

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ANÁLISIS SÍSMICO PLANO DE ESTRUCTURAS
CON AISLADORES ELASTOMÉRICOS”**

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO ACADÉMICO O TÍTULO
DE:**

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

ANTONIO FRANCISCO PEÑA MORA

SANGOLQUÍ, Agosto del 2007

RESUMEN

Según la investigación realizada en las edificaciones antes mencionadas, la respuesta de la estructura ante los sismos descritos en los capítulos anteriores, el comportamiento con el sistema de aislamiento de base, es favorable, ya que la estructura sufre un mínimo daño, debido a los desplazamientos producidos por este sistema que se encuentra ubicado en la base de la misma. Este sistema de aislamiento lo que hace es reducir las fuerzas sísmicas que actúan en la estructura, aumentando así el periodo fundamental de la estructura y disminuyen las aceleraciones del suelo por ende también existe disminución de fuerzas actuantes en la estructura.

Finalmente se concluye que este sistema es una buena forma de mitigar los efectos sísmicos, evitando así que la estructura sufra daño, dando seguridad, y servicio.

ABSTRACT

According to the investigation made in the constructions before mentioned, the answer of the structure before the earthquakes described in the previous chapters, the behavior with the system of isolation of base, is favorable, since the structure suffers a minimum damage, due to the displacements produced by this system that is located in the base of the same one. This system of isolation which does is to reduce the seismic forces that act in the structure, increasing therefore the fundamental period of the structure and diminish the accelerations of the ground therefore also diminution of operating forces in the structure exists.

Finally one concludes that this system is a good form to mitigate the seismic effects, avoiding so the structure suffers damage, giving security, and service.

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el (los) Sr(s). **ANTONIO FRANCISCO PEÑA MORA** como requerimiento parcial a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL**.

Sangolquí, Agosto / 2007

Dr. Roberto Aguiar Falconí
DIRECTOR

Ing. Pablo Gómez
CODIRECTOR

DEDICATORIA

A la memoria de mis queridos abuelos Dolores, Carlos, Victoria y Francisco y hermano por todo el cariño brindado durante los primeros años de mi vida, que estoy seguro que siempre me acompaña.

A mis padres Gladys y Edgar que siempre me brindaron su amor y apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, que han sido mis mejores amigos y mi ejemplo a seguir.

A mis hermanas Katherine, Tatiana, Vanesa y Diana porque han estado conmigo en las buenas y en las malas, porque cuando las necesite siempre estuvieron apoyándome.

A mis familiares y amigos por acompañarme a lo largo de mi vida y compartir mis problemas y alegrías.

Con mucho cariño,

Antonio F. Peña M.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a DIOS por permitirme existir y llegar ha este momento de mi vida, a la Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ingeniería Civil, a todo el personal docente y administrativo, a todos quienes conforman el Centro de Investigaciones Científicas, a mis padres, hermanas, familiares y amigos que han estado siempre a mi lado, han sabido apoyarme y brindarme su amistad en todo momento.

Al Dr. Roberto Aguiar por su acertada dirección y apoyo personal en la realización de este trabajo, por ser un verdadero ejemplo de constancia, dedicación y por sus valiosos confesos para el resto de mi vida.

Al Ing. Pablo Gómez por todo el apoyo brindado no solo en la realización de este trabajo sino a lo largo de toda mi carrera, por todos sus consejos y motivación, por ser antes que un profesor un buen amigo.

Al Ing. Marcelo Romo y al Ing. Pablo Caiza por el apoyo brindado para la realización de mi proyecto de grado.

A Pablo Criollo, Verónica Bravo, Santiago Piedra, Santiago Zambrano, Marlon Herrera, Paul Mora, Cristina Carrillo, Oswaldo Bernal, Mario Jiménez, Henry Córdova y Xavier León, compañeros y amigos a lo largo de mi vida estudiantil.

Antonio F. Peña M.

INDICE DE CONTENIDOS

1. CAPÍTULO I: ESTADO DEL ARTE.

1.1. Aspectos generales.....	1
1.2. Aspectos históricos.....	5
1.3. Breve resumen histórico de la aislación sísmica en el mundo.....	7
1.3.1. Aislamiento de base en los Estados Unidos.....	8
1.3.2. Aislamiento de base en Japón.....	12
1.3.3. Aislamiento de base en Europa.....	14
1.3.4. Aislamiento de base en Nueva Zelanda.....	15
1.3.5. Aislamiento de base en México.....	16
1.3.6. Aislamiento de base en Chile.....	17
1.3.6.1. Proyecto de edificación con aislación sísmica en Chile.....	19

2. CAPÍTULO II: SISTEMAS DE 2 GRADOS DE LIBERTAD

2.1. Ecuación diferencial de movimiento.....	24
2.2. Modos de vibración.....	27
2.3. Factores de participación modal.....	28
2.4. Amortiguamiento modal.....	29

3. CAPÍTULO III: FACTORES DE AMPLIFICACIÓN MODAL

3.1. Respuesta ante movimiento armónico del suelo en sistemas de un grado de libertad con base empotrada.....	31
3.1.1. Vibración forzada. excitación armónica.....	31
3.1.1.1. Respuesta ante una excitación sinusoidal.....	32
3.2. Amplificación en sistemas con aislamiento de base.....	33
3.3. Casos prácticos.....	35

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS SÍSMICO PLANO

4.1. Introducción.....	38
4.2. Procedimiento de cálculo.....	39
4.2.1. Matriz de rigidez lateral.....	39
4.2.2. Matriz de masas de la estructura con base empotrada.....	45
4.2.3. Valores y vectores propios de la estructura con base empotrada.....	47
4.2.3.1. Valores Propios.....	47
4.2.3.2. Modos de Vibración.....	48
4.2.4. Matriz de amortiguamiento Wilson y Penzien.....	49
4.2.5. Matriz de amortiguamiento del aislador.....	50
4.2.6. Matrices de rigidez, masas y amortiguamiento de la estructura aislada.....	50
4.2.7. Método de procedimiento de espacio de estado.....	51
4.3. Ejemplos de aplicación en matlab.....	52

5 CAPÍTULO V : ANÁLISIS DE EDIFICIOS ANTE DIFERENTES SISMOS

5.1 Geometría de los modelos a analizarse.....	58
5.1.1 Pesos por pórticos.....	60
5.1.2 Dimensiones del sistema de aislamiento para un periodo Objetivo de T=2seg.....	63
5.1.3 Dimensiones del sistema de aislamiento para un periodo Objetivo T = 3seg.....	67
5.2 Características de los sismo utilizados en el análisis.....	67
5.2.1 Archivos de datos.....	68
5.3 Análisis comparativo de desplazamientos generados con periodos de 2 y 3 seg. en estructuras con y sin aislamiento sin considerar cimentación.	123
5.4 Análisis comparativo de desplazamientos generados con periodos de 2 y 3 seg en estructuras con y sin cimentación.....	131
5.5 Interpretación grafica de los desplazamientos de los modelos analizados.....	181
5.6 Modelo espacial de Kelly y Pan (1983).....	182
5.6.1 Descripción de las estructuras y aisladores de base.....	184
5.6.2 Sismos analizados.....	186
5.6.3 Geometría de los aisladores de base para obtener un periodo de 2 seg.....	187
5.6.4 Resultados de estructuras con aisladores de base para un periodo de 2 segundos.....	188
5.6.5 Geometría de los aisladores de base para obtener un periodo de 3 segundos.....	190
5.6.6 Resultados de estructuras con aisladores de base para un periodo de 3 segundos.....	191
5.7 Análisis comparativo entre el análisis sísmico plano y el análisis espacial de nelly y pan de los desplazamientos generados con periodos de 2 y 3 seg en estructuras con y sin cimentación.....	193

6 CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.....	199
6.2 Recomendaciones.....	201

INDICE DE TABLAS

CAPITULO III

FACTORES DE AMPLIACION MODAL

Tabla 3.1 Valores recomendados de ξ en porcentaje.....	31
Tabla 3.2 Valores de $\gamma, \varepsilon, \beta_s, \beta_b$	35

CAPITULO IV

Tabla 4.1 Identificacion del nudo inicial y final de los elementos.....	45
--	----

CAPITULO V

ANALISIS DE EDIFICIOS ANTE DIFERENTES SISMOS

Tabla 5.1 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 3 pisos.....	59
Tabla 5.2 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 6 pisos.....	59
Tabla 5.3 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 9 pisos.....	60
Tabla 5.4 Cargas, Pesos y Masas por piso, porticos exteriores.....	61
Tabla 5.5 Cargas, Pesos y Masas por piso, porticos interiores.....	61
Tabla 5.6 Cargas, Pesos y Masas por piso, porticos exteriores.....	61
Tabla 5.7 Cargas, Pesos y Masas por piso, porticos interiores.....	62
Tabla 5.8 Cargas, Pesos y Masas por piso, porticos exteriores.....	62
Tabla 5.9 Cargas, Pesos y Masas por piso, porticos interiores.....	62
Tabla 5.10 Dimensiones del aislador, rigidez y masa, porticos exteriores.....	66
Tabla 5.11 Dimensiones del aislador, rigidez y masa, porticos interiores.....	66
Tabla 5.12 Dimensiones del aislador, rigidez y masa, porticos exteriores.....	67
Tabla 5.13 Dimensiones del aislador, rigidez y masa, porticos interiores.....	67
Tabla 5.14 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	73
Tabla 5.15 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	74
Tabla 5.16 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico.....	74
Tabla 5.17 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	77
Tabla 5.18 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	77
Tabla 5.19 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico.....	78
Tabla 5.20 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	81
Tabla 5.21 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	82
Tabla 5.22 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico.....	82
Tabla 5.23 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	85
Tabla 5.24 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	86
Tabla 5.25 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico.....	86
Tabla 5.26 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	91
Tabla 5.27 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	91
Tabla 5.28 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico.....	92
Tabla 5.29 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	96

Tabla 5.30 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	96
Tabla 5.31 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	97
Tabla 5.32 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	99
Tabla 5.33 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	100
Tabla 5.34 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	100
Tabla 5.35 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	103
Tabla 5.36 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	104
Tabla 5.37 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	104
Tabla 5.38 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	107
Tabla 5.39 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	108
Tabla 5.40 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	108
Tabla 5.41 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	112
Tabla 5.42 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	112
Tabla 5.43 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	113
Tabla 5.44 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	116
Tabla 5.45 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	117
Tabla 5.46 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	117
Tabla 5.47 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	122
Tabla 5.48 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	123
Tabla 5.49 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	123
Tabla 5.50 Analisis comparativo de desplazamientos generados en los periodos T = 2seg y T = 3 seg con y sin aisladores sin considerar cimentacion Porticos exteriores.....	124
Tabla 5.51 Analisis comparativo de desplazamientos generados en los periodos T = 2seg y T = 3 seg con y sin aisladores sin considerar cimentacion Porticos interiores.....	125
Tabla 5.52 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	129
Tabla 5.53 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	129
Tabla 5.54 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	130
Tabla 5.55 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	132
Tabla 5.56 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	133
Tabla 5.57 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	133
Tabla 5.58 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	136
Tabla 5.59 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	137
Tabla 5.60 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	137
Tabla 5.61 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	141
Tabla 5.62 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	141
Tabla 5.63 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	142
Tabla 5.64 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	146
Tabla 5.65 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	146
Tabla 5.66 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	147
Tabla 5.67 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	151
Tabla 5.68 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	151
Tabla 5.69 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	152
Tabla 5.70 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	154
Tabla 5.71 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	155
Tabla 5.72 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	155
Tabla 5.73 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro	158
Tabla 5.74 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile	158
Tabla 5.75 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	159

Tabla 5.76 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	162
Tabla 5.77 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	162
Tabla 5.78 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	163
Tabla 5.79 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	166
Tabla 5.80 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	167
Tabla 5.81 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	167
Tabla 5.82 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	171
Tabla 5.83 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	171
Tabla 5.84 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	172
Tabla 5.85 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro.....	176
Tabla 5.86 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile.....	176
Tabla 5.87 Valores de desplazamientos para el sismo de Mexico	177
Tabla 5.88 Analisis comparativo de desplazamientos generados en los periodos T = 2seg y T = 3 seg con y sin aisladores, con y sin cimentacion, porticos exteriores.....	178
Tabla 5.89 Analisis comparativo de desplazamientos generados en los periodos T = 2seg y T = 3 seg con y sin aisladores, con y sin cimentacion, porticos exteriores.....	179
Tabla 5.90 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 3 pisos.....	185
Tabla 5.91 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 6 pisos.....	185
Tabla 5.92 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 9 pisos.....	185
Tabla 5.93 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio tres pisos.....	187
Tabla 5.94 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio seis pisos.....	188
Tabla 5.95 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio nueve pisos.....	188
Tabla 5.96 Comparacion de resultados de estructuras de tres pisos Sin y con aisladores.....	189
Tabla 5.97 Comparacion de resultados de estructuras de seis pisos Sin y con aisladores.....	189
Tabla 5.98 Comparacion de resultados de estructuras de nueve pisos Sin y con aisladores.....	190
Tabla 5.99 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio tres pisos.....	190
Tabla 5.100 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio seis pisos.....	191
Tabla 5.101 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio nueve pisos.....	191
Tabla 5.102 Comparacion de resultados de estructuras de tres pisos Sin y con aisladores.....	192
Tabla 5.103 Comparacion de resultados de estructuras de seis pisos Sin y con aisladores.....	192
Tabla 5.104 Comparacion de resultados de estructuras de nueve pisos Sin y con aisladores.....	192

Tabla 5.105 Análisis comparativa entre el Análisis sísmico Plano y el Análisis Espacial de desplazamientos generados en los periodos de T= 2 seg y T = 3 seg con y sin aislamiento de base, pórticos exteriores.....	193
Tabla 5.106 Análisis comparativa entre el Análisis sísmico Plano y el Análisis Espacial de desplazamientos generados en los periodos de T= 2 seg y T = 3 seg con y sin aislamiento de base, pórticos exteriores.....	195

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

ESTADO DEL ARTE

Figura 1.1 (a) Edificio Convencional, (b) Edificio con aisladores sismicos.....	4
Figura 1.2 Edificio Griego Partenon.....	5
Figura 1.3 Sistemas Utilizados en la antigüedad (a) Templo Partenón, (b) Templo Ponticapea.....	6
Figura 1.4 Foothill Communities Law and Justice Center.....	10
Figura 1.5 Prueba del aislador usado en el Edificio Aires.....	10
Figura 1.6 Fire Department Command and Control Facility.....	11
Figura 1.7 University of Sothern California Hospital.....	12
Figura 1.8 Tohoku Power Electrica Company, Japon.....	13
Figura 1.9 The Union House, New Zeland.....	16
Figura 1.10 Edificio aislado Comunidad Andalucia.....	20
Figura 1.11 Aislador sismico Edificio Andalucia.....	20
Figura 1.12 Hospital aislado (Centro San Carlos, Universidad Catolica).....	21
Figura 1.13 Construccion del Edificio San Agustin de la Facultad de Ingenieria de la Universidad Catolica.....	22
Figura 1.14 Aislador Edificio San Agustin.....	23
Figura 1.15 Ensayo de un Aislador en el Laboratorio de Dinamica Estructural de la Universidad Catolica.....	23

CAPITULO II

SISTEMAS DE DOS GRADOS DE LIBERTAD

Figura 2.1 Modelo de un sistema de dos grados de libertad.....	24
Figura 2.2 Primer modo de vibracion.....	27
Figura 2.3 Segundo Modo de vibracion.....	28

CAPITULO III

FACTORES DE AMPLIACION MODAL

Figura 3.1 Sistema de 1 gdl sometido a una fuerza armonica.....	32
Figura 3.2 Suma de dos armonicos.....	33
Figura 3.3 Factores de Amplificacion para un Edificio de 3 pisos.....	36
Figura 3.4 Factores de Amplificacion para un Edificio de 6 pisos.....	36
Figura 3.5 Factores de Amplificacion para un Edificio de 9 pisos.....	37

CAPITULO IV

ANALISIS SISMICO PLANO

Figura 4.1 Modelo de calculo para determinar la matriz de rigidez lateral.....	40
Figura 4.2 Coordenadas locales, elemento horizontal con nudos rigidos.....	40

Figura 4.3	Coordenadas globales para un elementos vertical, con nudos rigidos..	41
Figura 4.4	Coordenadas “a” y “b”.....	43
Figura 4.5	Geometria, estructura un piso un vano.....	43
Figura 4.6	Numeracion de nudos y grados de libertad.....	44
Figura 4.7	Numeracion de nudos y elementos.....	45
Figura 4.8	Modelo de masas concentradas de un portico plano.....	46
Figura 4.9	Carga Uniformemente distribuida.....	46
Figura 4.10	Modos de vibracion, un piso un vano.....	49
Figura 4.11	Distribucion en planta.....	52
Figura 4.12	Desplazamientos en el ultimo piso y en la base.....	56
Figura 4.13	Desplazamientos en el ultimo piso y en la base.....	56

CAPITULO V

ANALISIS DE EDIFICIOS ANTE DIFERENTES SISMOS

Figura 5.1	Distribucion en plantas para los 3 edicios analizados.....	58
Figura 5.2	Geometria Edificio de 3 pisos.....	58
Figura 5.3	Geometria Edificio de 6 pisos.....	59
Figura 5.4	Geometria Edificio de 9 pisos.....	60
Figura 5.5	Distribucion en planta de areas cooperantes para los 3 edificios analizados	61
Figura 5.6	Nomenclatura utilizada para definir la geometria de los aisladores de base.....	63
Figura 5.7	Archivo de datos edificio de 3 pisos.....	68
Figura 5.8	Archivo de datos edificio de 6 pisos.....	69
Figura 5.9	Archivo de datos edificio de 9 pisos.....	70
Figura 5.10	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	73
Figura 5.11	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	73
Figura 5.12	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	74
Figura 5.13	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	77
Figura 5.14	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	77
Figura 5.15	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	75
Figura 5.16	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	81
Figura 5.17	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	81
Figura 5.18	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	82
Figura 5.19	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	85
Figura 5.20	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	86
Figura 5.21	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	86
Figura 5.22	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	90
Figura 5.23	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	91
Figura 5.24	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	91
Figura 5.25	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	96
Figura 5.26	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	96
Figura 5.27	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	97
Figura 5.28	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	99
Figura 5.29	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	100
Figura 5.30	Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	100
Figura 5.31	Desplazamientos para el sismo de Centro.....	103
Figura 5.32	Desplazamientos para el sismo de Chile.....	103

Figura 5.33 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	104
Figura 5.34 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	107
Figura 5.35 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	108
Figura 5.36 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	108
Figura 5.37 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	111
Figura 5.38 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	112
Figura 5.39 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	112
Figura 5.40 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	116
Figura 5.41 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	117
Figura 5.42 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	117
Figura 5.43 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	121
Figura 5.44 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	122
Figura 5.45 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	122
Figura 5.47 Espectro elastico con 5% de amortiguamiento y periodos en Estructuras sin aislador.....	123
Figura 5.48 Desplazamiento con base empotrada(a), Desplazamiento con Aislador de base.....	124
Figura 5.49 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	128
Figura 5.50 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	129
Figura 5.51 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	129
Figura 5.52 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	132
Figura 5.53 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	132
Figura 5.54 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	133
Figura 5.55 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	136
Figura 5.56 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	137
Figura 5.57 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	137
Figura 5.58 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	141
Figura 5.59 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	141
Figura 5.60 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	142
Figura 5.61 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	145
Figura 5.62 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	146
Figura 5.63 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	146
Figura 5.64 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	150
Figura 5.65 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	151
Figura 5.66 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	151
Figura 5.67 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	154
Figura 5.68 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	154
Figura 5.69 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	155
Figura 5.70 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	158
Figura 5.71 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	159
Figura 5.72 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	159
Figura 5.73 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	162
Figura 5.74 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	162
Figura 5.75 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	163
Figura 5.76 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	166
Figura 5.77 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	166
Figura 5.78 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	167
Figura 5.79 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	171
Figura 5.80 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	171
Figura 5.81 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	172

Figura 5.82 Desplazamientos para el sismo de Centro.....	176
Figura 5.83 Desplazamientos para el sismo de Chile.....	176
Figura 5.84 Desplazamientos para el sismo de Mexico.....	177
Figura 5.85 Sistema de tres grados de libertad de Kelly y Pan	182
Figura 5.86 Distribucion en planta de los tres edificios analizados y localizacion de los aisladores de base y centro de masas.....	186

INDICE DE CUADROS

CAPITULO V

ANALISIS DE EDIFICIOS ANTES DIFERENTES SISMOS

Cuadro 5.1 Espectros de desplazamientos.....	181
---	-----

CAPITULO I: ESTADO DEL ARTE

1.1. ASPECTOS GENERALES

Un gran porcentaje de la población mundial vive en zonas de alto riesgo sísmico, en la cual los movimientos del terreno son las causantes de pérdidas de humanas y materiales. Por este motivo se han desarrollado en los últimos años diferentes procedimientos de diseño de estructuras orientadas a mitigar sus efectos, siendo el aislamiento de base uno de estos procedimientos. Molinares *et al* (1994)

El objetivo fundamental del diseño de estructuras frente a acciones sísmicas es el de mantener la respuesta dentro de los límites de seguridad, servicio y confort humano. Dicho objetivo se puede alcanzar aplicando los conceptos básicos del diseño antisísmico convencional, cuales parten de la idea, de que el movimiento del terreno se transmite a la estructura a través de su base fija. En todas las normativas de diseño sísmico del mundo se dan parámetros de diseño tradicional cuyo propósito es disipar una parte de la energía inducida por el terreno, a fin de evitar aceleraciones y corrimientos excesivos en la estructura. Dicha disipación suele conseguirse mediante la plastificación de algunos elementos estructurales que, en el caso de edificios, son la entrega de las vigas a las columnas. Las medidas antisísmicas tradicionales fundamentan el adecuado comportamiento de una estructura en los siguientes principios generales:

- Peso y rigidez de la estructura distribuidos uniformemente y simétricamente

- Uso de estructuras ligeras y con el centro de gravedad lo más bajo posible.
- Elementos estructurales constituidos por materiales flexibles y de adecuada resistencia, diseñados de tal forma que asegure la máxima disipación de energía.
- Elementos estructurales vinculados entre sí de manera que forme contornos cerrados tanto en planta como en elevación.
- Cimentaciones profundas, apoyadas sobre capas de terreno y firmes.

De esta manera se consigue un incremento de la capacidad de resistencia que permite que la estructura sometida al efecto del movimiento sísmico no presente daños importantes. Sin embargo se presenta los siguientes problemas:

- Las estructuras son más rígidas y de mayor peso en el caso estático y por lo tanto de mayor costo.
- La inseguridad en las cargas, que puede tener otras características de diseño, pudiendo provocar daños importantes e incluso el colapso de la estructura.

Los registros típicos de aceleración sísmica tienen periodos (0.1s – 1s), pero en la mayoría de los casos los valores máximos espectrales llegan a periodos (0.2s – 0.6s). Consecuentemente las estructuras con periodos (0.1s – 1s) son muy vulnerables a las acciones sísmicas. Por esta razón, como alternativa de diseño sísmico tradicional, se han desarrollado sistemas de aislamiento de base, el cual consiste en la instalación de mecanismos que desacoplan parcialmente la estructura del terreno, para así disminuir los daños en ella o en su contenido. Este desacoplamiento se lo realiza colocando entre la base de la estructura y su cimentación aparatos de apoyo que incrementen la flexibilidad del sistema de la estructura-base, produciendo al mismo tiempo un

amortiguamiento apropiado. El citado incremento de flexibilidad produce un incremento del periodo fundamental de la estructura, mas allá del periodo predominante del terreno, evitando así la resonancia o la vibración en un rango de frecuencias cercanas a la resonancia. La aplicación de esta idea requiere medidas que permitan un desplazamiento horizontal de la estructura variando entre 5cm y 40cm y que, en el caso de terrenos firmes este desplazamiento puede llegar a duplicarse. La función del amortiguamiento debido al aparato de apoyo es muy importante en la reducción de los valores del desplazamiento de la base, puesto que los dispositivos amortiguadores logran una importante disipación de energía dada por el sismo. Todos estos aspectos anteriormente mencionados hacen que el diseño tradicional de estructuras sea solucionado utilizando el aislamiento de base, limitando las deformaciones en la estructura y las demandas de ductilidad, disminuyendo notablemente los daños en los elementos estructurales como en los no estructurales. De esta manera el aislamiento de base proporciona un tipo de diseño antisísmico que protege las estructuras, limitando la acción de los terremotos sin incrementar su capacidad de resistencia.

El aislamiento de base generalmente reduce las cargas sísmicas en la estructura, producida por la limitación de la demanda de ductilidad teniendo como consecuencia la simplificación del diseño de los elementos de resistencia.

Una de las principales desventajas de los sistemas de aislamiento de base radica en su limitada capacidad de reducir la respuesta estructural y depende también del contenido frecuencial de la excitación. Este último aspecto requiere una evaluación

previa muy confiable de las características de los sismos, ya que si el periodo del terreno es del mismo orden de magnitud que el periodo fundamental del sistema de aislamiento de base, se incrementa la respuesta estructural.

En la figura 1.1 se ilustra el concepto de aislamiento sísmico. A continuación se indican los diferentes sistemas de protección sísmica, la convencional y el sistema de aislamiento sísmico.

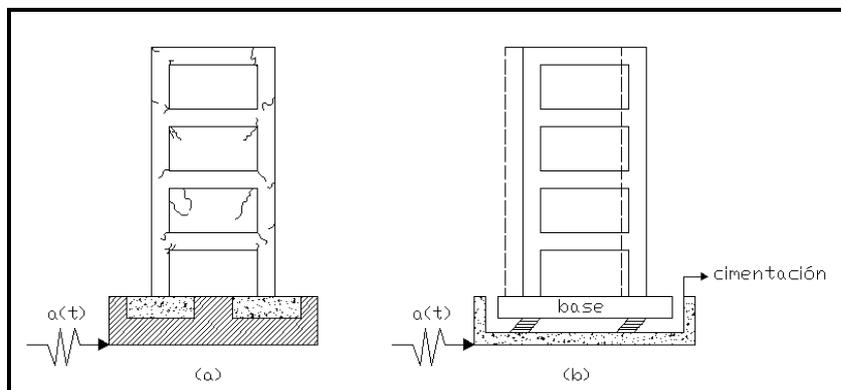


Figura 1.1 (a) Edificio convencional. (b) Edificio con aislamiento sísmico.

En la figura 1.1 (a) se puede observar como actuado el sismo sobre la estructura convencional produciéndose deformaciones y fisuras considerables en la estructura, mientras que en la figura 1.1 (b) se observa que se ha producido un mayor desplazamiento en el sistema de aislamiento, sufriendo la estructura pequeñas deformaciones, moviéndose prácticamente como un sólido rígido. La diferencia básica existente en los dos casos es que la disipación de energía en la estructura convencional es el sufriendo de daño en la estructura, mientras que la estructura aislada sufre un mínimo daño. Molinares *et al* (1994)

1.2. ASPECTOS HISTÓRICOS

Según Kirikov el concepto de aislamiento sísmico no es nuevo, en la que describe varios procedimientos utilizados en la antigüedad por los sumerios, griegos, romanos, bizantinos, etc., para proteger sus estructuras del efecto de los sismos. Algunos de estos se basan en el aumento de la ductilidad en sus construcciones de mampostería de piedra o ladrillo de aquellos tiempos, con la utilización de morteros de arcillas y betún. Los muros de piedra, que muchas veces no llevaban mortero, fijándose las piedras entre si mediante chapas metálicas selladas con plomo. De esta manera se lograba que las construcciones no se comporten como sólidos completamente rígidos, sino que absorbieran parte de la energía de los sismos. Muchas veces, la mampostería dúctil se colocaba solamente en la parte inferior de los muros, constituyendo un verdadero aislamiento de la construcción. Molinares *et al* (1994)

En el año 2000 a.J.C, en Knossos (Creta), habían desarrollado un cierto tipo de aislamiento de base, que consistía en colocar una capa de arena fina debajo de la cimentación de la construcción, con el fin de generar una especie de apoyo deslizante.



Figura 1.2 Edificación Griega - Partenón

Otro procedimiento parecido se ha empleado en Chokrak, donde se colocó la cimentación del templo sobre una capa gruesa de arcilla y otras dos capas, la primera estaba conformada de piedras de mediano tamaño y la segunda conformada de piedras más pequeñas. (Ver figura 1.2 (a)). Seguramente uno de los sistemas que más se asemejan a los utilizados en la actualidad, se utilizó en los siglos VI – VII a.J.C. en el templo de Ponticapéa que se realizó con barras de madera colocados entre los muros y la cimentación. (Ver figura 1.3 (b)).

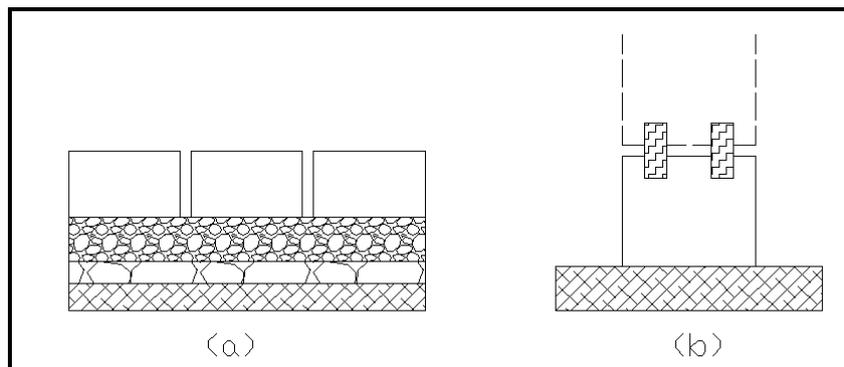


Figura 1.3 Sistemas utilizados en la antigüedad (a) Templo Partenón, (b) Templo Ponticapéa.

Todos estos métodos de construcción aplicados en la antigüedad, dieron paso al desarrollo de los procedimientos de aislamientos de base actuales, como el compuesto por rodillos metálicos que sostienen un edificio impidiendo la transmisión de energía, o los elastómeros utilizados en el año 1969 en Skopje (Yugoslavia). En ese momento, el estudio de los sistemas de aislamiento fue enfocado a los elastómeros, resaltando esto con la aparición del aparato de apoyo de neopreno zunchado, el cual es el más difundido en la actualidad.

Los desarrollos modernos han seguido prácticamente las mismas medidas de protección antisísmica que en la antigüedad, aumentándole a estas la experiencia alcanzada con los años en el desarrollo de la ciencia.

La utilización de sistemas de aislamiento permite cumplir con las normas de diseño sísmico de estructuras, sin un sustancial aumento de costos. Por esta razón, se han hecho diferentes estudios de este tema en las diferentes universidades del mundo, en la cual se han obtenido resultados muy importantes.

Finalmente, hay que destacar el gran número de edificios con aislamiento de base realizados en el mundo desde el año 1982, tal como se puede apreciar en el listado que se incluye a continuación. Molinares *et al* (1994)

1.3. BREVE RESUMEN HISTÓRICO DE LA AISLACIÓN SÍSMICA EN EL MUNDO

- Era moderna comienza en Nueva Zelanda en 1970
- Primera aplicación en Japón es de 1982 (casa pequeña)
- Primera aplicación en EE.UU. es de 1985 (San Bernardino)
- Antes de 1995 existían 85 edificios aislados en Japón, 35 de los cuales eran de

- propiedad de constructoras, centros de investigación, o de fabricantes de aisladores
- Durante Kobe (1995), dos estructuras aisladas soportaron el movimiento sísmico sin problemas (Matsumura-Gumi, WJPSCC)
- Durante Northridge (1994), cinco estructuras fueron sometidas a movimientos significativos (p.e., USC, FCC)
- Primer edificio en Chile es en 1992 (Comunidad Andalucía)
- Posteriormente al terremoto de Kobe, el crecimiento de la aislación sísmica en Japón es abrupto; 20 edificios por mes
- Aproximadamente 600 edificios aislados en Japón para 1998
- Aproximadamente 40 edificios aislados en EE.UU. para 1998
- Promedio de altura de edificios aislados antes de 1995 era entre 4 y 5 pisos; actualmente es en promedio mayor a 8 pisos
- Primer hospital aislado sísmicamente en Chile, año 2000
- Nuevo Edificio de la Facultad de Ingeniería de la UC, año 2001
- Hospital Militar 2002. Universidad de Chile.

1.3.1. AISLAMIENTO DE BASE EN LOS ESTADOS UNIDOS.

En los últimos años el aislamiento de base se ha convertido en una técnica de diseño estructural cada vez más aplicada para edificios y puentes en áreas altamente sísmicas. Muchos tipos de estructuras se han construido usando este sistema, y muchos otros están en la fase de diseño o bajo construcción.

Las ideas detrás del concepto del aislamiento de base son absolutamente simples. Hay dos tipos básicos de sistemas de aislamiento. El sistema que se ha adoptado en estos últimos años se ha caracterizado por el uso de aisladores elastoméricos, el elastómero está hecho del caucho natural o de neopreno. En este acercamiento, el edificio o la estructura es separada del suelo, mediante una capa de aislamiento el cual posee una cierta rigidez horizontal ante la presencia de movimiento de tierra del terreno. Esta capa da a la estructura una frecuencia fundamental menor que la frecuencia con empotramiento y también baja mucho las frecuencias predominantes del movimiento del terreno. El primer modo dinámico de la estructura aislada implica la deformación solamente en el sistema de aislamiento, la estructura para fines prácticos se comporta como sólido rígido. Los modos más altos que producirán la deformación en la estructura son ortogonales al primer modo y por lo tanto también al movimiento de la tierra. Estos modos más altos no participan en el movimiento, ya que no se puede transmitir esta energía en la estructura. **El sistema del aislamiento no absorbe la energía del terremoto, sino la desvía con la dinámica del sistema.** Este tipo de aislamiento trabaja cuando el sistema es lineal y aun cuando no está amortiguado; sin embargo, algo que amortigüe es beneficioso para suprimir cualquier resonancia posible en la frecuencia del aislamiento.

Investigación en EERC

La investigación sobre el desarrollo de aisladores de base de caucho natural comenzó en 1976 (EERC), en el centro de investigación pacífico de ingeniería de la universidad de California en Berkeley. El programa de investigación inicial era un esfuerzo común por EERC y la asociación de investigadores productores de goma malasia (MRPRA), de Reino Unido. El programa fue financiado por MRPRA, por el

National Science Foundation y el instituto de investigación de la energía eléctrica. La investigación fue dirigida por el Profesor James M. Kelly en EERC, quien incluyó importantes contribuciones teóricas y experimentales sobre el tema.

El primer edificio con aislamiento de base en los Estados Unidos es Foothill Communities Law and Justice Center., el cual tuvo un costo de \$30 millones en el Condado de Cucamonga San Bernardino del Rancho, ubicado a 97 kilómetros (60 millas) al este de Los Ángeles. La construcción fue concluida en 1985, el edificio consta de cuatro plantas altas con dos sótanos llenos para el sistema de aislamiento, que consiste en 98 aisladores de base de varias capas de caucho natural reforzados con las placas de acero.



Figura 1.4 Foothill Communities Law and Justice Center.

Este edificio fue diseñado para un terremoto de la magnitud 8.3 en la escala de Richter. El diseño seleccionado para el sistema de aislamiento considero también torsión, con un desplazamiento horizontal máxima de 380 milímetros (15 pulg.) en las esquinas de los aisladores del edificio.

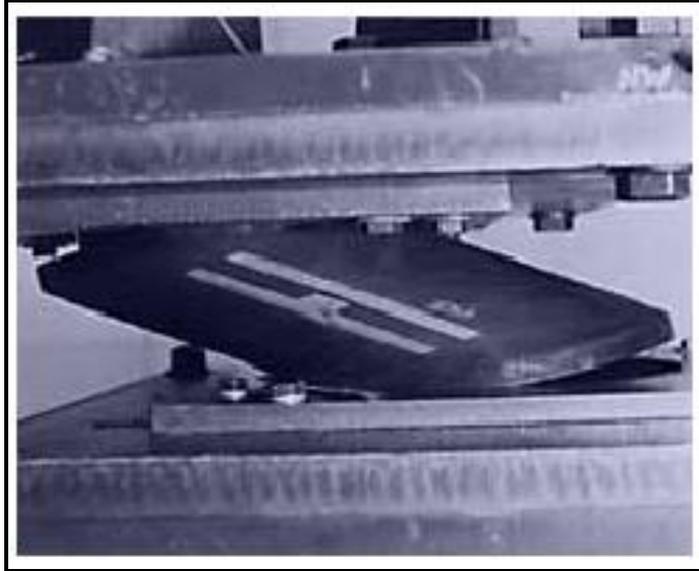


Figura 1.5 Prueba del aislador usado en el edificio Foothill Communities Law and Justice Center.

Este sistema también fue adoptado para la Fire Department Command and Control Facility., (FCCF) del condado de Los Ángeles, terminado en 1990, el edificio de FCCF contiene los sistemas informáticos para los servicios de emergencia del condado, por lo tanto se requiere que este siga siendo funcional después de un acontecimiento extremo.



Figura 1.6 Fire Department Command and Control Facility., (FCCF)

La decisión para utilizar el aislamiento de base para este proyecto fue para comparar el alcance del diseño convencional con el diseño de aislamiento,

proporcionando el mismo grado de protección. En la mayoría de los proyectos, el diseño de aislamiento cuesta un cinco por ciento más, considerando que en el diseño convencional los códigos brindan un nivel mínimo de protección para la estructura; mientras que el diseño de aislamiento proporciona un nivel más alto seguridad.

Otra edificación que cuenta con este sistema de aislamiento es el University of Southern California University Hospital. Ubicado a 36 kilómetros (23 millas) del epicentro Northridge, California 1994, con $M= 6.8$, esta edificación esta apoyada en un marco de acero concéntrico apoyado en 68 aisladores de goma de plomo y 81 aisladores elastoméricos. El sistema de la fundación consiste una cimentación corrida con vigas T sobre roca. Debido a requisitos funcionales, el plan y la elevación del edificio son altamente irregulares con reveses numerosos sobre la altura. Kelly *et al* (1996)



Figura 1.7 University of Southern California University Hospital.

1.3.2. AISLAMIENTO DE BASE EN JAPÓN

El primer edificio con aislamiento de base fue terminado en 1986. Aunque tales edificios requieren la aprobación especial del ministerio de la construcción, el día 30 de junio de 1998, 550 edificios con aislamiento de base fueron aprobados.

El aislamiento de base ha avanzado rápidamente en Japón por varias razones:

- Por la contribución del estado para la investigación, y
- el gran desarrollo en la ingeniería específicamente en aislamiento de base;

ya que el proceso de aprobación para construir un edificio con base-aislado es un proceso directo y estandarizado.

En la actualidad hay varios edificios grandes que utilizan estos aisladores de alto amortiguamiento: un ejemplo excepcional es el centro de computadora para Tohoku Power Electrica Company en Sendai, provincia de Miyako.



Figura 1.8 Tohoku Power Electrica Company, Japón

Esta edificación es la más grande en el mundo, actualmente es el centro de computadora postal del oeste de Japón, situado en Sanda, prefectura de Kobe. La estructura es de 47.000 m² (500.000 pies²) se apoya en 120 aisladores elastoméricos con un cierto número adicional de amortiguadores de acero y plomo. El edificio aislado, tiene un período de 3.9 seg, se localiza aproximadamente 30 kilómetros (19 millas) del epicentro del terremoto 1995 de Hyogoken Nanbu (Kobe), experimentando movimientos de tierra severos. La aceleración máxima de tierra debajo de los aisladores

era 400 cm/seg^2 (0.41 g) pero fue reducida por el sistema del aislamiento a 127 cm/seg^2 (0.13 g) en el sexto piso. La estimación del desplazamiento de los aisladores es alrededor 12 centímetros (4.8 pulg.). Un edificio con empotramiento adyacente al centro de computadoras experimentó un cierto daño, pero no había daños en el edificio con aislamiento.

El uso del aislamiento en Japón continúa aumentando, especialmente a partir del terremoto de Kobe. Como consecuencia del funcionamiento del centro de computadoras postales del oeste de Japón, ha habido un aumento rápido en los permisos para los edificios con aislamiento de base, incluyendo apartamentos y condominios. Kelly *et al* (1996)

1.3.3. AISLAMIENTO DE BASE EN EUROPA

El aislamiento de base en Europa, se está estudiando lo más aceleradamente posible en Italia bajo el auspicio del grupo de funcionamiento nacional en el aislamiento sísmico (Gruppo de Lavoro Isolamento Sismico GLIS). GLIS abarca investigadores de calidad los cuales han organizado varios talleres y están preparando las pautas de diseño para los sistemas de aislamiento. Varios edificios se han construido en Italia usando el aislamiento uno de éstos es el nuevo centro de la administración de la compañía nacional del teléfono (SIP), un complejo de cinco edificios siete pisos en Ancona. Como parte de un proyecto de demostración, un edificio de apartamento de cuatro pisos fue terminado recientemente en Squillace, Calabria (130), con un edificio idéntico, convencionalmente diseñado al lado de ella. Un segundo edificio con aislamiento de base está en construcción en Ancona para el Ministerio de Defensa. El diseño para el

aislamiento de base esta estandarizado para las casas prefabricadas, también para el SIP, ha sido desarrollado por Giuliana; un número de éstos deben ser situados en áreas altamente sísmicas. Un proyecto experimental sobre la modificación de un edificio histórico se ha terminado recientemente en el Vellage the Frigento en Italia meridional. Kelly *et al* (1996)

1.3.4. AISLAMIENTO DE BASE EN NUEVA ZELANDA

El primer edificio con aislamiento de base en Nueva Zelanda fue el edificio de Willian Clayton en Wellington. Terminado en 1981, era el primer edificio en el mundo con este sistema desde su terminación, luego se construyeron tres edificios mas con aislamiento de base en Nueva Zelanda; dos de estas estructuras (casa de la unión, Auckland, y comisaría de policías de Wellington) se aíslan usando aisladores deslizantes. The Union House es un edificio de 12 pisos, apoyado en un marco de concreto reforzado. El control del movimiento es proporcionado por un sistema de amortiguamiento adicional basado en la deformación de elástico con placas afiladas de acero. La comisaría de policías de Willington es una estructura apoyada en un marco de 10 pisos de concreto reforzado, y el control de los desplazamientos es efectuada por un amortiguados de plomo. El museo nacional de Nueva Zelanda en Wellington se ha terminado recientemente; se aísla con 142 aisladores con núcleo de plomo y 36 aisladores de goma.

