

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo general	2
1.2.2	Objetivos específicos	2
1.3	Metodología	2
1.3.1	Revisión bibliográfica	2
1.3.2	Identificar y ordenar la base de datos	2
1.3.3	Cálculo de parámetros	2
1.3.4	Herramienta de ajuste	3
1.3.5	Obtención del funcional y curva de atenuación	3
1.3.6	Análisis y conclusiones	3
1.4	Resultados esperados	3
1.5	Organización del informe	3

CAPÍTULO 2: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1	Marco sismotectónico.....	5
2.2	Variables consideradas en el estudio	7
2.3	Parámetros en estudio.....	8
2.3.1	Intensidad de Arias	8
2.3.2	Duración del movimiento fuerte	9
2.4	Antecedentes de curvas de atenuación.....	11
2.4.1	Funcionales para la Intensidad de Arias	11
2.4.2	Funcionales para la duración significativa.....	15
2.4.3	Funcionales para la duración entre intervalos	17

CAPÍTULO 3: BASE DE DATOS

3.1	Eventos de la base de datos	19
3.1.1	Variables consideradas y datos disponibles	19
3.1.2	Distribución de los eventos de la base de datos	20
3.2	Estaciones de la base de datos.....	23
3.2.1	Variables consideradas y datos disponibles	23
3.2.2	Distribución de las estaciones de la base de datos	24
3.3	Registros de la base de datos	26
3.3.1	Variables consideradas y datos disponibles	27
3.3.2	Distribución de los registros de la base de datos	27
3.4	Descripción general de los datos	32

CAPÍTULO 4: OBTENCIÓN DE LAS CURVAS DE ATENUACIÓN

4.1	Modelos de atenuación	38
4.1.1	Modelos de atenuación para la Intensidad de Arias	38
4.1.2	Modelos de atenuación para la duración significativa	40
4.1.3	Modelos de atenuación para la duración entre intervalos	41
4.2	Método de ajuste.....	42
4.3	Resultados de los ajustes	47
4.3.1	Resultados de los ajustes para la Intensidad de Arias	49
4.3.2	Resultados de los ajustes para la duración significativa	63
4.3.3	Resultados de los ajustes para la duración entre intervalos	75
4.3.4	Comparación de resultados entre la Intensidad de Arias y la duración significativa.....	91

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	92
5.2	Recomendaciones	96

BIBLIOGRAFÍA

97

ANEXO A: INFORMACIÓN DE EVENTOS, ESTACIONES Y REGISTROS

A.1	Caracterización de eventos	100
A.2	Caracterización de estaciones	103
A.3	Caracterización general de los datos	104

ANEXO B: INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA DE LOS MODELOS DE ATENUACIÓN UTILIZADOS.....

107

ANEXO C: DEMOSTRACIONES

C.1	Demostración N°1	110
C.2	Demostración N°2	111

ANEXO D: RESULTADOS

D.1	Resultados para modelos de atenuación de Intensidad de Arias.....	112
D.2	Resultados para modelos de atenuación de duración significativa	128
D.3	Resultados para modelos de atenuación de duración entre intervalos	139
D.4	Resultados curvas de excedencia de duración del movimiento fuerte para sitios con roca	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Distribución de eventos según fuente sismogénica.....	20
Tabla 3.2: Distribución de eventos según magnitud.	21
Tabla 3.3: Distribución de eventos según año de ocurrencia.....	22
Tabla 3.4: Clasificación de suelo. Fuente: DS N°61.	24
Tabla 3.5: Distribución de estaciones según $Vs30$	25
Tabla 3.6: Distribución de estaciones según tipo de suelo.	26
Tabla 3.7: Distribución de registros según magnitud.	27
Tabla 3.8: Distribución de registros según fuente sismogénica.	28
Tabla 3.9: Distribución de registros según $Vs30$	29
Tabla 3.10: Distribución de registros según tipo de suelo.	30
Tabla 3.11: Distribución de registros según distancia a la ruptura.	31
Tabla 4.1: Resultados de los ajustes para las curvas de Intensidad de Arias.....	50
Tabla 4.2: Resultados de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la Intensidad de Arias.....	52
Tabla 4.3: Matriz de covarianza (Σ) de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la Intensidad de Arias.	53
Tabla 4.4: Matriz de coeficientes de correlación de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la Intensidad de Arias.	53
Tabla 4.5: Desviaciones estándar de las constantes atenuadas para la Intensidad de Arias.....	54
Tabla 4.6: Constantes de la curva de excedencia del 10% para la Intensidad de Arias. ...	60
Tabla 4.7: Resultados de los ajustes para las curvas de duración significativa.	64
Tabla 4.8: Resultados de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la duración significativa.	65
Tabla 4.9: Matriz de covarianza de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la duración significativa.....	65
Tabla 4.10: Matriz de coeficientes de correlación de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la duración significativa.	65
Tabla 4.11: Desviaciones estándar de las constantes atenuadas para la duración significativa.....	66
Tabla 4.12: Constantes de la curva de excedencia del 10% para la duración significativa.	74
Tabla 4.13: Resultados de los ajustes para las curvas de duración entre intervalos.	76

