

01121  
108



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

... a la Dirección General de Bibliotecas para  
que se difunda en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo recepcionado.  
NOMBRE: CLAUDIA PALACIOS  
VILLALVA  
FECHA: 12/JUNIO/03  
FIRMA: [Firma]

## "ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DEL EDIFICIO PC"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A  
CLAUDIA PALACIOS VILLALVA

DIRECTOR DE TESIS: DR. DAVID MURÍA VILA



MÉXICO, D.F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

A

2003



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**TESIS CON  
FALLA DE  
ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/059/02

Señorita  
**CLAUDIA PALACIOS VILLALVA**  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **DR. DAVID MURIA VILA**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DEL EDIFICIO PC"**

- I. INTRODUCCION
- II. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO
- III. INSTRUMENTACIÓN
- IV. REGISTROS SÍSMICOS
- V. ANÁLISIS CON TÉCNICAS NO PARAMÉTRICAS
- VI. ANÁLISIS CON TÉCNICAS PARAMÉTRICAS
- CONCLUSIONES
- RECONOCIMIENTOS
- REFERENCIAS

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria a 10 de abril de 2002.  
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/GMP/mstg.

B

## RESUMEN

En este trabajo se presenta un análisis detallado de la variación de las propiedades dinámicas en el edificio PC, a partir de su instrumentación en 1990. Se hace una descripción general de su instrumentación y de las características de los registros que fueron seleccionados para estudiar su respuesta sísmica, así como una exposición de las técnicas paramétricas y no paramétricas y los modelos empleados para determinar las propiedades del sistema.

Las propiedades dinámicas que se determinan son: frecuencias naturales de vibrar, fracciones de amortiguamiento crítico, factores de participación y formas modales. Los resultados obtenidos se comparan entre cada una de las técnicas empleadas.

Con este estudio se corrobora los cambios que ha sufrido la estructura en sus propiedades dinámicas ante la excitación de diversos eventos sísmicos además se determina el nivel de ajuste entre los modelos y el comportamiento que presentó el edificio.

---

**Agradezco:**

**A Dios**

Por darme la vida y acompañarme en todo momento.

**A mis Padres Artemia y Juan**

Por su amor, amistad, apoyo y confianza, son lo más importante y valioso en mi vida.

**A mis hermanos Jorge, Silvestre e Ignacio**

Porque han sido como mis segundos padres, por compartir conmigo sus alegrías, tristezas y proyectos. Los amo.

**A Carmen, Alicia y Mari**

Por ser hermanas, amigas y consejeras, las quiero mucho.

**A mis sobrinos**

Por quererme y darme paz interior, por enseñarme a ver la vida de manera distinta. Son parte de mí, los amo.

**A Paco**

Por el cariño y apoyo incondicional que siempre me has brindado, gracias por ser el mejor amigo, compañero, guía y todas las cualidades que te distinguen, te quiero mucho.

**A todos mis amigos**

Por el cariño que he recibido de su parte, saben que cada uno ocupa un lugar muy especial en mi corazón, gracias por compartir conmigo momentos importantes en mi vida, por todo lo aprendido y por la oportunidad de estar siempre juntos.

---

Al Dr. David Murià Vila

Por ser mi maestro y guía académico, gracias por su apoyo, paciencia y amistad.

Al M.I. Gerardo Rodríguez Gutiérrez

Por el apoyo y disposición durante la elaboración de este trabajo, por los valiosos comentarios y especialmente por la amistad brindada.

A la Universidad Nacional Autónoma de México

Por hacer realidad mi sueño de ser profesional, por todo el conocimiento adquirido desde que soy universitaria, por formar personas comprometidas con nuestra profesión y nuestra sociedad.

A todos mis profesores

Por dar lo mejor de sí y ser la parte fundamental en nuestra formación y desempeño.

FE

---

## ÍNDICE

	Pág.
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	
1.2 Objetivos y alcances	
<b>2. Descripción del edificio</b>	<b>5</b>
<b>3. Instrumentación</b>	<b>13</b>
<b>4. Registros sísmicos</b>	<b>18</b>
4.1 Características de los sismos	
4.2 Características de los acelerogramas	
<b>5. Análisis con técnicas no paramétricas</b>	<b>29</b>
5.1 Método de estimación no paramétrica	
5.2 Determinación de las propiedades dinámicas	
<b>6. Análisis con técnicas paramétricas</b>	<b>44</b>
6.1 Método de estimación paramétrica	
6.2 Modelos empleados	
6.3 Estimación de las propiedades dinámicas	
6.4 Comparación entre los métodos de estimación	
<b>7. Conclusiones</b>	<b>86</b>
<b>Reconocimientos</b>	
<b>Referencias</b>	
<b>Apéndice A</b> (Tablas de parámetros dinámicos estimados con el método paramétrico modal)	
<b>Apéndice B</b> (Tablas de factores de participación estimados con el método paramétrico modal)	



## 1. INTRODUCCIÓN

A partir del sismo de septiembre de 1985, en donde fue evidente el gran número de fallas estructurales, surge la necesidad de tener un panorama más claro acerca del comportamiento de diferentes sistemas ante cargas dinámicas. El análisis y diseño de edificaciones requiere conocer la naturaleza de los sismos, así como las características y respuestas estructurales.

Los criterios de diseño vigentes permiten la ocurrencia de un cierto daño en el sistema cuando se presentan sismos de gran magnitud. Ante esta situación es necesario determinar la respuesta estructural cuando ésta es sometida a estados reversibles de esfuerzo en intervalos inelásticos, pudiendo provocar un deterioro permanente de rigidez y resistencia del sistema.

De estudios anteriores se han determinado modelos representativos de la respuesta estructural de edificios, logrando resultados muy satisfactorios cuando se toman en cuenta las hipótesis adecuadas. Sin embargo, en la práctica profesional se simplifica el análisis a veces con consideraciones que pueden llevar a sobrestimar el comportamiento del edificio. Es común encontrar criterios de diseño no uniformes en los distintos despachos de cálculo, que pueden conducir a los analistas a obtener diferencias en sus resultados mayores al cien por ciento, aún cuando se emplee una misma herramienta matemática (Murià Vila *et al.*, 2000a). La consecuencia de este hecho es determinar cuáles son los aspectos prioritarios en el análisis de un sistema estructural.

La finalidad que persiguen algunos métodos actualmente empleados es predecir la respuesta de la edificación ante excitaciones sísmicas, de tal manera que se logre asociar el daño en la estructura por medio de la variación de sus parámetros dinámicos, a fin de implementar controladores que permitan reducir las respuestas indeseadas ante excitaciones ambientales, así como validar y calibrar modelos matemáticos empleados en el análisis del comportamiento dinámico y verificar si

los métodos actuales de modelación de estructuras son adecuados para representar matemáticamente una estructura real. Actualmente se cuenta con algunas técnicas de identificación, estimación y modelado de sistemas, las cuales permiten relacionar los datos experimentales con un modelo matemático que representa el sistema estructural.

El estudio de registros sísmicos provee uno de los pocos y más importantes recursos de información de la respuesta dinámica de las edificaciones, es por ello que la instrumentación y técnicas de identificación de parámetros estructurales que permitan modelar y describir el comportamiento real ha cobrado auge y relevancia.

Los procedimientos disponibles para la selección de un modelo específico o sistema de identificación se separan en técnicas en el dominio del tiempo y técnicas en el dominio de la frecuencia.

En este trabajo se presentan los análisis realizados en un edificio instrumentado en la ciudad de México y que en lo sucesivo se denominará edificio PC. Se aplicaron técnicas de identificación paramétricas y no paramétricas, con el propósito de estimar y comparar las frecuencias de vibración correspondientes a modos fundamentales y modos superiores, las fracciones de amortiguamiento crítico, factores de participación y formas modales del edificio.

## 1.1 Antecedentes

La información que se desprende de los análisis de registros obtenidos de edificios instrumentados, ha resultado fundamental para la evaluación y modificación de algunos códigos de diseño sísmico.

En la actualidad el número de edificios instrumentados en el mundo sigue siendo reducido, a excepción de Japón y Estados Unidos en donde se cuenta con cientos de edificaciones instrumentadas. En México el número de edificios instrumentados aún es limitado, la mayoría se encuentran en la ciudad de México y están desplantados en suelos arcillosos.

El Instituto de Ingeniería de la UNAM (II-UNAM) ha promovido e instalado redes acelerográficas en diversos edificios a lo largo del país, con el propósito de conocer las características reales del movimiento de estas estructuras ante sismos intensos.

El edificio PC forma parte de la red de investigación a cargo del II-UNAM, fue instrumentado a partir de 1990 con una red que ha mostrado un buen funcionamiento desde el inicio de su operación.

De la serie de registros recaudados se han estudiado los movimientos en su cimentación y en tres niveles superiores para determinar los desplazamientos absolutos y relativos entre los diversos puntos instrumentados y así detectar los efectos inducidos por flexión de la superestructura, así como por la torsión generada en la base.

En este trabajo se presentan los resultados de un análisis realizado previamente correspondiente a los trece eventos más significativos determinando la contribución de los distintos tipos de movimiento, las distorsiones, acortamientos y alargamientos de entrepiso así como la interacción suelo-estructura. De este estudio fue evidente un acoplamiento entre los componentes horizontales así como la incursión de la estructura en intervalos no lineales (Murià-Vila *et al*, 2000).

## 1.2 Objetivos y alcances

El objetivo que persigue este trabajo es identificar las propiedades dinámicas del edificio PC y detallar su variación secuencial cuando existe una respuesta no lineal del sistema durante un mismo evento y en sismos sucesivos, con el propósito de determinar los cambios que ha sufrido la estructura ante diversas excitaciones.

Se evalúan y proponen algunas técnicas y modelos de identificación para una estructura irregular, como es el caso del edificio PC; de manera que sea posible identificar problemas tales como interacción suelo-estructura, efectos de torsión o la aparición de un cierto nivel de daño que pueda afectar la seguridad estructural del sistema.

Finalmente, de los resultados obtenidos con la técnicas de identificación propuestas se pretende hacer una comparación que determine si los modelos que se proponen se ajustan al comportamiento que presentó el edificio para poder evaluar su comportamiento de manera analítica.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio PC (figura 2.1) está ubicado en la zona de suelo blando de la ciudad de México (figura 2.2), en donde la amplificación de ondas ocasiona altos niveles de aceleración durante la presencia de un sismo. Es una estructura irregular de concreto reforzado de 17 niveles (figura 2.3) y consta de un sótano con muros perimetrales. La planta baja tiene 38 m en dirección transversal y 54 m en dirección longitudinal. Cuenta con un mezanine y 8 niveles de estacionamiento intercalados, después de los cuales se encuentra una torre de 12 niveles, cuya planta mide 32 m en dirección transversal y 40 m en dirección longitudinal. La altura total del edificio es de 55.4 m.

Todas las losas son aligeradas con cajas de polietileno. Hasta el nivel E8 tiene un peralte de 45 cm, que aumenta en la torre a 50 cm. Las columnas de los primeros niveles hasta el nivel E8, tienen dimensiones que varían de 45 x 45 cm, hasta 60 x 160 cm, con una resistencia nominal para el concreto de  $300 \text{ kg/cm}^2$  y a partir del nivel N1, de oficinas, las columnas tienen dimensiones que varían de 100 x 60 a 80 x 60 cm, y una resistencia nominal de  $250 \text{ kg/cm}^2$ . Existe un cambio importante de las características estructurales entre los niveles indicados como E8 y nivel N1.

Durante los sismos de 1985 el edificio sufrió algunos daños, los cuales se presentaron principalmente en la transición entre los niveles de estacionamiento y la torre. Simultáneamente a la reparación de dichos efectos, se reforzó con muros de concreto armado en toda su altura, parte de los cuales sustituyó a los muros de mampostería en los ejes que se indican en las figuras 2.4 y 2.5.

La cimentación consta de un cajón con contratraveses desplantado a 3.30 m y que se apoya sobre 266 pilotes de fricción de una sección triangular de 65 cm de lado y con una longitud de 26.15 m los cuales se hincaron a una profundidad de 30.5 m del nivel del terreno natural. Los pilotes son de concreto precolado, fabricados en tres tramos unidos con soldadura *in situ*. La distribución de los pilotes presenta

distintos arreglos (figura 2.6), uno ubicado en una franja longitudinal al centro del edificio, otro se encuentra en las columnas exteriores de la cara longitudinal norte y otro más está repartido en toda el área de la base de la estructura.

Cada pilote fue despuntado 85 cm y para la unión de estos con la cimentación se colocaron dados receptores de pilotes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

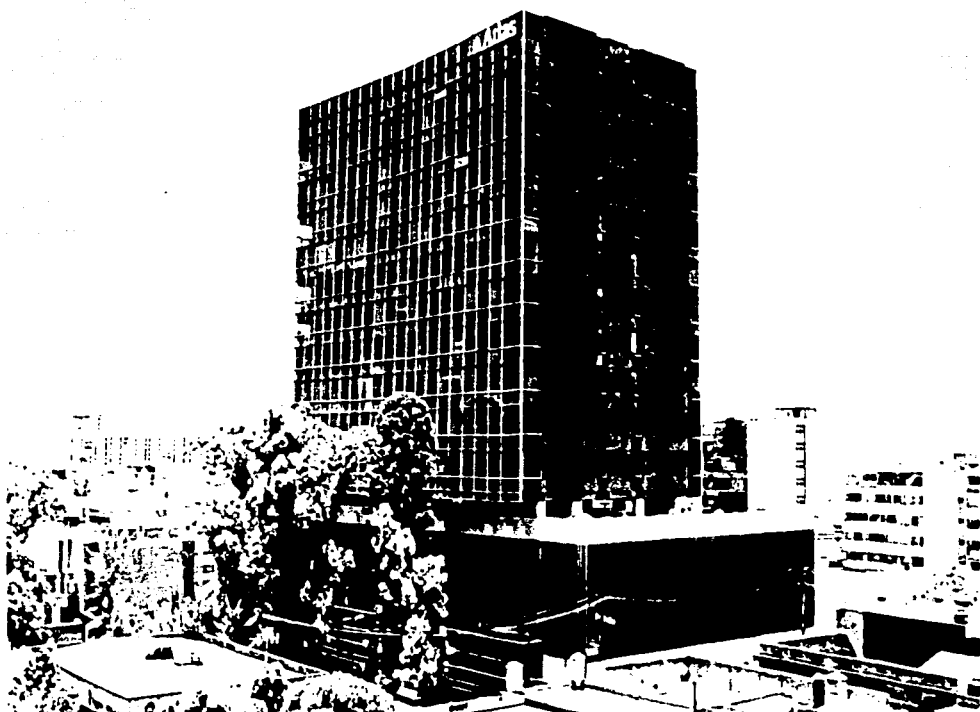


Figura 2.1 Edificio PC

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

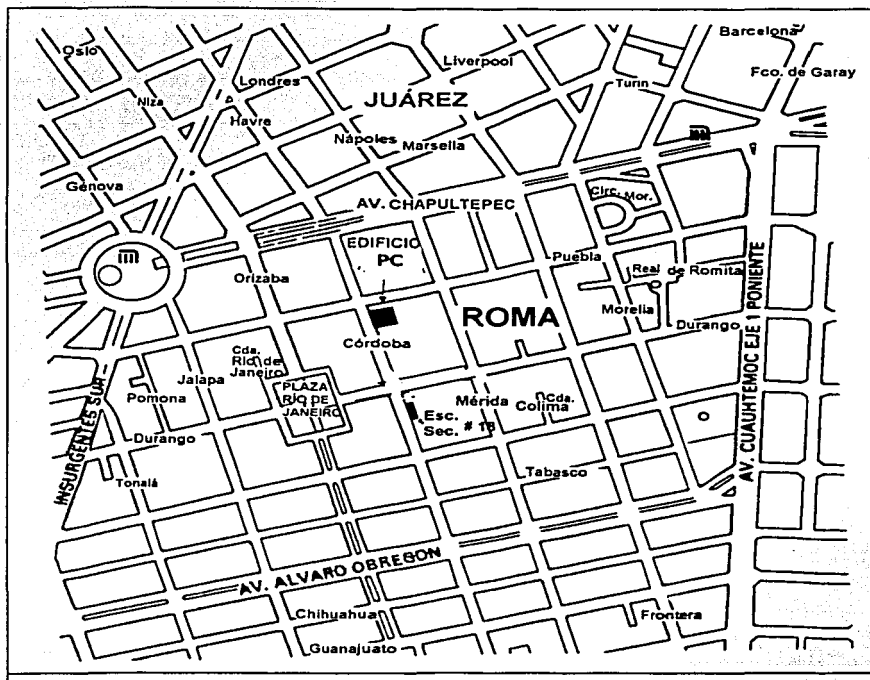


Figura 2.2 Localización del edificio PC



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

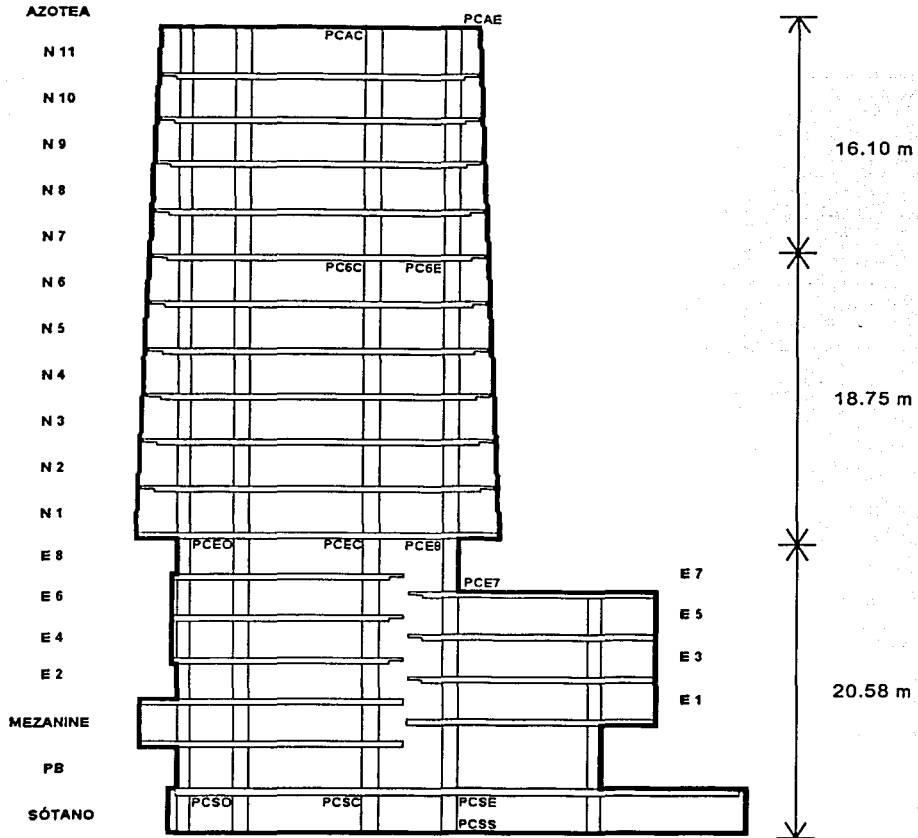
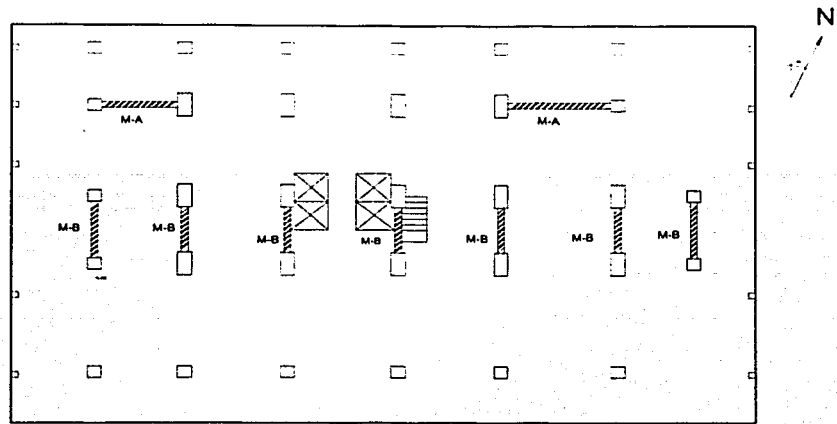
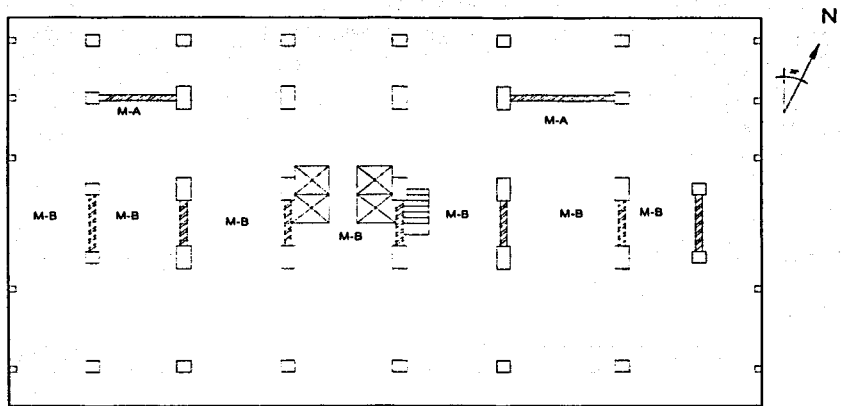


Figura 2.3 Estructura del edificio PC



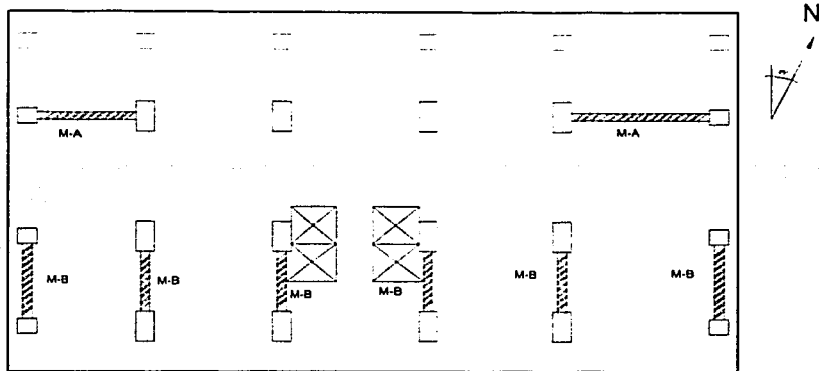
PLANTA SÓTANO



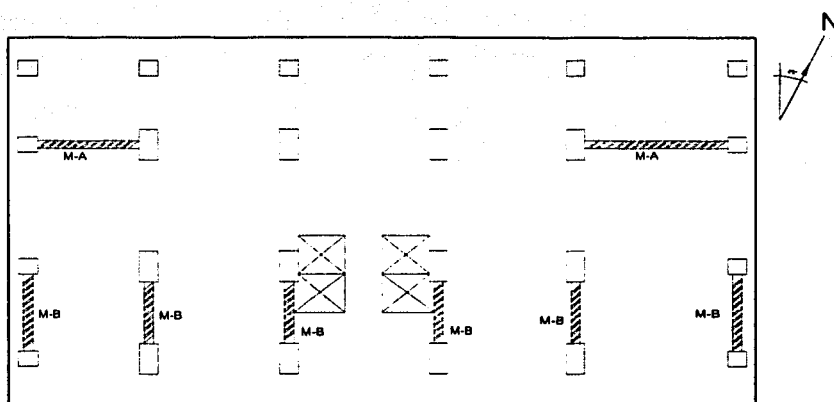
PLANTA NIVEL E7 y E8

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.4 Localización de muros de concreto plantas sótano, E7 y E8



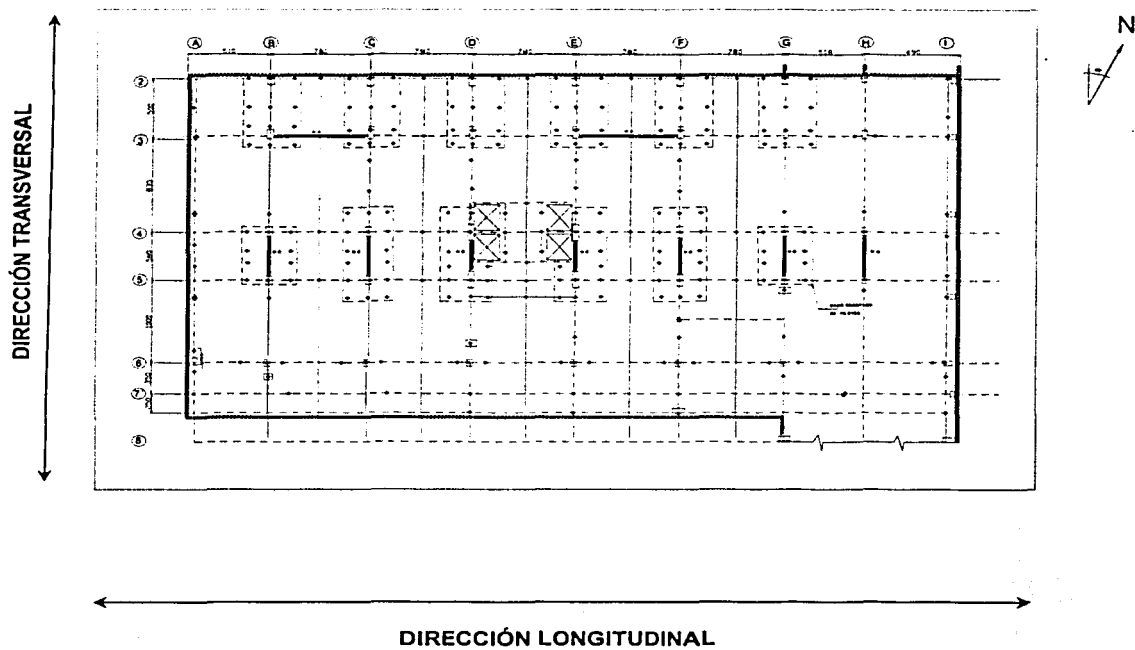
PLANTA NIVEL 6



PLANTA NIVEL AZOTEA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.5 Localización de muros de concreto plantas N6 y azotea



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 2.6 Distribución de los 266 pilotes

### 3. INSTRUMENTACIÓN

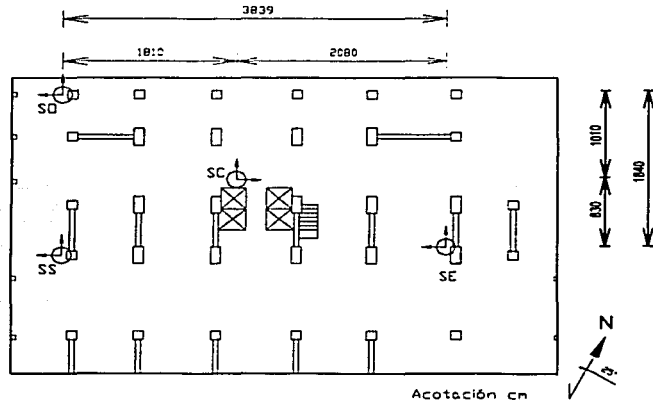
La instrumentación está conformada por acelerógrafos digitales triaxiales con dos componentes horizontales y uno vertical.