Otro edificio importante construido con este sistema es la Casa del Parlamento de Nueva Zelanda, la estructura concluyo en 1922; este y otro edificio fue aislado usando la 514 aisladores de goma con núcleo de plomo.

Un proyecto inusual de aislamiento es un edificio de la prensa situado en Petone cerca de Wellington. Este edificio fue construido con aisladores de goma con núcleo de plomo. Kelly *et al* (1996)



Figura 1.9 The Union House, New Zeland

1.3.5. AISLAMIENTO DE BASE EN MÉXICO

Los reglamentos de diseño sísmico de México no cuentan actualmente con disposiciones para el diseño de estructuras y/o puentes con aisladores de base. Dada la cercanía y la dinámica de las relaciones entre México y los Estados Unidos a raíz de la concertación del Tratado de Libre Comercio (TLC), no sería difícil que empresas de diseño estructural trasnacionales e incluso, empresas nacionales, intentaran aplicar directamente los criterios de diseño propuestos por los reglamentos norteamericanos

(UBC y AASHTO) para aisladores de base, a falta de criterios nacionales específicos, lo que constituiría una práctica riesgosa porque la sismicidad y las prácticas de diseño de México son diferentes a las de los Estados Unidos, como lo ha señalado el responsable del proyecto en trabajos recientes (Tena 1997).

Recientemente, en la ciudad de Guadalajara se está planeando la construcción de una gran Basílica con aisladores de base de manufactura norteamericana, utilizando el reglamento norteamericano UBC-97 para definir todo el diseño, incluyendo los espectros de diseño. Este hecho refuerza la necesidad de desarrollar recomendaciones específicas para el aislamiento sísmico que sean compatibles con la filosofía y estructuración de los principales reglamentos de diseño sísmico de México y que tomen en cuenta la realidad sísmica del país.

1.3.6. AISLAMIENTO DE BASE EN CHILE

Durante la última década el concepto de aislación sísmica ha comenzado a ser considerado seriamente como una alternativa en el diseño sismorresistente de estructuras, especialmente en aquellos casos en que se busca un mejor desempeño sísmico para las estructuras y sus contenidos. El excelente desempeño que las estructuras aisladas han tenido durante los sismos de Northridge (Los Ángeles, 1994) y Kobe (Kobe, 1995), avalan las bondades de esta alternativa en cuanto a aumentar considerablemente el nivel de seguridad para las personas y la operabilidad de la estructura después de un sismo.

Actualmente, los conceptos de aislación sísmica se enseñan como parte del currículo de Ingeniería Civil en la mayoría de las Universidades mundialmente reconocidas, innumerables investigaciones se han desarrollado para demostrar la eficiencia de la aislación sísmica como una técnica sismorresistente, y numerosos dispositivos de aislamiento están comercialmente disponibles para su implementación en la práctica.

Consecuentemente, se ha desarrollado una creciente necesidad de suplementar los códigos sísmicos actualmente vigentes con requerimientos específicos para estructuras aisladas.

Esta necesidad es compartida por los organismos encargados de la construcción y el público en general, quienes requiere que esta tecnología sea implementada adecuadamente, y por los ingenieros proyectistas, los que requieren un estándar mínimo para el diseño y construcción de estructuras con esta tecnología.

Los primeros esfuerzos en la dirección de un código para el diseño de estructuras aisladas sísmicamente fueron publicados por el SEAOC (Structural Engineering Association of California) el año 1986 en el documento "Tentative Seismic Isolation Design Requirements". Reconociendo la necesidad de lograr un documento que represente una opinión consensuada, el comité sismológico del SEAOC primero desarrolló los requerimientos de diseño "General Requirements for the Design and Construction of Seismic Isolated Structures" que fueron publicados en el apéndice 1L del "Blue Book" del SEAOC (Asociación de Ingenieros Estructurales de California) en

1990. Estos mismos requerimientos fueron publicados posteriormente como un apéndice no obligatorio del Capítulo 23 del UBC en el año 1991. El comité sismológico del SEAOC y ICBO (International Conference of Building Officials) han revisado este documento periódicamente desde entonces y versiones posteriores de estos requerimientos se pueden encontrar en el "Blue Book" del SEAOC del año 1996, y en el código UBC del año 1997.

Por otra parte, el Consejo de Seguridad Sísmica para Edificios encomendó la incorporación de requerimientos para el diseño de estructuras con aislación sísmica y disipación de energía en los requerimientos de NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) del año 1994. Estos requerimientos fueron modificados en la versión del año 1997 en que los tres documentos NEHRP/UBC/SEAOC fueron compatibilizados.

1.3.6.1 PROYECTO DE EDIFICACIÓN CON AISLACIÓN SÍSMICA EN CHILE

A la fecha existen cuatro edificios con aislación sísmica en Santiago, un bloque del conjunto habitacional Comunidad Andalucía, en la calle Lord Cochrane, diseñado y construido entre los años 1991 y 1992 dentro del marco de un estudio de la Universidad de Chile, el centro médico San Carlos de Apoquindo de la Universidad Católica de Chile construido durante el año 2000, y los edificios contiguos San Agustín (2002) y Hernán Briones (2003) de la Escuela de Ingeniería en el Campus San Joaquín de la Universidad Católica.

COMUNIDAD ANDALUCÍA

Con el fin de fomentar en Chile, el uso de la aislación sísmica de base como herramienta de protección antisísmica. Se construyó un edificio habitacional sobre un conjunto de 6 aisladores de goma de alto amortiguamiento que lo conecta con la cimentación. Cada uno de estos aisladores está formado por un conjunto de laminas de goma intercaladas con placas metálicas.



Figura 1.10 Edificio aislado Comunidad Andalucía

Como elemento de comparación de resultados, adicionalmente se construyó un edificio similar pero empotrado, de esta forma se logró el mismo edificio uno con aislamiento de base y el otro en la forma tradicional de construcción.



Figura 1.11 Aislador sísmico Edificio Andalucía

Para estudiar el comportamiento sísmico de ambos edificios, se instaló una red local operada por la [Red Nacional de Acelerógrafos](#) (RENADIC), formada por 4

acelerógrafos digitales SSA-2 que registran el comportamiento de ambos edificios durante eventos sísmicos.

Los resultados obtenidos de los edificios han demostrado que la aislación sísmica de base es una buena alternativa de solución al problema de proteger edificios o estructuras de sismos. Estos resultados también se han obtenido en estructuras posteriores con aislación sísmica de base como el [Viaducto Marga-Marga](#).

El segundo, es un edificio de aproximadamente 8000 m² distribuidos en seis pisos, y estructurado en base a marcos dúctiles de hormigón armado. El edificio se encuentra aislado al nivel de cielo del subterráneo con 52 aisladores de alto amortiguamiento, 22 de los cuales cuentan con corazón de plomo.



Figura 1.12 Hospital Aislado (Centro San Carlos, Universidad Católica)

El tercero es un nuevo edificio de cinco pisos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Chile que cuenta con 42 aisladores elastoméricos de alto amortiguamiento y 14 aisladores friccionales.

El edificio, de una planta de 6000 m² aproximadamente, está estructurado en base a un sistema dual de muros de hormigón armado y marcos gravitacionales. El sistema de aislación se ubica en este caso directamente sobre las fundaciones. Por último, el cuarto que es contiguo al tercero ampliándolo en 1900 m², fue construido con posterioridad, con una estructuración similar. Los últimos tres edificios fueron diseñados en base al código de aislación sísmica UBC 1997 en zona sísmica máxima y verificados para una familia de sismos chilenos. Los aisladores de todos estos edificios fueron fabricados en Chile por la empresa VULCO S.A.



Figura 1.13 Construcción del Edificio San Agustín de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica

En el año 2004 comenzó la construcción del Hospital Militar que contará con 162 aisladores sísmicos elastoméricos, algunos de ellos con corazón de plomo. Este

será uno de los edificios con aislamiento más grandes del mundo, el cual utilizará aisladores de diámetro 90 cm.



Figura 1.14 Aislador del Edificio San Agustín



Figura 1.15 Ensayo de un Aislador en el Laboratorio de Dinámica Estructural de la Universidad Católica

Los antecedentes mundiales muestran que con posterioridad a los terremotos de Northridge, Kobe, el uso del aislamiento sísmico en el mundo ha crecido considerablemente. Por ejemplo, las estadísticas en Japón muestran que el año 1998 se construyeron más de 700 edificios con aislamiento sísmico, entre los que se incluyen 35 hospitales, 18 edificios gubernamentales y 304 edificios de viviendas.

BIBLIOGRAFÍAS.

1. Kelly M. James., “Earthquake – Resistant Design UIT Rubber”. Springer – Verlag. London Berlin Heidelberg New York.
2. N. Molinares, A.H. Barbat Edificios con aislamiento de base no lineal, Monografías CIMNE **IS-5**, Barcelona 1994.
3. Naeim F., Kelly J.M., 1999 “Design of Seismic Isolated Structures”. John Wiley and Sons, Inc
4. “Aislación Sísmica y Disipación” Ingeniería Civil UC., Departamento de Estructuras y Geotecnia.
5. Tena., R, “Propuesta de lineamientos para el diseño por sismo para estructuras con aislamiento de base”. Universidad Autónoma Metropolitana., División de Ciencias Básicas e Ingeniería. ISBN 970-31-0272-7 Marzo de 2004

CAPITULO II: SISTEMAS DE DOS GRADOS DE LIBERTAD

2.1 ECUACIÓN DIFERENCIAL DE MOVIMIENTO

En este capítulo se presenta la ecuación diferencial de movimiento de una estructura de un vano y un piso sobre aisladores de base, como se muestra en la figura

2.1. La misma que se modela como un sistema de dos grados de libertad, el primer

grado corresponde al desplazamiento en la base d_b y el segundo desplazamiento es del primer piso d_1 , todos estos desplazamientos se los agrupan en el vector D_c . (Aguilar 2007).

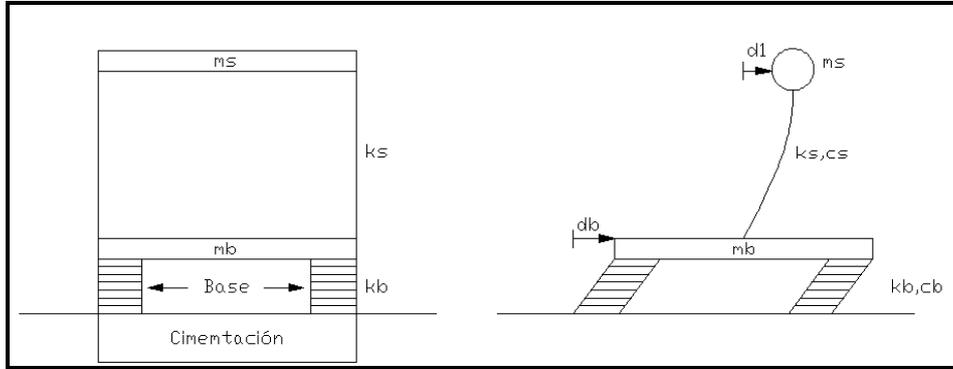


Figura 2.1 Modelo de un sistema de dos grados de libertad.

La ecuación diferencial para pórticos planos con aisladores de base es la siguiente:

$$M_C \ddot{D}_C + C_C \dot{D}_C + K_C D_C = -M_C J_C a(t) \quad (2.1)$$

$$M_C = \begin{bmatrix} m_b + m_s & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix}; \quad D_C = \begin{bmatrix} d_b \\ d_1 \end{bmatrix}; \quad C_C = \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & c_s \end{bmatrix};$$

$$K_C = \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix}; \quad J_C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

siendo m_b es la masa del sistema de aislamiento, a esta masa se le debe añadir la masa de la cimentación que se encuentra debajo de la cimentación la cual es:

$$m_b = \frac{V_{\text{aislador}} * Pe_{\text{aislador}}}{9.8 \frac{m}{s^2}} + m_{\text{cimentacion}}; Pe \text{ es el peso específico del aislador; } V_{\text{aislador}} \text{ es el volumen del aislador; } m_s \text{ es la masa de la superestructura con base empotrada}$$

$$m_s = \frac{(C_m + 0.25C_v) * L}{9.8 \frac{m}{s^2}}, C_m = \text{Carga muerta, } C_v = \text{Carga Viva, } L \text{ es la longitud del elemento para el modelo de la figura 2.1}$$

$c_s = 2\xi\sqrt{m_s k_s}$ es el amortiguamiento de la

superestructura, $\xi = 0.05$ es el factor de amortiguamiento que normalmente se considera para las estructuras ante el sismo raro, c_b es el amortiguamiento del sistema de aislamiento $c_b = 2 \xi_b \sqrt{k_b \left(m_b + \sum_{i=1}^n m_i \right)}$, $\sum k_b$ es la sumatoria de las rigideces de la base del pórtico del sistema de aislamiento $k_b = \frac{G_a A}{H_r}$, G_a es el modulo de corte de la goma, A el área de la sección transversal del aislador, H_r es la altura del aislador; k_s es la rigidez de la superestructura con base empotrada $k_s = W_s^2 * m_s$, $W_s = \sqrt{\frac{k_s}{m_s}}$ es la frecuencia fundamental de vibración de la superestructura considerando base empotrada.

Vibraciones libres sin amortiguamiento

Para este caso se considera que el amortiguamiento es cero al igual que la aceleración por lo que el sistema de ecuaciones diferenciales es:

$$M \ddot{D}_C + K D_C = 0 \quad (2.2)$$

La solución de la ecuación 2.2 nos lleva a resolver el determinante $\det |\mathbf{K} - \lambda \mathbf{M}| = 0$; en la que λ es el valor propio y nos da una ecuación de segundo grado, luego de algunos cálculos matemáticos se llega a definir lo siguiente:

$$W_s = \sqrt{\frac{k_s}{m_s}}; \quad W_b = \sqrt{\frac{k_b}{m_b + m_s}}; \quad \gamma = \frac{m_s}{m_b + m_s} \quad ; \quad \varepsilon = \frac{W_b^2}{W_s^2}$$

Con estas definiciones y luego de algunas aproximaciones se consiguen las raíces del polinomio característico que son la frecuencia fundamental del sistema aislado (a) y la frecuencia máxima del sistema (b) que son las siguientes:

(2.3)

$$W_1^2 \approx W_b^2; (a) \quad W_2^2 \approx \frac{W_s^2}{(1-\gamma)} (1 + \gamma \varepsilon) \approx \frac{W_s^2}{1-\gamma} (b)$$

$W_s = \sqrt{\frac{k_s}{m_s}}$; es la frecuencia fundamental de vibración de la superestructura considerando

base empotrada. $W_b = \sqrt{\frac{k_b}{m_b + m_s}}$; es la frecuencia natural del sistema de aislamiento

considerado la estructura como cuerpo rígido

- La frecuencia fundamental del sistema de aislamiento, es menor cuando se considera a la superestructura con base fija o empotrada.

$$W_1^2 \approx W_b^2$$

La ecuación (2.4) sirve para determinar el tamaño del aislador, en la que el calculista se impone un período objetivo T_D ; que tendrá la estructura con aislamiento de base. Entonces se tiene:

$$\left(\frac{2\pi}{T_D}\right)^2 = \frac{k_b}{m_b + m_s}; \quad T_D = 2\pi \sqrt{\frac{m_b + m_s}{k_b}} \quad (2.4)$$

En el capítulo 4 se explicará de una manera más detallada el procedimiento de cálculo.

- Mientras tanto, la segunda frecuencia resulta mayor que la frecuencia correspondiente a la superestructura con base empotrada y se incrementa significativamente con la masa de la base.

$$W_2^2 \approx \frac{W_s^2}{(1-\gamma)} (1 + \gamma \varepsilon)$$

2.2 MODOS DE VIBRACIÓN

Para llegar a obtener los modos de vibración se debe reemplazar λ en:

$$(\mathbf{K} - \lambda \mathbf{M})\phi = \mathbf{0}; \quad \phi = \begin{bmatrix} \phi_b \\ \phi_1 \end{bmatrix} \quad (2.5)$$

Luego de haber reemplazado λ en la ecuación 2.5 se debe calcular la primera forma modal, la misma que debe se reemplazar $\lambda = W_1^2$, quedando un sistema de ecuaciones linealmente dependiente, por lo que solo se puede trabajar con la primera ecuación con lo que se obtiene:

$$W_1^2 = W_b^2(1 - \gamma \varepsilon)$$

Si $\phi_b = 1$ al reemplazar W_1^2 se halla:

$$\phi_1 = \frac{W_b^2 \gamma \varepsilon}{W_b^2 \gamma (1 - \gamma \varepsilon)} = \frac{\varepsilon}{1 - \gamma \varepsilon} \approx \varepsilon; \quad (2.6)$$

El primer modo de vibración es: $\phi^{(1)} = \begin{bmatrix} 1 \\ \varepsilon \end{bmatrix}$;

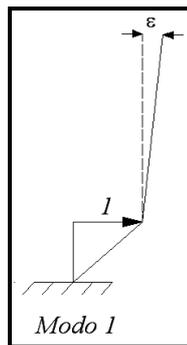


Figura 2.2 Primer modo de vibración

El segundo modo de vibración es: $\phi^{(2)} = \begin{bmatrix} 1 \\ -\frac{1}{\gamma[1 - (1 - \gamma)\varepsilon]} \end{bmatrix}$

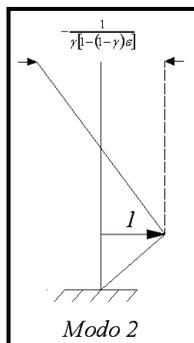


Figura 2.3 Segundo modo de vibración

Ambos modos de vibración están en función de $\gamma = \frac{m_s}{m_b + m_s}$

2.3 FACTORES DE PARTICIPACIÓN MODAL

Para obtener el factor de participación se parte de la siguiente ecuación:

$$\gamma_j = \frac{\phi^{(j)t} M J_C}{\phi^{(j)t} M \phi^{(j)}}; \quad J_C = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (2.7)$$

j Representa el modo de vibración.

El factor de participación modal del primer y segundo modo es igual a:

$$\gamma_1 = 1 - \gamma \varepsilon; \quad \gamma_2 = \gamma \varepsilon; \quad \varepsilon = \frac{W_b^2}{W_s^2} \quad (2.8)$$

Observando los factores de participación modal se puede dar cuenta que W_b es pequeño en comparación con W_s ; el valor de ε tiende a cero. Por lo tanto el factor de participación del primer modo tiende a la unidad y el factor de participación del segundo modo tiende a cero. Por lo tanto la estructura va a responder en el primer modo

y como se observó en la forma modal la superestructura se va a deformar muy poco, lo que demuestra la efectividad del sistema de aislamiento.

2.4 AMORTIGUAMIENTO MODAL

La ecuación (2.2) pertenece a un sistema de ecuaciones diferenciales acopladas, al desacoplar el sistema y considerar la ortogonalidad de los modos de vibración se obtiene lo siguiente:

$$\frac{\phi^{(j)t} C \phi^{(j)}}{\phi^{(j)t} M \phi^{(j)}} = 2 W_j \xi_j \quad (2.9)$$

Donde j es el modo de vibración; ξ_j es el factor de amortiguamiento del modo j ; W_j es la frecuencia natural del modo j . Las restantes variables han sido ya indicadas. Para el primer modo se tiene:

$$\frac{\phi^{(1)t} C \phi^{(1)}}{\phi^{(1)t} M \phi^{(1)}} = 2 W_1 \xi_1; \quad \xi = \frac{c}{2 m W} \quad ; \quad c = 2 \xi m W$$

Aplicando esto se tiene:

$$2 W_1 \xi_1 = \frac{2 \xi_b (m_b + m_s) W_b + \varepsilon^2 2 \xi_s m_s W_s}{(m_b + m_s) + 2 \varepsilon m_s}; \quad \xi_1 \approx \xi_b \left(1 - \frac{3}{2} \varepsilon \gamma \right)$$

Donde: ξ_b es el factor de amortiguamiento de los aisladores considerando una estructura rígida; ξ_s es el factor de amortiguamiento de la estructura con base empotrada; W_b es la frecuencia del sistema considerándola a la estructura rígida; W_s es la frecuencia natural de la estructura con base empotrada.

Finalmente, al considerar que ε tiende a cero se halla:

$$\xi_1 \approx \xi_b \quad (2.10)$$

El factor de amortiguamiento del primer modo será aproximadamente igual al factor de amortiguamiento de los aisladores.

Con el segundo modo se obtiene:

$$\xi_2 \approx \frac{\sqrt{\varepsilon} \xi_b \gamma + \xi_s}{\sqrt{1-\gamma}} \left(1 - \frac{\gamma \varepsilon}{2} \right) \quad (2.11)$$

BIBLIOGRAFÍA

6. Aguiar R., Costa A. y Carrillo C., (2007) “*Comparación de la Respuesta en el tiempo de estructuras sin y con disipadores Visco Elásticos a base de Goma*”, *XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural. Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba.*
7. Aguiar R., y Moroni M., (2007), “*Disipadores de energía visco elásticos a base de goma*”, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, En preparación, Quito.
8. Wilson E., and Penzien J., (1972), “Evaluation of orthogonal damping matrices”, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, **4**, 5-10.
9. Aguiar R., Peña A.F., (2007) “Comparación de la respuesta sísmica en el plano de estructuras con aisladores de base elastoméricos”, *XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.*

CAPITULO III: FACTORES DE AMPLIFICACIÓN MODAL

3.1 RESPUESTA ANTE MOVIMIENTO ARMÓNICO DEL SUELO EN SISTEMAS DE UN GRADO DE LIBERTAD CON BASE EMPOTRADA

La excitación de una máquina se modela como un pulso, el mismo que puede ser triangular, rectangular, trapezoidal, etc., para su solución se puede aproximar estas funciones periódicas por funciones armónicas tipo seno o coseno. Por esta razón es

necesario estudiar la respuesta de un sistema de un grado de libertad ante una excitación armónica.

3.1.1 Vibración forzada. Excitación armónica

Se tienen algunos casos de vibración forzada, por ejemplo Ecuador esta considerada como una zona de alta peligrosidad sísmica, por lo que el sismo es el más importante en nuestro país.

A continuación se presenta una tabla de valores recomendados para el amortiguamiento ξ de acuerdo al material o al sistema estructural.

Tabla 3.1 Valores recomendados de ξ en porcentaje.

Nivel de Tensiones	Tipo y Condición de la Estructura	Amortiguamiento Crítico (%)
Tensiones de servicio que no excedan el 50% de las cadentes	a) Tuberías vitales	1 a 2
	b) miembros de acero, soldados; concreto pretensado; concreto muy reforzado con pequeño agrietamiento	2 a 3
	c) concreto armado con fisuración pronunciada	3 a 5
	d) miembros de acero apunzados; estructura de madera	5 a 7
Tensiones a nivel cedente o cercanos a la cadencia	a) Tuberías vitales	2 a 3
	b) miembros de acero, soldados; concreto pretensado; sin pérdida completa de la pretensión	5 a 7
	c) concreto pretensado con pérdida de la pretensión	8 a 10
	d) concreto armado	7 a 10
	e) miembros de acero apunzados; estructuras de madera	10 a 15

3.1.1.1 Respuesta ante una excitación sinusoidal

Lo que se trata de encontrar en este apartado es la respuesta en el tiempo para un sistema de 1 gdl, como se indica en la figura 3.1.

La excitación vale $F_o \text{ sen } \omega t$; siendo F_o el valor de la amplitud máxima, ω la frecuencia de vibración de la excitación, y t es la variable de tiempo.

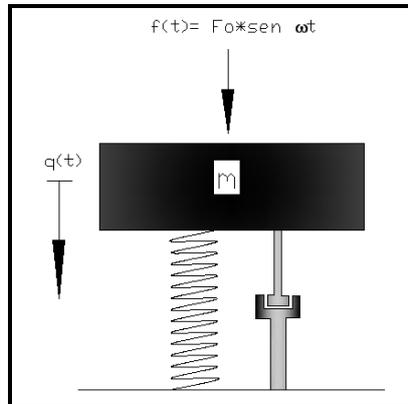


Figura 3.1 Sistema de 1 gdl sometido a una fuerza armónica.

La ecuación diferencial que predomina el movimiento es:

$$m\ddot{q} + c\dot{q} + kq = F_o \text{ sen } \omega t \quad (3.1)$$

La solución del problema es igual a la solución homogénea más la solución particular; la solución homogénea se obtiene al igualar la ecuación (3.1) a cero, es decir se resuelve la ecuación de vibración libre; mientras que la solución particular depende de la forma de la excitación:

$$m\ddot{q}_p + c\dot{q}_p + kq_p = F_o \text{ sen } \omega t \quad (3.2)$$

En este caso la solución homogénea es importante únicamente en los primeros intervalos de tiempo, luego desaparece por lo que el sistema queda vibrando en función de la solución particular.

$$q_p = A \text{ sen } \omega t + B \text{ cos } \omega t \quad (3.3)$$

A, B Son constantes de integración que se determinan en base a la ecuación diferencial. Al sustituir la ecuación (3.3) en la ecuación (3.2) se deducen los valores de las constantes A y B . Estas son:

$$A = \frac{F_o (k - m\omega^2)}{\Delta}; \quad B = -\frac{c \omega F_o}{\Delta}; \quad \Delta = (k - m\omega^2)^2 + (c \omega)^2 \quad (3.4)$$

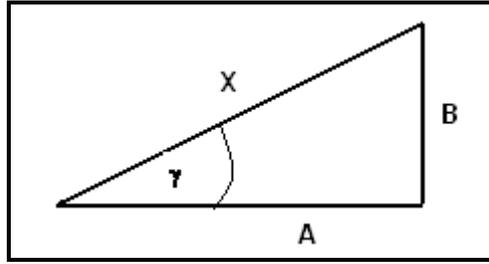


Figura 3.2 Suma de dos armónicos

El ángulo de fase permite determinar el instante en el cual q_p toma un valor extremo y vale:

$$\gamma = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{B}{A}\right) = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{c \omega}{k - m \omega^2}\right) \quad (3.5)$$

La respuesta del sistema viene dada por la respuesta permanente se tiene que:

$$q = \frac{F_o}{\sqrt{(k - m \omega^2)^2 + (c \omega)^2}} \operatorname{sen}(\omega t + \gamma) \quad (3.6)$$

3.2 AMPLIFICACIÓN EN SISTEMAS CON AISLAMIENTO DE BASE

La respuesta del modelo con aislamiento de base se estudia a través de los desplazamientos relativos del terreno $x_b(t)$ y $x_1(t)$. Se recurre a los cocientes entre los máximos desplazamientos relativos, $|x_b(t)|_{\max}$ y $|x_1(t)|_{\max}$ y el movimiento máximo d_{\max} del terreno, con el fin de valorar la amplitud de la respuesta estructural con independencia de la amplitud del acelerograma utilizado.

$$A_b = \frac{|x_b(t)|_{\max}}{d_{\max}}; \quad A_s = \frac{|x_1(t)|_{\max}}{d_{\max}} \quad (3.7)$$

Se define la función del desplazamiento armónico del terreno en la forma

$$d(t) = d_{\max} \operatorname{sen} \theta t \quad (3.8)$$

Luego de derivar dos veces con respecto al tiempo tenemos:

$$a(t) = -d_{\max} \theta^2 \operatorname{sen} \theta t \quad (3.9)$$

Después de algunos pasos matemáticos se llega a la respuesta máxima que se suele calcular como raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las respuestas modales máximas.

$$\begin{aligned} |x_b(t)|_{\max} &= \sqrt{(\varphi_1^b y_1(t))^2 + (\varphi_2^b y_2(t))^2}; \\ |x_1(t)|_{\max} &= \sqrt{(\varphi_1^s y_1(t))^2 + (\varphi_2^s y_2(t))^2} \end{aligned} \quad (3.10)$$

φ_1 y φ_2 se denominan formas propias de vibración.

Al recordar los modos propios de vibración del modelo, reemplazar y reescribir la ecuación mediante aproximaciones podemos obtener los coeficientes de amplificación A_b y A_s .

$$\begin{aligned} A_b &= \sqrt{\frac{\theta^4}{(\omega_1^2 - \theta^2)^2 + 4v_1^2 \theta^2 w_1^2} + \frac{\gamma^2 \varepsilon^2 \theta^4}{(\omega_2^2 - \theta^2)^2 + 4v_2^2 \theta^2 w_2^2}}; \\ A_s &= \sqrt{\frac{1}{\gamma^2} \frac{\varepsilon^2 \theta^4}{(\omega_1^2 - \theta^2)^2 + 4v_1^2 \theta^2 w_1^2} + \frac{\varepsilon^2 \theta^4}{(\omega_2^2 - \theta^2)^2 + 4v_2^2 \theta^2 w_2^2}} \end{aligned} \quad (3.11)$$

Con el fin de comparar el comportamiento de la estructura con y sin aislamiento antisísmico se emplea como estimador el cociente

$$A = \frac{|x(t)|_{\max}}{d_{\max}}; \quad A = \frac{\theta^2}{\sqrt{(\omega_s^2 - \theta^2)^2 + 4v_s^2 \theta^2 \omega_s^2}} \quad (3.12)$$

Donde $x(t)$ es el desplazamiento de la masa respecto a la cimentación.

3.3 CASOS PRÁCTICOS

En este subtema se presentan casos prácticos sobre factores de amplificación modal, en el cual se ha realizado un programa llamado kellyuni, cual obtiene las graficas de los coeficientes de amplificación.

Para el uso del programa se debe ingresar los valores de $\gamma, \varepsilon, \beta_b, \beta_s$, que son obtenidos de las estructuras analizadas.

Tabla 3.2 Valores de $\gamma, \varepsilon, \beta_b, \beta_s$

EDIFICIO	$\gamma = \frac{m_1}{m_1 + m_b}$	ω_b	ω_s	$\varepsilon = \left(\frac{\omega_b^2}{\omega_s^2} \right)$	β_b	β_s
3 PISOS	0.9965	3.2545	8.5015	0.1465	0.10	0.05
6 PISOS	0.9969	3.0295	6.9564	0.1897	0.10	0.05
9 PISOS	0.9969	2.9000	5.6387	0.2645	0.10	0.05

PROGRAMACIÓN KELLYUNI

```
function [ab,as]=kellyuni(gama,epsi,betab,betas)
%
%-----
% [As,Ab]=kellyuni(gama,epsi,betab,betas)
%-----
dx=0.01;
for i=1:300
    f=dx*i; x(i)=f;
    aux1=(epsi-f^2)^2;
    aux2=(1/(1-gama));
    aux3=((sqrt(epsi)*betab*gama+betas)/sqrt(1-gama))*(1-(gama*epsi/2))^2;
    aux4=((1/sqrt(1-gama))*(betas+gama*betab*sqrt(epsi)));
    ab(i)=sqrt(f^4/((aux1+4*betab^2*f^2*epsi)+(gama^2*epsi^2*f^4)/((aux2-
f^2)^2+((4*aux3*f^2)/(1-gama))));
    as(i)=sqrt((1/gama^2)*((epsi^2*f^4)/(aux1+4*betab^2*f^2))+((epsi^2*f^4)/((aux2-
f^2)^2+((4*aux4^2*f^2)/(1-gama))));
end
axis auto;
plot (x,ab);
hold on
plot (x,as);
hold off
%---fin---
```

CORRIDA PROGRAMA

EDIFICIO DE 3 PISOS

```
>> [As,Ab]=kellyuni(0.9965,0.1465,0.1,0.05)
```

A_b y A_s , es el coeficiente de ampliación de la base de la estructura y de la estructura respectivamente.

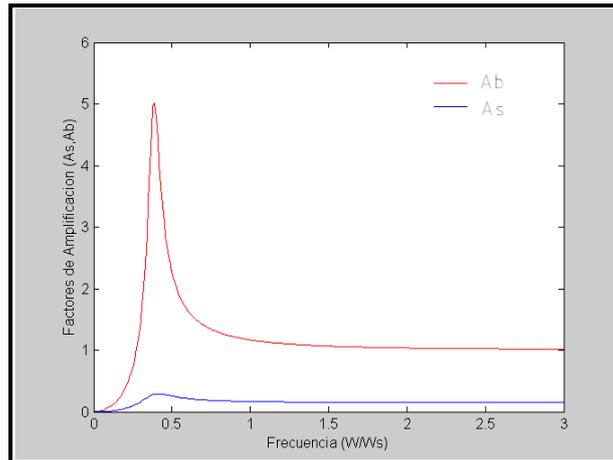


Figura 3.3 Factores de Amplificación para edificio de 3 pisos

EDIFICIO DE 6 PISOS

>> [As,Ab]=kellyuni(0.9969,0.1897,0.1,0.05)

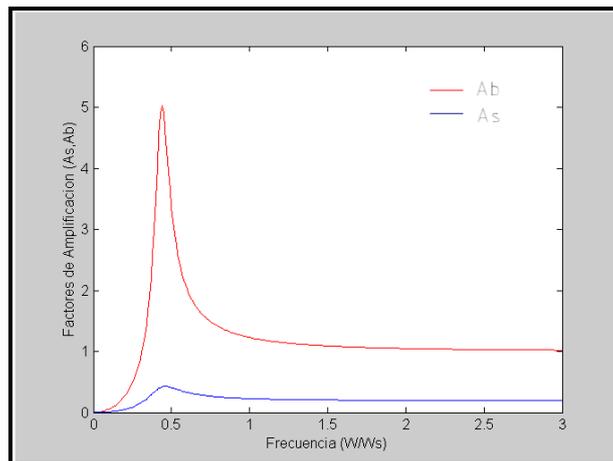


Figura 3.4 Factores de Amplificación para edificio de 6 pisos

EDIFICIO DE 9 PISOS

>> [As,Ab]=kellyuni(0.9969,0.2645,0.1,0.05)

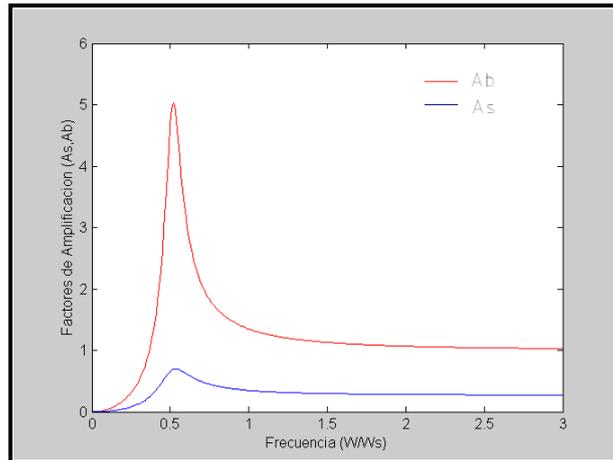


Figura 3.5 Factores de Amplificación para edificio de 9 pisos

En las figuras 3.3 – 3.5 se muestra los factores de amplificación modal para un sistema de dos grados de libertad sujeto a una excitación sinusoidal. En la figura 3.3 se muestra la razón de ser del aislamiento de base, ya que se puede observar un pequeño desplazamiento relativo en la estructura A_s , mientras que el aislador sufre desplazamientos mayores en la base A_b ; siendo estos desplazamientos tolerables y mayores a los de la estructura. Lo mismo sucede con las figuras siguientes tanto para la estructura de 6 y 9 pisos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aguiar R.(2007), *Dinámica de Estructuras con MATLAB*, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 292 p, Quito
2. Molinares N., Barbat A.H., (1994), *Edificios con aislamiento de base no lineal*, Monografías de Ingeniería Sísmica, UPC,1-97, Barcelona
3. Kelly J., (1993), *Earthquake – Resistant Design with Rubber*, Department Of Civil Engineering, University Of California, Berkeley, California

CAPITULO IV: ANÁLISIS SÍSMICO PLANO

4.1 INTRODUCCIÓN

Los métodos clásicos de análisis estructural desarrollado a fines del siglo XIX, tienen la cualidad de la generalidad, simplicidad lógica y elegancia matemática. Infortunadamente, conducían a menudo a cálculos muy laboriosos cuando se los aplicaba en casos prácticos, y en aquella época, esto era un gran defecto, por la no existencia de herramientas informáticas. (Sarcos 1992).

Por esta razón continuas generaciones de ingenieros se dedicaron a tratar de reducir estos cálculos, por lo que aparecieron numerosas técnicas ingeniosas de gran valor práctico, como por ejemplo los métodos matriciales.

El empleo de la notación matricial presenta dos ventajas en el cálculo de estructuras. Desde el punto de vista teórico, permite utilizar métodos de cálculo en

forma compacta, precisa y, al mismo tiempo, completamente general. Esto facilita el tratamiento de la teoría de estructuras como unidad, sin que los principios fundamentales se vean oscurecidos por operaciones de cálculo, por un lado, y por el otro por las diferencias físicas en la estructura.

Desde el punto de vista práctico, proporciona un sistema apropiado de análisis de estructuras y determina una base muy ventajosa para el desarrollo de programas de computación.

En disconformidad con estas ventajas, debe admitirse que los métodos matriciales se caracterizan por una gran cantidad de cálculo sistemático. Las virtudes del cálculo con computadora radican en la eliminación de la preocupación por las operaciones rutinarias, el ingenio necesario para preparar el modelo con que se pretende representar la realidad y el análisis crítico de los resultados.

Se debe ser conciente que sin un modelo adecuado o sin una interpretación final, el refinamiento en el análisis carece de sentido.

4.2 PROCEDIMIENTO DE CALCULO

En este tema lo que se trata de indicar, es un breve procedimiento de cálculo que se debe seguir para el análisis de pórticos planos con sistema de aislamiento de base; el primer paso es obtener las matrices de rigidez, masas y amortiguamiento de la estructura con base empotrada, para luego obtener las matrices antes mencionadas ya incluyendo el sistema de aislamiento de base de la estructura.

4.2.1 Matriz de rigidez lateral.

La matriz de rigidez lateral K_L , esta relacionada con las coordenadas laterales de piso. Cuando en el análisis sísmico de pórticos planos se considera un solo grado de libertad por piso, a este modelo se lo denomina **piso rígido** y sirve únicamente para el análisis de la componente horizontal del movimiento del suelo (Aguar 2004).

La figura 4.1, presenta el modelo de un pórtico plano de dos pisos y dos vanos, donde las vigas son axialmente rígidas mientras que las columnas son totalmente flexibles.

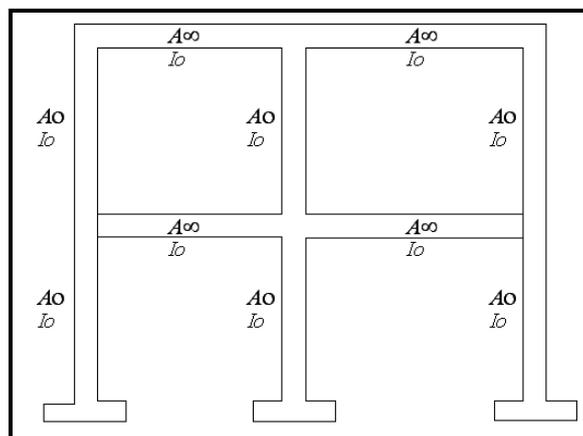


Figura 4.1 Modelo de cálculo para determinar la matriz de rigidez lateral.

Luego de haber indicado el modelo de cálculo para determinar la matriz de rigidez de la estructura, primero se debe enumerar los nudos de dicha estructura, para luego graficar la deformada de la misma y proceder a enumerar el desplazamiento en función de los grados de libertad. Para mayor rapidez en el cálculo se considera a los elementos horizontales axialmente rígidos y los elementos verticales totalmente flexibles, a continuación se presentan el análisis de elementos horizontales y verticales considerando nudo rígido.

Análisis con nudo rígido

En esta figura 4.2, se presenta un elemento viga axialmente rígido, en los extremos del elemento se consideran los nudos c_1 y c_2 completamente rígidos, esto quiere decir que el nudo tiene una rigidez axial y flexión infinita.

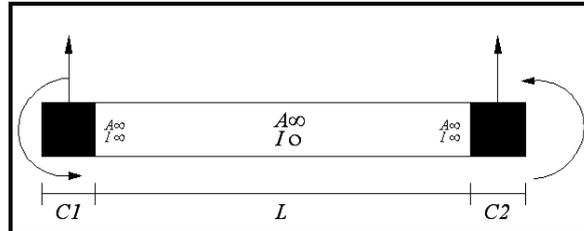


Figura 4.2 Coordenadas locales, elemento horizontal con nudos rígidos

La matriz del elemento viga es:

$$k_{viga} = \begin{bmatrix} t & b+c_1t & -t & b'+c_2t \\ b+c_1t & k+2c_1b+c_1^2t & -(b+c_1t) & a+c_1b'+c_2b+c_1c_2t \\ -t & -(b+c_1t) & t & -(b'+c_2t) \\ b'+c_2t & a+c_1b'+c_2b+c_1c_2t & -(b'+c_2t) & k'+2c_2b'+c_2^2t \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

$$k = \frac{4(EI)_o}{L} \left[\frac{1+\phi}{1+4\phi} \right]; k' = k; a = \frac{2(EI)_o}{L} \left[\frac{1-2\phi}{1+4\phi} \right]; b = \frac{6(EI)_o}{L^2} \left[\frac{1}{1+4\phi} \right];$$

$$b' = b; t = \frac{12(EI)_o}{L^3} \left[\frac{1}{1+4\phi} \right]; \phi = \frac{3(EI)_o \beta}{(GA)_o L^2}$$

Siendo E el modulo de Elasticidad del Hormigón, I es la inercia de la sección

rectangular $I = \frac{b * h^3}{12}$, L es la longitud del elemento, β factor de forma se lo considera

como 1.2, G es el modulo de corte $G = 0.4E$, A es el área de la sección transversal.