Tabla 4.14: Resultados de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la duración entre intervalos.	77
Tabla 4.15: Matriz de covarianza de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la duración entre intervalos.....	78
Tabla 4.16: Matriz de coeficientes de correlación de las constantes obtenidas para la curva de atenuación de la duración entre intervalos.	78
Tabla 4.17: Desviaciones estándar de las constantes atenuadas para la duración entre intervalos.	79
Tabla 4.18: Constantes de la curva de excedencia del 10% para la duración significativa.	87
Tabla 4.19: Pendientes y coeficientes de posición para las rectas de probabilidad de la Figura 4.27.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Marco tectónico de Chile. Fuente: www.sismologia.cl	6
Figura 2.2: Zona de subducción y tipos de sismos en ella. Fuente: www.sismologia.cl	7
Figura 2.3: Cálculo de la duración significativa D_{5-75} y D_{5-95} para sismo registrado en el sitio de North Palm Springs Airport. Fuente: Kempton & Stewart, 2006.	10
Figura 2.4: Cálculo de la duración entre intervalos (límite de 0,05 g) para el acelerograma 1125S17L del sismo Saguenay de 1988 de magnitud 5,9 y distancia a la ruptura 70,3 [km]. Fuente: Lee y Green, 2012.	10
Figura 3.1: Distribución en planta de los eventos disponibles separados por fuente sismogénica.	20
Figura 3.2: Histograma de eventos según fuente sismogénica.	21
Figura 3.3: Histograma de eventos según magnitud.	22
Figura 3.4: Histograma de eventos según año.	23
Figura 3.5: Distribución en planta de las estaciones utilizadas.	24
Figura 3.6: Histograma de estaciones según velocidad de onda de corte.	25
Figura 3.7: Histograma de estaciones según el tipo de suelo.	26
Figura 3.8: Histograma de registros según magnitud.	28
Figura 3.9: Histograma de registros según fuente sismogénica.	29
Figura 3.10: Histograma de registros según velocidad de onda de corte.	30
Figura 3.11: Histograma de registros según tipo de suelo.	31
Figura 3.12: Histograma de registros según distancia a la ruptura.	32
Figura 3.13: Magnitud de momento vs distancia a la ruptura de los registros utilizados.	33
Figura 3.14: PGA vs distancia a la ruptura de los registros utilizados.	34
Figura 3.15: Promedio de la Intensidad de Arias de las componentes horizontales vs distancia a la ruptura.	34
Figura 3.16: Duración significativa (5%-95%) vs distancia a la ruptura.	35
Figura 3.17: Duración significativa (5%-95%) vs magnitud de momento.	35
Figura 3.18: Duración entre intervalos (0,05g) vs distancia a la ruptura.	36
Figura 3.19: Duración entre intervalos (0,05g) vs magnitud de momento.	36
Figura 3.20: Magnitud de momento vs distancia a la ruptura para datos de duración entre intervalos (0,05g) separado según si es duración nula o mayor a cero.	37