Todos los equipos del edificio se encuentran conectados entre sí, con una señal común de tiempo, a fin de obtener un registro sincronizado que permita conocer con precisión el movimiento relativo de los puntos de medición de la estructura.

La conexión se basa en una configuración maestro-esclavo, con la cual se activa la operación simultánea de todos los instrumentos al rebasar el movimiento un umbral de disparo establecido en el aparato maestro, éste envía una señal a todos los demás aparatos configurados como esclavos para iniciar la grabación del registro. No obstante, cada equipo está programado para iniciar su funcionamiento en forma autónoma, cuando su sistema detecta un valor de aceleración mayor al nivel programado.

En 1990 se inicia la instrumentación del edificio PC (Alcántara *et al*, 1989 y 1997) con un total de 11 acelerógrafos triaxiales ubicados en diferentes niveles y puntos de la estructura de la siguiente manera:

- Tres instrumentos en el sótano (SO, SE Y SC), figura 3.1. Los dos primeros se situaron en las columnas extremas y el último en la parte central del sótano.
- Cuatro acelerógrafos en el entresuelo E7-E8 (EC,EO,E7 y E8), figura 3.2.
- Dos aparatos en el cuerpo de la torre (6C y 6E) en el nivel N6 de oficinas y dos más en la azotea (AC y AE), figuras 3.3 y 3.4.
- A partir de 1999 se colocaron dos acelerógrafos más, uno en el terreno (JR) y otro en la esquina sur del sótano (SS) por lo que actualmente la red está integrada con 13 acelerógrafos, figura 3.5.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.1 Localización de los acelerógrafos en el sótano

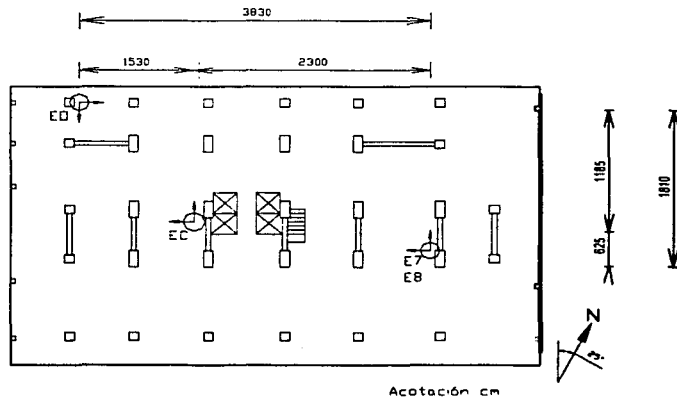


Figura 3.2 Localización de los acelerógrafos en el nivel E7 y E8

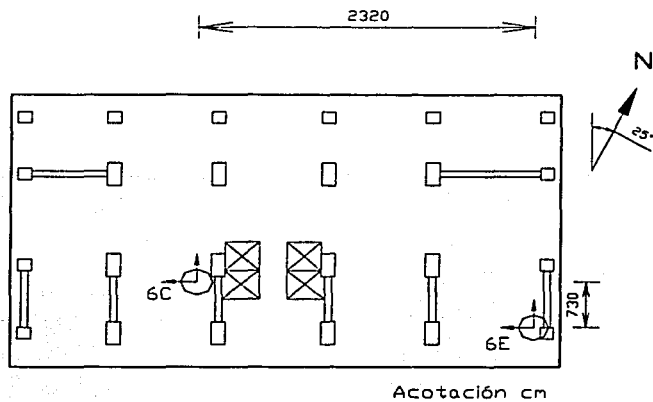
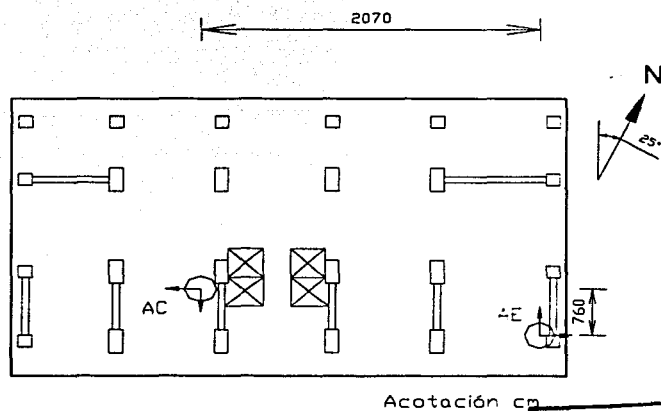


Figura 3.3 Localización de los acelerógrafos en el nivel N6 de oficinas



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 3.4 Localización de los acelerógrafos en el nivel de azotea

Con el arreglo anterior los instrumentos se encuentran en línea vertical sobre una columna al sureste del edificio que inicia en el sótano y termina en la azotea; lo mismo ocurre en la parte central de la estructura así como en la esquina noroeste del cubo de elevadores.

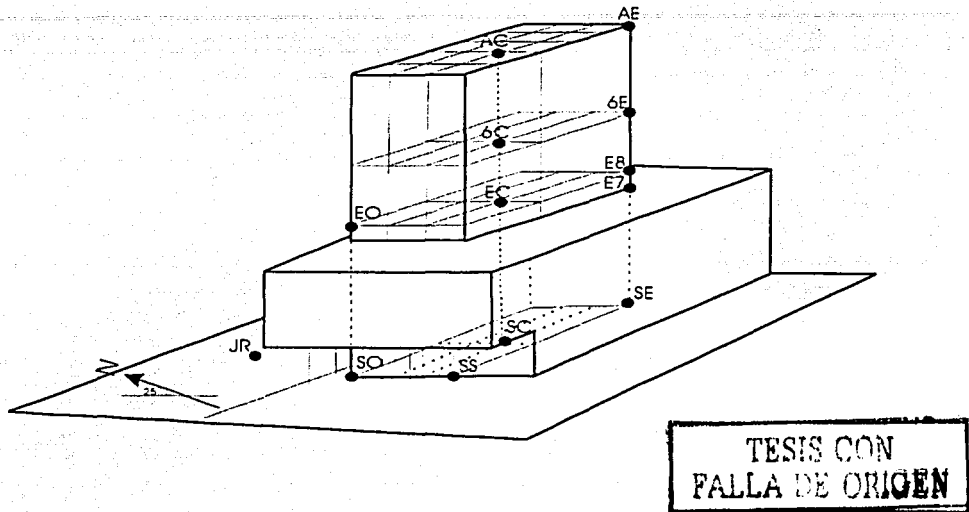


Figura 3.5 Localización de los acelerógrafos

El aparato maestro es el localizado en el punto 6C, la selección del lugar dependió de pruebas de sensibilidad realizadas en cada sitio y de la experiencia obtenida durante la operación.

De los 13 acelerógrafos que integran la red, 12 de ellos se encuentran ubicados en el edificio, y son acelerógrafos digitales modelo DCA-333R. Cada uno cuenta con sensores de registro en tres direcciones ortogonales (figura 3.6) y un sistema de almacenamiento en estado sólido. El acelerógrafo restante se encuentra en el terreno circundante a unos 3 m de profundidad, es un instrumento de pozo modelo



IDS-3602, con un sistema de almacenamiento tipo flash y captura a una velocidad de 250 muestras por segundo.

Todos los sensores verticales de registro tienen escalas de  $\pm 0.25$  g en el caso de los sensores horizontales varían entre  $\pm 0.5$  g y  $\pm 2$  g.

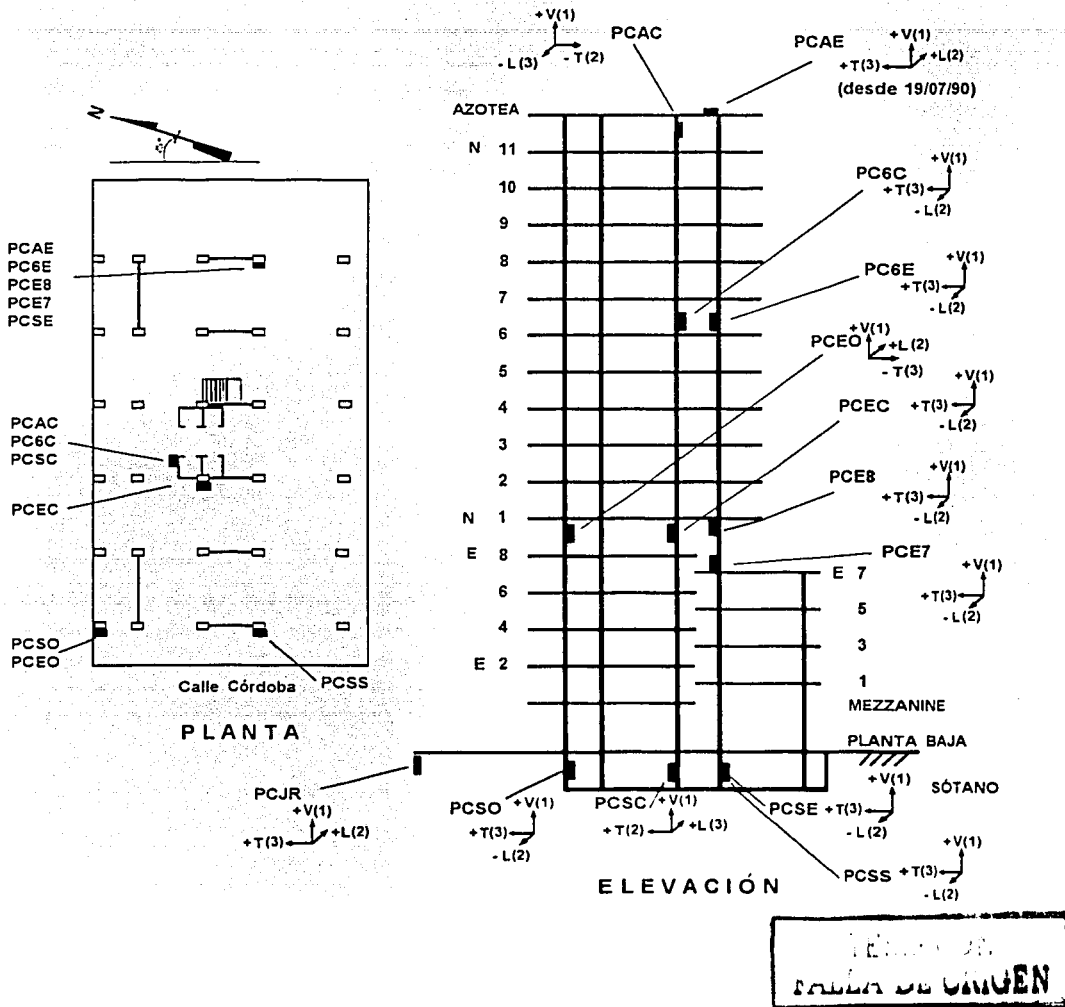


Figura 3.6 Ubicación de los equipos y orientación de los sensores en el edificio PC.

## 4. REGISTROS SÍSMICOS

### 4.1 Características de los sismos

Desde la puesta en marcha de la red acelerográfica en el edificio PC, se han capturado un gran número de sismos, en este trabajo se presentan los resultados de los trece sismos estudiados previamente empleando el análisis no paramétrico (Murià-Vila *et al*, 2000b) y se analizan ocho de los registros más significativos utilizando un análisis paramétrico. Los ocho eventos considerados fueron: 90-1, 94-3, 95-1, 95-2, 97-2, 99-1, 99-3 y 99-4.

La tabla 4.1 se muestra las características de fecha y hora de los eventos respecto al meridiano de Greenwich, la magnitud Mw, localización, coordenadas y distancia epicentral, la intensidad horizontal de Arias y el valor de aceleración máxima registrada.

En la mayor parte de los sismos sus epicentros se localizaron en las costas de Guerrero, con excepción de los eventos 95-2, 99-1, 99-3 con epicentro en Colima, Puebla y Oaxaca, respectivamente.

De los sismos registrados, aquellos que presentaron mayor intensidad corresponden a los eventos 95-1, 99-1 y 99-3 con intensidades sísmicas mayores de 10 cm/s y magnitudes (Mw) alrededor de 7.

Tabla 4.1 Características de los sismos

Evento	Fecha	Localización	Hora (GTM)	Magnitud	Coordenadas		Distancia Epicentral (km)	Intensidad Horizontal De Arias (cm/s)	Aceleración Máxima (cm/s <sup>2</sup> )
				Mw	Lat. N	Long. W			
90-1	90/05/31	Guerrero	07:35:26.9	5.30	17.106	100.893	316	0.83	35
94-3	94/12/10	Guerrero	16:17:40.9	6.50	18.020	101.560	298	6.45	170
95-1	95/09/14	Gro./Oax.	14.04:30.5	7.50	16.310	98.880	345	21.40	195
95-2	95/10/09	Colima	15:35:51.0	7.90	18.740	104.670	586	9.24	106
97-2	97/05/22	Guerrero	07:50:55.7	6.50	18.410	101.810	302	0.42	27
99-1	99/06/15	Puebla	20:42:05.0	6.70	18.200	97.470	223	13.01	166
99-3	99/09/30	Oaxaca	16:31:14.0	7.40	16.050	97.002	437	16.64	220
99-4	99/12/29	Gro./Oax.	05:19:47.0	5.90	18.100	101.680	304	0.53	26

Se observa que el sismo con mayor intensidad de Arias corresponde al evento 95-1 con un valor de 21.4 cm/s y una aceleración horizontal en el sótano de 34.61 cm/s<sup>2</sup>. Haciendo una comparación entre la aceleración máxima registrada en la ciudad de México de 168 cm/s<sup>2</sup>, durante el sismo de septiembre de 1985, en la estación SCT del Instituto de Ingeniería con una intensidad de Arias de 375 cm/s, es notable que los eventos obtenidos en el edificio PC son de intensidad pequeña a moderada.

#### 4.2 Características de los acelerogramas

Los registros correspondientes a los ocho sismos estudiados: 90-1, 94-3, 95-1, 95-2, 97-2, 99-1, 99-3 y 99-4 se presentan en las figuras 4.1 a 4.3. Las respuestas corresponden únicamente a las registradas en azotea y sótano con el fin de hacer evidente la amplificación que sufren las aceleraciones tanto en traslación como en el efecto de torsión. Las historias registradas tienen un intervalo de tiempo de 0.01-s.

Debido al contraste entre las características dinámicas de los depósitos superficiales y la roca basal que conforman el valle de México, se observa un efecto de modulación en los acelerogramas, controlado por el contraste de impedancias elásticas, amortiguamientos del suelo, las características del campo incidente y la geometría del valle (Reinoso, 1994).

El movimiento que describen las señales es semejante a un trazo armónico sinusoidal, con periodos en la fase intensa cercanos a los 2 s y larga duración de los registros, aproximadamente 200 s, características propias de acelerogramas obtenidos en zonas de suelo blando.

Todos los acelerogramas presentan "colas" con amplitudes de aceleración muy pequeñas al inicio y al final del evento, sin embargo la fase intensa se ve concentrada entre los 50 y los 120 s, aún para los sismos de menor intensidad.

La tabla 4.2 describe las aceleraciones, velocidades y desplazamiento máximos absolutos. Todas las aceleraciones máximas ocurrieron en el instrumento de azotea-este (AE) en dirección transversal a excepción del evento 99-4 en donde la máxima aceleración ocurre en el mismo acelerógrafo pero en dirección longitudinal, sin embargo, las aceleraciones en L y T son muy cercanas.

Tabla 4.2 Aceleraciones, velocidades y desplazamientos máximos absolutos

Evento	ACELERACIÓN		VELOCIDAD		DESPLAZAMIENTO	
	cm/s <sup>2</sup>		cm/s		cm	
	T	L	T	L	T	L
90-1	39.30	35.19	14.83	11.08	6.20	4.56
94-3	169.76	89.82	59.92	24.03	18.82	9.98
95-1	194.70	150.60	62.34	36.19	23.47	16.25
95-2	105.68	71.44	36.44	21.06	14.88	9.66
97-2	26.68	23.61	8.31	7.99	3.39	3.66
99-1	166.16	87.09	46.08	20.42	18.73	8.98
99-3	219.90	104.28	64.02	32.60	23.41	15.86
99-4	26.29	26.46	6.03	6.95	2.98	3.20

Las figuras 4.4 a 4.6 corresponden a los registros obtenidos durante los eventos más intensos. Los datos incluyen las respuestas en azotea y dos de los pisos intermedios. Los efectos de traslación y torsión son relevantes sobre todo en el nivel N6, con amplitudes de aceleración significativas, inclusive en algunos casos mayor a la respuesta de azotea, lo que puede llevar a una contribución importante de los modos superiores en los tres componentes: longitudinal, transversal y torsión (L, T y R).

En general todos los registros son de buena calidad, en el caso de los sismos 94-3 y 99-4, el análisis paramétrico modal se llevó a cabo únicamente hasta los 200 s ya que las amplitudes de la señal eran muy pobres en el resto del registro.

Durante el evento 95-2, el equipo de sótano centro presentó un pequeño problema registrando la señal en dos tramos. En un primer tramo se obtuvieron los datos hasta 54 s y el segundo a partir de que se activa nuevamente el acelerógrafo y hasta 189 s ( con un lapso de 0.7 s). Los primeros datos con los que se realizó el análisis modal fue un registro unido, presentándose problemas de ajuste o de convergencia, por lo que se optó por considerar únicamente el segundo tramo de 54.7 s a 189 s.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

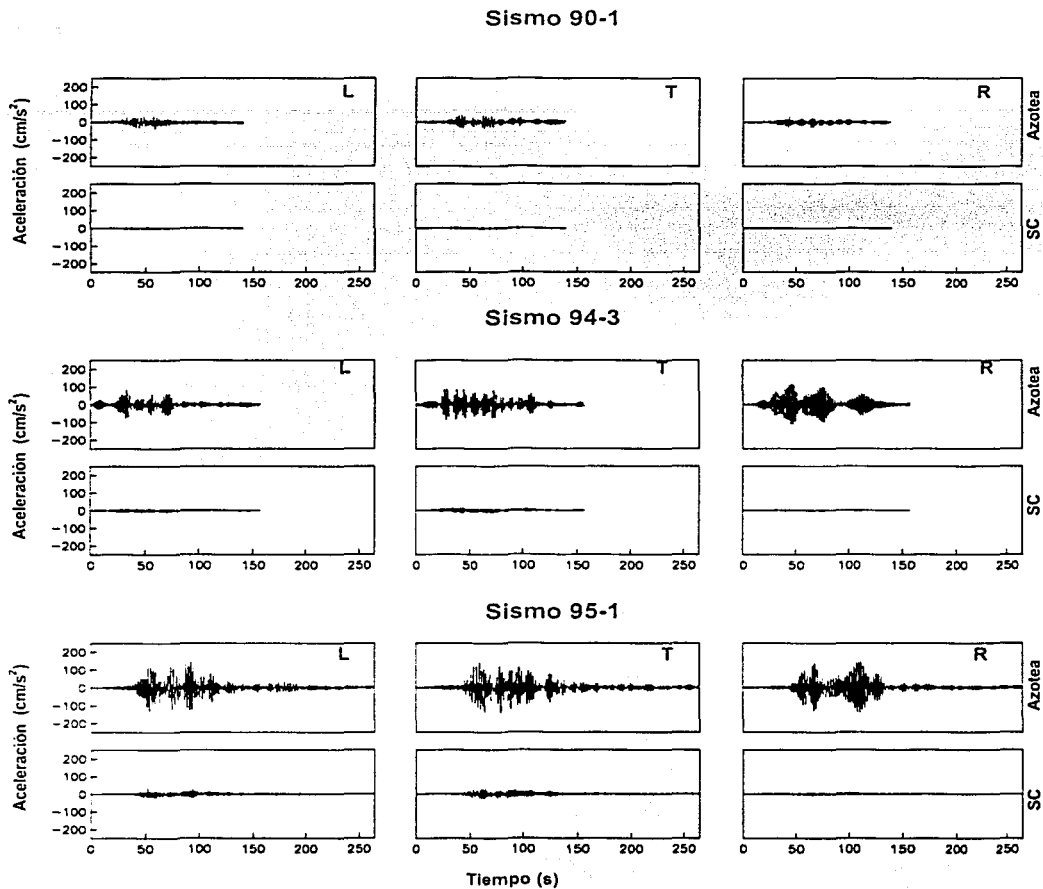


Figura 4.1 Acelerogramas de azotea y sótano centro. Sismos: 90-1,94-3,95-1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

