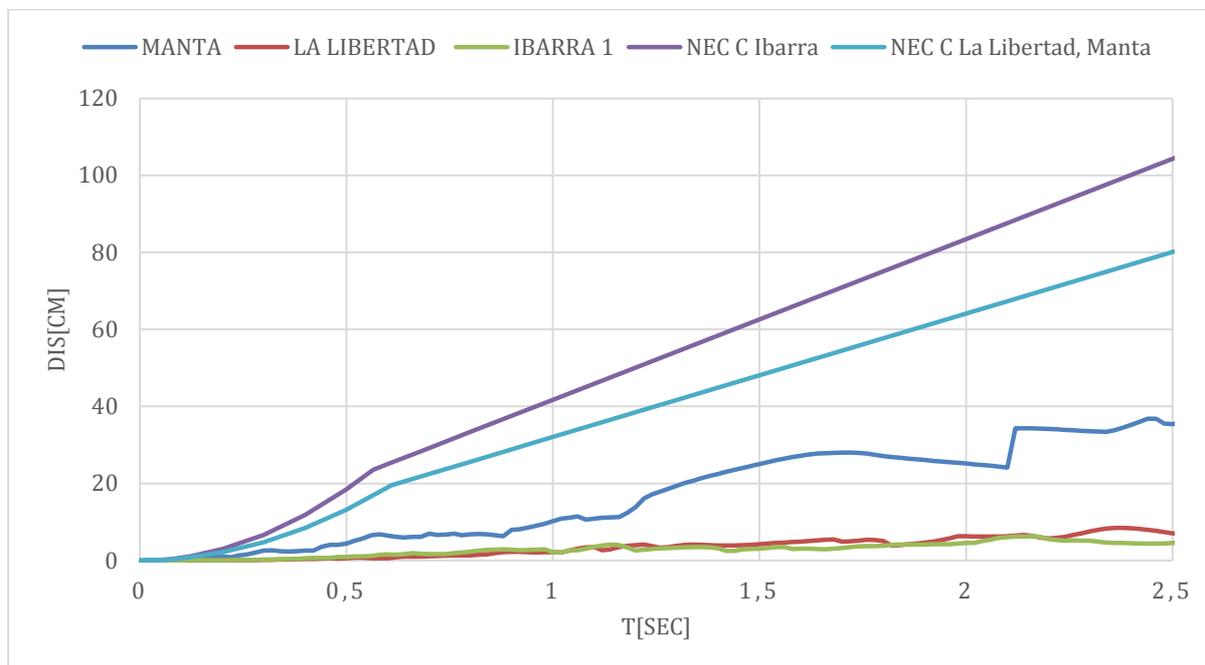


Figura 188: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

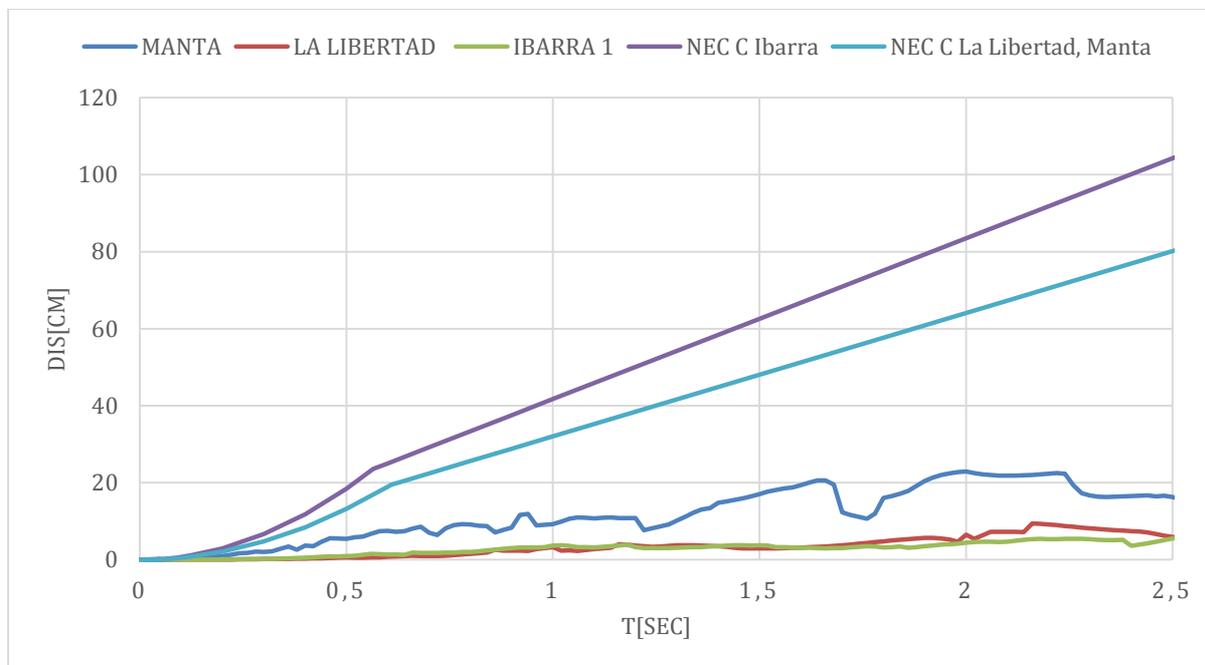


Figura 189: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 1.5 para todas las componentes con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

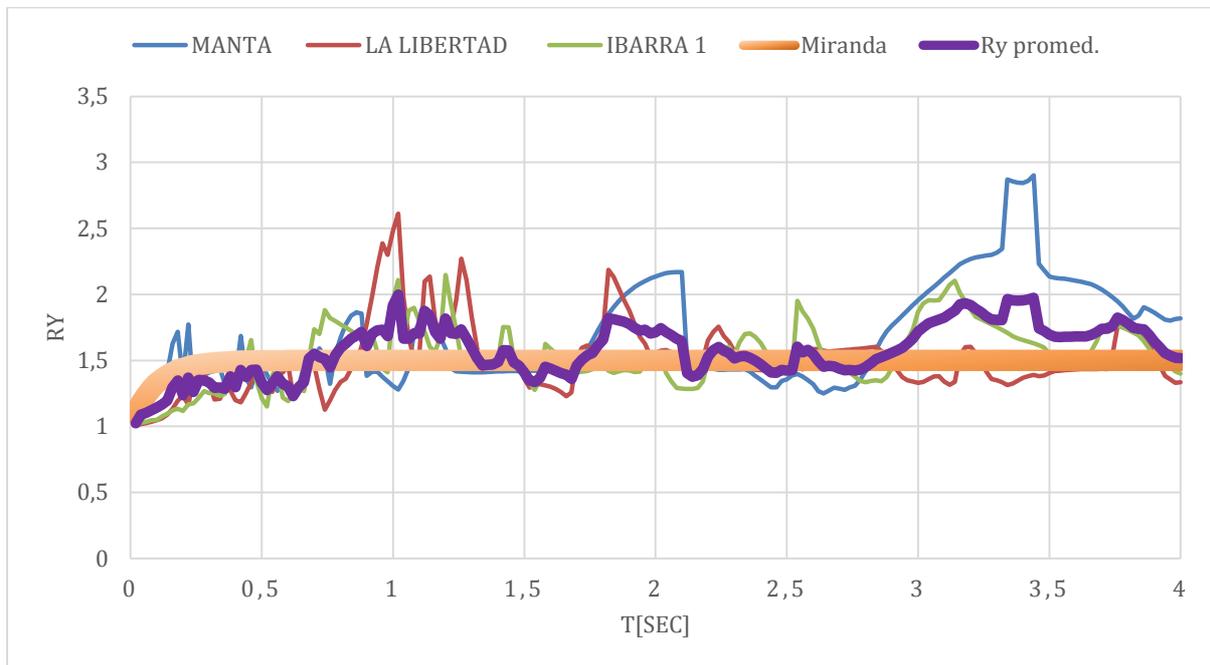


Figura 190: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

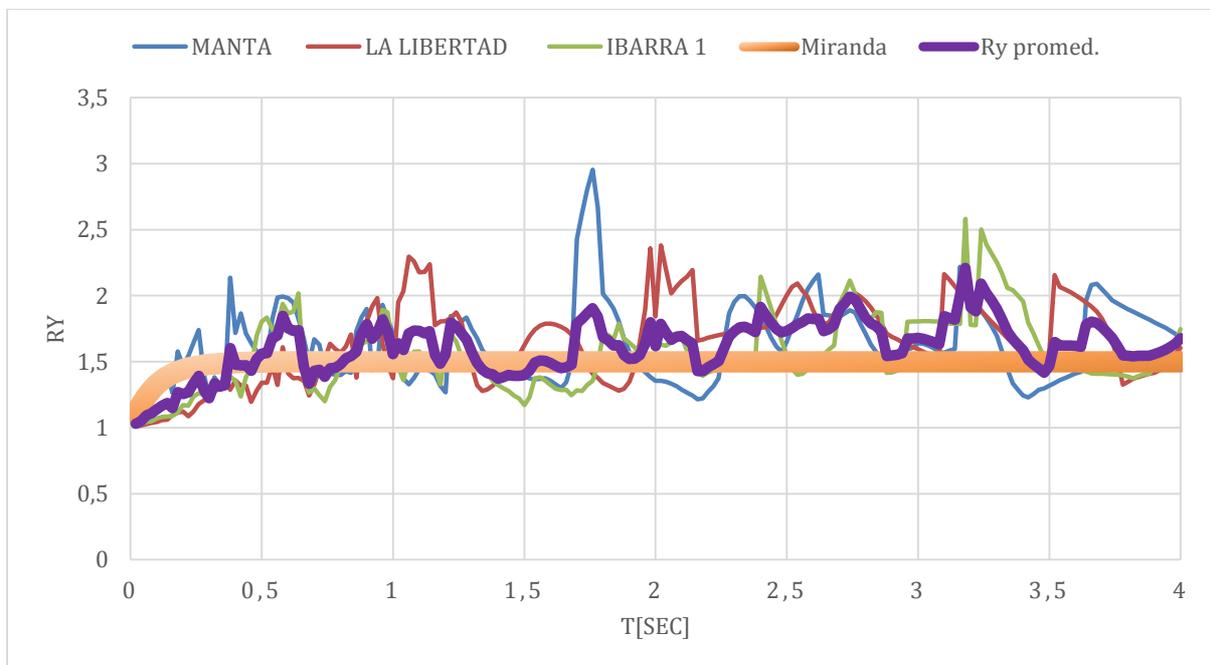


Figura 191: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Una vez realizado el análisis para los espectros de respuesta de aceleración normalizados se puede ver que, en comparación con los espectros de diseño en aceleración normalizada obtenidos a partir de la Norma, las magnitudes de aceleración muestran mayor similitud que en el caso de los espectros elásticos; los espectros de respuesta de la norma cubren a Manta e Ibarra, pero no La Libertad en ciertos periodos por lo tanto las estructuras requieren una ductilidad mayor a 1.5. De la misma manera, la forma de la curva del espectro de aceleración normalizada de Manta es la que se aproxima más a la del espectro de la Norma. Los registros de las otras dos ciudades no presentan semejanza con los construidos con los requerimientos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Tal como se puede observar en las Figuras 187 y 188. En cuanto a los espectros de respuesta de desplazamientos, estos presentan el mismo comportamiento que en los espectros elásticos como se muestra en las Figuras 188 y 189.

Para los espectros inelásticos de respuesta de R_y se puede observar que la curva obtenida a partir de los R_y promediados en las dos componentes muestran una tendencia similar, con la curva obtenida a partir de la ecuación de Miranda 1997 con una ductilidad de 1.5; sin embargo, presentan una relación de 48% y 53% de similitud para la componente Este y Norte respectivamente. Esto se puede observar en las dos componentes, como se observa en las Figuras 190 y 191,

Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de ductilidad 2.

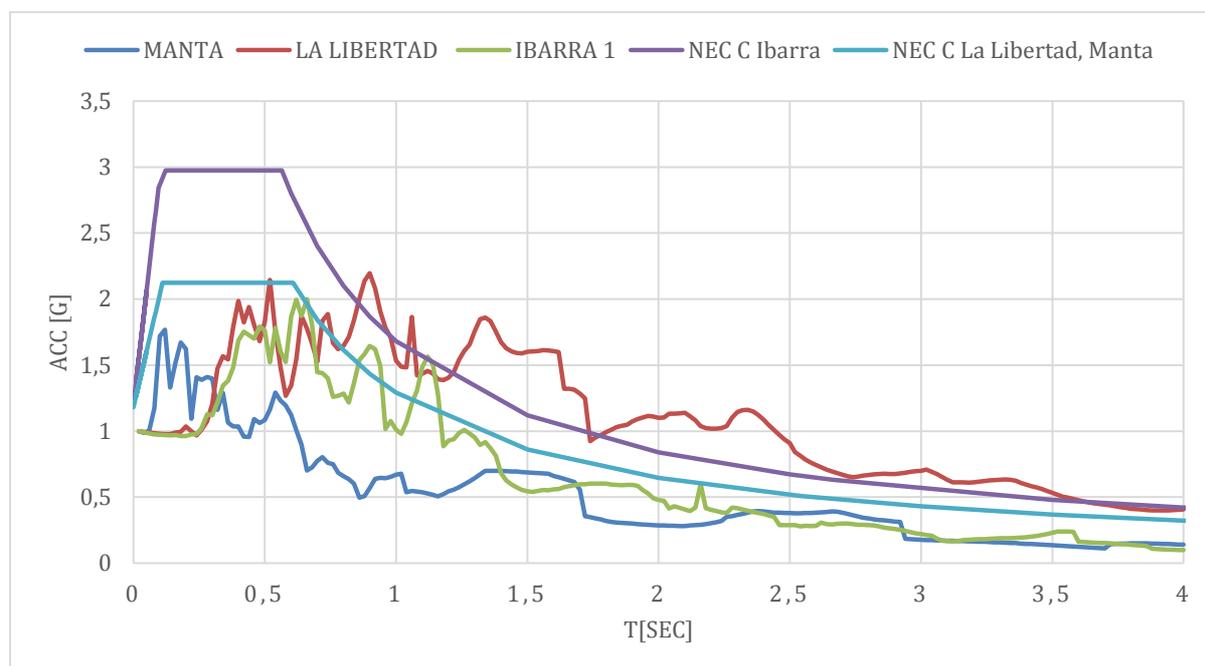


Figura 192: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

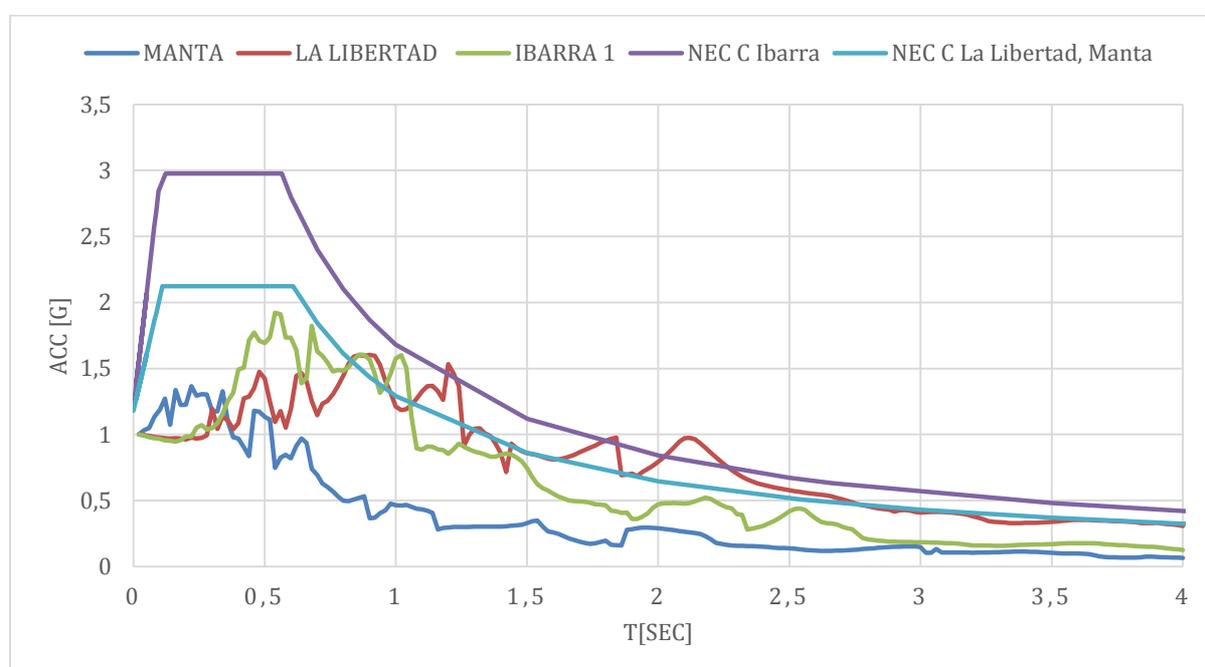


Figura 193: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para todas las componentes:

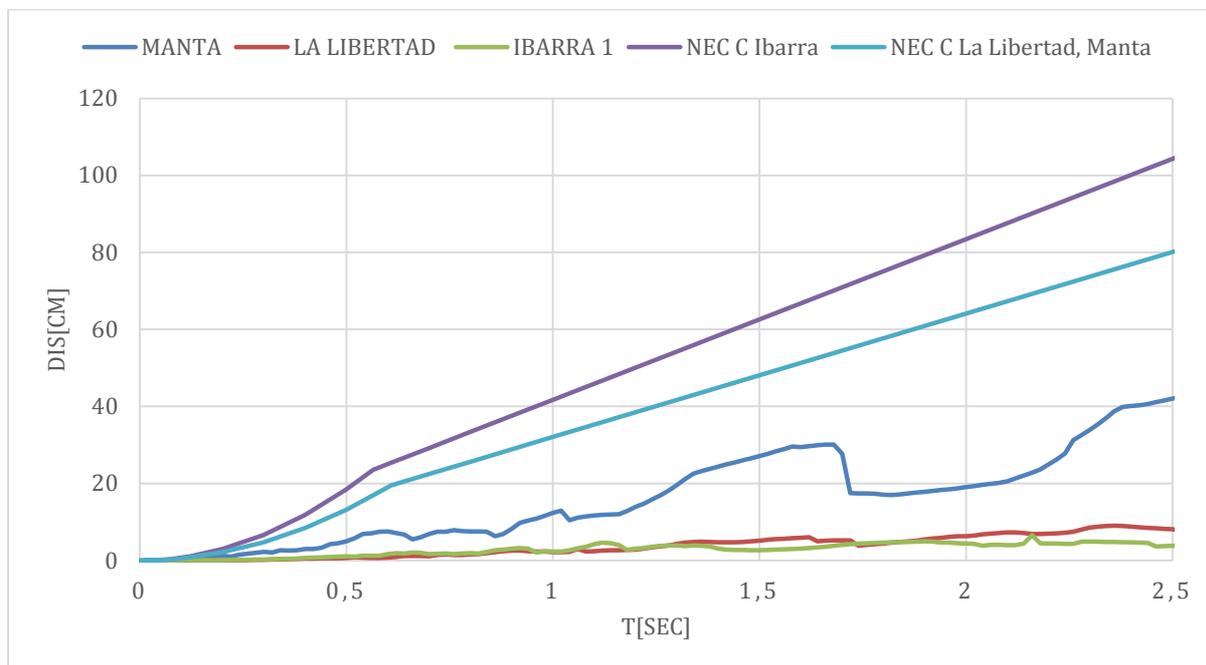


Figura 194: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

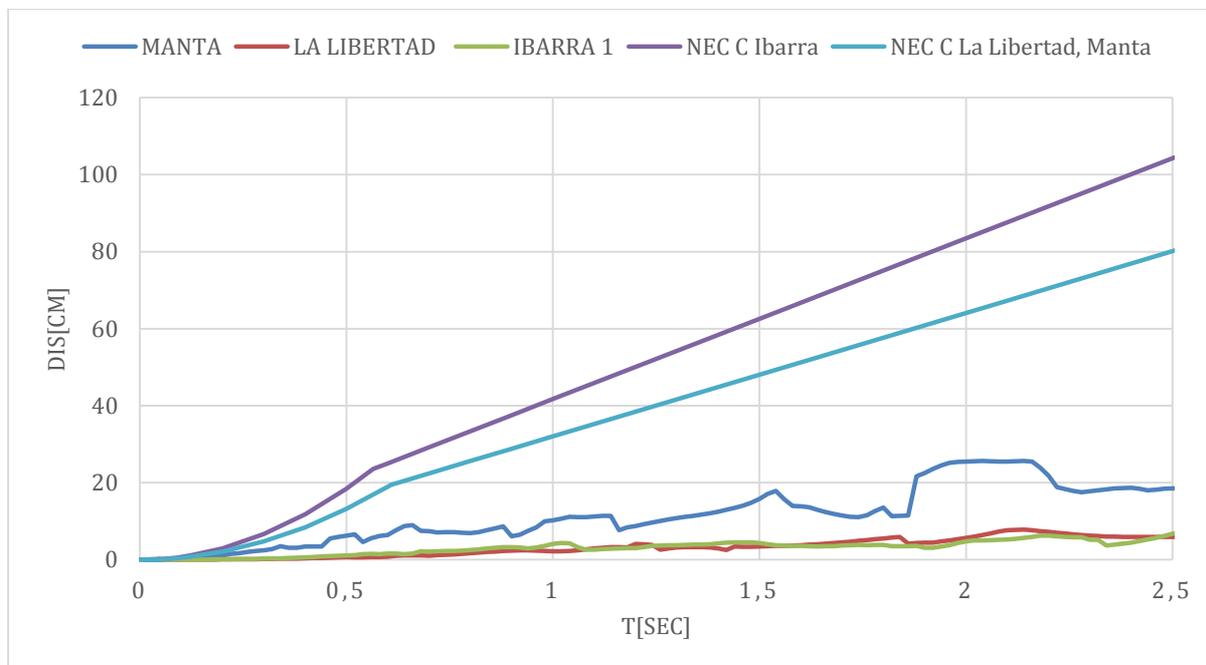


Figura 195: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 2 para todas las componentes con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

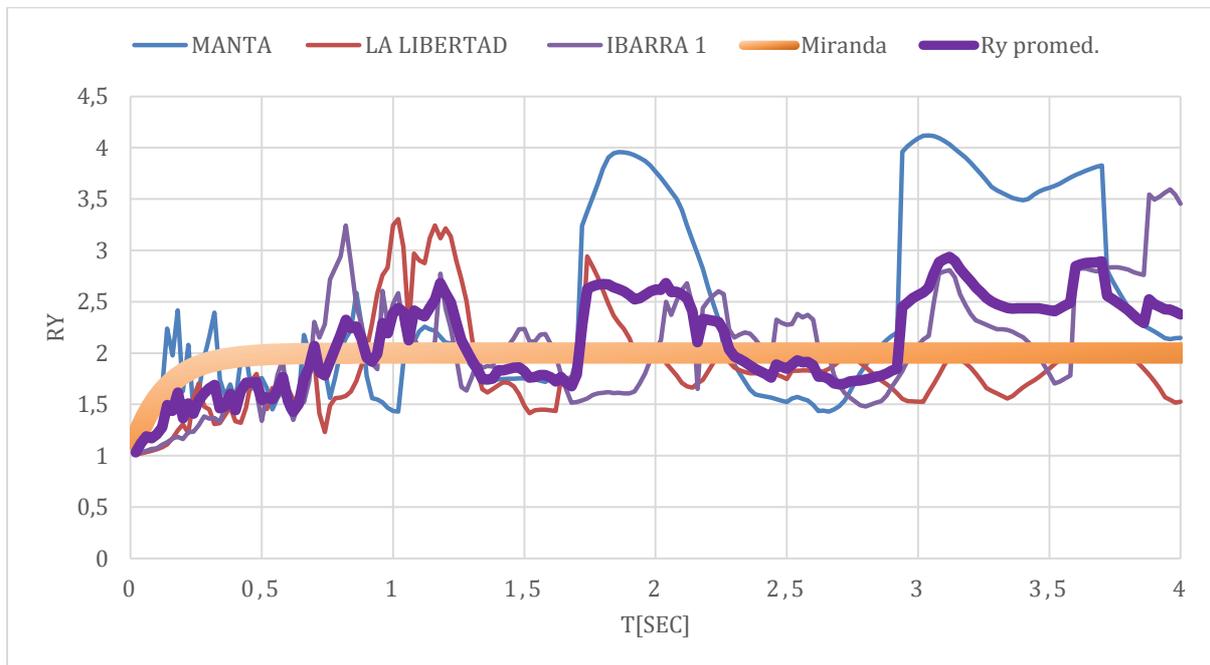


Figura 196: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

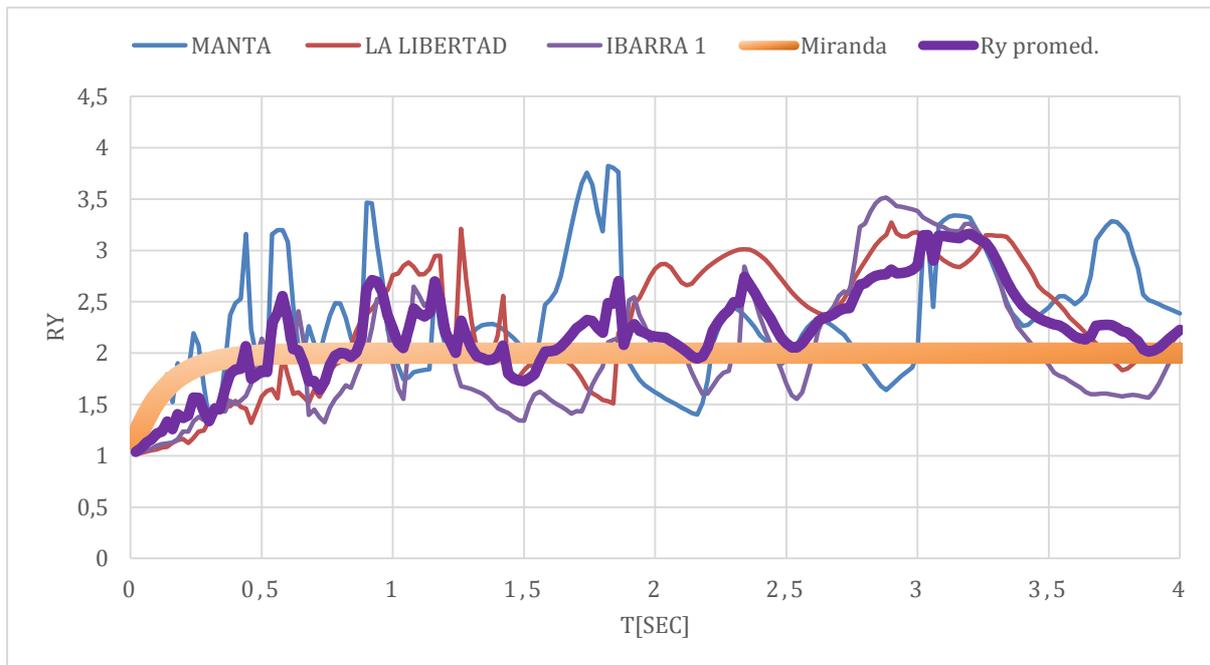


Figura 197: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

De acuerdo a las figuras 192, 193, 194 y 195; de los espectros de respuesta inelásticos de aceleración y desplazamiento para una ductilidad de 2 se puede observar que en el caso de los espectros de respuesta de aceleración obtenidos a partir de los registros aún no son cubiertos en su totalidad, es decir, solamente Manta e Ibarra presentan aceleraciones menores que las del espectro de diseño en aceleración de la Norma de la Construcción. Para el caso de La Libertad las estructuras de periodo de 1.3 a 2.3 segundos aún superan la curva del espectro de diseño en aceleraciones de la Norma. Las formas de los espectros inelásticos de respuesta de aceleración con ductilidad de 2 de las ciudades de La Libertad e Ibarra no tienen similitud sobre todo en los periodos de 0 a 0.25 segundos; sin embargo, los espectros inelásticos de respuesta de aceleración de Manta si son semejantes a los de la Norma en ambas componentes. En cuanto a los espectros inelásticos de respuesta de desplazamientos para las tres ciudades, estos son cubiertos por los espectros elásticos de diseño de la Norma para las dos componentes. Las formas de las curvas no presentan similitud, ya que los valores son de magnitudes muy bajas que dificultan ver una tendencia.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y fueron promediados para las tres ciudades con el mismo tipo de suelo y este promedio se comparó con la curva obtenida a partir de la ecuación de Miranda, 1997 con una ductilidad de 2 y presentan una relación de 49% en la componente Este y 56% en la componente Norte. Por lo tanto, el promedio muestra una similitud mayor que en el caso de ductilidad 1.5.

Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de ductilidad 4.