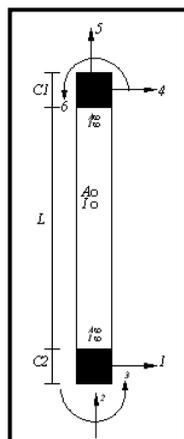


Figura 4.3 Coordenadas globales para un elemento vertical, con nudos rígidos.

La figura 4.3, se muestra el elemento columna que es completamente flexible y en los extremos del mismo se consideran nudos c_1 y c_2 ; que son completamente rígidos, la matriz del elemento columna es la siguiente:

$$k_{columna} = \begin{bmatrix} t & 0 & -(b+c_1t) & -t & 0 & -(b'+c_2t) \\ 0 & r & 0 & 0 & -r & 0 \\ -(b+c_1t) & 0 & k+2c_1b+c_1^2t & b+c_1t & 0 & a+c_1b'+c_2b+c_1c_2t \\ -t & 0 & b+c_1t & t & 0 & b'+c_2t \\ 0 & -r & 0 & 0 & r & 0 \\ -(b'+c_2t) & 0 & a+c_1b'+c_2b+c_1c_2t & b'+c_2t & 0 & k'+2c_2b'+c_2^2t \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

$$r = \frac{EA}{L}$$

Luego de haber obtenido la rigidez de los elementos horizontales como verticales se obtiene las coordenadas generalizadas para proceder a obtener los vectores de colocación de la estructura, para realizar el ensamblaje directo, ya realizado dicho ensamble se obtiene la matriz de rigidez de la estructura.

Finalmente para llegar a la matriz de rigidez lateral de la estructura se procede con el método de la condensación estática de la matriz de rigidez que es la que se presenta a continuación.

Condensación de la matriz de rigidez

En la figura 4.4 se presenta el sistema de coordenadas de una estructura, en la que se observan dos grupos de coordenadas llamadas “coordenadas a” y “coordenadas b”; donde Q es el vector de cargas generalizadas, que tiene las fuerzas que actúan en el centro de masas de la estructura mientras que el vector q tiene las coordenadas

generalizadas en función de los desplazamientos laterales de cada piso, por lo que esta queda de la siguiente forma:

$$Q = \begin{bmatrix} Q_a \\ Q_b \end{bmatrix}; \quad q = \begin{bmatrix} q_a \\ q_b \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

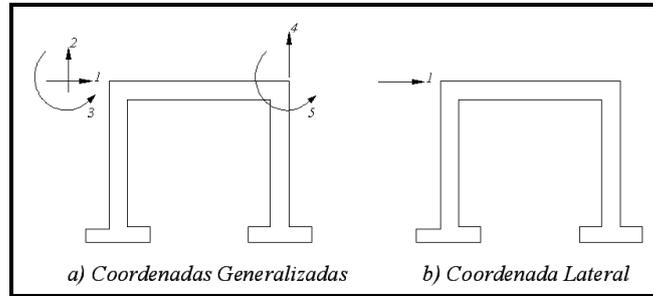


Figura 4.4 Coordenadas "a" y "b"

La ecuación que relaciona el vector de cargas generalizadas con el vector de coordenadas generalizadas, por medio de la matriz de rigidez de la estructura es:

$$Q = K q \quad (4.4)$$

Condensación a las coordenadas "a"

Este caso se presenta cuando el vector $Q_b=0$.

$$\begin{bmatrix} Q_a \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_{aa} & K_{ab} \\ k_{ba} & k_{bb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} q_a \\ q_b \end{bmatrix}; \quad \boxed{K^* = K_{aa} - K_{ab} K_{bb}^{-1} K_{ba}} \quad (4.5)$$

Ejemplo

Para el efecto se va a trabajar con una estructura de un piso y un vano; cuya geometría es la siguiente: las columnas son de 0.25 x 0.25 m, la viga es de 0.2 x 0.2 m con una separación entre ejes de 5 m y una altura de entrepiso de 3 m.

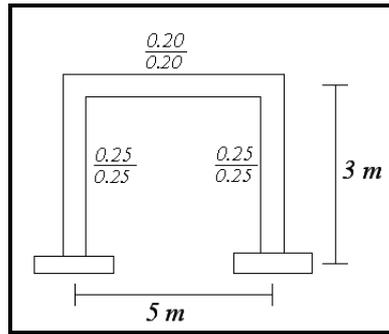


Figura 4.5 Geometría, estructura un piso un vano

A continuación se presentara la matriz de rigidez del elemento viga y elemento columna:

Matriz de rigidez del elemento viga:

$$k_{viga} = \begin{bmatrix} 318.73 & 478.09 & -318.73 & 478.09 \\ 478.09 & 922.97 & -478.09 & 511.29 \\ 318.73 & -478.09 & 318.73 & -478.09 \\ 478.09 & 511.29 & -478.09 & 922.97 \end{bmatrix}$$

Matriz de rigidez del elemento columna:

$$k_{column} = \begin{bmatrix} 318.73 & 0.00 & -478.09 & -318.73 & 0.00 & -478.09 \\ 0.00 & 39521.94 & 0.00 & 0.00 & -39521.94 & 0.00 \\ -478.09 & 0.00 & 922.98 & 478.09 & 0.00 & 511.29 \\ -318.73 & 0.00 & 478.09 & 318.73 & 0.00 & 478.09 \\ 0.00 & -39521.94 & 0.00 & 0.00 & 39521.94 & 0.00 \\ -478.09 & 0.00 & 511.29 & 478.09 & 0.00 & 922.98 \end{bmatrix}$$

Vale recordar que primero se debe enumerar los nudos, para luego proceder a colocar los desplazamientos horizontal, vertical y el giro.

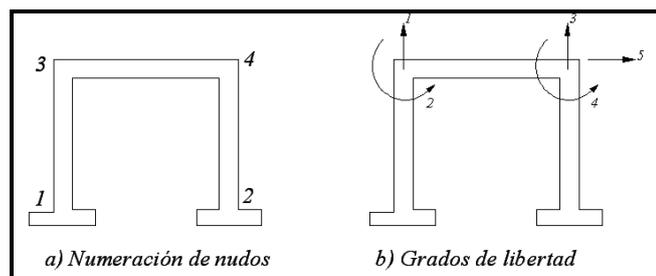


Figura 4.6 Numeración de nudos y grados de libertad

La matriz de coordenadas generalizadas es la siguiente:

$$CG = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 5 & 1 & 2 \\ 5 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Ya obtenida la matriz de coordenadas generalizadas se procede a enumerar los elementos, para así obtener el vector de colocación de cada elemento.

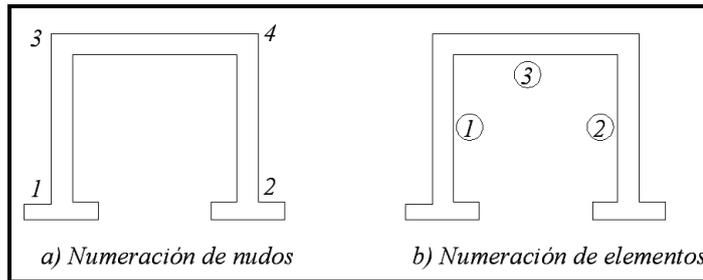


Figura 4.7 Numeración de nudos y elementos

Tabla 4.1 Identificación del nudo inicial y final de los elementos.

Elemento	1	2	3
Nudo Inicial	1	2	3
Nudo Final	3	4	4

Con la matriz de coordenadas generalizadas y con la tabla de identificación de los elementos, se puede obtener el vector de colocación.

Vectores de colocación de los elementos:

$$VC = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 5 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 5 & 3 & 4 \\ 5 & 1 & 2 & 5 & 3 & 4 \end{bmatrix}$$

Obtenidas las matrices de rigideces de los miembros y los vectores de colocación se procede a ensamblar la matriz de rigidez de la estructura, la que se condensa mediante el método de condensación estática de la matriz de rigidez para encontrar la matriz de rigidez lateral que se presenta a continuación:

$$KL = [227.44]$$

4.2.2 MATRIZ DE MASAS DE LA ESTRUCTURA CON BASE EMPOTRADA.

En este caso para obtener la matriz de masas de la estructura, **se considera que las masas son puntuales y están concentradas a nivel de cada piso**, considerando solamente un grado de libertad por piso que es el desplazamiento horizontal del piso; esta matriz es diagonal.

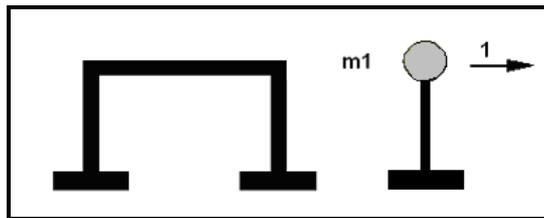


Figura 4.8 Modelo de masas concentradas de un pórtico plano.

Por lo que la matriz de masas M de la estructura es la siguiente:

$$M = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_n \end{bmatrix} \quad (4.6)$$

siendo m_1 la masa total del primer piso, m_i es la masa total del piso i ; m_n es la masa total del último piso; $m = \frac{P_o * L}{g}$; $P_o = (CM + 0.25CV)$ es la carga total uniformemente distribuida en el pórtico, L es la longitud entre ejes del pórtico y g es la gravedad.

Continuado con el ejercicio anterior, se debe definir previamente $P_o = 1T/m^2$ para así obtener la matriz de masa.

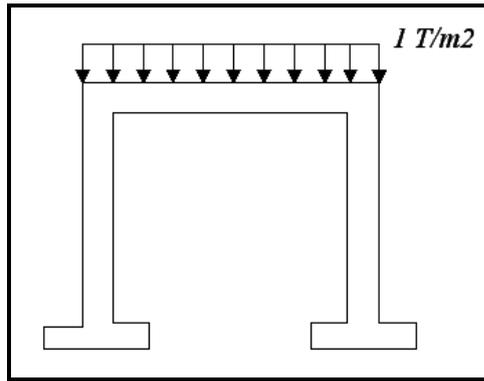


Figura 4.9 Carga uniformemente distribuida

$$M = [0.51] \frac{T s^2}{m}$$

4.2.3 VALORES Y VECTORES PROPIOS DE LA ESTRUCTURA CON BASE EMPOTRADA.

Ya obtenidas las matrices de rigidez y masas de la estructura se presenta el problema de valores y vectores propios, a continuación se tiene la ecuación general para el análisis dinámico de estructuras que es:

$$M \ddot{q} + C \dot{q} + K q = Q \quad (4.7)$$

Para la resolución del problema se considera el caso de vibración libre sin amortiguamiento en la que $C = \mathbf{0}$ y $Q = \mathbf{0}$, por lo que la ecuación se simplifica de la siguiente manera:

$$M \ddot{q} + K q = 0; \quad (4.8)$$

Para llegar a la solución del problema se debe sacar la primera y segunda derivada con respecto al tiempo, para con estos resultados reemplazarlos en la ecuación 4.8 y lograr el resultado de vibración libre que es:

$$(K - \lambda M) \phi = \bar{0} \quad (a); \quad \ddot{f}(t) + \lambda f(t) = 0 \quad (b) \quad (4.9)$$

4.2.3.1 Valores Propios

Para llegar a los valores propios se debe resolver el determinante de la ecuación 4.9(a), donde se llega a un polinomio característico de orden n , en la que estos valores deben ser reales, simétricos y positivos; λ es el valor propio y ϕ es el vector propio.

$$\det |\mathbf{K} - \lambda \mathbf{M}| = 0 \quad (4.10)$$

4.2.3.2 Modos de Vibración

Los valores propios están asociados al los modos de vibración de la estructura, los mismos que indican la forma como va a responder la estructura, estos valores son adimensionales. (Aguiar 2007)

Con los valores propios se debe calcular las frecuencias y periodos de vibración de la estructura, para luego reemplazarlos en la ecuación 4.9a; este proceso de cálculo esta hecho desde el punto de vista conceptual.

$$W_{ni} = \sqrt{\lambda_i}; \quad T_i = \frac{2\pi}{W_{ni}} \quad (4.11)$$

Obtenidos los vectores propios se los debe normalizar porque el sistema de ecuaciones es linealmente dependiente, esto indica que hay gran cantidad de vectores propios. La forma más común de normalizar los modos es:

$$\phi^{(i)T} \mathbf{M} \phi^{(i)} = \mathfrak{R} \quad (4.12)$$

donde \mathfrak{R} es la constante de normalización que puede tomar cualquier valor, pero generalmente es el promedio de las masas o es la unidad.

Siguiendo con el desarrollo del ejemplo propuesto anteriormente, se procede a calcular los valores y vectores propios, modos de vibración y periodo de la estructura:

$$T = [0.2975]; \quad \phi^1 = [1.4003]; \quad \lambda_1 = 445.96$$

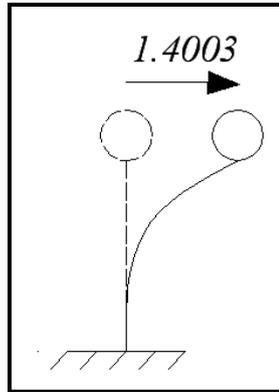


Figura 4.10 Modos de vibración, un piso un vano

4.2.4 MATRIZ DE AMORTIGUAMIENTO WILSON Y PÉNSIL

Esta matriz parte de la matriz de amortiguamiento ortogonal C , la misma que se indica a continuación:

$$\Phi^t C \Phi = C^* = 2\xi \Omega M^*; \quad (4.13)$$

$$\Phi = [\phi_1 \quad \phi_2 \quad \phi_3 \quad \dots \quad \dots \quad \phi_n] \quad (4.14)$$

$$\xi = \begin{bmatrix} \xi_1 & & & & & \\ & \xi_2 & & & & \\ & & \dots & & & \\ & & & \dots & & \\ & & & & \dots & \\ & & & & & \xi_n \end{bmatrix}; \quad \Omega = \begin{bmatrix} W_{n1} & & & & & \\ & W_{n2} & & & & \\ & & \dots & & & \\ & & & \dots & & \\ & & & & \dots & \\ & & & & & W_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

$$M^* = \Phi^t M \Phi \quad (4.16)$$

Todas estas matrices indicadas anteriormente son diagonales, por lo que la matriz C^* también es una matriz diagonal.

Finalmente se obtiene la matriz C_i , que es el amortiguamiento en cada modo de vibración i .

$$C_i = \frac{2 \xi_i W_{ni}}{M_i^*} (M \phi_i) (\phi_i^t M) \quad (4.17)$$

En la que ϕ_i , el modo de vibración i .

La matriz de amortiguamiento es la sumatoria de las matrices de cada unos de los modos. Por lo que la ecuación queda:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (4.18)$$

La matriz de amortiguamiento de la estructura del ejemplo mencionado es:

$$C = [1.0770]$$

4.2.5 MATRIZ DE AMORTIGUAMIENTO DEL AISLADOR

La ecuación de la matriz de amortiguación del aislador es la que se presenta a continuación:

$$c_b = 2 \xi_b \sqrt{k_b \left(m_b + \sum_{i=1}^n m_i \right)}; \quad k_b = \frac{G_a A}{H_r}; \quad A = \frac{\Pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) \quad (4.19)$$

G_a es el módulo de corte de la goma; A es el área de la sección transversal del aislador; H_r es la altura del aislador; ξ_b factor de amortiguamiento de los aisladores; k_b es la suma de las rigideces de los aisladores en el pórtico; m_i masas concentradas por piso; n numero de pisos de la estructura.

4.2.6 MATRICES DE RIGIDEZ, MASAS Y AMORTIGUAMIENTO DE LA ESTRUCTURA AISLADA

Se presenta la ecuación diferencial del sistema aislado que está definido por:

$$\text{XXIII} \quad (4.20)$$

$$M_c \ddot{D}_c + C_c \dot{D}_c + K_c D_c = -M_c J_c a(t)$$

$$M_c = \begin{bmatrix} m_b + m_s & r^T M \\ Mr & M \end{bmatrix}; \quad C_c = \begin{bmatrix} c_b & 0 \\ 0 & C \end{bmatrix}; \quad (4.21)$$

$$K_c = \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & K \end{bmatrix}; \quad r = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

m_b es la masa del sistema de aislamiento, a esta masa se le debe añadir la masa de la cimentación que se encuentra debajo del aislador la cual es:

$$m_b = \frac{V_{\text{aislador}} * Pe_{\text{aislador}}}{9.8 \frac{m}{s^2}} + m_{\text{cimentacion}}; Pe \text{ es el peso específico del aislador; } m_s \text{ es la masa}$$

de la superestructura con base empotrada $m_s = \frac{(C_m + 0.25C_v) * L}{9.8 \frac{m}{s^2}}$, C_m = Carga muerta,

C_v = Carga Viva; $c_s = 2\xi\sqrt{m_s k_s}$ es el amortiguamiento de la superestructura, $\xi = 0.05$ es el factor de amortiguamiento, M es la matriz de masas de la estructura con base empotrada, c_b es el amortiguamiento del sistema de aislamiento

$c_b = 2 \xi_b \sqrt{k_b \left(m_b + \sum_{i=1}^n m_i \right)}$, $\sum k_b$ es la sumatoria de las rigideces de la base del

pórtico del sistema de aislamiento $k_b = \frac{G_a A}{H_r}$, C es la matriz de amortiguamiento con

base empotrada; K es la matriz de rigidez de la superestructura con base empotrada; r es un vector que acopla cada grado de libertad al movimiento del terreno.

4.2.7 MÉTODO DE PROCEDIMIENTO DE ESPACIO DE ESTADO

Primero se presenta la ecuación diferencial que es: (Aguiar 2004):

$$M \ddot{q} + C \dot{q} + K q = Q \quad (4.22)$$

Para llegar a la solución del sistema se debe pre-multiplicar la ecuación (4.22) por M^{-1} para luego introducir un artificio numérico de cálculo y llegar a solución del sistema, la misma que se expresa en forma condensada, de la siguiente manera:

$$X(k+1) = A X(k) + P_1 r(k+1) P_2 [r(k+1) - r(k)] \quad (4.23)$$

$$A = e^{\Delta t F}; \quad P_1 = F^{-1}(A - I); \quad P_2 = F^{-1} \left(\frac{1}{\Delta t} P_1 - A \right);$$

$$F^{-1} = \begin{bmatrix} -K^{-1}C & -K^{-1}M \\ I & 0 \end{bmatrix}$$

donde k es el instante de tiempo k , el subíndice $k+1$ es el instante de tiempo $k+1$, Δt es el incremento del tiempo para el cual se quiere hallar la respuesta.

El algoritmo de Espacio de Estado puede ser considerado como la generalización de la integral de Duhamel para varios grados de libertad.

4.3 EJEMPLOS DE APLICACIÓN EN MATLAB.

EJEMPLO 1.

Encontrar la respuesta en el tiempo, de la estructura indicada en la figura 4.11, la misma que tiene una longitud entre ejes de 5 m y una altura entre piso de 3m. Las secciones de las columnas son de 30x30 cm y las viga de 25x25 cm, la estructura esta sobre aisladores de base y se analizara para el sismo de Chile, cuyo incremento de tiempo es 0.02 seg.

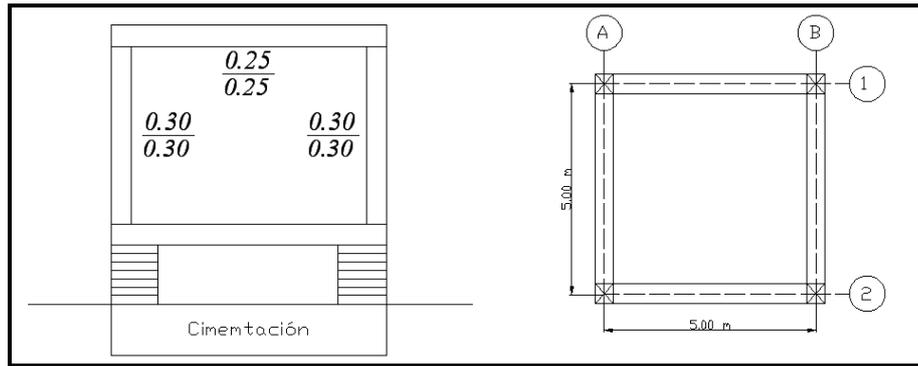


Figura 4.11 Distribución en planta

Para el desarrollo del ejemplo de debe crear un archivo de datos, que en este caso se va a llamar ejemplo1piso1vano, tiene la siguiente información:

Primero se deben colocar las columnas, numeradas de izquierda a derecha y de abajo hacia arriba; el cual debe comenzar con la base, altura y la longitud del elemento.

0.30 0.30 3.00
 0.30 0.30 3.00
 0.25 0.25 5.00

Luego, se debe definir las cargas que va a soportar la estructura.

$$CT = CM + CV$$

$$CT = 0.50 \frac{T}{m^2} + 0.25 * 0.20 \frac{T}{m^2} = 0.55 \frac{T}{m^2}$$

$$Peso = 2.5m * 5m * 0.55 \frac{T}{m^2} = 6.875T$$

$$Masa = \frac{6.875T}{9.8 \frac{m}{s^2}} = 0.7015 \frac{Ts^2}{m}$$

Finalmente se define zeda = [0.05], que es el amortiguamiento de la estructura

Para definir la masa del aislador, como el kb del aislador se procede de la siguiente manera:

- i. Ya obtenida la carga total P_{LT} , se debe conocer cual es el esfuerzo admisible del

$$\text{aislador a compresión } \sigma_{LT} = 120 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{LT} \geq \frac{P_{LT}}{A} = \frac{D + L}{\frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2)} \quad (4.20)$$

Donde D , es la carga muerta y L , es la carga viva; estas dos cargas actúan sobre el aislador; siendo D_i, D_e son los diámetros interior y exterior del aislador viscoelástico. Primeramente se debe imponerse D_i y con la ecuación (4.20) se halla D_e , este diámetro debe ser mayor o igual al diámetro de la columna.

- ii. Ya definido el diámetro interior y exterior de los aisladores, falta calcular el espesor H_r para el efecto se utiliza la ecuación (4.21). Se destaca que la rigidez k_b es igual a:

$$k_b = \frac{G_a A}{H_r} \quad (4.21)$$

$$k_b = 58.64 \frac{T}{m}$$

Donde $G_a = 7.00 \frac{kg}{cm^2}$ es el módulo de almacenamiento de la goma, también

conocido como módulo de corte; A es el área de la goma que trabaja a corte,

El proyectista estructural debe imponerse el período objetivo que desea tenga la estructura con los aisladores T_D .

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_b g}}; \quad T_D = 1.94 seg \quad (4.22)$$

Siendo W la carga vertical que actúa sobre un oscilador calculada como la suma de la carga muerta más un porcentaje de la carga viva; g es la aceleración de la gravedad.

- iii. Una vez obtenida la geometría del aislador, la masa y la rigidez del aislador se procede a la corrida del programa mencionado anteriormente, el cual presenta la matriz de masas, rigidez y amortiguamiento del sistema.

$$M = \begin{bmatrix} m_b + m_s & m_s \\ m_s & m_s \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} k_b & 0 \\ 0 & k_s \end{bmatrix}$$

$$M = \begin{bmatrix} 0.71 & 0.70 \\ 0.70 & 0.70 \end{bmatrix}; \quad K = \begin{bmatrix} 58.64 & 0 \\ 0 & 497.69 \end{bmatrix}$$

También se encuentran los valores y vectores propios y se determinan las frecuencias de vibración.

CORRIDA DEL PROGRAMA

>> zeda = [0.05]

>> [pee]=final1prueba (ejemplo1piso1vano,zeda,CHILE,0.005)

Numero de nudos:4

Numero de pisos:1

Numero de nudos restringidos:2

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, código = 0 Con inercias agrietadas, código =1

Ingrese código de inercias: 0

Matriz de rigidez lateral:

KL = [497.6893]

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 0.7015

Matriz de amortiguamiento

C = [1.8685]

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa mb = 0.01

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez kb = 58.64

V =

$$\begin{bmatrix} -1.0635 & -9.9433 \\ -0.1237 & 10.0703 \end{bmatrix}$$

D=

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 0.0074 & 0 \\ 0 & 5.6268 \end{bmatrix}$$

$$\text{Frecuencia} = \begin{bmatrix} 8.5986 & 0 \\ 0 & 237.2097 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

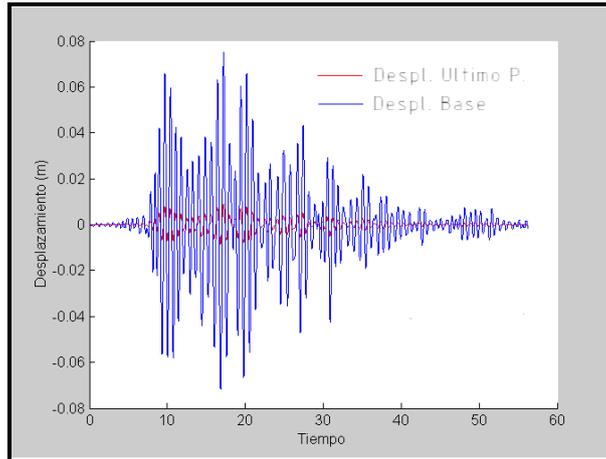


Figura 4.12 Desplazamientos en el ultimo piso y en la base.

DESPLAZAMIENTOS

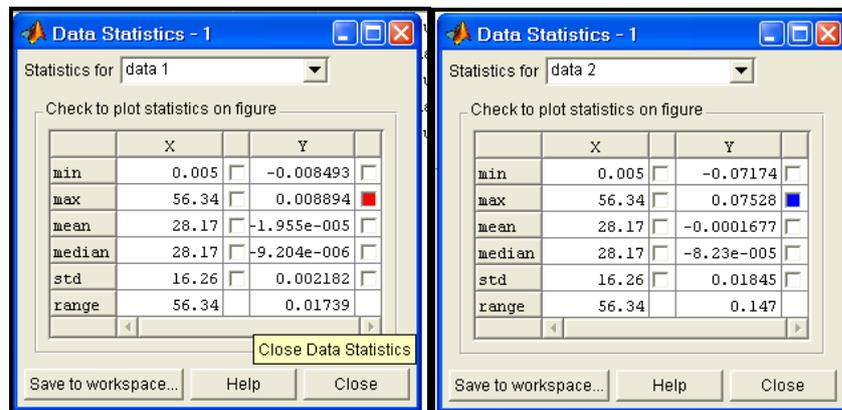


Figura 4.13 Desplazamiento en el ultimo piso y en la base.

Como se puede observar, los desplazamientos en la base son mayores que los del último piso.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar R., *Dinámica de Estructuras con MATLAB*, (2007) Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 292 p
- Aguiar R., y Moroni M., (2007), *Disipadores de energía visco elásticos a base de goma*”, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, En preparación, Quito.
- Aguiar R., y Peña F., (2007), “Comparación de la respuesta sísmica en el plano de estructuras con aisladores de base elastoméricos”, *Centro de Investigaciones Científicas*. Escuela Politécnica del Ejército, Quito 2007
- Sarcos Portillo, Antonio “Análisis dinámico de pórticos y edificios por los métodos de Rayleigh, Stodola y Determinante a través del computador”, Universidad del Zulia, Venezuela, 1992.

CAPITULO V: ANÁLISIS DE EDIFICIOS ANTE DIFERENTES SISMOS

5.1 GEOMETRÍA DE LOS MODELOS A UTILIZARSE

A continuación se presentara las distribución en planta para los tres edificios analizados de 3, 6, 9 pisos el cual tiene una separación entre ejes de 5 m en ambos sentidos y una altura entrepisos de 3.0 m, como se puede observar en la siguiente figura 5.1.

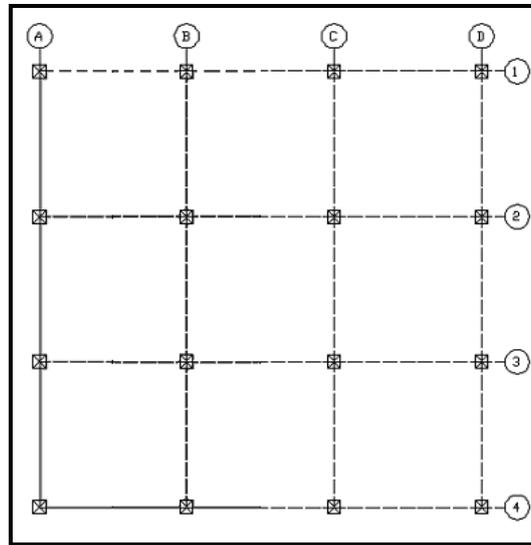


Figura 5.1 Distribución en planta para los 3 edificios analizados

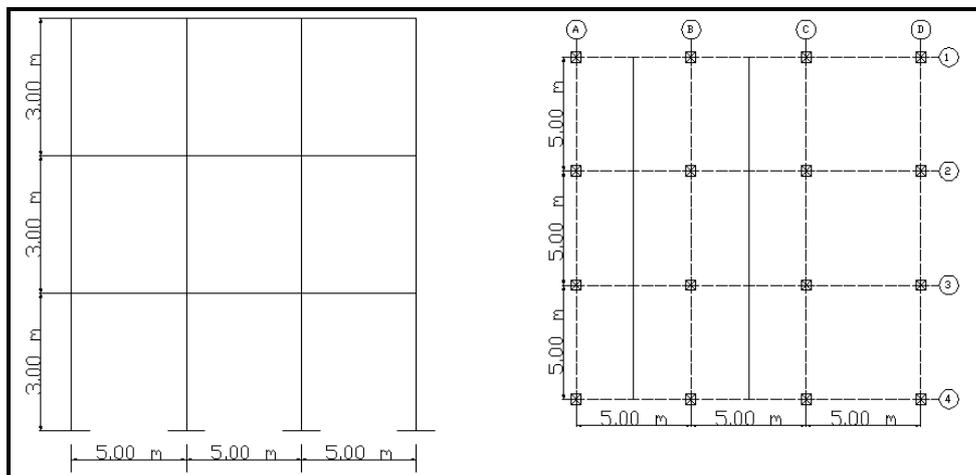


Figura 5.2 Geometría Edificio de 3 pisos

Tabla 5.1 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 3 pisos

PISOS	COLUMNAS				VIGAS	PESO
	1,00	2,00	3,00	4,00		TOTAL
						Ton
1,00	30/30	35/35	35/35	30/30	25/30	141,75
2,00	30/30	35/35	35/35	30/30	25/30	132,75
3,00	30/30	35/35	35/35	30/30	25/30	123,75
						398,25

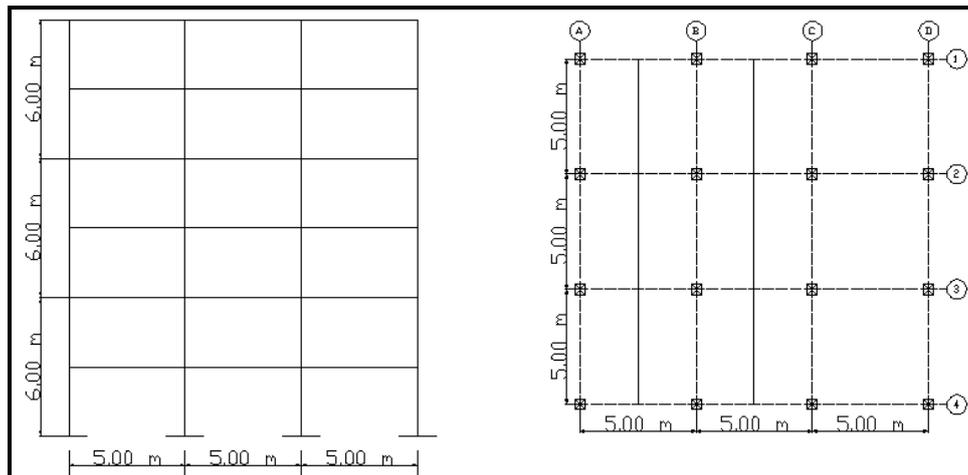


Figura 5.3 Geometría Edificio de 6 pisos

Tabla 5.2 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 6 pisos

EJES PISOS	1,00	2,00	3,00	4,00	VIGAS	PESO
						TOTAL
1,00	55/55	60/60	60/60	55/55	30/35	168,75
2,00	55/55	60/60	60/60	55/55	25/35	159,75
3,00	55/55	60/60	60/60	55/55	25/35	150,75
4,00	50/50	55/55	55/55	30/30	25/35	141,75
5,00	50/50	55/55	55/55	30/30	25/30	132,75
6,00	45/45	50/50	50/50	45/45	25/30	123,75
						877,50

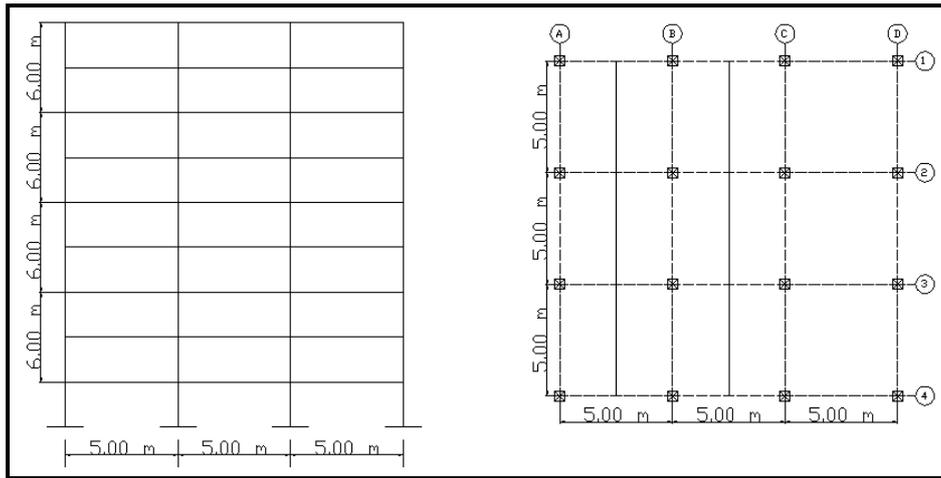


Figura 5.4 Geometría Edificio de 9 pisos

Tabla 5.3 Dimensiones de elementos estructurales y pesos por planta edificio 9 pisos

EJES PISOS	1,00	2,00	3,00	4,00	VIGAS	PESO
						TOTAL
1,00	55/55	60/60	60/60	55/55	30/35	195,75
2,00	55/55	60/60	60/60	55/55	25/35	186,75
3,00	55/55	60/60	60/60	55/55	25/35	177,75
4,00	50/50	55/55	55/55	30/30	25/35	168,75
5,00	50/50	55/55	55/55	30/30	25/30	159,75
6,00	45/45	50/50	50/50	45/45	25/30	150,75
7,00	45/46	50/50	50/50	45/46	25/31	141,75
8,00	45/47	50/50	50/50	45/47	25/32	132,75
9,00	45/48	50/50	50/50	45/48	25/33	123,75
						1437,75

5.1.1 PESOS POR PÓRTICO.

Para obtener el peso que esta soportando cada pórtico de la estructura, se procedió a dividir la estructura por ejes sacando áreas cooperantes. A continuación se presentara los pesos por piso como también las masas de cada unos de los pisos.

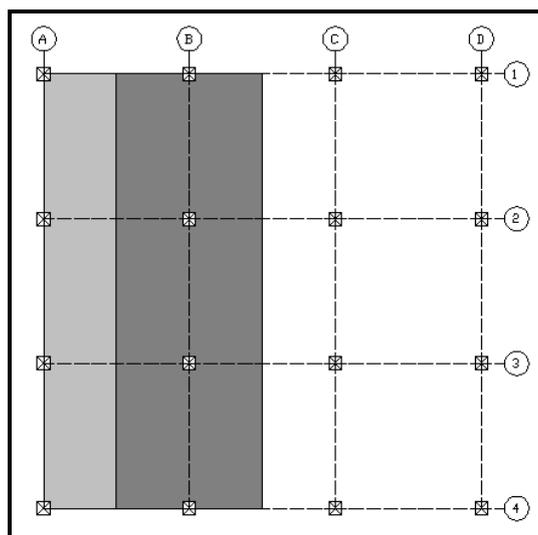


Figura 5.5 Distribución en planta de áreas cooperantes para los 3 edificios analizados

PÓRTICOS EXTERIORES A – D (EDIFICIO 3 PISOS)

Tabla 5.4 Cargas, Pesos y Masas por piso pórticos exteriores

PISOS	CARGA	CARGA	PESO C.	PESO C.	MASAS
	MUERTA	VIVA	MUERTA	VIVA	
1,00	0,58	0,20	21,75 T	1,88 T	2,41
2,00	0,54	0,20	20,25 T	1,88 T	2,26
3,00	0,50	0,20	18,75 T	1,88 T	2,10
			60,75	5,63	6,77

PÓRTICOS INTERIORES B – C (EDIFICIO 3 PISOS)

Tabla 5.5 Cargas, Pesos y Masas por piso pórticos interiores edificio 3 pisos

PISOS	CARGA MUERTA	CARGA VIVA	CARGA T. MUERTA	CARGA T. VIVA	MASAS
1,00	0,58	0,20	43,50 T	3,75 T	4,82
2,00	0,54	0,20	40,50 T	3,75 T	4,52
3,00	0,50	0,20	37,50 T	3,75 T	4,21
			121,50	11,25	13,55

PÓRTICOS EXTERIORES A – D (EDIFICIO 6 PISOS)

Tabla 5.6 Cargas, Pesos y Masas por piso, pórticos exteriores

PISOS	CARGA	CARGA	PESO C.	PESO C.	MASAS
	MUERTA	VIVA	MUERTA	VIVA	
1,00	0,70	0,20	26,25 T	1,88 T	2,87
2,00	0,66	0,20	24,75 T	1,88 T	2,72
3,00	0,62	0,20	23,25 T	1,88 T	2,56
4,00	0,58	0,20	21,75 T	1,88 T	2,41

5,00	0,54	0,20	20,25 T	1,88 T	2,26
6,00	0,50	0,20	18,75 T	1,88 T	2,10
			135,00	11,25	14,92

PÓRTICOS INTERIORES B – C (EDIFICIO 6 PISOS)

Tabla 5.7 Cargas, Pesos y Masas por piso, pórticos interiores

PISOS	CARGA MUERTA	CARGA VIVA	PESO C. MUERTA	PESO C. VIVA	MASAS
1,00	0,70	0,20	52,50 T	3,75 T	5,74
2,00	0,66	0,20	49,50 T	3,75 T	5,43
3,00	0,62	0,20	46,50 T	3,75 T	5,13
4,00	0,58	0,20	43,50 T	3,75 T	4,82
5,00	0,54	0,20	40,50 T	3,75 T	4,52
6,00	0,50	0,20	37,50 T	3,75 T	4,21
			270,00	22,50	29,85

PÓRTICOS EXTERIORES A – D (EDIFICIO 9 PISOS)

Tabla 5.8 Cargas, Pesos y Masas por piso, pórticos exteriores

PISOS	CARGA	CARGA	CARGA T.	CARGA T.	MASAS
	MUERTA	VIVA	MUERTA	VIVA	
1,00	0,82	0,20	30,75 T	1,88 T	3,33
2,00	0,78	0,20	29,25 T	1,88 T	3,18
3,00	0,74	0,20	27,75 T	1,88 T	3,02
4,00	0,70	0,20	26,25 T	1,88 T	2,87
5,00	0,66	0,20	24,75 T	1,88 T	2,72
6,00	0,62	0,20	23,25 T	1,88 T	2,56
7,00	0,58	0,20	21,75 T	1,88 T	2,41
8,00	0,54	0,20	20,25 T	1,88 T	2,26
9,00	0,50	0,20	18,75 T	1,88 T	2,10
			222,75	16,88	24,45

PÓRTICOS INTERIORES B – C (EDIFICIO 9 PISOS)

Tabla 5.9 Cargas, Pesos y Masas por piso, pórticos interiores

PISOS	CARGA MUERTA	CARGA VIVA	CARGA T. MUERTA	CARGA T. VIVA	MASAS
1,00	0,82	0,20	61,50 T	3,75 T	6,66
2,00	0,78	0,20	58,50 T	3,75 T	6,35
3,00	0,74	0,20	55,50 T	3,75 T	6,05
4,00	0,70	0,20	52,50 T	3,75 T	5,74

5,00	0,66	0,20	49,50 T	3,75 T	5,43
6,00	0,62	0,20	46,50 T	3,75 T	5,13
7,00	0,58	0,20	43,50 T	3,75 T	4,82
8,00	0,54	0,20	40,50 T	3,75 T	4,52
9,00	0,50	0,20	37,50 T	3,75 T	4,21
			445,50	33,75	48,90

Para usar el programa, previamente se debe cargar el archivo de datos en el cual está la base, la altura y la longitud de las columnas y vigas. Luego se debe indicar la matriz zeda, la cual tiene el amortiguamiento de la estructura, después se ingresa el nombre del sismo anteriormente mencionado con su respectivo incremento de tiempo.

5.1.2 DIMENSIONES DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA UN PERIODO OBJETIVO DE $T = 2$ seg.

Primero se va a indicar las características físico – mecánicas del material, del cual esta conformado el sistema de aislamiento de base.

Para esto se necesita conocer cual es el esfuerzo admisible del aislador a compresión $\sigma_{LT} = 120 \text{ Kg} / \text{cm}^2$.