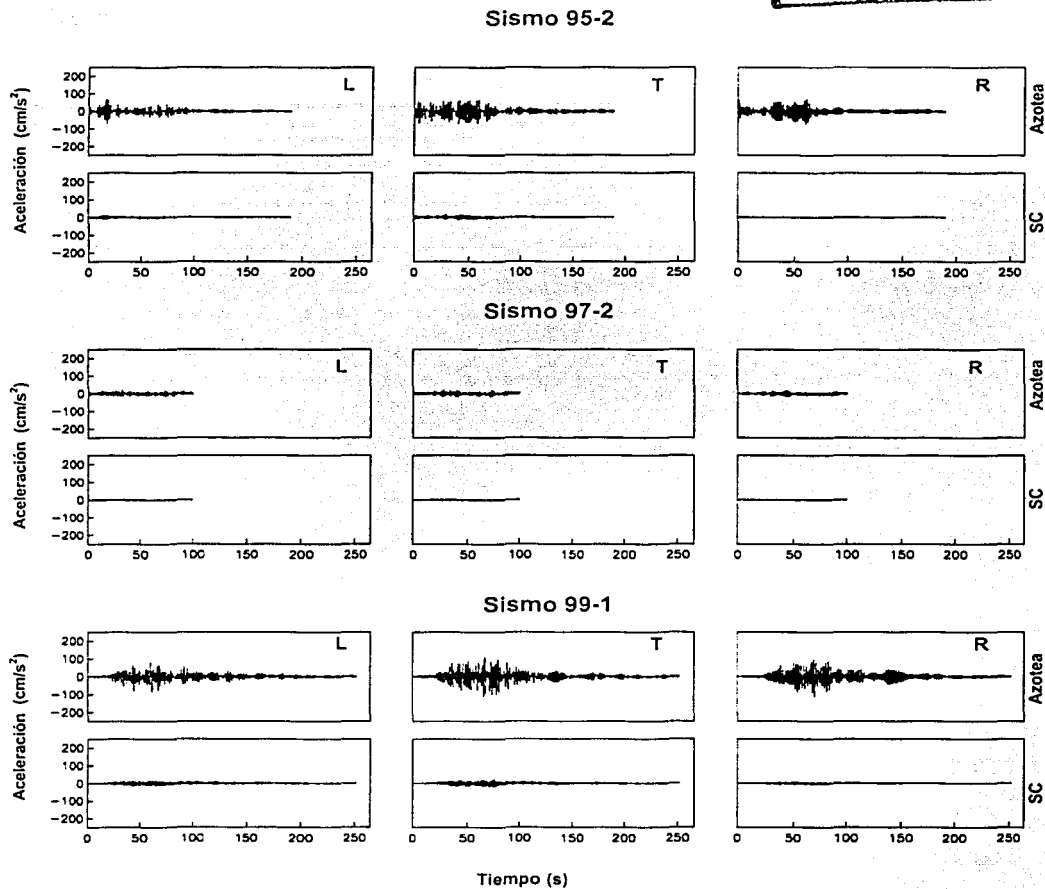


Figura 4.2 Acelerogramas de azotea y sótano centro. Sismos: 95-2,97-2,99-1.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

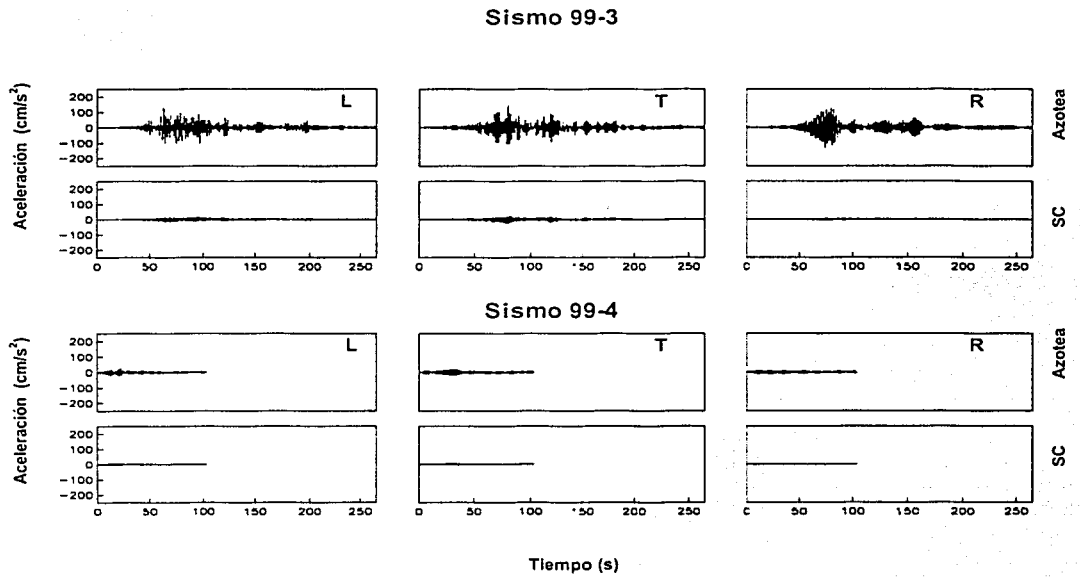


Figura 4.3 Acelerogramas de azotea y sótano centro. Sismos: 99-3,99-4.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

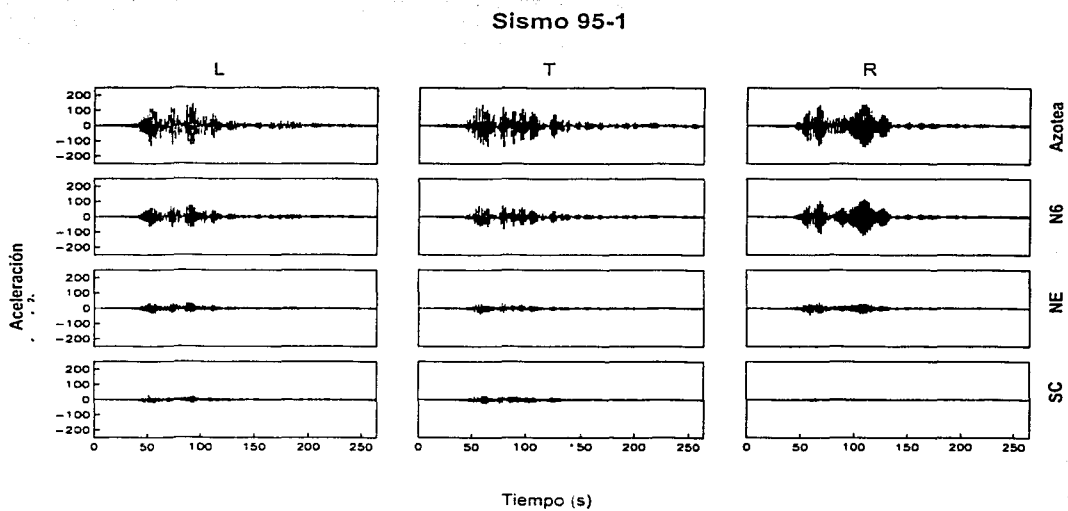


Figura 4.4 Acelerogramas de azotea, N6,NE,SC. Sismo 95-1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

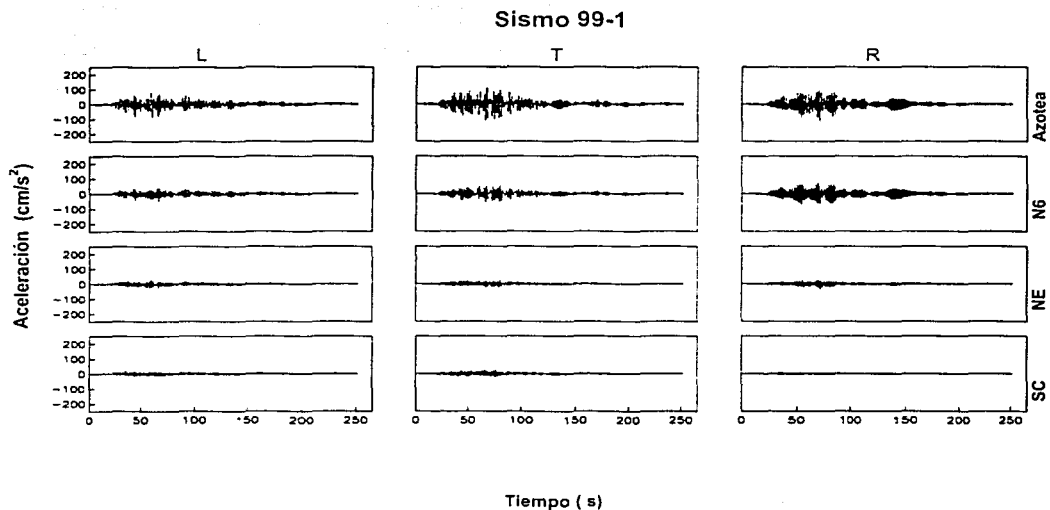


Figura 4.5 Acelerogramas de azotea, N6,NE,SC. Sismo 99-1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

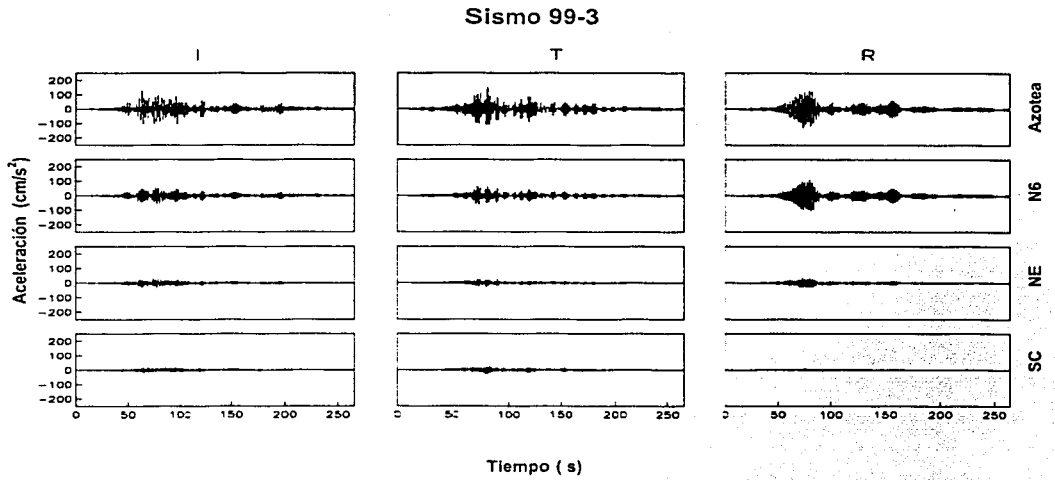


Figura 4.6 Acelerogramas de azotea, N6,NE,SC. Sismo 99-3.

## 5. ANÁLISIS CON TÉCNICAS NO PARAMÉTRICAS

### 5.1 Método de estimación no paramétrica

El empleo de técnicas no paramétricas en la estimación de las propiedades dinámicas de la estructura no implican en sí un modelo matemático del sistema. En general el análisis se realiza en el dominio del tiempo y de la frecuencia, a partir de la información que se obtiene de los registros en los puntos de medición. El método permite identificar frecuencias naturales de vibración, amortiguamientos modales, distorsiones de entrepiso, así como los efectos de torsión y si existe una adecuada instrumentación en la base, efectos de interacción suelo-estructura.

#### **Análisis en el dominio del tiempo**

#### **Aceleraciones, velocidades y desplazamientos**

A partir de los registros de aceleración obtenidos y de la aplicación de métodos de integración, se pueden obtener las historias de velocidades y desplazamientos, así como sus valores máximos.

Los registros que se obtienen de cada sismo se recuperan y se les asigna las características del instrumento (localización, orientación, etc). Se verifica la polaridad de los acelerogramas y se sincronizan en el tiempo. Posteriormente se aplica en cada registro un filtrado pasa banda Butterwoth con frecuencias de corte entre 0.10 y 30 Hz para eliminar los componentes frecuenciales que no son de interés. Se efectúa la corrección de línea base para determinar el eje de amplitudes cero a cada registro y por último se integran las aceleraciones corregidas para obtener las historias de velocidad y desplazamientos.

Las historias de aceleración, velocidad y desplazamiento obtenidas en cada punto de observación de una estructura instrumentada, están compuestas de diferentes tipos de movimiento, las cuales se pueden descomponer de la siguiente forma:

$$X_u^i = X_s + X_0 + X_c^i + X_e^i + X_u^i$$

donde

- $X_u^i$  Desplazamiento absoluto de traslación en el i-ésimo nivel
- $X_s$  Desplazamiento absoluto de traslación del suelo
- $X_0$  Desplazamiento de traslación en la base con respecto al suelo
- $X_c^i$  Desplazamiento de traslación en el i-ésimo nivel debido a cabeceo
- $X_e^i$  Desplazamiento de traslación de la estructura en el i-ésimo nivel
- $X_u^i$  Desplazamiento de traslación de la estructura en el i-ésimo nivel debida a torsión.

A partir de considerar como hipótesis que la losa del sótano es infinitamente rígida y que los diafragmas de entrepiso son infinitamente rígidos en su plano, se pueden determinar las contribuciones de la respuesta estructural de los movimientos de cabeceo y traslación de la base debidos a los efectos de interacción suelo-estructura (figura 5.1), así como los de flexión y torsión que se producen en la en la edificación. Mayor información en la recreación del movimiento se presenta en Murià Vila *et al* 2000b.

Del análisis se observó que la máxima aceleración registrada fue de 220 cm/s<sup>2</sup>, correspondiente al sismo 99-3. Las velocidades y desplazamientos máximos registrados están asociados a los sismos 99-3 y 95-1 con valores de 64 cm/s y 23 cm y 62 cm/s y 23 cm, respectivamente, en la dirección transversal del edificio. Los valores máximos siempre se presentaron en la esquina azotea este (AE). Los movimientos máximos en el sótano fueron producidos durante el sismo 95-1 en el cual se presentó una aceleración máxima de 33 cm/s<sup>2</sup>, una velocidad de 9 cm/s y un desplazamiento de 3.3 cm.

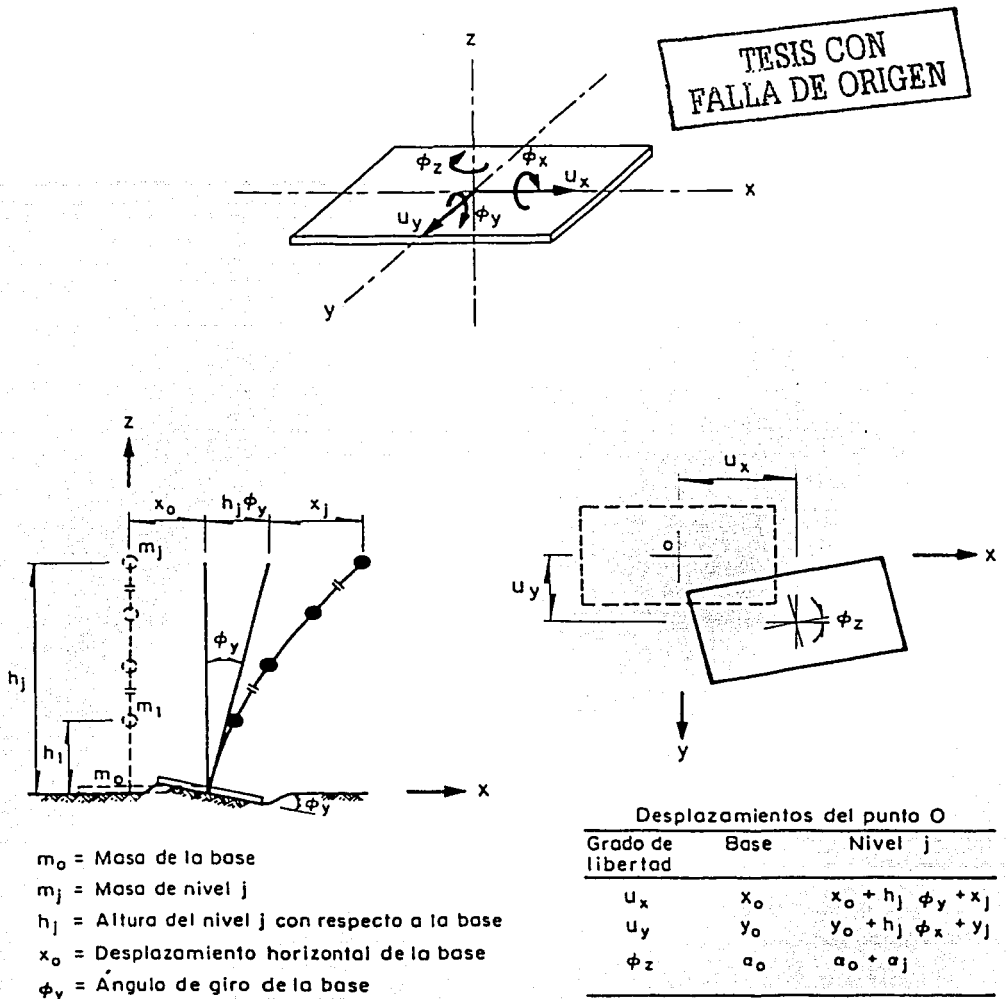


Figura 5.1 Idealización del sistema suelo-estructura

De los trece sismos registrados, se observa también que las amplificaciones de aceleración de azotea con respecto al sótano han sido entre 3 y 11 veces.

El mayor movimiento en el terreno se produjo durante el sismo 99-3 con aceleración, velocidad y desplazamiento de  $27 \text{ cm/s}^2$ ,  $8 \text{ cm/s}$  y  $3 \text{ cm}$ , respectivamente. Cabe mencionar que estos valores están relacionados a los cuatro últimos sismos registrados, a partir de la instalación de aparatos en el terreno en 1999.

De las diferencias de los desplazamientos absolutos entre los niveles instrumentados se estimaron las distorsiones de entrepiso promedio, dividiendo entre la altura de los niveles considerados.

Debido a que durante el sismo 99-3 y 99-4 ya se contaba con instrumentación en el terreno, se determinaron aproximadamente las distorsiones de la estructura, eliminando de los desplazamientos absolutos registrados en cada uno de los diferentes niveles del edificio, los movimientos de cuerpo rígido de traslación y cabeceo de la base asociados a los efectos de interacción suelo-estructura (ISE).

En la tabla 5.1 se muestran los valores de distorsiones de entrepiso máximos en la estructura y en el sistema suelo estructura. Ninguno de los valores sobrepasa el límite de distorsiones permisibles en las Normas de Construcción para el Distrito Federal, que en el caso de edificios con muros ligados a la estructura corresponde un valor de 0.60 por ciento, sin embargo durante los sismos 99-1 y 99-3 se presentaron valores de relativa importancia con 0.42 y 0.47 por ciento.

La diferencia que existe entre los valores de distorsión entre la estructura y el sistema suelo-estructura (tablas 5.2 y 5.3) varió hasta en 19 por ciento con un promedio de 6 por ciento, lo cual hace ver la poca influencia que tienen los efectos de ISE en los desplazamientos relativos del edificio.



Tabla 5.1 Distorsiones de entrepiso del sistema en porcentaje

EVENTO	DIRECCIÓN T			DIRECCIÓN L		
	SUELO-ESTRUCTURA			SUELO-ESTRUCTURA		
	AC-6C	6C-EC	EC-SC	AC-6C	6C-EC	EC-SC
90-1	0.15	0.13	0.06	0.08	0.09	0.06
94-3	0.31	0.29	0.14	0.19	0.18	0.11
95-1	0.55	0.46	0.22	0.36	0.36	0.22
95-2	0.38	0.30	0.15	0.19	0.20	0.11
97-2	0.07	0.06	0.03	0.06	0.07	0.04
99-1	0.42	0.31	0.14	0.20	0.20	0.13
99-2	0.06	0.06	0.03	0.04	0.05	0.03
99-3	0.47	0.36	0.17	0.26	0.26	0.17
99-4	0.07	0.05	0.02	0.07	0.08	0.04

Tabla 5.2 Comparación entre las distorsiones de entrepiso del sistema suelo-estructura y la estructura, componente T en porcentaje

EVENTO	SUELO-ESTRUCTURA			ESTRUCTURA		
	AC-6C	6C-EC	EC-SC	AC-6C	6C-EC	EC-SC
99-1	0.42	0.31	0.14	--	--	--
99-2	0.06	0.06	0.03	0.06	0.06	0.02
99-3	0.47	0.36	0.17	0.46	0.33	0.14
99-4	0.07	0.05	0.02	0.06	0.05	0.02

Tabla 5.3 Comparación entre las distorsiones de entrepiso del sistema suelo-estructura y la estructura, componente L en porcentaje

EVENTO	SUELO-ESTRUCTURA			ESTRUCTURA		
	AC-6C	6C-EC	EC-SC	AC-6C	6C-EC	EC-SC
99-1	0.20	0.20	0.13	0.20	0.19	0.12
99-2	0.04	0.05	0.03	0.04	0.05	0.03
99-3	0.26	0.26	0.17	0.25	0.25	0.16
99-4	0.07	0.08	0.04	0.07	0.08	0.04

### Análisis en el dominio de la frecuencia

El análisis de las propiedades dinámicas del sistema requiere obtener la información en el dominio de la frecuencia, el proceso consiste en un análisis espectral convencional (Bendat y Piersol, 1989), calculando las funciones de transferencia en amplitud y ángulos de fase, así como las funciones de coherencia entre las dos señales.

El método aplica lo siguiente:

Para obtener la información en el dominio de la frecuencia, a las historias de aceleración absoluta corregida ( $\ddot{X}(t)$ ) se les aplica la transformada rápida de Fourier, de acuerdo con:

$$\ddot{X}(f) = F[\ddot{x}(t)] = \int_0^t \ddot{x}(t) e^{-i2\pi ft} dt$$

Esta ecuación se puede escribir como:

$$\ddot{X}(f) = \int_0^t \ddot{X}(t) \cos 2\pi ft dt - i \int_0^t \ddot{X}(t) \sin 2\pi ft dt$$

Es decir, la amplitud de Fourier  $\ddot{X}(f)$  está compuesta por una parte real y una imaginaria

$$\ddot{X}(f) = \ddot{R}(f) - i \ddot{I}(f)$$

Los autoespectros de potencia de las señales se calcularon de acuerdo con

$$S_{xx}(f) = \ddot{X}^*(f) \ddot{X}(f)$$

Donde  $\ddot{X}^*(f)$  es el espectro conjugado de Fourier.

Como el espectro de amplitud es una función simétrica implica que

$$X(-f) = X^*(f)$$

y

$$S_{xx}^*(f) = S_{xx}(-f)$$

Dada esta propiedad, es conveniente definir los espectros de potencia como sigue:

$$G_{xx}(f) = \begin{cases} 2S_{xx}(f); & f > 0 \\ S_{xx}(f); & f = 0 \\ 0; & f < 0 \end{cases}$$

Se calculan los espectros cruzados de potencia para definir posteriormente la coherencia

$$S_{xy}(f) = \tilde{X}^*(f) \tilde{Y}(f)$$

donde

$$S_{xy}^*(f) = S_{xy}(-f)$$

y

$$G_{xy}(f) = \begin{cases} 2S_{xy}(f); & f > 0 \\ S_{xy}(f); & f = 0 \\ 0; & f < 0 \end{cases}$$

Donde  $\tilde{X}(f)$  y  $\tilde{Y}(f)$  son funciones de simetría de dos señales diferentes. La determinación de las propiedades dinámicas consiste principalmente en estimar las funciones de transferencia en amplitud (cocientes espectrales) y ángulos de fase, así como las funciones de coherencia entre las dos señales.

Las funciones de transferencia se obtienen de dos formas:

- Con el cociente de los autoespectros o de los espectros de Fourier de dos señales:

$$FT = \left( \frac{G_{xx}(f)}{G_{yy}(f)} \right)^{1/2} = \frac{\ddot{X}(f)}{\ddot{Y}(f)}$$

- Con el cociente del espectro cruzado de las dos señales consideradas y el autoespectro de una de ellas:

$$FT_{xy} = \frac{G_{xy}}{G_{xx}}$$

Las funciones de transferencia son iguales sólo si las dos señales están relacionadas linealmente (Bendat y Piersol, 1989).

Los resultados presentados en este trabajo corresponden a la obtención del espectro de Fourier con el primer procedimiento.

