

Tabla de Contenido

1	Introducción.....	1
1.1	General	1
1.2	Objetivo General	2
1.3	Objetivos Específicos	2
1.4	Estructura del Trabajo	2
2	Métodos de Generación de Registros Artificiales.....	3
2.1	Métodos Empíricos.....	3
2.2	Métodos de Fundamentos Físicos Desconocidos	4
2.3	Métodos Físicos	5
2.4	Metodologías Determinísticas	6
2.5	Métodos Híbridos	7
2.6	Métodos Estocásticos de Fuente Puntual	8
2.6.1	Modelamiento Espectral	10
2.7	Métodos Estocásticos de Fuente Finita.....	11
3	Modelo de Generación de Registros Sintéticos Propuesto por Otárola y Ruiz (2016) 15	
3.1	Sistemas de Coordenadas	18
3.2	Partición de la Energía	19
3.3	Efecto de Superficie Libre	20
3.3.1	Onda P	20
3.3.2	Ondas SV y SH.....	21
3.4	Formas Espectrales	23
3.5	Determinación de Ángulo de Incidencia en Modelo Multicapas	24
3.6	Forma Funcional de la Fuente	25
3.7	Frecuencia Esquina.....	26
3.8	Factores de Escalamiento.....	26
3.9	Descomposición en componentes Norte-Sur, Este-Oeste y Vertical	27
4	Propagación de Ondas en el Suelo.....	29
4.1	Función de Transferencia de Onda SH.....	30

4.2	Función de Transferencia de Ondas SV y P	32
4.3	Ejemplo de Cálculo de Funciones de Transferencia	35
4.4	Metodología Propuesta para Incorporar Efectos de Sitio	37
5	Generación Estocástica de Acelerogramas Sintéticos en Roca Basal para el Terremoto de Tohoku.....	39
5.1	Terremoto de Tohoku del 11 de Marzo de 2011	39
5.2	Parámetros de la Metodología de Otárola y Ruiz (2016) para la simulación de registros sintéticos	41
5.2.1	Fuente Sísmica.....	41
5.2.2	Trayectoria.....	43
5.2.3	Efecto de Sitio.....	45
5.2.4	Estaciones Simuladas	45
5.3	Resultados en Roca Basal para Terremoto de Tohoku de 2011.....	46
6	Generación de Acelerogramas Sintéticos para Japón Considerando Efectos de Sitio	65
6.1	Resultados en Superficie para el Terremoto de Tohoku de 2011	67
7	Discusión.....	85
7.1	Discusión de Resultados.....	85
7.2	Mejoras a la Metodología	86
8	Conclusiones y Recomendaciones	88
8.1	Conclusiones.....	88
8.2	Recomendaciones.....	89
9	Bibliografía	91
10	Anexos	94
10.1	Deducción de Función de Transferencia para onda SH	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros de Ruptura definidos por Kurahashi e Irikura (2011) y utilizados por Ghofrani et al (2013a).....	43
Tabla 2: Estaciones Simuladas.....	45
Tabla 3 Bondad de Ajuste para Simulación Espectral en la Horizontal	63
Tabla 4: Bondad de Ajuste para Simulación Espectral.....	83