También se está trabajando con una goma que tiene un módulo de corte $G_a = 7.00 \text{ Kg} / \text{cm}^2$. No se trata de una goma muy eficiente y un peso específico de

$$\gamma_{goma} = 1.23 \frac{T}{m^3}.$$

PÓRTICO EXTERIORES A – D (EDIFICIOS 3,6 Y 9 PISOS)

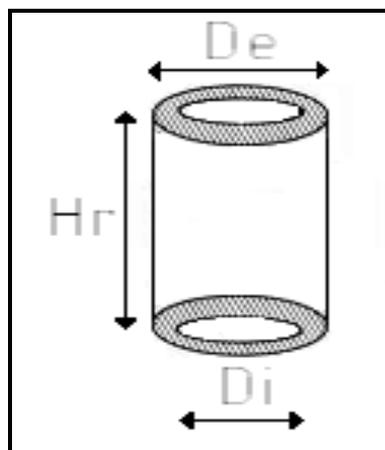


Figura 5.6 Nomenclatura utilizada para definir la geometría de los aisladores de base

Para obtener las dimensiones del aislador se procedió a utilizar el procedimiento de cálculo que se indica a continuación el cual se lo realizara de forma detalla para el edificio de 3 pisos:

Antes que nada se explica de manera breve como se obtuvieron las masas y pesos que actúan en cada uno de los pórticos tanto exteriores como interiores. Primero se asumieron cargas uniformemente distribuidas para cada uno de los pisos iniciando en el primer piso con una carga muerta de $0.50 \frac{T}{m^2}$ e incrementando $0.04 \frac{T}{m^2}$ por cada piso, luego se da valor a la carga viva = $0.20 \frac{T}{m^2}$.

Para calcular el peso en cada piso se suma la carga muerta mas el 25% de la carga viva y se multiplica por el área cooperante que actúan en cada pórtico estas cargas se indican en la tabla 5.4 para pórticos exteriores, luego se debe dividir la carga que actúan para el número de aisladores del pórtico y esa es la carga que gravita sobre cada aislador.

$$P_{LT} = 15.1875 + 1.4075 = 16.595 T.$$

Para llegar al calcular el diámetro exterior del aislador se debe conocer el esfuerzo admisible a compresión del aislador que es $\sigma_{LT} = 120 \text{Kg/cm}^2$ y se debe imponerse el diámetro interior de 10 cm. Luego:

$$\frac{16595}{\frac{\pi}{4}(D_e^2 - 10^2)} \leq 120 \quad \Rightarrow \quad D_e \geq 16.62 \text{cm}$$

El área de corte de la goma vale:

$$A = \frac{\pi}{4}(D_e^2 - D_i^2) = \frac{\pi}{4}(16.62^2 - 10^2) = 138.4062 \text{ cm}^2$$

En este proyecto se está trabajando con una goma que tiene un módulo de corte $G_a = 7.00 \text{ Kg/cm}^2$. No se trata de una goma eficiente.

$$k_b = \frac{G_a A}{H_r} = \frac{7.00 * 138.41}{H_r} = \frac{968.84}{H_r}$$

Para determinar el espesor de la goma, se obtiene el peso W que es igual a la carga muerta más el 25% de la carga viva.

$$W = 15.19 + 0.25 * 1.41 = 15,54T.$$

El período objetivo es 2 s. Luego:

$$T_D = 2\pi \sqrt{\frac{W}{k_b g}} \quad \Rightarrow \quad 2 = 2\pi \sqrt{\frac{15540}{\frac{968.84}{H_r} * 980}} \quad \Rightarrow \quad H_r = 6.19 \text{ cm.}$$

La rigidez del aislador es:

$$k_b = \frac{G_a A}{H_r} = \frac{7.00 * 138.41}{6.19} = \frac{968.84}{6.19} = 156.522 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}} = 15.652 \frac{T}{m}$$

Como existen cuatro aisladores en la estructura, se tiene $k_b = 4 * 15.652 = 62.61 \frac{T}{m}$.

La masa del aislador se obtiene:

$$m_b = \frac{V_{\text{aislador}} * Pe_{\text{aislador}}}{9.8 \frac{m}{s^2}}; \quad m_b = \frac{856.758 * 1230}{980 \frac{cm}{s^2}} = 0.000108 \frac{T s^2}{m}$$

m_b es la masa de cada aislador para obtener la masa total se multiplica por el número de aisladores del pórtico, por lo que $m_{bT} = 0.00043 \frac{T s^2}{m}$, con esta masa y rigidez del aislador se llega a tener periodo objetivo de $T = 2\text{seg}$.

De esta manera es como se calcularon las dimensiones del aislador así como la rigidez y masa del mismo.

Al analizar las dimensiones obtenidas mediante el procedimiento de cálculo descrito anteriormente se concluyó que dichas dimensiones son muy pequeñas por lo que se procedió a obtener las dimensiones del aislador mediante interacciones:

1. Primero se debe imponer el diámetro exterior y interior del aislador de 30 cm y 10 cm respectivamente; en la que el diámetro interior no varía y se asume el diámetro exterior del aislador de 30 por que dicho diámetro no puede ser menor que el diámetro de la columna de la estructura.
2. Luego, se procedió a correr el programa finalprueba mediante algunas interacciones con las dimensiones del aislador y se comprueba que estas lleguen al periodo obtenido $T=2\text{seg}$ que se desea que la estructura tenga.
3. Cuando el periodo fundamental de la estructura con el sistema de aislamiento es semejante o igual al periodo obtenido de 2 segundos se finalizaba con el procedimiento de interacción.

De esta manera fue como se obtuvieron las dimensiones de los aisladores para las tres estructuras analizadas tanto para los periodo de 2 y 3 segundos.

Tabla 5.10 Dimensiones del aislador, rigidez y masa para pórticos exteriores

PISOS	PÓRTICOS EXTERIORES					
	DIMENSIONES			RIGIDEZ Y MASA		
	De (cm)	Di (cm)	Hr (cm)	Kb (T/m)	KbT (T/m)	mb (Ts ² /m)
3 PISOS	40	10	40	20.62	82.47	0.02
6 PISOS	55	10	40	40.20	160.81	0.0461
9 PISOS	70	10	40	65.97	263.89	0.08

PÓRTICO INTERIORES B – C (EDIFICIOS 3,6 Y 9 PISOS)

Tabla 5.11 Dimensiones del aislador, rigidez y masa para pórticos interiores

PISOS	PÓRTICOS INTERIORES					
	DIMENSIONES			RIGIDEZ Y MASA		
	De (cm)	Di (cm)	Hr (cm)	Kb (T/m)	KbT (T/m)	mb (Ts ² /m)

3 PISOS	55	10	40	40.20	160.81	0.05
6 PISOS	80	10	40	86.59	346.36	0.0994
9 PISOS	130	10	40	230.91	923.63	0.26

5.1.3 DIMENSIONES DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA UN PERIODO OBJETIVO DE $T = 3$ seg.

Las características de la goma no han variado por lo que se las han considerado las mismas para el caso anterior.

PÓRTICO EXTERIORES A – D (EDIFICIO 3, 6 Y 9 PISOS)

Tabla 5.12 Dimensiones del aislador, rigidez y masa para pórticos exteriores.

PISOS	PÓRTICOS EXTERIORES					
	DIMENSIONES			RIGIDEZ Y MASA		
	De (cm)	Di (cm)	Hr (cm)	Kb (T/m)	KbT (T/m)	mb (Ts ² /m)
3 PISOS	30	10	50	8.80	35.19	0.016
6 PISOS	40	10	50	16.49	65.97	0.0296
9 PISOS	50	10	50	26.39	105.56	0.05

PÓRTICO INTERIORES B – C (EDIFICIOS 3,6 Y 9 PISOS)

Tabla 5.13 Dimensiones del aislador, rigidez y masa para pórticos interiores.

PISOS	PÓRTICOS INTERIORES					
	DIMENSIONES			RIGIDEZ Y MASA		
	De (cm)	Di (cm)	Hr (cm)	Kb (T/m)	KbT (T/m)	mb (Ts ² /m)
3 PISOS	40	10	50	16.49	65.97	0.03
6 PISOS	60	10	50	38.48	153.94	0.069
9 PISOS	70	10	50	52.78	211.12	0.09

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS SISMOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS

Los sismos que vamos a utilizar para este análisis son de Centro, Chile y México los cuales vamos a indicar a continuación:

Los dos primeros sismos analizados son de alta frecuencia. El sismo de El Centro, California, registrado el 18 de mayo de 1940, tuvo una magnitud de $M_L = 7.1$,

se trabaja con la componente N-S de un registro que tuvo una aceleración máxima del suelo igual a 0.348 g., siendo g., la aceleración de la gravedad.

El sismo de Chile fue registrado el 3 de marzo de 1985, en el Océano Pacífico es de subducción con una profundidad focal de 15 km., y una magnitud de 7.8 en la escala de Richter, se trabaja con un registro de Viña del Mar, que tuvo una aceleración máxima del suelo igual a 0.363 g.

El sismo de México se registro el 19 de Septiembre de 1985, que tuvo una magnitud de 8.1 y una profundidad focal de 33 km., se registro a 20 km., de la costa de Guerrero y en el centro de la ciudad México que se halla a 400 km de la zona epicentral.

5.2.1 ARCHIVOS DE DATOS.

Para la corrida del programa FINAL1PRUEBA, se debe crear un archivo de datos para cada unos de los pórticos, los cuales se presentan a continuación.

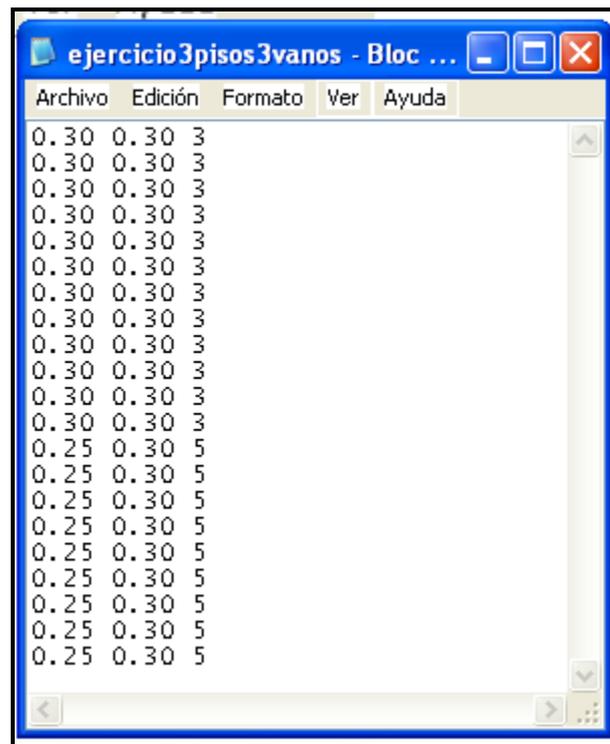


Figura 5.7 Archivo de datos edificio 3 pisos

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
0.55	0.55	3		
0.60	0.60	3		
0.60	0.60	3		
0.55	0.55	3		
0.55	0.55	3		
0.60	0.60	3		
0.60	0.60	3		
0.55	0.55	3		
0.55	0.55	3		
0.60	0.60	3		
0.60	0.60	3		
0.55	0.55	3		
0.50	0.50	3		
0.55	0.55	3		
0.55	0.55	3		
0.50	0.50	3		
0.50	0.50	3		
0.55	0.55	3		
0.55	0.55	3		
0.50	0.50	3		
0.45	0.45	3		
0.50	0.50	3		
0.50	0.50	3		
0.45	0.45	3		
0.30	0.35	5		
0.30	0.35	5		
0.30	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.35	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		
0.25	0.30	5		

Figura 5.8 Archivo de datos edificio 6 pisos

Archivo	Edición	Formato
0.85	0.85	3
0.90	0.90	3
0.90	0.90	3
0.85	0.85	3
0.85	0.85	3
0.90	0.90	3
0.90	0.90	3
0.85	0.85	3
0.85	0.85	3
0.90	0.90	3
0.90	0.90	3
0.85	0.85	3
0.80	0.80	3
0.85	0.85	3
0.85	0.85	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.85	0.85	3
0.85	0.85	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.85	0.85	3
0.85	0.85	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.85	0.85	3
0.85	0.85	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.75	0.75	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.75	0.75	3
0.75	0.75	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.75	0.75	3
0.75	0.75	3
0.80	0.80	3
0.80	0.80	3
0.75	0.75	3
0.35	0.45	5
0.35	0.45	5
0.35	0.45	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.30	0.35	5
0.25	0.35	5

Figura 5.9 Archivo de datos para edificio de 9 pisos

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 2 seg

>> zeda

zeda = [0.0500 0.0500 0.0500]

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, código =0. Con inercias agrietadas, código =1

Ingrese código de inercias: 0

Matriz de rigidez lateral:

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.0382 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso, 1, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso, 2, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso, 3, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9911 & 1.0000 & 0.3126 \\ -1.0000 & 0.6954 & 0.7299 \\ 0.4299 & -0.9050 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 2.4307 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7620 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0723 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 8.8145 & -3.0061 & 0.0792 \\ -3.0061 & 6.9795 & -2.7523 \\ 0.0792 & -2.7523 & 3.7695 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa $m_b = 0.02$

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez $k_b = 82.47$

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9899 & 1.0000 & -0.4843 & -0.5284 \\ 1.0000 & 0.0748 & 0.2328 & 0.0768 \\ 0.9872 & 0.1625 & 1.0000 & 0.5202 \\ 0.9904 & 0.2138 & 0.2123 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 8.3285 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0011 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1827 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0342 \end{bmatrix}$$

f =

$$\begin{bmatrix} 288.5922 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3.2545 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 42.7447 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 18.5061 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

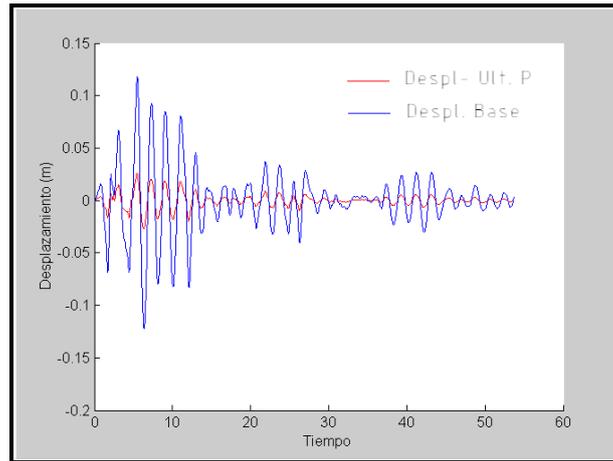


Figura 5.10 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.14 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	0.1274	0.1181	3.2545	1.9300	

SISMO DE CHILE

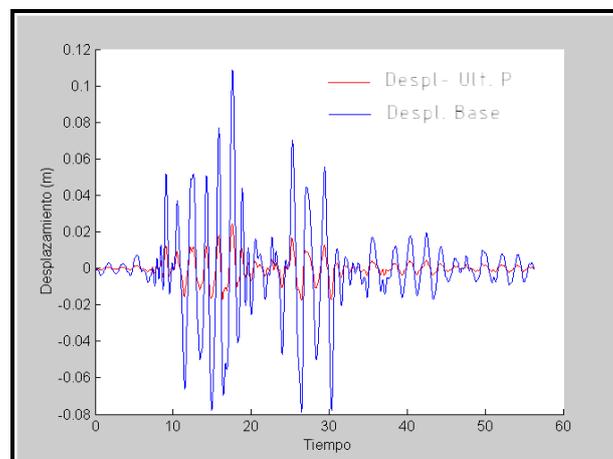


Figura 5.11 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.15 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.1086	0.02437	3.2545	1.9300

SISMO DE MÉXICO

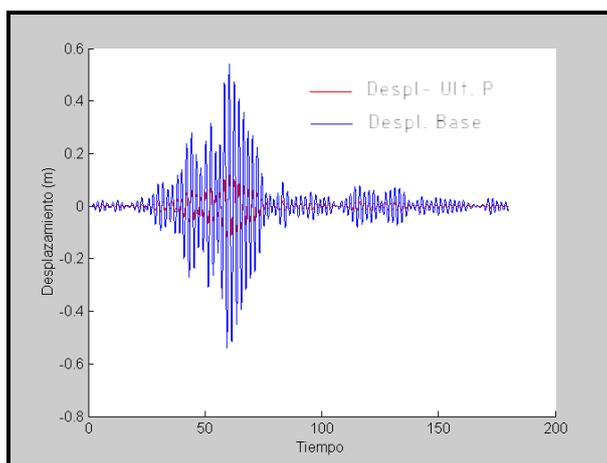


Figura 5.12 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.16 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.5405	0.1164	3.2545	1.9300

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 2seg

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.8912 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9914 & 1.0000 & 0.3125 \\ -1.0000 & 0.6964 & 0.7298 \\ 0.4288 & -0.9034 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 1.2151 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3807 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0361 \end{bmatrix}$$

f =

$$\begin{bmatrix} 34.8588 & 0 & 0 \\ 0 & 19.5112 & 0 \\ 0 & 0 & 6.0072 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 12.4657 & -4.2511 & 0.1116 \\ -4.2511 & 9.8718 & -3.8941 \\ 0.1116 & -3.8941 & 5.3360 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.05$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 160.81$

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9880 & 1.0000 & -0.4795 & -0.5262 \\ 1.0000 & 0.1467 & 0.2165 & 0.0505 \\ 0.9847 & 0.3212 & 1.0000 & 0.4950 \\ 0.9885 & 0.4247 & 0.2076 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

$1.0e+004 *$

$$\begin{bmatrix} 3.4966 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0009 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0922 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0182 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 186.9925 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3.0273 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 30.3621 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13.4813 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de $\zeta = 0.1$

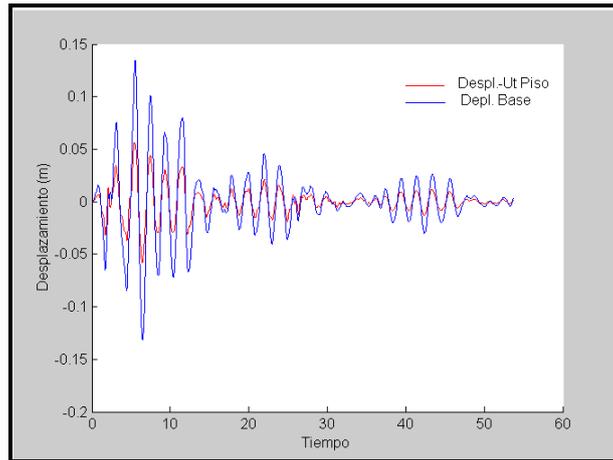


Figura 5.13 Desplazamiento para el sismo de Centro

Tabla 5.17 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	0.1274	0.1346	0.0561	3.03	2.07

SISMO DE CHILE

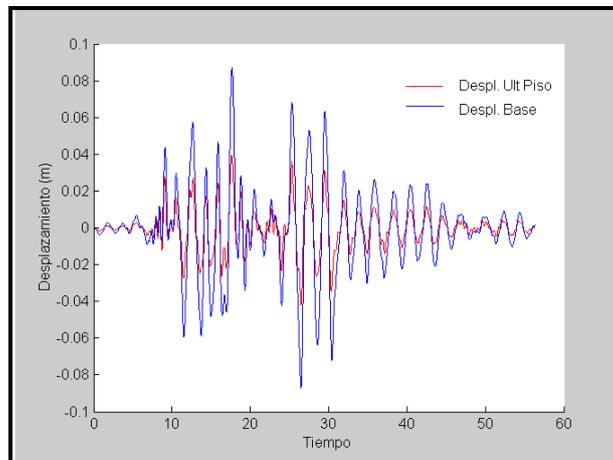


Figura 5.14 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.18 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Chile	0.1825	0.0869	0.03932	3.03	2.07

SISMO DE MÉXICO

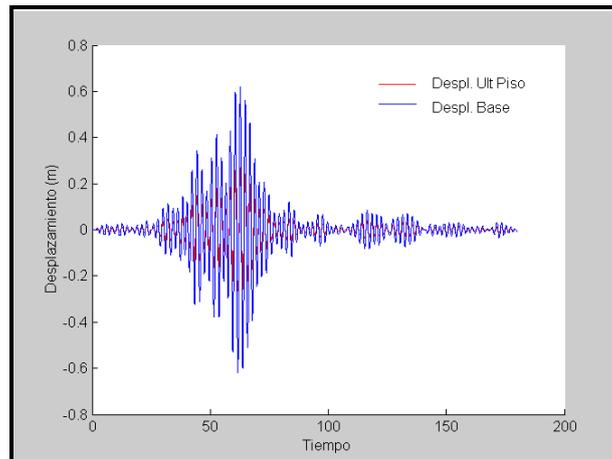


Figura 5.15 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.19 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.6208	0.2679	3.03	2.07

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

$$T = 2\text{seg}$$

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3202 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3202 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8577 & 0.9082 & 0.7918 & 0.6284 & 0.2600 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3912 & 0.4252 & 1.0000 & 0.6659 & 0.2502 \\ 0.9126 & -0.4738 & -0.8385 & 0.2146 & 0.8387 & 0.4556 \\ -0.6407 & 1.0000 & -0.2149 & -0.8949 & 0.5589 & 0.6613 \\ 0.3283 & -0.8074 & 1.0000 & -0.7467 & -0.1466 & 0.8466 \\ -0.0874 & 0.2696 & -0.5048 & 0.8490 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 3.1451 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.7299 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7436 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2428 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0514 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0048 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 20.1568 & -7.7070 & 1.1852 & -0.1653 & 0.0281 & -0.0093 \\ -7.7070 & 15.0719 & -7.2551 & 0.8890 & -0.2091 & 0.0106 \\ 1.1852 & -7.2551 & 13.2841 & -6.5897 & 0.7162 & -0.0921 \\ -0.1653 & 0.8890 & -6.5897 & 11.6692 & -5.6706 & 0.5426 \\ 0.0281 & -0.2091 & 0.7162 & -5.6706 & 9.3167 & -3.6155 \\ -0.0093 & 0.0106 & -0.0921 & 0.5426 & -3.6155 & 3.6187 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.0461$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 160.81$

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9773 & -0.5361 & -0.5402 & -0.5859 & 1.0000 & 0.5352 & -0.4474 \\ -1.0000 & 0.3995 & 0.3316 & 0.2537 & 0.0296 & -0.1204 & 0.0253 \\ -0.9678 & 0.9501 & 0.9582 & 0.8857 & 0.0904 & -0.4912 & 0.1238 \\ -0.9800 & -0.0063 & 0.4288 & 1.0000 & 0.1581 & -0.8941 & 0.2949 \\ -0.9766 & 1.0000 & 0.1679 & 0.3563 & 0.2212 & -1.0000 & 0.5218 \\ -0.9775 & 0.2706 & 1.0000 & 0.0964 & 0.2747 & -0.6499 & 0.7710 \\ -0.9773 & 0.6112 & 0.3603 & 0.9394 & 0.3173 & -0.0360 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

$1.0e+005 *$

$$\begin{bmatrix} 4.0835 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2641 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1216 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0422 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0001 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0101 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0017 \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} 639.0203 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 162.5259 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 110.2593 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 64.9386 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 3.0295 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 31.7567 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.9111 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda = 0.1

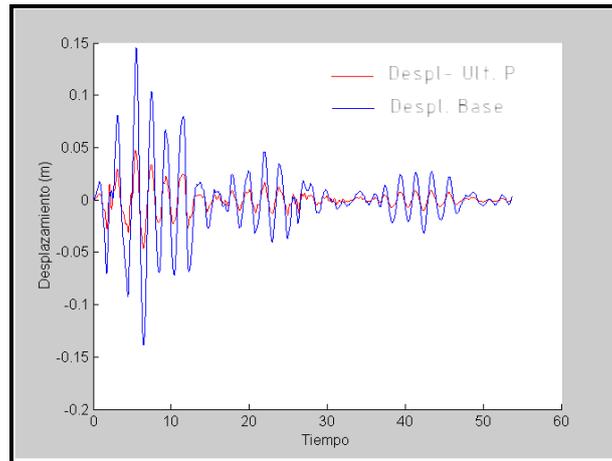


Figura 5.16 Desplazamiento para Centro

Tabla 5.20 Valores de desplazamiento para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	0.1451	0.1451	0.0472	3.03	2.07

SISMO DE CHILE

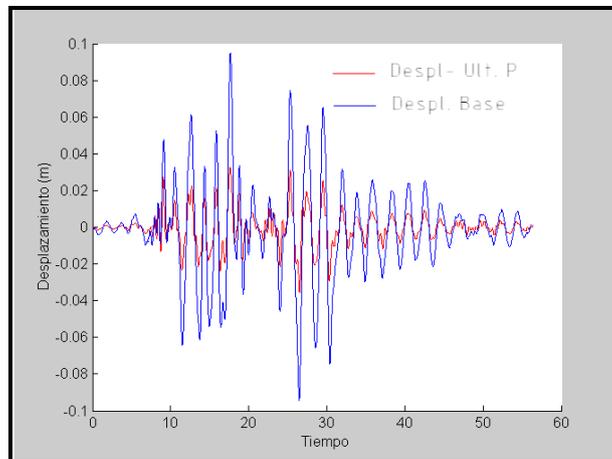


Figura 5.17 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.21 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.09508	0.03251	3.03	2.07

SISMO DE MÉXICO

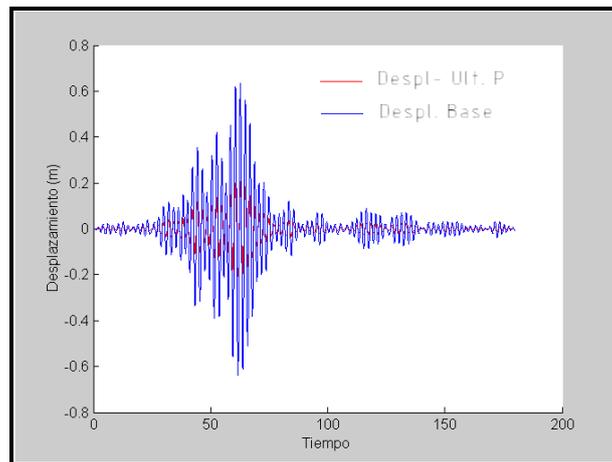


Figura 5.18 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.22 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.6354	0.2053	3.03	2.07

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 2seg

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3203 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3203 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8565 & 0.9082 & 0.7928 & 0.6282 & 0.2601 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3906 & 0.4266 & 1.0000 & 0.6663 & 0.2502 \\ 0.9085 & -0.4734 & -0.8378 & 0.2156 & 0.8395 & 0.4556 \\ -0.6386 & 1.0000 & -0.2146 & -0.8940 & 0.5599 & 0.6612 \\ 0.3271 & -0.8073 & 1.0000 & -0.7474 & -0.1459 & 0.8465 \\ -0.0869 & 0.2689 & -0.5035 & 0.8467 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$D = 1.0e+004 *$$

$$\begin{bmatrix} 1.5727 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8649 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3716 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1214 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0257 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0024 \end{bmatrix}$$

$$W_n =$$

$$\begin{bmatrix} 125.4080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 92.9976 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 60.9585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 34.8468 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16.0303 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.9164 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

$$C =$$

$$\begin{bmatrix} 47.5066 & -18.1585 & 2.7896 & -0.3895 & 0.0665 & -0.0220 \\ -18.1585 & 35.5037 & -17.1003 & 2.1001 & -0.4925 & 0.0250 \\ 2.7896 & -17.1003 & 31.3296 & -15.5399 & 1.6873 & -0.2176 \\ -0.3895 & 2.1001 & -15.5399 & 27.5083 & -13.3654 & 1.2780 \\ 0.0665 & -0.4925 & 1.6873 & -13.3654 & 21.9628 & -8.5252 \\ -0.0220 & 0.0250 & -0.2176 & 1.2780 & -8.5252 & 8.5364 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.0994$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 346.36$

$$V =$$

$$\begin{bmatrix} 0.9758 & -0.5362 & 0.5402 & 0.5847 & 0.5380 & -1.0000 & -0.4542 \\ -1.0000 & 0.3983 & -0.3287 & -0.2469 & -0.1115 & -0.0652 & 0.0145 \\ -0.9656 & 0.9520 & -0.9588 & -0.8777 & -0.4751 & -0.2005 & 0.0970 \\ -0.9787 & -0.0055 & -0.4313 & -1.0000 & -0.8824 & -0.3530 & 0.2598 \\ -0.9751 & 1.0000 & -0.1663 & -0.3595 & -1.0000 & -0.4971 & 0.4905 \\ -0.9760 & 0.2708 & -1.0000 & -0.0954 & -0.6503 & -0.6208 & 0.7537 \\ -0.9758 & 0.6111 & -0.3610 & -0.9353 & -0.0487 & -0.7201 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.9174 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1321 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0609 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0212 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0052 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0001 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0009 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 437.8817 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 114.9333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 78.0685 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 46.0694 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 22.7481 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8905 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9.6839 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

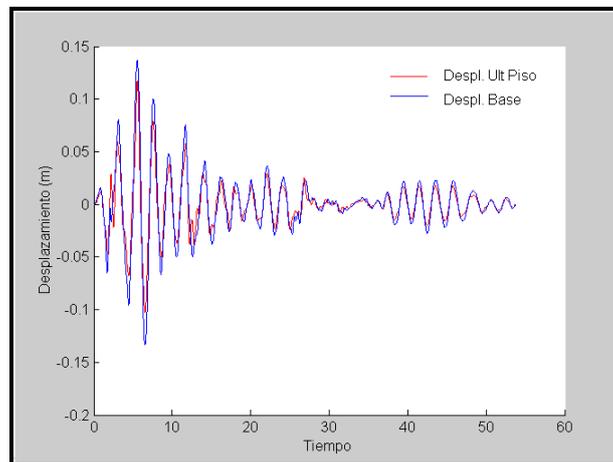


Figura 5.19 Desplazamiento para Centro

Tabla 5.23 Valores de desplazamiento para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	0.1451	0.137	0.1174	2.89	2.17

SISMO DE CHILE

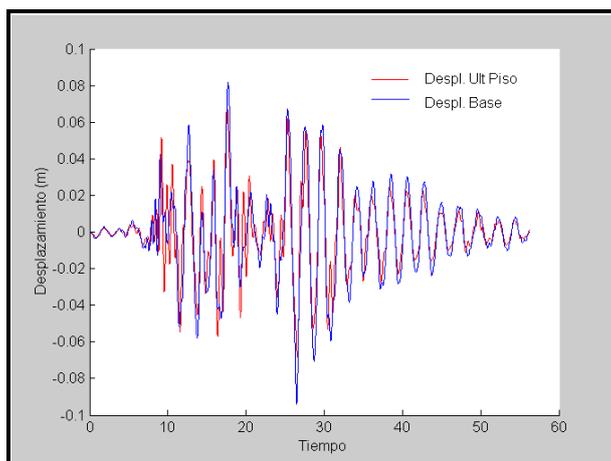


Figura 5.20 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.24 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.08156	0.06842	2.89	2.17

SISMO DE MÉXICO

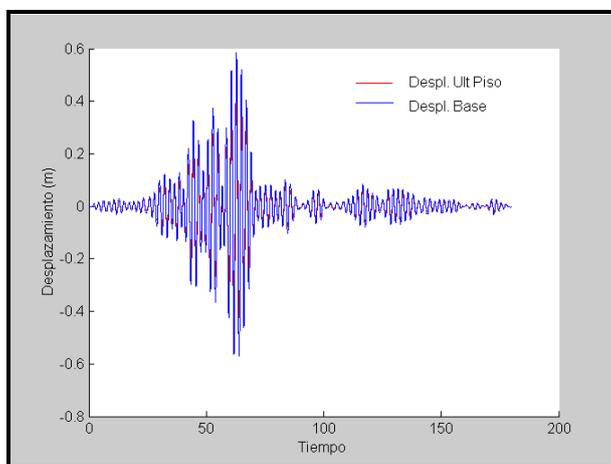


Figura 5.21 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.25 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.5851	0.4361	2.89	2.17

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 2 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4852	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	-0.3005
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 3.33

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 3.18

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 3.02

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.7173 & 0.8329 & -0.9198 & 0.8344 & -0.7540 & 0.5529 & 0.2895 & 0.1076 & 0.0282 \\ -0.9103 & -0.7767 & 0.3757 & 0.2220 & -0.7747 & 1.0000 & 0.7442 & 0.3431 & 0.1024 \\ 1.0000 & 0.4041 & 0.4774 & -0.8865 & 0.5043 & 0.4331 & 0.8949 & 0.5892 & 0.2088 \\ -0.9734 & 0.1672 & -0.9549 & 0.2532 & 0.8585 & -0.6541 & 0.5115 & 0.7342 & 0.3360 \\ 0.8699 & -0.6996 & 0.6152 & 0.7979 & -0.4448 & -0.9530 & -0.2296 & 0.7001 & 0.4746 \\ -0.6972 & 1.0000 & 0.2755 & -0.7300 & -0.9764 & -0.0641 & -0.8438 & 0.4745 & 0.6153 \\ 0.4876 & -0.9736 & -1.000 & -0.4153 & 0.3779 & 0.9400 & -0.8550 & 0.0738 & 0.7515 \\ -0.2646 & 0.6303 & 0.9397 & 1.0000 & 1.0000 & 0.6659 & -0.1275 & 0.4459 & 0.8797 \\ 0.0740 & -0.1921 & -0.3339 & -0.4532 & -0.6586 & -0.8166 & 1.0000 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.5937 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.1946 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7627 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4176 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1955 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0760 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0215 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0040 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0003 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

82.6172	-32.3478	5.6493	-0.7629	0.2526	-0.0405	0.0153	0.0013	0.0038
-32.3478	61.2756	-31.0004	4.7299	-0.9243	0.2183	-0.0284	0.0221	0.0112
5.6493	-31.0004	55.2668	-29.4055	4.2936	-0.8055	0.1994	-0.0158	0.0339
-0.7629	4.7299	-29.4055	51.3188	-27.7452	4.0174	-0.6836	0.1740	0.0319
0.2526	-0.9243	4.2936	-27.7452	48.3887	-25.9356	3.5645	-0.7780	0.2422
-0.0405	0.2183	-0.8055	4.0174	-25.9356	44.5942	-24.1877	3.2210	-0.1030
0.0153	-0.0284	0.1994	-0.6836	3.5645	-24.1877	40.9014	-22.1827	3.1811
0.0013	0.0221	-0.0158	0.1749	-0.7780	3.2210	-22.1827	33.7341	-13.5550
0.0038	0.0112	0.0339	0.0319	0.2422	-0.1030	3.1811	-13.5550	10.6470

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.08$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 263.89$

V =

-0.9655	0.4375	0.4961	-0.5377	-0.5373	0.5560	0.5246	1.0000	-0.4171	0.5248
1.0000	-0.3571	-0.3759	0.3581	0.2926	-0.2250	-0.1324	0.0181	0.0105	-0.0628
0.9501	-0.7289	-0.8590	0.9438	0.8919	-0.7789	-0.5089	0.0637	0.0492	-0.2598
0.9704	0.0303	-0.0787	0.3526	0.7115	-1.0000	-0.8946	0.1263	0.1205	-0.5481
0.9640	-1.0000	-0.7191	0.2641	0.1242	-0.5493	-0.9726	0.1978	0.2253	-0.8316
0.9660	0.1388	-0.6022	0.9775	0.4335	-0.0753	-0.6528	0.2725	0.3601	-1.0000
0.9654	-0.9453	-0.0985	0.4218	1.0000	-0.3046	-0.2033	0.3458	0.5142	-0.9839
0.9656	-0.0581	-1.0000	0.1765	0.5413	-0.9345	-0.0308	0.4145	0.6775	-0.7545
0.9655	-0.6514	-0.1309	1.0000	0.0664	-0.9610	-0.3567	0.4778	0.8416	-0.3533
0.9655	-0.3765	-0.6132	0.3561	0.7927	-0.1884	-1.0000	0.5366	1.0000	0.1152

D =

$1.0e+006$ *

1.2395	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.1489	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.1023	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.0587	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.0284	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.0115	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0034	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0008

f =

1.0e+003 *

1.1133	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.3858	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.3198	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.2423	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.1685	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.1072	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0586	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0029	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0100	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0275

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

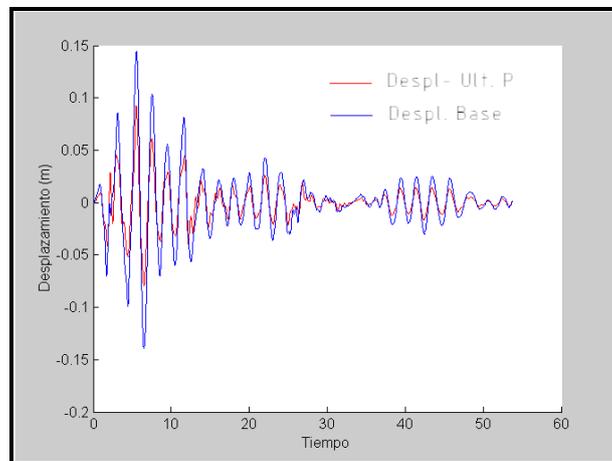


Figura 5.22 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.26 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.1443	0.09253	2.90	2.17

SISMO DE CHILE

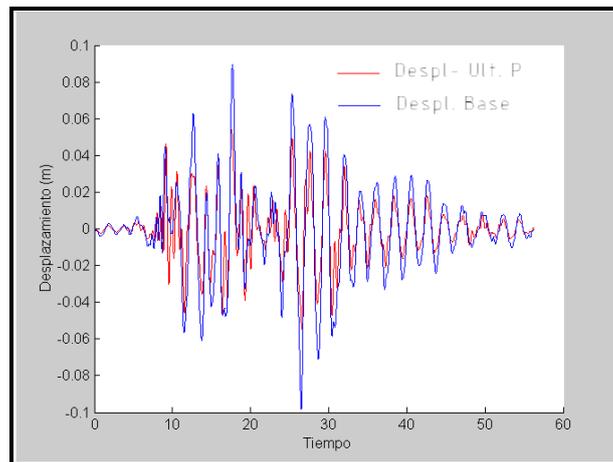


Figura 5.23 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.27 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.08966	0.05402	2.90	2.17

SISMO DE MÉXICO

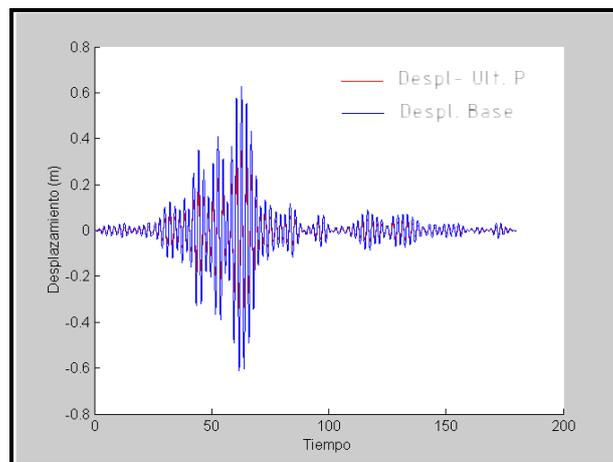


Figura 5.24 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.28 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	-0.2150	0.6253	0.3458	2.90	2.17

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 2 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL = 1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4851	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	-0.3005
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 6.66

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 6.35

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 6.05

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.7190 & 0.8349 & -0.9164 & 0.8361 & -0.7538 & 0.5528 & 0.2897 & 0.1077 & 0.0282 \\ -0.9136 & -0.7794 & 0.3746 & 0.2230 & -0.7752 & 1.0000 & 0.7451 & 0.3433 & 0.1024 \\ 1.0000 & 0.4033 & 0.4759 & -0.8873 & 0.5024 & 0.4334 & 0.8962 & 0.5896 & 0.2088 \\ -0.9749 & 0.1690 & -0.9531 & 0.2546 & 0.8576 & -0.6540 & 0.5127 & 0.7348 & 0.3360 \\ 0.8728 & -0.7033 & 0.6148 & 0.7997 & -0.4433 & -0.9537 & -0.2294 & 0.7008 & 0.4745 \\ -0.6965 & 1.0000 & 0.2756 & -0.7293 & -0.9755 & -0.0654 & -0.8447 & 0.4753 & 0.6152 \\ 0.4879 & -0.9749 & -1.0000 & -0.4151 & 0.3776 & 0.9394 & -0.8564 & 0.0745 & 0.7514 \\ -0.2647 & 0.6311 & 0.9395 & 1.0000 & 1.0000 & 0.6668 & -0.1285 & -0.4455 & 0.8796 \\ 0.0738 & -0.1919 & -0.3330 & -0.4521 & -0.6568 & -0.8146 & 1.0000 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 7.9688 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.9726 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.8137 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.0871 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9774 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3800 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1075 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0016 \end{bmatrix}$$

$W_n =$

$$\begin{bmatrix} 282.2905 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 244.3896 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 195.2868 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 144.4666 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 98.8616 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 61.6467 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32.7900 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.1360 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.9855 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

$C =$

$$\begin{bmatrix} 116.8309 & -45.7316 & 7.9807 & -1.0785 & 0.3579 & -0.0571 & 0.0216 & 0.0018 & 0.0053 \\ -45.7316 & 86.6146 & -43.8412 & 6.6996 & -1.3064 & 0.3086 & -0.0405 & 0.0311 & 0.0159 \\ 7.9807 & -43.8412 & 78.1959 & -41.6029 & 6.0723 & -1.1401 & 0.2813 & -0.0223 & 0.0482 \\ -1.0785 & 6.6996 & -41.6029 & 72.5751 & -39.2193 & 5.6707 & -0.9667 & 0.2467 & 0.0453 \\ 0.3579 & -1.3064 & 6.0723 & -39.2193 & 68.3984 & -36.6790 & 5.0517 & -1.0998 & 0.3419 \\ -0.0571 & 0.3086 & -1.1401 & 5.6707 & -36.6790 & 63.0996 & -34.2236 & 4.5530 & -0.1458 \\ 0.0216 & -0.0405 & 0.2813 & -0.9667 & 5.0517 & -34.2236 & 57.8519 & -31.3708 & 4.4971 \\ 0.0018 & 0.0311 & -0.0223 & 0.2467 & -1.0998 & 4.5530 & -31.3708 & 47.7149 & -19.1764 \\ 0.053 & 0.0159 & 0.0482 & 0.0453 & 0.3419 & -0.1458 & 4.4971 & -19.1764 & 15.0676 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.26$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 923.63$