La correlación de cada componente frecuencial entre dos señales se obtiene recurriendo a la relación que hay entre las funciones del espectro cruzado y los autoespectros de cada señal.

$$G_{xy}(f)^2 \leq G_{xx}(f)G_{yy}(f)$$

a partir de la cual se define la función de coherencia como:

$$C^2(f) = \frac{G_{xy}(f)^2}{G_{xx}(f)G_{yy}(f)}$$

donde

$$0 \leq C^2(f) \leq 1$$

Los valores que adquiere la coherencia muestran la relación lineal entre las dos señales, si el valor de la coherencia es igual a uno se dice que el modelo tiene una relación lineal completa, si es igual a cero la relación es nula.

La función de cada par de señales analizadas se evalúan dividiendo las señales por tramos iguales. En este caso se eligieron 4096 puntos con los cuales se considera se puede obtener una buena resolución de frecuencia sin cometer errores numéricos en el análisis.

Con este procedimiento se obtuvo el ángulo de fase calculando el cociente de la parte real y la parte imaginaria de la función del espectro cruzado de potencia

$$G_{xy}(f) = A_{xy}(f) + iB_{xy}(f)$$

$$\theta_{xy}(f) = \tan^{-1} \frac{B_{xy}(f)}{A_{xy}(f)}$$

La cantidad de información que permite obtener un análisis espectral puede ser tan amplia dependiendo de la ubicación y la cantidad de instrumentos con los que se cuente.

La determinación de frecuencias y modos de vibrar se efectúa eligiendo ciertos puntos instrumentados de la estructura, en general se elige la azotea ya que en la mayoría de los casos es donde se presentan las mayores amplitudes de movimiento. Para identificar las frecuencias en diferentes componentes, se procede a la elección de las funciones de transferencia con mayor amplitud entre la azotea centro (AC) y sótano centro (SC) o bien el terreno (S).

En caso de contar con instrumentación en los pisos intermedios es posible calcular los cocientes espectrales entre la azotea y el piso determinado. Una vez establecidos los cocientes espectrales y recurriendo a los ángulos de fase y las

coherencias se está en posibilidad de identificar los valores de frecuencia asociados a cada una de las formas modales de la estructura. Por ejemplo, tratándose de un primer modo, los movimientos de todos los niveles deben estar en fase (ángulos de fase nulos) con respecto a los de azotea, y para un segundo modo, los movimientos de la azotea y el piso intermedio deben estar en fases opuestas (ángulos de fase de  $180^\circ$ ). Algunas ordenadas de menor amplitud pueden deberse a frecuencias de modos superiores de vibrar, pero si las coherencias son muy bajas se descartan.

El método permite calcular las fracciones de amortiguamiento crítico equivalente ( $h$ ), del sistema suelo estructura, se estimaron aproximadamente con el factor de amplificación dinámico, el cual corresponde a la amplitud del cociente espectral entre azotea centro (AC) y el terreno de la frecuencia fundamental del sistema.

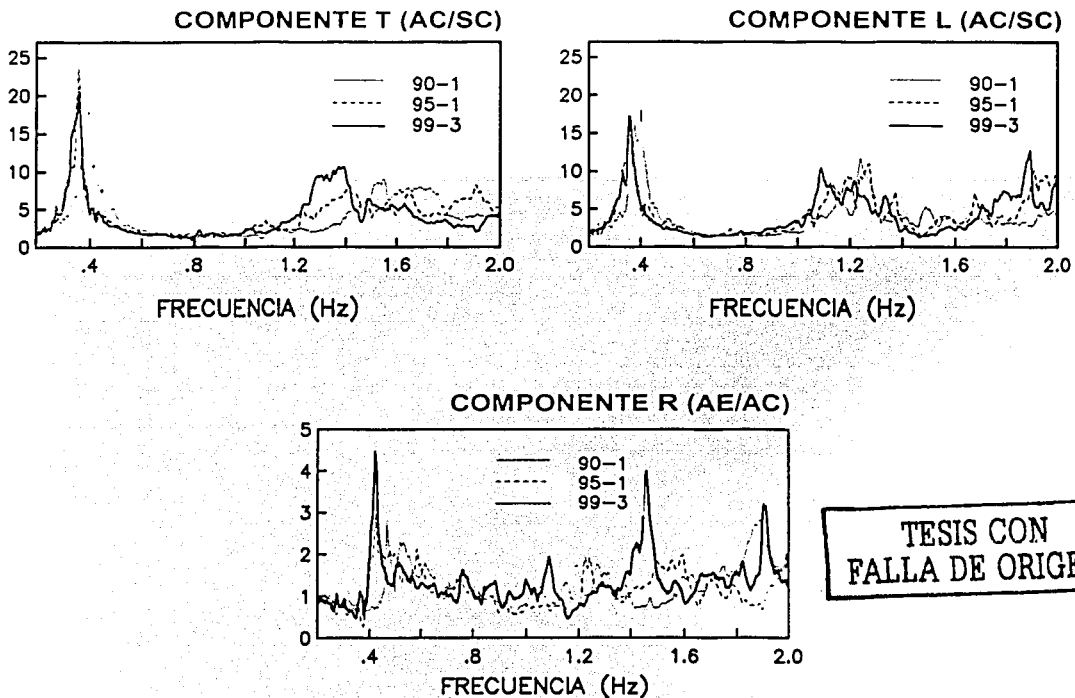
Cuando la instrumentación es lo suficientemente completa, y se cuenta con por lo menos tres aparatos en la base del edificio, es posible llegar a conocer los efectos de interacción suelo-estructura (ISE) y distinguir la influencia que tienen estos en la variación de las frecuencias del sistema.

## 5.2 Determinación de las propiedades dinámicas

Para la identificación de las frecuencias y modos de vibrar en los componentes longitudinal y transversal (L y T) respectivamente se eligió como referencia los puntos instrumentados en azotea centro (AC) y en azotea este (AE). Con el aparato AC se identificaron las frecuencias y modos de traslación en L y T, mientras que el instrumento de AE se empleó para identificar los efectos de torsión. Se calcularon las funciones de transferencia con respecto a los puntos instrumentados que contribuyen a detectar el modo de vibrar que se esté analizando, posteriormente se seleccionaron las frecuencias asociadas a ordenadas máximas de los diferentes cocientes espectrales.

La figura 5.2 presenta los cocientes espectrales entre los puntos azotea centro y sótano centro (AC/SC) de los componentes T y L respectivamente para los sismos 90-1,95-1 y 99-3, a fin de identificar el contenido de frecuencias traslacionales; así mismo se muestra el cociente espectral (AE/AC), asociado a los efectos de torsión.

El análisis de todos los sismos registrados y la metodología utilizada se describe en Muria Vila *et al*, 2000b y 2001a; varias de las ordenadas máximas de las funciones de transferencia corresponden a las frecuencias de vibración en los componentes T y L, respectivamente. Las frecuencias fundamentales de la estructura en los eventos más intensos, 95-1 y 99-3, son prácticamente iguales y difieren del primer evento 90-1, sismo de pequeña intensidad, lo que refleja su dependencia con la severidad de las solicitaciones.



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 5.2 Funciones de trasferencia para los eventos 90-1, 95-1 y 99-3

La tabla 5.2 muestra los intervalos de frecuencia obtenidos para los sismos estudiados y los determinados de la vibración ambiental después de ocurrido el evento 99-1 (sismo de Tehuacan). Los valores corresponden a las frecuencias estimadas de traslación y torsión, asociadas a los tres primeros modos de vibrar de la estructura. Ya que no es posible identificar las frecuencias claramente, se presentan intervalos de variación. A pesar del gran acoplamiento en la estructura, no se observan grandes variaciones entre un evento sísmico y otro.



Como era de esperarse, los eventos con menor intensidad de Arias presentaron frecuencias altas en el primer modo, mientras que para los sismos de mayor intensidad la tendencia es hacia frecuencias bajas. Tal es el caso del sismo 94-1 con valores de frecuencia de 0.35 a 0.42 Hz en dirección T, y de 0.35 a 0.43 Hz en dirección L, mientras que el sismo 99-1, con una intensidad de Arias de 17.56 cm/s presentó los menores valores de frecuencia en los movimientos horizontales con 0.32 a 0.36 Hz en dirección T, y de 0.32 a 0.37 Hz en dirección L. Para la torsión la menor frecuencia (0.41 Hz) corresponde al sismo 99-3 siendo este un evento de intensidad moderada.

El análisis no paramétrico muestra que las frecuencias fundamentales de la edificación son de 0.33 a 0.4 Hz en dirección T, de 0.34 a 0.4 Hz en dirección L y de 0.43 a 0.50 Hz en torsión. Es importante hacer notar la gran cercanía entre las frecuencias fundamentales de la estructura en los componentes T, L y en torsión y la frecuencia dominante del terreno con un valor de 0.47 Hz, lo cual evidencia condiciones cercanas a la resonancia al presentarse en ellos el efecto de pulsación y acoplamiento entre modos.

El análisis no paramétrico dificulta establecer con claridad las funciones de transferencia cuando la estructura presenta cierto acoplamiento en sus frecuencias de vibrar (Murià Vila, *et al*, 2000b). Los resultados obtenidos mediante este análisis proporcionaron intervalos de frecuencia que no dejan bien definido el comportamiento de la estructura durante la presencia de un sismo.

Debido a que existe una dependencia de la frecuencia con la amplitud del movimiento, es necesario realizar otro tipo de análisis que determine la variación de la frecuencia durante cada evento.

Tabla 5.2 Valores de frecuencia en Hz indicados para los trece eventos

Evento	Intensidad de Arias (cm/s)	Modo	Componente		
			T	L	TORSIÓN
90-1	0.83	1	0.36-0.42	0.37-0.42	0.46-0.57
		2	1.18-1.32	1.15-1.28	1.49-1.76
		3	2.25-2.56	2.40-2.47	-----
93-4	1.35	1	0.36-0.42	0.36-0.43	0.47-0.57
		2	1.17-1.28	1.17-1.39	1.52-1.69
		3	2.24-2.72	2.19-2.53	2.30-2.62
93-11	2.91	1	0.32-0.43	0.35-0.41	0.45-0.54
		2	1.18-1.35	1.15-1.26	1.40-1.71
		3	2.34-2.66	2.29-2.61	2.34-2.55
94-1	0.48	1	0.35-0.42	0.35-0.43	0.47-0.52
		2	1.22-1.44	1.23-1.29	1.48-1.72
		3	2.36-2.49	1.99-2.22	2.30-2.51
94-3	6.45	1	0.31-0.42	0.33-0.42	0.42-0.51
		2	1.20-1.34	1.16-1.34	1.36-1.59
		3	2.03-2.84	2.09-2.52	2.05-2.40
95-1	21.40	1	0.31-0.39	0.32-0.40	0.42-0.59
		2	1.21-1.33	1.12-1.29	1.35-1.45
		3	2.04-2.73	1.90-2.55	2.01-2.42
95-2	9.24	1	0.32-0.38	0.32-0.38	0.39-0.44
		2	1.19-1.34	1.09-1.33	1.35-1.46
		3	1.93-2.49	1.94-2.33	2.07-2.34

Tabla 5.2 (cont.) Valores de frecuencia en Hz indicados para los trece eventos

Evento	Intensidad de Arias (cm/s)	Modo	Componente		
			T	L	TORSIÓN
97-1	7.58	1	0.31-0.38	0.32-0.37	0.41-0.43
		2	1.11-1.26	1.10-1.23	1.26-1.58
		3	2.08-2.49	1.83-2.38	1.92-2.52
97-2	0.42	1	0.32-0.39	0.39	0.42-0.50
		2	1.07-1.20	1.06-2.25	1.33-1.60
		3	1.92-2.63	1.76-2.56	1.87-2.58
99-1	17.56	1	0.32-0.36	0.32-0.37	0.40-0.44
		2	1.00-1.172	1.05-1.19	1.27-1.56
		3	2.07-2.55	1.79-2.52	1.77-2.63
VA-1	-----	1	0.44	0.49	0.59
		2	1.71	1.47	1.86-2.2
99-2	0.71	1	0.34-0.40	0.34-0.40	0.41-0.46
		2	1.03-1.24	1.10-1.22	1.40-1.53
		3	1.95-2.63	1.78-2.52	1.85-2.50
99-3	20.88	1	0.33-0.37	0.35-0.37	0.41-0.43
		2	0.98-1.34	1.05-1.33	1.30-1.50
		3	2.08-2.62	1.86-2.61	1.91-2.56
99-4	0.65	1	0.35-0.40	0.35-0.40	0.43-0.55
		2	1.02-1.18	1.14-1.29	1.34-1.56
		3	2.17-2.56	1.76-2.53	1.86-2.48

## 6. ANÁLISIS CON TÉCNICAS PARAMÉTRICAS

Mediante la instrumentación de estructuras se ha comprobado que un sistema estructural puede sufrir variaciones de sus propiedades dinámicas ante excitaciones sísmicas, ya sea entre un sismo y otro e inclusive durante un mismo evento. Esta variación se ve básicamente reflejada en un cambio de su frecuencia fundamental de vibrar. Los movimientos sísmicos de gran intensidad pueden llevar a la estructura a niveles de esfuerzo dentro de intervalos no lineales, haciendo que el sistema pueda presentar un deterioro de su rigidez y un probable daño significativo durante su vida útil.

De los distintos métodos de análisis e identificación de parámetros dinámicos, destaca el uso de técnicas paramétricas modales, las cuales resultan una alternativa válida en el análisis de sistemas no lineales. Esta técnica determina la variación de los parámetros del sistema dividiendo la respuesta en un cierto número de tramos o ventanas en donde se considera un comportamiento lineal y es posible obtener en cada intervalo los valores de los parámetros desconocidos.

### 6.1 Método de estimación paramétrica

La estimación de los parámetros dinámicos, consistió en utilizar el programa de cómputo MIMO (*Multiple Input - Multiple Output*), especializado en la estimación e identificación de sistemas con múltiples señales de entrada y salida (registros sísmicos) de edificios instrumentados (Li y Mau, 1990). El programa se basa en el método de superposición modal, propuesto por Beck y Jennings (1980), en este planteamiento el sistema estructural representado como un sistema de ecuaciones diferenciales de segundo orden acopladas, de  $N$  grados de libertad, es transformado en un sistema de  $N$  ecuaciones diferenciales desacopladas de segundo orden, con una variable dependiente del tiempo cada una, correspondientes a los modos clásicos de vibrar. La respuesta del sistema estructural se representa como una superposición de un número de modos dominante (NM), que puede ser menor que el número de grados de libertad totales de la estructura.

Los parámetros del sistema se determinan ajustando las respuestas calculadas con respecto a las experimentales mediante el método de mínimos cuadrados. La hipótesis principal durante una misma ventana de tiempo es considerar que la estructura presenta un comportamiento lineal.

Con este método es posible identificar los parámetros estructurales que reproducen mejor el comportamiento modal del edificio como son:

- Frecuencia.
- Fracciones de amortiguamiento crítico.
- Participación de cada una de las excitaciones impuestas a la estructura.
- Factores de participación de modo de cada respuesta considerada en el modelo.
- Configuración modal.
- Velocidad inicial.
- Desplazamiento inicial.

En un sistema donde se consideran como entrada los registros de aceleración en la base y como salida el desplazamiento relativo en algún punto de la estructura, la ecuación desacoplada del movimiento para cada modo de vibrar es:

$$\ddot{X} + a_2^{(r)} \dot{X}^{(r)} + a_1^{(r)} x^{(r)} = -a_3^{(r)} \ddot{Z}(t)$$

Y los valores de desplazamiento y velocidad inicial modal están dados por

$$X_{(ii)}^{(r)} = a_4^{(r)}, \quad \dot{X}_{(ii)}^{(r)} = a_5^{(r)}$$

Donde:

$a_1^{(r)} = \omega_r^2$	Frecuencia modal
$a_2^{(r)} = 2\zeta_r \omega_r$	$\zeta_r$ es la fracción de amortiguamiento crítico
$a_3^{(r)} = P_r$	Factor de participación modal efectiva para el modo r en el punto de medición.
$a_4^{(r)}$	Contribución del modo r al desplazamiento inicial
$a_5^{(r)}$	Contribución del modo r a la velocidad inicial
$\ddot{Z}$	Es el registro de aceleración en la base en el componente especificado
$X$	Es el desplazamiento modal con respecto a la base en el componente especificado

La respuesta modal en términos de desplazamiento es una función del tiempo y de cinco parámetros como se indica

$$X(t; a^{(1)}, \dots, a^{(NM)}) = \sum_{r=1}^{NM} X^{(r)}(t, a^{(r)})$$

Los parámetros a ser estimados son

$$a^r = [a_1^{(r)}, a_2^{(r)}, a_3^{(r)}, a_4^{(r)}, a_5^{(r)}] \quad , \quad r = 1, 2, 3, \dots, NM$$

La determinación de cada parámetro se realiza partiendo de unos valores iniciales propuestos, a través de la minimización de la siguiente función que evalúa el error cuadrático de la diferencia de las respuestas del modelo matemático con las del sistema real

$$J(a^1, \dots, a^{(NM)}) = k_1 v_1 \int_0^f (x_3 - X)^2 dt + k_2 v_2 \int_0^f (v_0 - \dot{X})^2 dt + k_3 v_3 \int_0^f (a_0 - \ddot{X})^2 dt$$

En la expresión anterior,  $x_0$ ,  $v_0$  y  $a_0$  representan los registros de desplazamiento, velocidad y aceleración relativos, respectivamente. Los valores  $k_1$ ,  $k_2$  y  $k_3$  pueden valer 0 o 1, y se seleccionan según el componente de respuesta estructural (desplazamiento, velocidad o aceleración) que se desee usar en el análisis;  $v_1$ ,  $v_2$  y  $v_3$  son parámetros que normalizan cada integral;  $t_i$  y  $t_f$  son el tiempo inicial y final de un registro para el cual desea hacerse el análisis.

El método para la minimización de  $J$  se lleva a cabo en cuatro pasos: barrido modal, minimización de un modo, minimización unidimensional y evaluación numérica de  $J$ .

El barrido modal consiste en agregar consecutivamente un modo a la respuesta. Se hace la minimización de  $J$  respecto al primer modo y una vez que se tiene la convergencia de éste, se proponen parámetros iniciales para un siguiente modo, mientras se mantienen fijos los parámetros ya identificados, agregando modos sucesivamente hasta que el valor de  $J$  sea inferior a un límite especificado.

Para un modo  $r$  en particular se minimiza  $J$  con respecto a los cinco parámetros mencionados anteriormente. Los más importantes a determinar son  $a_1^{(r)}$  y  $a_2^{(r)}$  ya que debido a la linealidad del modelo, la minimización de  $a_3^{(r)}$ ,  $a_4^{(r)}$  y  $a_5^{(r)}$  puede ser expresada en función de los dos primeros (Beck, 1979).

Para minimizar  $J$  respecto a  $a_1^{(r)}$  y  $a_2^{(r)}$  se recurre a un proceso iterativo de minimizaciones unidimensionales, en el cual primero se minimiza  $J$  respecto a  $a_1^{(r)}$ , manteniendo fijo  $a_2^{(r)}$  y luego con respecto a  $a_2^{(r)}$  manteniendo fijo  $a_1^{(r)}$ . Las minimizaciones unidimensionales se hacen encontrando el mínimo de una parábola que contiene ese valor.

Después de hacer el barrido para los diferentes modos, se tiene una nueva estimación de los parámetros estructurales. El método converge al valor mínimo local más cercano de los parámetros iniciales propuesto. Es importante hacer

notar que la precisión del análisis depende de los parámetros antes mencionados, por lo que es recomendable contar con un estudio complementario. En este caso se utilizaron como valores iniciales los resultados obtenidos en el análisis no paramétrico.

En el caso de identificación de los parámetros dinámicos utilizando el programa MIMO, las excitaciones y respuestas del sistema corresponden a los registros de aceleración en la base y aceleración relativa, respectivamente.

El programa permite analizar sistemas con múltiples entradas y múltiples salidas. Los registros de respuesta medidos en el sistema estructural se denotan por  $a_{0i}$ ,  $i=1,2,\dots,n$  y los de excitación por  $a_{gk}$ ,  $k=1,2,\dots,m$ , así en el análisis se tendrá un sistema de  $n$  respuestas y  $m$  excitaciones dependiendo del modelo.

Se considera que la respuesta  $a_{0i}$  representa las aceleraciones relativas del sistema con respecto a las de la excitación  $a_{gk}$ . La aceleración calculada  $a_i$  en términos de sus respuestas modales  $u_j$  se puede expresar por la ecuación siguiente:

$$a_i = \sum_j^n \phi_{ij} \ddot{u}_j$$

Donde:

Los valores de  $\ddot{u}_j$  son las respuestas modales y los de  $\phi_{ij}$  son los "componentes de la forma modal del modo "j" en la respuesta "i".

Las respuestas modales se definen por la ecuación de segundo orden:

$$\ddot{u}_j + 2\zeta_j \omega_j \dot{u}_j + \omega_j^2 u_j = \sum_k^m P_{jk} a_{gk}$$

Siendo  $\zeta_j$  la fracción de amortiguamiento crítico del modo "j",  $\omega_j$  es la frecuencia natural del modo "j" (rad/s),  $P_{jk}$  es el factor de participación del modo "j" con respecto a la excitación "k" y  $a_{gk}$  es la aceleración de la excitación "k".



La solución de la ecuación anterior se puede expresar en términos de la integral de Duhamel, con la cual es posible obtener la solución analítica para la función de excitación  $a_{gk}(t)$ , suponiendo que se presenta por segmentos lineales sucesivos y espaciados a cada intervalo de tiempo, es decir:

$$\ddot{u}_j = e^{-\zeta_j \omega_{dj} t} \left\{ \left[ -2\zeta_j \omega_{dj} \dot{u}_j(0) \right] \cos \omega_{dj} t + \frac{1}{\omega_{dj}} \left[ -\omega_{dj}^2 (1 - 2\zeta_j^2) u_j(0) + \zeta_j \omega_{dj}^3 u_j(0) \right] \text{sen } \omega_{dj} t \right\} \\ + \sum_k P_{jk} \left\{ a_{gk}(t) + \frac{1}{\omega_{dj}} \int_0^t a_{gk}(\tau) e^{-\zeta_j \omega_{dj} (t-\tau)} \left[ -2\zeta_j \omega_{dj} \cos \omega_{dj} (t-\tau) - \omega_{dj}^2 (1 - 2\zeta_j^2) \text{sen } \omega_{dj} (t-\tau) \right] d\tau \right\}$$

Donde  $\omega_{dj}$  es la frecuencia amortiguada,  $\dot{u}_j(0)$  es la velocidad modal inicial y  $u_j(0)$  es el desplazamiento modal inicial. En la expresión anterior el primer término representa la vibración libre del sistema y el segundo la vibración forzada, lo cual se puede expresar de la siguiente forma:

$$\ddot{u}_j = (\ddot{u}_j)_{\text{libre}} + (\ddot{u}_j)_{\text{forzada}}$$

El programa identifica los parámetros modales  $\omega_j$ ,  $\zeta_j$ ,  $P_{jk}$ ,  $u_j(0)$ ,  $\dot{u}_j(0)$  y  $\phi_{ij}$  mediante un proceso de iteración; se proponen valores iniciales de estos parámetros y utiliza el método de mínimos cuadrados para minimizar la función criterio J.

La función criterio J es una función integral que evalúa el error cuadrático de la diferencia de las respuestas del modelo matemático con las del sistema real e indica cómo es el ajuste entre dichas respuestas. Esta función representa un índice de error absoluto y está dada por:

$$J = \sum_i \sum_s \{ a_{oi}(s\Delta t) - a_i(s\Delta t) \}^2$$

En la expresión la sumatoria en el tiempo se lleva a cabo en intervalos  $\Delta t$  constante. El símbolo  $s$  representa el número de intervalo de tiempo.

Una vez concluido el proceso de identificación se pueden obtener otros índices de errores relativos a J (a nivel global y para cada registro), esto con el fin de evaluar la calidad del ajuste de las respuestas (Li y Mau, 1990).