TABLA DE FIGURAS

Figura 2-1: Tipificación de Generación de Registros Artificiales (Elaboración Propia).....	4
Figura 2-2: Esquema de simulación de un registro artificial según lo propuesto por Boore (2003).....	9
Figura 3-1: Esquema de Método de Generación propuesto por Otárola y Ruiz (2016), Parte 1 (Otárola 2015).....	16
Figura 3-2: Esquema de Método de Generación propuesto por Otárola y Ruiz (2016), Parte 2 (Otárola 2015).....	17
Figura 3-3: Esquema de incidencia y descomposición de onda P (Otárola 2015)	20
Figura 3-4: Esquema de Incidencia de Onda SV (Otárola 2016)	21
Figura 3-5: Esquema de cálculo de ángulos de incidencia en superficie suponiendo un modelo de capas horizontales (Otárola 2015).....	24
Figura 3-6: Relación entre ejes cardinales, ejes globales y ejes locales para la falla ij-ésima (Otárola 2015).....	28
Figura 4-1: Esfuerzos que actúan sobre una porción de suelo.	30
Figura 4-2: Sistema Multicapas	31
Figura 4-3: Esquema de Armado de Matrices de Rigidez	34
Figura 4-4: Perfil de Suelo usado para cálculo de funciones de transferencia	35
Figura 4-5: Función de Transferencia Horizontal para Onda SH.....	36
Figura 4-6: Función de Transferencia para onda SV en estrato de 10m.....	36
Figura 4-7: Función de Transferencia para Onda SV en estrato de 5m	37
Figura 4-8: Resumen de la Metodología desarrollada en el presente trabajo	38
Figura 5-1: Réplicas y Evento Principal de Tohoku 2011 (JMA 2011)	40
Figura 5-2: Ruptura del terremoto de Japón e intensidades (NIED 2011).....	41
Figura 5-3: Modelo de Ruptura (Kurahashi e Irikura 2011)	42
Figura 5-4: Modelo de Ruptura para el Terremoto de Tohoku (Yagi y Fukahata 2011) .	42
Figura 5-5: Ubicación de estaciones de este modelo.....	46
Figura 5-6: Resultados temporales de las simulaciones y los registros observados, en la componente Norte-Sur.....	48
Figura 5-7: Resultados temporales de las simulaciones y los registros observados, en la componente Este - Oeste.....	52
Figura 5-8: Resultados temporales de las simulaciones y los registros observados, en la componente Vertical.....	57
Figura 5-9: Superposición temporal de las simulaciones y los registros reales, en la componente Norte-Sur.....	48
Figura 5-10: Superposición temporal de las simulaciones y los registros reales, en la componente Este-Oeste.....	53
Figura 5-11: Superposición temporal de las simulaciones y los registros reales, en la componente Vertical.....	58
Figura 5-12: Descomposición según ondas P, SV y SH del registro simulado según las componentes Norte-Sur.....	49
Figura 5-13: Descomposición según ondas P, SV y SH del registro simulado según las componentes Este-Oeste	54
Figura 5-14: Descomposición según ondas P, SV y SH del registro simulado según las componentes Vertical.....	59

Figura 5-15: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Norte-Sur.....	49
Figura 5-16: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Norte-Sur.....	50
Figura 5-17: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Este-Oeste	55
Figura 5-18: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Este-Oeste.....	56
Figura 5-19: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Vertical.....	60
Figura 5-20: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Vertical.....	61
Figura 5-21: GOF para Registros en Suelo.....	62
Figura 6-1: Perfiles de velocidad de onda de corte en las estaciones analizadas en este estudio. El círculo naranja representa la ubicación del acelerómetro en la roca basal ..	65
Figura 6-2: Función de Transferencia para onda SH	66
Figura 6-3: Función de Transferencia para onda SV.....	66
Figura 6-4: Función de Transferencia para onda P	67
Figura 6-5: Resultados temporales de las simulaciones y los registros observados, en la componente Norte-Sur.....	69
Figura 6-6: Resultados temporales de las simulaciones y los registros observados, en la componente Este - Oeste.....	75
Figura 6-7: Resultados temporales de las simulaciones y los registros observados, en la componente Vertical.....	79
Figura 6-8: Superposición temporal de las simulaciones y los registros reales, en la componente Norte-Sur.....	70
Figura 6-9: Superposición temporal de las simulaciones y los registros reales, en la componente Este-Oeste.....	75
Figura 6-10: Superposición temporal de las simulaciones y los registros reales, en la componente Vertical.....	82
Figura 6-11: Descomposición según ondas P, SV y SH del registro simulado según las componentes Norte-Sur.....	71
Figura 6-12: Descomposición según ondas P, SV y SH del registro simulado según las componentes Este-Oeste	76
Figura 6-13: Descomposición según ondas P, SV y SH del registro simulado según las componentes Vertical.....	81
Figura 6-14: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Norte-Sur.....	72
Figura 6-15: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Norte-Sur.....	73
Figura 6-16: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Este-Oeste	77
Figura 6-17: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Este-Oeste.....	78
Figura 6-18: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Vertical.....	82

Figura 6-19: Espectros de respuesta para un sistema de un grado de libertad, con un amortiguamiento del 5%, para componente Vertical.....	84
Figura 6-20: GOF para Registros en Suelo.....	84
Figura 7-1: Comparación entre Resultados de este modelo y Ghofrani et al (2013a) ..	867
Figura 10-1: Esquema multicapas de suelo	943