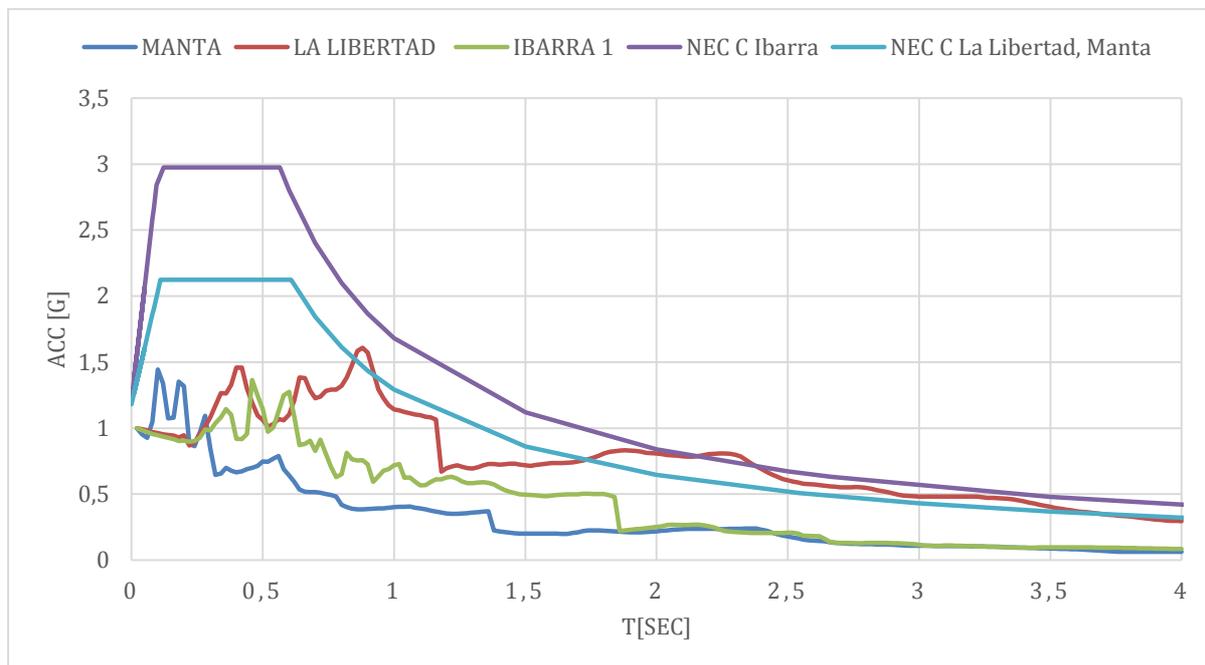


Figura 198: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

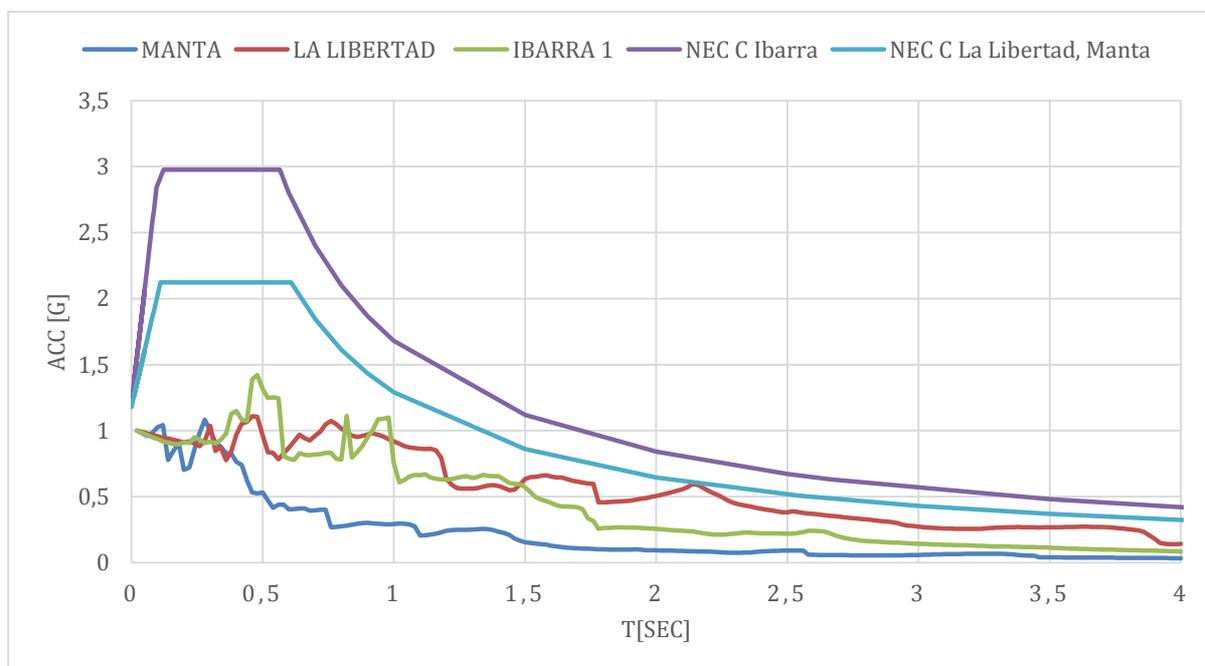


Figura 199: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de velocidad de ductilidad 4 para todas las componentes:

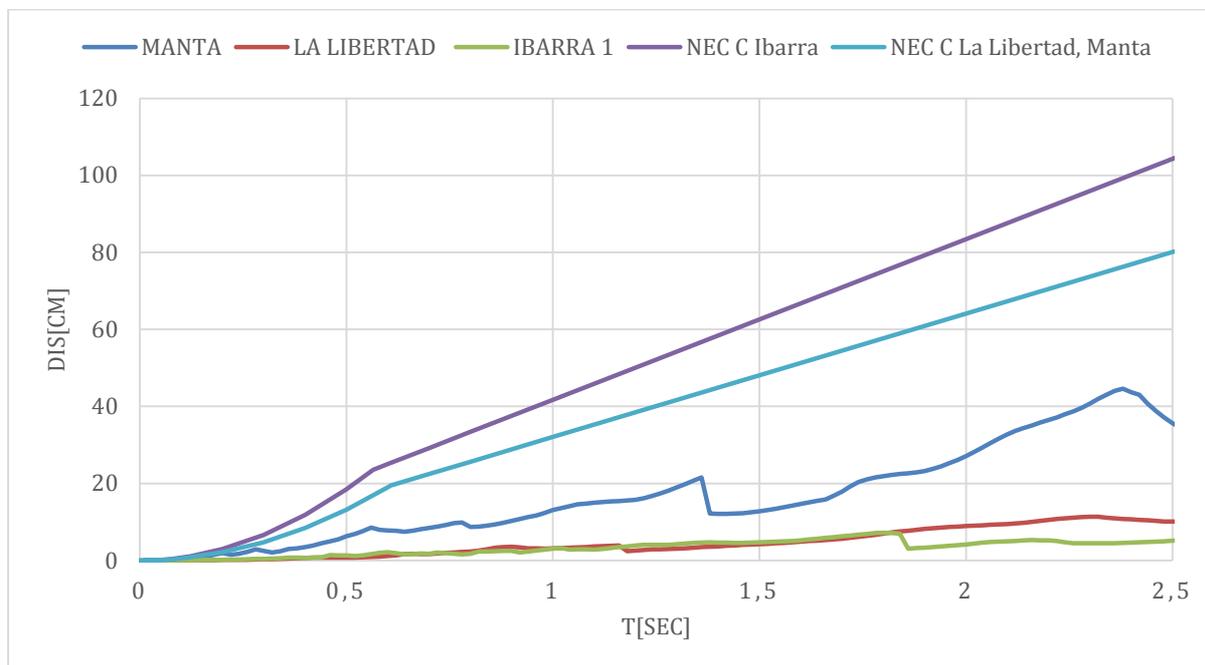


Figura 200: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

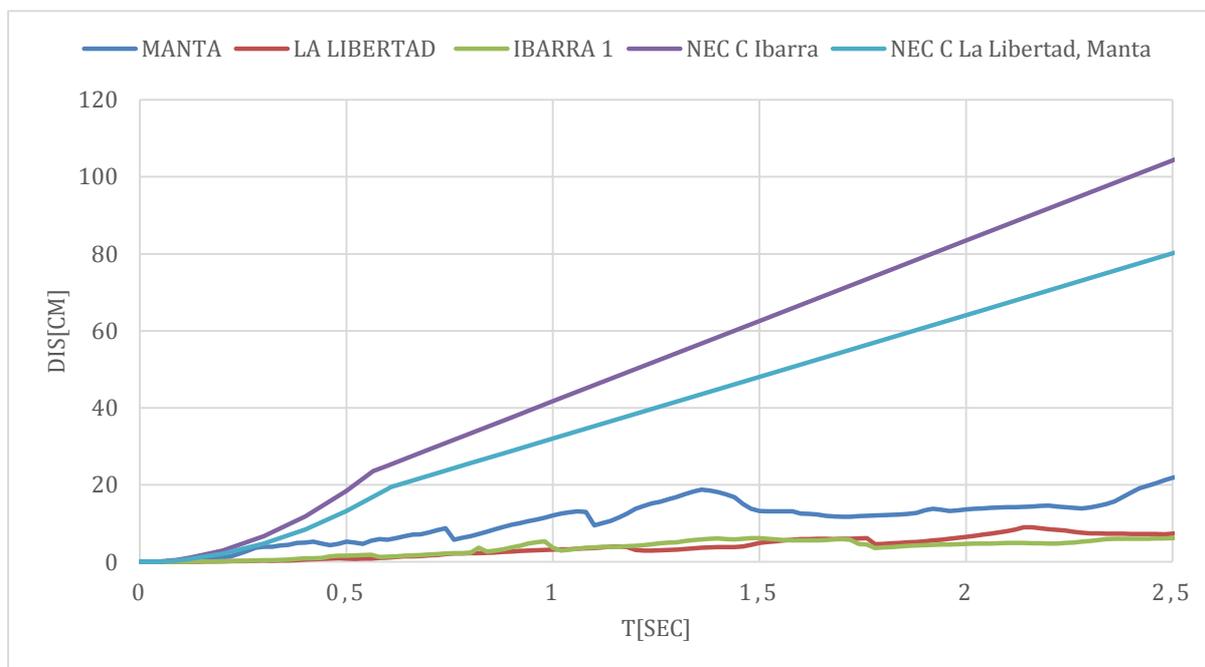


Figura 201: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 4 para todas las componentes con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

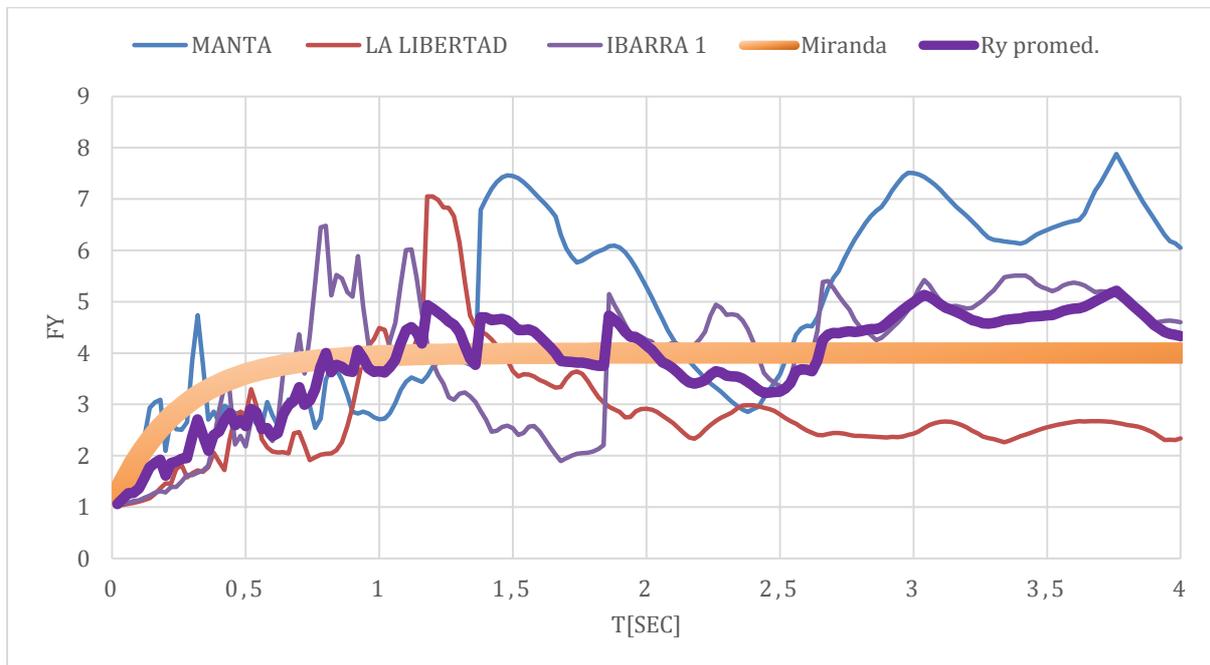


Figura 202: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

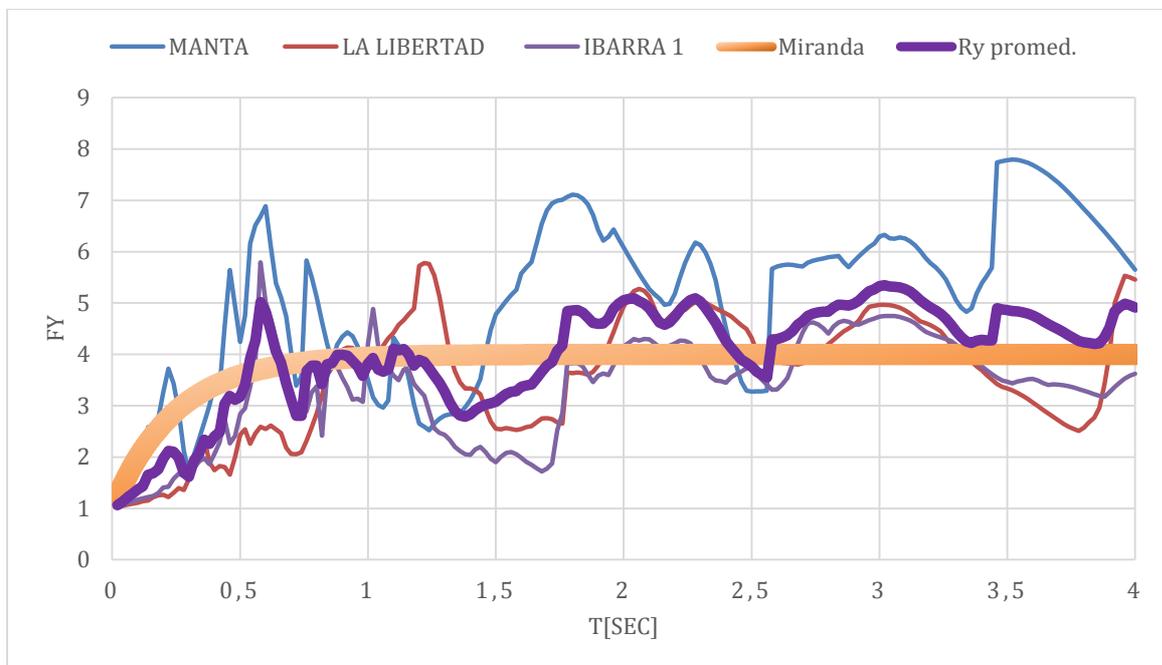


Figura 203: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los análisis de los espectros inelásticos de respuesta de aceleración para estructuras con una ductilidad de 4 ya son cubiertos por los espectros de diseño en aceleración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Esto significa que, en el caso de estructuras ubicadas en la ciudad de Manta, La Libertad e Ibarra con tipo de suelo C es necesario que las estructuras presenten una ductilidad de 4 para sobrellevar el sismo similar al que ocurrió el 16 de abril de 2016 en Ecuador. Las formas de las curvas de los espectros inelásticos de respuesta de aceleración no presentan similitud con las de los espectros de diseño en aceleración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, como se observa en las figuras 198 y 199. Los espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento obtenidos a partir de los registros de los tres acelerogramas se puede ver que las magnitudes de los desplazamientos son menores y su forma no es similar a los espectros de diseño calculados con la Norma, como se puede ver en las figuras 200 y 201.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y muestran que el R_y promedio en ambas componentes son similares a las curvas conseguidas a partir de la ecuación propuesta por el estudio de Miranda, 1997 con ductilidad de 4, con una relación para las componentes de Este y Norte de 78% y 76% respectivamente. Se puede destacar que en los periodos de 2.6 en adelante la curva del promedio es mayor en casi una unidad que la curva de Miranda, 1997.

Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de ductilidad 8.

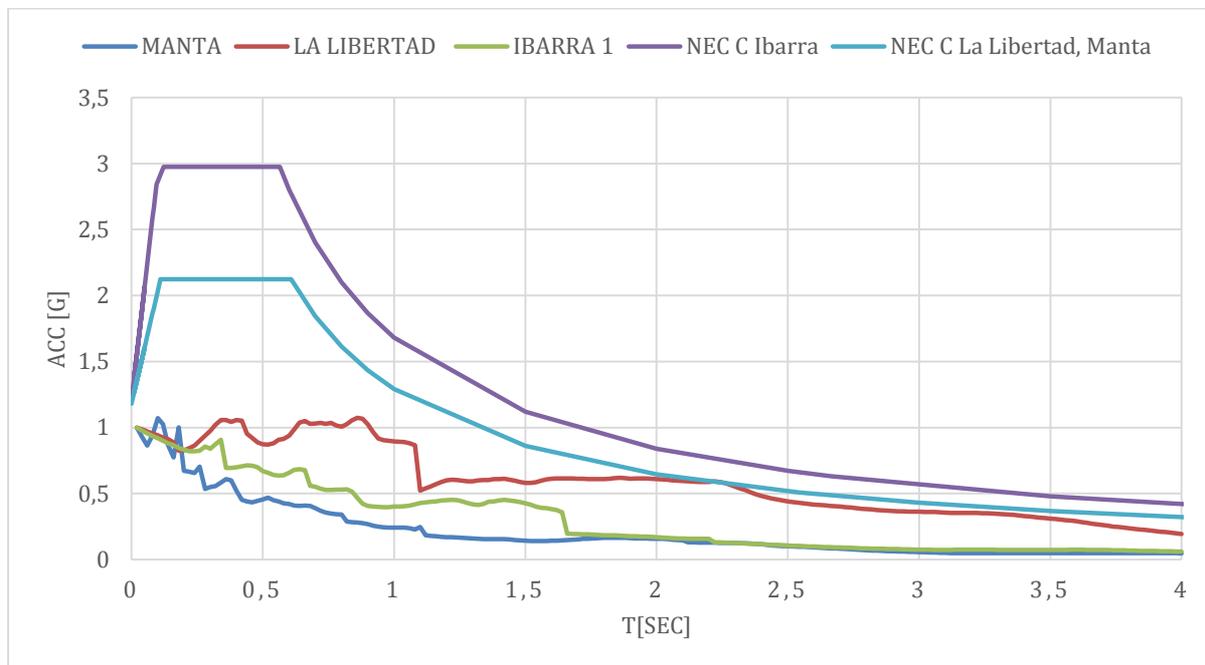


Figura 204: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizada de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

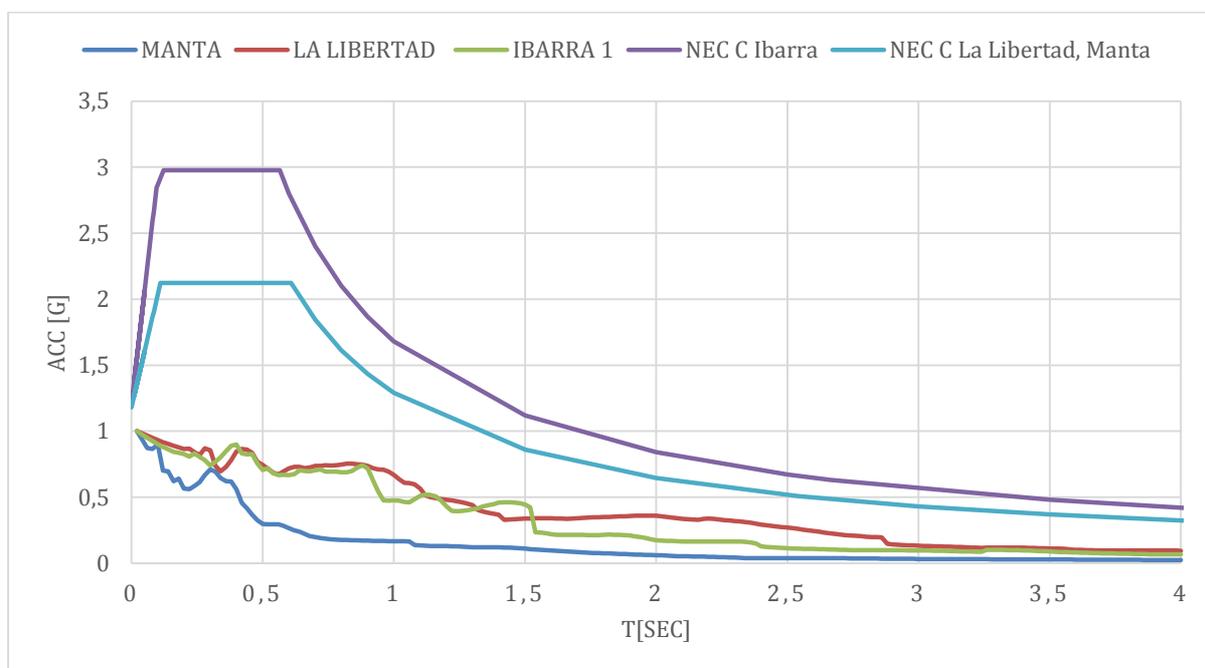


Figura 205: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizada de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para todas las componentes:

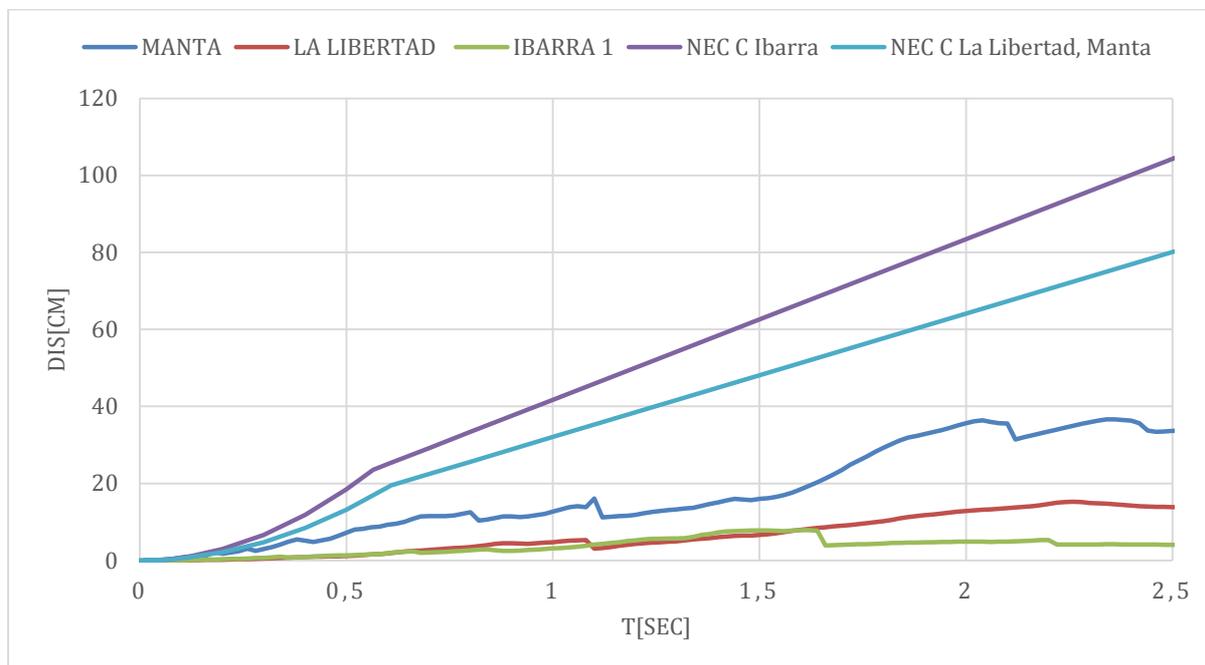


Figura 206: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

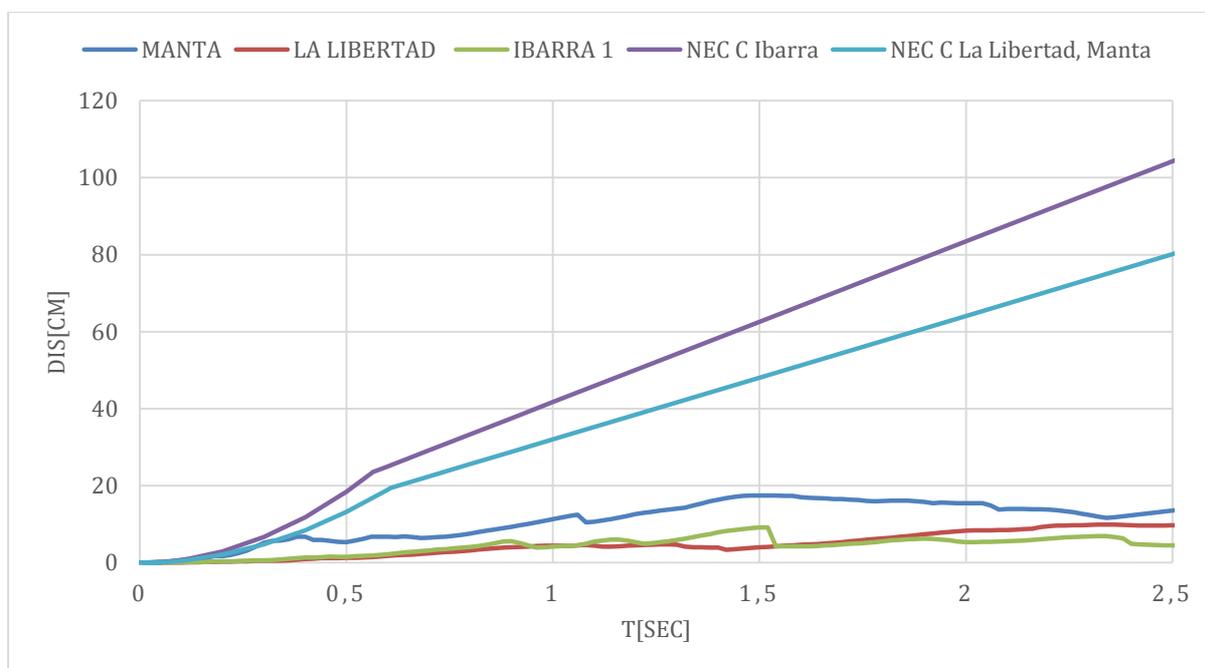


Figura 207: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 8 para todas las componentes con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

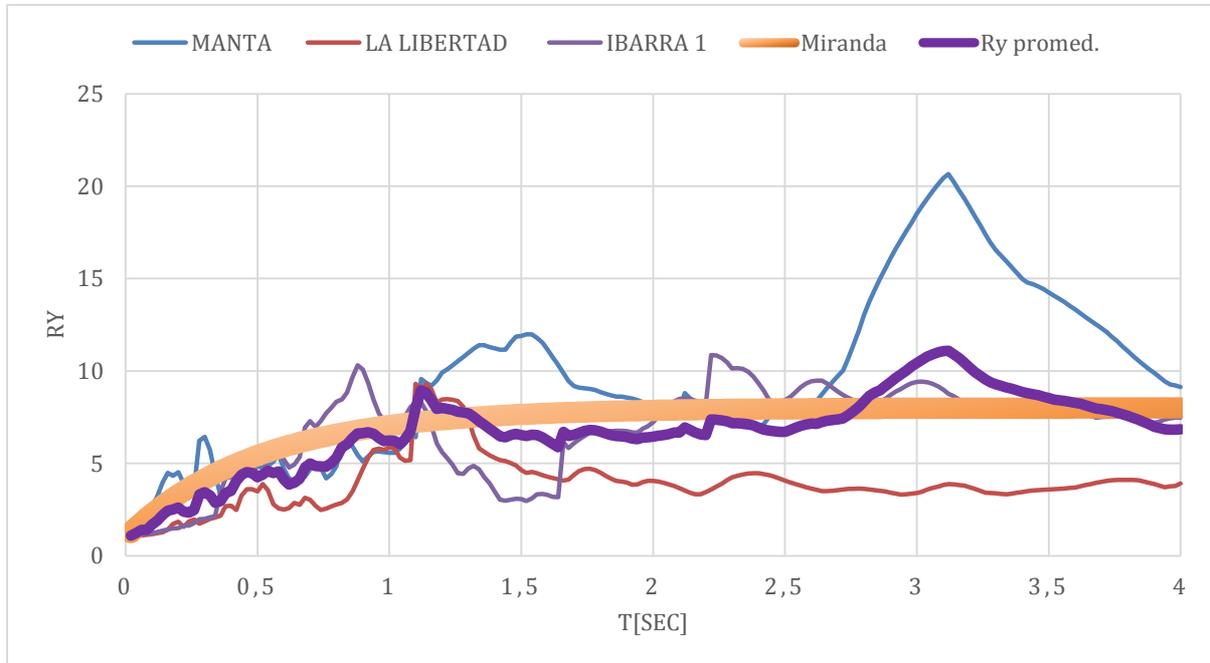


Figura 208: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

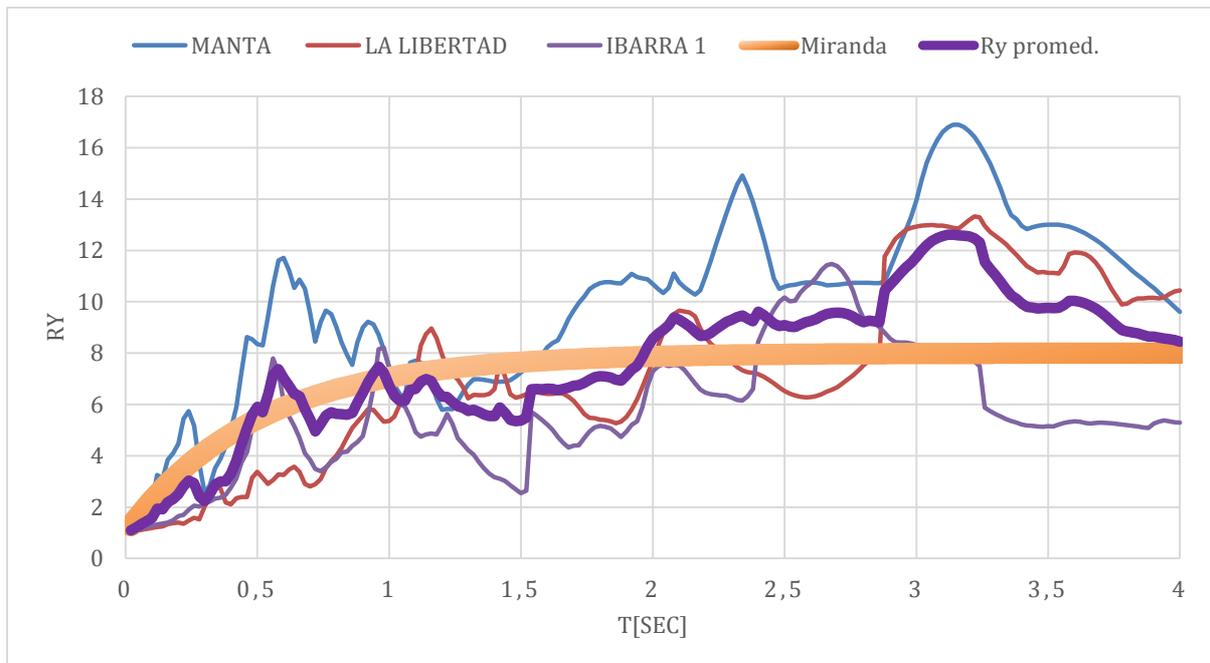


Figura 209: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

Como se pudo observar en el análisis anterior, en los espectros inelásticos de respuesta para estructuras con ductilidad de 4 los espectros inelásticos de respuesta de aceleración ya fueron cubiertos por los espectros de diseño en aceleración de la Norma, es decir, las magnitudes de aceleraciones superaron ya las aceleraciones de los espectros inelásticos de respuesta de los calculados a partir de los registros. En el análisis de espectros inelásticos de respuesta de aceleración para estructuras de ductilidad de 8 los espectros de diseño de la Norma Ecuatoriana de Construcción superan por magnitudes de aceleración aún mayores a los espectros inelásticos de respuesta construidos a partir de los registros, lo cual tiene mucho sentido ya que la ductilidad es mayor como se visualiza en las figuras 204 y 205.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y , se repite el mismo proceso de análisis y se comparó el promedio de las respuestas para comparar con la curva obtenida a partir de la ecuación de Miranda, 1997 con una ductilidad de 8 y se puede visualizar que el promedio es muy similar a la curva de Miranda, 1997. Para la componente este oeste con una relación de 84%, la componente norte y sur tiene una relación de 82%.