V =

-0.9449	0.4439	0.4991	-0.5384	0.5368	-0.5561	0.5302	-0.5428	0.4606	0.4370
1.0000	-0.3759	-0.3905	-0.3678	-0.2966	0.2243	-0.1280	0.0537	0.0313	0.0017
0.9191	-0.7238	-0.8553	0.9442	-0.8940	0.7780	-0.5013	0.2376	0.1114	0.0115
0.9537	0.0136	-0.0829	0.3477	-0.7083	1.0000	-0.8914	0.5207	0.2236	-0.0565
0.9419	-1.0000	-0.7272	0.2701	-0.1221	0.5497	-0.9782	0.8116	0.3543	0.1436
0.9459	0.1299	-0.5982	0.9788	-0.4347	0.0751	-0.6649	0.9971	0.4932	-0.2740
0.9445	-0.9492	-0.1080	0.4195	-1.0000	0.3039	-0.2159	1.0000	0.6315	-0.4370
0.9450	-0.0649	-1.0000	0.1796	-0.5393	0.9346	-0.0394	0.7847	0.7632	-0.6205
0.9448	-0.6578	-0.1347	1.0000	-0.0654	0.9619	-0.3603	0.3903	0.8857	-0.8120
0.9449	-0.3830	-0.6158	0.3572	-0.7922	0.1889	-1.0000	-0.0759	1.0000	-1.0000

D = 1.0e+005 *

3.9838	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.7426	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.5089	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.2924	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.1415	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.0575	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0174	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0040	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0007

F =

631.1709	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	272.5130	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	225.5859	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	171.0068	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	118.9468	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	75.7974	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	41.7264	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	20.0952	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3.0830	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4455

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

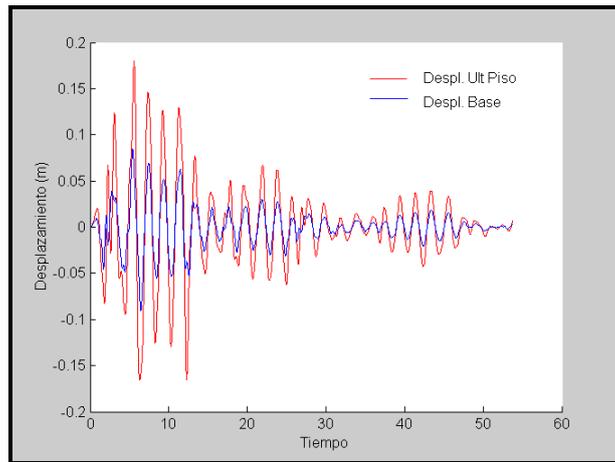


Figura 5.25 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.29 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.0846	0.18	3.08	2.04

SISMO DE CHILE

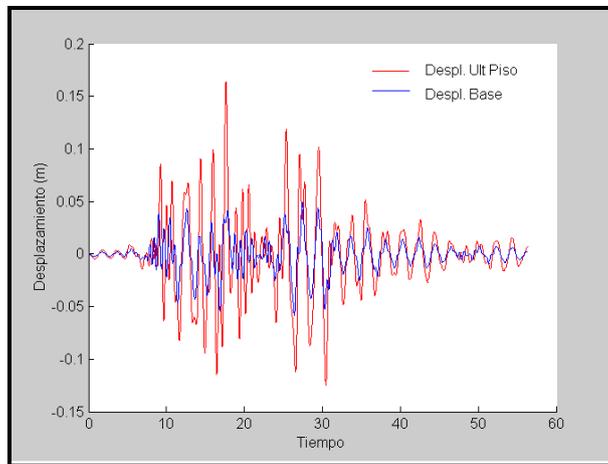


Figura 5.26 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.30 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.04998	0.1641	3.08	2.04

SISMO DE MÉXICO

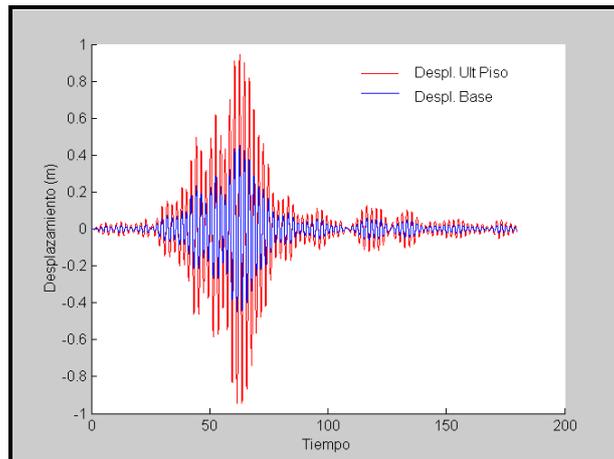


Figura 5.27 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.31 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	-0.2150	0.454	0.9439	3.08	2.04

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.0382 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9911 & 1.0000 & 0.3126 \\ -1.0000 & 0.6954 & 0.7299 \\ 0.4299 & -0.9050 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 2.4307 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7620 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0723 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 8.8145 & -3.0061 & 0.0792 \\ -3.0061 & 6.9795 & -2.7523 \\ 0.0792 & -2.7523 & 3.7695 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa mb= 0.016

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez kb= 35.19

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9917 & 1.0000 & -0.4871 & -0.5290 \\ 1.0000 & 0.0318 & 0.2423 & 0.0927 \\ 0.9894 & 0.0687 & 1.0000 & 0.5352 \\ 0.9921 & 0.0900 & 0.2154 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.0091 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0182 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0033 \end{bmatrix}$$

f =

$$\begin{bmatrix} 317.6639 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.2097 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 42.6227 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 18.1357 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda =0.1

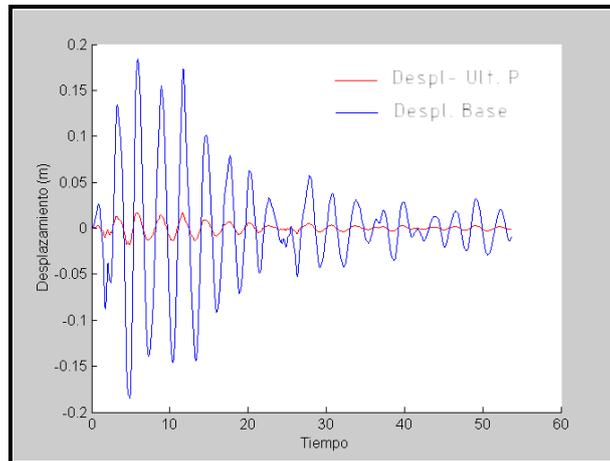


Figura 5.28 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.32 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	-0.1274	0.1837	0.01679	2.21	2.85

SISMO DE CHILE

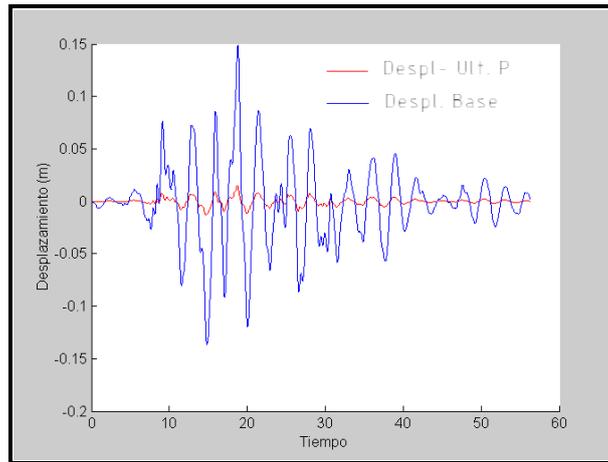


Figura 5.29 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.33 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.1487	0.01523	2.21	2.85

SISMO DE MÉXICO

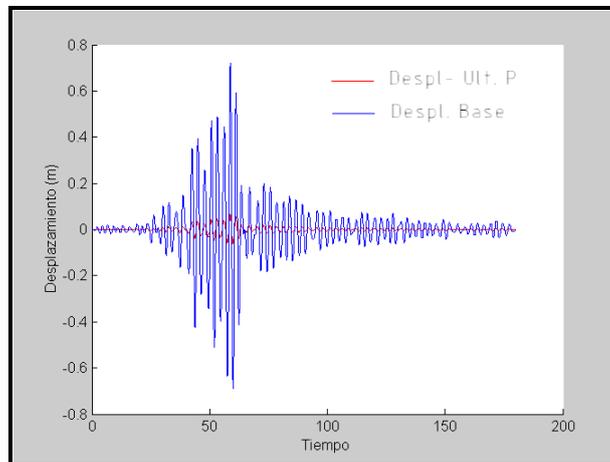


Figura 5.30 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.34 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.719	0.06643	2.21	2.85

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.0382 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9914 & 1.0000 & 0.3125 \\ -1.0000 & 0.6964 & 0.7298 \\ 0.4288 & -0.9034 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 1.2151 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3807 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0361 \end{bmatrix}$$

Wn =

$$\begin{bmatrix} 34.8588 & 0 & 0 \\ 0 & 19.5112 & 0 \\ 0 & 0 & 6.0072 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 12.4657 & -4.2511 & 0.1116 \\ -4.2511 & 9.8718 & -3.8941 \\ 0.1116 & -3.8941 & 5.3360 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb= 0.03

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 65.97

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9924 & 1.0000 & -0.4849 & -0.5290 \\ 1.0000 & 0.0598 & 0.2345 & 0.0819 \\ 0.9903 & 0.1296 & 1.0000 & 0.5249 \\ 0.9927 & 0.1704 & 0.2136 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 5.4797 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0004 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0912 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0169 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 234.0874 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.0853 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 30.2032 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 12.9955 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

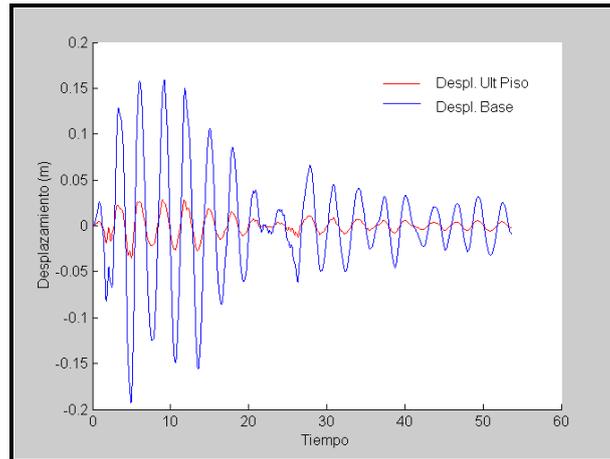


Figura 5.31 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.35 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	-0.1274	0.1587	0.02864	2.09	3.01

SISMO DE CHILE

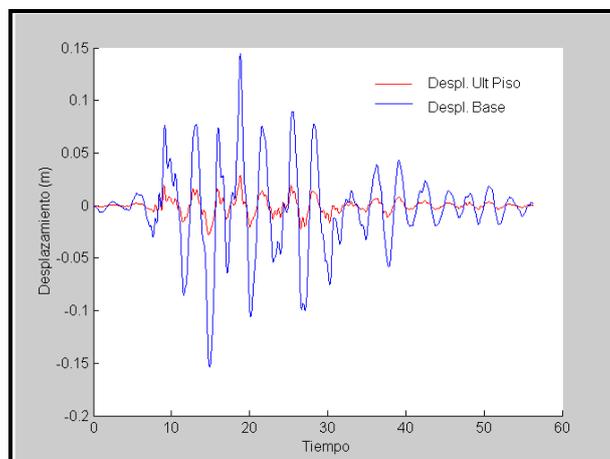


Figura 5.32 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.36 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.1445	0.02885	2.09	3.01

SISMO DE MÉXICO

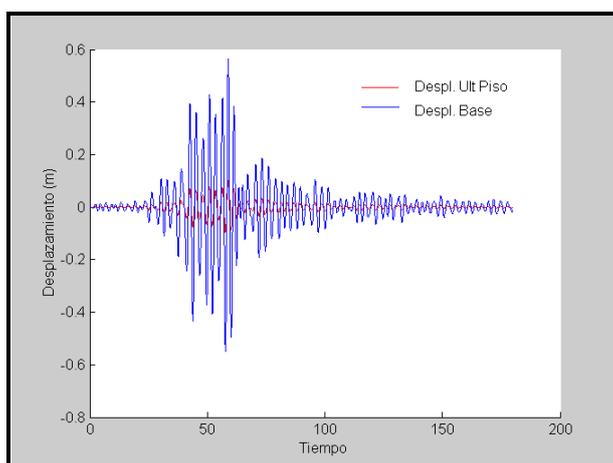


Figura 5.33 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.37 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.5656	0.09994	2.09	3.01

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3202 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3202 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8577 & 0.9082 & 0.7918 & 0.6248 & 0.2600 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3912 & 0.4252 & 1.0000 & 0.6659 & 0.2502 \\ 0.9126 & -0.4738 & -0.8385 & 0.2146 & 0.8387 & 0.4556 \\ -0.6407 & 1.0000 & -0.2149 & -0.8949 & 0.5589 & 0.6613 \\ 0.3283 & -0.8074 & 1.0000 & -0.7467 & -0.1466 & 0.8466 \\ -0.0874 & 0.2696 & -0.5048 & 0.8490 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$D = 1.0e+004 *$$

$$\begin{bmatrix} 3.1451 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.7299 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7436 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2428 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0514 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0048 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

$$C =$$

$$\begin{bmatrix} 33.5946 & -12.8451 & 1.9754 & -0.2755 & 0.0468 & -0.0155 \\ -12.8451 & 25.1198 & -12.0918 & 1.4816 & -0.3485 & 0.0177 \\ 1.9754 & -12.0918 & 22.1401 & -10.9829 & 1.1937 & -0.1535 \\ -0.2755 & 1.4816 & -10.9829 & 19.4486 & -9.4510 & 0.9043 \\ 0.0468 & -0.3485 & 1.1937 & -9.4510 & 15.5278 & -6.0258 \\ -0.0155 & 0.0177 & -0.1535 & 0.9043 & -6.0258 & 6.0311 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa $m_b = 0.0296$

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez $k_b = 65.97$

$$V =$$

$$\begin{bmatrix} 0.9853 & -0.5351 & -0.5401 & -0.5860 & 1.0000 & 0.5339 & -0.4413 \\ -1.0000 & 0.3939 & 0.3293 & 0.2547 & 0.0120 & -0.1242 & 0.0305 \\ -0.9793 & 0.9531 & 0.9582 & 0.8868 & 0.0365 & -0.4981 & 0.1365 \\ -0.9869 & -0.0096 & 0.4301 & 1.0000 & 0.0635 & -0.8991 & 0.3115 \\ -0.9849 & 1.0000 & 0.1668 & 0.3557 & 0.0884 & -1.0000 & 0.5365 \\ -0.9854 & 0.2694 & 1.0000 & 0.0964 & 0.1094 & -0.6458 & 0.7791 \\ -0.9853 & 0.6103 & 0.3603 & 0.9399 & 0.1261 & -0.0304 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$D = 1.0e+005 *$$

$$\begin{bmatrix} 6.2426 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2646 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1218 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0421 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0100 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0016 \end{bmatrix}$$

$$f =$$

$$\begin{bmatrix} 790.0985 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 162.6777 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 00 & 0 & 110.3512 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 64.9042 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.0324 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 31.5724 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.4987 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

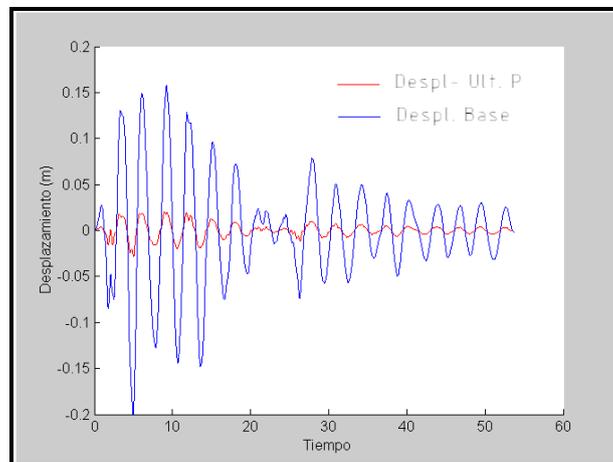


Figura 5.34 Desplazamiento para el sismo de Centro

Tabla 5.38 Valores de desplazamiento para Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	0.1451	0.1575	0.0203	2.03	3.10

SISMO DE CHILE

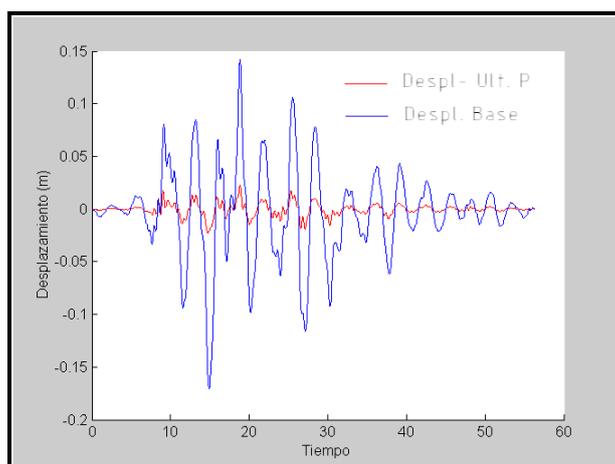


Figura 5.35 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.39 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.1419	0.0223	2.03	3.10

SISMO DE MÉXICO

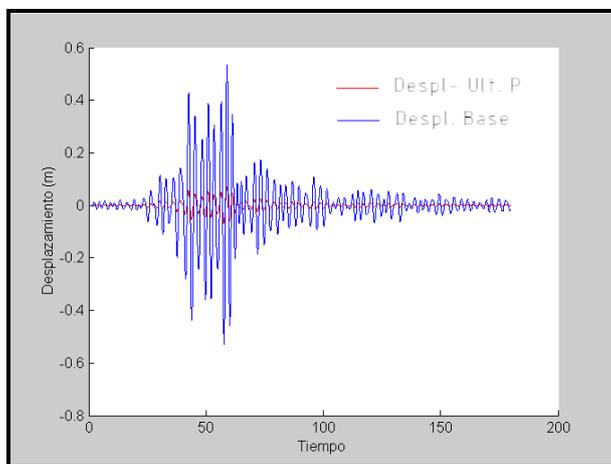


Figura 5.36 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.40 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.5325	0.07018	2.03	3.10

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3202 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3202 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8565 & 0.9062 & 0.7928 & 0.6282 & 0.2601 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3906 & 0.4266 & 1.0000 & 0.6663 & 0.2502 \\ 0.9085 & -0.4734 & -0.8378 & 0.2156 & 0.8395 & 0.4556 \\ -0.6386 & 1.0000 & -0.2146 & -0.8940 & 0.5599 & 0.6612 \\ 0.3271 & -0.8073 & 1.0000 & -0.7474 & -0.1459 & 0.8465 \\ -0.0869 & 0.2689 & -0.5035 & 0.8467 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 1.5727 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8649 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3716 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1214 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0257 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0024 \end{bmatrix}$$

Wn =

$$\begin{bmatrix} 125.4080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 92.9976 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 60.9585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 34.8468 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16.0303 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.9164 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 47.5066 & -18.1585 & 2.7896 & -0.3895 & 0.0665 & -0.0220 \\ -18.1585 & 35.5037 & -17.1003 & 2.1001 & -0.4925 & 0.0250 \\ 2.7896 & -17.1003 & 31.3296 & -15.5399 & 1.6873 & -0.2176 \\ -0.3895 & 2.1001 & -15.5399 & 27.5083 & -13.3654 & 1.2780 \\ 0.0665 & -0.4915 & 1.6873 & -13.3654 & 21.9628 & -8.5252 \\ -0.0220 & 0.0250 & -0.2176 & 1.2780 & -8.5252 & 8.5364 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb= 0.069

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 153.94

$$V = \begin{bmatrix} 0.9830 & -0.5356 & -0.5402 & -0.5854 & 1.0000 & 0.5355 & -0.4473 \\ -1.0000 & 0.3949 & 0.3288 & 0.2519 & 0.0284 & -0.1201 & 0.0256 \\ -0.9759 & 0.9539 & 0.9588 & 0.8835 & 0.0865 & -0.4907 & 0.1244 \\ -0.9849 & -0.0075 & 0.4312 & 1.0000 & 0.1512 & -0.8937 & 0.2957 \\ -0.9825 & 1.0000 & 0.1664 & 0.3567 & 0.2116 & -1.0000 & 0.5224 \\ -0.9831 & 0.2701 & 1.0000 & 0.0955 & 0.2627 & -0.6507 & 0.7713 \\ -0.9830 & 0.6105 & 0.3610 & 0.9379 & 0.3035 & -0.0375 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$D = 1.0e+005 *$$

$$\begin{bmatrix} 2.7013 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1322 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0609 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0211 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0050 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0008 \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} 519.7415 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 114.9992 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 78.0641 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 45.9467 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.1028 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 22.4524 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9.1112 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

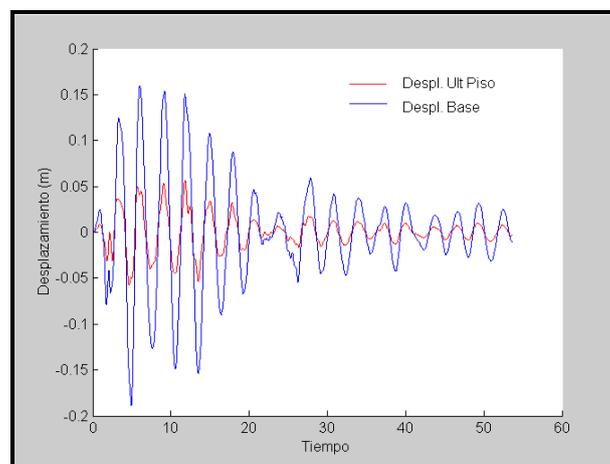


Figura 5.37 Desplazamiento para el sismo de Centro

Tabla 5.41 Valores de desplazamiento para Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	0.1451	0.1598	0.05651	2.10	2.99

SISMO DE CHILE

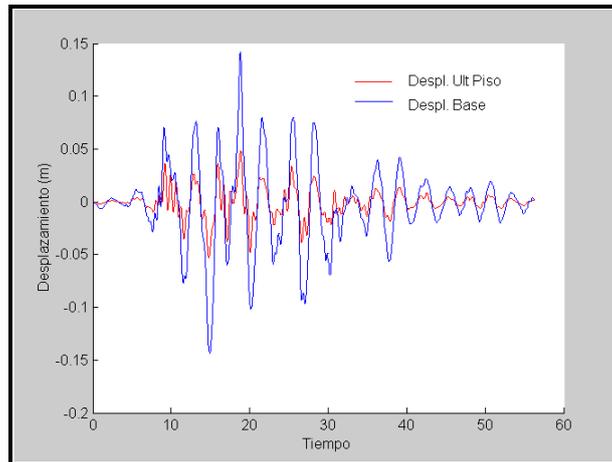


Figura 5.38 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.42 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.142	0.04847	2.10	2.99

SISMO DE MÉXICO

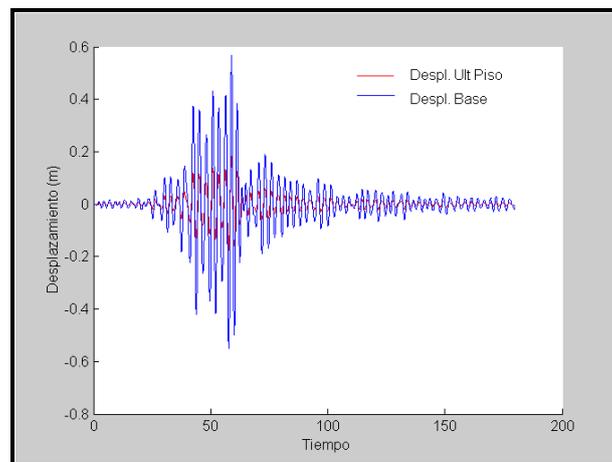


Figura 5.39 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.43 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.5667	0.1816	2.10	2.99

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL = 1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4852	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	-0.3005
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 3.33

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 3.18

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 3.02

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.7173 & 0.8329 & -0.9198 & 0.8344 & -0.7540 & 0.5529 & 0.2895 & 0.1076 & 0.0282 \\ -0.9103 & -0.7767 & 0.3757 & 0.2220 & -0.7747 & 1.0000 & 0.7442 & 0.3431 & 0.1024 \\ 1.0000 & 0.4041 & 0.4774 & -0.8865 & 0.5043 & 0.4331 & 0.8949 & 0.5892 & 0.2088 \\ -0.9734 & 0.1672 & -0.9549 & 0.2532 & 0.8585 & -0.6541 & 0.5115 & 0.7342 & 0.3360 \\ 0.8699 & -0.6996 & 0.6152 & 0.7979 & -0.4448 & -0.9530 & -0.2296 & 0.7001 & 0.4746 \\ -0.6972 & 1.0000 & 0.2755 & -0.7300 & -0.9764 & -0.0641 & -0.8438 & 0.4745 & 0.6153 \\ 0.4876 & -0.9736 & -1.0000 & -0.4153 & 0.3779 & 0.9400 & -0.8550 & 0.0738 & 0.7515 \\ -0.2646 & 0.6303 & 0.9397 & 1.0000 & 1.0000 & 0.6659 & -0.1275 & -0.4459 & 0.8797 \\ 0.0740 & -0.1921 & -0.3339 & -0.4532 & -0.6586 & -0.8166 & 1.0000 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.5937 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.1946 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7627 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4176 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1955 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0760 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0215 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0040 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0003 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 82.6172 & -32.3478 & 5.6493 & -0.7629 & 0.2526 & -0.0405 & 0.0153 & 0.0013 & 0.0038 \\ -32.3478 & 61.2756 & -31.0004 & 4.7299 & -0.9243 & 0.2183 & -0.0284 & 0.0221 & 0.0112 \\ 5.6493 & -31.0004 & 55.2668 & -29.4055 & 4.2936 & -0.8055 & 0.1994 & -0.0158 & 0.0339 \\ -0.7629 & 4.7299 & -29.4055 & 51.3188 & -27.7452 & 4.0174 & -0.6836 & 0.1740 & 0.0319 \\ 0.2526 & -0.9243 & 4.2936 & -27.7452 & 48.3887 & -25.9356 & 3.5645 & -0.7780 & 0.2422 \\ -0.0405 & 0.2183 & -0.8055 & 4.0174 & -25.9356 & 44.5942 & -24.1877 & 3.2210 & -0.1030 \\ 0.0153 & -0.0284 & 0.1994 & -0.6836 & 3.5645 & -24.1877 & 40.9014 & -22.1827 & 3.1811 \\ 0.0013 & 0.0221 & -0.0158 & 0.1740 & -0.7780 & 3.2210 & -22.1827 & 33.7341 & -13.5550 \\ 0.0038 & 0.0112 & 0.0339 & 0.0319 & 0.2422 & -0.1030 & 3.1811 & -13.5550 & 10.6470 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.05$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 105.56$

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9783 & 0.4335 & 0.4942 & -0.5374 & 0.5377 & -0.5562 & 0.5241 & 1.0000 & -0.4026 & 0.5202 \\ 1.0000 & -0.3454 & -0.3664 & 0.3514 & -0.2889 & 0.2235 & -0.1330 & 0.0071 & 0.0132 & -0.0646 \\ 0.9688 & -0.7323 & -0.8617 & 0.9440 & -0.8902 & 0.7770 & -0.5098 & 0.0247 & 0.0574 & -0.2644 \\ 0.9811 & 0.0402 & -0.0767 & 0.3564 & -0.7150 & 1.0000 & -0.8951 & 0.0487 & 0.1342 & -0.5535 \\ 0.9775 & -1.0000 & -0.7136 & 0.2600 & -0.1258 & 0.5510 & -0.9721 & 0.0760 & 0.2428 & -0.8353 \\ 0.9785 & 0.1450 & -0.6050 & 0.9770 & -0.4316 & 0.0764 & -0.6515 & 0.1042 & 0.3783 & -1.0000 \\ 0.9782 & -0.9422 & -0.0929 & 0.4240 & -1.000 & 0.3043 & -0.2019 & 0.1317 & 0.5304 & -0.9798 \\ 0.9783 & -0.0540 & -1.0000 & 0.1742 & -0.5432 & 0.9337 & -0.0299 & 0.1573 & 0.6894 & -0.7472 \\ 0.9783 & -0.6473 & -0.1283 & 1.0000 & -0.0669 & 0.9609 & -0.3563 & 0.1808 & 0.8477 & -0.3444 \\ 0.9783 & -0.3725 & -0.6114 & 0.3559 & -0.7927 & 0.1892 & -1.0000 & 0.2026 & 1.0000 & 0.1248 \end{bmatrix}$$

D = $1.0e+006$ *

$$\begin{bmatrix} 1.9358 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1491 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1025 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0589 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0285 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0115 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0034 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0001 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0007 \end{bmatrix}$$

f =

1.0e+003 *

1.3913	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.3861	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.3202	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.2427	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.1688	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.1073	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0586	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0020	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0095	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0273

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

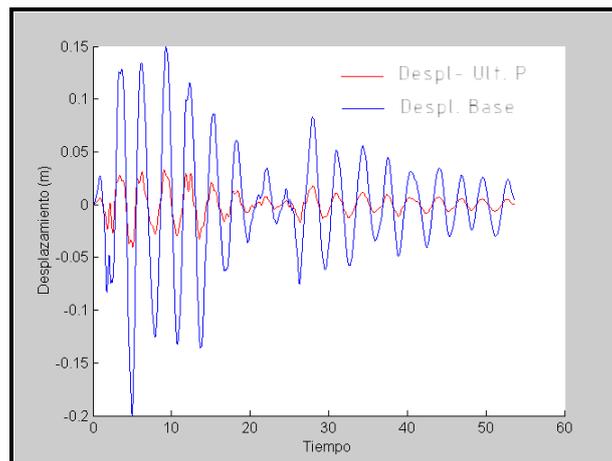


Figura 5.40 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.44 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.1493	0.03278	2.00	3.14

SISMO DE CHILE

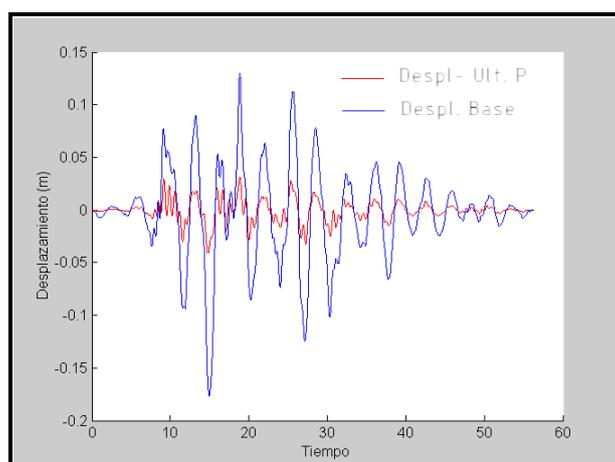


Figura 5.41 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.45 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.1296	0.03156	2.00	3.14

SISMO DE MÉXICO

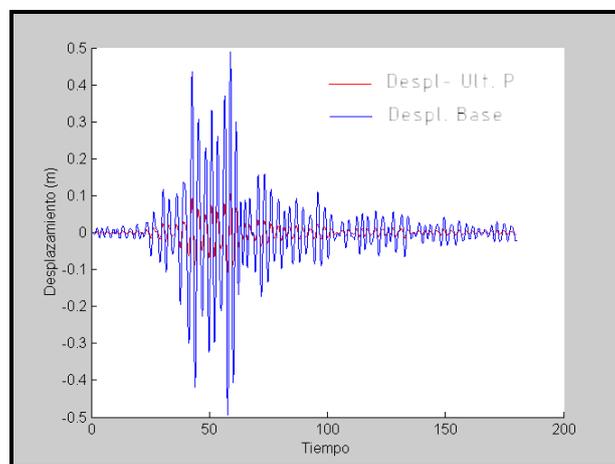


Figura 5.42 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.46 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	-0.2150	0.4881	0.1049	2.00	3.14

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(SIN CONSIDERAR LA CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4852	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	-0.3005
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 6.66

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 6.35

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 6.05

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.7190 & 0.8349 & -0.9164 & 0.8361 & -0.7538 & 0.5528 & 0.2897 & 0.1077 & 0.0282 \\ -0.9136 & -0.7794 & 0.3746 & 0.2230 & -0.7752 & 1.0000 & 0.7451 & 0.3433 & 0.1024 \\ 1.0000 & 0.4033 & 0.4759 & -0.8873 & 0.5024 & 0.4334 & 0.8962 & 0.5896 & 0.2088 \\ -0.9749 & 0.1690 & -0.9531 & 0.2546 & 0.8576 & -0.6540 & 0.5127 & 0.7348 & 0.3360 \\ 0.8728 & -0.7033 & 0.6148 & 0.7997 & -0.4433 & -0.9537 & -0.2294 & 0.7008 & 0.4745 \\ -0.6965 & 1.0000 & 0.2756 & -0.7293 & -0.9755 & -0.0654 & -0.8447 & 0.4753 & 0.6152 \\ 0.4879 & -0.9749 & -1.0000 & -0.4151 & 0.3776 & 0.9394 & -0.8564 & 0.0745 & 0.7514 \\ -0.2647 & 0.6311 & 0.9395 & 1.0000 & 1.0000 & 0.6668 & -0.1285 & -0.4455 & 0.8796 \\ 0.0738 & -0.1919 & -0.3330 & -0.4521 & -0.6568 & -0.8146 & 1.0000 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 7.9688 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.9726 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.8137 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.0871 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9774 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3800 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1075 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0016 \end{bmatrix}$$

$W_n =$

282.2905	0	0	0	0	0	0	0	0
0	244.3896	0	0	0	0	0	0	0
0	0	195.2868	0	0	0	0	0	0
0	0	0	144.4666	0	0	0	0	0
0	0	0	0	98.8616	0	0	0	0
0	0	0	0	0	61.6467	0	0	0
0	0	0	0	0	0	32.7900	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14.1360	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3.9855

Matriz de amortiguamiento

$C =$

116.8309	-45.7316	7.9807	-1.0785	0.3579	-0.0571	0.0216	0.0018	0.0053
-45.7316	86.6146	-43.8412	6.6996	-1.3064	0.3086	-0.0405	0.0311	0.0159
7.9807	-43.8412	78.1959	-41.6029	6.0723	-1.1401	0.2813	-0.0223	0.0482
-1.0785	6.6996	-41.6029	72.5751	-39.2193	5.6707	0.9667	0.2467	0.0453
0.3579	-1.3064	6.0723	-39.2193	68.3984	-36.6790	5.0517	-1.0998	0.3419
-0.0571	0.3086	-1.1401	5.6707	-36.6790	63.0996	-34.2236	4.5530	-0.1458
0.0216	-0.0405	0.2813	-0.9667	5.0517	-34.2236	57.8519	-31.3708	4.4971
0.0018	0.0311	-0.0223	0.2467	-1.0998	4.5530	-31.3708	47.7149	-19.1764
0.0053	0.0159	0.0482	0.0453	0.3419	-0.1458	4.4971	-19.1764	15.0676

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.09$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 211.12$

$V =$

-0.9805	0.4328	0.4940	-0.5375	-0.5380	-0.5564	-0.5260	1.0000	-0.4131	0.5240
1.0000	-0.3432	-0.3645	0.3500	0.2876	0.2222	0.1319	0.0144	0.0114	-0.0631
0.9720	-0.7334	-0.8630	0.9447	0.8899	0.7752	0.5083	0.0505	0.0518	-0.2607
0.9829	0.0412	-0.0775	0.3581	0.7169	1.0000	0.8950	0.1000	0.1249	-0.5490
0.9797	-1.0000	-0.7123	0.2592	0.1261	0.5521	0.9744	0.1565	0.2309	-0.8322
0.9807	-1.0000	-0.7123	0.2592	0.1261	0.5521	0.9744	0.1565	0.3659	-1.0000
0.9807	0.1471	-0.6062	0.9774	0.4300	0.0768	0.6554	0.2152	0.5193	-0.9834
0.9804	-0.9404	-0.0928	0.4256	1.0000	0.3034	0.2058	0.2728	0.6813	-0.7536
0.9805	-0.0536	-1.0000	0.1736	0.5440	0.9335	0.0326	0.03267	1.0000	0.1163

D =

1.0e+006 *

$$\begin{bmatrix} 1.0725 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0746 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0513 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0295 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0142 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0058 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0017 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0004 \end{bmatrix}$$

F = 1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 1.0356 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.2731 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.2264 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1718 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1194 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0759 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0415 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0019 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0070 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0194 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

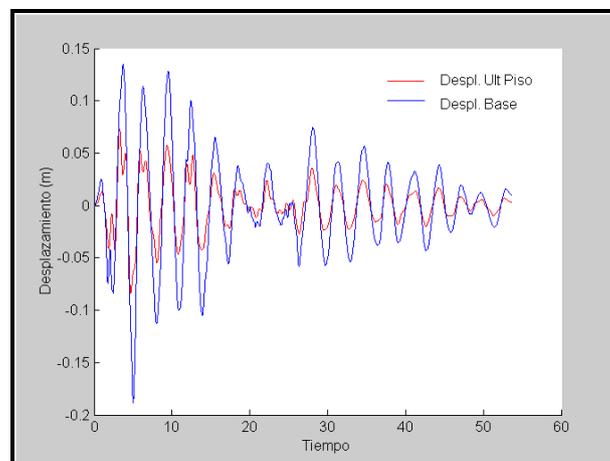


Figura 5.44 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.47 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.1349	0.07268	1.90	3.31

SISMO DE CHILE

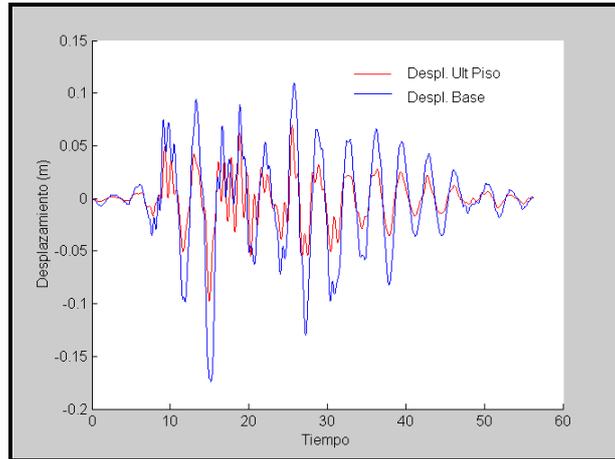


Figura 5.45 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.48 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.1098	0.06925	1.90	3.31

SISMO DE MÉXICO

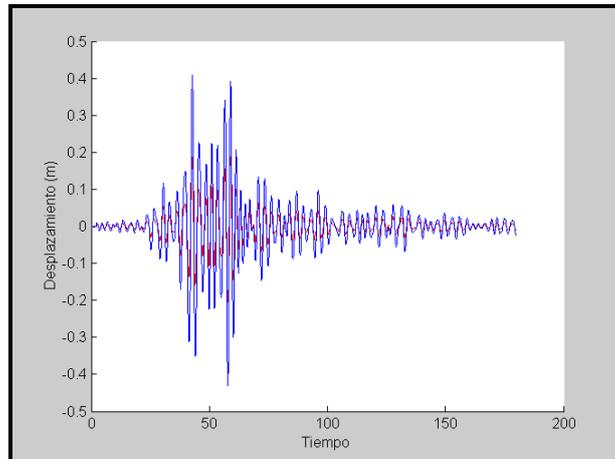


Figura 5.46 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.49 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
México	-0.2150	0.4098	0.1877	1.90	3.31

5.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE DESPLAZAMIENTOS GENERADOS CON PERIODOS DE 2 Y 3 seg. EN ESTRUCTURAS CON Y SIN AISLAMIENTO, SIN CONSIDERAR CIMENTACIÓN.

Para un mejor entendimiento de este análisis de desplazamientos se presentara de una manera muy breve como es que trabajan los aisladores de base en el espectro elástico de diseño. El funcionamiento del aislador en el espectro es que el aislador de base incrementa el periodo fundamental de la estructura, dicho incremento produce una disminución de las aceleraciones en la estructura, por consiguiente también existe una disminución de fuerzas que actúan en la misma.

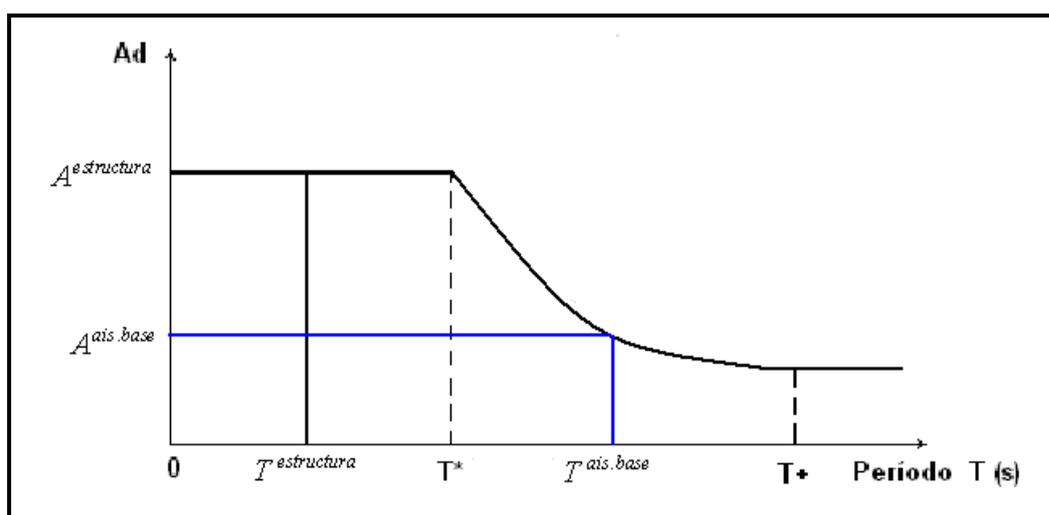


Figura 5.47 Espectro Elástico con 5 % de amortiguamiento y periodos en estructuras sin aisladores

Como consecuencia de lo indicado anteriormente, se tienen mayores desplazamientos en la base del aislador y desplazamiento mínimos en la estructura.

