

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo General.....	3
1.1.2 Objetivos Específicos	3
1.2 Estructura de Trabajo.....	3
2 Marco Teórico	5
2.1 Depósitos de relave.....	5
2.1.1 Partes de un depósito de relave	6
2.1.2 Embalses de relaves	7
2.2 Parámetros dinámicos obtenidos a partir de un registro sísmico	15
2.2.1 Duración del registro sísmico	15
2.2.2 Poder Destructivo	17
2.2.3 Espectro de Fourier	17
2.3 Respuesta sísmica de los suelos	18
2.3.1 Comportamiento cíclico de los suelos	18
2.3.2 Módulo de Corte	20
2.3.3 Razón de amortiguamiento.....	21
2.3.4 Propagación Unidimensional de Ondas de Corte	22
2.3.5 Respuesta sísmica en suelo con varios estratos	24
2.3.6 Deconvolución de registros sísmicos.....	27
2.3.7 Amortiguamiento de Rayleigh.....	30
2.4 Modelos constitutivos	31
2.4.1 Modelo lineal elástico	31
2.4.2 Modelo lineal elástico perfectamente plástico	32
2.4.3 Modelo no lineal Hiperbólico elástico plástico con endurecimiento (HS)	34
2.4.4 Modelo Hardening Soil con deformaciones pequeñas (HS-Small ó HSS) ..	41
3 Metodología	45
3.1 Elección de registros sísmicos	45
3.2 Deconvolución.....	49
3.3 Elección de la geometría y características del modelo numérico	49
3.4 Elección de las características geotécnicas de los materiales	50

3.5	Elección modelo constitutivo	50
3.6	Modelación numérica	51
3.7	Ajuste de curvas de degradación en el modelo numérico	51
3.8	Puntos de Monitoreo	52
3.9	Análisis de resultados	53
4	Geometría y características del modelo numérico	54
4.1	Geometría del muro de empréstito.....	54
4.2	Dimensiones del modelo numérico	56
4.3	Material de relaves	57
4.4	Nivel freático	58
4.5	Dimensiones y generación de la malla.....	58
4.6	Condiciones de borde	60
4.7	Amortiguamiento	61
4.8	Validación de las condiciones de borde	61
5	Caracterización geotécnica de los materiales	64
5.1	Caracterización geotécnica del muro de empréstito	64
5.2	Caracterización geotécnica del suelo de fundación	67
5.3	Caracterización geotécnica del material de relave	70
6	Ajuste de las curvas de degradación del modelo HSS.....	71
6.1	Curva de degradación empírica	71
6.2	Ajuste de las curvas de degradación del muro de empréstito	72
6.3	Ajuste de las curvas de degradación del suelo de fundación.....	74
6.4	Resumen del valor de los parámetros usados en los materiales que utilizan el modelo constitutivo HSS.....	77
7	Resultados	81
7.1	Aceleración	81
7.2	Desplazamientos verticales residuales	85
7.3	Desplazamientos horizontales residuales	88
7.4	Espectros de desplazamientos	91
7.5	Pseudo espectros de Aceleración	92
8	Discusión y Análisis de resultados.....	94

8.1	Ajustes de curvas de degradación del módulo de corte y amortiguamiento del modelo constitutivo	94
8.2	Análisis dinámico del depósito de relaves modelado	95
8.2.1	Aceleraciones	95
8.2.2	Desplazamientos verticales	95
8.2.3	Desplazamientos horizontales	100
8.2.4	Espectros.....	103
8.3	Comentarios generales	105
9	Conclusiones	107
9.1	Recomendaciones para futuras investigaciones	109
10	Bibliografía	110
A.	Anexos	115
A.1	Registros utilizados en el modelo numérico	115
A.2	Aceleración a lo largo del muro de empréstito.....	119
A.3	Espectro de Fourier y Función de Transferencia entre el coronamiento del muro de empréstito y el campo libre del modelo.....	126