Análisis de los registros en suelo tipo C para espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad con R_y 2, 4 y 8.

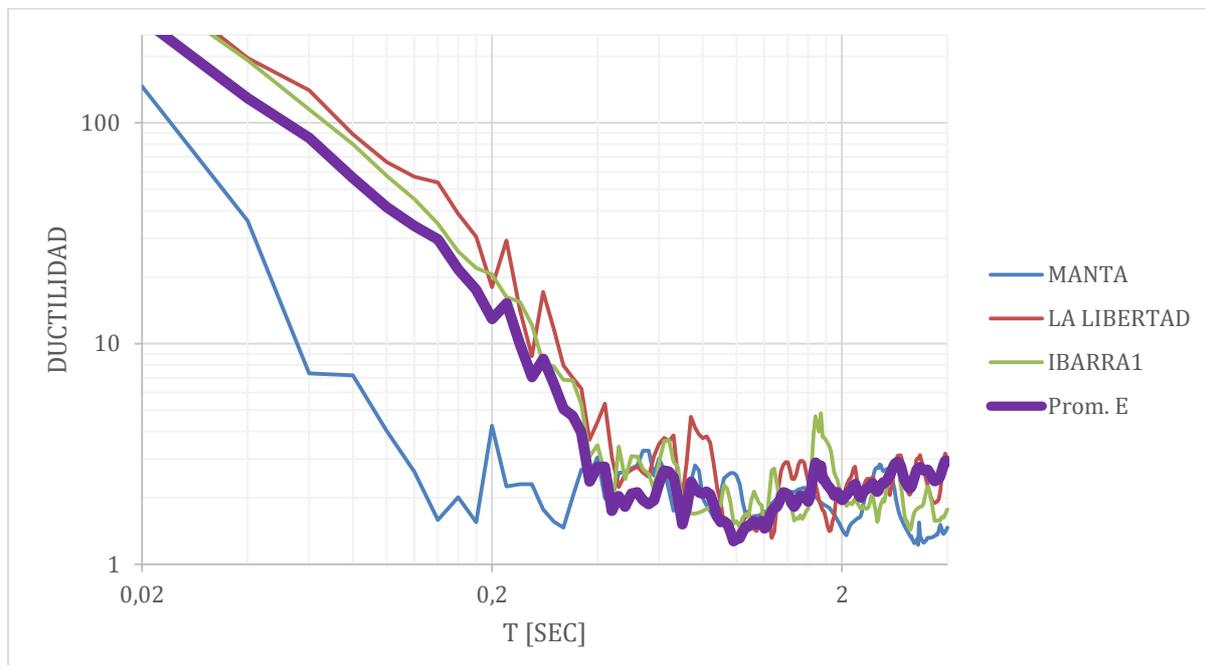


Figura 210: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad R_y 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

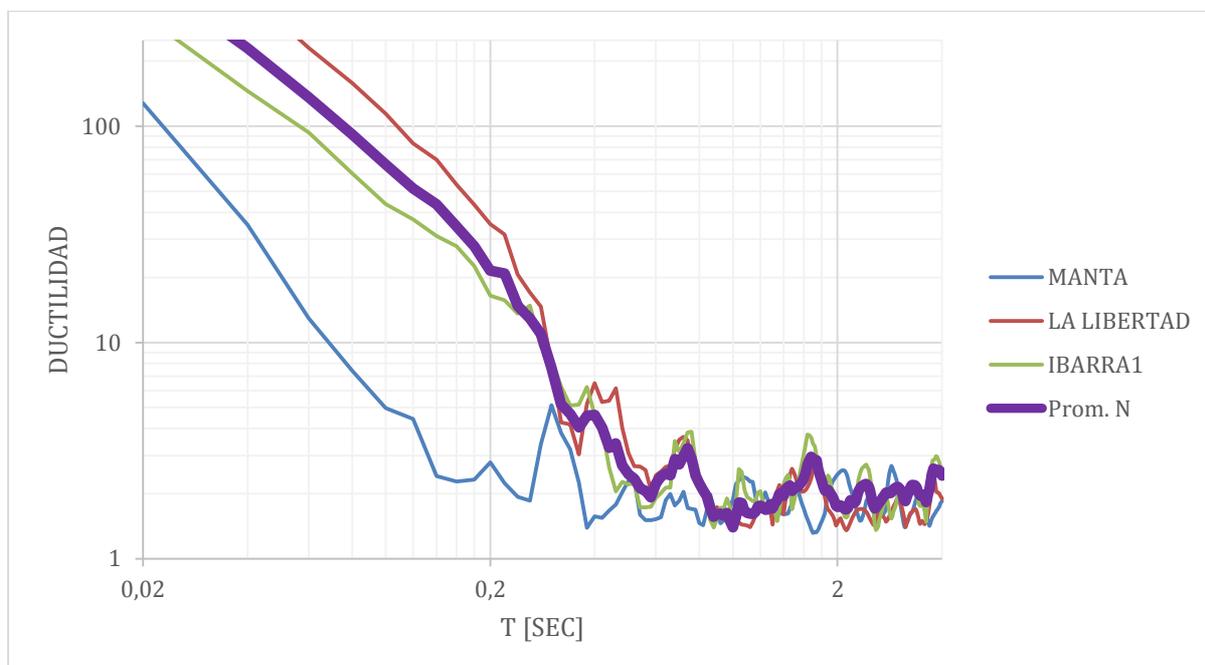


Figura 211: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad R_y 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

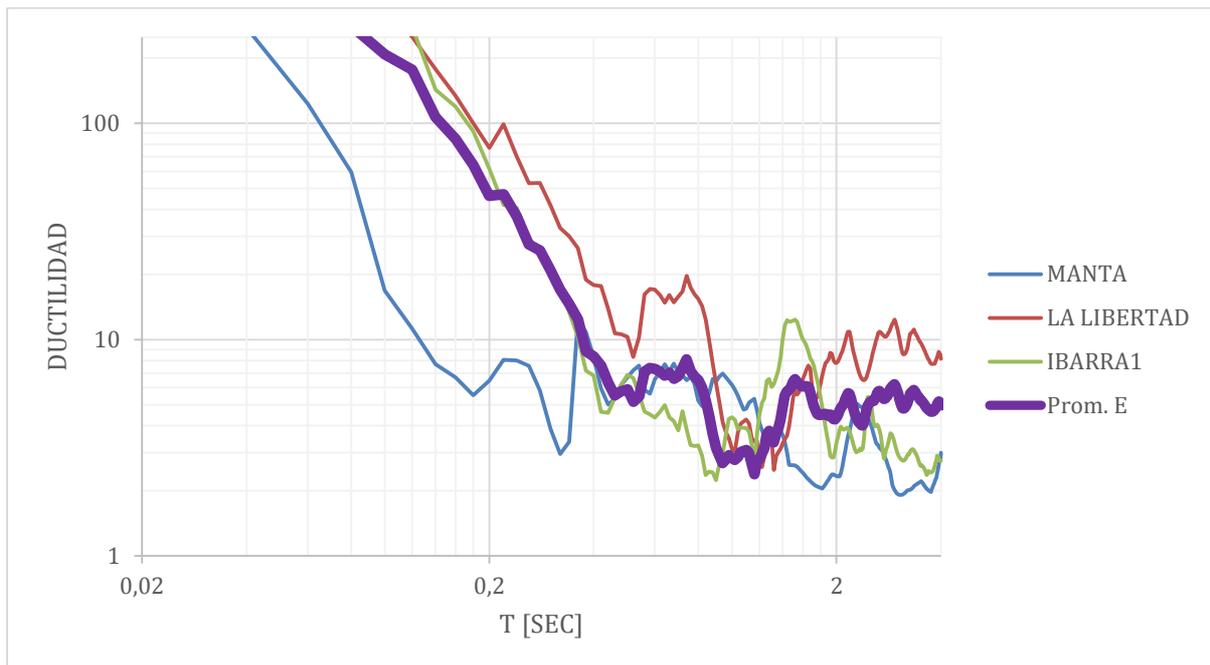


Figura 212: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad $R_y 4$ para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

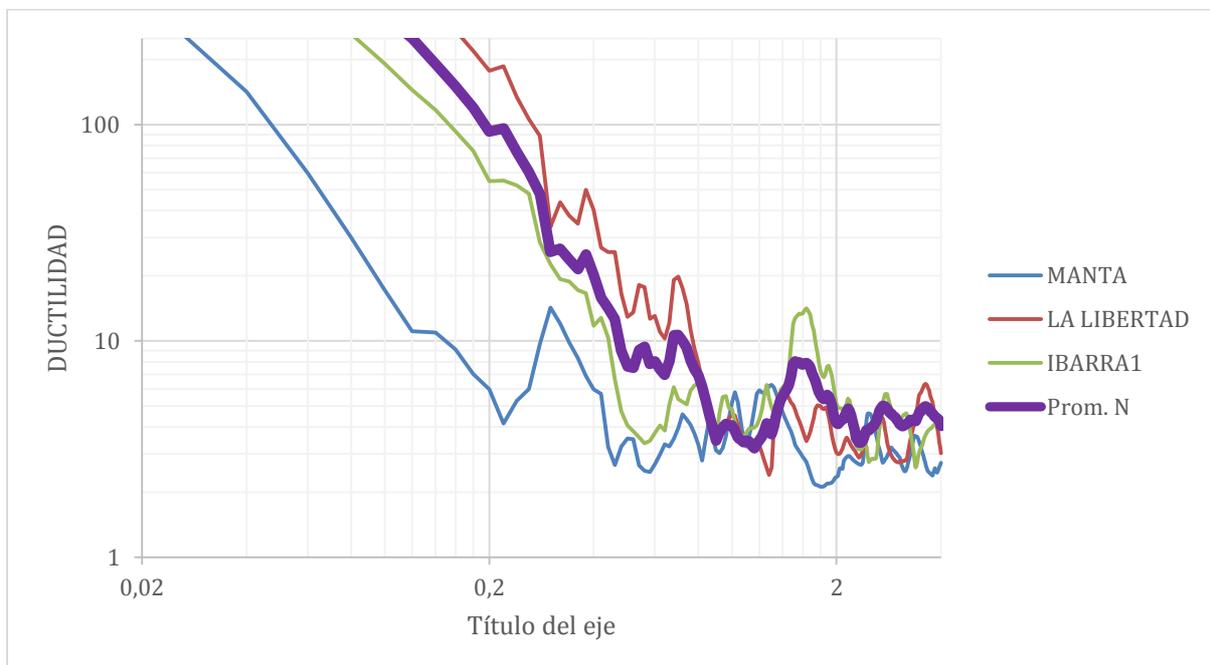


Figura 213: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad $R_y 4$ para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

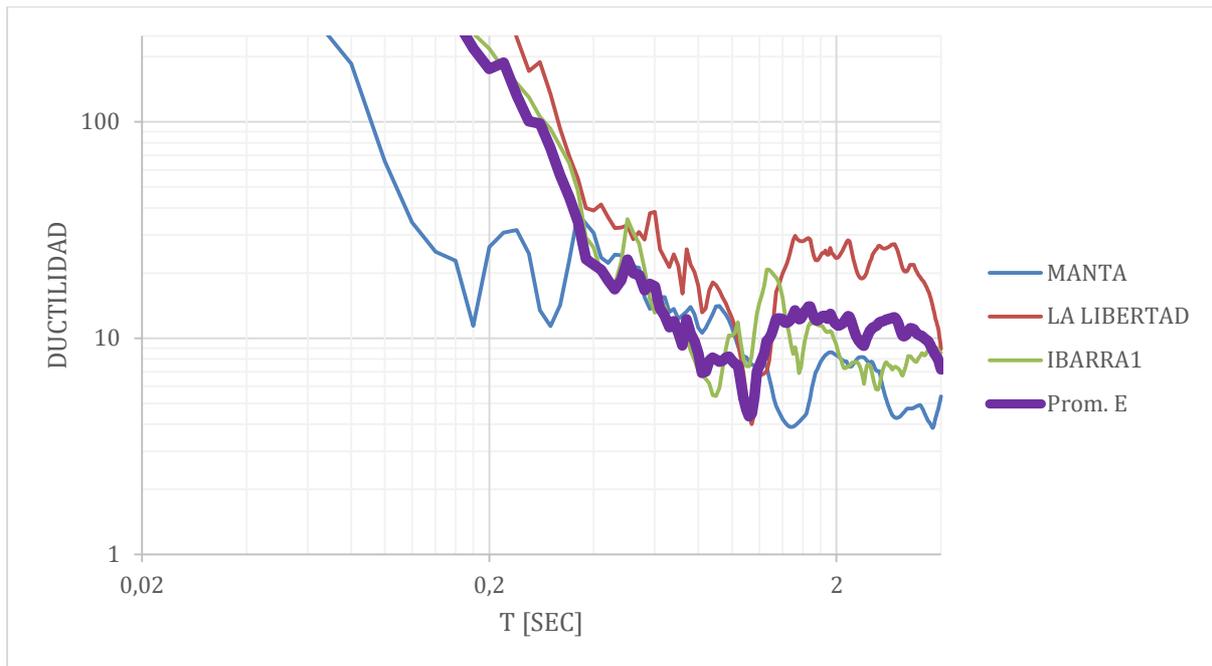


Figura 214: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad R_y 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

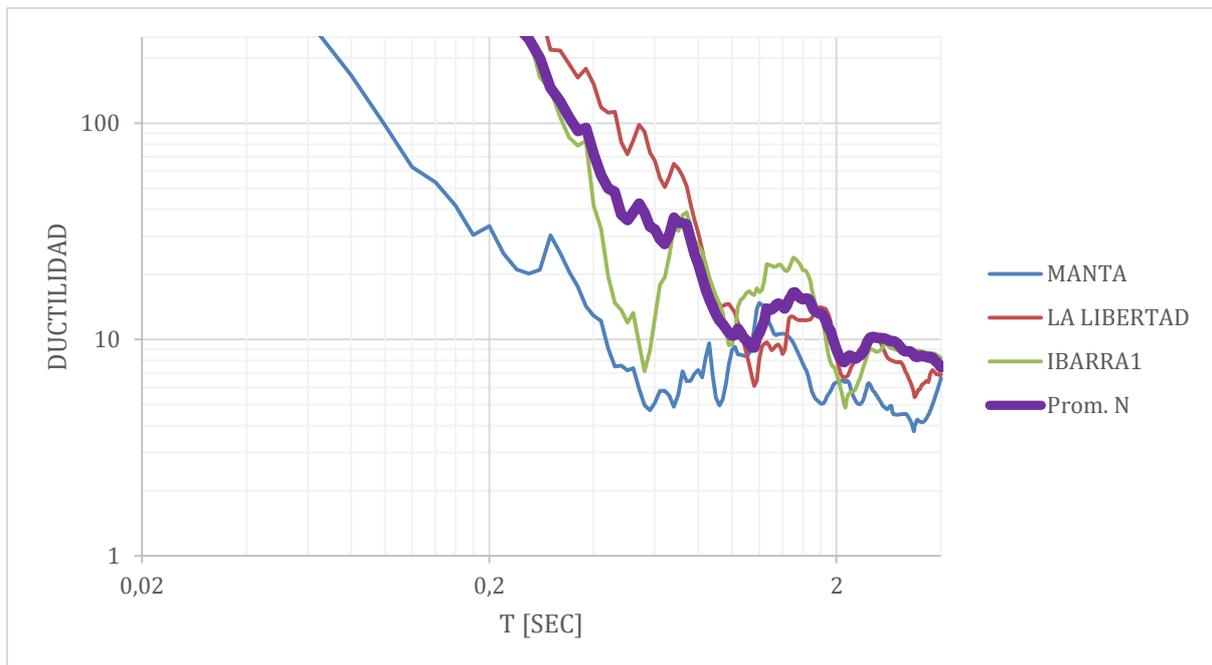


Figura 215: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad R_y 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

A partir de los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para un R_y de 2, se puede observar que para periodos pequeños de hasta 0.4 segundos, la demanda de ductilidad se puede idealizar como una recta con pendiente negativa para ambas componentes. Para la componente Este Oeste hasta los 0.24 segundos, la demanda es muy alta mayor a 100 hasta 8, después que a partir de los 0.4 segundos se puede observar que tiende a ser constante demandando una ductilidad de 1 a 3. Para la componente Norte Sur, para periodos de 0.44 segundos en adelante se tiende a ser constante de igual manera con demandas de ductilidad de 1 a 3, a partir de los 2 segundos la demanda es constante de 1.5 a 2.

Para los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para un R_y de 4, para ambas componentes las curvas de las respuestas promediadas muestran que a estructuras de 0 a 0.10 segundos la demanda de ductilidad es mayor a 100, de 0.12 segundos hasta 0.44 segundos la demanda de ductilidad es una recta con una pendiente negativa en donde las ductilidades decrecen de 10 a 7, esto para ambas componentes. A partir de los 4 segundos las demandas tienen a ser constantes, en donde en la componente E las demandas son de 4 a 7 sin embargo, en los periodos de 1 a 1.5 segundos hay una demanda constante de aproximadamente 3. Para la componente Norte a partir del 1 segundo se vuelve constante con una ductilidad de 4, de 1.32 a 2 aumenta hasta 8.

Se puede visualizar que en los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para un R_y de 8, que para estructuras de periodos cortos de 0 a 0.2 segundos son demandas de ductilidad mayores a 100 de ahí para ambas componentes la demanda de ductilidad hasta 0.8 y 1 segundos para las componentes Este y Norte respectivamente las demandas son mayores a 10, y en adelante para todas las estructuras la demanda es muy alta y difíciles de conseguir mayores a 8.

Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros elásticos

Los espectros elásticos de respuesta de aceleración para todas las componentes:

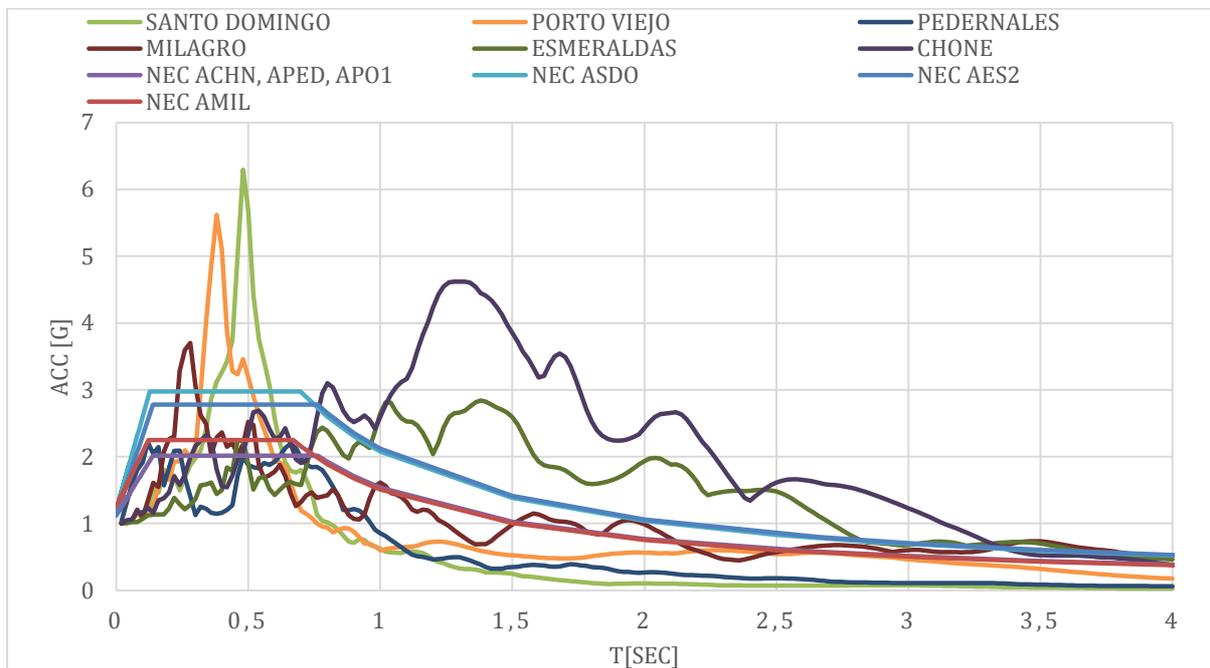


Figura 216: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

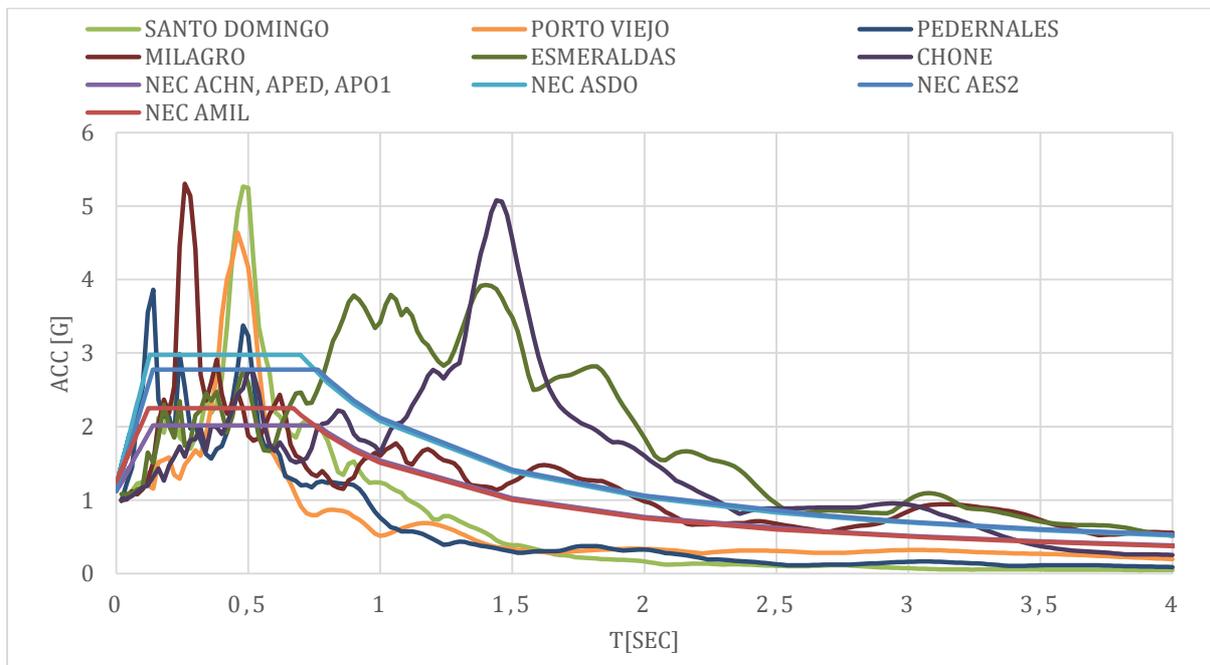


Figura 217: Espectro elástico de respuesta de aceleración normalizado para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para todas las componentes:

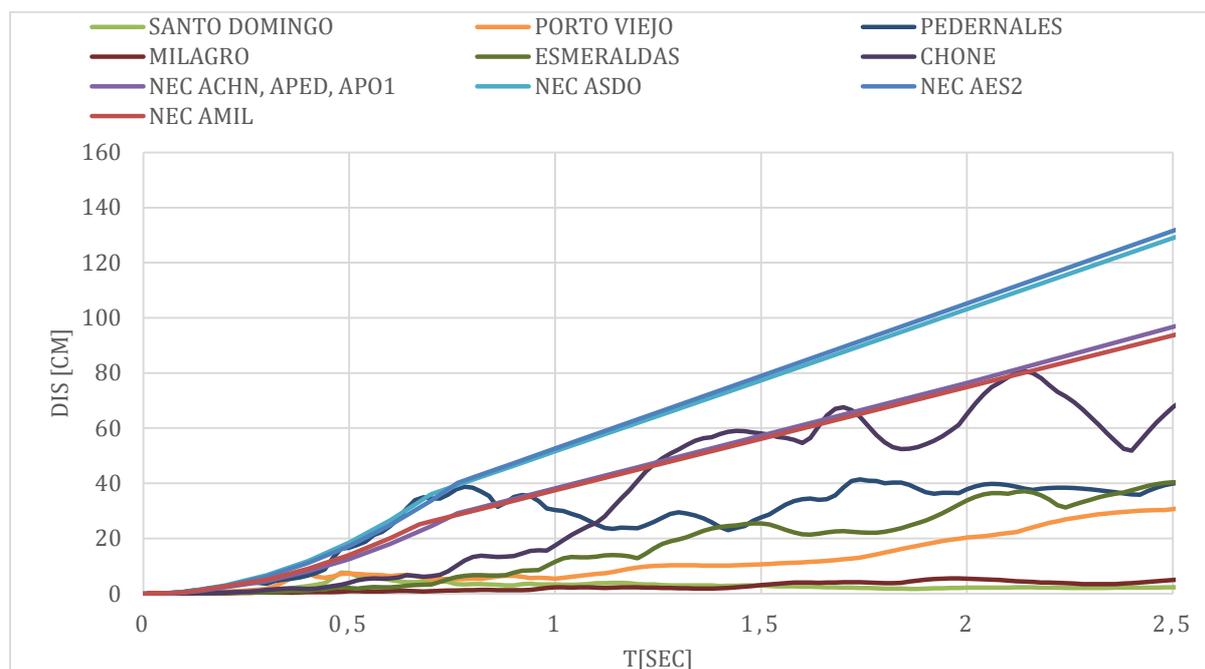


Figura 218: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

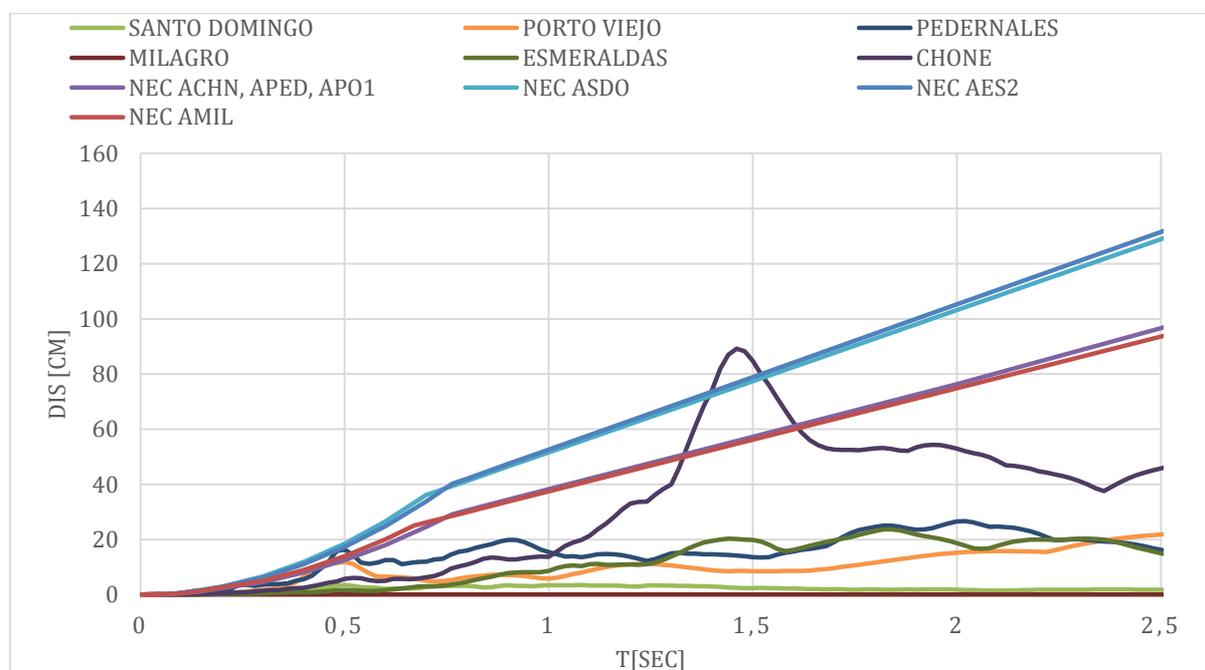


Figura 219: Espectro elástico de respuesta de desplazamiento para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

A partir de las figuras 216 y 217, los espectros elásticos de respuesta, se puede visualizar que los espectros de aceleración normalizados para las dos componentes, las magnitudes de aceleración de los espectros de diseño de la Norma no cubren a los espectros elásticos de respuesta en ciertos periodos. La forma de los espectros elásticos de respuestas de aceleración de los registros es similar a los espectros de la Norma, la mayoría de ellos excepto los de Chone y de Esmeraldas.