Figura 4.1: Curvas de atenuación obtenidas para la Intensidad de Arias. a) Curva para sismos interplaca tipo thrust con $h=20$ [km]. b) Curva para sismos interplaca tipo thrust con $h=40$ [km]. c) Curva para sismos intraplaca profundidad intermedia con $h=80$ [km]. d) Curva para sismos intraplaca profundidad intermedia con $h=100$ [km].	55
Figura 4.2: Curvas de atenuación de Intensidad de Arias para sismos interplaca tipo thrust ($h=60$ [km]). a) Curva para $M_w=5$ y datos $M_w=5\pm 0,5$. b) Curva para $M_w=6$ y datos $M_w=6\pm 0,5$. c) Curva para $M_w=7$ y datos $M_w=7\pm 0,5$. d) Curva para $M_w=8$ y datos $M_w=7,5-8,8$	56
Figura 4.3: Curvas de atenuación de Intensidad de Arias para sismos intraplaca de profundidad intermedia ($h=60$ [km]). a) Curva para $M_w=5$ y datos $M_w=5\pm 0,5$. b) Curva para $M_w=6$ y datos $M_w=6\pm 0,5$. c) Curva para $M_w=7$ y datos $M_w=7\pm 0,5$. d) Curva para $M_w=8$ y datos $M_w=7,5-8,8$	57
Figura 4.4: Residuos para la curva de atenuación de Intensidad de Arias. a) Residuos vs M_w . b) Residuos vs V_s30 . c) Residuos vs R	58
Figura 4.5: Histograma de los residuos de la curva de atenuación de Intensidad de Arias.	59
Figura 4.6: Curvas de excedencia del 10% para curvas de atenuación de Intensidad de Arias. a) Sismos interplaca, suelo y $h=40$ [km]. b) Sismos interplaca, roca y $h=40$ [km]. c) Sismos intraplaca, suelo y $h=80$ [km]. d) Sismos intraplaca, roca y $h=80$ [km].	60
Figura 4.7: Comparación de la curva de atenuación de Intensidad de Arias obtenida en este estudio con la de otros autores.	61
Figura 4.8: Comparación curvas de excedencia para ver el efecto de la desviación estándar de las constantes y del error, para sismos interplaca, sitios con suelo y $h=40$ [km]. a) Curvas de excedencia incluyendo solo la desviación estándar de las constantes. b) Curvas de excedencia incluyendo solo la desviación estándar del error. c) Curvas de excedencia incluyendo tanto las desviaciones estándar de las constantes como las del error.	62
Figura 4.9: Curvas de atenuación obtenidas para la duración significativa (5%-95%). a) Curva SD vs R para sismos interplaca tipo thrust. b) Curva SD vs R para sismos intraplaca de profundidad intermedia. c) Curva SD vs M_w para sismos interplaca tipo thrust. d) Curva SD vs M_w para sismos intraplaca de profundidad intermedia.	67
Figura 4.10: Curvas de atenuación de duración significativa (5%-95%) para sismos interplaca tipo thrust, presentadas en curvas de SD vs R . a) Curva para $M_w=5$ y datos $M_w=5\pm 0,5$. b) Curva para $M_w=6$ y datos $M_w=6\pm 0,5$. c) Curva para $M_w=7$ y datos $M_w=7\pm 0,5$. d) Curva para $M_w=8$ y datos $M_w=7,5-8,8$	68
Figura 4.11: Curvas de atenuación de duración significativa (5%-95%) para sismos interplaca tipo thrust, presentadas en curvas de SD vs M_w . a) Curva para $R=50$ [km] y datos $R<100$ [km]. b) Curva para $R=150$ [km] y datos $R=150\pm 50$ [km]. c) Curva para $R=300$ [km] y datos $R=300\pm 100$ [km]. d) Curva para $R=500$ [km] y datos $R>400$ [km]......	69