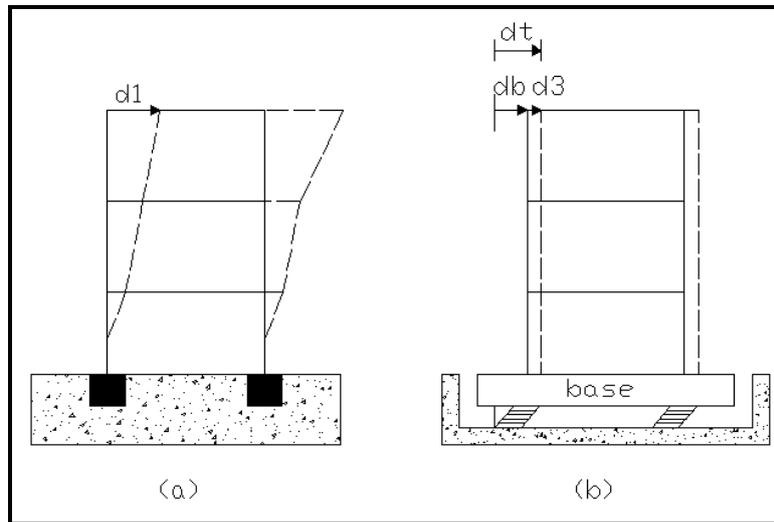


Figura 5.48 Desplazamiento con base empotrada (a), Desplazamiento con aislador de base.

Donde d_1 es el desplazamiento horizontal que sufre la estructura con base empotrada, d_b es el desplazamiento horizontal de la base del aislador, d_3 es el desplazamiento de la estructura con aislador en el último piso, $d_t = d_b + d_3$ es el desplazamiento total de la estructura con aislamiento de base.

Tabla 5.50 Análisis comparativa de desplazamientos generados en los periodos de $T = 2$ seg y $T = 3$ seg con y sin aisladores, pórticos exteriores.

SISMO		DESPLAZAMIENTOS				DESPLAZAMIENTOS		
		T = 2 seg.				T = 3 seg.		
		SIN AISL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR	DESPL.	
	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL		
3 PISOS	Centro	-0,12740	0,11810	0,02636	0,14446	0,18370	0,01679	0,20049
	Chile	0,18250	0,10860	0,02437	0,13297	0,14870	0,01523	0,16393
	México	-0,05400	0,54050	0,11640	0,65690	0,71900	0,06643	0,78543
6 PISOS	Centro	0,14510	0,14510	0,04720	0,19230	0,15750	0,02030	0,17780
	Chile	0,24020	0,09508	0,03251	0,12759	0,14190	0,02230	0,16420
	México	0,11450	0,63540	0,20530	0,84070	0,53250	0,07018	0,60268
9 PISOS	Centro	-0,12570	0,14430	0,09253	0,23683	0,14930	0,03278	0,18208
	Chile	-0,20930	0,08966	0,05402	0,14368	0,12960	0,03156	0,16116
	México	-0,21500	0,62530	0,34580	0,97110	0,48810	0,10490	0,59300

En el caso de la estructura de 3 pisos ante los dos sismos de alta frecuencia como son el de Centro y Chile, se puede observar que los desplazamientos en la base están alrededor de los 11 cm, mientras que los desplazamientos en el ultimo piso están cerca de los 3 cm. El desplazamiento en el último piso es el desplazamiento que sufre la estructura con el aislador, mientras que el desplazamiento sufrido por la estructura con empotramiento es mucho mayor, ya que esta sufre graves daños ante la presencia de un sismo. Este comportamiento no se da para el sismo de México ya que los desplazamientos de la base como el último piso son demasiado grandes.

Como se puede observar el desplazamiento en las estructuras analizadas de 6 y 9 pisos, se puede apreciar un ligero incremento en el desplazamiento con respecto a la estructura de 3 pisos, pero siguen siendo inferiores a los desplazamientos existentes en México, ya que en este sismo la ordenada espectral para el periodo objetivo de 2 seg es máxima.

Tabla 5.51 Análisis comparativa de desplazamientos generados en los periodos de T= 2 seg y T = 3 seg con y sin aisladores, pórticos interiores.

PÓRTICOS INTERIORES								
SISMO		ANÁLISIS PÓRICO PLANO SIN CIMENTACIÓN						
		DESPLAZAMIENTOS				DESPLAZAMIENTOS		
		T = 2 seg.				T = 3 seg.		
		SIN AISL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.
BASE	ULTIMO P.		TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL		
3 PISOS	Centro	-0,12740	0,13460	0,05610	0,19070	0,15870	0,02640	0,18510
	Chile	0,18250	0,08692	0,03932	0,12624	0,14450	0,02885	0,17335
	México	-0,05400	0,62080	0,26790	0,88870	0,56560	0,09994	0,66554
6 PISOS	Centro	0,14510	0,13700	0,11740	0,25440	0,15980	0,05651	0,21631
	Chile	0,24020	0,08156	0,06842	0,14998	0,14200	0,04847	0,19047
	México	0,11450	0,58510	0,43610	1,02120	0,56670	0,18160	0,74830
9 PISOS	Centro	-0,12570	0,08460	0,18000	0,26460	0,13490	0,07268	0,20758
	Chile	-0,20930	0,04998	0,16410	0,21408	0,10980	0,06925	0,17905
	México	-0,21500	0,45400	0,94390	1,39790	0,40980	0,18770	0,59750

En el caso de la estructura de 3 pisos ante los dos sismos de alta frecuencia como son el de Centro y Chile, se puede observar que el desplazamiento en la base para el sismo de Centro está alrededor de los 14 cm y 6 cm en el ultimo piso, mientras que el desplazamiento para el sismo de Chile en la base de 9 cm y de 4 cm en el último piso. El desplazamiento en el último piso es el desplazamiento que sufre la estructura con el aislador, mientras que el desplazamiento sufrido por la estructura con empotramiento es mucho mayor, ya que esta sufre graves daños ante la presencia de un sismo. Este comportamiento no se da para el sismo de México ya que los desplazamientos de la base como el último piso son demasiado grandes.

Como se puede observar el desplazamiento en las estructuras analizadas de 6 y 9 pisos, se puede apreciar un ligero incremento en el desplazamiento con respecto a la estructura de 3 pisos, pero siguen siendo inferiores a los desplazamientos existentes en México, ya que en este sismo la ordenada espectral para el periodo objetivo de 2 seg es máxima.

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 2 seg

>> zeda

zeda = [0.0500 0.0500 0.0500]

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, código =0. Con inercias agrietadas, código =1

Ingrese código de inercias: 0

Matriz de rigidez lateral:

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.0382 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9911 & 1.0000 & 0.3126 \\ -1.0000 & 0.6954 & 0.7299 \\ 0.4299 & -0.9050 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 2.4307 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7620 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0723 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 8.8145 & -3.0061 & 0.0792 \\ -3.0061 & 6.9795 & -2.7523 \\ 0.0792 & -2.7523 & 3.7695 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa $m_b = 0.19$

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez $k_b = 82.47$

$V =$

$$\begin{bmatrix} -0.9064 & 0.5045 & 1.0000 & -0.5290 \\ 1.0000 & -0.3061 & 0.0732 & 0.0959 \\ 0.8725 & -1.0000 & 0.1589 & 0.5383 \\ 0.9138 & -0.2333 & 0.2091 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$D =$

$1.0e+003$

$$\begin{bmatrix} 9.8385 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.7427 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0104 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3260 \end{bmatrix}$$

$F =$

$$\begin{bmatrix} 99.1894 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 41.7455 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.2239 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 18.0568 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de $\zeta = 0.1$

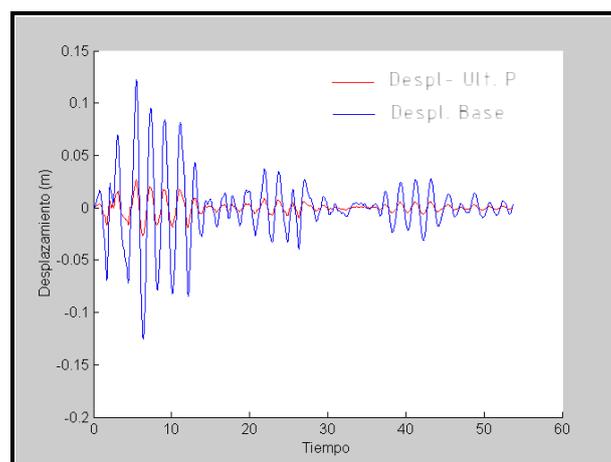


Figura 5.49 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.52 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	0.1274	0.1219	0.02675	3.2239	1.9489

SISMO DE CHILE

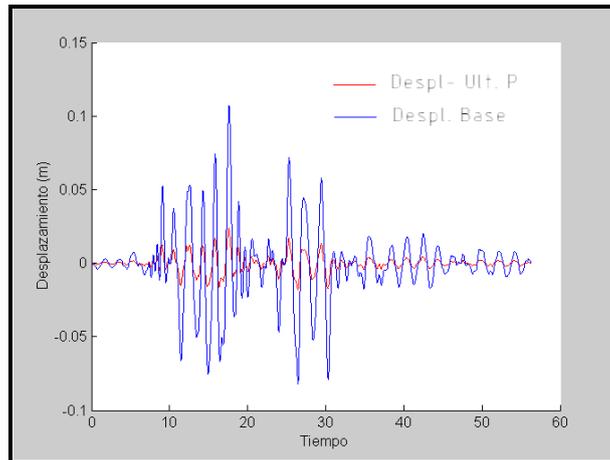


Figura 5.50 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.53 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.107	0.02363	3.2239	1.9489

SISMO DE MÉXICO

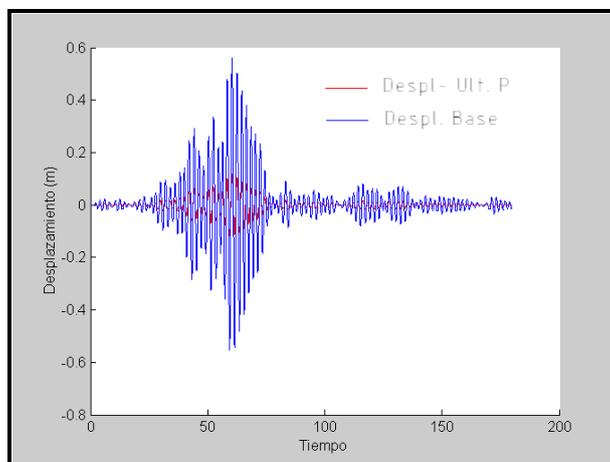


Figura 5.51 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.54 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.562	0.1184	3.2239	1.9489

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

$$T = 2\text{seg}$$

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.8912 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9914 & 1.0000 & 0.3125 \\ -1.0000 & 0.6964 & 0.7298 \\ 0.4288 & -0.9034 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D = 1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 1.2151 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3807 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0361 \end{bmatrix}$$

f =

$$\begin{bmatrix} 34.8588 & 0 & 0 \\ 0 & 19.5112 & 0 \\ 0 & 0 & 6.0072 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 12.4657 & -4.2511 & 0.1116 \\ -4.2511 & 9.8718 & -3.8941 \\ 0.1116 & -3.8941 & 5.3360 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb= 0.05

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 160.81

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9880 & 1.0000 & -0.4795 & -0.5262 \\ 1.0000 & 0.1467 & 0.2165 & 0.0505 \\ 0.9847 & 0.3212 & 1.0000 & 0.4950 \\ 0.9885 & 0.4247 & 0.2076 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D = 1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 3.4966 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0009 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0922 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0182 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 186.9925 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3.0273 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 30.3621 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 13.4813 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

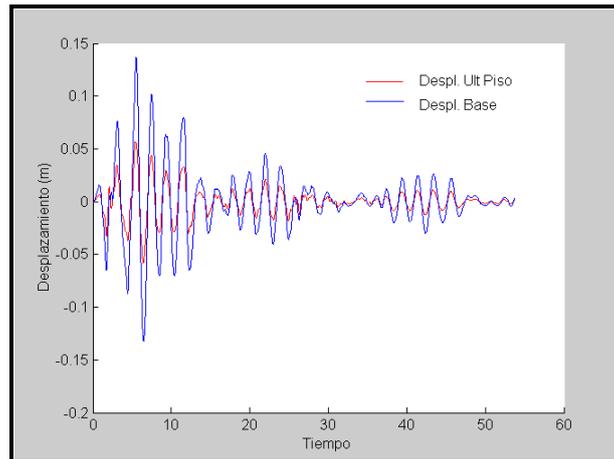


Figura 5.52 Desplazamiento para el sismo de Centro

Tabla 5.55 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	0.1274	0.1367	0.05681	3.03	2.07

SISMO DE CHILE

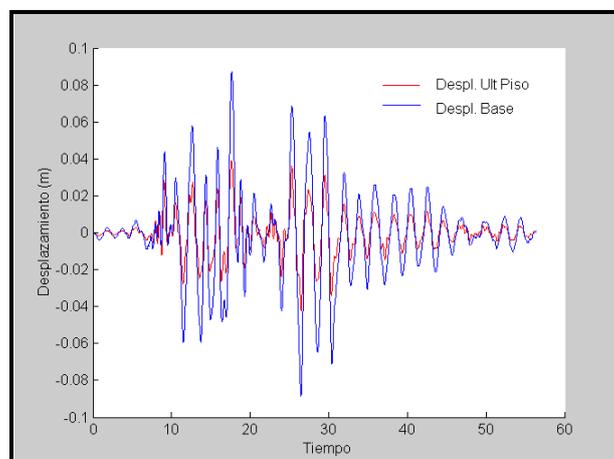


Figura 5.53 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.56 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.0871	0.03911	3.03	2.07

SISMO DE MÉXICO

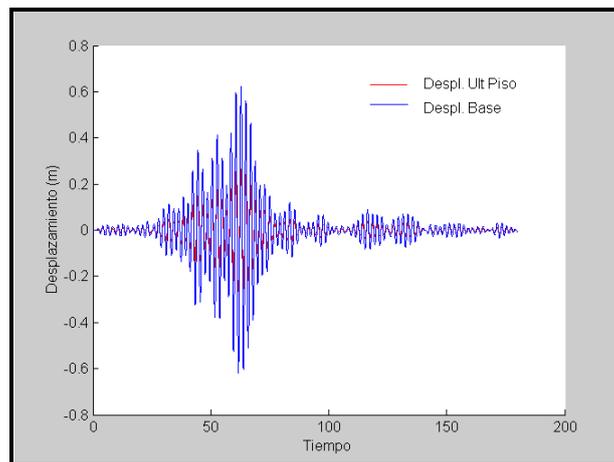


Figura 5.54 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.57 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.6234	0.2665	3.03	2.07

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 2seg

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3202 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3202 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8577 & 0.9082 & 0.7918 & 0.6284 & 0.2600 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3912 & 0.4252 & 1.0000 & 0.6659 & 0.2502 \\ 0.9126 & -0.4738 & -0.8385 & 0.2146 & 0.8387 & 0.4556 \\ -0.6407 & 1.0000 & -0.2149 & -0.8949 & 0.5589 & 0.6613 \\ 0.3283 & -0.8074 & 1.0000 & -0.7467 & -0.1466 & 0.8466 \\ -0.0874 & 0.2696 & -0.5048 & 0.8490 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 3.1451 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.7299 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7436 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2428 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0514 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0048 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 20.1568 & -7.7070 & 1.1852 & -0.1653 & 0.0281 & -0.0093 \\ -7.7070 & 15.0719 & -7.2551 & 0.8890 & -0.2091 & 0.0106 \\ 1.1852 & -7.2551 & 13.2841 & -6.5897 & 0.7162 & -0.0921 \\ -0.1653 & 0.8890 & -6.5897 & 11.6692 & -5.6706 & 0.5426 \\ 0.0281 & -0.2091 & 0.7162 & -5.6706 & 9.3167 & -3.6155 \\ -0.0093 & 0.0106 & -0.0921 & 0.5426 & -3.6155 & 3.6187 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.42$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 160.81$

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8104 & -0.5513 & -0.5355 & -0.5924 & 0.5283 & -1.0000 & -0.4437 \\ -1.0000 & 0.5527 & 0.4225 & 0.3128 & -0.1375 & -0.0290 & 0.0287 \\ -0.6991 & 0.8522 & 0.9522 & 0.9549 & -0.5225 & -0.0885 & 0.1312 \\ -0.8642 & 0.0696 & 0.3645 & 1.0000 & -0.9170 & -0.1546 & 0.3058 \\ -0.7870 & 1.0000 & 0.1998 & 0.3172 & -1.0000 & -0.2164 & 0.5314 \\ -0.8192 & 0.2829 & 1.0000 & 0.0888 & -0.6304 & -0.2687 & 0.7763 \\ -0.8085 & 0.6290 & 0.3474 & 0.9729 & -0.0079 & -0.3104 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 6.1127 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.4799 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.1318 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3960 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0956 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0009 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0160 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 247.2393 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 157.4758 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 106.3853 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 62.9309 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 30.9238 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.0023 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.6649 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

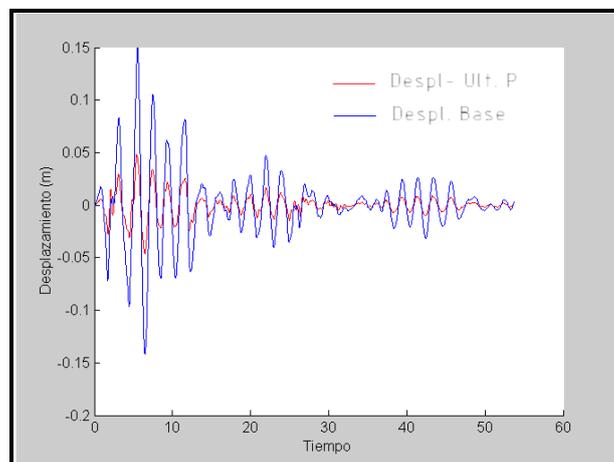


Figura 5.55 Desplazamiento para Centro

Tabla 5.58 Valores de desplazamiento para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	0.1451	0.1497	0.0485	3.0023	2.09

SISMO DE CHILE

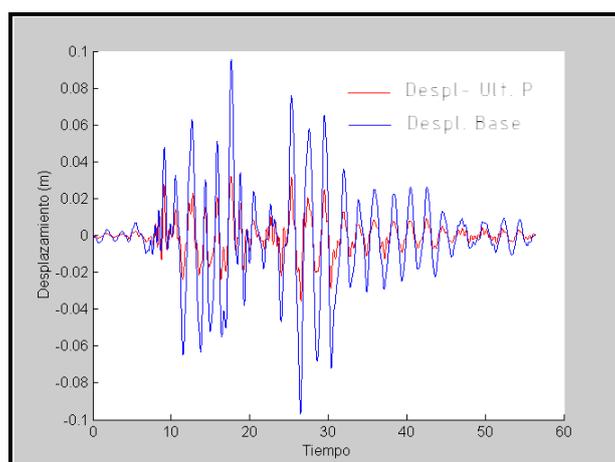


Figura 5.56 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.59 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.09535	0.0319	3.0023	2.09

SISMO DE MÉXICO

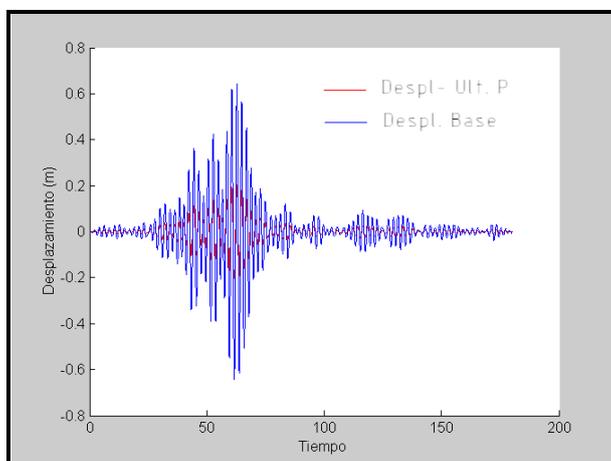


Figura 5.57 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.60 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.6423	0.2037	3.0023	2.09

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

$$T = 2\text{seg}$$

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3203 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3203 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8565 & 0.9082 & 0.7928 & 0.6282 & 0.2601 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3906 & 0.4266 & 1.0000 & 0.6663 & 0.2502 \\ 0.9085 & -0.4734 & -0.8378 & 0.2156 & 0.8395 & 0.4556 \\ -0.6386 & 1.0000 & -0.2146 & -0.8940 & 0.5599 & 0.6612 \\ 0.3271 & -0.8073 & 1.0000 & -0.7474 & -0.1459 & 0.8465 \\ -0.0869 & 0.2689 & -0.5035 & 0.8467 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 1.5727 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8649 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3716 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1214 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0257 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0024 \end{bmatrix}$$

Wn =

$$\begin{bmatrix} 125.4080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 92.9976 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 60.9585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 34.8468 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16.0303 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.9164 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 47.5066 & -18.1585 & 2.7896 & -0.3895 & 0.0665 & -0.0220 \\ -18.1585 & 35.5037 & -17.1003 & 2.1001 & -0.4925 & 0.0250 \\ 2.7896 & -17.1003 & 31.3296 & -15.5399 & 1.6873 & -0.2176 \\ -0.3895 & 2.1001 & -15.5399 & 27.5083 & -13.3654 & 1.2780 \\ 0.0665 & -0.4925 & 1.6873 & -13.3654 & 21.9628 & -8.5252 \\ -0.0220 & 0.0250 & -0.2176 & 1.2780 & -8.5252 & 8.5364 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb= 0.0994

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 346.36

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9758 & -0.5362 & 0.5402 & 0.5847 & 0.5380 & -1.0000 & -0.4542 \\ -1.0000 & 0.3983 & -0.3287 & -0.2469 & -0.1115 & -0.0652 & 0.0145 \\ -0.9656 & 0.9520 & -0.9588 & -0.8777 & -0.4751 & -0.2005 & 0.0970 \\ -0.9787 & -0.0055 & -0.4313 & -1.0000 & -0.8824 & -0.3530 & 0.2598 \\ -0.9751 & 1.0000 & -0.1663 & -0.3595 & -1.0000 & -0.4971 & 0.4905 \\ -0.9760 & 0.2708 & -1.0000 & -0.0954 & -0.6503 & -0.6208 & 0.7537 \\ -0.9758 & 0.6111 & -0.3610 & -0.9353 & -0.0487 & -0.7201 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.9174 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1321 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0609 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0212 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0052 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0001 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0009 \end{bmatrix}$$

F=

$$\begin{bmatrix} 437.8817 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 114.9333 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 78.0685 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 46.0694 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 22.7481 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.8905 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9.6839 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

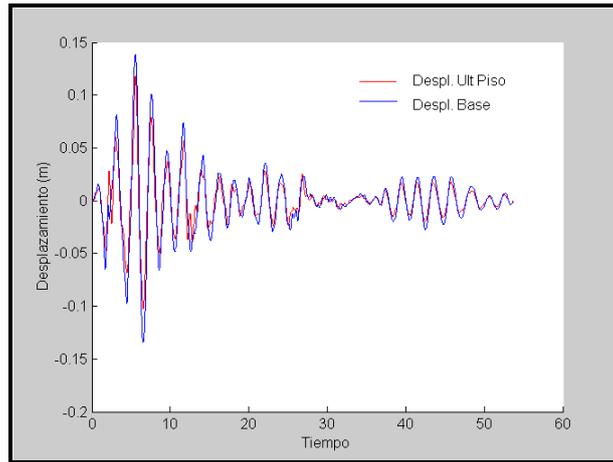


Figura 5.58 Desplazamiento para Centro

Tabla 5.61 Valores de desplazamiento para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	0.1451	0.1387	0.1183	2.89	2.17

SISMO DE CHILE

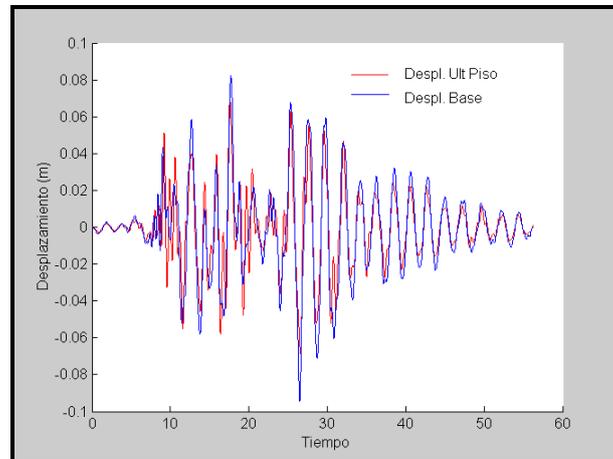


Figura 5.59 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.62 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Chile	0.2402	0.08207	0.06964	2.89	2.17

SISMO DE MÉXICO

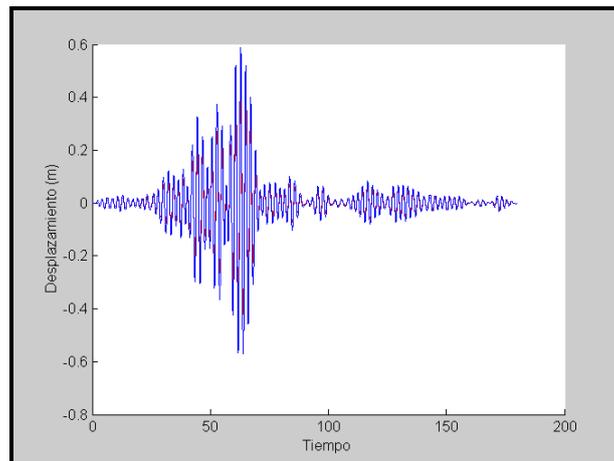


Figura 5.60 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.63 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.5869	0.4342	2.89	2.17

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 2 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4852	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	-0.3005
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 3.33

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 3.18

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 3.02

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 2.1

V =

0.7173	0.8329	-0.9198	0.8344	-0.7540	0.5529	0.2895	0.1076	0.0282
-0.9103	-0.7767	0.3757	0.2220	-0.7747	1.0000	0.7442	0.3431	0.1024
1.0000	0.4041	0.4774	-0.8865	0.5043	0.4331	0.8949	0.5892	0.2088
-0.9734	0.1672	-0.9549	0.2532	0.8585	-0.6541	0.5115	0.7342	0.3360
0.8699	-0.6996	0.6152	0.7979	-0.4448	-0.9530	-0.2296	0.7001	0.4746
-0.6972	1.0000	0.2755	-0.7300	-0.9764	-0.0641	-0.8438	0.4745	0.6153
0.4876	-0.9736	-1.000	-0.4153	0.3779	0.9400	-0.8550	0.0738	0.7515
-0.2646	0.6303	0.9397	1.0000	1.0000	0.6659	-0.1275	0.4459	0.8797
0.0740	-0.1921	-0.3339	-0.4532	-0.6586	-0.8166	1.0000	-1.0000	1.0000

D=1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.5937 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.1946 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7627 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4176 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1955 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0760 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0215 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0040 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0003 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 82.6172 & -32.3478 & 5.6493 & -0.7629 & 0.2526 & -0.0405 & 0.0153 & 0.0013 & 0.0038 \\ -32.3478 & 61.2756 & -31.0004 & 4.7299 & -0.9243 & 0.2183 & -0.0284 & 0.0221 & 0.0112 \\ 5.6493 & -31.0004 & 55.2668 & -29.4055 & 4.2936 & -0.8055 & 0.1994 & -0.0158 & 0.0339 \\ -0.7629 & 4.7299 & -29.4055 & 51.3188 & -27.7452 & 4.0174 & -0.6836 & 0.1740 & 0.0319 \\ 0.2526 & -0.9243 & 4.2936 & -27.7452 & 48.3887 & -25.9356 & 3.5645 & -0.7780 & 0.2422 \\ -0.0405 & 0.2183 & -0.8055 & 4.0174 & -25.9356 & 44.5942 & -24.1877 & 3.2210 & -0.1030 \\ 0.0153 & -0.0284 & 0.1994 & -0.6836 & 3.5645 & -24.1877 & 40.9014 & -22.1827 & 3.1811 \\ 0.0013 & 0.0221 & -0.0158 & 0.1749 & -0.7780 & 3.2210 & -22.1827 & 33.7341 & -13.5550 \\ 0.0038 & 0.0112 & 0.0339 & 0.0319 & 0.2422 & -0.1030 & 3.1811 & -13.5550 & 10.6470 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb= 0.74

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 263.89

V =

$$\begin{bmatrix} -0.7243 & 0.5033 & 0.5115 & -0.5255 & -0.5154 & -0.5454 & -0.5003 & 1.0000 & -0.4117 & 0.5080 \\ 1.0000 & -0.6287 & -0.5740 & 0.4968 & 0.3787 & 0.2816 & 0.1515 & 0.0177 & 0.0116 & -0.0691 \\ 0.5301 & -0.5917 & -0.7615 & 0.9168 & 0.9242 & 0.8537 & 0.54118 & 0.0623 & 0.0526 & -0.2753 \\ 0.8472 & -0.2001 & -0.0929 & 0.2409 & 0.6135 & 1.00000 & 0.9104 & 0.1234 & .01262 & -0.5667 \\ 0.6485 & -0.9594 & -0.8248 & 0.3338 & 0.0679 & 0.4786 & 0.9510 & 0.1934 & 0.2326 & -0.8444 \\ 0.7707 & 0.0211 & -0.5091 & 0.9817 & 0.4712 & 0.0210 & 0.6019 & 0.2663 & 0.3677 & -1.000 \\ 0.6970 & -1.0000 & -0.1824 & 0.3440 & 1.0000 & 0.3120 & 0.1474 & 0.3379 & 0.5209 & -0.9696 \\ 0.7391 & -0.1144 & -1.0000 & 0.1944 & 0.4828 & 0.9679 & -0.0093 & 0.4050 & 0.6825 & -0.7289 \\ 0.7174 & -0.7284 & -0.1369 & 1.0000 & 0.0304 & 0.9663 & 0.3381 & 0.4668 & 0.8442 & -0.3214 \\ 0.7260 & -0.4383 & -0.6346 & 0.3332 & 0.7880 & 0.1466 & 1.0000 & 0.5242 & 1.000 & 0.1505 \end{bmatrix}$$

$D = 1.0e+005 *$

2.1953	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1.4236	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.9526	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.5434	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.2641	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.1078	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0325	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0001	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0010	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0072

$F =$

468.5447	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	377.3009	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	308.6342	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	233.1153	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	162.5023	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	103.8192	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	57.0224	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	2.9131	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	9.8048	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.8267

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

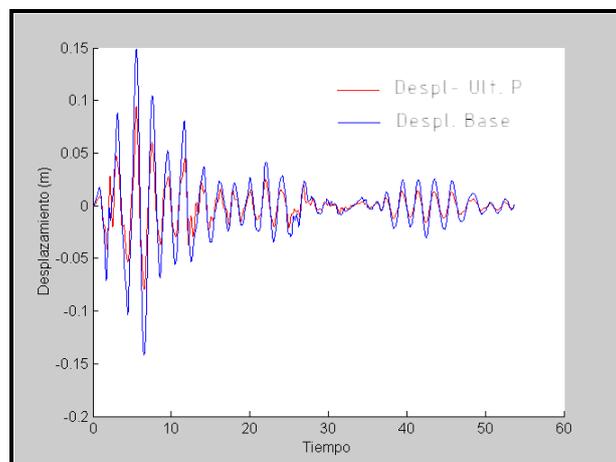


Figura 5.61 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.64 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.1488	0.09409	2.9131	2.16

SISMO DE CHILE

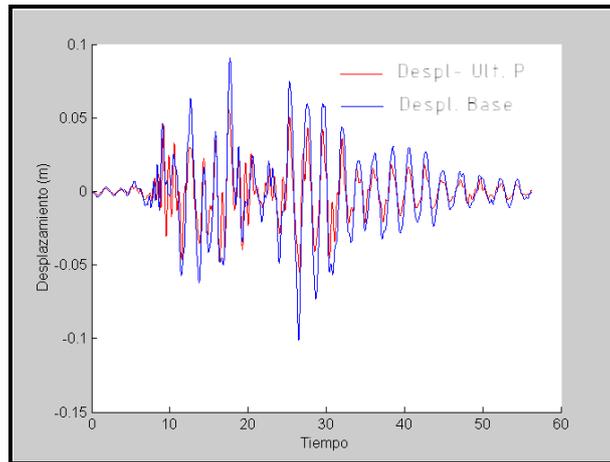


Figura 5.62 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.65 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.09083	0.05554	2.9131	2.16

SISMO DE MÉXICO

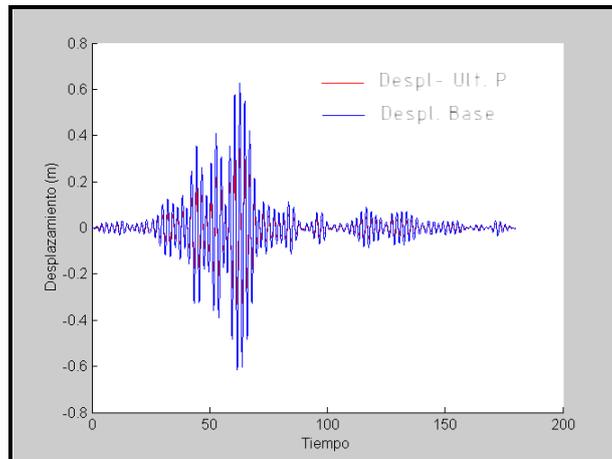


Figura 5.63 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.66 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	-0.2150	0.6274	0.3408	2.9131	2.16

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 2 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4851	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	-0.3005
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 6.66

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 6.35

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 6.05

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.7190 & 0.8349 & -0.9164 & 0.8361 & -0.7538 & 0.5528 & 0.2897 & 0.1077 & 0.0282 \\ -0.9136 & -0.7794 & 0.3746 & 0.2230 & -0.7752 & 1.0000 & 0.7451 & 0.3433 & 0.1024 \\ 1.0000 & 0.4033 & 0.4759 & -0.8873 & 0.5024 & 0.4334 & 0.8962 & 0.5896 & 0.2088 \\ -0.9749 & 0.1690 & -0.9531 & 0.2546 & 0.8576 & -0.6540 & 0.5127 & 0.7348 & 0.3360 \\ 0.8728 & -0.7033 & 0.6148 & 0.7997 & -0.4433 & -0.9537 & -0.2294 & 0.7008 & 0.4745 \\ -0.6965 & 1.0000 & 0.2756 & -0.7293 & -0.9755 & -0.0654 & -0.8447 & 0.4753 & 0.6152 \\ 0.4879 & -0.9749 & -1.0000 & -0.4151 & 0.3776 & 0.9394 & -0.8564 & 0.0745 & 0.7514 \\ -0.2647 & 0.6311 & 0.9395 & 1.0000 & 1.0000 & 0.6668 & -0.1285 & -0.4455 & 0.8796 \\ 0.0738 & -0.1919 & -0.3330 & -0.4521 & -0.6568 & -0.8146 & 1.0000 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 7.9688 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.9726 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.8137 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.0871 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9774 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3800 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1075 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0016 \end{bmatrix}$$

$W_n =$

282.2905	0	0	0	0	0	0	0	0
0	244.3896	0	0	0	0	0	0	0
0	0	195.2868	0	0	0	0	0	0
0	0	0	144.4666	0	0	0	0	0
0	0	0	0	98.8616	0	0	0	0
0	0	0	0	0	61.6467	0	0	0
0	0	0	0	0	0	32.7900	0	0
0	0	0	0	0	0	0	14.1360	0
0	0	0	0	0	0	0	0	3.9855

Matriz de amortiguamiento

$C =$

116.8309	-45.7316	7.9807	-1.0785	0.3579	-0.0571	0.0216	0.0018	0.0053
-45.7316	86.6146	-43.8412	6.6996	-1.3064	0.3086	-0.0405	0.0311	0.0159
7.9807	-43.8412	78.1959	-41.6029	6.0723	-1.1401	0.2813	-0.0223	0.0482
-1.0785	6.6996	-41.6029	72.5751	-39.2193	5.6707	-0.9667	0.2467	0.0453
0.3579	-1.3064	6.0723	-39.2193	68.3984	-36.6790	5.0517	-1.0998	0.3419
-0.0571	0.3086	-1.1401	5.6707	-36.6790	63.0996	-34.2236	4.5530	-0.1458
0.0216	-0.0405	0.2813	-0.9667	5.0517	-34.2236	57.8519	-31.3708	4.4971
0.0018	0.0311	-0.0223	0.2467	-1.0998	4.5530	-31.3708	47.7149	-19.1764
0.053	0.0159	0.0482	0.0453	0.3419	-0.1458	4.4971	-19.1764	15.0676

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.26$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 923.63$

$V =$

-0.9449	0.4439	0.4991	-0.5384	0.5368	-0.5561	0.5302	-0.5428	0.4606	0.4370
1.0000	-0.3759	-0.3905	-0.3678	-0.2966	0.2243	-0.1280	0.0537	0.0313	0.0017
0.9191	-0.7238	-0.8553	0.9442	-0.8940	0.7780	-0.5013	0.2376	0.1114	0.0115
0.9537	0.0136	-0.0829	0.3477	-0.7083	1.0000	-0.8914	0.5207	0.2236	-0.0565
0.9419	-1.0000	-0.7272	0.2701	-0.1221	0.5497	-0.9782	0.8116	0.3543	0.1436
0.9459	0.1299	-0.5982	0.9788	-0.4347	0.0751	-0.6649	0.9971	0.4932	-0.2740
0.9445	-0.9492	-0.1080	0.4195	-1.0000	0.3039	-0.2159	1.0000	0.6315	-0.4370
0.9450	-0.0649	-1.0000	0.1796	-0.5393	0.9346	-0.0394	0.7847	0.7632	-0.6205
0.9448	-0.6578	-0.1347	1.0000	-0.0654	0.9619	-0.3603	0.3903	0.8857	-0.8120
0.9449	-0.3830	-0.6158	0.3572	-0.7922	0.1889	-1.0000	-0.0759	1.0000	-1.0000

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 3.9838 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7426 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.5089 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2924 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1415 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0575 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0174 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0040 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0001 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0007 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 631.1709 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 272.5130 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 225.5859 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 171.0068 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 118.9468 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 75.7974 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 41.7264 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 20.0952 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.0830 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8.4455 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislación, Valor de seda 0.1

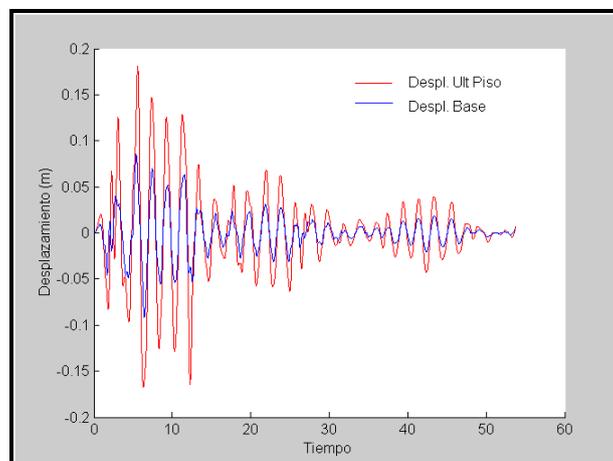


Figura 5.64 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.67 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.08612	0.1806	3.08	2.04

SISMO DE CHILE

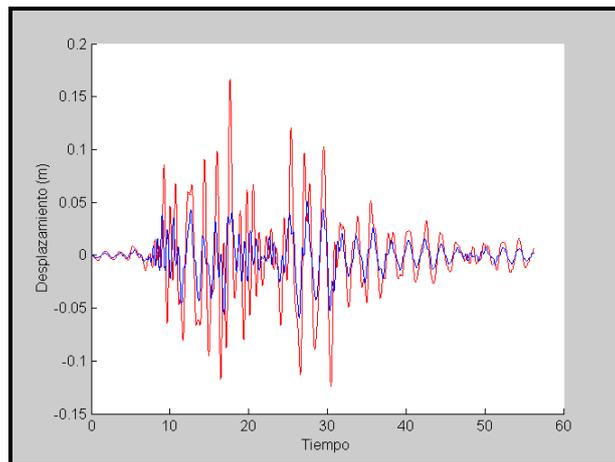


Figura 5.65 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.68 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.05088	0.1666	3.08	2.04

SISMO DE MÉXICO

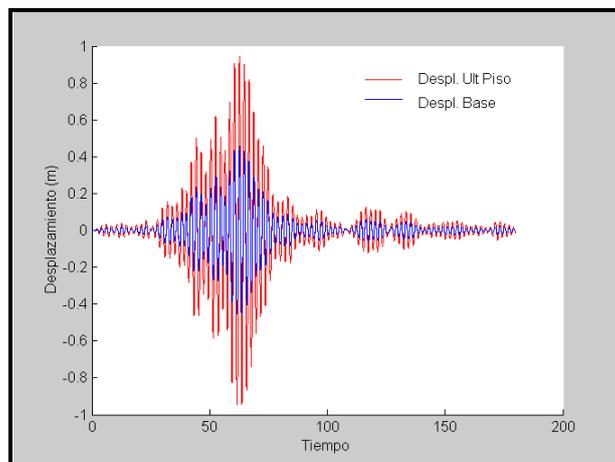


Figura 5.66 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.69 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
México	-0.2150	0.4574	0.9436	3.08	2.04