Siendo

$$E = \frac{\sum_i \sum_s [a_{oi}(s\Delta t) - a_i(s\Delta t)]^2}{\sum_i \sum_s [a_{oi}(s\Delta t)]^2}$$

El error relativo correspondiente a J

y

$$E = \frac{\sum_s [a_{oi}(s\Delta t) - a_i(s\Delta t)]^2}{\sum_s [a_{oi}(s\Delta t)]^2}$$

El error relativo para cada registro de respuesta

Los índices de error proporcionan información útil para evaluar los resultados obtenidos en la identificación.

El programa MIMO permite obtener los índices de contribución de cada modo estimado en el cálculo de las respuestas. La contribución del modo "j" a la respuesta "i" se expresa como:

$$R_{ij} = \frac{\sum_i [\varphi_{ij} u_j(s\Delta t)]^2}{\sum_s a_{oi}^2(s\Delta t)}$$

## Modelación

El método general de modelado e identificación debe considerar por lo menos los siguientes puntos:

- Postular el tipo de modelo de acuerdo a la disposición de datos en la estructura.
- Estimar los parámetros desconocidos del modelo por medio de los registros.
- Validar la calidad del ajuste del modelo y los datos reales.

En estudios anteriores, realizados a edificios instrumentados, se observa que las estructuras presentan cambios en sus frecuencias naturales de vibración, variando en función de las amplitudes de excitación que las afectan.

El programa MIMO, permite llevar a cabo un análisis secuencial por ventanas de corta duración; dando oportunidad de estudiar la variación de los parámetros a lo largo del sismo, para cada uno de los intervalos se considera que el edificio mantiene un comportamiento lineal.

La metodología a seguir en la identificación de parámetros dinámicos con múltiples entradas y salidas consiste en:

- Definir las respuestas y excitaciones a considerar en el modelo, dependiendo de los componentes de análisis con los que se cuente y el tipo de movimiento a identificar. Se debe tener especial cuidado en verificar que los registros correspondan a un mismo tiempo de disparo y que la señal sea continua durante todo el evento sísmico. Es importante señalar que las respuestas deben medirse relativas a las excitaciones.

- Determinar el intervalo de tiempo que considerará el análisis de la ventana, con el fin de identificar adecuadamente la frecuencia fundamental. Se recomienda que el tamaño de la ventana sea por lo menos tres veces el periodo de la estructura (Pérez, 1995); ya que existen casos en que una ventana demasiado pequeña pierde la resolución necesaria en la identificación.
- Preparar el archivo de datos para el programa MIMO con la siguiente información: número de modos a identificar, intervalo de tiempo entre dato y dato en los registros de aceleración, número de datos incluidos en la ventana, número de respuestas, número de excitaciones, inicio de la ventana, número de parámetros fijos cuando se analizan modos superiores; así como los parámetros iniciales de frecuencia, amortiguamiento, participaciones de cada excitación, velocidad y desplazamiento inicial en cada modo. El análisis de un evento se inicia considerando los valores obtenidos de estudios previos, ya sea de los resultados de pruebas de vibración ambiental o bien de un análisis espectral. En las ventanas sucesivas, los parámetros iniciales corresponden a los valores identificados de la ventana anterior.
- La identificación de cada modo se realiza de uno a la vez; cuando el análisis converge se debe verificar la concordancia entre los parámetros, es decir que las formas modales representen adecuadamente el modo estimado, que los valores de amortiguamiento sean razonables para el tipo de estructura y que los errores de ajuste sean aceptables. Una vez identificados los parámetros se agregan los datos iniciales del siguiente modo según sea necesario.

Una forma de determinar la validez de los parámetros identificados es obtener la suma de los porcentajes de participación en cada respuesta, dicha suma de porcentajes deberá ser cercana al cien por ciento.

## **6.2 Modelos empleados**

De acuerdo a la disposición en la que se presentan los acelerógrafos se optó por una serie de configuraciones con distintas respuestas y excitaciones, seleccionando aquellas que modelaran de manera adecuada el comportamiento del edificio.

En este estudio se plantean dos tipos de modelos, los modelos tipo I que consideran la información obtenida en azotea y sótano, lo que equivaldría a estudiar el caso de instrumentación más limitado; así como el modelo tipo II que además incluye las respuestas registradas en niveles intermedios.

Inicialmente, para definir los modelos del edificio PC se recurrió a los que se adoptaron en el edificio JAL (Toro, 1997 y Zapata, 2001).

A partir de los registros obtenidos en cada canal, se determinaron las respuestas y excitaciones consideradas en los diferentes modelos.

Los movimientos de traslación en el centro de cada nivel, referidos al sótano centro, tanto en dirección longitudinal como transversal ( L y T ) fueron tomados como respuestas. Los efectos de torsión ( R ) se calcularon como la diferencia entre los registros de traslación relativos al sótano centro de la esquina-este en cada nivel y el registro en la posición centro de cada planta instrumentada. En cuanto a las excitaciones se consideraron los dos componentes horizontales de sótano centro (SC) y el de torsión.

## Modelos tipo I

El inicio del análisis paramétrico modal requirió corroborar la eficiencia del método en la estimación de las características dinámicas del edificio. En primer lugar se consideraron tres variantes del modelo tipo I, los cuales se evaluaron anteriormente para el edificio Jal (Toro, 1997), en los que se permite identificar de una manera satisfactoria las frecuencias y amortiguamientos del sistema tomando en cuenta sólo las respuestas en azotea y excitaciones en el sótano.

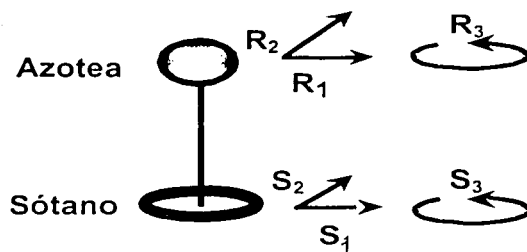
La primera variante consistió en un análisis plano en el componente L ( modelo 1L), la segunda en el componente T (modelo 1T) y la tercera evaluando un modelo tridimensional, en el cual se incluyen las dos respuestas y excitaciones de traslación (L y T), así como así como los efectos de torsión. Los modelos se muestran esquemáticamente en la figura 6.1.

Las tres variantes fueron empleadas en el análisis de los sismos 90-1 y 99-3. En la figura 6.2 se hace una comparación entre la respuesta registrada y calculada en un tramo de 25 s durante el sismo 90-1. Se observa que los modelos 1L, 1T y 3D reproducen de manera satisfactoria la respuesta de la estructura.

De las primeras dos variantes (modelos 1L y 1T) se observó que los valores mayores de frecuencia siempre corresponden al modo de torsión, mientras en los componentes L y T no quedan bien definidas, el menor valor de frecuencia varía presentándose en algunas ventanas en la dirección L y algunas otras en T, como consecuencia de la gran cercanía de frecuencias en esas direcciones (figura 6.3).

La tercera variante del modelo tipo I fue empleada para comparar los resultados al considerar la respuesta y excitación en torsión, en este caso se observó una apreciable mejoría en los resultados (figura 6.3). Con el modelo 3D se obtuvieron simultáneamente la respuesta en azotea en los tres componentes y los correspondientes factores de participación de cada modo. En este caso la frecuencia menor siempre corresponde al componente T, al menos en los sismos estudiados en una primera etapa, y la frecuencia mayor a R .

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Modelos	1L	1T	3D
Respuestas de Azotea	$R_1$	$R_2$	$R_1, R_2$ y $R_3$
Excitaciones	$S_1$	$S_2$	$S_1, S_2$ y $S_3$

En el cual:

$R_1$  es la respuesta de traslación en L, medida en la azotea

$R_2$  es la respuesta de traslación en T, medida en la azotea

$R_3$  es la respuesta de torsión, medida en la azotea

$S_1$  es la excitación de Traslación en L, en el sótano

$S_2$  es la excitación de traslación en T, en el sótano

$S_3$  es la excitación de torsión, en el sótano

Figura 6.1 Modelos tipo I

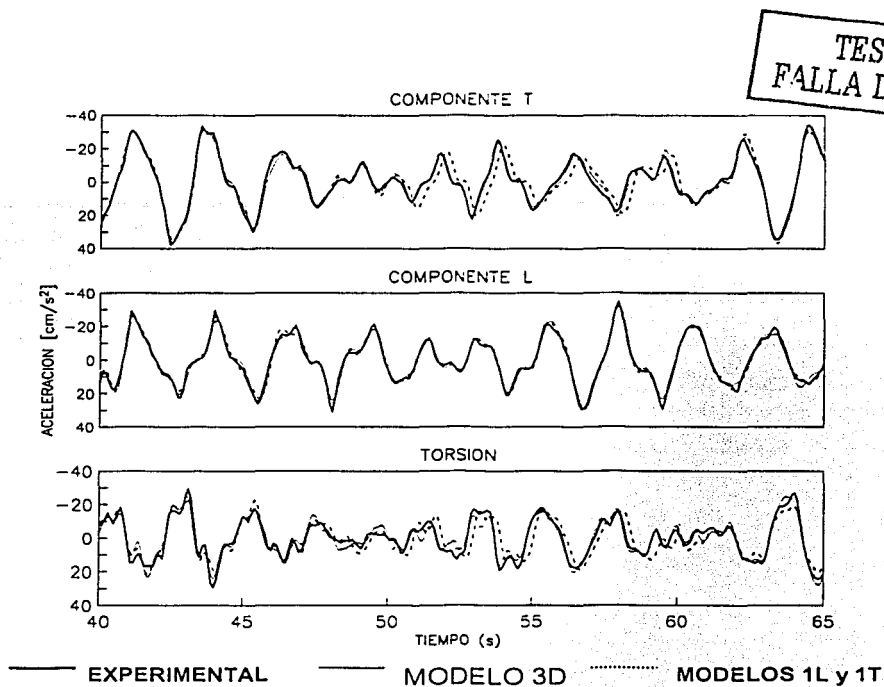


Figura 6.2. Comparación entre la respuesta medida y calculada para el evento 90-1



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

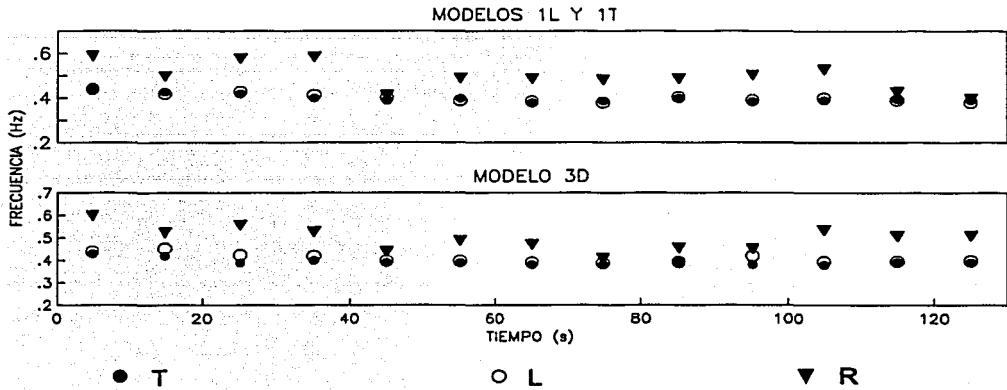


Figura 6.3 Comparación de la frecuencia fundamental para los modelos 1L, 1T y 3D, en los componentes L, T y R

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

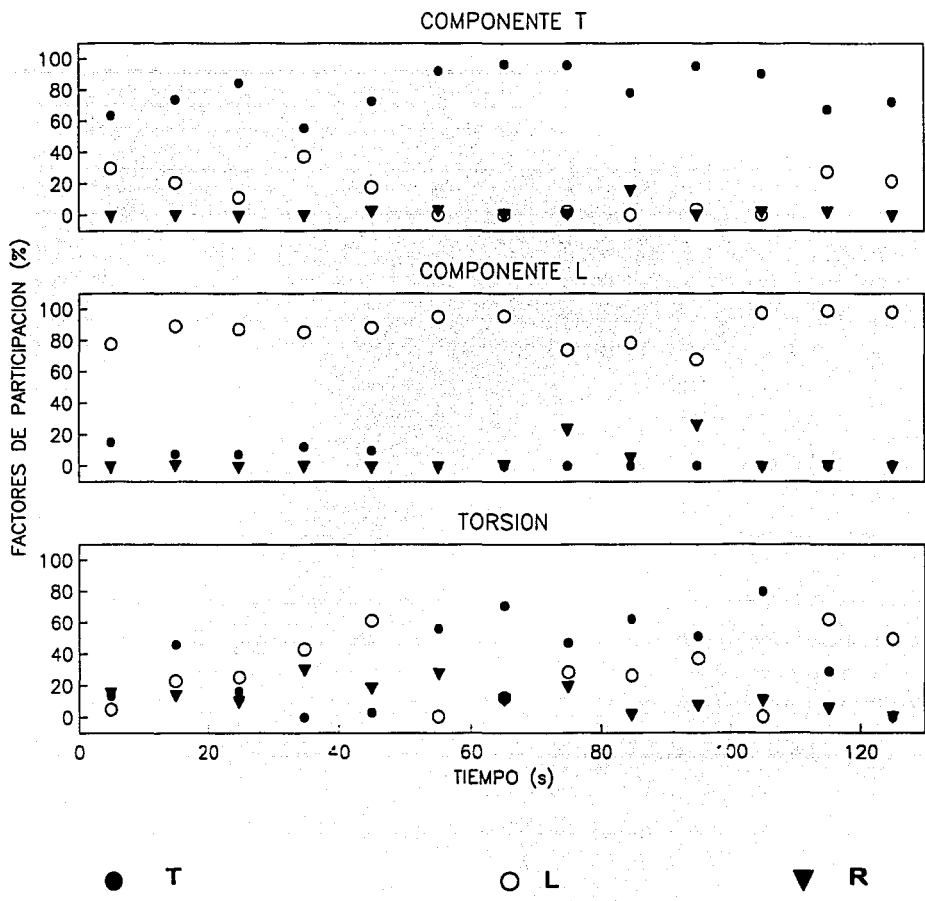


Figura 6.4 Factores de participación obtenidos con el modelo 3D durante el evento 90-1

En la figura 6.4 se muestra la variación de los factores de participación de los modos fundamentales identificados con el modelo 3D durante el evento 90-1; dichos factores determinan la contribución total de cada modo en una respuesta determinada.

En el modelo 3D del sismo 90-1 se observa que las frecuencias en el componente T y L quedan bien definidas con factores de participación arriba del 96 por ciento en el primer caso y entre el 83 y 99 por ciento en el segundo, el componente R presenta contribuciones entre el 42 y 97 por ciento, sin embargo se observan grandes acoplamientos en las tres direcciones.

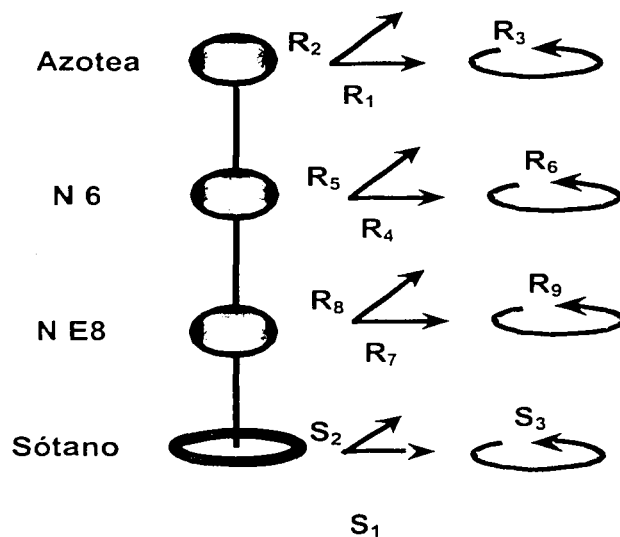
Con los porcentajes de participación de los modos fundamentales en cada respuesta, se pudo definir el orden de las frecuencias modales y observar que el mayor acoplamiento se presenta en la respuesta de torsión.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en estos eventos, se destaca la importancia del estudio de un modelo tridimensional, con la finalidad de determinar adecuadamente su comportamiento. Cabe destacar que aún cuando el edificio presenta una estructuración irregular, los modelos empleados son adecuados en el estudio. Los valores de frecuencia obtenidos en cada caso fueron muy cercanos a los calculados con el análisis no paramétrico.

La segunda etapa del estudio corresponde al análisis de los seis sismos restantes, en los cuales únicamente se consideró modelos tridimensionales.

## **Modelos tipo II**

Debido a los resultados que mostraron los modelos tipo I, se propuso un análisis más detallado de la respuesta de la estructura, durante tres de los sismos más intensos (95-1, 99-1 y 99-3). El modelo considera dos grados de libertad de traslación y el componente de torsión, tanto en azotea como en dos de los pisos intermedios; las mismas direcciones de los registros del sótano fueron empleadas como excitaciones (figura 6.5).



Donde

- $R_1$  respuesta de traslación en L de la azotea
- $R_2$  respuesta de traslación en T de la azotea
- $R_3$  respuesta de torsión de la azotea
- $R_4$  respuesta de traslación en L del nivel 6
- $R_5$  respuesta de traslación en T del nivel 6
- $R_6$  respuesta de torsión del nivel 6
- $R_7$  respuesta de traslación en L del nivel E8
- $R_8$  respuesta de traslación en T del nivel E8
- $R_9$  respuesta de torsión del nivel E8
- $S_1$  excitación de traslación en L del sótano
- $S_2$  excitación de traslación en T del sótano
- $S_3$  excitación de torsión del sótano

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Figura 6.5 Modelos tipo II

### 6.3 Estimación de las propiedades dinámicas

La estimación de los parámetros dinámicos se llevó a cabo por medio de un análisis por ventanas según lo descrito en la sección 6.2. Los sismos estudiados se dividieron en general en ventanas de 10 s. En algunos casos donde debido a los acoplamientos, no se identificaba con claridad si la frecuencia a la que se convergía correspondía al componente transversal o longitudinal, o bien los índices de error eran altos, se propusieron ventanas de 15 y 20 s. A manera de ejemplo de los resultados obtenidos y criterios de identificación, se presenta el análisis del sismo más intenso correspondiente al evento 95-1 (modelos tipo I y tipo II).

#### Modelo tipo I

La frecuencia media obtenida con el modelo tipo I en los componentes T, L y torsión en primer modo corresponden a 0.36, 0.37 y 0.44 Hz, mientras el segundo modo toma valores 1.36, 1.18 y 1.61 Hz en las mismas direcciones, respectivamente.

El modelo tipo I permitió la identificación de frecuencias desde el inicio del registro, en este caso se consideró una ventana de 20 s; sin embargo se observa en la tabla A.3 un índice de error total inicial de 45 por ciento. Es común que los índices de error total sean mayores al inicio del registro como consecuencia de una amplitud de la señal muy pobre durante los primeros segundos.

La frecuencia no permanece constante a lo largo del evento (tabla A.3), sin embargo no se presentan grandes variaciones como en otros casos estudiados (Toro,1997).

Los factores de participación resultan de gran importancia en el momento de la identificación de frecuencias modales, su correcta interpretación ayuda a relacionar la frecuencia al componente de movimiento al que pertenece.

En los dos modelos, la frecuencia estimada se asoció al componente que mayor contribuyó en la respuesta de cada modo. A pesar de que en los modos superiores las contribuciones fueron muy pequeñas, en la mayoría de los casos fue posible relacionarlas a una dirección.

Cuando se presentan fuertes acoplamientos entre los componentes L, T y la torsión en donde la asociación de frecuencias no es evidente a simple vista. El procedimiento a seguir es identificar la frecuencia que mayor contribuye a la respuesta, por ejemplo L; en caso de estar acoplados los siguientes modos presentan participaciones cercanas entre componentes acoplados, por ejemplo L y T. Debido a que la respuesta en L ya está identificada la segunda frecuencia se asocia a T aún cuando la participación sea mayor en L, la participación en L será menor a la obtenida en la identificación de la primera frecuencia.

Si el acoplamiento se da entre la torsión y cualquiera de los otros dos componentes sobre todo con T en donde fue evidente una tendencia a ser la menor de las frecuencias, y las participaciones están acopladas entre componentes, ésta se asocia al modo que tenga el valor de frecuencia más cercana a la obtenida en algún tipo de análisis de apoyo previo (por ejemplo, vibración ambiental o un análisis no paramétrico) o bien según la tendencia que se observe en la señal o en ventanas cercanas a la ventana en estudio.

La figura 6.6 presenta las gráficas de acoplamiento entre los tres grados de libertad en la identificación de cada modo fundamental 1L, 1T y 1R (sismo 95-1, modelo tipo I), las regiones encerradas muestran porcentajes de participación altos y cercanos entre componentes. Un ejemplo de identificación de frecuencias donde se presentó una cierta dificultad debido al acoplamiento entre componentes se muestra en la ventana 125 a 145 s, se observa que la primera frecuencia que se definió claramente corresponde al modo 1T, con una participación de 98% en esa dirección; al determinar la siguiente frecuencia, la contribución del componente L es de 71 por ciento, mientras la contribución del componente de

torsión es de 91 por ciento; en este caso la frecuencia se asoció al modo 1L considerando: que el valor de la frecuencia identificada (0.35Hz) era muy pequeña respecto a la tendencia que se tenía en ventanas cercanas en el modo 1R y que las frecuencias que se encuentran acopladas en ese intervalo (L y R) fueron identificadas con valores de participación altos y bien definidos en las ventanas más próximas, lo cual descartaría la posibilidad de que la frecuencia de torsión baje drásticamente en un periodo tan corto en donde adicionalmente la amplitud de la señal en torsión es baja.

El modo fundamental contribuyó en la respuesta en un promedio de 73 por ciento para las componentes L y T, con valores por arriba del 85 por ciento en más de la mitad de las ventanas analizadas (figura 6.6), mientras el segundo modo con valores máximos de 8 y 11 por ciento (figura 6.7), respectivamente. En el caso de la torsión, su participación en el modo fundamental estuvo, en promedio, arriba del 45 por ciento y el segundo modo presentó un valor máximo de 15 por ciento. Lo anterior indica que al estimar las dos primeras formas de vibrar se tiene un ajuste aceptable entre la respuesta medida y calculada.

En la tabla B3 se muestran los factores de participación de cada componente a los seis modos identificados (modos 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R), al sumar dichas participaciones la respuesta de la estructura estuvo asociada, en promedio, a factores de contribución total del 94,96 y 85 por ciento en los componentes L,T y R respectivamente, ratificando la validez del modelo. También se observa en la misma tabla que en la mayoría de los casos, el componente de azotea en L presenta sus mayores porcentajes de participación asociados a los modos 1L y 2L, mientras el componente T toma sus mayores valores en los modos 1T y 2T y en el componente de torsión ocurre algo semejante para los modos 1R y 2R, salvo algunas excepciones en donde se presentaron participaciones cercanas entre componentes.