Los espectros de respuesta de desplazamiento la mayoría de ciudades se cubren con los espectros de la Norma Ecuatoriana de Construcción. En ambas componentes, la ciudad Chone es la única que supera su espectro correspondiente calculado con la Norma.

Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 1.5

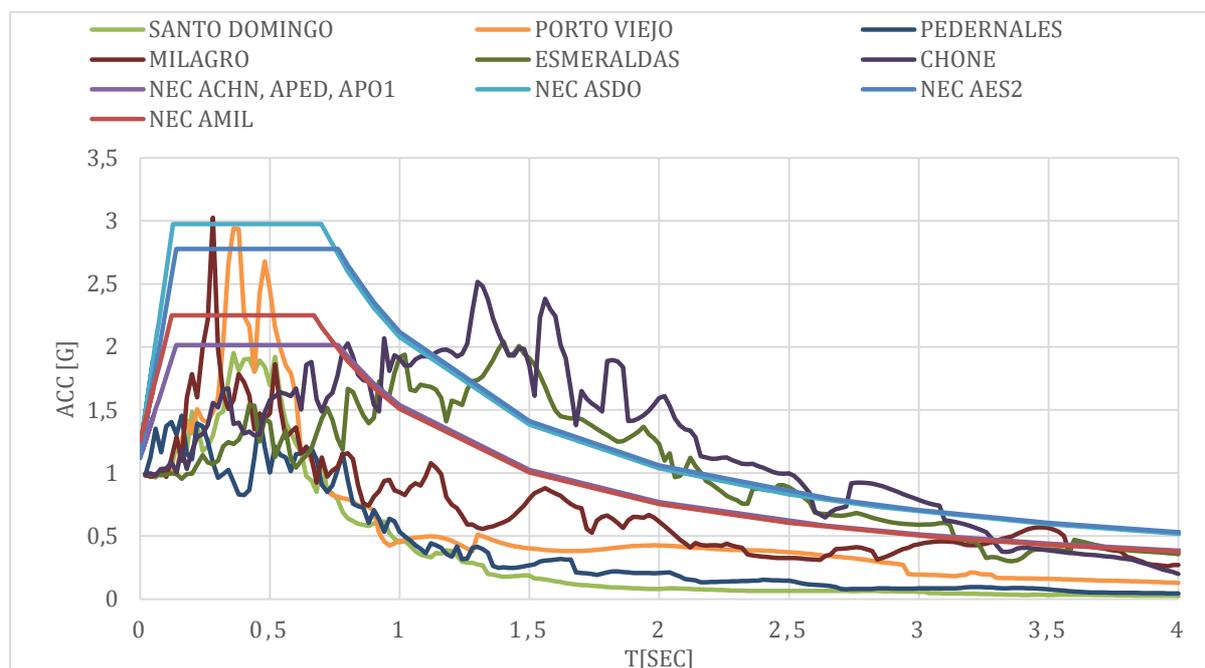


Figura 220: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

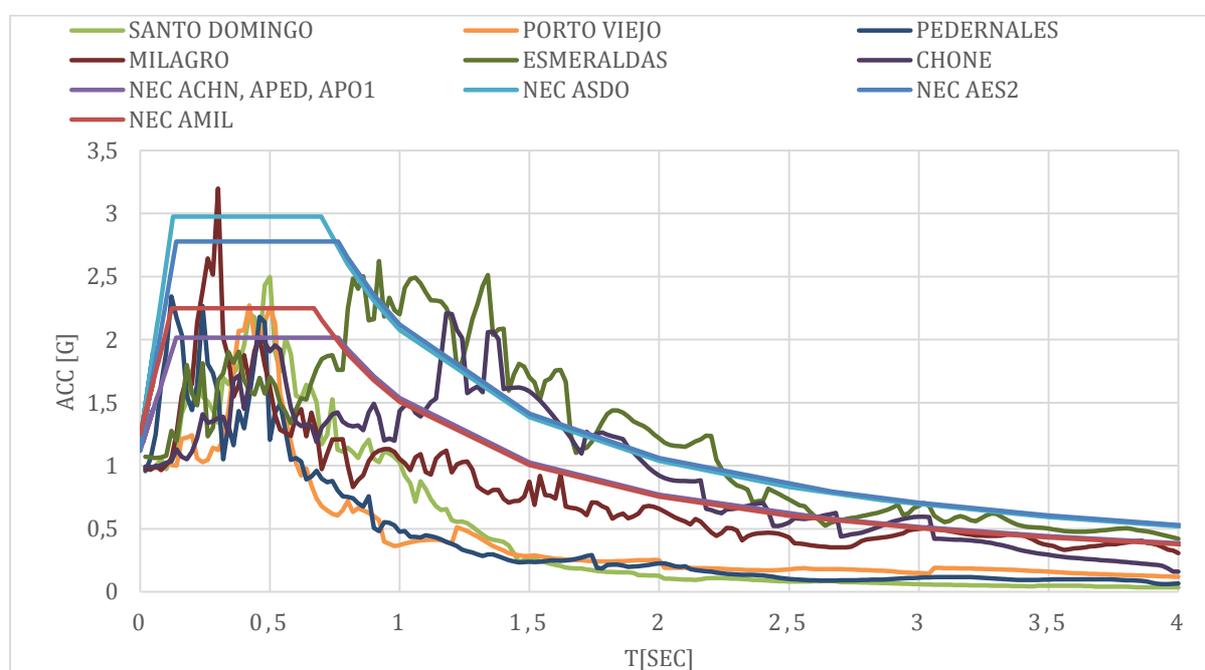


Figura 221: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para todas las componentes:

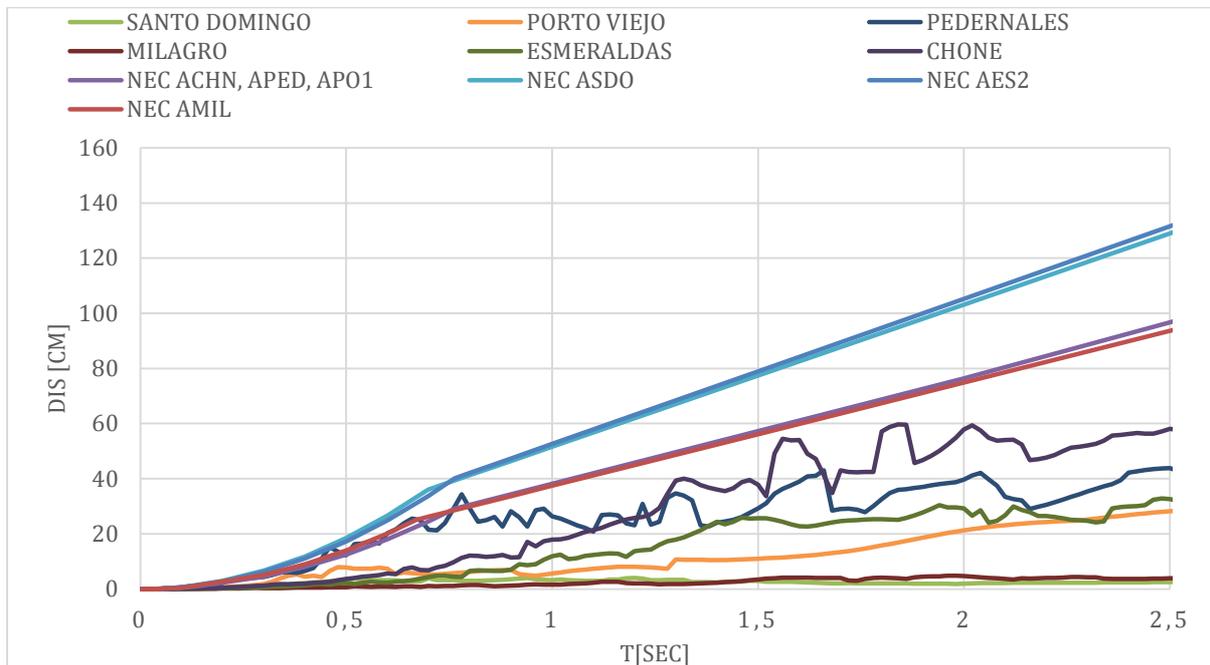


Figura 222: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

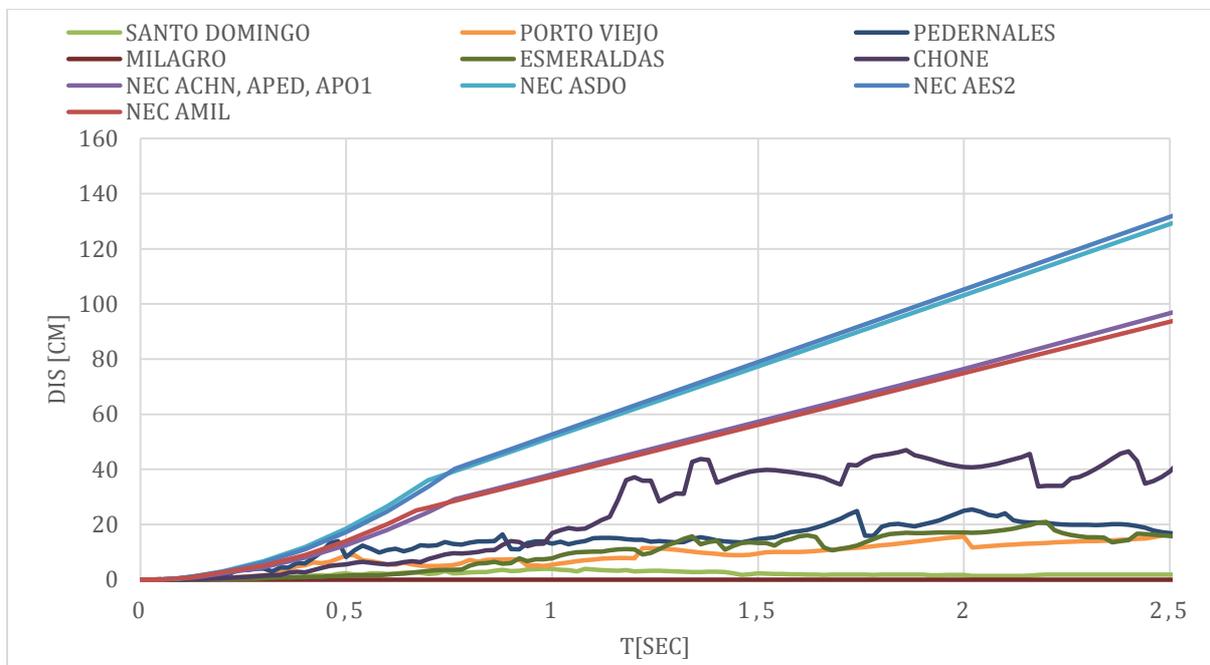


Figura 223: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 1.5 con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

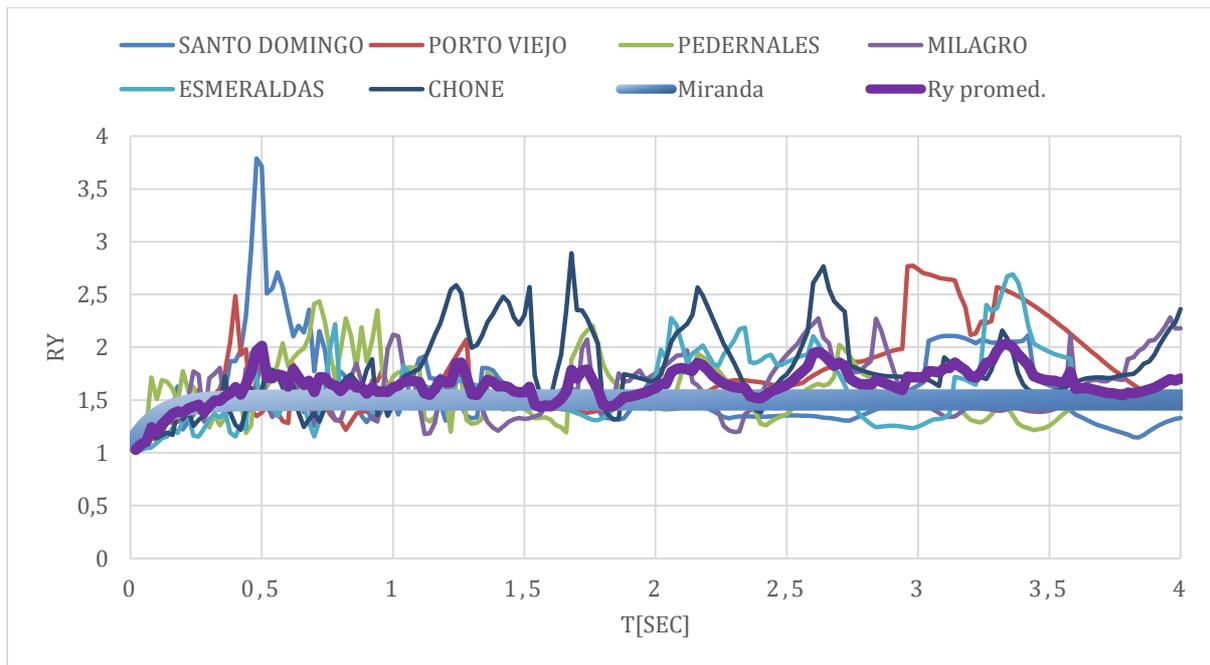


Figura 224: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

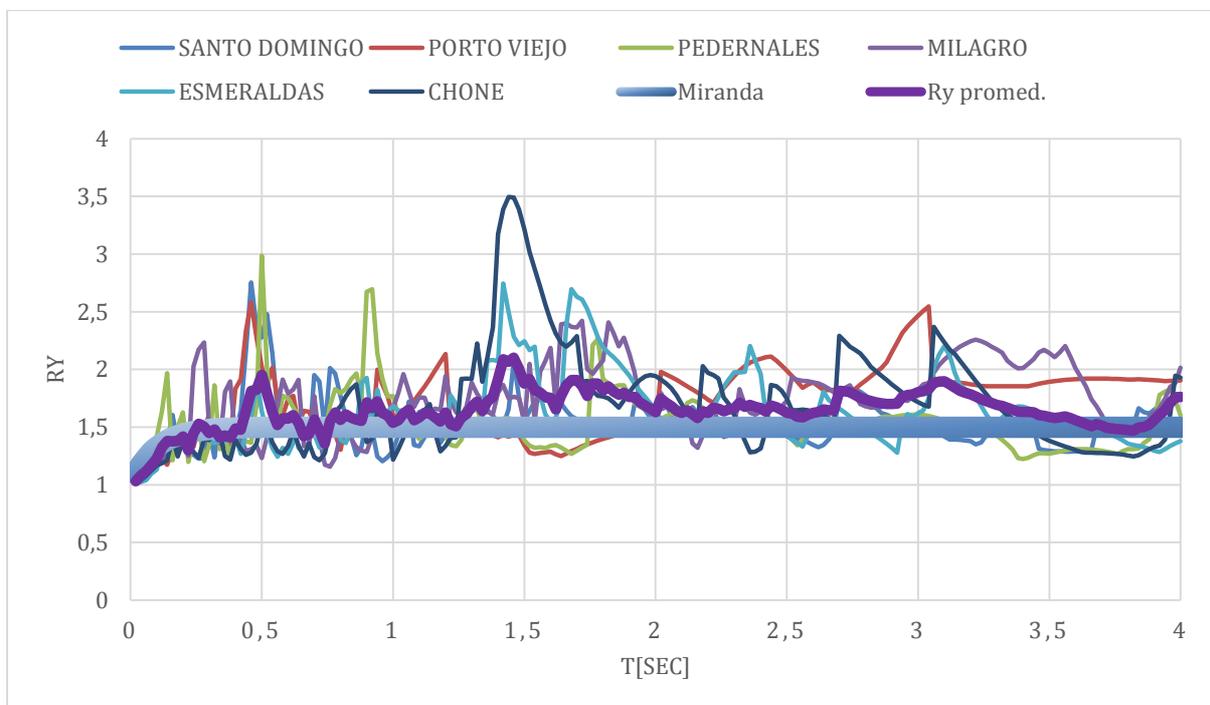


Figura 225: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Partiendo de las figuras 220 y 221, los espectros inelásticos de respuesta de aceleración para estructuras con una ductilidad de 1.5 comparados con los espectros de diseño en aceleración construidos basados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción respectivos para cada ciudad, se puede visualizar que ciertos espectros inelásticos de respuesta de aceleración, si son cubiertos por su respectivo espectro de diseño de la Norma, como es el caso del espectro inelástico de respuesta de aceleración de Pedernales, Santo Domingo y Esmeraldas. En el caso de Esmeraldas y Santo Domingo, esto sucede porque la norma exige que la razón de la aceleración espectral y la PGA para ciudades de la sierra y Esmeraldas sea igual a 2.48, mientras que para las ciudades de la costa es 1.48. Los espectros inelásticos de respuesta de aceleración para ductilidad de 1.5 del resto de ciudades aún no son cubiertos por sus respectivos espectros de diseño en aceleración propuestos a partir de la Norma. En el caso de los espectros inelásticos de respuesta de desplazamientos para estructuras con ductilidad de 1.5, estos ya son cubiertos en su totalidad en las dos componentes por sus respectivos espectros de respuesta de desplazamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción como se observa en las figuras 222 y 223.

Una vez construidos los espectros inelásticos de respuesta de R_y para estructuras con una ductilidad de 1.5, se procedió a promediar todas las respuestas y obtener una curva R_y promedio como se puede observar en las figuras 224 y 225 con el objetivo de facilitar la comparación con la curva obtenida a partir de la ecuación de Miranda, 1997. Se puede ver que la similitud es clara entre ambas curvas para las dos componentes con una similitud de 62% y 59% para el Este y Norte respectivamente; sin embargo, en los periodos de 1.2 a 3.3 segundos en la componente norte la curva del R_y promediado se encuentra ligeramente más arriba, pero la tendencia es la misma.

Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 2

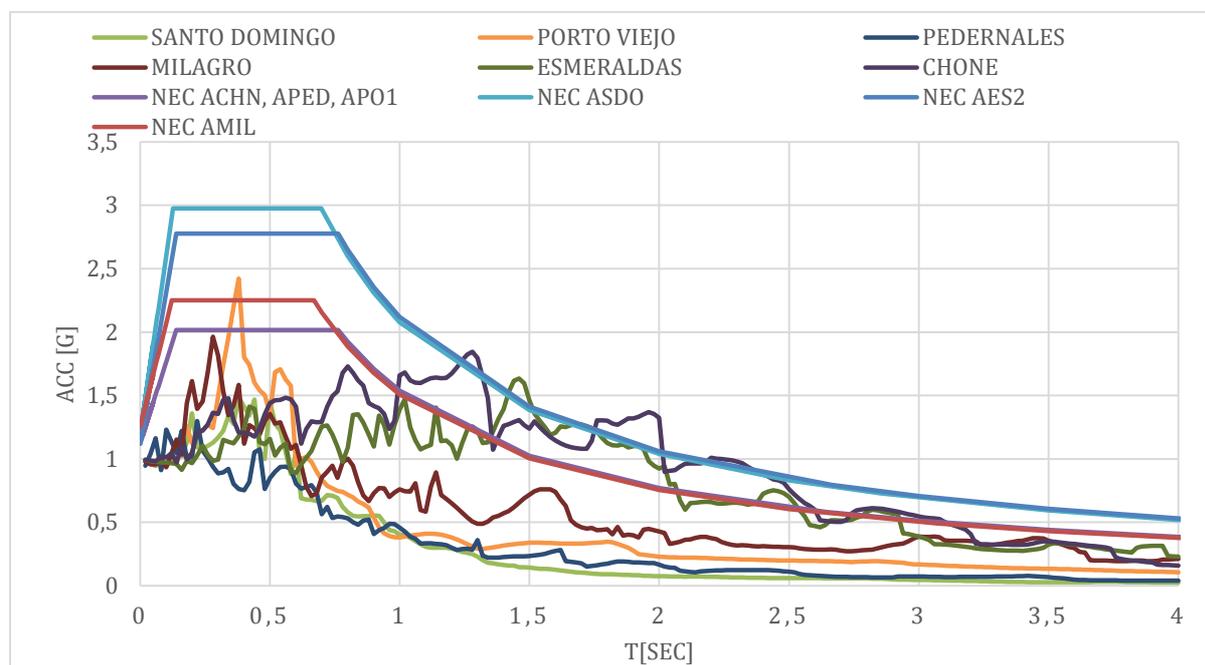


Figura 226: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

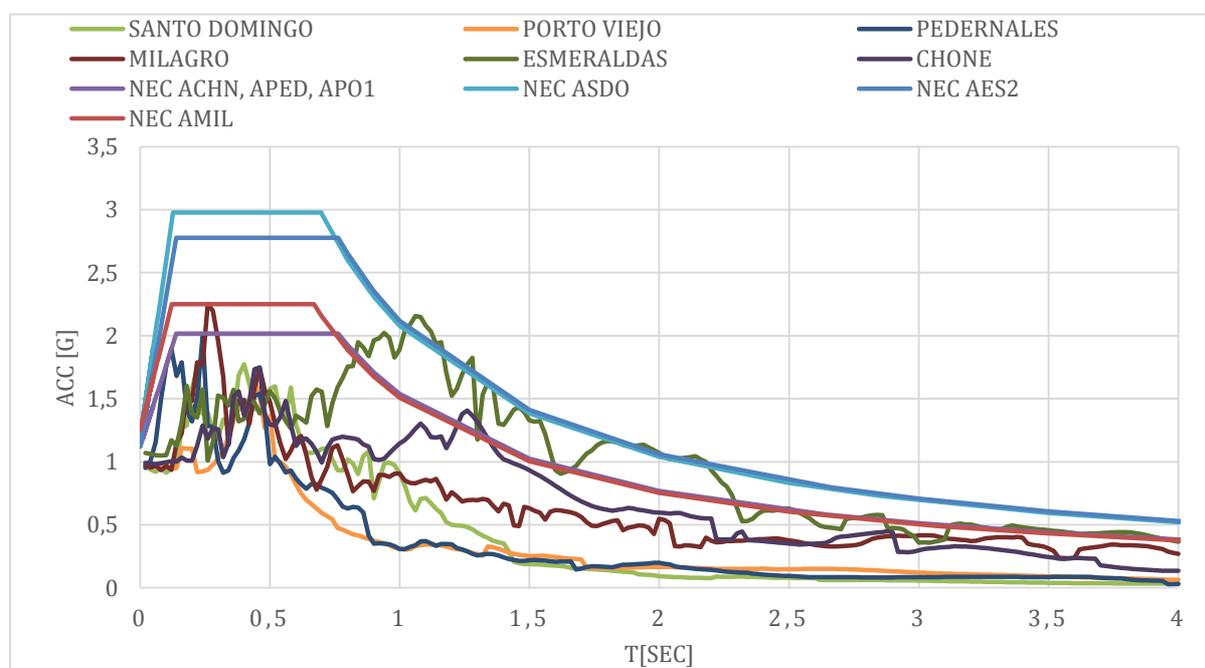


Figura 227: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para todas las componentes:

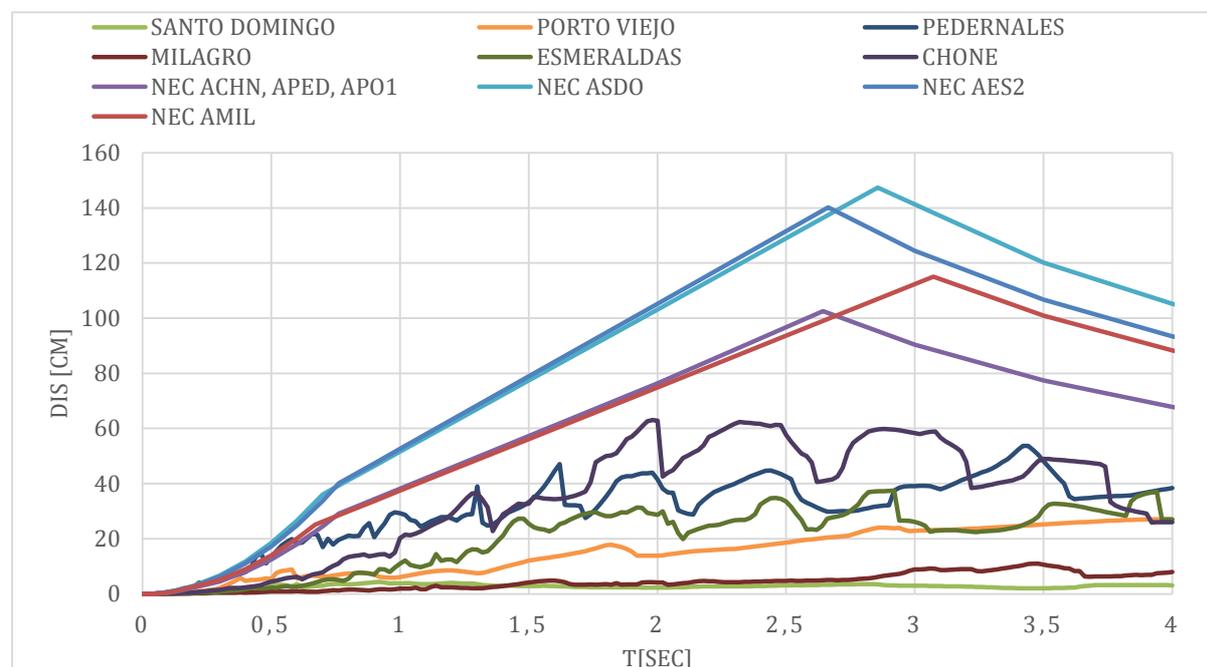


Figura 228: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

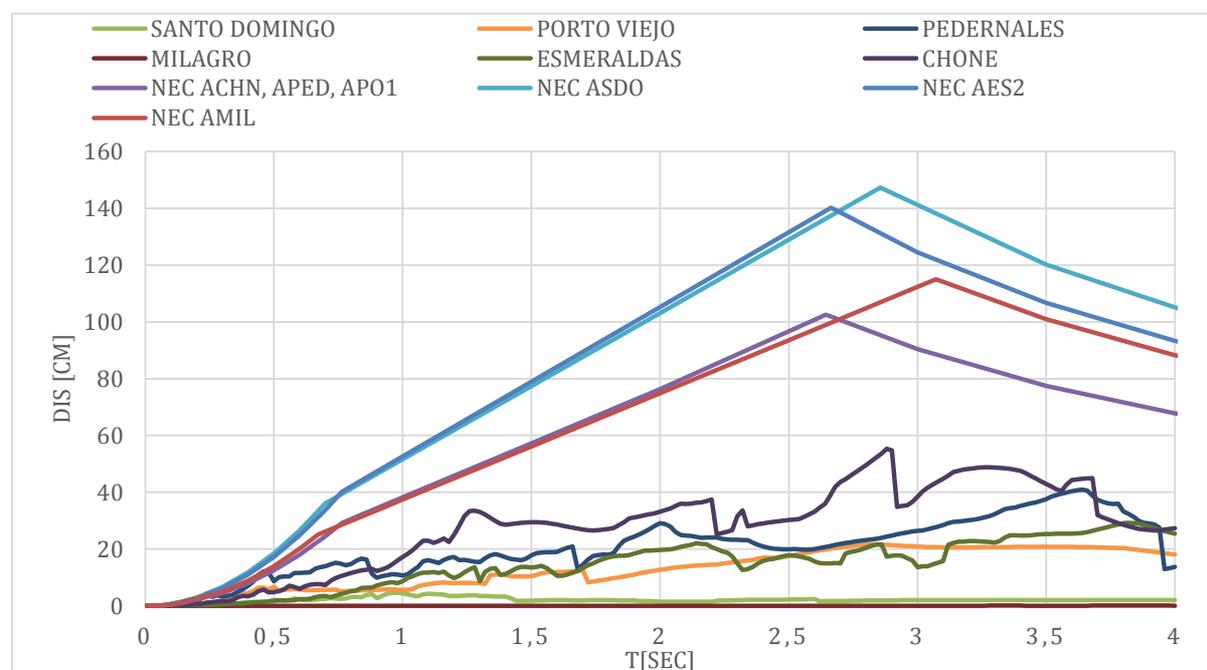


Figura 229: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 2 con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