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.0382 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9911 & 1.0000 & 0.3126 \\ -1.0000 & 0.6954 & 0.7299 \\ 0.4299 & -0.9050 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 2.4307 & 0 & 0 \\ 0 & 0.7620 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0723 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 8.8145 & -3.0061 & 0.0792 \\ -3.0061 & 6.9795 & -2.7523 \\ 0.0792 & -2.7523 & 3.7695 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa $m_b = 0.18$

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez $k_b = 35.19$

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9089 & 0.5064 & 1.0000 & -0.5284 \\ 1.0000 & -0.3134 & 0.0311 & 0.1104 \\ 0.8763 & -1.0000 & 0.0671 & 0.5518 \\ 0.9169 & -0.2351 & 0.0880 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 1.0084 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1734 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0005 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0313 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 100.4197 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 41.6373 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2.1864 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 17.6959 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

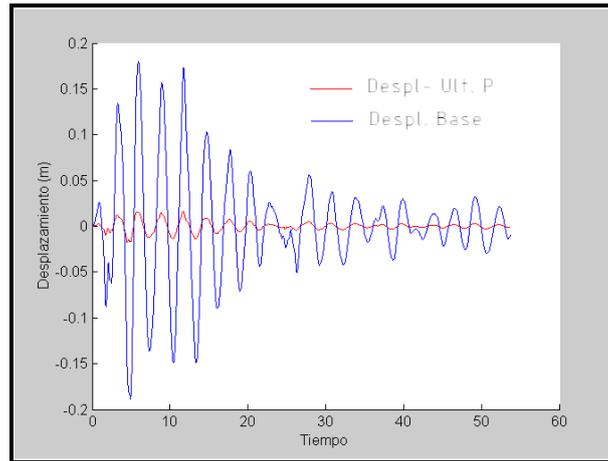


Figura 5.67 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.70 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	-0.1274	0.1802	0.1654	2.1864	2.8737

SISMO DE CHILE

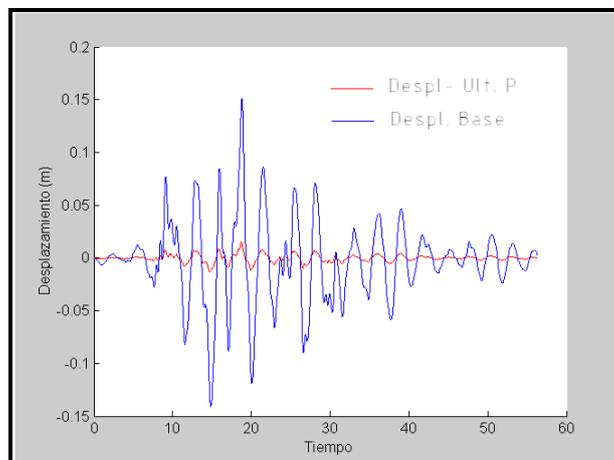


Figura 5.68 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.71 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.1509	0.01531	2.1864	2.8737

SISMO DE MÉXICO

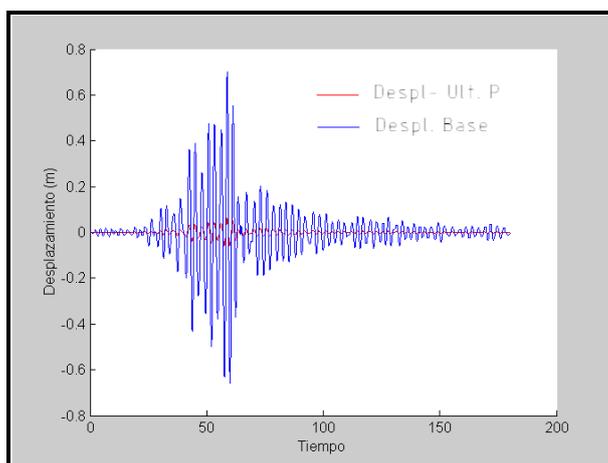


Figura 5.69 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.72 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.699	0.06323	2.1864	2.8737

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 3 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio3pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:16

Numero de pisos:3

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 3.6240 & -2.0382 & 0.4093 \\ -2.0382 & 2.8912 & -1.3539 \\ 0.4093 & -1.3539 & 1.0121 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9914 & 1.0000 & 0.3125 \\ -1.0000 & 0.6964 & 0.7298 \\ 0.4288 & -0.9034 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+003 *

$$\begin{bmatrix} 1.2151 & 0 & 0 \\ 0 & 0.3807 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0361 \end{bmatrix}$$

Wn =

$$\begin{bmatrix} 34.8588 & 0 & 0 \\ 0 & 19.5112 & 0 \\ 0 & 0 & 6.0072 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 12.4657 & -4.2511 & 0.1116 \\ -4.2511 & 9.8718 & -3.8941 \\ 0.1116 & -3.8941 & 5.3360 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.03$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 65.97$

V =

$$\begin{bmatrix} -0.9924 & 1.0000 & -0.4849 & -0.5290 \\ 1.0000 & 0.0598 & 0.2345 & 0.0819 \\ 0.9903 & 0.1296 & 1.0000 & 0.5249 \\ 0.9927 & 0.1704 & 0.2136 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

$1.0e+004 *$

$$\begin{bmatrix} 5.4797 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.0004 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0912 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0169 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 234.0874 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.0853 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 30.2032 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 12.9955 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de $\zeta = 0.1$

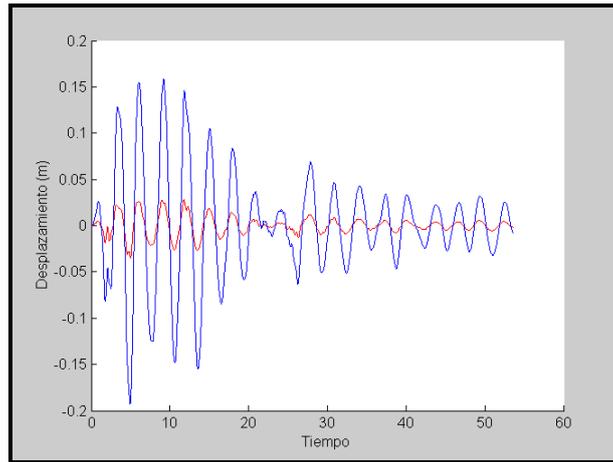


Figura 5.70 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.73 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1274	0.1588	0.02777	2.09	3.01

SISMO DE CHILE

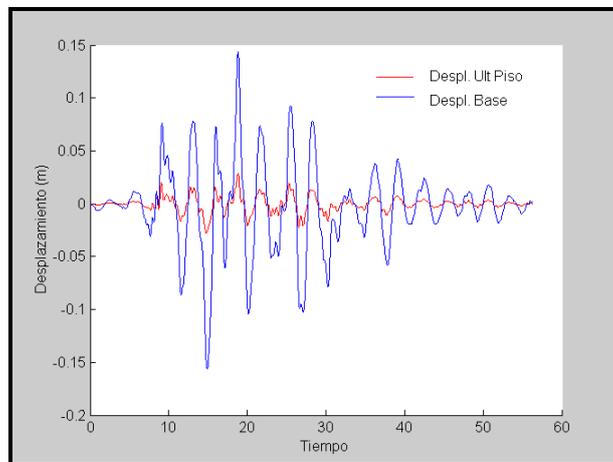


Figura 5.71 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.74 Valores de desplazamientos para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.1825	0.1436	0.02853	2.09	3.01

SISMO DE MÉXICO

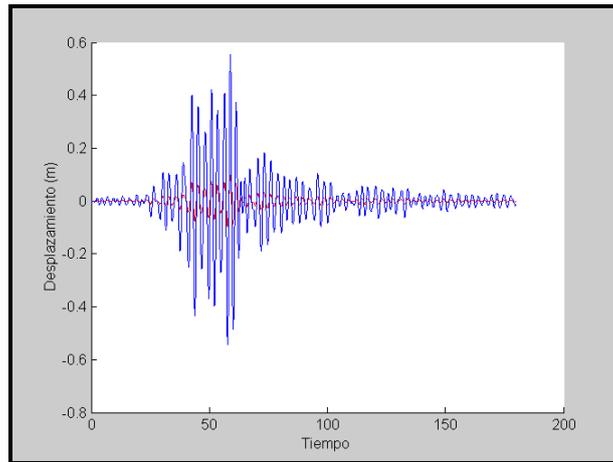


Figura 5.72 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.75 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.0540	0.5551	0.09709	2.09	3.01

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3202 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3202 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8577 & 0.9082 & 0.7918 & 0.6248 & 0.2600 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3912 & 0.4252 & 1.0000 & 0.6659 & 0.2502 \\ 0.9126 & -0.4738 & -0.8385 & 0.2146 & 0.8387 & 0.4556 \\ -0.6407 & 1.0000 & -0.2149 & -0.8949 & 0.5589 & 0.6613 \\ 0.3283 & -0.8074 & 1.0000 & -0.7467 & -0.1466 & 0.8466 \\ -0.0874 & 0.2696 & -0.5048 & 0.8490 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 3.1451 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.7299 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7436 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2428 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0514 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0048 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

$$C = \begin{bmatrix} 33.5946 & -12.8451 & 1.9754 & -0.2755 & 0.0468 & -0.0155 \\ -12.8451 & 25.1198 & -12.0918 & 1.4816 & -0.3485 & 0.0177 \\ 1.9754 & -12.0918 & 22.1401 & -10.9829 & 1.1937 & -0.1535 \\ -0.2755 & 1.4816 & -10.9829 & 19.4486 & -9.4510 & 0.9043 \\ 0.0468 & -0.3485 & 1.1937 & -9.4510 & 15.5278 & -6.0258 \\ -0.0155 & 0.0177 & -0.1535 & 0.9043 & -6.0258 & 6.0311 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislación, Valor de la masa $m_b = 0.40$

Indique la rigidez total del sistema de aislación, Valor de la rigidez $k_b = 65.97$

V =

$$V = \begin{bmatrix} -0.8180 & -0.5512 & 0.5359 & 0.5924 & -1.0000 & 0.5266 & -0.4365 \\ 1.0000 & 0.5467 & -0.4200 & -0.3134 & -0.0117 & -0.1409 & 0.0336 \\ 0.7125 & 0.8568 & -0.9526 & -0.9556 & -0.0356 & -0.5288 & 0.1440 \\ 0.8680 & 0.0674 & -0.3667 & -1.0000 & -0.0620 & -0.9217 & 0.3212 \\ 0.7965 & 1.0000 & -0.1993 & -0.3167 & -0.0864 & -1.0000 & 0.5450 \\ 0.8259 & 0.2834 & -1.0000 & -0.0886 & -0.1069 & -0.6262 & 0.7837 \\ 0.8162 & 0.6287 & -0.3482 & -0.9732 & -0.1232 & -0.0014 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D = $1.0e+004$ *

$$D = \begin{bmatrix} 6.2976 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2.4873 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1.1342 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.3958 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0004 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0946 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0150 \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} 250.9499 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 157.7132 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 106.5010 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 62.9112 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.0107 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 30.7590 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 12.2462 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

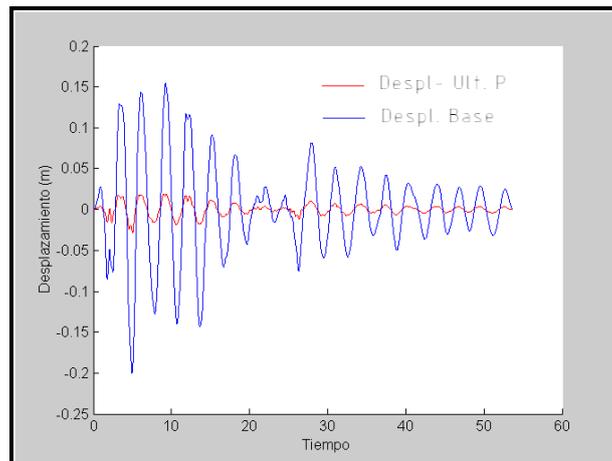


Figura 5.73 Desplazamiento para el sismo de Centro

Tabla 5.76 Valores de desplazamiento para Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	0.1451	0.1548	0.01929	2.0107	3.1249

SISMO DE CHILE

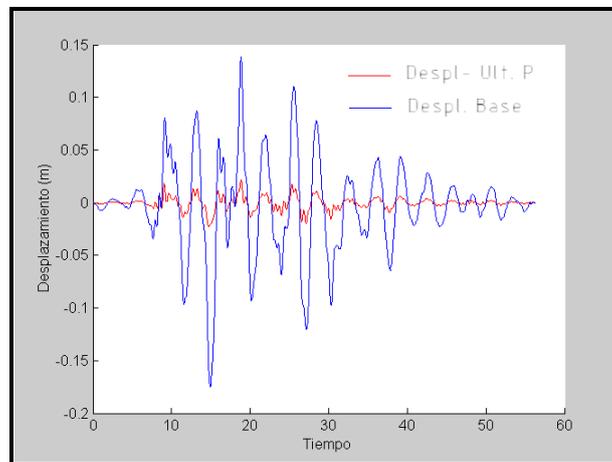


Figura 5.74 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.77 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.1383	0.02148	2.0107	3.1249

SISMO DE MÉXICO

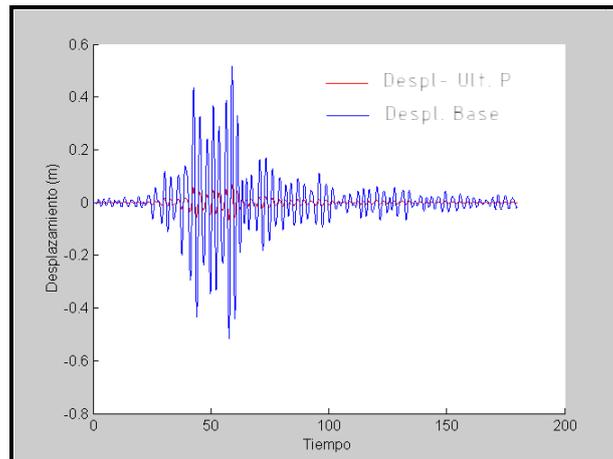


Figura 5.75 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.78 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.5169	0.06673	2.0107	3.1249

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 6 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio6pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:28

Numero de pisos:6

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 4.5546 & -2.7849 & 0.9859 & -0.2112 & 0.0456 & -0.0066 \\ -2.7849 & 3.4755 & -2.3202 & 0.8021 & -0.1732 & 0.0249 \\ 0.9859 & -2.3202 & 2.9729 & -1.9545 & 0.6362 & -0.0916 \\ -0.2112 & 0.8021 & -1.9545 & 2.4481 & -1.4911 & 0.3576 \\ 0.0456 & -0.1732 & 0.6362 & -1.4911 & 1.6164 & -0.6233 \\ -0.0066 & 0.0249 & -0.0916 & 0.3576 & -0.6233 & 0.3374 \end{bmatrix}$$

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 4.21

V =

$$\begin{bmatrix} 0.8565 & 0.9062 & 0.7928 & 0.6282 & 0.2601 & 0.0782 \\ -1.0000 & -0.3906 & 0.4266 & 1.0000 & 0.6663 & 0.2502 \\ 0.9085 & -0.4734 & -0.8378 & 0.2156 & 0.8395 & 0.4556 \\ -0.6386 & 1.0000 & -0.2146 & -0.8940 & 0.5599 & 0.6612 \\ 0.3271 & -0.8073 & 1.0000 & -0.7474 & -0.1459 & 0.8465 \\ -0.0869 & 0.2689 & -0.5035 & 0.8467 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 1.5727 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.8649 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.3716 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.1214 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0257 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0024 \end{bmatrix}$$

$$W_n = \begin{bmatrix} 125.4080 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 92.9976 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 60.9585 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 34.8468 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 16.0303 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4.9164 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 47.5066 & -18.1585 & 2.7896 & -0.3895 & 0.0665 & -0.0220 \\ -18.1585 & 35.5037 & -17.1003 & 2.1001 & -0.4925 & 0.0250 \\ 2.7896 & -17.1003 & 31.3296 & -15.5399 & 1.6873 & -0.2176 \\ -0.3895 & 2.1001 & -15.5399 & 27.5083 & -13.3654 & 1.2780 \\ 0.0665 & -0.4915 & 1.6873 & -13.3654 & 21.9628 & -8.5252 \\ -0.0220 & 0.0250 & -0.2176 & 1.2780 & -8.5252 & 8.5364 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa $m_b = 0.069$

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez $k_b = 153.94$

V =

$$\begin{bmatrix} 0.9830 & -0.5356 & -0.5402 & -0.5854 & 1.0000 & 0.5355 & -0.4473 \\ -1.0000 & 0.3949 & 0.3288 & 0.2519 & 0.0284 & -0.1201 & 0.0256 \\ -0.9759 & 0.9539 & 0.9588 & 0.8835 & 0.0865 & -0.4907 & 0.1244 \\ -0.9849 & -0.0075 & 0.4312 & 1.0000 & 0.1512 & -0.8937 & 0.2957 \\ -0.9825 & 1.0000 & 0.1664 & 0.3567 & 0.2116 & -1.0000 & 0.5224 \\ -0.9831 & 0.2701 & 1.0000 & 0.0955 & 0.2627 & -0.6507 & 0.7713 \\ -0.9830 & 0.6105 & 0.3610 & 0.9379 & 0.3035 & -0.0375 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D = $1.0e+005$ *

$$\begin{bmatrix} 2.7013 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1322 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0609 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.0211 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0050 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0008 \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} 519.7415 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 114.9992 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 78.0641 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 45.9467 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2.1028 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 22.4524 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9.1112 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

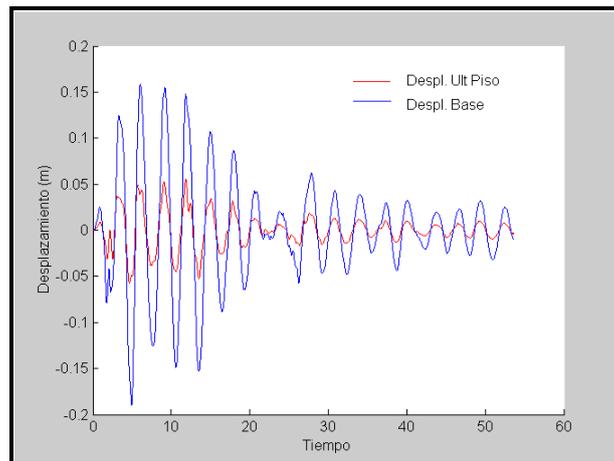


Figura 5.76 Desplazamiento para el sismo de Centro

Tabla 5.79 Valores de desplazamiento para Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	0.1451	0.1582	0.05533	2.10	2.99

SISMO DE CHILE

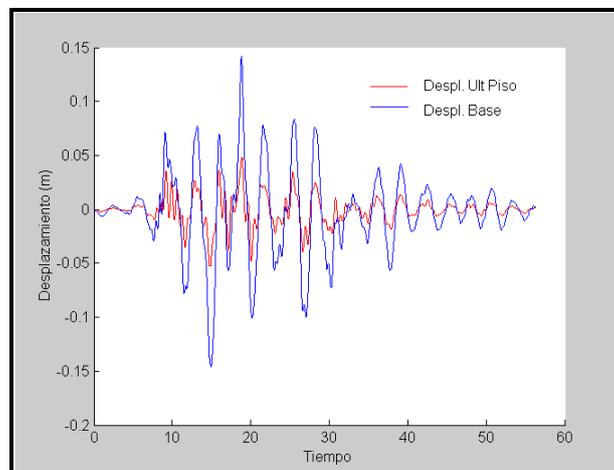


Figura 5.77 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.80 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	0.2402	0.1416	0.04812	2.10	2.99

SISMO DE MÉXICO

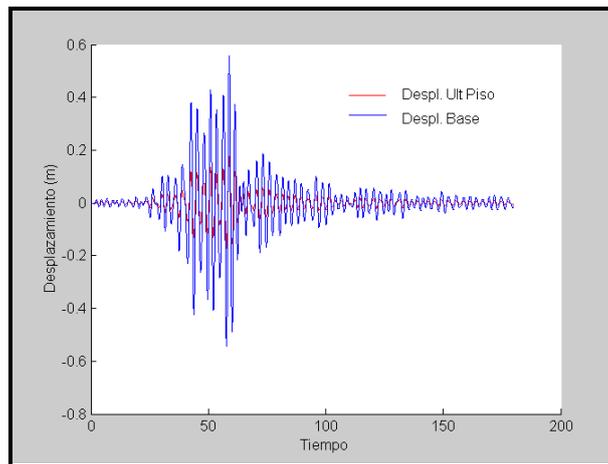


Figura 5.78 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.81 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	0.1145	0.5562	0.1767	2.10	2.99

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS EXTERIORES A – D

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL =

1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4852	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	-0.3005
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 3.33

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 3.18

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 3.02

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 2.87

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 2.72

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 2.56

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 2.41

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 2.26

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 2.1

V =

$$\begin{bmatrix} 0.7173 & 0.8329 & -0.9198 & 0.8344 & -0.7540 & 0.5529 & 0.2895 & 0.1076 & 0.0282 \\ -0.9103 & -0.7767 & 0.3757 & 0.2220 & -0.7747 & 1.0000 & 0.7442 & 0.3431 & 0.1024 \\ 1.0000 & 0.4041 & 0.4774 & -0.8865 & 0.5043 & 0.4331 & 0.8949 & 0.5892 & 0.2088 \\ -0.9734 & 0.1672 & -0.9549 & 0.2532 & 0.8585 & -0.6541 & 0.5115 & 0.7342 & 0.3360 \\ 0.8699 & -0.6996 & 0.6152 & 0.7979 & -0.4448 & -0.9530 & -0.2296 & 0.7001 & 0.4746 \\ -0.6972 & 1.0000 & 0.2755 & -0.7300 & -0.9764 & -0.0641 & -0.8438 & 0.4745 & 0.6153 \\ 0.4876 & -0.9736 & -1.0000 & -0.4153 & 0.3779 & 0.9400 & -0.8550 & 0.0738 & 0.7515 \\ -0.2646 & 0.6303 & 0.9397 & 1.0000 & 1.0000 & 0.6659 & -0.1275 & -0.4459 & 0.8797 \\ 0.0740 & -0.1921 & -0.3339 & -0.4532 & -0.6586 & -0.8166 & 1.0000 & -1.0000 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

D =

1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 1.5937 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.1946 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.7627 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.4176 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1955 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0760 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0215 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0040 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0003 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 82.6172 & -32.3478 & 5.6493 & -0.7629 & 0.2526 & -0.0405 & 0.0153 & 0.0013 & 0.0038 \\ -32.3478 & 61.2756 & -31.0004 & 4.7299 & -0.9243 & 0.2183 & -0.0284 & 0.0221 & 0.0112 \\ 5.6493 & -31.0004 & 55.2668 & -29.4055 & 4.2936 & -0.8055 & 0.1994 & -0.0158 & 0.0339 \\ -0.7629 & 4.7299 & -29.4055 & 51.3188 & -27.7452 & 4.0174 & -0.6836 & 0.1740 & 0.0319 \\ 0.2526 & -0.9243 & 4.2936 & -27.7452 & 48.3887 & -25.9356 & 3.5645 & -0.7780 & 0.2422 \\ -0.0405 & 0.2183 & -0.8055 & 4.0174 & -25.9356 & 44.5942 & -24.1877 & 3.2210 & -0.1030 \\ 0.0153 & -0.0284 & 0.1994 & -0.6836 & 3.5645 & -24.1877 & 40.9014 & -22.1827 & 3.1811 \\ 0.0013 & 0.0221 & -0.0158 & 0.1740 & -0.7780 & 3.2210 & -22.1827 & 33.7341 & -13.5550 \\ 0.0038 & 0.0112 & 0.0339 & 0.0319 & 0.2422 & -0.1030 & 3.1811 & -13.5550 & 10.6470 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb =0.71

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 105.56

V =

$$\begin{bmatrix} -0.7333 & 0.5029 & 0.5121 & -0.5267 & 0.5164 & -0.5457 & 0.4996 & 1.0000 & -0.3960 & 0.5031 \\ 1.0000 & -0.6189 & -0.5668 & 0.4921 & -0.3760 & 0.2803 & -0.1520 & 0.0069 & 0.0142 & -0.0708 \\ 0.5483 & -0.6012 & -0.7669 & 0.9187 & -0.9234 & 0.8521 & -0.5426 & 0.0241 & 0.0603 & -0.2794 \\ 0.8483 & -0.1913 & -0.0937 & 0.2460 & -0.6171 & 1.0000 & -0.9107 & 0.0475 & 0.1390 & -0.5717 \\ 0.6637 & -0.9644 & -0.8213 & 0.3320 & -0.0702 & 0.4803 & -0.9504 & 0.0741 & 0.2488 & -0.8478 \\ 0.7754 & 0.0241 & -0.5141 & 0.9818 & -0.4703 & 0.0224 & -0.6005 & 0.1016 & 0.3846 & -1.0000 \\ 0.7091 & -1.0000 & -0.1809 & 0.3480 & -1.0000 & 0.3120 & -0.1459 & 0.1284 & 0.5360 & -0.9656 \\ 0.7464 & -0.1147 & -1.0000 & 0.1949 & -0.4851 & 0.9671 & 0.0104 & 0.1534 & 0.6935 & -0.7218 \\ 0.7273 & -0.7273 & -0.1388 & 1.0000 & -0.0323 & 0.9662 & -0.3376 & 0.1763 & 0.8499 & -0.3122 \\ 0.7349 & -0.4381 & -0.6346 & 0.3351 & -0.7883 & 0.1477 & -1.0000 & 0.1975 & 1.0000 & 0.1611 \end{bmatrix}$$

D = 1.0e+005 *

$$\begin{bmatrix} 2.2379 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1.4270 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.9555 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.5450 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.2647 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1079 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0325 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0009 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0071 \end{bmatrix}$$

F =

$$\begin{bmatrix} 473.0677 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 377.7580 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 309.1096 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 233.4599 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 162.6959 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 103.882 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 56.9812 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.9627 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 9.3192 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 26.6477 \end{bmatrix}$$

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.01

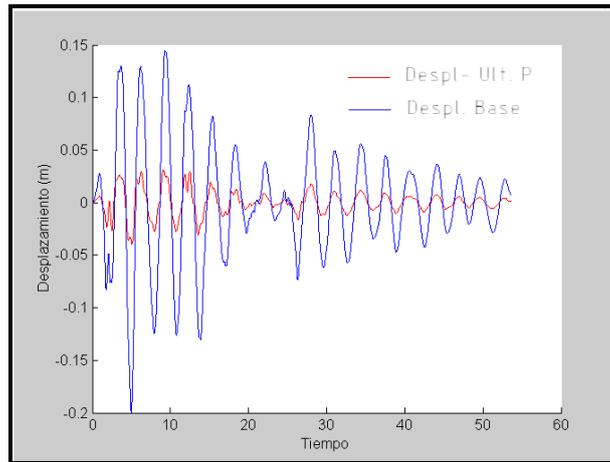


Figura 5.79 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.82 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Centro	-0.1257	0.1446	0.0311	1.9627	3.20

SISMO DE CHILE

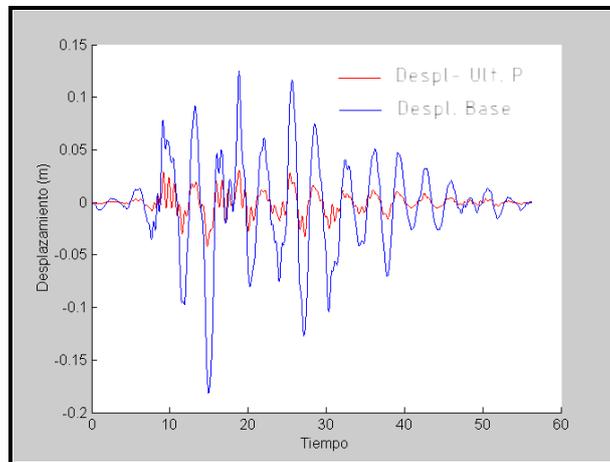


Figura 5.80 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.83 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos		Frecuencia	Periodo	
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base			Ultimo Piso
Chile	-0.2093	0.1246	0.03051	1.9627	3.20

SISMO DE MÉXICO

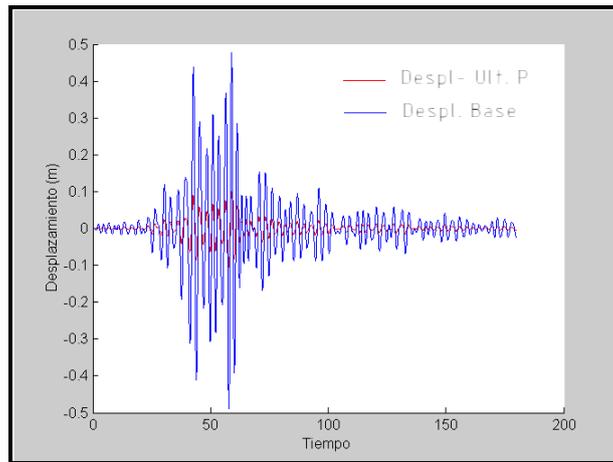


Figura 5.81 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.84 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	-0.2150	0.4757	0.1001	1.9627	3.20

CORRIDA PROGRAMA [FINAL1PRUEBA] PARA EL EDIFICIO DE 9 PISOS

(CONSIDERANDO CIMENTACIÓN)

PÓRTICOS INTERIORES B – C

SISMO DE CENTRO

T = 3 seg.

>> [pee]=final1prueba (ejercicio9pisos3vanos,zeda,CENTRO,0.02)

Numero de nudos:40

Numero de pisos:9

Numero de nudos restringidos:4

Modulo de elasticidad:1738965.21

Calcula con: Inercias gruesas, codigo=0. Con inercias agrietadas, codigo=1

Ingrese codigo de inercias :0

Matriz de rigidez lateral :

KL = 1.0e+005 *

2.3896	-1.4852	0.5671	-0.1383	0.0360	-0.0091	0.0022	-0.0005	0.0001
-1.4852	1.8213	-1.2695	0.4948	-0.1288	0.0324	-0.0078	0.0019	-0.0003
0.5671	-1.2695	1.6315	-1.1565	0.4571	-0.1151	0.0278	-0.0068	0.0011
-0.1383	0.4948	-1.1565	1.5007	-1.0747	0.4217	-0.1018	0.0250	-0.0042
0.0360	-0.1288	0.4571	-1.0747	1.4038	-0.9901	0.3839	-0.0942	0.0157
-0.0091	0.0324	-0.1151	0.4217	-0.9901	1.2773	-0.8986	0.3352	-0.0558
0.0022	-0.0078	0.0278	-0.1018	0.3839	-0.8986	1.1501	-0.7596	0.2044
0.0001	-0.0003	0.0011	-0.0042	0.0157	-0.0558	0.2044	-0.3005	-0.3005
-0.0005	0.0019	-0.0068	0.0250	-0.0942	0.3352	-0.7596	0.7995	0.1395

Indique la masa del piso , 1, Valor de la masa: 6.66

Indique la masa del piso , 2, Valor de la masa: 6.35

Indique la masa del piso , 3, Valor de la masa: 6.05

Indique la masa del piso , 4, Valor de la masa: 5.74

Indique la masa del piso , 5, Valor de la masa: 5.43

Indique la masa del piso , 6, Valor de la masa: 5.13

Indique la masa del piso , 7, Valor de la masa: 4.82

Indique la masa del piso , 8, Valor de la masa: 4.52

Indique la masa del piso , 9, Valor de la masa: 4.21

V =

0.7190	0.8349	-0.9164	0.8361	-0.7538	0.5528	0.2897	0.1077	0.0282
-0.9136	-0.7794	0.3746	0.2230	-0.7752	1.0000	0.7451	0.3433	0.1024
1.0000	0.4033	0.4759	-0.8873	0.5024	0.4334	0.8962	0.5896	0.2088
-0.9749	0.1690	-0.9531	0.2546	0.8576	-0.6540	0.5127	0.7348	0.3360
0.8728	-0.7033	0.6148	0.7997	-0.4433	-0.9537	-0.2294	0.7008	0.4745
-0.6965	1.0000	0.2756	-0.7293	-0.9755	-0.0654	-0.8447	0.4753	0.6152
0.4879	-0.9749	-1.0000	-0.4151	0.3776	0.9394	-0.8564	0.0745	0.7514
-0.2647	0.6311	0.9395	1.0000	1.0000	0.6668	-0.1285	-0.4455	0.8796
0.0738	-0.1919	-0.3330	-0.4521	-0.6568	-0.8146	1.0000	-1.0000	1.0000

D =

1.0e+004 *

$$\begin{bmatrix} 7.9688 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.9726 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3.8137 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2.0871 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.9774 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.3800 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1075 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0200 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0016 \end{bmatrix}$$

Wn =

$$\begin{bmatrix} 282.2905 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 244.3896 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 195.2868 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 144.4666 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 98.8616 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 61.6467 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 32.7900 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 14.1360 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3.9855 \end{bmatrix}$$

Matriz de amortiguamiento

C =

$$\begin{bmatrix} 116.8309 & -45.7316 & 7.9807 & -1.0785 & 0.3579 & -0.0571 & 0.0216 & 0.0018 & 0.0053 \\ -45.7316 & 86.6146 & -43.8412 & 6.6996 & -1.3064 & 0.3086 & -0.0405 & 0.0311 & 0.0159 \\ 7.9807 & -43.8412 & 78.1959 & -41.6029 & 6.0723 & -1.1401 & 0.2813 & -0.0223 & 0.0482 \\ -1.0785 & 6.6996 & -41.6029 & 72.5751 & -39.2193 & 5.6707 & 0.9667 & 0.2467 & 0.0453 \\ 0.3579 & -1.3064 & 6.0723 & -39.2193 & 68.3984 & -36.6790 & 5.0517 & -1.0998 & 0.3419 \\ -0.0571 & 0.3086 & -1.1401 & 5.6707 & -36.6790 & 63.0996 & -34.2236 & 4.5530 & -0.1458 \\ 0.0216 & -0.0405 & 0.2813 & -0.9667 & 5.0517 & -34.2236 & 57.8519 & -31.3708 & 4.4971 \\ 0.0018 & 0.0311 & -0.0223 & 0.2467 & -1.0998 & 4.5530 & -31.3708 & 47.7149 & -19.1764 \\ 0.0053 & 0.0159 & 0.0482 & 0.0453 & 0.3419 & -0.1458 & 4.4971 & -19.1764 & 15.0676 \end{bmatrix}$$

Indique la masa total del sistema de aislacion , Valor de la masa mb= 0.09

Indique la rigidez total del sistema de aislacion , Valor de la rigidez kb= 211.12

V =

-0.9805	0.4328	0.4940	-0.5375	-0.5380	-0.5564	-0.5260	1.0000	-0.4131	0.5240
1.0000	-0.3432	-0.3645	0.3500	0.2876	0.2222	0.1319	0.0144	0.0114	-0.0631
0.9720	-0.7334	-0.8630	0.9447	0.8899	0.7752	0.5083	0.0505	0.0518	-0.2607
0.9829	0.0412	-0.0775	0.3581	0.7169	1.0000	0.8950	0.1000	0.1249	-0.5490
0.9797	-1.0000	-0.7123	0.2592	0.1261	0.5521	0.9744	0.1565	0.2309	-0.8322
0.9807	-1.0000	-0.7123	0.2592	0.1261	0.5521	0.9744	0.1565	0.3659	-1.0000
0.9807	0.1471	-0.6062	0.9774	0.4300	0.0768	0.6554	0.2152	0.5193	-0.9834
0.9804	-0.9404	-0.0928	0.4256	1.0000	0.3034	0.2058	0.2728	0.6813	-0.7536
0.9805	-0.0536	-1.0000	0.1736	0.5440	0.9335	0.0326	0.03267	1.0000	0.1163

D = 1.0e+006 *

1.0725	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.0746	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.0513	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.0295	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.0142	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.0058	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0017	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0004

F = 1.0e+003 *

1.0356	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0.2731	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0.2264	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0.1718	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0.1194	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0.0759	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0.0415	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0.0019	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0.0070	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0194

Indique el factor de amortiguamiento del sistema de aislacion , Valor de seda 0.1

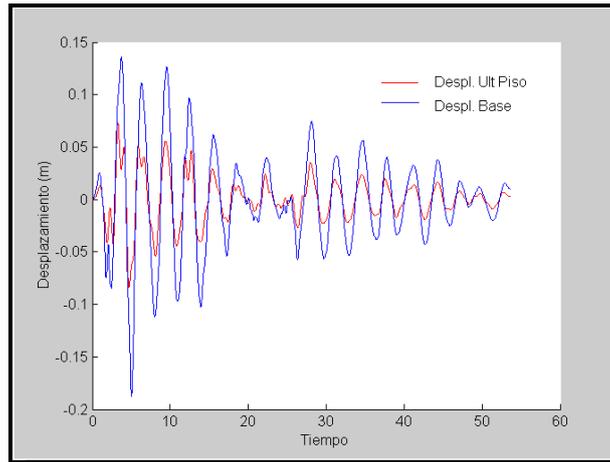


Figura 5.82 Desplazamientos para el sismo de Centro

Tabla 5.85 Valores de desplazamientos para el sismo de Centro

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Centro	-0.1257	0.1361	0.07288	1.90	3.31

SISMO DE CHILE

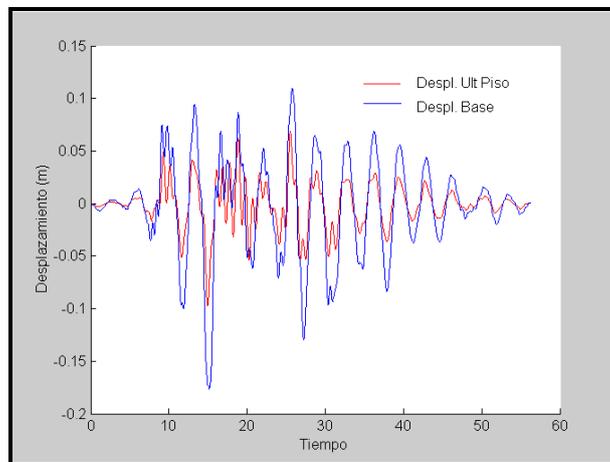


Figura 5.83 Desplazamiento para el sismo de Chile

Tabla 5.86 Valores de desplazamiento para el sismo de Chile

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
Chile	-0.2093	0.1094	0.06904	1.90	3.31

SISMO DE MÉXICO

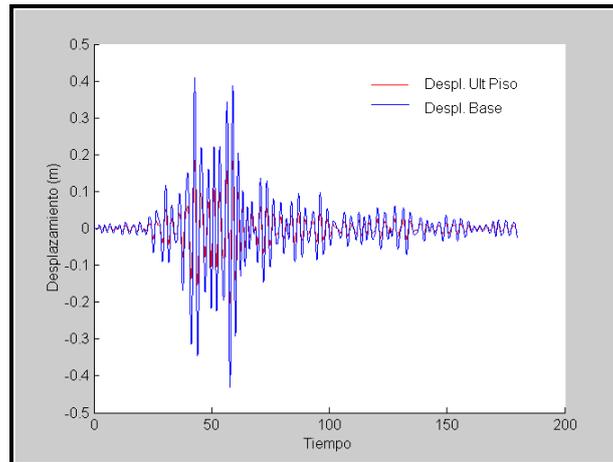


Figura 5.84 Desplazamiento para el sismo de México

Tabla 5.87 Valores de desplazamiento para el sismo de México

Ubicación	Desplazamientos			Frecuencia	Periodo
	Sin Aislador	Con Aislador			
		Base	Ultimo Piso		
México	-0.2150	0.4093	0.1842	1.90	3.31

5.4 ANÁLISIS COMPARATIVO DE DESPLAZAMIENTOS GENERADOS CON PERIODOS DE 2 Y 3 seg. EN ESTRUCTURAS CON Y SIN CIMENTACIÓN.

Tabla 5.88 Análisis comparativa de desplazamientos generados en los periodos de T = 2 seg y T = 3 seg con y sin considerar cimentación, pórticos exteriores

SISMO		ANÁLISIS PÓRTICO PLANO SIN CIMENTACIÓN							ANÁLISIS PÓRTICO PLANO CON CIMENTACIÓN					
		DESPLAZAMIENTOS				DESPLAZAMIENTOS			DESPLAZAMIENTOS			DESPLAZAMIENTOS		
		T = 2 seg.				T = 3 seg.			T = 2 seg.			T = 3 seg.		
		SIN AISL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.
BASE	ULTIMO P.		TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL		
3 PISOS	Centro	-0,12740	0,11810	0,02636	0,14446	0,18370	0,01679	0,20049	0,1219	0,0268	0,1487	0,1802	0,0165	0,1967
	Chile	0,18250	0,10860	0,02437	0,13297	0,14870	0,01523	0,16393	0,1070	0,0236	0,1306	0,1509	0,0153	0,1662
	México	-0,05400	0,54050	0,11640	0,65690	0,71900	0,06643	0,78543	0,5620	0,1184	0,6804	0,6990	0,0632	0,7622
6 PISOS	Centro	0,14510	0,14510	0,04720	0,19230	0,15750	0,02030	0,17780	0,1497	0,0485	0,1982	0,1548	0,0193	0,1741
	Chile	0,24020	0,09508	0,03251	0,12759	0,14190	0,02230	0,16420	0,0954	0,0319	0,1273	0,1383	0,0215	0,1598
	México	0,11450	0,63540	0,20530	0,84070	0,53250	0,07018	0,60268	0,6423	0,2037	0,8460	0,5169	0,0667	0,5836
9 PISOS	Centro	-0,12570	0,14430	0,09253	0,23683	0,14930	0,03278	0,18208	0,1488	0,0941	0,2429	0,1446	0,0311	0,1757
	Chile	-0,20930	0,08966	0,05402	0,14368	0,12960	0,03156	0,16116	0,0908	0,0555	0,1464	0,1246	0,0305	0,1551
	México	-0,21500	0,62530	0,34580	0,97110	0,48810	0,10490	0,59300	0,8759	0,4679	1,3438	0,4757	0,1001	0,5758

Como se puede observar en la tabla los desplazamientos que se producen con y sin cimentación en las estructuras de 3, 6, 9 pisos con periodos objetivos de 2 y 3 segundos, son prácticamente similares en los sismos de Centro y Chile.