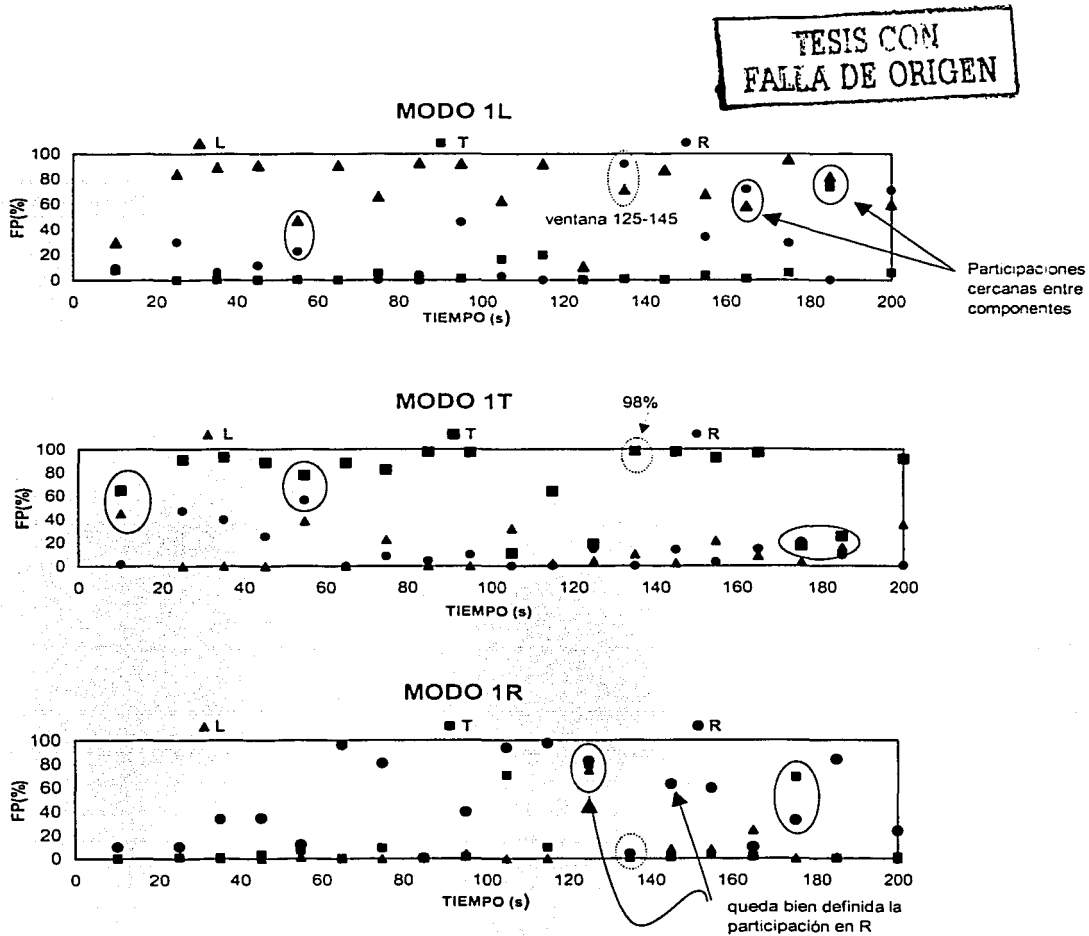
Es evidente que los diferentes componentes considerados T, L y torsión, presentan un cierto acoplamiento en cada una de las frecuencias estimadas, lo cual deja claro que un modo, en algunos casos, contribuye fuertemente en las respuestas de los tres componentes en lugar de uno solo (figuras 6.6 y 6.7 regiones encerradas), lo que equivaldría a tener movimientos desacoplados.

El realizar el análisis por ventanas permitió identificar el orden en que se presentan las frecuencias del sistema, en general se distingue en forma ascendente las correspondientes a los componentes T, L y torsión, el orden se mantuvo constante salvo en algunos casos donde el factor de participación en el componente que se estaba identificando fue considerablemente alto.

En cuanto a los errores relativos en la estructura, presentaron valores entre 5 y 39 por ciento en los componentes L y T, los valores máximos se obtuvieron en el componente de torsión.

La variación de los parámetros identificados para el evento 95-1 y el resto de los sismos estudiados se muestran en las figuras 6.10 a 6.12. Se observa que las fracciones de amortiguamiento crítico presenta variaciones mayores en su estimación, la justificación puede corresponder a la gran incertidumbre que existe en la determinación de este parámetro. En el análisis el amortiguamiento se dejó variar de acuerdo al ajuste del programa MIMO, dentro de intervalos razonables. En ventanas donde el valor del amortiguamiento caía por debajo del 1 o por arriba del 15 por ciento el amortiguamiento se fijó tomando en cuenta la variación de la señal y en general el ajuste estuvo en un intervalo de 2 al 5 por ciento, valores comunes de amortiguamiento para estructuras de concreto, además se verificó que la frecuencia en estos casos no variaba al fijar este parámetro.





**Figura 6.6** Factores de participación en porcentaje de los componentes L, T y R en azotea a los modos 1L, 1T y 1R, correspondientes al modelo tipo I evento 95-1

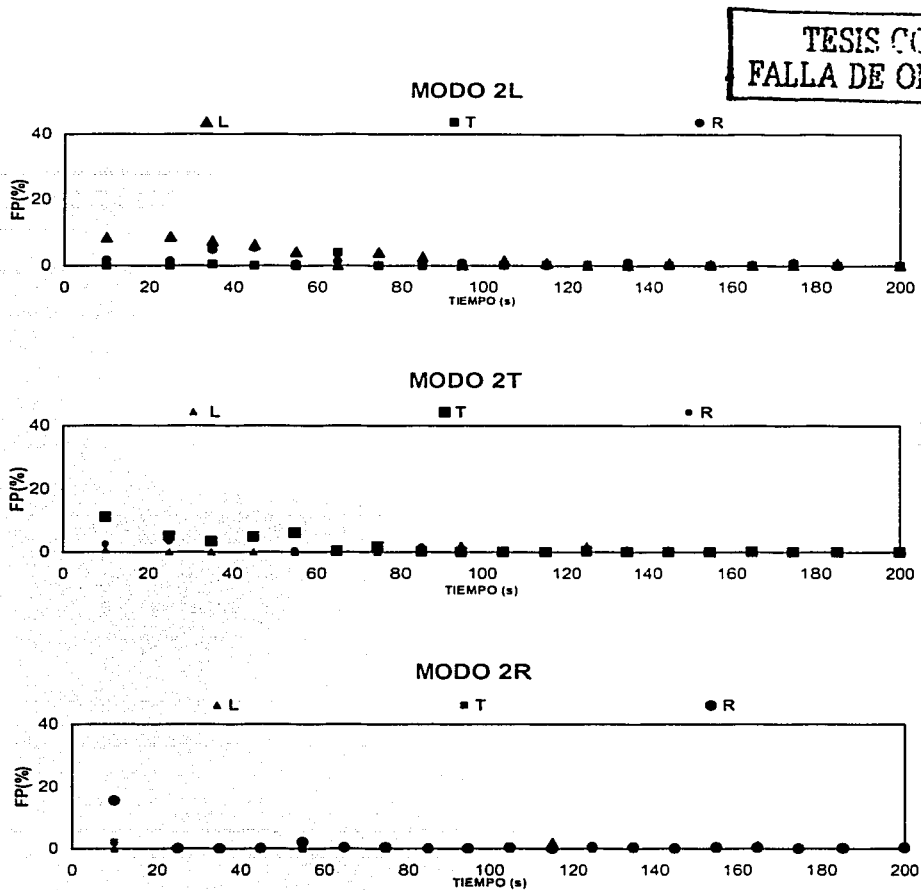


Figura 6.7 Factores de participación en porcentaje de los componentes L, T y R en azotea a los modos 2L, 2T y 2R, correspondientes al modelo tipo I evento 95-1

### Modelo tipo II

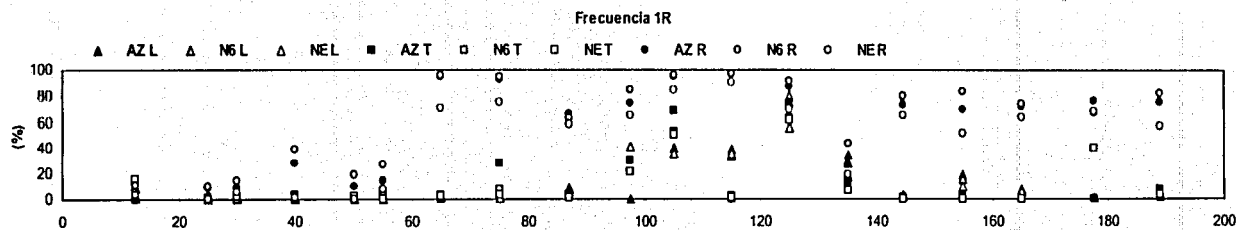
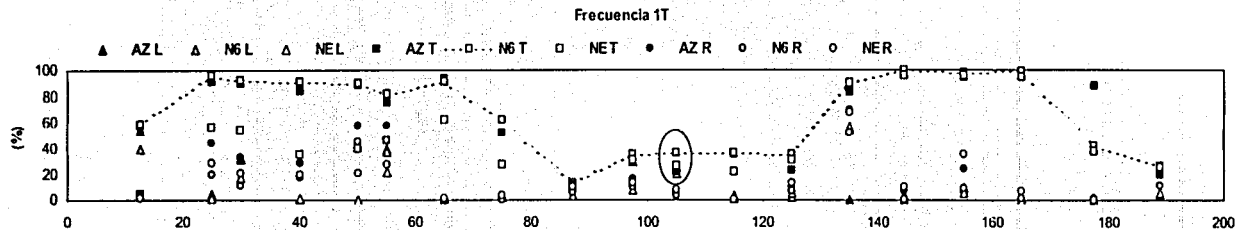
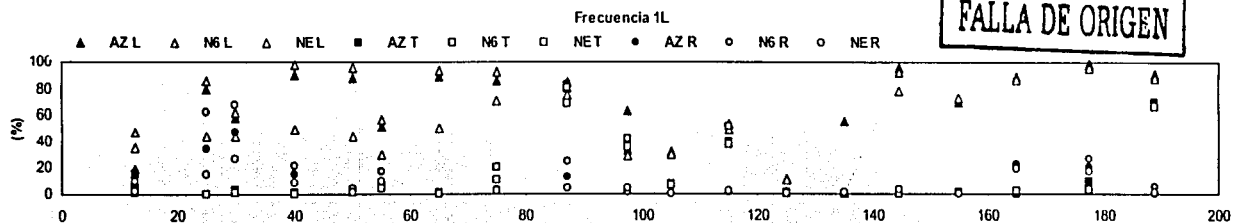
Además de considerar todos los criterios de identificación mencionados en párrafos anteriores, el modelo tipo II tiene la ventaja de involucrar no sólo la respuesta de azotea sino que incluye el comportamiento del edificio en dos de los pisos intermedios, con lo que se alcanza un refinamiento de análisis. Este modelo fue aplicado a los sismos de mayor intensidad (95-1, 99-1 y 99-3).

La tabla A.9 muestra las frecuencias modales correspondientes al sismo 95-1 obtenidos con el modelo tipo II. En este caso los valores obtenidos de frecuencia en los componentes T, L y torsión tomaron valores promedio de 0.36, 0.37 y 0.46 Hz en primer modo y 1.36, 1.21 y 1.38 en segundo modo, respectivamente. Al comparar los resultados obtenidos con el modelo tipo I y II los valores de frecuencia y su tendencia son prácticamente iguales, existe una pequeña mejora en algunas ventanas haciendo la variación de frecuencias más suave.

Los factores de participación asociados a cada dirección en algunas ventanas se incrementan ligeramente respecto a los obtenidos en el modelo tipo I. Se observa con mayor detalle los acoplamientos entre cada uno de los grados de libertad (figura 6.8 y 6.9). Las mayores contribuciones tanto en el primero como en el segundo modo están asociadas al nivel NE (figura 6.8 y 6.9, líneas punteadas), es importante señalar que en este nivel presentó los mayores desplazamientos relativos, incluso superiores a los de azotea.

Para el segundo modo las participaciones se incrementan con respecto a las obtenidas en el modelo tipo I (figura 6.9), sin embargo continúan siendo relativamente pequeñas. El modo fundamental permanece dominando el movimiento.

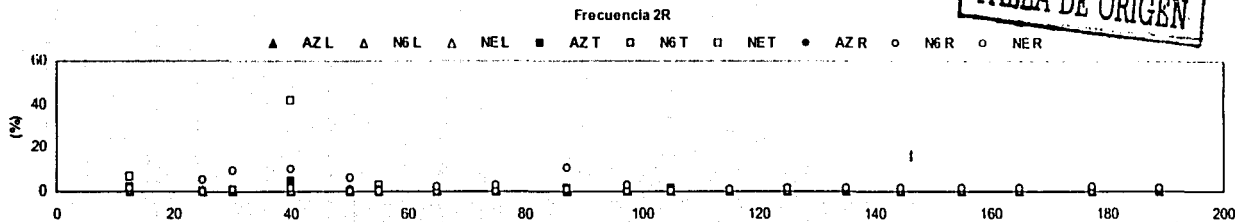
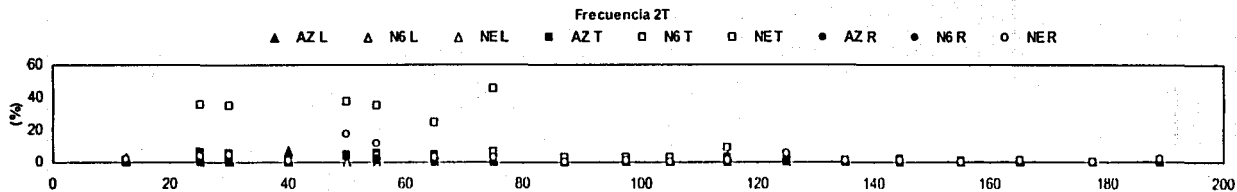
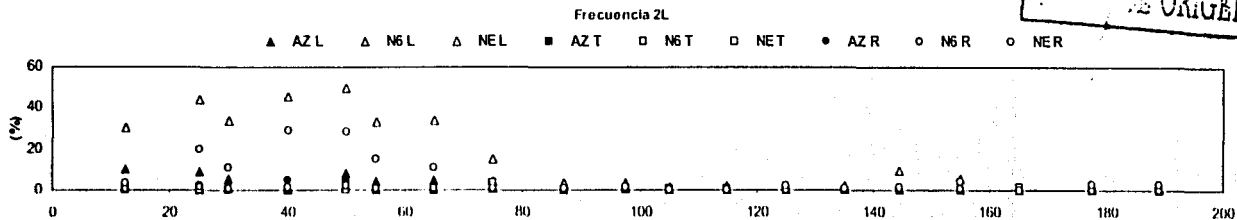
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



----- Se unen las mayores contribuciones en la identificación de las frecuencias modales 1L, 1T y 1R, en los tres casos corresponde a la participación del nivel N6

FIGURA 6.8 Factores de participación y acoplamientos en la identificación de las frecuencias modales 1L, 1T y 1R, evento 95-1, modelo tipo II

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

----- Se unen las mayores contribuciones en la identificación de las frecuencias modales 2L, 2T y 2R, en los tres casos corresponde a la participación del nivel N6

FIGURA 6.9 Factores de participación y acoplamientos en la identificación de las frecuencias modales 2L, 2T y 2R, evento 95-1, modelo tipo II

El modelo tipo II permite determinar las configuraciones modales asociadas a las frecuencias identificadas. En las figuras 6.16, 6.17 y 6.18 se observa que tanto el primero como el segundo modo, tienen una forma relativamente bien definida. Dichas configuraciones se encuentran normalizadas respecto a la azotea con una amplitud unitaria, se eliminaron aquellas que presentaron los errores relativos más altos. Las formas modales son muy semejantes entre un evento y otro, aunque con leves variaciones durante el evento.95-1.

En cuanto a los errores totales ganados no se observa una mejora significativa e incluso en algunos casos fueron más altos, el resultado puede asociarse a los efectos de torsión donde se presentaron los mayores índices de error por piso; sin embargo en promedio no se elevó en más de 5 por ciento. La contribución total en azotea se observa ligeramente incrementada 1 por ciento en las componentes L y T; y en 0.4 por ciento en torsión, prácticamente los mismos resultados que el modelo simplificado; validando la ventaja de utilizar el planteamiento modal con el modelo más sencillo tridimensional, siendo una buena estimación de la frecuencia, e incluso del amortiguamiento lo que implica una menor cantidad de tiempo empleado en el proceso de análisis, y una buena opción en estructuras donde la instrumentación es limitada .

### **Análisis general.**

Las figuras 6.10 a 6.12 marcan la variación de los parámetros estimados de frecuencias, amortiguamientos y errores totales a lo largo de ocho sismos con el proceso de identificación por ventanas, correspondientes a los dos primeros modos de vibrar de cada componente, junto con la señal medida en azotea centro para los modelos tipo I. Las figuras 6.13 a 6.15 concentran los resultados de los modelos tipo II.

Las frecuencias durante los ocho eventos analizados no permanecen constantes, reflejando un comportamiento no lineal de la estructura (tablas A.1 a A.11). Las variaciones de frecuencia en el componente T son más suavizadas en

comparación con las que exhiben los componentes L o torsión durante un mismo evento, mostrando mayores diferencias entre la respuesta máxima y mínima en el componente R, independientemente de la intensidad del movimiento.

Para los sismos 90-1, 99-4 y 97-2 en los componentes T y L, las frecuencias varían levemente desde el inicio hasta el final del movimiento. Las mayores diferencias para el primer modo entre los valores de frecuencia inicial y final se presentan de la siguiente forma: en el componente L en los eventos 95-1, 99-1 y 99-3 con caídas de 22, 16 y 22 por ciento, en los componentes T y R de los eventos 94-3, 95-1 y 99-3 con caídas de 33, 19 y 12 por ciento y 27, 19 y 18 por ciento, respectivamente.

Las tablas 6.1 y 6.2 muestran los valores máximos y mínimos de frecuencias y amortiguamientos para el primer y segundo modo estimados con los modelos de tres grados de libertad en azotea, en los ocho eventos considerados. Los mismos resultados correspondientes a los modelos tipo II se presentan en las tablas 6.3 y 6.4. Los valores de frecuencia obtenidos con los modelos son prácticamente iguales, las mayores diferencias se presentan en la estimación de amortiguamientos, siendo este parámetro el que exhibe mayores incertidumbres en su identificación.

Al comparar los valores máximos y mínimos registrados entre sismos consecutivos, se distinguen las mayores diferencias en la transición del evento 90-1 y 94-3, en los cuales se obtuvo en el componente T una frecuencia máxima de 0.43 Hz en el evento 90-1 y una mínima de 0.29 Hz durante el evento 94-3, la diferencia representa una disminución en la frecuencia del 33 por ciento, en L se tiene una diferencia de 23 por ciento con valores de frecuencia máxima de 0.45 Hz en el evento 90-1 y mínima 0.35 Hz de en el 94-3; en tanto las frecuencias de torsión pasaron de un valor máximo de 0.61 Hz a 0.39 Hz como valor mínimo.

**TABLA 6.1** Frecuencias estimadas con el análisis paramétrico correspondiente a los modelos tipo I para los ocho eventos seleccionados

Evento	modo	FRECUENCIA (Hz)											
		Dirección T				Dirección L				Dirección R			
		mín	máx	media	de	mín	máx	media	de	mín	máx	media	de
90-1	1	0.38	0.43	0.40	0.02	0.39	0.45	0.41	0.02	0.42	0.61	0.50	0.05
	2	1.20	1.75	1.46	0.16	1.12	1.41	1.24	0.08	1.45	1.86	1.63	0.12
94-3	1	0.29	0.43	0.35	0.03	0.35	0.45	0.38	0.03	0.39	0.53	0.44	0.04
	2	1.27	1.52	1.38	0.08	1.01	1.30	1.20	0.08	1.36	1.69	1.55	0.12
95-1	1	0.33	0.41	0.36	0.02	0.35	0.44	0.37	0.03	0.38	0.55	0.44	0.04
	2	1.25	1.59	1.36	0.10	1.03	1.39	1.18	0.10	1.30	2.15	1.61	0.28
95-2	1	0.32	0.40	0.35	0.02	0.34	0.43	0.36	0.02	0.39	0.49	0.43	0.02
	2	1.14	1.47	1.32	0.07	1.04	1.22	1.14	0.06	1.07	1.54	1.42	0.11
97-2	1	0.35	0.38	0.37	0.01	0.37	0.44	0.40	0.02	0.43	0.53	0.46	0.03
	2	1.17	1.61	1.45	0.12	1.14	1.28	1.18	0.04	1.54	1.78	1.61	0.09
99-1	1	0.33	0.39	0.35	0.02	0.33	0.44	0.37	0.03	0.42	0.58	0.45	0.04
	2	1.29	1.54	1.37	0.07	1.07	1.35	1.17	0.07	1.33	1.80	1.51	0.10
99-3	1	0.31	0.38	0.35	0.02	0.34	0.42	0.37	0.02	0.38	0.49	0.43	0.02
	2	1.21	1.41	1.33	0.05	1.01	1.37	1.21	0.09	1.32	1.63	1.47	0.08
99-4	1	0.35	0.39	0.37	0.01	0.37	0.41	0.38	0.01	0.42	0.52	0.46	0.02
	2	1.28	1.46	1.39	0.06	1.12	1.27	1.18	0.05	1.49	1.63	1.57	0.04

**TABLA 6.2** Porcentajes de amortiguamiento crítico estimados del análisis paramétrico de los modelos tipo I para los ocho eventos seleccionados

Evento	modo	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		Dirección T				Dirección L				Dirección R			
		mín	máx	media	de	mín	máx	media	de	mín	máx	media	de
90-1	1	1.73	7.14	4.09	1.57	2.84	6.38	4.11	1.10	1.58	6.52	3.32	1.51
	2	1.38	4.02	2.56	0.56	1.23	5.96	2.68	1.08	2.50	7.26	4.44	1.91
94-3	1	1.65	6.81	3.19	1.28	2.50	7.75	4.85	1.53	2.12	7.33	3.62	1.53
	2	1.66	7.46	3.44	1.54	2.50	6.68	3.43	1.38	2.50	9.43	4.35	2.56
95-1	1	2.50	5.72	3.66	0.92	1.35	9.15	4.51	1.99	0.86	6.89	3.20	1.59
	2	0.99	3.95	2.66	0.60	1.72	5.77	3.02	1.13	1.31	8.06	2.87	1.51
95-2	1	1.52	10.60	3.50	2.14	1.32	6.83	4.22	1.53	1.44	7.63	3.56	1.75
	2	1.15	5.05	2.49	0.75	1.24	14.10	3.49	2.96	2.19	9.67	3.14	1.83
97-2	1	1.22	7.91	4.02	1.81	2.50	8.22	4.17	1.81	1.88	11.10	4.85	2.88
	2	2.50	7.02	3.64	1.44	1.45	4.38	3.15	0.97	1.75	2.97	2.57	0.38
99-1	1	2.35	7.77	4.31	1.65	1.57	12.00	4.07	2.40	1.32	5.58	2.93	0.98
	2	1.33	4.74	3.12	0.92	1.30	8.00	4.23	2.16	1.05	9.81	4.22	2.36
99-3	1	1.99	5.96	3.22	1.01	2.08	8.40	5.44	1.71	1.52	7.05	3.51	1.49
	2	1.42	11.60	3.50	2.23	2.50	7.95	4.24	2.14	2.50	8.85	4.76	2.33
99-4	1	2.16	7.87	3.51	1.74	2.11	7.25	4.23	1.75	1.61	5.84	3.74	1.42
	2	2.40	5.53	2.99	0.99	1.75	6.21	3.36	1.34	2.26	5.41	3.09	1.01

de - Desviación estándar



**TABLA 6.3** Frecuencias estimadas con el análisis paramétrico correspondiente a los modelos tipo II para los tres eventos más intensos

Evento	modo	FRECUENCIA (Hz)											
		Dirección T				Dirección L				Dirección R			
		mín	máx	media	de	mín	máx	media	de	mín	máx	media	de
95-1	1	0.31	0.45	0.36	0.04	0.35	0.46	0.37	0.03	0.40	0.57	0.46	0.05
	2	1.08	1.58	1.36	0.14	0.97	1.42	1.21	0.12	1.09	1.53	1.38	0.12
99-1	1	0.31	0.43	0.36	0.03	0.34	0.45	0.38	0.04	0.35	0.58	0.44	0.06
	2	1.19	1.62	1.35	0.11	1.05	1.39	1.15	0.09	1.33	1.89	1.48	0.14
99-3	1	0.31	0.39	0.36	0.02	0.34	0.48	0.37	0.03	0.38	0.52	0.43	0.03
	2	1.13	1.45	1.33	0.08	0.94	1.39	1.18	0.11	1.27	1.70	1.47	0.09

de – Desviación estándar

**TABLA 6.4** Porcentajes de amortiguamiento crítico estimados del análisis paramétrico de los modelos tipo II para los tres eventos más intensos

Evento	modo	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		Dirección T				Dirección L				Dirección R			
		mín	máx	media	de	mín	máx	media	de	mín	máx	media	de
95-1	1	1.96	10.90	4.10	2.30	1.97	10.50	4.50	2.20	1.05	6.60	3.20	1.30
	2	2.33	9.44	3.50	1.70	1.53	9.18	3.60	2.10	2.47	12.60	4.00	2.50
99-1	1	1.11	7.10	3.60	1.70	1.20	12.00	3.70	2.40	2.37	5.40	3.30	0.90
	2	1.16	11.10	3.70	2.50	1.08	10.40	3.10	1.80	1.23	11.70	3.80	2.50
99-3	1	1.85	6.79	3.80	1.40	1.64	18.40	4.90	3.60	1.18	10.10	3.00	1.80
	2	2.17	5.41	3.00	1.00	1.66	8.21	3.60	2.00	1.41	8.96	3.70	2.10

de – Desviación estándar

El análisis de los ocho sismos estudiados muestra que las frecuencias desde 1990 hasta 1999 con el sismo 99-4, tienen una diferencia de 15, 20 y 33 por ciento en los componentes T, L y torsión, respectivamente. La diferencia más significativa se da en el componente de torsión con una frecuencia máxima de 0.61 Hz en el evento 90-1, y una mínima de 0.38 Hz durante el evento 99-3, la disminución de la frecuencia es cercana al 40 por ciento, lo cual puede asociarse a una pérdida de rigidez o simplemente un reacomodo de elementos durante la presencia del sismo.