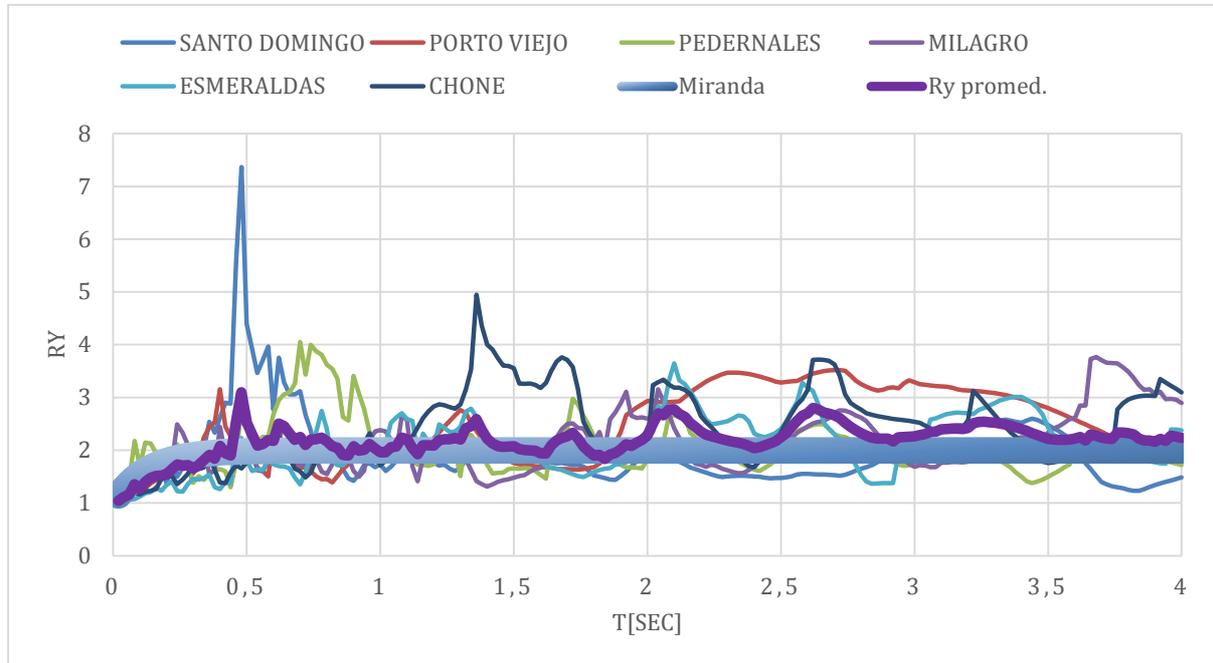


Figura 230: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

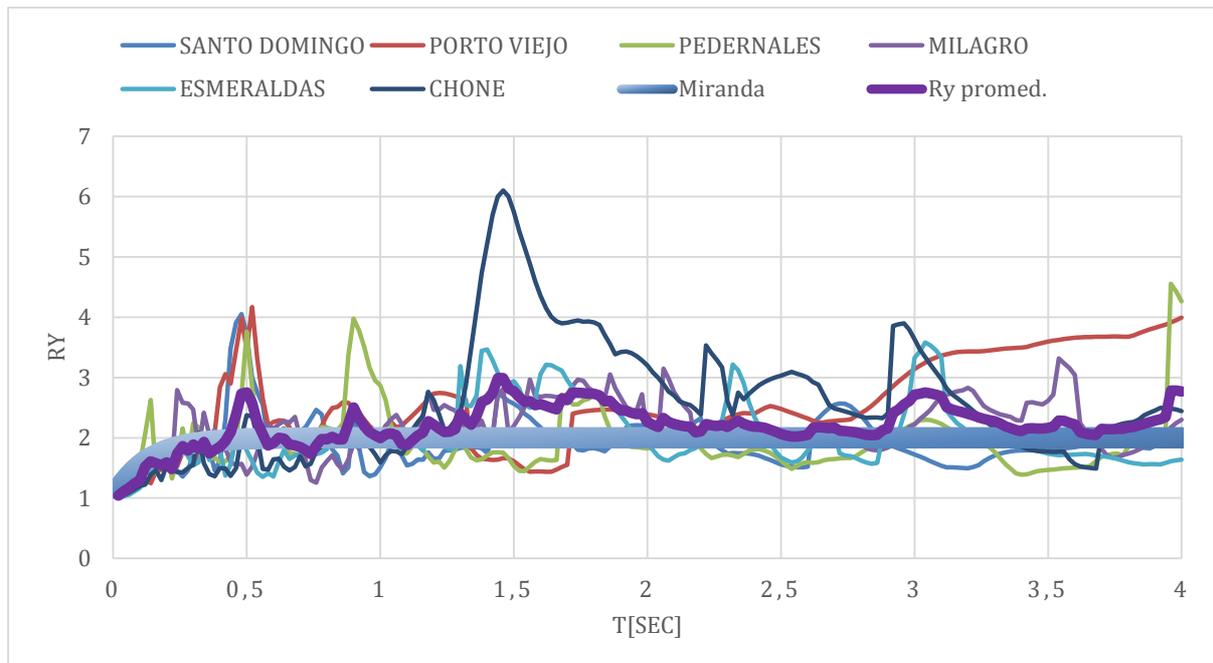


Figura 231: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Las figuras 226 y 227 de espectros inelásticos de respuesta de aceleración para estructuras con una ductilidad de 2, demuestra que al aumentar la magnitud de la ductilidad las aceleraciones a las que las estructuras serán sometidas disminuyen. Esto es notorio, ya que a esta ductilidad son pocas ciudades las que no son cubiertas con su respectivo espectro de diseño en aceleración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Los registros en ciudades con espectros inelásticos de respuesta de aceleración para una ductilidad de 2 son solo Portoviejo, Chone y Milagro en la componente Norte. Portoviejo ya está cubierto. Para los espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento para estructuras que presenten una ductilidad de 2, el comportamiento es el mismo descrito anteriormente. Los espectros de diseño en desplazamientos de la Norma son mayores y cubren a sus respectivos espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento con ductilidad de 2 tal como se puede ver en las figuras 228 y 229.

En cuanto a los espectros inelásticos de respuesta de R_y , para su análisis se procedió de la misma manera anterior, por lo tanto, se puede observar la curva R_y promedio en ambas componentes y al compararla con la curva calculada a partir de la ecuación propuesta por Miranda, 1997 es fácil notar que la tendencia es bastante similar sobretodo en el espectro inelástico de respuesta de R_y de la componente este oeste con una relación de 68% como se puede observar en la Figura 230. En el caso de la componente norte sur la relación entre ambas curvas 63%, en los periodos de 1 a 2 segundos y de 2.9 a 3.9 segundos la curva de R_y promediada se encuentra un ligeramente desplazada hacia arriba como se visualiza en la Figura 231.

Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 4

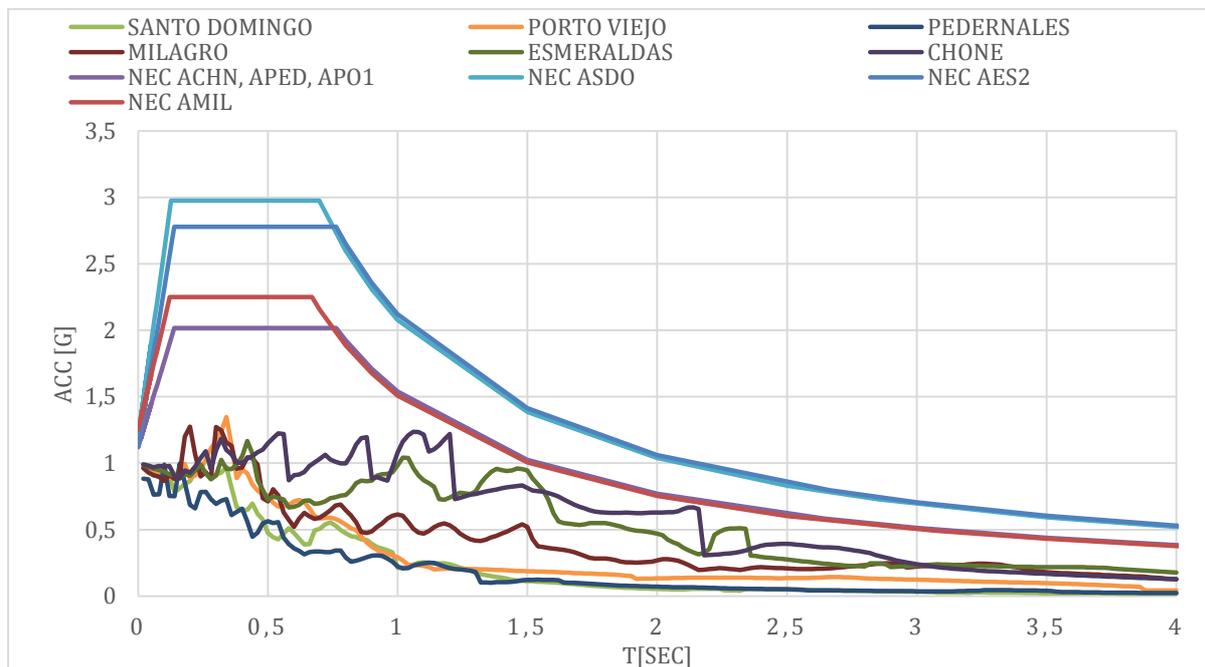


Figura 232: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

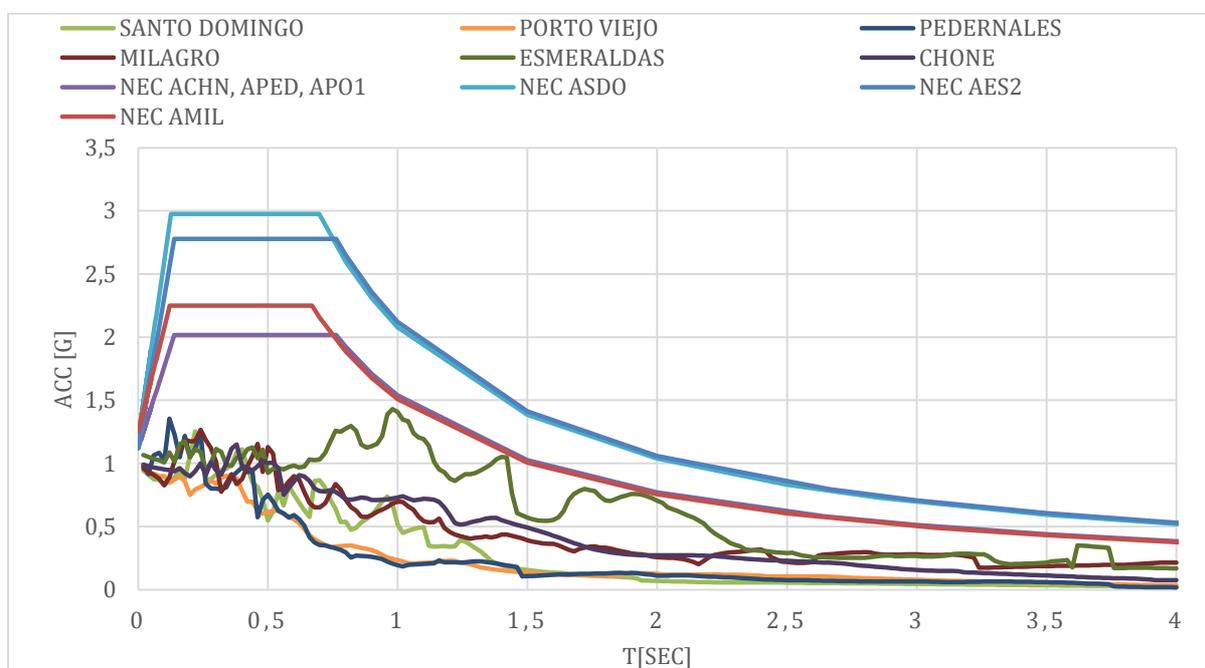


Figura 233: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para todas las componentes:

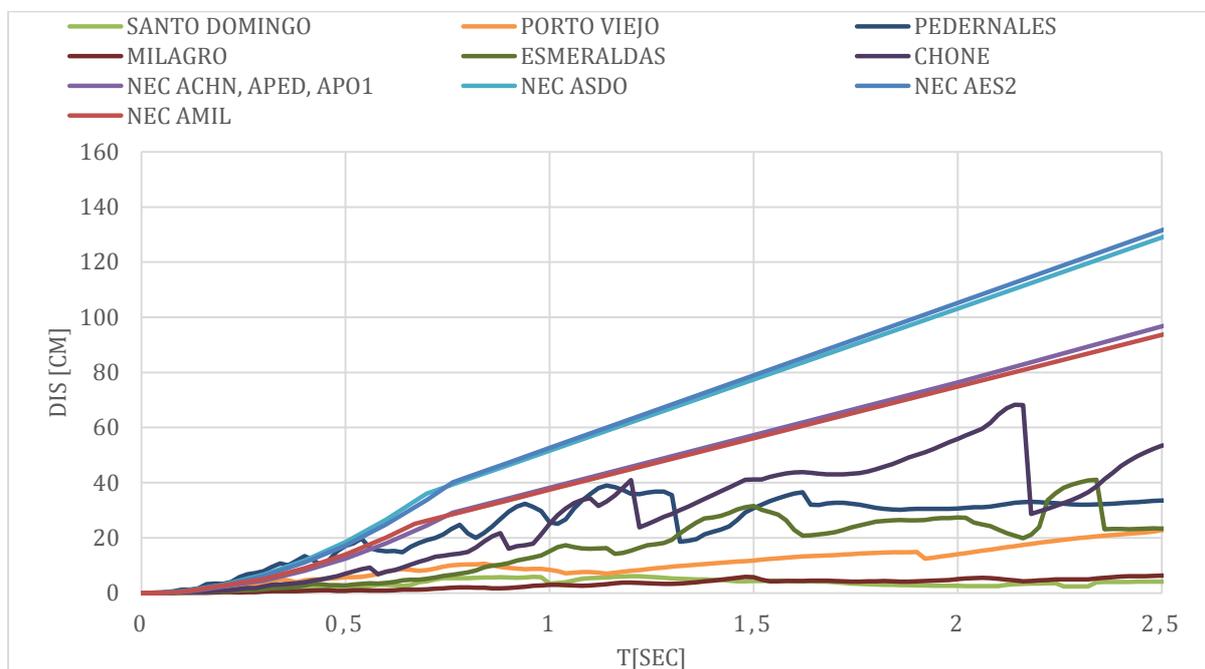


Figura 234: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

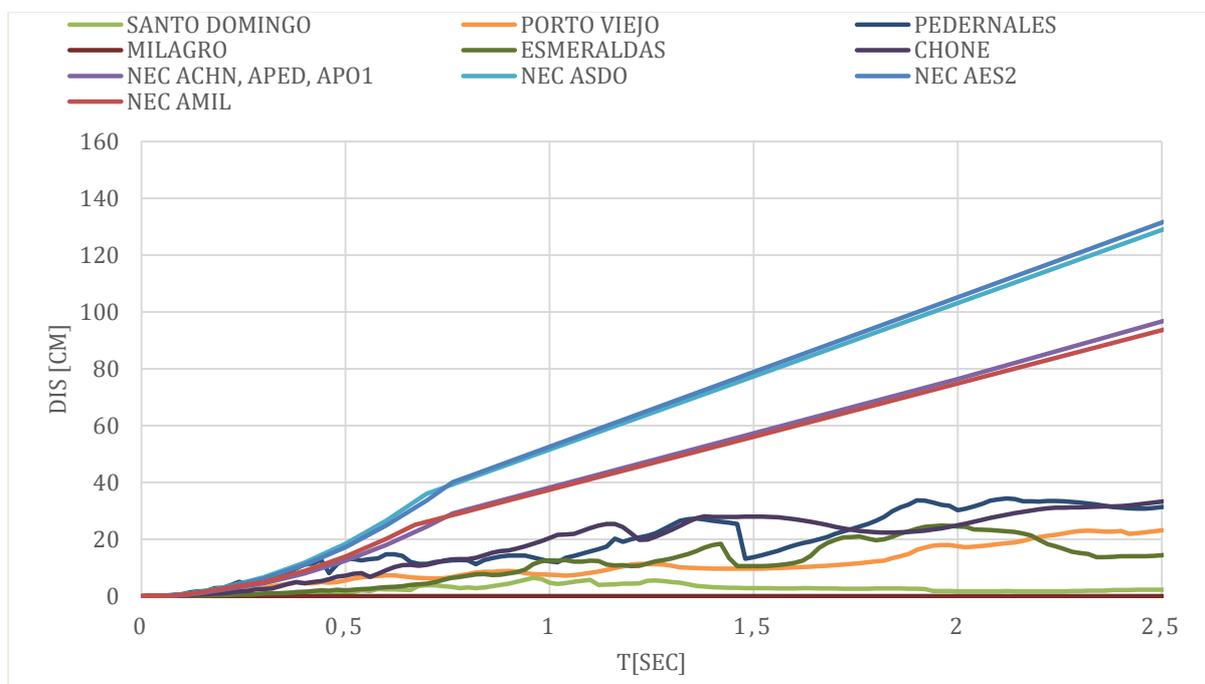


Figura 235: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 4 con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

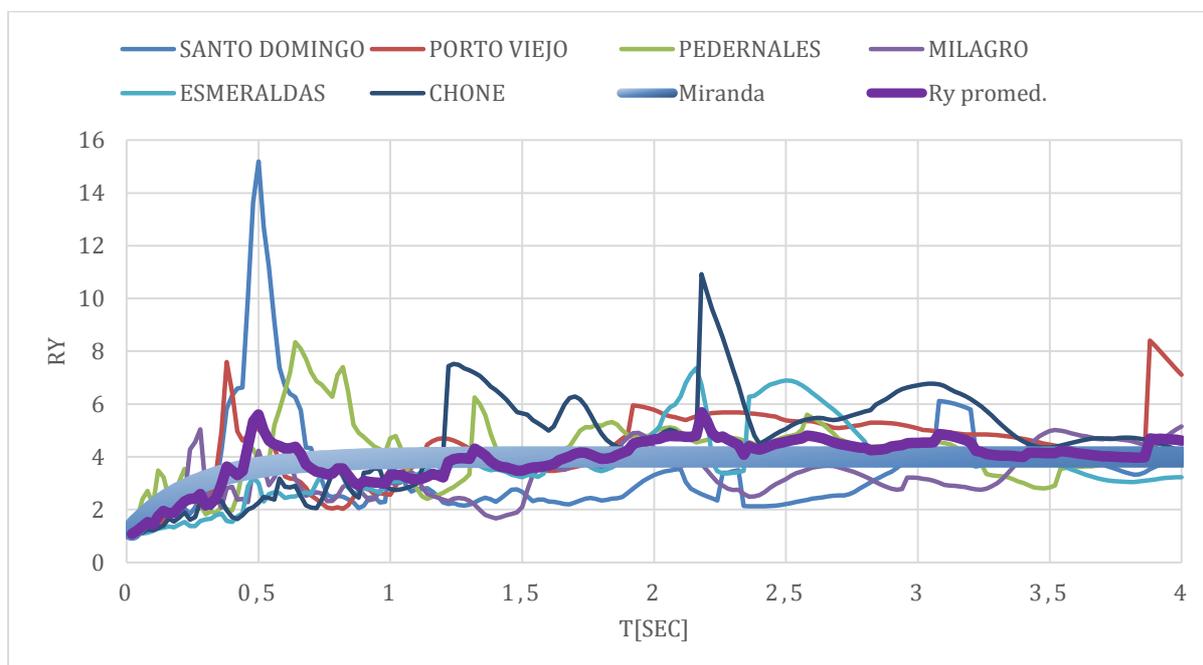


Figura 236: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

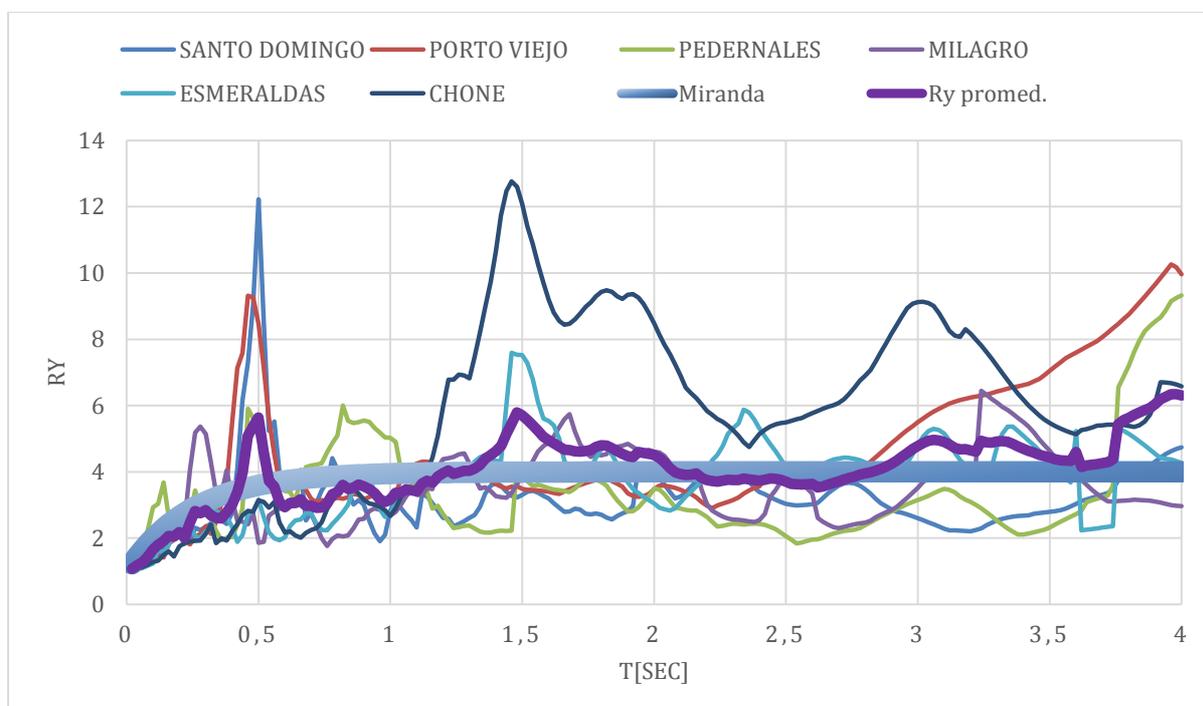


Figura 237: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Las figuras 232 y 233 de espectros inelásticos de respuesta de aceleración para estructuras que presenten una ductilidad de 4, muestra que los espectros inelásticos de respuesta de aceleración de todos los registros obtenidos de acelerógrafos ubicados en sobre un tipo de suelo D han sido superados y cubiertos por sus respectivos espectros de diseño en aceleración de la Norma Ecuatoriana de la Construcción en periodos de vibración de hasta 4 segundo. Por lo tanto, las estructuras en suelo D en las ciudades descritas en la tabla 3 requieren de una ductilidad de 4 para responder correctamente a las aceleraciones producidas por un terremoto similar al del 16 de abril de 2016. En cuanto a los espectros inelásticos de respuesta de desplazamiento para una ductilidad de 4, mantienen el comportamiento descrito anteriormente e incluso las magnitudes de desplazamiento para todas las ciudades son aun menores tal como se observa en las figuras 234 y 235.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y para una ductilidad de 4 se sometieron al mismo análisis que los de ductilidades menores, obteniendo la curva promediada de las respuestas de R_y en todas las ciudades para así facilitar la comparación con la curva calculada con la ecuación de Miranda, 1997 con una ductilidad de 4; comparándolas se puede demostrar que la curva de Miranda, 1997 es similar y tiene la misma tendencia. En el caso de la componente este-oeste la relación 76% esto es muy notorio, mientras que en la componente norte-sur la similitud entre las curvas es 68%, la curva de R_y promedio está ligeramente sobre la curva de Miranda, 1997, en ciertos periodos.

Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos con ductilidad 8

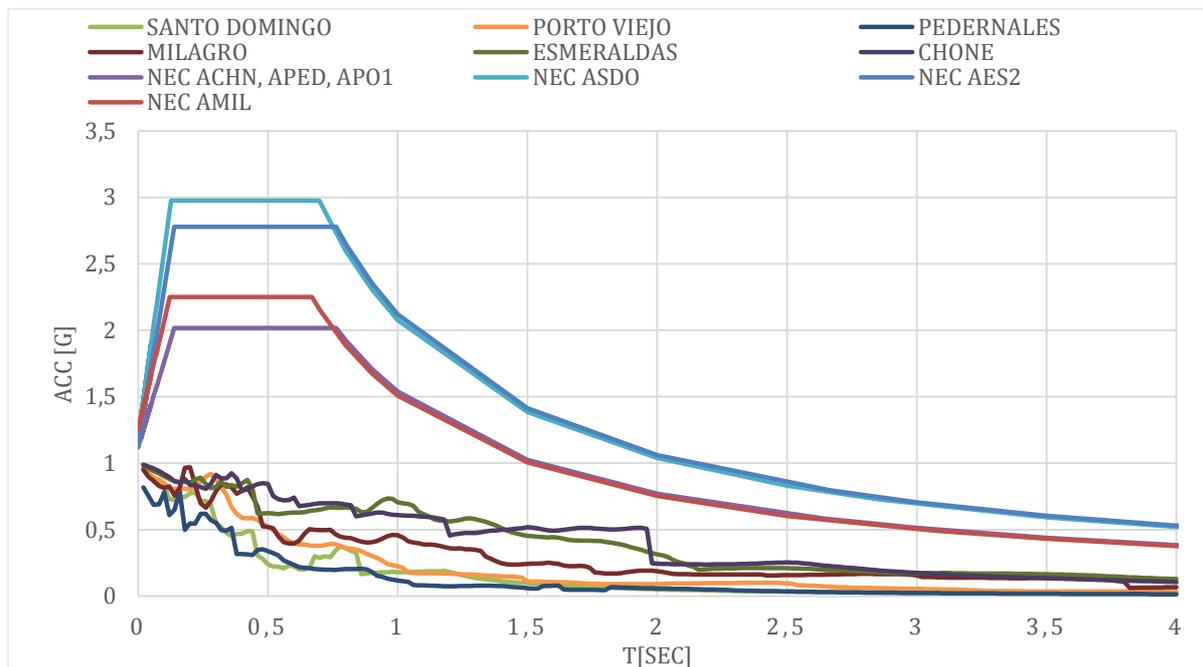


Figura 238: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

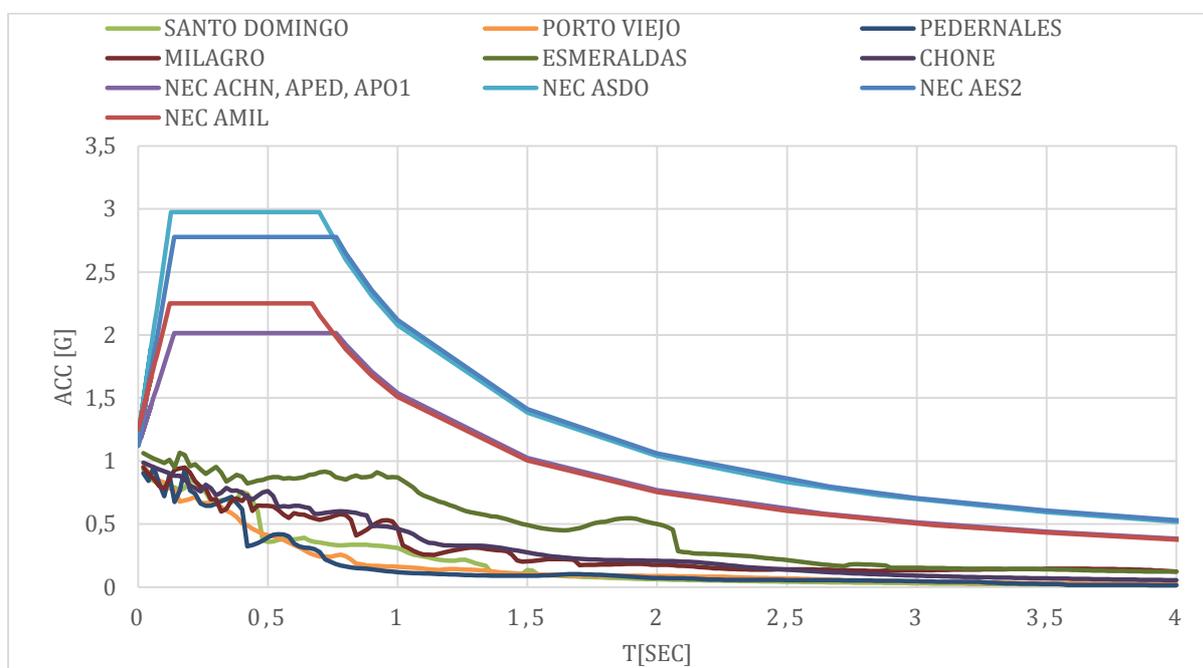


Figura 239: Espectro inelástico de respuesta de aceleración normalizado de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para todas las componentes:

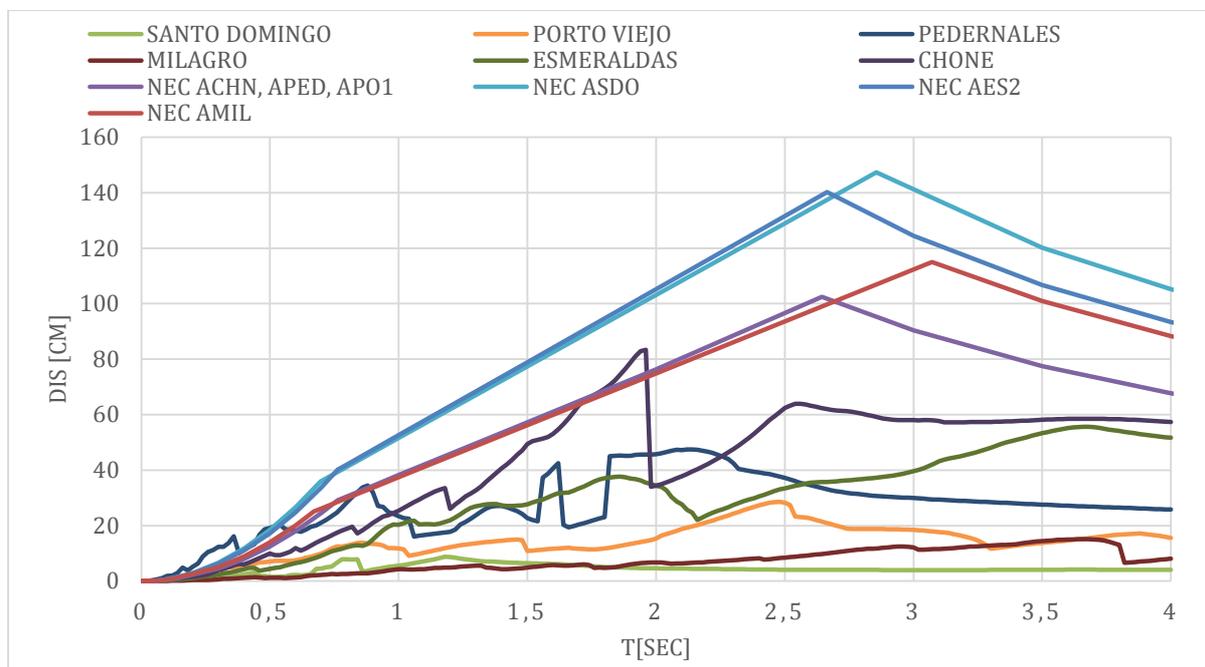


Figura 240: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

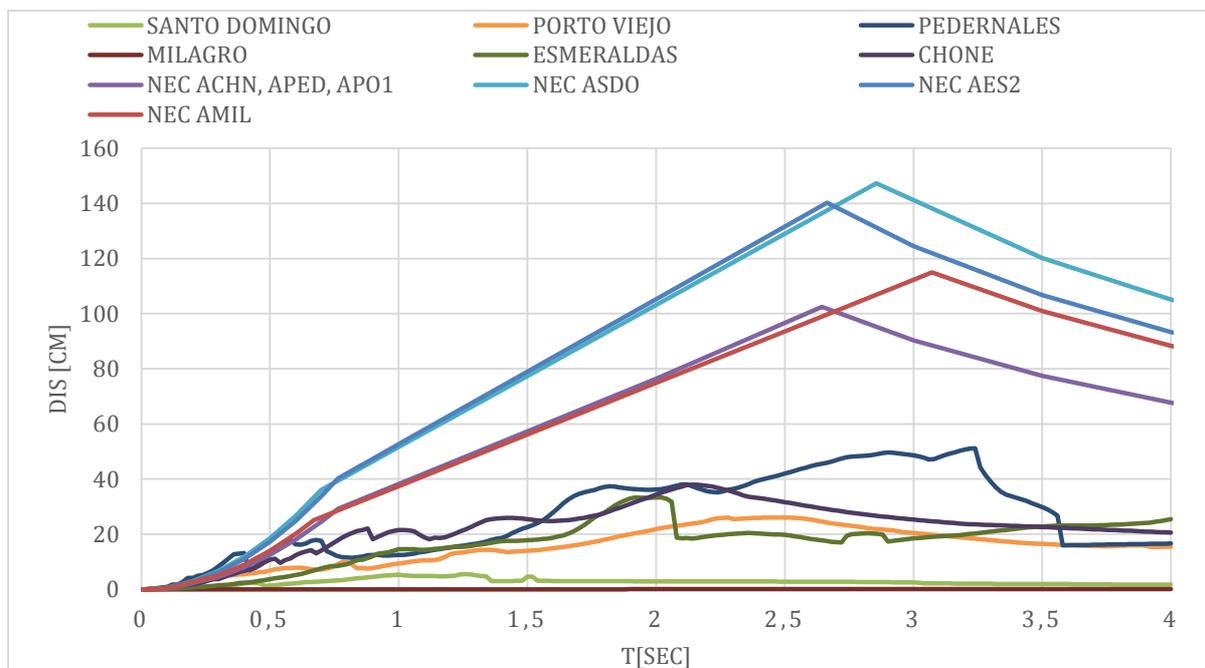


Figura 241: Espectro inelástico de respuesta de desplazamiento de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Los espectros inelásticos de respuesta de R_y de ductilidad 8 con la ecuación propuesta por Miranda, 1997:

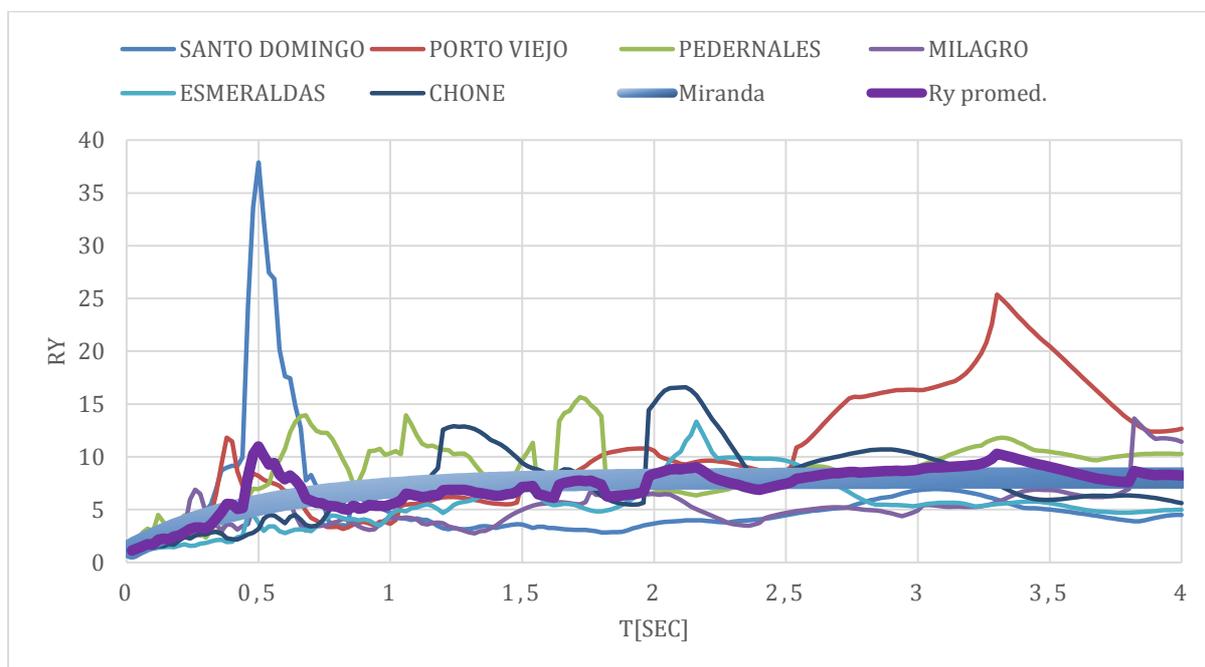


Figura 242: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

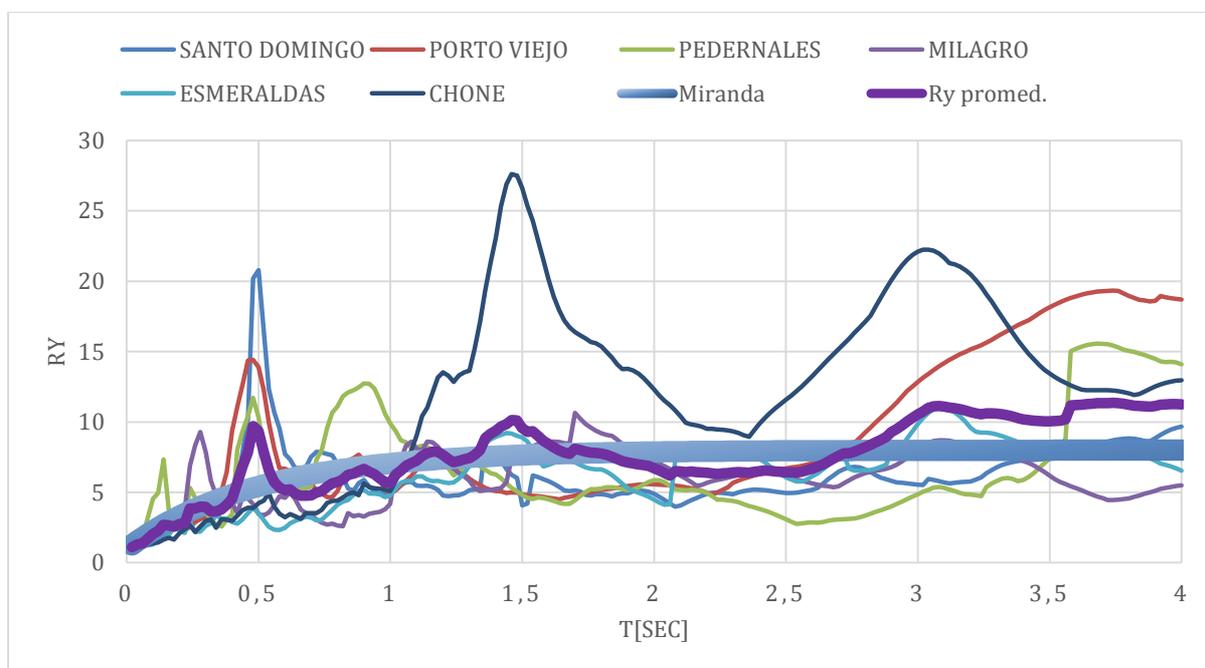


Figura 243: Espectro inelástico de respuesta R_y de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

A partir de las figuras 238, 239, 240 y 241 de los espectros inelásticos de respuesta de aceleración y desplazamiento para estructuras que tengan una ductilidad de 8 se puede observar, que el comportamiento de los espectros inelásticos de respuesta tanto de aceleración como de desplazamiento es similar a los de ductilidad de 4, es decir, los espectros inelásticos de respuesta de aceleración y desplazamientos obtenidos a partir de los registros ya han sido superados por los espectros de diseño en aceleración y desplazamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Al tener una ductilidad de 8 las aceleraciones y los desplazamientos son menores que los de ductilidades menores.

Una vez realizado el análisis de los espectros inelásticos de respuesta R_y para estructuras de ductilidad de 8 y promediar las respuestas obtenidas a partir de los registros obtenidos de los acelerógrafos ubicados en un suelo de tipo D, se graficó la curva de los promedios como se puede observar para así compararla con la curva realizada con la ecuación obtenida a partir del estudio realizado por Miranda, 1997 con una ductilidad de 8 y se puede observar que las curvas presenta una tendencia y forma semejantes en ambas componentes. Esto es más notorio en la componente Este-Oeste con una similitud de 78%, ya que en la componente Norte solo presenta una similitud de 75%, en ciertos periodos, la curva del promedio de las respuestas R_y está un poco arriba que la de la curva de Miranda.

Análisis de los registros en suelo tipo D para espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad con Ry 2, 4 y 8

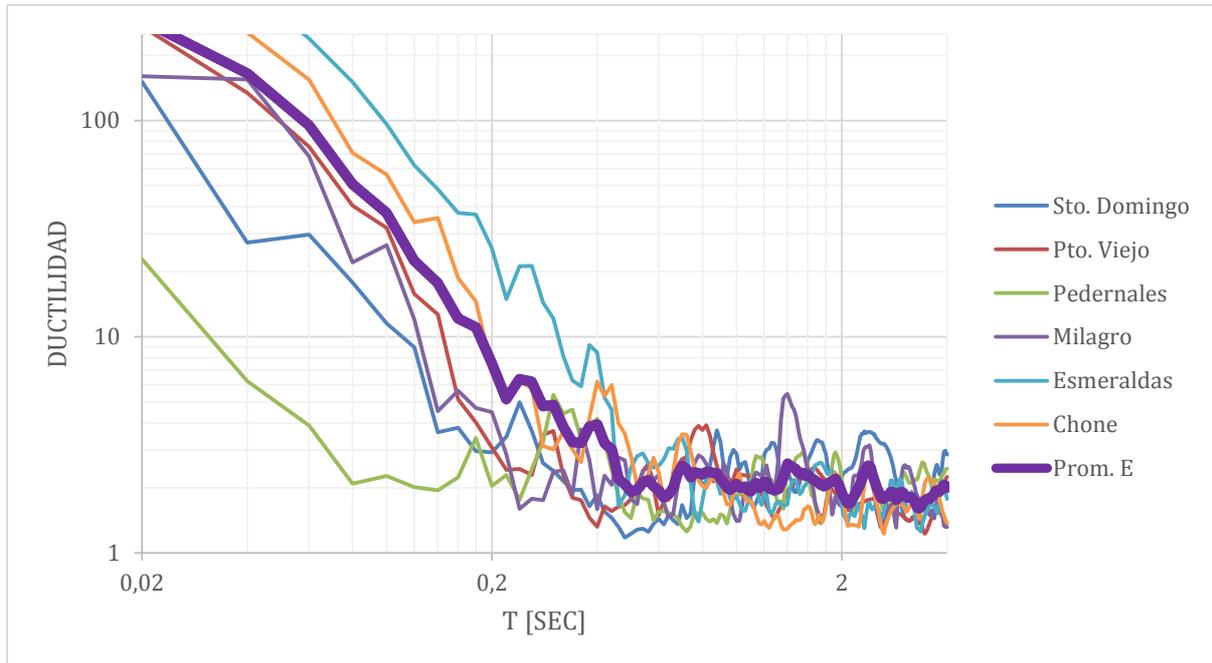


Figura 244: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

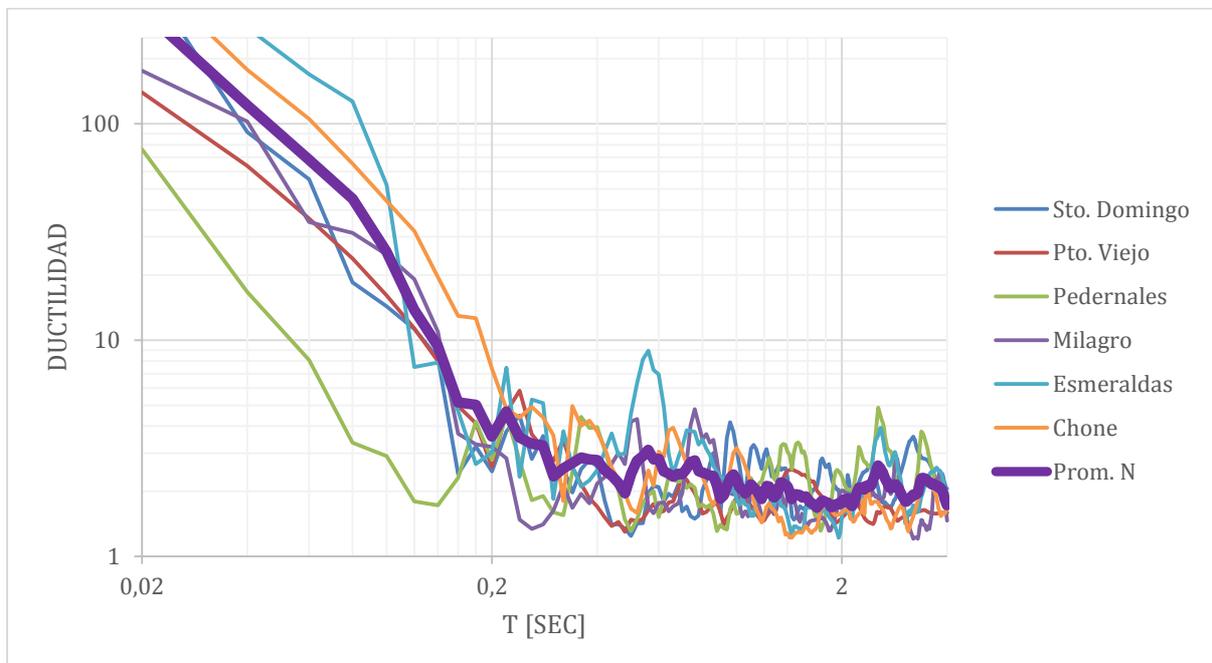


Figura 245: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad Ry 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

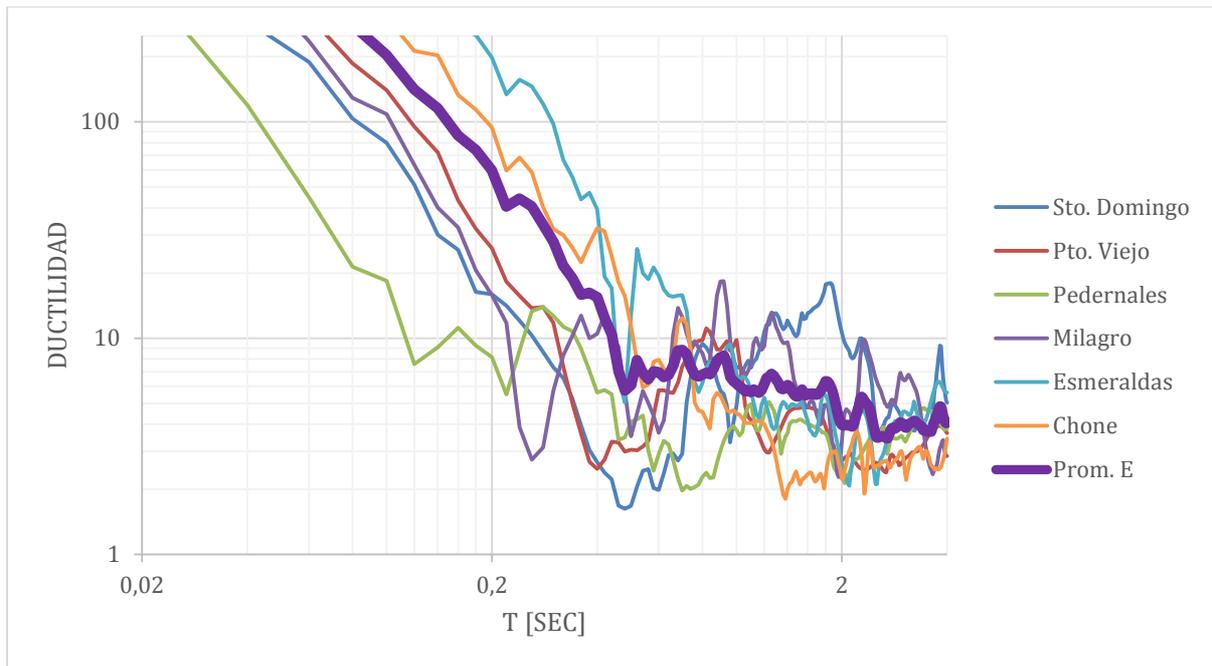


Figura 246: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad $R_y 4$ para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

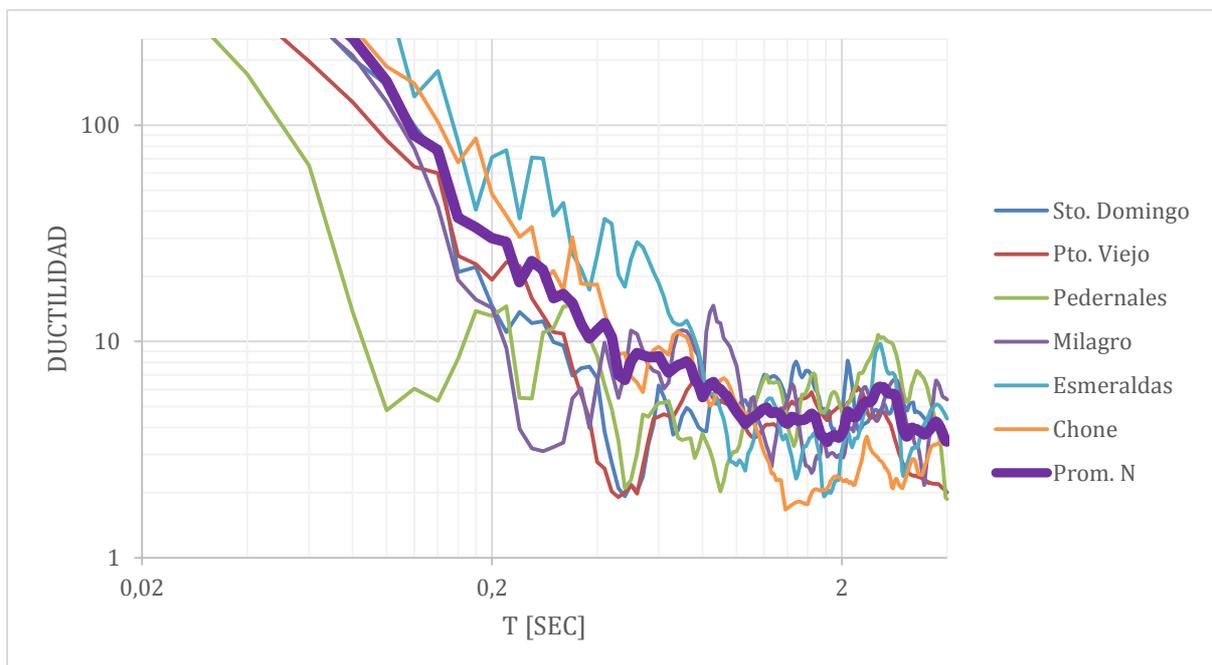


Figura 247: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad $R_y 4$ para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

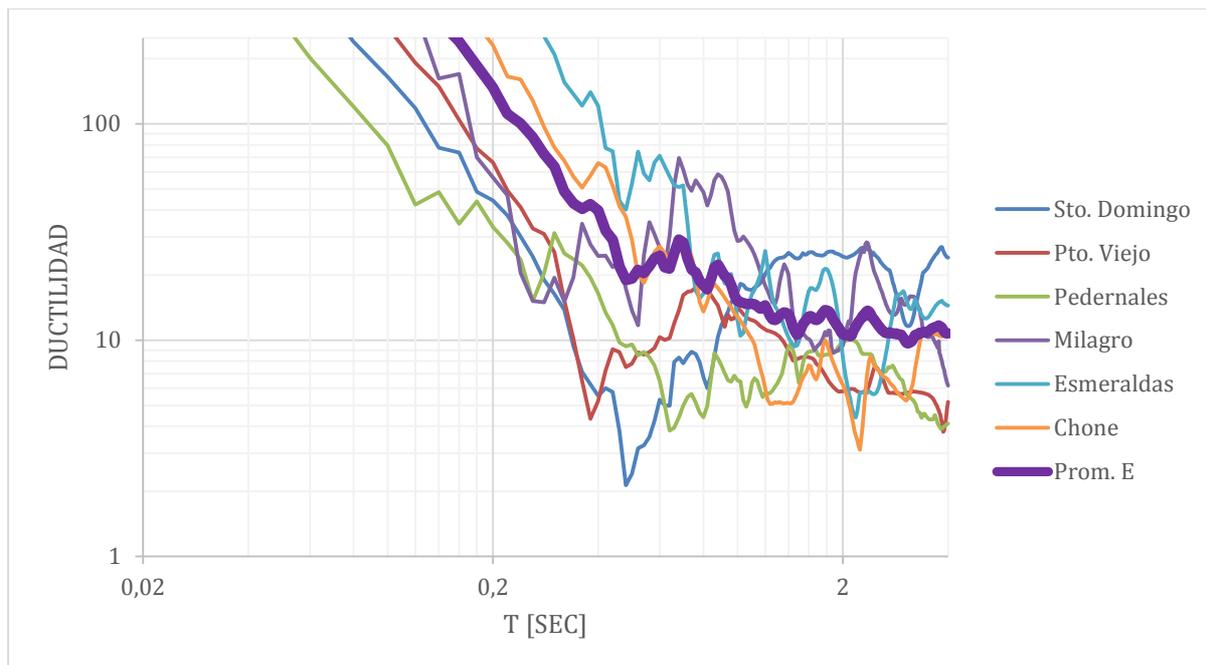


Figura 248: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad $R_y 8$ para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

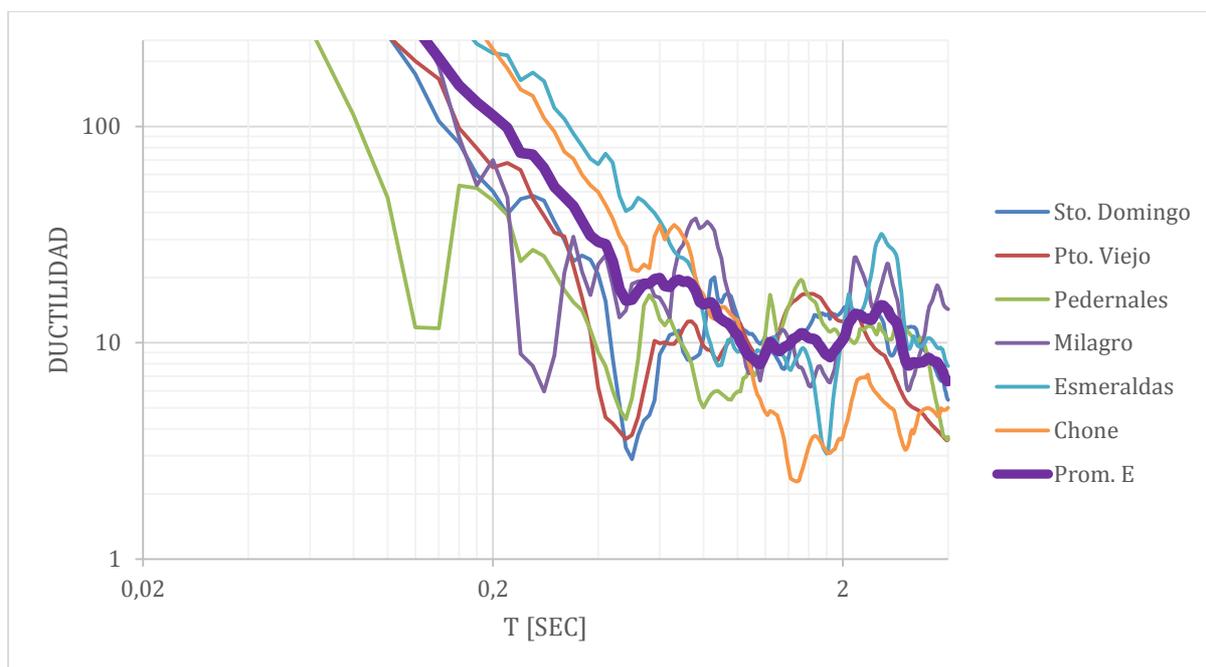


Figura 249: Espectro inelástico de respuesta de demanda ductilidad $R_y 8$ para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

Una vez finalizado de los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para un R_y de 2 de las figuras 244 y 245, se puede visualizar, que para periodos pequeños de hasta 0.2 segundos la demanda de ductilidad se puede idealizar como una recta con pendiente negativa para ambas componentes. Para la componente Este Oeste hasta los 0.2 segundos la demanda es muy alta mayor a 100 hasta 8, después que a partir de los 0.4 segundos se puede observar que tiende a ser constante demandando una ductilidad de 1 a 3. Para la componente Norte Sur, para periodos de 0.3 segundos en adelante se tiende a ser constante de igual manera con demandas de ductilidad de 1 a 3.

En cuanto a las figuras 246 y 247 de los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para un R_y de 4, para ambas componentes las curvas de las respuestas promediadas muestran que a estructuras de 0 a 0.08 segundos la demanda de ductilidad es mayor a 100, de 0.08 segundos hasta 0.46 segundos la demanda de ductilidad es una recta con una pendiente negativa. A partir de los 0.5 segundos las demandas tienden a ser constantes, en donde en la componente Este Oeste las demandas son de 4 a 7 para la componente Norte Sur este comportamiento es similar.

Se puede visualizar en las figuras 248 y 249 de los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para un R_y de 8, que para estructuras de periodos cortos de 0 a 0.16 segundos son demandas de ductilidad mayores a 100 de ahí para ambas componentes la demanda de ductilidad hasta para los periodos de 1.5 segundos son mayores a 10, de 1.5 segundos en adelante ciertos periodos de vibración demandan un poco menos de 10 de ductilidad, pero en su mayoría demandan aproximadamente 10.

CONCLUSIONES

Una vez descrita y explicada la teoría de los espectros elásticos e inelásticos de respuesta se puede concluir, que la diferencia que existe entre ellos es que los espectros elásticos de respuesta asumen que una estructura sometida a aceleraciones provocadas por un sismo presenta deformaciones que no superan el punto de fluencia de la estructura pero, para que esto suceda, las rigideces de la estructura deben ser muy altas, haciendo que el costo de la estructura sea demasiado alto, por lo tanto, se proponen los espectros inelásticos de respuesta los cuales permiten que las estructuras tengan deformaciones pasando por su punto de fluencia. Para ello las estructuras deben tener una ductilidad específica, siendo esta una propiedad de la estructura que le brinda la capacidad de deformarse más allá de su rango elástico sin perder su resistencia. La ecuación de movimiento que describe los espectros de respuesta elásticos e inelásticos es la misma; la única diferencia es que en la fuerza restauradora f_s en el espectro elástico de respuesta está representada por la Ley de Hooke siendo la gráfica de fuerza en función de desplazamiento una recta con pendiente k siendo k la rigidez de la estructura. En el caso del espectro inelástico de respuesta, la fuerza restauradora f_s ya no es una recta ya que la fuerza ya no es directamente proporcional al desplazamiento y ahora es una función del desplazamiento. Por ello para facilitar el análisis se decidió tomar el modelo bilineal que no requiere de mayor información sobre el comportamiento no lineal del material.