La única diferencia notoria se produce en el sismo de México en los desplazamientos totales de la estructura de 9 pisos ante un periodo objetivo de $T = 2\text{seg}$, sin considerar la cimentación dando un valor de 0.97110 m mientras que considerando el peso de la cimentación se incrementan el desplazamiento a 1.3438 m, esto se da el incremento de peso en el sistema de aislamiento por lo que genera este desplazamiento mayor. Pero al observar el desplazamiento total considerando cimentación se observa que este desplazamiento es menor en sin considerar las cimentación, la razón es porque para el periodo de 3 segundos la ordenadas espectral es menor que para 2 segundos.

Tabla 5.89 Análisis comparativa de desplazamientos generados en los periodos de T= 2 seg y T = 3 seg con y sin considerar cimentación, pórticos interiores

PÓRTICOS INTERIORES														
SISMO		ANÁLISIS PÓRTICO PLANO SIN CIMENTACIÓN						ANÁLISIS PÓRTICO PLANO CON CIMENTACIÓN						
		DESPLAZAMIENTOS			DESPLAZAMIENTOS			DESPLAZAMIENTOS			DESPLAZAMIENTOS			
		T = 2 seg.			T = 3 seg.			T = 2 seg.			T = 3 seg.			
		SIN AISL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		
BASE	ULTIMO P.		TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.
3 PISOS	Centro	-0,12740	0,13460	0,05610	0,19070	0,15870	0,02640	0,18510	0,1367	0,0568	0,1935	0,1588	0,0278	0,1866
	Chile	0,18250	0,08692	0,03932	0,12624	0,14450	0,02885	0,17335	0,0871	0,0391	0,1262	0,1436	0,0285	0,1721
	México	-0,05400	0,62080	0,26790	0,88870	0,56560	0,09994	0,66554	0,6234	0,2665	0,8899	0,5551	0,0971	0,6522
6 PISOS	Centro	0,14510	0,13700	0,11740	0,25440	0,15980	0,05651	0,21631	0,1387	0,1183	0,2570	0,1582	0,0553	0,2135
	Chile	0,24020	0,08156	0,06842	0,14998	0,14200	0,04847	0,19047	0,0821	0,0696	0,1517	0,1416	0,0481	0,1897
	México	0,11450	0,58510	0,43610	1,02120	0,56670	0,18160	0,74830	0,5869	0,4342	1,0211	0,5562	0,1767	0,7329
9 PISOS	Centro	-0,12570	0,08460	0,18000	0,26460	0,13490	0,07268	0,20758	0,0861	0,1806	0,2667	0,1361	0,0729	0,2090
	Chile	-0,20930	0,04998	0,16410	0,21408	0,10980	0,06925	0,17905	0,0509	0,1666	0,2175	0,1094	0,0690	0,1784
	México	-0,21500	0,45400	0,94390	1,39790	0,40980	0,18770	0,59750	0,4574	0,9436	1,4010	0,4093	0,1842	0,5935

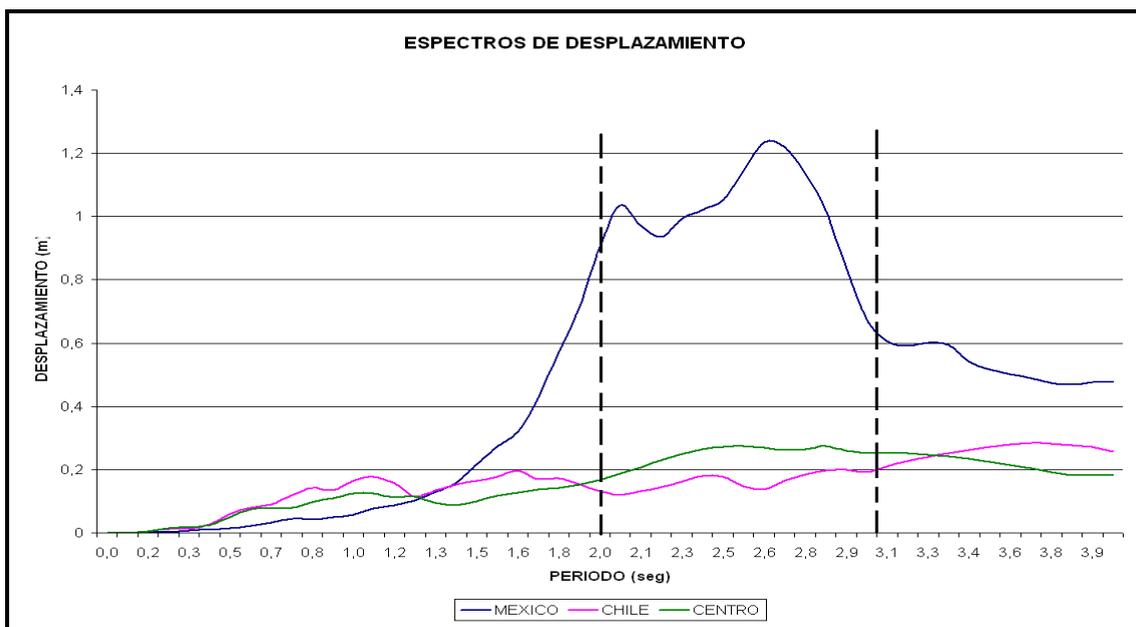
Al observar en la tabla los desplazamientos que se producen con y sin cimentación en las estructuras de 3, 6, 9 pisos con periodos objetivos de 2 y 3 segundos, son prácticamente similares en los tres casos, con una pequeña disminución en los desplazamientos para el periodo de 3 segundos.

5.5 INTERPRETACIÓN GRAFICA DE LOS DESPLAZAMIENTOS DE LOS MODELOS ANALIZADOS.

Al observar el comportamiento del espectro de desplazamiento, se observa que para periodo $T = 2$ seg, tanto para los sismo de Centro y Chile los desplazamientos totales en las estructuras analizadas no superan los 20 cm, mientras que para el sismo de México los desplazamientos son de alrededor de 1 m; por lo que se concluye que este sistema de aislamiento es una buena alternativa para el análisis y diseño de estructuras sismorresistentes.

Para asegurar la efectividad del sistema el análisis depende del espectro al que va a estar sujeto, en pocas palabras depende del sismo que se espera.

Cuadro 5.1 Espectros de Desplazamiento



5.6 MODELO ESPACIAL DE KELLY Y PAN (1983)

5.5.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS

Se presentan el modelo para estructuras con aisladores de base, en la que la edificación se comporta como un cuerpo rígido que se apoya sobre varios aisladores y que experimenta tres grados de libertad, siendo dos desplazamientos, uno de ellos horizontal, vertical y una rotación, como se puede apreciar en la figura 5.48.

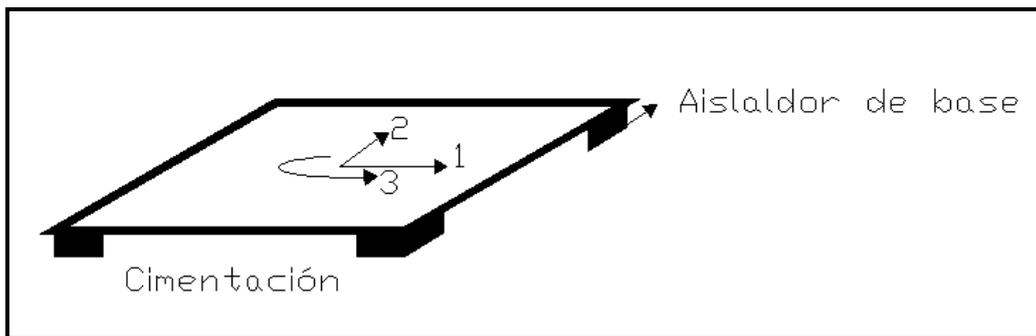


Figura 5.85 Sistema de tres grados de libertad de Kelly y Pan (1983).

Para determinar la respuesta en el tiempo de la estructura, se lo realiza utilizando el Método de Procedimiento de Espacio de Estado **Aguilar (2007)**, para lo cual es necesario determinar previamente las matrices de rigidez, masas y de amortiguamiento en coordenadas de piso. Para el análisis sísmico considerando tres grados de libertad el procedimiento de cálculo es similar al anterior. Esto se da debido a que los aisladores de base se analizan con teoría lineal a pesar de que tienen comportamiento no lineal por que responden al modelo de Kelvin Voight.

La matriz de rigidez, para el modelo espacial, en coordenadas de piso es:

$$K = \begin{bmatrix} K_{xx} & K_{xy} & K_{x\theta} \\ K_{xy} & K_{yy} & K_{y\theta} \\ K_{x\theta} & K_{y\theta} & K_{\theta\theta} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

$$\begin{aligned} K_{XX} &= \sum k_x^i & ; & & K_{\theta\theta} &= \sum k_x^i r_{yi}^2 & ; & & K_{X\theta} &= \sum k_x^i \cdot r_y^i \\ K_{YY} &= \sum k_y^i & & & K_{\theta\theta} &= \sum k_y^i r_{xi}^2 & & & K_{Y\theta} &= \sum k_y^i \cdot r_x^i \end{aligned} \quad (5.2)$$

$K_{XY} = 0$ Para pórticos ortogonales

K_{XX}, K_{YY} , son las matrices de rigidez lateral x traslación; $K_{\theta\theta}$ es la matriz de rigidez torcional; $K_{X\theta}, K_{Y\theta}$ son las matrices de rigidez de acoplamiento lateral con torsión; K_{XY} son las matrices transnacional de acoplamiento en las direcciones XY; i representa a cada uno de los aisladores de base, k es la rigidez del aislador y r es la distancia perpendicular del aislador al centro de masas. Cuando se realiza el análisis sísmico en sentido X; $K_{\theta\theta} = \sum k_x^i r_{yi}^2$ y cuando se realiza el análisis en sentido Y;

$$K_{\theta\theta} = \sum k_y^i r_{xi}^2$$

Es importante indicar que las rigidez del aislador es en los dos sentidos por lo que es de forma cilíndrica y se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$k_b = \frac{G_a A_c}{H_r} \quad (5.3)$$

Siendo G_a el módulo de corte de la goma, A_c el área de corte y H_r la altura del aislador.

$$A_c = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - D_i^2) \quad (5.4)$$

La matriz de masas en coordenadas de piso tiene la siguiente forma:

$$M = \begin{bmatrix} m & 0 & 0 \\ 0 & m & 0 \\ 0 & 0 & J \end{bmatrix} \quad (5.5)$$

Donde m es la masa total de la estructura considerando la masa de los aisladores, J es el momento de inercia de cada una de las masas del aislador con respecto al centro de masas (C.M.), y se determina mediante la siguiente ecuación:

$$J = \sum m_i r_i^2 \quad (5.6)$$

m_i es la masa total que gravita sobre el aislador en el piso i , incluyendo su peso propio; r_i es el radio de giro de cada aislador.

Para un aislador que se halla en las coordenadas r_x, r_y se tiene:

$$r_i^2 = r_x^2 + r_y^2 \quad (5.7)$$

r_x, r_y las distancias del aislador i al centro de masas en las direcciones X, Y.

Ya obtenidas las matrices K y M , se determinan los valores y vectores propios, para luego calcular la matriz de amortiguamiento mediante el algoritmo de Wilson y Penzien descrito en *Dinámica de Estructuras con MatLab*, Aguiar (2007).

Finalmente, se aplica el algoritmo de Procedimiento de Espacio de Estado para hallar la respuesta en el tiempo de la estructura. En resumen una vez que se hallan las matrices de rigidez y de masas en coordenadas de piso, el problema dinámico está resuelto.

5.6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS Y AISLADORES DE BASE

Se analizarán tres edificios, de tres, seis y nueve pisos, como se indica a continuación en las tablas 5.50, 5.51, 5.52, las que muestran las dimensiones de columnas y vigas, como también los pesos totales por planta.

Tabla 5.90 Dimensiones de elementos estructurales y pesos en edificio de tres pisos

		COLUMNAS				VIGAS	PESO TOTAL Tn
Piso	Eje	1	2	3	4		
1		30/30	35/35	35/35	30/30	25/30	141.75
2		30/30	35/35	35/35	30/30	25/30	132.75
3		30/30	35/35	35/35	30/30	25/30	123.75

Tabla 5.91 Dimensiones de elementos estructurales y pesos en edificio de seis pisos

		COLUMNAS				VIGAS	PESO TOTAL Tn
Piso	Eje	1	2	3	4		
1		55/55	60/60	60/60	55/55	30/35	168.75
2		55/55	60/60	60/60	55/55	25/35	159.75
3		55/55	60/60	60/60	55/55	25/35	150.75
4		50/50	55/55	55/55	50/50	25/35	141.75
5		50/50	55/55	55/55	50/50	25/30	132.75
6		45/45	50/50	50/50	45/45	25/30	123.75

Tabla 5.92 Dimensiones de elementos estructurales y pesos en edificio de nueve pisos

		COLUMNAS				VIGAS	PESO TOTAL Tn
Piso	Eje	1	2	3	4		
1		85/85	90/90	90/90	85/85	35/40	195.75
2		85/85	90/90	90/90	85/85	30/35	186.75
3		85/85	90/90	90/90	85/85	30/35	177.75
4		80/80	85/85	85/85	80/80	30/35	168.75
5		80/80	85/85	85/85	80/80	25/35	159.75
6		80/80	85/85	85/85	80/80	25/35	150.75
7		75/75	80/80	80/80	75/75	25/35	141.75
8		75/75	80/80	80/80	75/75	25/30	132.75
9		75/75	80/80	80/80	75/75	25/30	123.75

En la figura 5.49, se observa la distribución en planta, que es la misma para los tres edificios. Las luces entre ejes son de 5.0 m. en ambos sentidos, y la altura de entrepiso es de 3.0 m., igual en todos los pisos. Bajo cada columna irá colocado un aislador de base, **cada aislador soportará el peso equivalente a su área cooperante.**

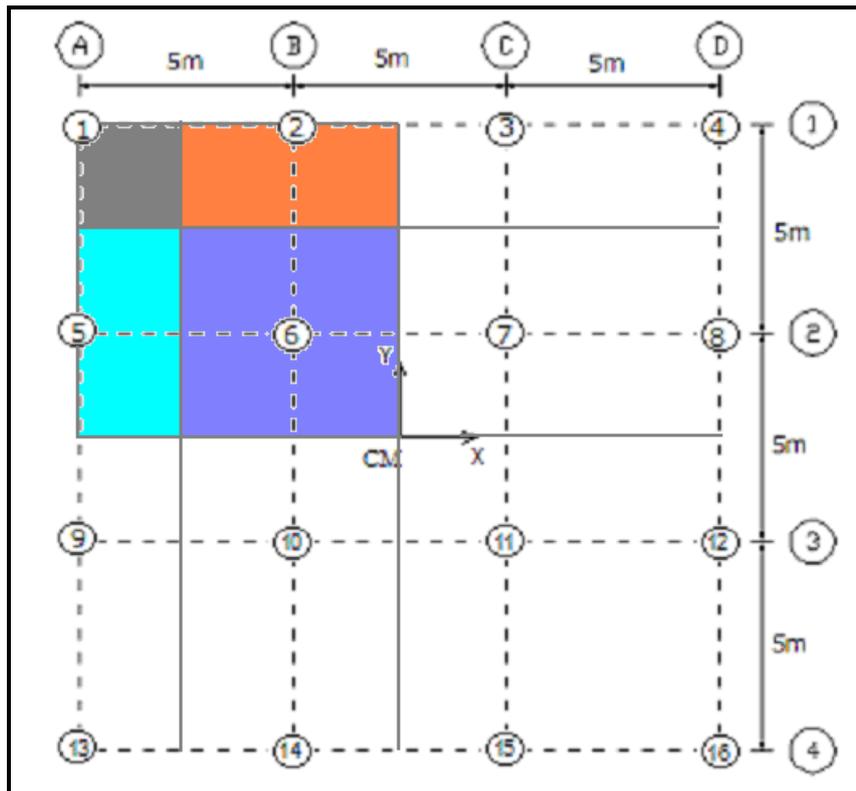


Figura 5.86 Distribución en planta de los tres edificios analizados, localización de los aisladores de base, centro de masas y áreas cooperantes.

La goma que se ha empleado para los aisladores de base tiene un módulo de corte $G_a = 7.0 \text{ kg/cm}^2$ y un peso específico de 1.23 T/m^3 . La geometría y dimensiones de los diámetros exterior e interior y la altura del aislador varían según el número pisos de la estructura y el período objetivo que se quiera obtener, que en nuestro caso serán 2 y 3 segundos.

5.6.2 SISMOS DE ANÁLISIS

Las estructuras van a ser analizadas ante tres sismos, dos de ellos son de alta frecuencia y uno de baja frecuencia. Los de alta frecuencia son el sismo de El Centro, California, registrado el 18 de mayo de 1940, se trabaja con la componente N-S que tuvo una aceleración máxima del suelo igual a 0.348 g ., siendo g ., la aceleración de la gravedad.

El otro sismo de alta frecuencia es el de Chile registrado el 3 de marzo de 1985, en el Océano Pacífico es de subducción a una profundidad focal de 15 km., con una magnitud de 7.8, se trabaja con un registro de Viña del Mar, que tuvo una aceleración máxima del suelo igual a 0.363 g.

El sismo de baja frecuencia corresponde al registro de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, del Distrito Federal de México, durante el sismo del 19 de septiembre de 1985 que tuvo una magnitud de 8.1. En la componente E-W, que es la que se utiliza en el estudio. La aceleración máxima del registro es 0.184 g.

5.6.3 GEOMETRÍA DE LOS AISLADORES DE BASE PARA OBTENER UN PERÍODO DE 2 SEGUNDOS.

A continuación se presentan las tablas 5.53, 5.54, 5.55 las que muestran las dimensiones y propiedades de los aisladores de base para conseguir en período objetivo de 2 segundos. Las tablas contienen el número del aislador, su área cooperante [m²], la masa que aporta la estructura a cada aislador, los diámetros exterior e interior [cm], la altura del aislador [cm], el área de corte [cm²], la rigidez de la base [T/m], la masa que aporta cada aislador y finalmente la masa total.

Tabla 5.93 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio de tres pisos.

mi	A	me	De	Di	Hr	Ac	Kb	mb	mT
1	6.25	1.1288	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	1.1347
2	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
3	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
4	6.25	1.1288	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	1.1347
5	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
6	25.00	4.5153	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.5268
7	25.00	4.5153	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.5268
8	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
9	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
10	25.00	4.5153	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.5268
11	25.00	4.5153	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.5268
12	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
13	6.25	1.1288	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	1.1347
14	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
15	12.50	2.2577	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	2.2636
16	6.25	1.1288	40	10	40	1178.10	20.62	0.0059	1.1347

Tabla 5.94 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio de seis pisos.

mi	A	me	De	Di	Hr	Ac	Kb	mb	mT
1	6.25	2.4872	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	2.4988
2	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
3	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
4	6.25	2.4872	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	2.4988
5	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
6	25.00	9.9490	80	10	40	4948.01	86.59	0.0248	9.9738
7	25.00	9.9490	80	10	40	4948.01	86.59	0.0248	9.9738
8	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
9	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
10	25.00	9.9490	80	10	40	4948.01	86.59	0.0248	9.9738
11	25.00	9.9490	80	10	40	4948.01	86.59	0.0248	9.9738
12	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
13	6.25	2.4872	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	2.4988
14	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
15	12.50	4.9745	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	4.9860
16	6.25	2.4872	55	10	40	2297.29	40.20	0.0115	2.4988

Tabla 5.95 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio de nueve pisos.

mi	A	me	De	Di	Hr	Ac	Kb	mb	mT
1	6.25	4.0753	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	4.0942
2	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
3	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
4	6.25	4.0753	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	4.0942
5	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
6	25.00	16.3010	130	10	40	13194.69	230.91	0.0662	16.3673
7	25.00	16.3010	130	10	40	13194.69	230.91	0.0662	16.3673
8	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
9	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
10	25.00	16.3010	130	10	40	13194.69	230.91	0.0662	16.3673
11	25.00	16.3010	130	10	40	13194.69	230.91	0.0662	16.3673
12	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
13	6.25	4.0753	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	4.0942
14	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
15	12.50	8.1505	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	8.1694
16	6.25	4.0753	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	4.0942

5.6.4 RESULTADOS DE ESTRUCTURAS CON AISLADORES DE BASE PARA UN PERÍODO DE 2 SEGUNDOS.

Las tablas 5.56 – 5.59 presentan los desplazamientos en el último piso de la estructura sin y con aisladores de base. En este caso para el análisis espacial del modelo de Pan y Kelly (1983) considerado, los desplazamientos en la base son los mismos con respecto al análisis de pórticos planos indicado en este capítulo, por ende de todos los pisos de la edificación. Se presenta también el período calculado de la estructura que se aproxima a 2 segundos, como había sido propuesto.

En el caso de México, el desplazamiento en el último piso crece exageradamente, debido a la forma del espectro ya que para el periodo de 2 segundos, las ordenadas espectrales alcanzan su máxima aceleración.

Con el sismo de Chile se obtienen los mejores resultados, pues todos los desplazamientos son mucho menores que los de la estructura sin aisladores de base.

A pesar que las cifras obtenidas con el sismo de El Centro aparentan ser poco satisfactorias, pues se obtienen mayores desplazamientos que los de la estructura sin aisladores, hay que recordar que toda la energía del sismo es absorbida por los aisladores y el edificio no se deforma.

Tabla 5.96 Comparación de resultados de estructura de tres pisos sin y con aisladores.

Sismo	Desplazamientos Último Piso [m]		Período [seg]	
	Sin aisladores	Con aisladores	Sin aisladores	Con aisladores
México	0.054	0.6092	0.828	1.9852
Chile	0.1825	0.1135		
El Centro	0.1274	0.1440		

Tabla 5.97 Comparación de resultados de estructura de seis pisos sin y con aisladores.

Sismo	Desplazamientos Último Piso [m]		Período [seg]	
	Sin aisladores	Con aisladores	Sin aisladores	Con aisladores
México	0.1145	0.6554	1.1066	2.068
Chile	0.2402	0.1095		
El Centro	0.1451	0.1615		

Tabla 5.98 Comparación de resultados de estructura de nueve pisos sin y con aisladores.

Sismo	Desplazamientos Último Piso [m]		Período [seg]	
	Sin aisladores	Con aisladores	Sin aisladores	Con aisladores
México	0.215	0.4792	1.3743	1.8406
Chile	0.2093	0.1223		
El Centro	0.1257	0.1216		

5.6.5 GEOMETRÍA DE LOS AISLADORES DE BASE PARA OBTENER UN PERÍODO DE 3 SEGUNDOS.

Las tablas 5.59 – 5.61 muestran las dimensiones y propiedades de los aisladores de base para conseguir en período del conjunto de 3 segundos. Las tablas contienen el número de aislador, su área cooperante [m²], la masa que aporta la estructura a cada aislador, los diámetros exterior e interior [cm], la altura del aislador [cm], el área de corte [cm²], la rigidez de la base [T/m], la masa que aporta cada aislador y finalmente la masa total.

Tabla 5.99 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio de tres pisos.

mi	A	me	De	Di	Hr	Ac	Kb	mb	mT
1	6.25	1.1288	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	1.1328
2	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
3	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
4	6.25	1.1288	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	1.1328
5	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
6	25.00	4.5153	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.5227
7	25.00	4.5153	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.5227
8	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
9	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
10	25.00	4.5153	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.5227
11	25.00	4.5153	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.5227
12	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
13	6.25	1.1288	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	1.1328
14	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
15	12.50	2.2577	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	2.2616
16	6.25	1.1288	30	10	50	628.32	8.80	0.0039	1.1328

Tabla 5.100 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio de seis pisos.

mi	A	me	De	Di	Hr	Ac	Kb	mb	mT
1	6.25	2.4872	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	2.4946
2	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
3	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
4	6.25	2.4872	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	2.4946
5	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
6	25.00	9.9490	60	10	50	2748.89	38.48	0.0173	9.9662
7	25.00	9.9490	60	10	50	2748.89	38.48	0.0173	9.9662
8	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
9	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
10	25.00	9.9490	60	10	50	2748.89	38.48	0.0173	9.9662
11	25.00	9.9490	60	10	50	2748.89	38.48	0.0173	9.9662
12	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
13	6.25	2.4872	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	2.4946
14	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
15	12.50	4.9745	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	4.9819
16	6.25	2.4872	40	10	50	1178.10	16.49	0.0074	2.4946

Tabla 5.101 Dimensiones de aisladores de base y aporte de masas en edificio de nueve pisos.

mi	A	me	De	Di	Hr	Ac	Kb	mb	mT
1	6.25	4.0753	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	4.0871
2	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
3	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
4	6.25	4.0753	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	4.0871
5	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
6	25.00	16.3010	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	16.3199
7	25.00	16.3010	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	16.3199
8	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
9	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
10	25.00	16.3010	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	16.3199
11	25.00	16.3010	70	10	40	3769.91	65.97	0.0189	16.3199
12	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
13	6.25	4.0753	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	4.0871
14	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
15	12.50	8.1505	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	8.1623
16	6.25	4.0753	50	10	50	1884.96	26.39	0.0118	4.0871

5.6.6 RESULTADOS DE ESTRUCTURAS CON AISLADORES DE BASE PARA UN PERÍODO DE 3 SEGUNDOS.

Similar que en el caso anterior, se presenta en las tablas 5.62 – 5.64 los desplazamiento en el último piso de la estructura sin y con aisladores de base. En este caso, se presenta el período calculado de la estructura cuando se aproxima a 3 segundos.

Se puede observar que los desplazamientos del último piso de las tres estructuras ante el sismo de México disminuyen para las estructuras de tres y seis pisos pero para la de nueve pisos aumenta ligeramente.

Los desplazamientos para los sismos de Chile y El Centro son mayores en las tres estructuras cuando se aumentó el período a 3 segundos; esto se debe a que las ordenadas espectrales de desplazamiento son mayores para 3 segundos, con respecto a las ordenadas espectrales para 2 segundos.

Tabla 5.102 Comparación de resultados de estructura de tres pisos sin y con disipadores.

Sismo	Desplazamientos Último Piso [m]		Período [seg]	
	Sin aisladores	Con aisladores	Sin aisladores	Con aisladores
México	0.054	0.575	0.828	3.0609
Chile	0.1825	0.1733		
El Centro	0.1274	0.2064		

Tabla 5.103 Comparación de resultados de estructura de seis pisos sin y con disipadores.

Sismo	Desplazamientos Último Piso [m]		Período [seg]	
	Sin aisladores	Con aisladores	Sin aisladores	Con aisladores
México	0.1145	0.5266	1.1066	3.1727
Chile	0.2402	0.1879		
El Centro	0.1451	0.2083		

Tabla 5.104 Comparación de resultados de estructura de nueve pisos sin y con disipadores.

Sismo	Desplazamientos Último Piso [m]		Período [seg]	
	Sin aisladores	Con aisladores	Sin aisladores	Con aisladores
México	0.215	0.5296	1.3743	3.1609
Chile	0.2093	0.1865		
El Centro	0.1257	0.2083		

5.7 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EL ANÁLISIS SÍSMICO PLANO Y EL ANÁLISIS ESPACIAL DE KELLY Y PAN (1983), DE LOS DESPLAZAMIENTOS GENERADOS CON PERIODOS DE 2 Y 3 seg. EN ESTRUCTURAS CON Y SIN AISLAMIENTO

Tabla 5.105 Análisis comparativa entre el Análisis sísmico Plano y el Análisis Espacial de desplazamientos generados en los periodos de T = 2 seg y T = 3 seg con y sin aislamiento de base, pórticos exteriores

SISMO		ANÁLISIS PÓRTICO PLANO							ANÁLISIS ESPACIAL			
		DESPLAZAMIENTOS				DESPLAZAMIENTOS			DESPLAZAMIENTOS		DESPLAZAMIENTOS	
		T = 2 seg.				T = 3 seg.			T = 2 seg.		T = 3 seg.	
		SIN AISL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL.	SIN AISL.	ULTIMO P.	SIN AISL.	ULTIMO P.
	BASE	ULTIMO P.	TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL						
3 PISOS	Centro	-0,12740	0,11810	0,02636	0,14446	0,18370	0,01679	0,20049	-0,1274	0,1440	-0,1274	0,2064
	Chile	0,18250	0,10860	0,02437	0,13297	0,14870	0,01523	0,16393	0,1825	0,1135	0,1825	0,1733
	México	-0,05400	0,54050	0,11640	0,65690	0,71900	0,06643	0,78543	-0,0540	0,6092	-0,0540	0,5750
6 PISOS	Centro	0,14510	0,14510	0,04720	0,19230	0,15750	0,02030	0,17780	0,1451	0,1615	0,1451	0,2083
	Chile	0,24020	0,09508	0,03251	0,12759	0,14190	0,02230	0,16420	0,2402	0,1095	0,2402	0,1879
	México	0,11450	0,63540	0,20530	0,84070	0,53250	0,07018	0,60268	0,1145	0,6554	0,1145	0,5266
9 PISOS	Centro	-0,12570	0,14430	0,09253	0,23683	0,14930	0,03278	0,18208	-0,1257	0,1216	-0,1257	0,2083
	Chile	-0,20930	0,08966	0,05402	0,14368	0,12960	0,03156	0,16116	-0,2093	0,1223	-0,2093	0,1865
	México	-0,21500	0,62530	0,34580	0,97110	0,48810	0,10490	0,59300	-0,2150	0,4792	-0,2150	0,5293

En este análisis se puede observar que utilizando el sistema de análisis espacial existe una disminución en los desplazamientos totales de la estructura, con relación al análisis sísmico plano. Los desplazamientos totales generados para los sismos de Centro, Chile y México para el análisis sísmico plano están alrededor de los 14, 13 y 65 cm respectivamente, mientras que en el análisis espacial este disminuye alrededor de un 20% en todos los sismos. Lo mismo sucede para la edificación de 6 la cual tiene una disminución del 35%, mientras que para el edificio de 9 pisos con un periodo de 2 segundos hay una disminución de 50% aproximadamente con respecto al análisis espacial.

De esta manera se concluye que los desplazamientos generados para los 3 sismos analizados son favorables utilizando ambos sistemas de análisis ya sea el análisis plano o espacial, ya que con el análisis espacial se obtienen desplazamientos menores pero no muy significativos.

Tabla 5.106 Análisis comparativa entre el Análisis sísmico Plano y el Análisis Espacial de desplazamientos generados en los periodos de T = 2 seg y T = 3 seg con y sin aislamiento de base, pórticos interiores

PÓRTICOS INTERIORES												
SISMO		ANÁLISIS PÓRTICO PLANO							ANÁLISIS ESPACIAL			
		DESPLAZAMIENTOS					DESPLAZAMIENTOS		DESPLAZAMIENTOS		DESPLAZAMIENTOS	
		T = 2 seg.					T = 3 seg.		T = 2 seg.		T = 3 seg.	
		SIN AISL.	CON AISLADOR		DESPL.	CON AISLADOR		DESPL..	SIN AISL.	ULTIMO P.	SIN AISL.	ULTIMO P.
BASE	ULTIMO P.		TOTAL	BASE	ULTIMO P.	TOTAL						
3 PISOS	Centro	-0,12740	0,13460	0,05610	0,19070	0,15870	0,02640	0,18510	-0,1274	0,1440	-0,1274	0,2064
	Chile	0,18250	0,08692	0,03932	0,12624	0,14450	0,02885	0,17335	0,1825	0,1135	0,1825	0,1733
	México	-0,05400	0,62080	0,26790	0,88870	0,56560	0,09994	0,66554	-0,0540	0,6092	-0,0540	0,5750
6 PISOS	Centro	0,14510	0,13700	0,11740	0,25440	0,15980	0,05651	0,21631	0,1451	0,1615	0,1451	0,2083
	Chile	0,24020	0,08156	0,06842	0,14998	0,14200	0,04847	0,19047	0,2402	0,1095	0,2402	0,1879
	México	0,11450	0,58510	0,43610	1,02120	0,56670	0,18160	0,74830	0,1145	0,6554	0,1145	0,5266
9 PISOS	Centro	-0,12570	0,1800	0,08460	0,26460	0,13490	0,07268	0,20758	-0,1257	0,1216	-0,1257	0,2083
	Chile	-0,20930	0,16410	0,04998	0,21408	0,10980	0,06925	0,17905	-0,2093	0,1223	-0,2093	0,1865
	México	-0,21500	0,94390	0,45400	1,39790	0,40980	0,18770	0,59750	-0,2150	0,4792	-0,2150	0,5293

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.ugm.org.mx/pdf/geos01-1/suarez-vidal01-1.pdf>, “Distribución de daños materiales en el valle de Mexicali, ocasionados por los sismos de 1 de junio y 10 de septiembre, de 1999, $m_w = 4.8$ ”
2. http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_M%C3%A9xico_de_1985#Or.C3.A9genes_del_desastre

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESUMEN

En este capítulo se presentan las conclusiones y recomendaciones que se han dado en el desarrollo de esta tesis, en la que se analizaron tres edificaciones de 3, 6, 9 pisos, todas estas edificaciones tienen la misma distribución en planta conformada de 3 vanos en cada sentido, cuya longitud entre ejes es 5 m y tiene una altura entre piso de 3 m. Todas las edificaciones fueron sometidas a tres diferentes sismos que son de: Centro, Chile y México los dos primeros sismos analizados son de alta frecuencia, cuyas magnitudes fueron de $M_L = 7.1$, $M_L = 7.8$ en la escala de Richter respectivamente. El sismo de México tuvo una magnitud de 8.1 en la escala de Richter.

Ya definidas las geometrías, como la distribución en planta de las estructuras se procede a obtener las matrices de rigidez, masas y amortiguamiento, para incorporar a estas matrices el aislamiento de base, con la que se obtienen las nuevas matrices para así

determinar la respuesta en el tiempo de la estructura mediante el Procedimiento de Espacio de Estado.

ESTADO DEL ARTE.

En este capítulo, se realizó una recopilación de información de diferentes libros y artículos, sobre el origen y evolución de los diferentes sistemas de disipación de energía existentes hasta la actualidad; encontrando como uno de los más utilizados el sistema de aislamiento de base, cuyo sistema es muy utilizado en diferentes países alrededor del mundo.

Los países en los cuales se ha hecho investigaciones y se lo ha llevado a la práctica han sido: Estados Unidos, Nueva Zelanda, Japón, Chile, México, etc., y muchos países más, mientras que a nivel de Latinoamérica recién se está realizando investigación sobre este tema.

SISTEMAS DE DOS GRADOS DE LIBERTAD

Este capítulo se presenta el modelo matemático del sistema de aislamiento, el mismo que se modela como un sistema de grados de libertad, el primer grado es el desplazamiento horizontal del sistema de aislamiento base y el segundo grado es el desplazamiento horizontal de la estructura.

A continuación se procede a calcular las matrices de Rigidez, Masas y Amortiguamiento de la estructura con base empotrada, para así calcular las mismas

matrices incluyendo el sistema de aislamiento y obtener los vectores y valores propios de la estructura por cada piso, logrando finalmente obtener el amortiguamiento modal de cada uno de los pisos a ser analizados.

FACTORES DE AMPLIFICACIÓN MODAL

En esta parte del capítulo lo que se trata de encontrar es la respuesta en el tiempo de un movimiento armónico del suelo en un sistema de un grado de libertad, en la que se plantea la ecuación diferencial de movimiento para luego plantear la solución la misma que es igual a la solución homogénea más la solución particular.

La solución homogénea queda resuelta resolviendo la ecuación de vibración libre, mientras que la solución particular depende de la forma de la excitación. Finalmente se introduce al desarrollo de este tema el sistema de aislamiento de base en la que obtiene los coeficientes de amplificación modal A_b y A_s .

ANÁLISIS SÍSMICO PLANO

En este capítulo lo que se hace es obtener las matrices de rigidez, masas y amortiguamiento de la estructura con base empotrada, luego incorpora a estas matrices el sistema de aislamiento de base y se encuentra la respuesta en el tiempo de la estructura mediante el Proceso de Espacio de Estado.

ANÁLISIS DE EDIFICIOS ANTE DIFERENTES SISMOS

Finalmente en este capítulo lo que se hace es la aplicación de la metodología mencionada en los capítulos anteriores. Ya definida la metodología se procede a definir la geometría de los elementos de las estructuras a ser analizadas como también a definir la distribución en planta de las mismas, para luego indicar brevemente la característica de los sismo a los que van a ser sometidos dichos edificios, luego se procede al predimensionamiento de los aisladores para cada uno de los edificios.

Ya definidos todos estos parámetros, se procede a hacer el análisis comparativo de las estructuras con y sin aisladores de base, en la que obtenemos los desplazamientos en la base como en el último piso de la estructura.

CONCLUSIONES

- Según la investigación realizada en las edificaciones antes mencionadas, la respuesta de la estructura ante los sismos descritos en los capítulos anteriores con el sistema de aislamiento de base, ha sido favorable ya que la estructura sufre un mínimo daño, debido a los desplazamientos producidos por el aislador que se encuentra ubicado en la base de la estructura.
- Este sistema de aislamiento lo que hace es reducir las fuerzas sísmicas que actúan en la estructura, aumentando así el periodo fundamental de la estructura y disminuyen las aceleraciones del suelo por ende también existe disminución de fuerzas actuantes en la estructura.
- En estructuras con aisladores de base, los desplazamientos relativos de la estructura con respecto a los aisladores de base son muy pequeños de tal manera que la estructura como tal tendrá un muy buen comportamiento sísmico y no sufrirá daño ante sismos severos.

- Los desplazamientos relativos que tiene la estructura con aisladores de base, son mínimos, por lo que la estructura se comporta como un sólido rígido y la que absorbe toda la energía del suelo es el aislador por eso es que sufre grandes desplazamientos.
- Se debe tener mucho cuidado en la conexión entre el edificio, el aislador y la cimentación, ya que debe existir un claro deslinde entre la cimentación y la superestructura.
- Para asegurar la efectividad del sistema de aislamiento de base, se debe tener en muy en cuenta la forma del espectro a la que van a estar sujetas, dicho de otra manera depende del sismo que se espera.
- El ahorro de los aisladores no se mide en el momento de la construcción, sino después de un sismo.
- Hay dos factores que influyen importantemente en la efectividad de la respuesta de un edificio con aislamiento sísmico en la base bajo la acción de un sismo que lo lleve aun comportamiento no lineal, los cuales son: La cantidad de energía que el dispositivo absorbe y el cambio del período en el primer modo de la edificación, debido a la flexibilización de la estructura.
- La factibilidad económica de un edificio aislado se determina a partir de que se considere: la geología local, amenaza sísmica (sismos presentados, período, frecuencia, severidad, nivel de aceleraciones, etc.), tipo de daño que se considera (menor o reparable), propios de la estructura (forma estructural, regularidad vertical y horizontal, materiales, uso de la estructura, características, etc.)
- El aislamiento sísmico no es sistema que se pueda implementar en todos los casos como en el caso de México, por lo tanto no es general, presenta limitaciones en ciertos rangos de masas y secciones de aisladores.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar investigación enfocada a actualizar los códigos y determinar hasta donde podremos reducir las exigencias normativas en el diseño de las estructuras aisladas.
- Tratar de que este tipo de investigaciones se generalicen en el país, para poderlo aplicar en las edificaciones, ya que este sistema es muy aplicado en muchos países del mundo, por su gran efectividad.
- Tratar de incorporar el sistema de aislamiento de base en los códigos, para el análisis sísmo resistente en el Ecuador.

BIBLIOGRAFÍA

10. Nelly M. James., “Earthquake – Resistant Design UIT Rubber”. Springer – Verlag. London Berlin Heidelberg New York.
11. N. Molinares, A.H. Barbat Edificios con aislamiento de base no lineal, Monografías CIMNE **IS-5**, Barcelona 1994.
12. Naeim F., Kelly J.M., 1999 “Design of Seismic Isolated Structures”. John Wiley and Sons, Inc
13. “Aislación Sísmica y Disipación” Ingeniería Civil UC., Departamento de Estructuras y Geotecnia.
14. Tena., R, “Propuesta de lineamientos para el diseño por sismo para estructuras con aislamiento de base”. Universidad Autónoma Metropolitana., División de Ciencias Básicas e Ingeniería. ISBN 970-31-0272-7 Marzo de 2004
15. Aguiar R., Costa A. y Carrillo C., (2007) “Comparación de la Respuesta en el tiempo de estructuras sin y con disipadores Visco Elásticos a base de Goma”, *XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural. Universidad Nacional del Chimborazo, Riobamba.*
16. Aguiar R., y Moroni M., (2007), “*Disipadores de energía visco elásticos a base de goma*”, Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército, En preparación, Quito.
17. Wilson E., and Penzien J., (1972), “Evaluation of orthogonal damping matrices”, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, **4**, 5-10.
18. Aguiar R., Peña A.F., (2007) “Comparación de la respuesta sísmica en el plano de estructuras con aisladores de base elastoméricos”, *XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba.*

19. Aguiar R., *Dinámica de Estructuras con MATLAB*, (2007) Centro de Investigaciones Científicas. Escuela Politécnica del Ejército. Colegio de Ingenieros Civiles de Pichincha, 292 p
20. <http://www.ugm.org.mx/pdf/geos01-1/suarez-vidal01-1.pdf>, “Distribución de daños materiales en el valle de Mexicali, ocasionados por los sismos de 1 de junio y 10 de septiembre, de 1999, $m_w = 4.8$
21. [http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_M%C3%A9xico_de_1985#Or.C3.ADgenes del desastre](http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_M%C3%A9xico_de_1985#Or.C3.ADgenes_del_desastre)