Una forma comparativa adicional que se debe considerar debido a la sensibilidad de la frecuencia respecto a la amplitud de aceleraciones, es analizar la frecuencia media entre el primer evento y el final del último sismo considerado (90-1 y 99-4), en donde las amplitudes son similares. Al comparar el valor medio de la frecuencia en el componente T del sismo 90-1 (0.40Hz) y el valor de la última ventana del análisis secuencial (0.38 Hz) correspondientes al evento 99-4, la diferencia es del 5 por ciento. Se encuentran resultados similares en los componentes L y R con valores de frecuencia de 0.41 Hz y 0.39 Hz en L y 0.50 Hz y 0.47 Hz en torsión, con una diferencia entre 5 y 6 por ciento a través del primer evento y la última ventana del sismo 99-4. Ya que las masas de la estructura prácticamente no han cambiado en el periodo de observación se puede señalar que la rigidez del sistema suelo-estructura permanece constante.

En la figura 6.12 se aprecia que la respuesta de torsión es más significativa para los eventos más intensos (sismos 94-3, 95-1, 99-1 y 99-3). El incremento de intensidad de las solicitaciones provoca una disminución en la frecuencia de la estructura y en el caso de la frecuencia de torsión se aproxima a la frecuencia dominante del suelo (0.47 Hz), lo que produce un efecto de *quasi-resonancia* que amplifica los movimientos de azotea.

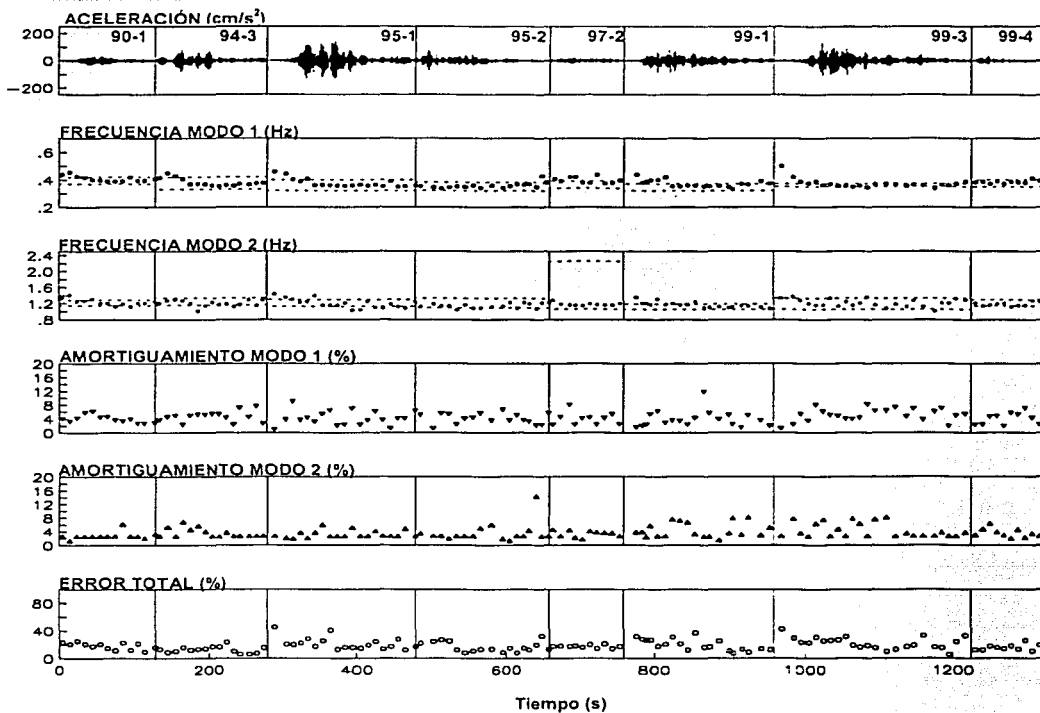
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 6.10 Variación de la frecuencia, amortiguamiento y error total en el componente L, con el modelo tipo I para los ocho eventos. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de frecuencia obtenidos con el análisis no paramétrico

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

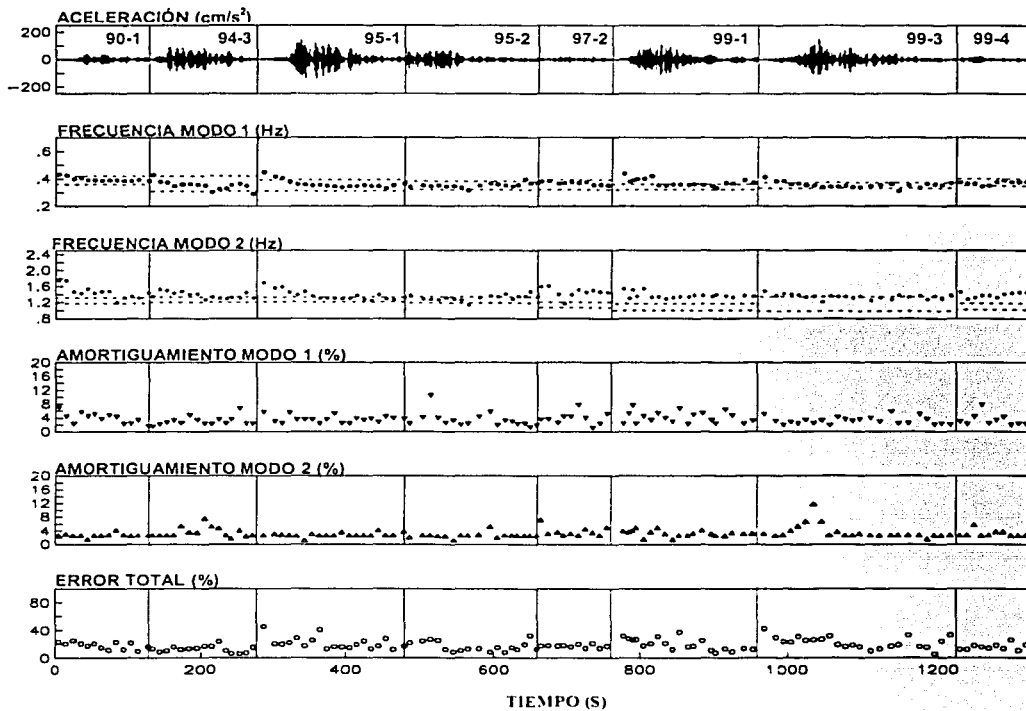


Figura 6.11 Variación de la frecuencia, amortiguamiento y error total en el componente T, con el modelo tipo I para los ocho eventos. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de frecuencia obtenidos con el análisis no paramétrico

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

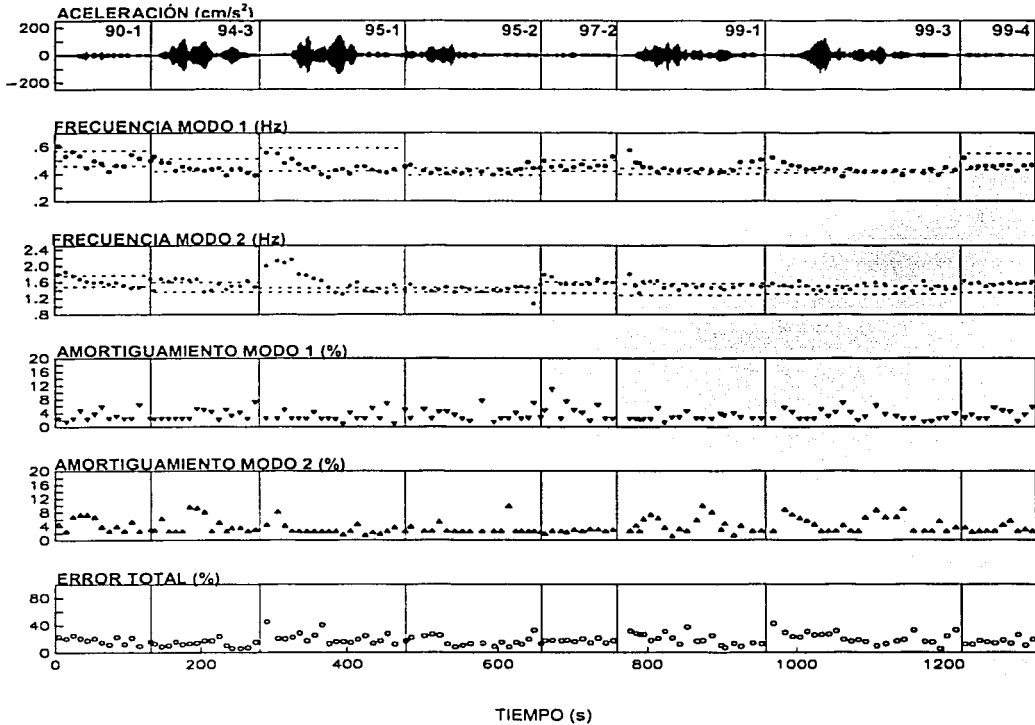


Figura 6.12 Variación de la frecuencia, amortiguamiento y error total en el componente R, con el modelo tipo I para los ocho eventos. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de frecuencia obtenidos con el análisis no paramétrico

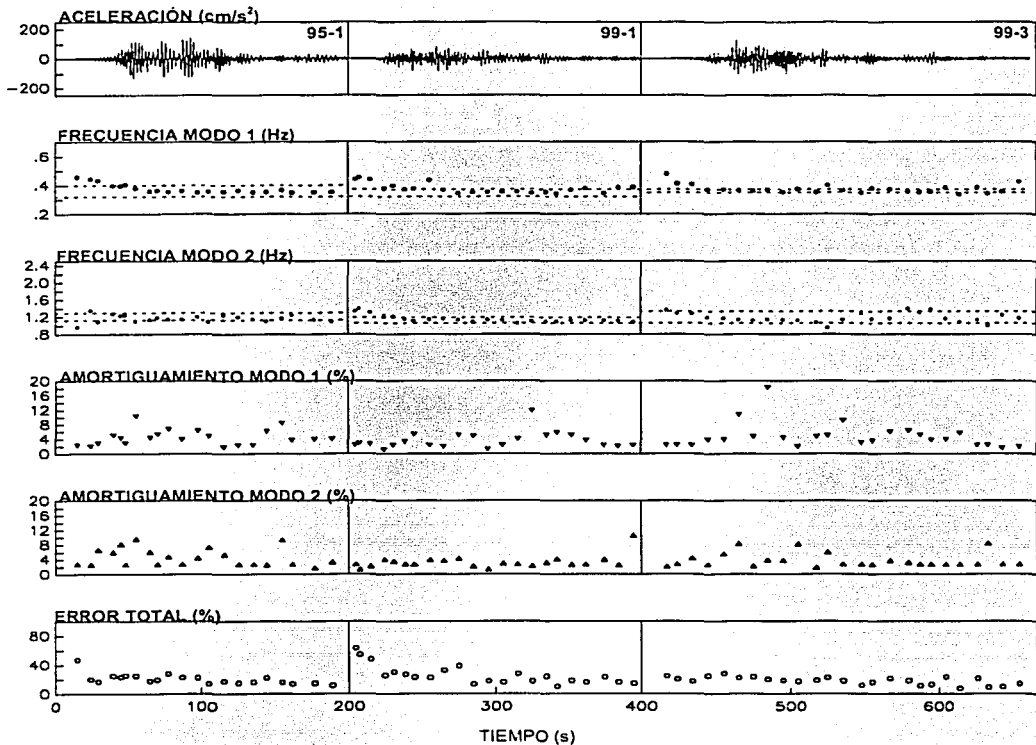
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 6.13 Variación de la frecuencia, amortiguamiento y error total en el componente L, con el modelo tipo II para tres de los eventos más intensos. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de frecuencia obtenidos con el análisis no paramétrico

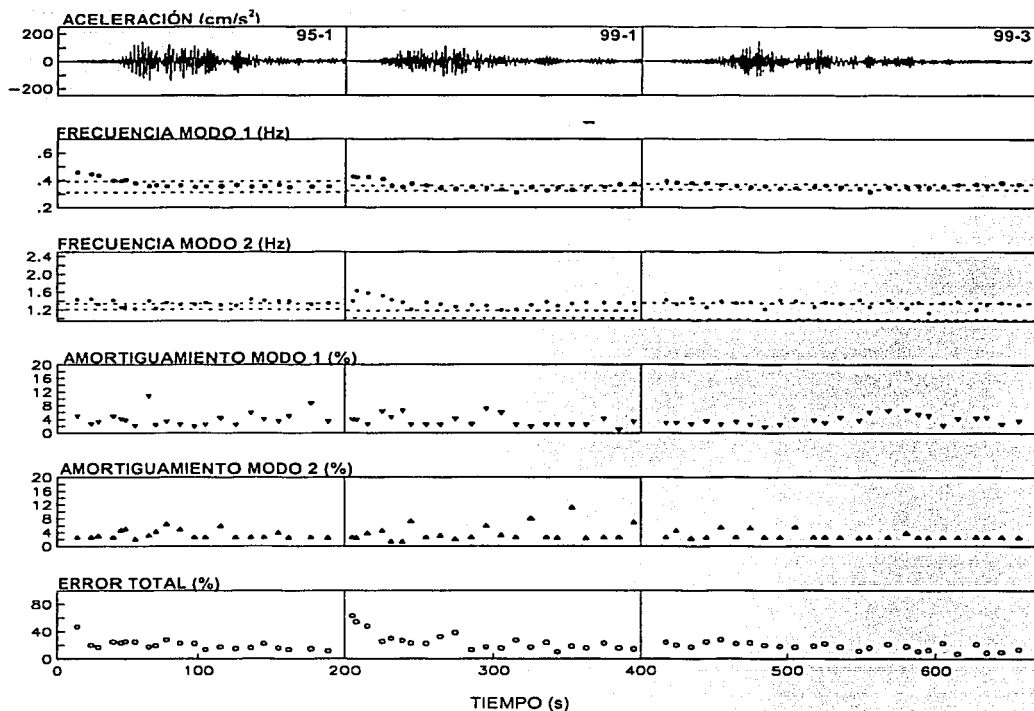
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 6.14 Variación de la frecuencia, amortiguamiento y error total en el componente T, con el modelo tipo II para tres de los eventos más intensos. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de frecuencia obtenidos con el análisis no paramétrico

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

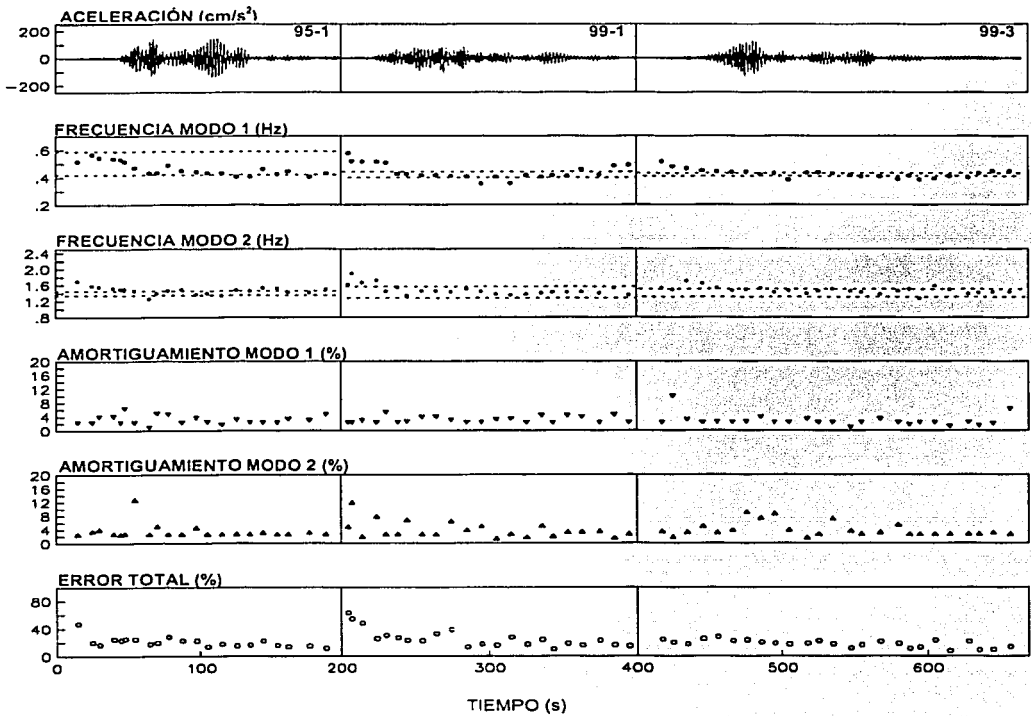


Figura 6.15 Variación de la frecuencia, amortiguamiento y error total en el componente R, con el modelo tipo II para tres de los eventos más intensos. Las líneas punteadas corresponden a los intervalos de frecuencia obtenidos con el análisis no paramétrico



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

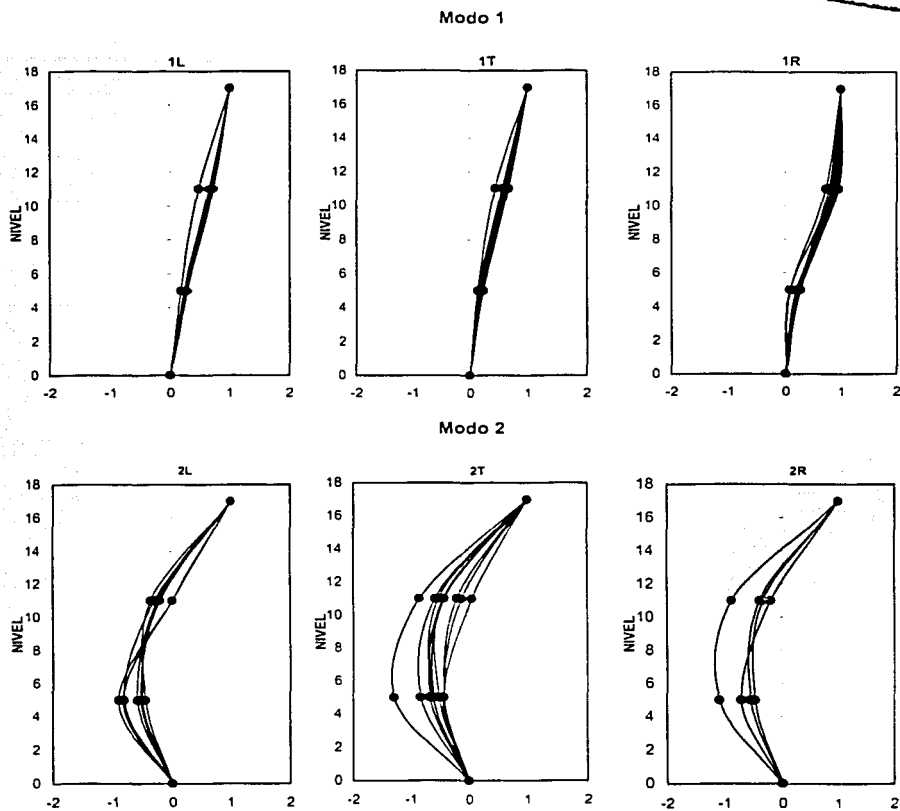


FIGURA 6.16 Configuraciones modales correspondientes al primer y segundo modo evento 95-1 modelo tipo II

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

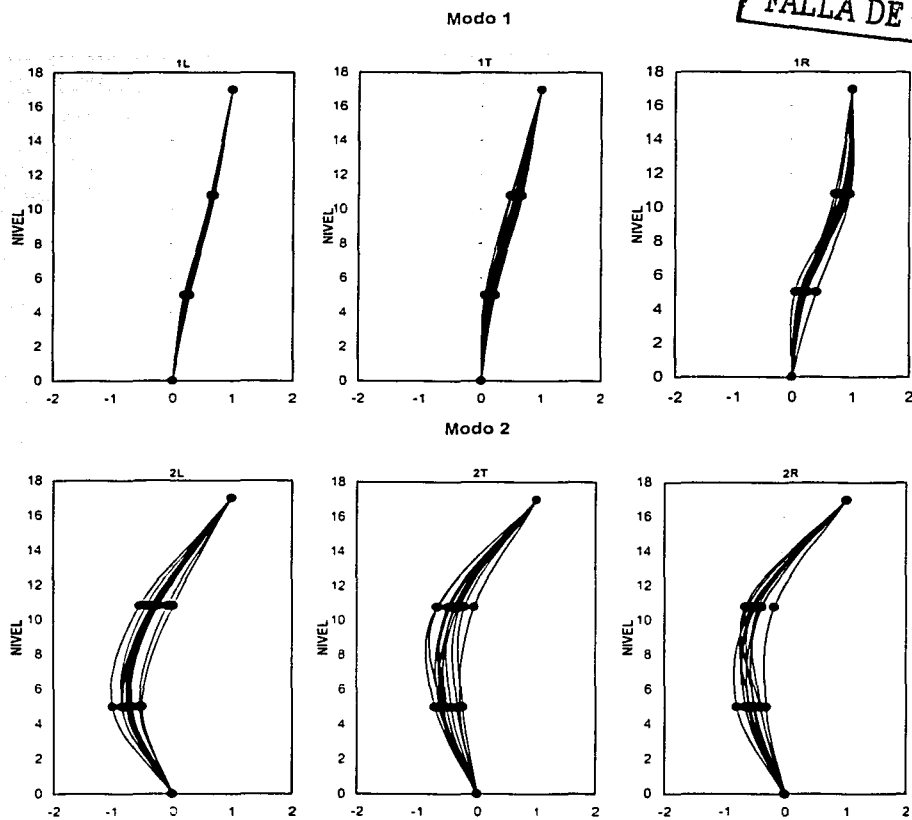


FIGURA 6.17 Configuraciones modales correspondientes al primer y segundo evento 99-1 modelo tipo II

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

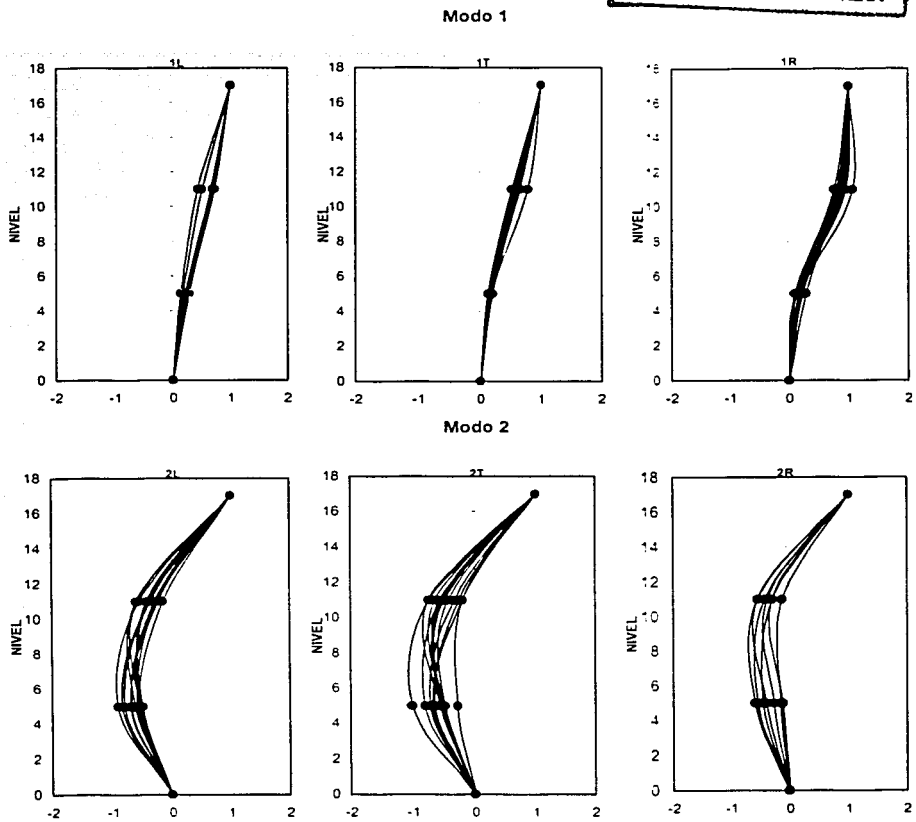


FIGURA 6.18 Configuraciones modales correspondientes al primer y segundo modo evento 99-3 modelo tipo II

#### **6.4 Comparación entre los métodos de estimación**

Los resultados obtenidos con el planteamiento paramétrico modal muestran valores de frecuencia que se encuentran alrededor de los derivados del análisis no paramétrico. Mientras el análisis no paramétrico describe bandas de frecuencia muy anchas en algunos sismos, y en ocasiones traslapadas entre componentes, el método paramétrico ofrece la ventaja de proporcionar un análisis detallado del movimiento cuando el comportamiento de la estructura es no lineal y conocer las participaciones asociadas en cada uno de los puntos instrumentados de la estructura.