Posteriormente, se procedió a calcular los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de velocidad, desplazamiento y R factor de reducción de fuerza por ductilidades constantes de 1.5, 2, 4 y 8 y los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad para R factor de reducción de fuerza de 2, 4 y 8 para los registros corregidos obtenidos a partir de los acelerógrafos de la Red Nacional de Acelerógrafos; se inició corrigiendo los

registros eliminando así el ruido y obteniendo las aceleraciones reales. Solo se realizaron todos los espectros descritos para los registros corregidos que presenten en al menos en una de sus componentes una aceleración mayor a 0.4 gravedades.

Al finalizar los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de aceleración, velocidad, desplazamiento, R_y y F_y con ductilidades constantes y los espectros inelásticos de respuesta de demanda de ductilidad se realizó el análisis comparativo entre las ciudades que tienen el mismo tipo de suelo con los espectros de diseño en aceleración y desplazamiento de la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Los registros seleccionados solo pertenecen a dos tipos de suelo C y D. Solo tres acelerógrafos están ubicados en suelo tipo C, estos son los de Manta, La Libertad e Ibarra; los acelerógrafos restantes están ubicados en suelo tipo D.

Del análisis se puede concluir que, para los dos tipos de suelos, los espectros inelásticos de respuesta de aceleración calculados a partir de los registros fueron superados y cubiertos para todos los periodos a partir de una ductilidad de 4. En cuanto al espectro elástico de respuesta de aceleración de ambos tipos de suelo calculado a partir de los registros, este superó en su totalidad es decir en todos los periodos de vibración, de 0 a 4 segundos, al espectro de diseño en aceleración de la Norma. En el caso de los espectros elásticos e inelásticos de respuesta de desplazamiento calculados a partir de los registros para el suelo tipo C, los espectros de diseño de la Norma superaron y cubrieron a los espectros elásticos de respuesta de los registros de suelo tipo C. Para los de suelo D fue necesario una ductilidad de 1.5 para que los espectros de diseño en desplazamiento de la Norma cubran los desplazamientos obtenidos en los registros en suelo tipo D.

También se realizó un análisis para los espectros inelásticos de respuesta de R_y . Para ello se promediaron las respuestas de R_y de los registros en el mismo tipo de suelo y este promedio se graficó con el objetivo de compararlo con una curva obtenida a partir de una ecuación propuesta en la referencia (Miranda, 1997). De este análisis se puede concluir que para ambos tipos de suelo la curva de R_y promediados para las ductilidades de 1.5, 2, 4 y 8 presentan una similitud notoria con la curva de Miranda, por lo tanto, la curva de Miranda se puede aceptar como una aproximación correcta del factor de reducción de fuerza R_y de ductilidad en suelos rígidos o de roca.

Finalmente, se recomienda que las estructuras se diseñen para una ductilidad de 4. Para ello es necesario cumplir la Norma Ecuatoriana de la Construcción al momento de diseñar y construir estructuras y a su vez códigos internacionales tales como ACI 318 o los códigos AISC, los cuales describen la forma correcta de diseñar tal que se obtiene una ductilidad de entre 3 y 4. Durante el desarrollo de este proceso de investigación, una de las dificultades que se presentó fue al conseguir los registros de los acelerógrafos ya que solo se obtuvieron 21 de los 29 existentes, a su vez no todos los acelerógrafos contaban con la información necesaria para estimar el tipo de suelo, por ello se realizó estimaciones en algunos acelerógrafos. En cuanto a las futuras líneas de investigación, se propone continuar profundizando los tres elementos restantes que intervienen en el R factor de reducción de corte basal de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, ya que este proyecto de investigación solo se enfocó en la ductilidad, por ello es necesario realizar más proyectos de investigación enfocados en los R de amortiguamiento, hiperestaticidad y sobre resistencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advanced Structural Concepts, Inc. (2003). *NONLIN (Versión 7.0) [Software]*. Obtenido de <http://nonlin.software.informer.com/7.0/>
- Cheikh, B., Moussa, L., Zerzour, A., & Mehani, Y. (2012). *Inelastic Response and Ductility Demand of Structures*. Lisboa: 15 WCCE.
- Chiu, H. (Agosto de 1997). Stable Baseline Correction of Digital Strong-Motion Data. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 87(4), 932-944.
- Chopra, A. (2014). *Dinámica Estructural*. México: Pearson.
- Hurty, W., & Rubinstein, M. (1964). *Dynamics of structures*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Instituto geofísico EPN. (2017). *Red Nacional de Acelerógrafos*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/red-nacional-de-acelerografos>
- Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional. (2017). *Instituto Geofísico - EPN*. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec>
- Jeong, S., Lee, K., & Jang, W. (2011). *PRISM for Earthquake Engineering (Versión 1.0.2) [Software]*. Obtenido de <http://sem.inha.ac.kr/prism/>
- Mahin, S. A., & Lin, J. (1983). *Construction of inelastic response spectra for single degree of freedom systems*. (U. o. California, Ed.) Berkeley: Earthquake Engineering Research Center.
- Miranda, E. (1997). *Strength Reduction Factors in Performance-Based Design*. University of California. Berkeley: National Information Service for Earthquake Engineering.
- Nikolaou, S., & Vera-Grauner, X. (16 de Abril de 2016). *GEER-ATC Earthquake reconnaissance*. Obtenido de www.geerassociation.org.
- Nikolaou, S., Vera-Grunauer, X., Gilsanz, R., Luque, R., Kishida, T., Diaz-Fanas, G., . . . Lopez, S. (2017). *GEER-ATC Mw7.8 Ecuador4/16/16 Earthquake Reconnaissance Part I : Seismological & Ground Motion Aspects*. Santiago: 16th World Conference on Earthquake Engineering.
- Norma ecuatoriana de la construcción. (2015). *Peligro sísmico diseño sismo resistente* . Ecuador.
- Paz, M. (2009). *Dinámica estructural*. Barcelona: Editorial Reverté.

ANEXO A: ESPECTROS ELÁSTICOS E INELÁSTICOS DE RESPUESTA DE ACELERACIÓN PARA SUELO TIPO C

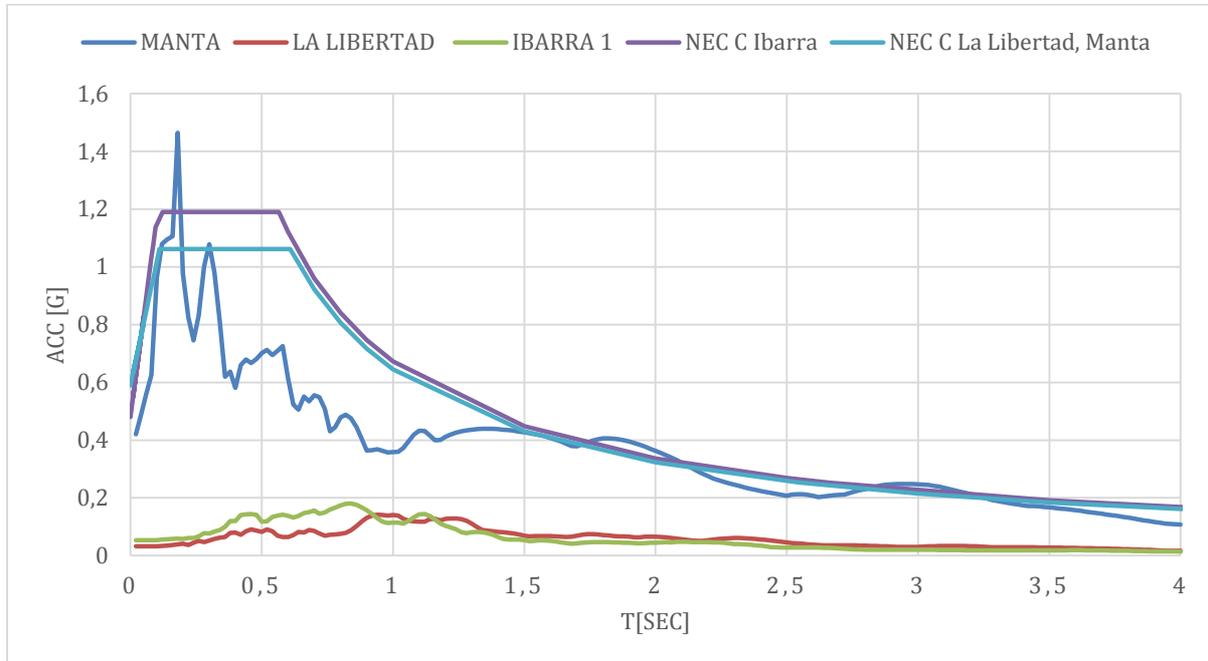


Figura Anexo A 1: Espectro elástico de respuesta de aceleración para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

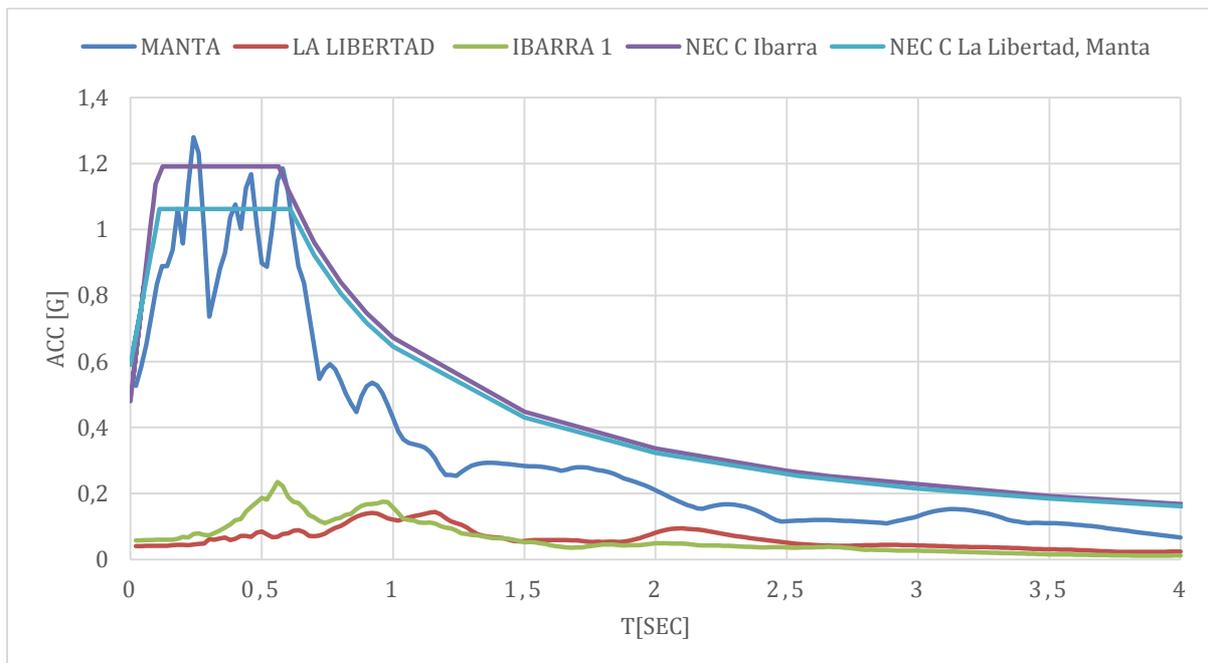


Figura Anexo A 2: Espectro elástico de respuesta de aceleración para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

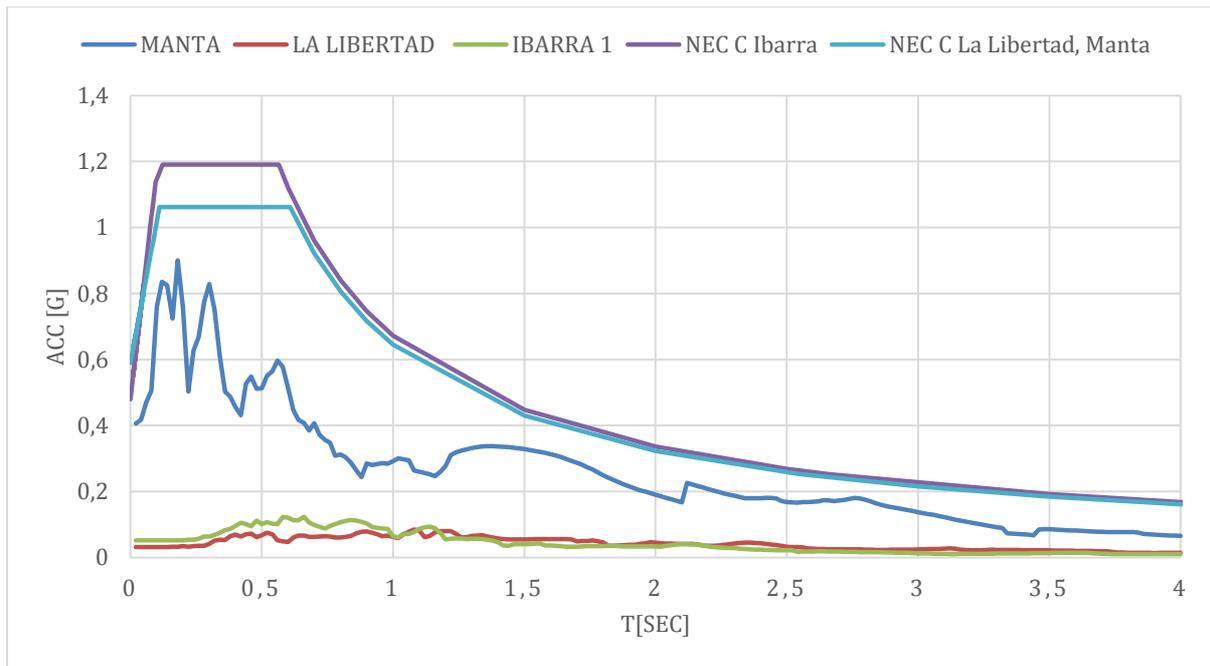


Figura Anexo A 3: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

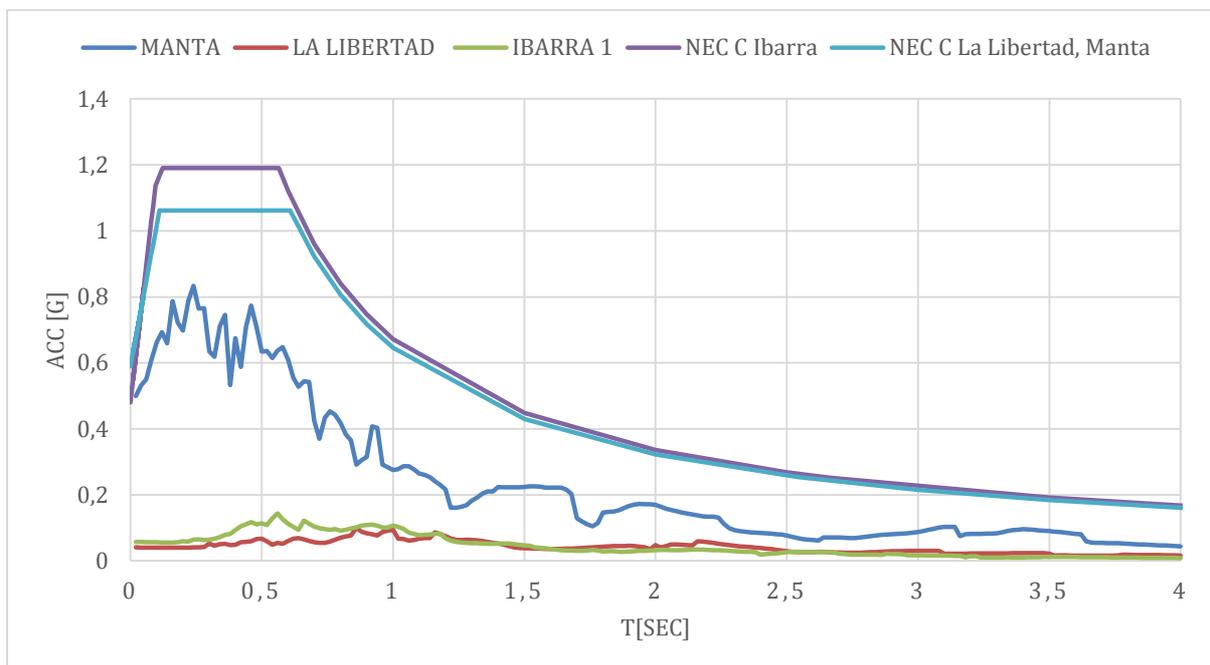


Figura Anexo A 4: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

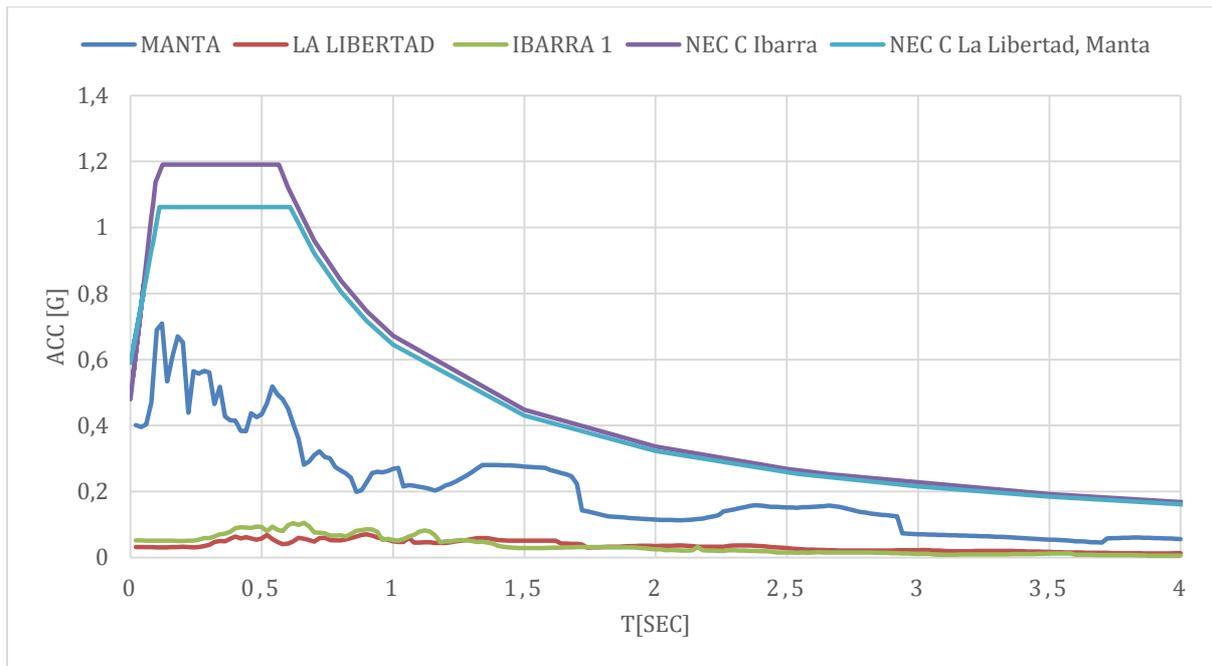


Figura Anexo A 5: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

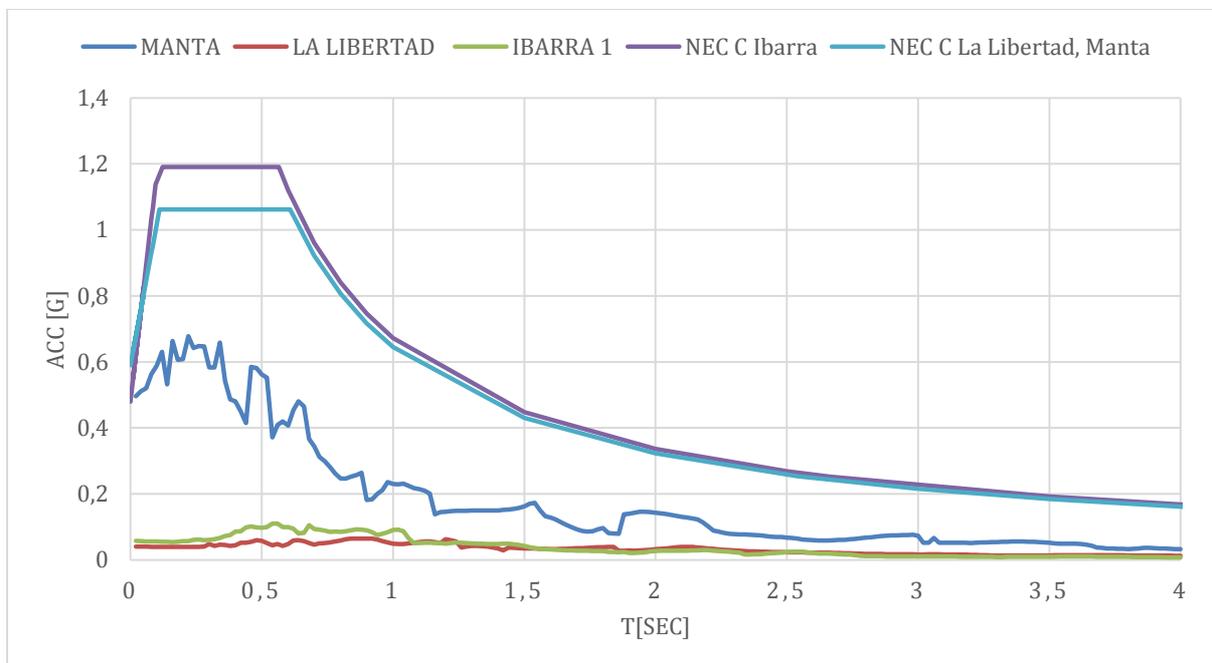


Figura Anexo A 6: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

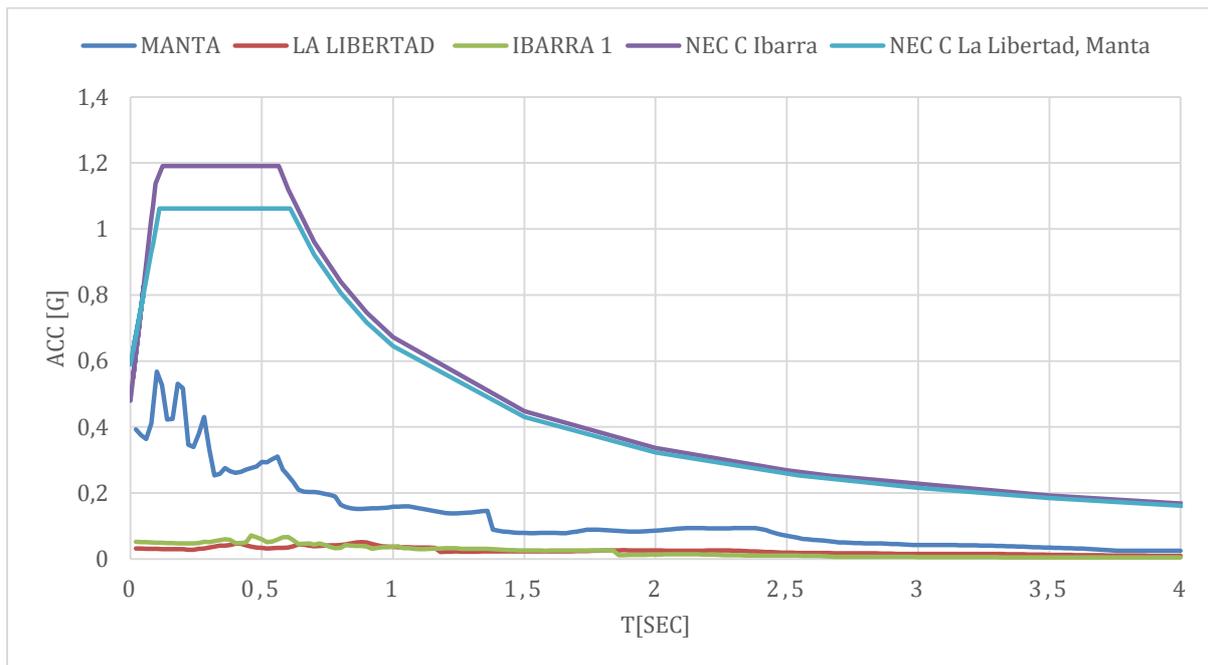


Figura Anexo A 7: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

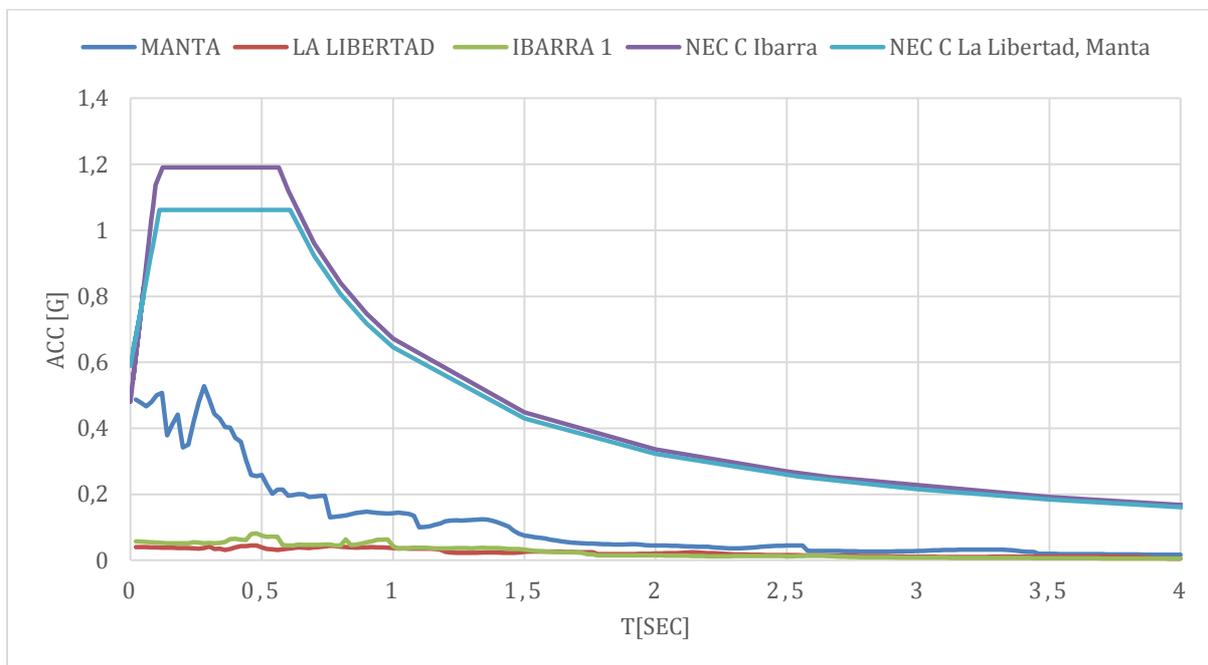


Figura Anexo A 8: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

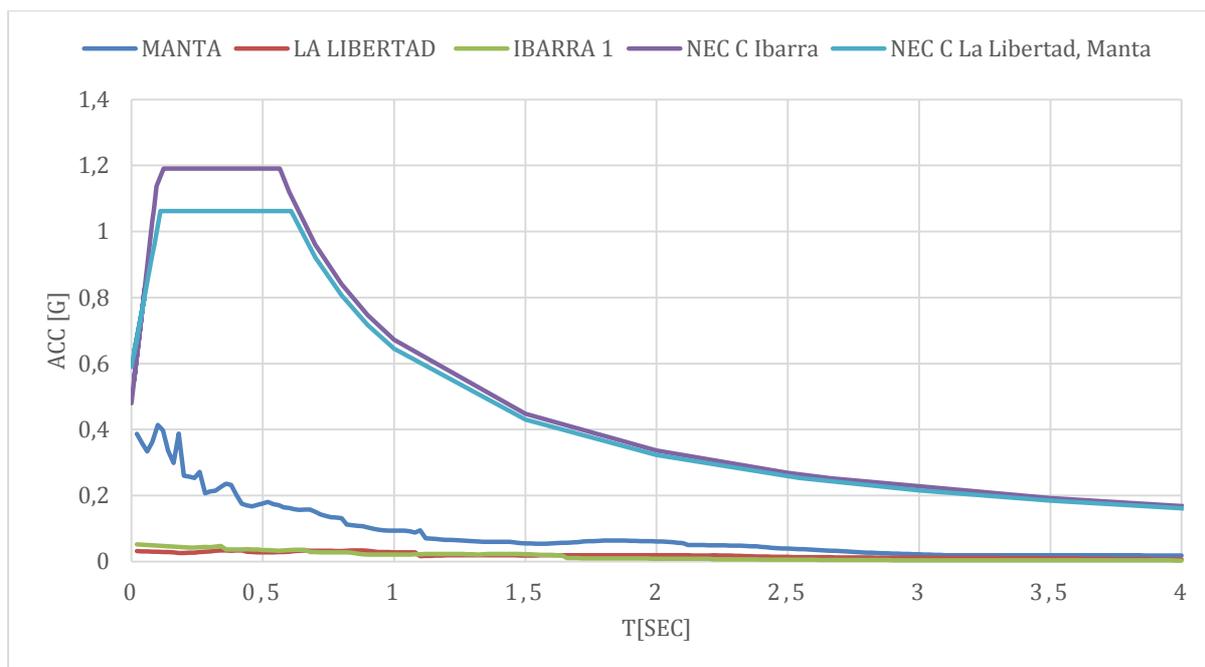


Figura Anexo A 9: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente E.