Figura 4.12: Curvas de atenuación de duración significativa (5%-95%) para sismos intraplaca de profundidad intermedia, presentadas en curvas de SD vs R . a) Curva para $M_w=5$ y datos $M_w=5\pm 0,5$. b) Curva para $M_w=6$ y datos $M_w=6\pm 0,5$. c) Curva para $M_w=7$ y datos $M_w=7\pm 0,5$. d) Curva para $M_w=8$ y datos $M_w=7,5-8,8$	70
Figura 4.13: Curvas de atenuación de duración significativa (5%-95%) para sismos intraplaca de profundidad intermedia, presentadas en curvas de SD vs M_w . a) Curva para $R=50$ [km] y datos $R<100$ [km]. b) Curva para $R=150$ [km] y datos $R=150\pm 50$ [km]. c) Curva para $R=300$ [km] y datos $R=300\pm 100$ [km]. d) Curva para $R=500$ [km] y datos $R>400$ [km].	71
Figura 4.14: Residuos para la curva de atenuación de duración significativa (5%-95%). a) Residuos vs M_w . b) Residuos vs V_s30 . c) Residuos vs R	72
Figura 4.15: Histograma de los residuos de la curva de atenuación de duración significativa (5%-95%).	73
Figura 4.16: Curva de excedencia para curvas de atenuación de duración significativa (5%-95%). a) Curva presentada como SD vs R , sismo interplaca, suelo. b) Curva presentada como SD vs M_w , sismo interplaca, suelo. c) Curva presentada como SD vs R , sismo intraplaca, suelo. d) Curva presentada como SD vs M_w , sismo intraplaca, suelo.	74
Figura 4.17: Comparación de la curva de atenuación de duración significativa obtenida en este estudio con la de otros autores.	75
Figura 4.18: Curvas de atenuación obtenidas para la duración entre intervalos (0,05g). a) Curva BD vs R para sismos interplaca tipo thrust. b) Curva BD vs R para sismos intraplaca de profundidad intermedia. c) Curva BD vs M_w para sismos interplaca tipo thrust. d) Curva BD vs M_w para sismos intraplaca de profundidad intermedia.	80
Figura 4.19: Curvas de atenuación de duración entre intervalos (0,05g) para sismos interplaca tipo thrust, presentadas como BD vs R . a) Curva para $M_w=5$ y datos $M_w=5\pm 0,5$. b) Curva para $M_w=6$ y datos $M_w=6\pm 0,5$. c) Curva para $M_w=7$ y datos $M_w=7\pm 0,5$. d) Curva para $M_w=8$ y datos $M_w=7,5-8,8$	81
Figura 4.20: Curvas de atenuación de duración entre intervalos (0,05g) para sismos interplaca tipo thrust, presentadas como BD vs M_w . a) Curva para $R=50$ [km] y datos $R<100$ [km]. b) Curva para $R=150$ [km] y datos $R=150\pm 50$ [km]. c) Curva para $R=300$ [km] y datos $R=300\pm 100$ [km]. d) Curva para $R=500$ [km] y datos $R>400$ [km].	82
Figura 4.21: Curvas de atenuación de duración entre intervalos (0,05g) para sismos intraplaca profundidad intermedia, presentadas como BD vs R . a) Curva para $M_w=5$ y datos $M_w=5\pm 0,5$. b) Curva para $M_w=6$ y datos $M_w=6\pm 0,5$. c) Curva para $M_w=7$ y datos $M_w=7\pm 0,5$. d) Curva para $M_w=8$ y datos $M_w=7,5-8,8$	83
Figura 4.22: Curvas de atenuación de duración entre intervalos (0,05g) para sismos intraplaca profundidad intermedia, presentadas como BD vs M_w . a) Curva para $R=50$ [km] y datos $R<100$ [km]. b) Curva para $R=150$ [km] y datos $R=150\pm 50$ [km]. c) Curva para $R=300$ [km] y datos $R=300\pm 100$ [km]. d) Curva para $R=500$ [km] y datos $R>400$ [km].	84

Figura 4.23: Residuos para la curva de atenuación de duración entre intervalos (0,05g). a) Residuos vs M_w . b) Residuos vs V_s30 . c) Residuos vs R	85
Figura 4.24: Histograma de los residuos de la curva de atenuación de duración entre intervalos (0,05g).....	86
Figura 4.25: Curva de excedencia para curvas de atenuación de duración entre intervalos (0,05g) para sitios con suelo. a) Curva presentada como BD vs R , sismo interplaca. b) Curva presentada como BD vs M_w , sismo interplaca. c) Curva presentada como BD vs R , sismo intraplaca. d) Curva presentada como BD vs M_w , sismo intraplaca.....	87
Figura 4.26: Comparación de la curva de atenuación de duración entre intervalos obtenida en este estudio con la de otros autores.	88
Figura 4.27: Clasificación de duraciones entre intervalos utilizando el límite de 0,05g por medio del método de clasificación basado en Support Vector Machine (SVM).	90