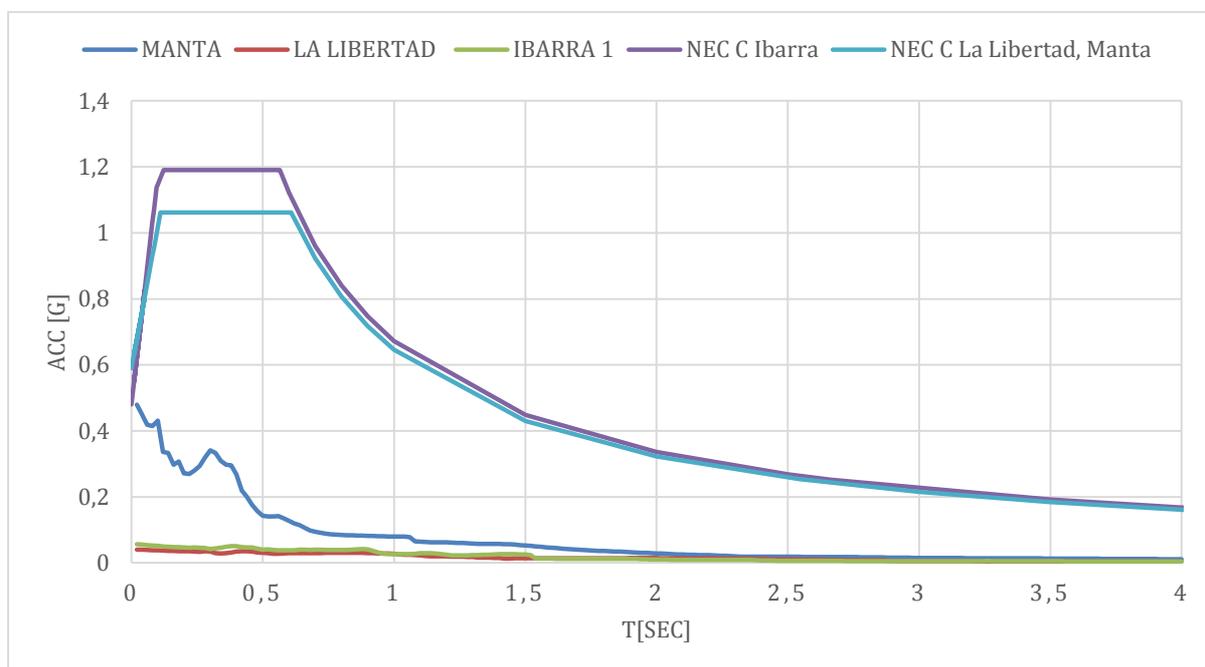


Figura Anexo A 10: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo C componente N.

ANEXO B: ESPECTROS ELÁSTICOS E INELÁSTICOS DE RESPUESTA DE ACCELERACIÓN PARA SUELO TIPO D

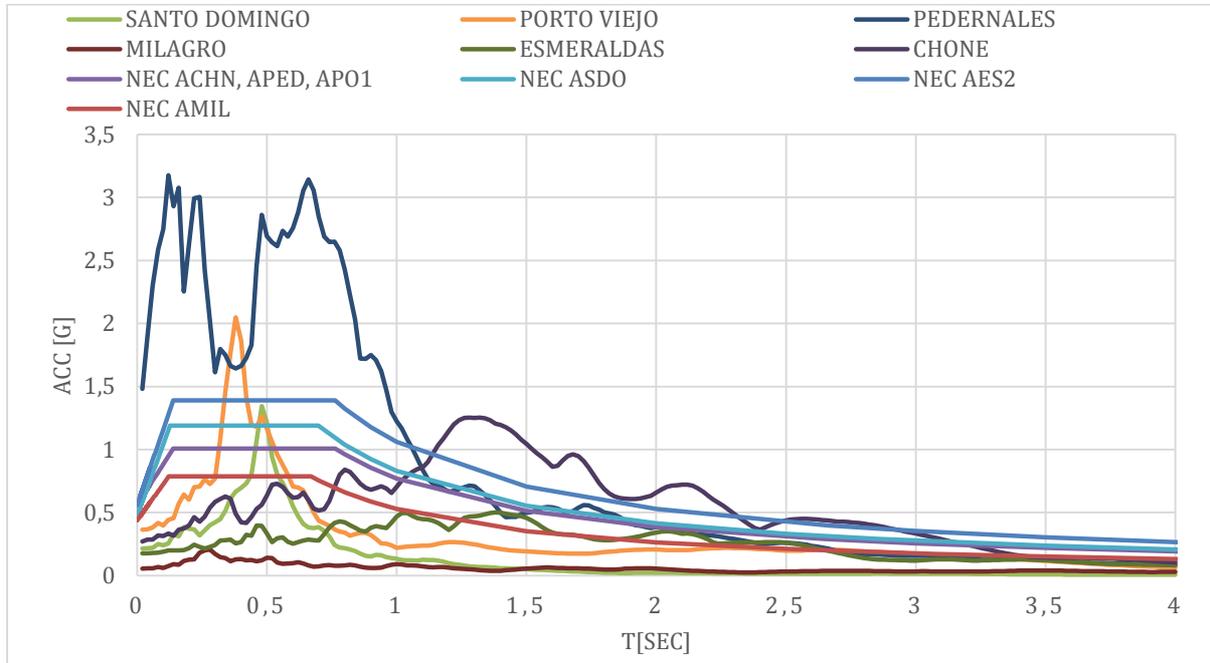


Figura Anexo B 1: Espectro elástico de respuesta de aceleración para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

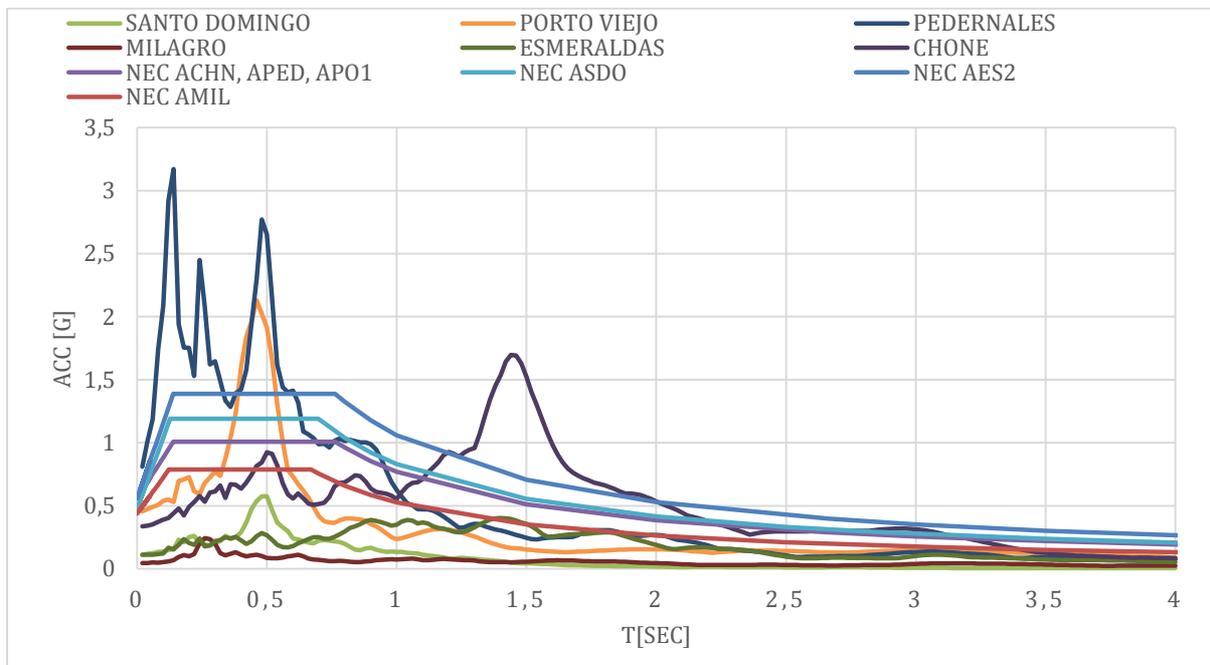


Figura Anexo B 2: Espectro elástico de respuesta de aceleración para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

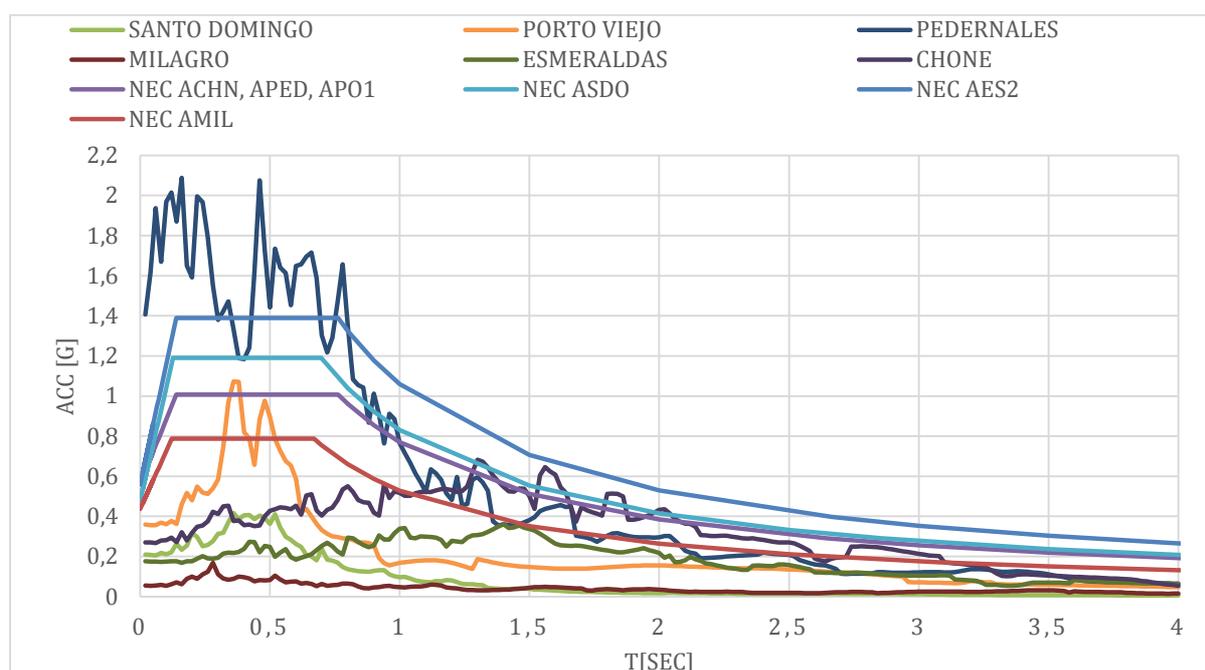


Figura Anexo B 3: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

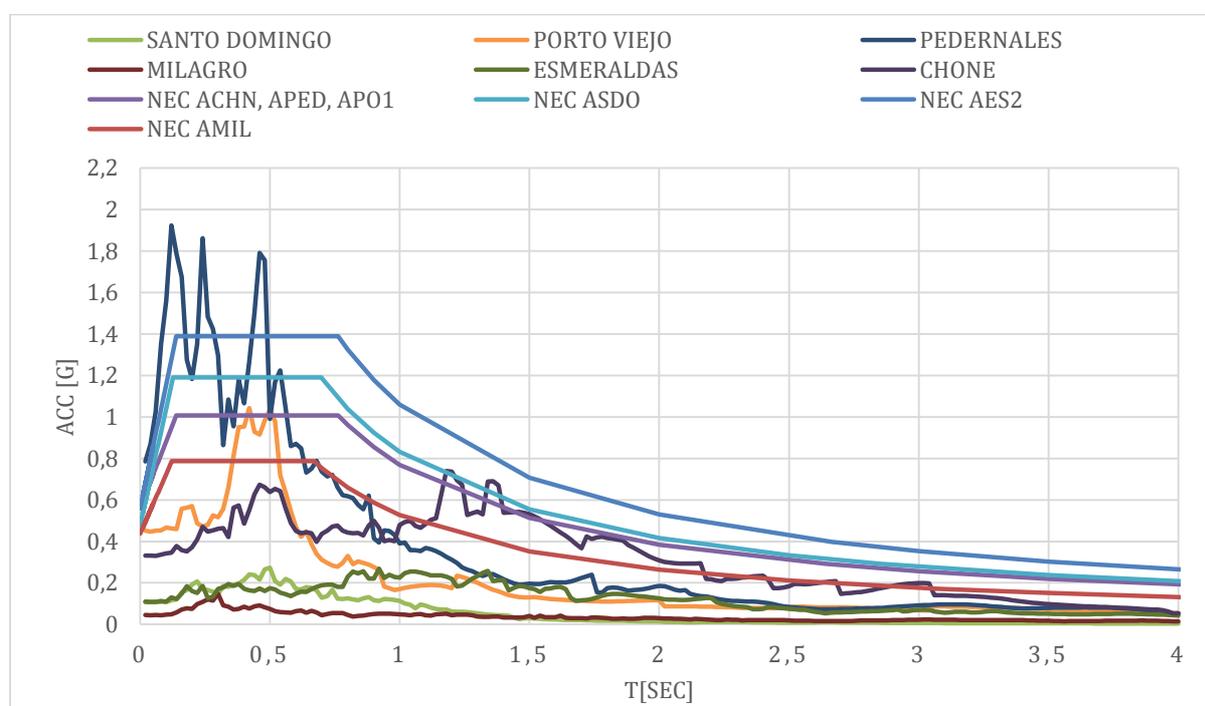


Figura Anexo B 4: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 1.5 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

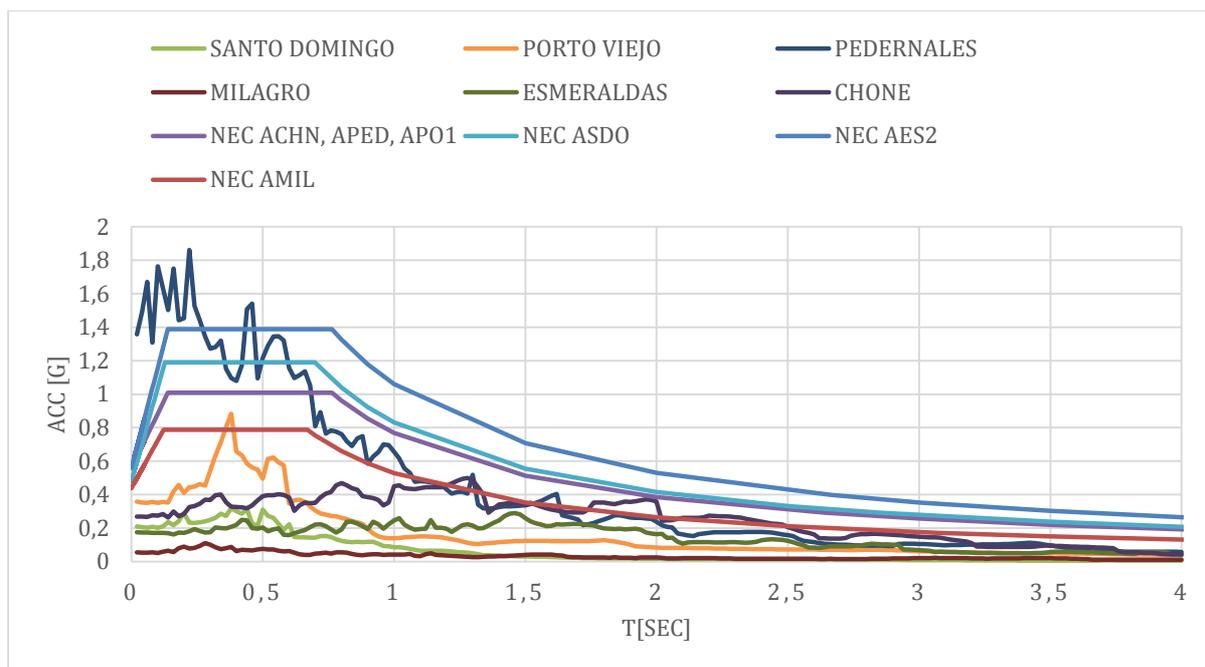


Figura Anexo B 5: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

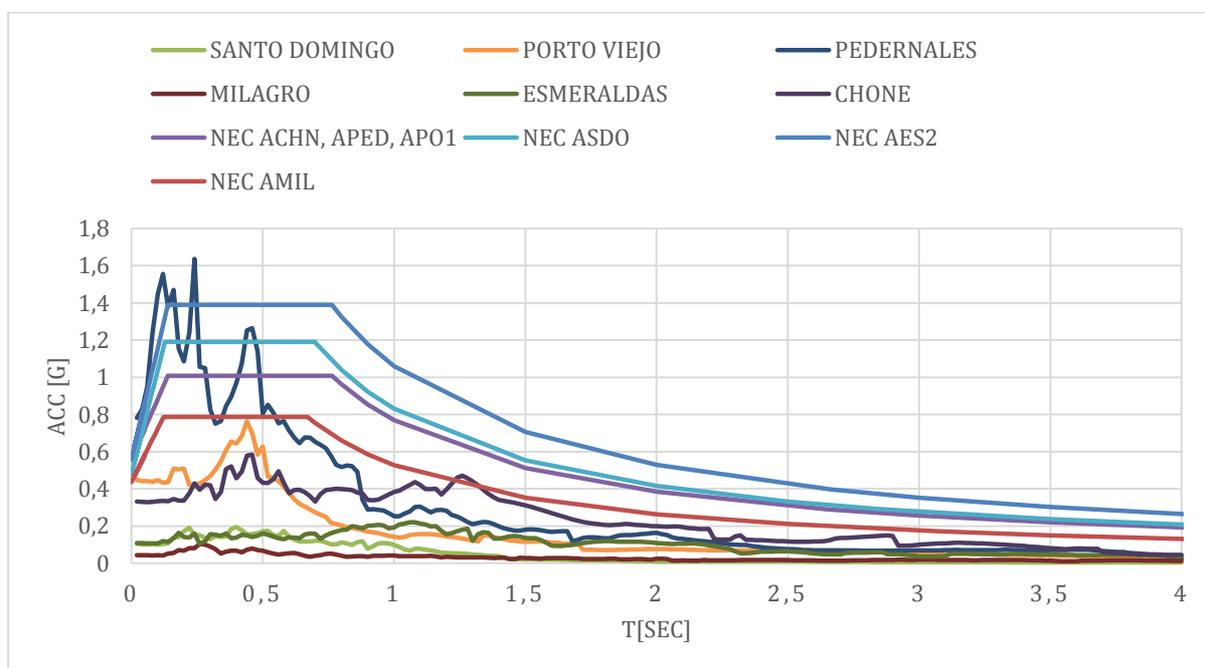


Figura Anexo B 6: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 2 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

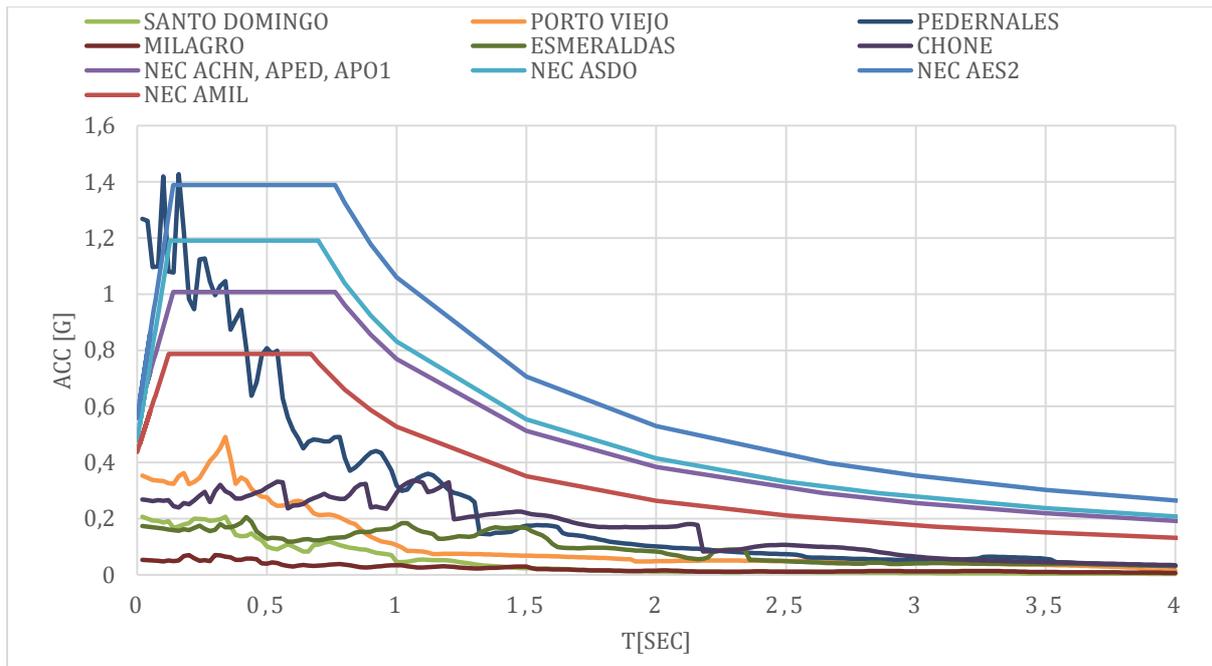


Figura Anexo B 7: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

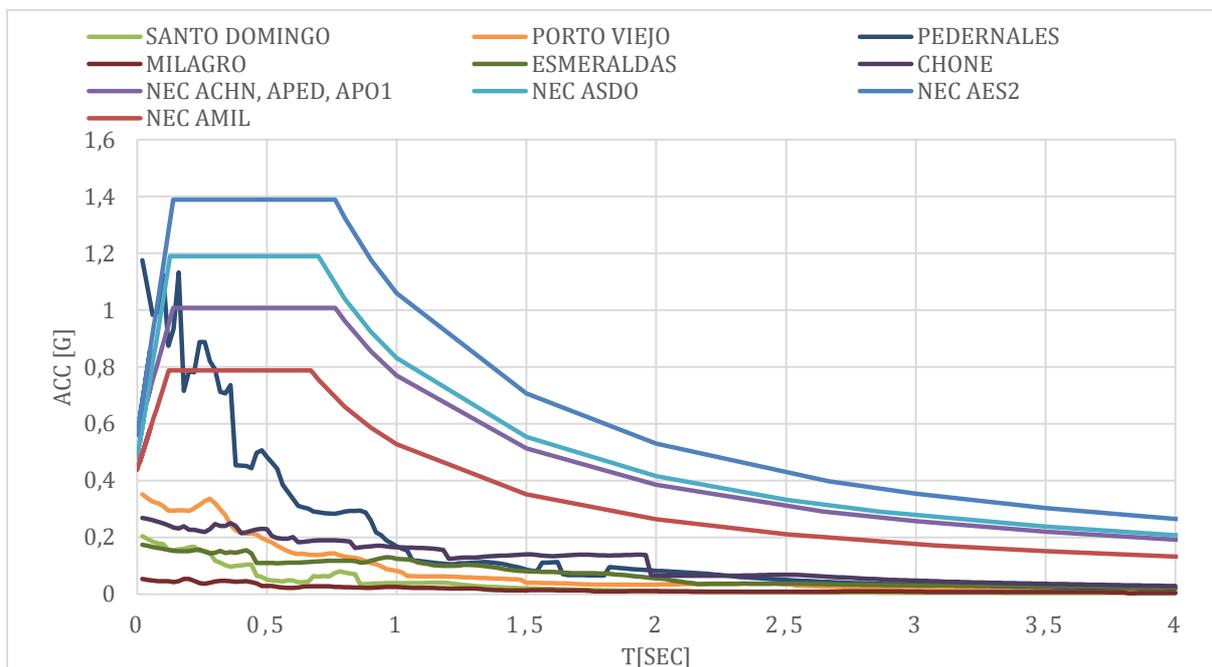


Figura Anexo B 8: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 4 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.

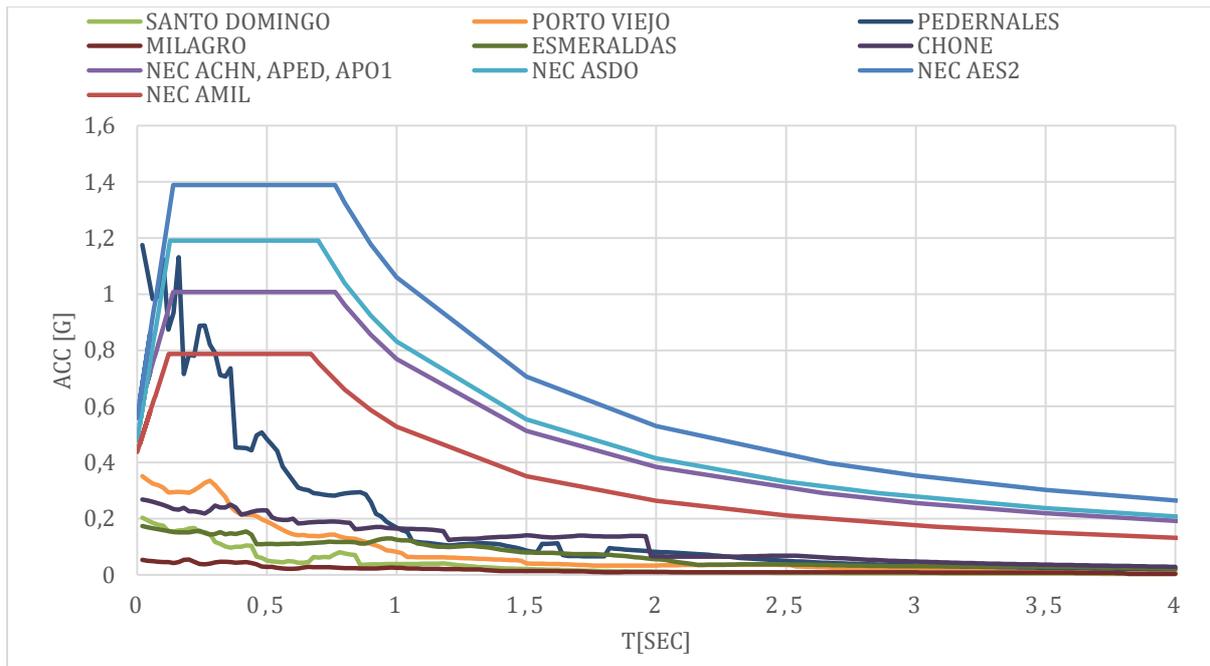


Figura Anexo B 9: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente E.

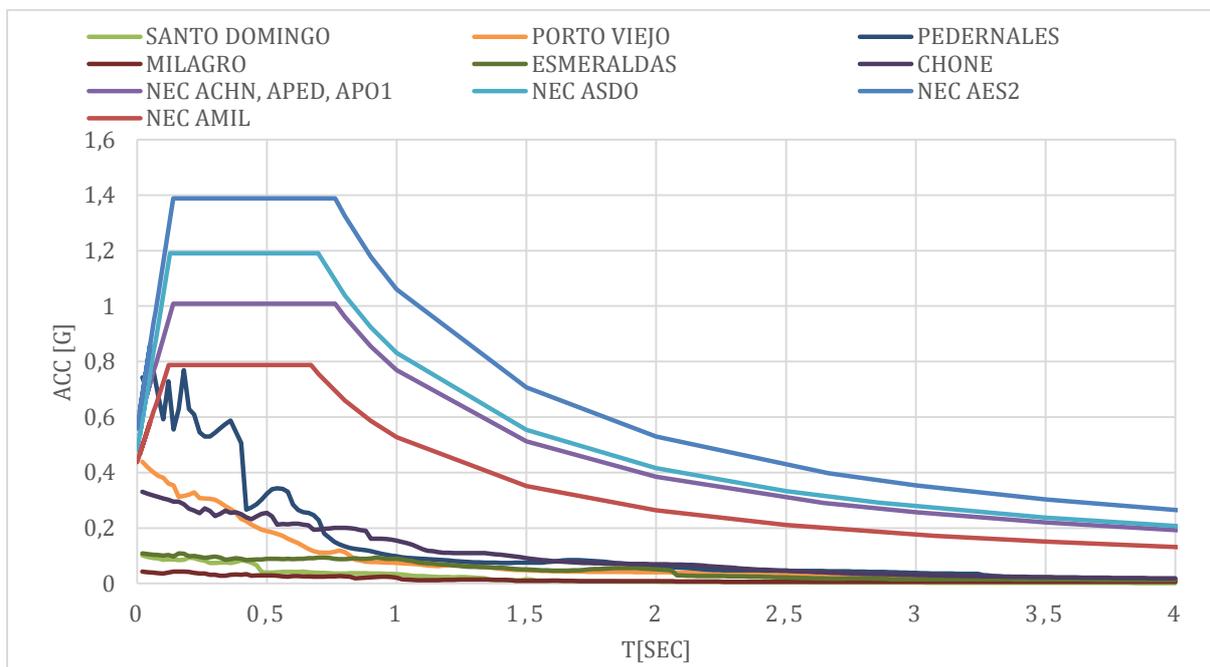


Figura Anexo B 10: Espectro inelástico de respuesta de aceleración de ductilidad 8 para acelerogramas obtenidos en suelo tipo D componente N.