En la tabla 6.5 y 6.6 se comparan las frecuencias y amortiguamientos promedio obtenidos mediante el método paramétrico y no paramétrico, se muestra una buena congruencia entre los dos procedimientos para valores obtenidos en el primer modo; en el segundo modo las mayores diferencias se encuentran en el componente T y torsión, correspondientes a los componentes con mayor acoplamiento. Los valores de amortiguamiento presentan algunas diferencias sin embargo ningún valor excede el 5 por ciento.

Se destaca que el método no paramétrico mediante cocientes espectrales en este estudio no identifica claramente la correspondencia entre las frecuencias registradas y el componente al cual está asociado este parámetro debido al acoplamiento entre componentes. Con el análisis paramétrico el orden de frecuencias en el primero y segundo modo queda bien definido, de menor a mayor; se presenta T, L y torsión en primer modo y L, T y R en segundo modo.

Al igual que en el análisis paramétrico, la relación entre la frecuencia fundamental en T, L y torsión de los eventos 90-1 a 99-4 presentan una ligera reducción de frecuencias. Sin embargo, se sigue observando que las mayores diferencias, respecto al sismo 90-1, se presentan durante los eventos 99-1 y 99-3, sismos de mayor magnitud; respecto a los valores promedios las caídas de frecuencia en estos casos fueron alrededor de 11, 12 y 15 por ciento en los componentes T, L y torsión, respectivamente.

Tabla 6.5 Frecuencias modales de vibración y porcentajes de amortiguamiento crítico promedio estimados con el análisis paramétrico (P) y no paramétrico (NP) para los modelos tipo I en los ocho eventos seleccionados.

Evento	Modo	FRECUENCIA (HZ)						AMORTIGUAMIENTO (%)			
		T		L		R		T		L	
		P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP
90-1	1	0.40	0.39	0.41	0.40	0.50	0.52	1.73	2.80	2.84	2.70
	2	1.46	1.25	1.24	1.22	1.63	1.63	1.38	-	1.23	-
94-3	1	0.35	0.37	0.38	0.38	0.44	0.47	1.65	3.70	2.50	2.90
	2	1.38	1.27	1.20	1.25	1.55	1.48	1.66	-	2.50	-
95-1	1	0.36	0.35	0.37	0.36	0.44	0.51	2.50	2.10	1.35	3.10
	2	1.36	1.27	1.18	1.21	1.61	1.40	0.99	-	1.72	-
95-2	1	0.35	0.35	0.36	0.35	0.43	0.42	1.52	2.80	1.32	2.70
	2	1.32	1.27	1.14	1.21	1.42	1.41	1.15	-	1.24	-
97-2	1	0.37	0.36	0.40	0.37	0.46	0.46	1.22	1.90	2.50	2.50
	2	1.45	1.14	1.18	1.66	1.61	1.47	2.50	-	1.45	-
99-1	1	0.35	0.34	0.37	0.35	0.45	0.42	2.35	2.40	1.57	4.30
	2	1.37	1.09	1.17	1.12	1.51	1.42	1.33	-	1.30	-
99-3	1	0.35	0.35	0.37	0.36	0.43	0.42	1.99	2.30	2.08	3.50
	2	1.33	1.16	1.21	1.19	1.47	1.40	1.42	-	2.50	-
99-4	1	0.37	0.38	0.38	0.38	0.46	0.49	2.16	2.50	2.11	2.50
	2	1.39	1.10	1.18	1.22	1.57	1.47	2.40	-	1.75	-

Tabla 6.6 Frecuencias modales de vibración y porcentajes de amortiguamiento crítico promedio estimados con el análisis paramétrico (P) y no paramétrico (NP) para los modelos tipo II en los eventos 95-1, 99-1 y 99-3.

Evento	Modo	FRECUENCIA (HZ)						AMORTIGUAMIENTO (%)			
		T		L		R		T		L	
		P	NP	P	NP	P	NP	P	NP	P	NP
95-1	1	0.36	0.35	0.37	0.36	0.46	0.51	4.10	2.10	4.50	3.10
	2	1.36	1.27	1.21	1.21	1.38	1.40	3.50	-	3.60	-
99-1	1	0.36	0.34	0.38	0.35	0.44	0.42	3.60	2.40	3.70	4.30
	2	1.35	1.09	1.15	1.12	1.48	1.42	3.70	-	3.10	-
99-3	1	0.36	0.35	0.37	0.36	0.43	0.42	3.80	2.30	4.90	3.50
	2	1.33	1.16	1.18	1.19	1.47	1.40	3.00	-	3.60	-

## 7. CONCLUSIONES

En este estudio se determinan los parámetros dinámicos del edificio PC, ubicado en la zona blanda de la ciudad de México. Se analizan las variaciones de frecuencia y amortiguamiento durante ocho de los sismos más intensos a los cuales ha estado sometido la estructura desde 1990.

Se evalúan y comparan dos técnicas de identificación una en el dominio del tiempo y otra en el dominio de la frecuencia.

Del análisis no paramétrico fue evidente el efecto de pulsación de los registros de aceleración, debido a la cercanía que existe entre los valores de frecuencias fundamentales T; L y torsión y la frecuencia dominante del terreno.

Las distorsiones de entrepiso se encuentran dentro de los permisibles establecidos por el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal; sin embargo el evento 95-1 presenta los mayores valores de distorsión para el entrepiso de azotea y nivel N6 de oficinas en el componente transversal con un valor de 0.55 por ciento, valor muy cercano al límite permitido de 0.6 por ciento cuando la estructura cuenta con muros estructurales, posiblemente asociado a daño en elementos no estructurales.

Con los registros de jardín (JR) y sótano sur (SS), instrumentados a partir de 1999, en el evento 99-3 y 99-4 fue posible determinar los efectos de interacción suelo-estructura (ISE). Una vez comparados los resultados se observa que estos efectos resultan poco significativos en el cálculo de las distorsiones de entrepiso.

Se obtuvieron intervalos de frecuencias a partir del análisis no paramétrico, observándose que el valor de este parámetro no queda bien definido sobre todo cuando la estructura presenta un comportamiento no lineal .

Tanto en el análisis paramétrico como el no paramétrico es evidente una dependencia de la frecuencia con la intensidad del sismo, presentando una mayor variación cuando el movimiento se intensifica.

Con el análisis paramétrico se definió la variación de las frecuencias a través de un estudio por ventanas, en la identificación se proponen dos modelos; el modelo tipo I con dos variantes (modelo plano y modelo tridimensional) y los modelos tipo II que involucran nueve grados de libertad, tres en cada piso instrumentado.

Se observó que aún con la instrumentación más limitada se obtienen valores de frecuencia con un buen grado de precisión con el modelo 3D, siendo muy semejantes a los obtenidos en modelos que involucran un mayor número de grados de libertad, logrando incluso identificar modos superiores.

El sismo más intenso corresponde al evento 95-1 con una aceleración máxima de  $195 \text{ cm/s}^2$ , sin embargo la máxima aceleración registrada se presenta en el evento 99-3. Es evidente la variación de frecuencias a lo largo de los ocho sismos estudiados. Se observó que en los sismos de menor intensidad, la variación de la frecuencia es poco significativa, manteniendo un comportamiento lineal, sin embargo en los eventos más intensos fue evidente una ligera pérdida de rigidez de la estructura manifestándose en los eventos 94-3, 95-1 y 99-3.

De los resultados obtenidos del análisis de los ocho eventos seleccionados, se aprecia que las propiedades dinámicas de la estructura han sufrido variaciones poco significativas. Si se compara el valor medio de la frecuencia del sismo 90-1 y el valor de la frecuencia de la última ventana del sismo 99-4, correspondientes a amplitudes similares, las pérdidas de frecuencia son de alrededor del 6 por ciento. Si la comparación de este parámetro se hace con los valores máximo y mínimo entre el primer y último registro, la mayor caída se observa en el componente de torsión en 30 por ciento siendo en este componente donde se aprecia el mayor acoplamiento.

Los amortiguamientos tuvieron una variación asociada con la amplitud de la señal y con el comportamiento no lineal de la estructura, en general los mayores amortiguamientos se presentaron en los eventos más intensos y en los tramos de registro de mayor amplitud de aceleraciones. Los valores de amortiguamiento promedio no exceden el valor del 5 por ciento en ninguno de los componentes.

La identificación de los dos primeros modos de vibrar da una buena referencia acerca del comportamiento del edificio. El modo fundamental domina el movimiento con participaciones de 95, 92 y 85 por ciento en los componentes transversal, longitudinal y torsión, obteniendo participaciones totales promedio de 94 por ciento. De la determinación y contribución de los dos primeros modos se concluye que es aplicable el diseño mediante el método estático o bien el planteamiento modal con buenos resultados, únicamente considerando los dos primeros modos de vibrar en edificios con estructuración semejante.

El incremento de intensidad de las solicitaciones provoca una disminución en la frecuencia de la estructura y en el caso de la frecuencia de torsión se aproxima a la frecuencia dominante del suelo (0.47 Hz), lo que produce un efecto de *quasi-resonancia* que amplifica los movimientos de azotea.

A pesar de que la estructura presenta grandes acoplamientos que dificultan la identificación de sus parámetros dinámicos, la técnica empleada en este estudio aportó resultados satisfactorios. En este sentido se recomienda emplear los modelos tridimensionales a fin de comprender mejor el acoplamiento que puede presentarse entre componentes.

Se deja para análisis posteriores un estudio detallado de la interacción suelo-estructura con los registros obtenidos del aparato de Jardín, así como la validación de los modelos para eventos de mayor magnitud como el caso del sismo de 1985.



## RECONOCIMIENTOS

Se reconoce al Gobierno del Distrito Federal el patrocinio de este estudio. Se agradece a los propietarios del edificio por todas las facilidades otorgadas para la operación y mantenimiento de la red acelerográfica. Se hace patente la eficiente labor desempeñada por los ingenieros, técnicos y estudiantes encargados de la instalación, operación y mantenimiento de la red de instrumentación en el edificio estudiado, así como el procesamiento preliminar de los registros, que en orden alfabético son: Leonardo Alcántara Nolasco, David Almora Mata, Gerardo Castro Parra, Roberto Quass Weppen, Ulises Soto Correa, Miguel Torres Noguéz, Ricardo Vázquez Larquet, Juan Manuel Velasco Miranda y Jesús Ylizaliturri Rodríguez.

## REFERENCIAS

**Alcántara N. L., Almora M. D., Quaas W. R., Macías C. M. A. (1989,1991)**, "Instrumentación sísmica de dos edificios en la ciudad de México", IX Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, VIII Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, Manzanillo, Colima, Octubre de 1991, 3-21 a 3-33.

**Alcántara N. L., Almora M. D., Castro G., Torres M., Vázquez R., Ylizaliturri J. (1997)**, "Sistema de interrogación telefónica en la red sísmica del edificio Plaza Córdoba", XII Congreso de Instrumentación, San Luis Potosí, SLP, México.

**Alcántara L., Almora D., Castro G., Torres M., Macías M., Vázquez R., Ylizaliturri J., Sandoval H., Sandoval I. (2001)**, "El sismo del 8 de octubre de 2001 (M=6.1) en el edificio Plaza Córdoba, acelerogramas obtenidos", Proyecto 0542, octubre, Instituto de Ingeniería UNAM.

**Beck, J. L. (1979)**, "Determining models of structures from earthquake records", Thesis for the degree of Doctor of Philosophy, California Institute of Technology Pasadena California.

**Beck, J. L. and Jennings P.C. (1980)**, "Structural identification using lineal models and earthquake records". Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 8, p. 145-160.

**Bendat J. S. and Piersol A. G. (1989)**, "Random Data: Analysis and Measurement Procedures", Wiley Interscience, New York.

**Durrani N., Mau S.T., Abouhashish A. and Yi Li (1994)**, "Earthquake response of flat-slab buildings", Journal of Structural Engineering, ASCE, 120 (3), March, 947-964.

**Graeme H. M. (1980)**, "Structural identification in the frequency domain from earthquake records ". Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 8, p. 161-180.

**Kozin F. and Natkel H. G. (1986)**, "Seismic identification Techniques", Structural safety, Amsterdam.

**Li, Yi and Mau S.T (1990)** " A computer program for multiple input multiple output system identification using building system records". Research report UHCEE 90-07, Department of Civil and Environmental Engineering and Structural Dynamics , University of Houston, August.

**Li, Yi and Mau S.T. (1991)** " A case of study of MIMO system identification applied to building seismic records", Earthquake engineering and structural dynamics, Vol. 20, p.p. 1045-1064.

**Li, Yi and Mau S.T. (1997)** " Learning from recorded earthquake motion of buildings", 120 (1), January .

**Mau S. T., and Aruna V (1992)** " Story drift, shear, and OTM estimation from buildings seismic records", Journal of Structural Engineering, Vol. 120, No.11, November, p.p. 3366-3385.

**Mena E, Quaas R, (1989)**, "Instrumentación para registro de sismos en edificios del Distrito Federal", Informe final a CONACYT, Instituto de Ingeniería, UNAM, México D.F.

**Murià-Vila D, Alcántara L., Durán R., Macías M. A., Maldonado S. y Pérez L. E (1997)**, "Edificios instrumentados". Macrosismo de Manzanillo, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica y Gobierno del estado de Colima, Colima, septiembre, p.p. 197-232.

**Murià-Vila D., Fuentes O. L. y González R. (2000a)**. "Incertidumbres en la estimación de las frecuencias naturales de vibración en edificios de la ciudad de México". Información Tecnológica, Centro de Información Tecnológica, La Serena, Chile, 11 (3): 177-184.

**Murià-Vila D, Macias C. M. A., Rodríguez G. G., Soto C. U. (2000 b)**, "Análisis de los registros sísmicos obtenidos en el edificio PC de 1990 a1999". Proy 0520, Instituto de Ingeniería, UNAM, octubre 2000.

**Murià-Vila D, Rodríguez G. G, Palacios V. C, Macias C. M. A. (2001a)**, "Estimación de los parámetros dinámicos del edificio PC". Proy 1543, Instituto de Ingeniería, UNAM.

**Murià-Vila D, Rodríguez G. G, Zapata E. A, Toro J. A. M. (2001b)** "Seismic Response of a twice retrofitted building". ISET Journal of Earthquake Technology, Paper No. 412, Vol. 38, June-Dec. 2001.

**Pérez R. J. H. (1995)** " Desarrollo y evaluación de modelos aplicando técnicas de identificación de sistemas" , Tesis de Maestría, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, noviembre 1985.

**Reinoso E, (1994)**, "Características sísmicas de la ciudad de México: Amplificación de las ondas sísmicas en el valle de México, características del movimiento del terreno y microzonificación de la ciudad" Centro de Investigación Sísmica.

**Rodríguez G. G, Macias C.M.A, Murià-Vila D, Palacios V.C. (2001)** "Respuesta sísmica de un edificio instrumentado en un periodo de 10 años", Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Jalisco.

**Stewart J. P., Fenves G. L. (1998)**, "Seismic identification for evaluating soil-structure interaction effects in buildings from strong motion records", Earthquake engineering and structural Dynamics Vol. 27, 869-885.

**Toro J. A. M. (1997)** "Estimación de Parámetros Estructurales de un edificio Instrumentado Aplicando una Técnica de Identificación Paramétrica Modal", Tesis de Maestría, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, octubre 1997.

**Werner S. D., Beck J. L., Levine B. (1987)**, "Seismic response Evaluation of meloland road over pass using 1979 imperial valley earthquake records", Earthquake engineering and structural Dynamics Vol. 27,249-274.

**Zapata E. A. (2001)**, "Estudios de la respuesta dinámica de un edificio instrumentado", Tesis de Maestría, División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, UNAM, abril 2001.

## APÉNDICE A

**Tabas parámetros dinámicos estimados con el método  
paramétrico modal**

Tabla A.1 Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 90-1

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
90-1	1	0.39-0.45	0.41	0.02	4.9	0.38-0.43	0.40	0.02	5.0	0.42-0.61	0.50	0.05	10.0
	2	1.12-1.41	1.24	0.08	6.5	1.20-1.75	1.46	0.16	11.0	1.45-1.86	1.63	0.12	7.4

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
90-1	1	2.84-6.38	4.1	1.1	26.8	1.73-7.14	4.1	1.6	38.4	1.58-6.52	3.3	1.5	45.5
	2	1.23-5.96	2.7	1.1	40.3	1.38-4.02	2.6	0.6	21.9	2.50-7.26	4.4	1.9	43.0

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.44	0.45	0.39	0.41
1T	0.43	0.43	0.38	0.38
1R	0.61	0.61	0.42	0.50
2L	1.34	1.41	1.12	1.24
2T	1.75	1.75	1.20	1.44
2R	1.80	1.86	1.45	1.68

EVENTO 90-1

COMPONENTES L,T y R Modelo: 1n3gsc

		5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	129.5
	VENTANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
MODO	TIEMPO (s)	0.10	10.20	20.30	30.40	40.50	45.65	65.75	70.80	70.90	90.100	100.110	110.120	120.130
1L	$f_1$ (Hz)	0.409	0.443	0.454	0.418	0.398	0.396	0.390	0.398	0.392	0.419	0.391	0.395	0.406
1T	$f_1$ (Hz)	0.411	0.424	0.391	0.408	0.391	0.390	0.399	0.399	0.391	0.399	0.395	0.398	0.394
1R	$f_1$ (Hz)	0.606	0.531	0.505	0.534	0.447	0.405	0.428	0.417	0.483	0.458	0.542	0.515	0.497
2L	$f_2$ (Hz)	1.340	1.410	1.250	1.270	1.310	1.210	1.210	1.120	1.190	1.120	1.210	1.210	1.240
2T	$f_2$ (Hz)	1.750	1.750	1.470	1.430	1.540	1.430	1.470	1.480	1.200	1.320	1.350	1.310	1.440
2R	$f_2$ (Hz)	1.800	1.860	1.760	1.680	1.620	1.590	1.600	1.550	1.590	1.520	1.450	1.470	1.680
1L	$\zeta_1$ (%)	4.2	3.4	4.4	5.9	6.4	4.6	4.7	3.7	3.5	4.0	2.8	2.8	3.0
1T	$\zeta_1$ (%)	7.1	4.7	2.5	5.8	4.6	5.2	3.9	4.9	4.4	2.3	2.5	3.5	1.7
1R	$\zeta_1$ (%)	2.5	1.6	2.5	4.9	2.4	3.8	5.9	2.5	3.2	2.5	2.5	6.5	2.5
2L	$\zeta_2$ (%)	2.5	1.2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	6.0	2.5	2.5	2.0	3.2
2T	$\zeta_2$ (%)	2.5	2.9	2.5	2.5	1.4	2.5	2.5	2.7	4.0	2.5	2.3	2.5	2.5
2R	$\zeta_2$ (%)	4.4	2.5	6.7	7.3	7.3	6.5	3.7	2.5	3.8	2.5	5.2	2.5	2.9
	Azotea L	16	22	13	18	18	15	12	11	15	24	9	12	42
ERROR	azot T	17	11	16	13	9	18	14	5	14	5	24	5	9
(%)	Azol R	76	35	60	36	29	30	18	20	35	16	25	16	22
	Tienda	23	20	25	21	18	21	15	11	23	12	21	10	16

**Tabla A.2** Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 94-3

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
94-3	1	0.35-0.45	0.38	0.03	7.9	0.29-0.41	0.35	0.03	8.6	0.39-0.53	0.44	0.04	9.1
	2	1.01-1.30	1.20	0.08	6.7	1.27-1.52	1.38	0.08	5.8	1.36-1.69	1.55	0.12	7.7

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
94-3	1	2.50-7.75	4.9	1.5	31.5	1.65-6.81	3.2	1.3	40.1	2.12-7.33	3.6	1.5	42.3
	2	2.50-6.68	3.4	1.4	40.2	1.66-7.46	3.4	1.5	44.8	2.50-9.43	4.4	2.6	58.9

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.42	0.45	0.35	0.38
1T	0.43	0.43	0.29	0.29
1R	0.53	0.53	0.39	0.39
2L	1.21	1.30	1.01	1.28
2T	1.35	1.52	1.27	1.31
2R	1.40	1.69	1.36	1.48

EVENTO 94-3  
COMPONENTES L,T y R Modelo 1n3gsc

		5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	112.5	125	135	145
MODO	VENTANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	TIEMPO (s)	0-10	10-20	20-30	30-40	40-55	50-65	55-70	70-80	80-90	85-105	100-110	105-120	120-130	130-140	140-150
1L	$f_1$ (Hz)	0.416	0.448	0.428	0.405	0.369	0.371	0.368	0.359	0.352	0.361	0.356	0.371	0.366	0.373	0.375
1T	$f_1$ (Hz)	0.430	0.379	0.372	0.347	0.340	0.362	0.372	0.351	0.311	0.326	0.329	0.354	0.363	0.347	0.290
1R	$f_1$ (Hz)	0.529	0.486	0.481	0.425	0.451	0.440	0.436	0.422	0.436	0.442	0.439	0.434	0.440	0.408	0.390
2L	$f_2$ (Hz)	1.210	1.270	1.300	1.270	1.210	1.030	1.140	1.240	1.140	1.190	1.120	1.170	1.240	1.140	1.290
2T	$f_2$ (Hz)	1.340	1.520	1.540	1.430	1.474	1.440	1.410	1.270	1.130	1.380	1.280	1.320	1.310	1.440	1.110
2R	$f_2$ (Hz)	1.400	1.600	1.620	1.500	1.607	1.620	1.670	1.360	1.190	1.590	1.470	1.590	1.540	1.630	1.440
1L	$\zeta_1$ (%)	3.9	4.8	5.1	2.5	5.1	5.4	5.3	5.6	5.6	4.5	2.5	7.3	4.7	7.8	2.8
1T	$\zeta_1$ (%)	1.7	2.3	2.8	3.4	2.6	5.0	3.5	2.5	2.5	3.6	2.5	3.6	6.8	2.5	2.5
1R	$\zeta_1$ (%)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	5.1	5.0	4.4	2.1	5.1	3.3	4.3	2.5	7.3
2L	$\zeta_2$ (%)	2.5	5.1	2.5	6.7	4.4	5.5	3.8	2.5	2.5	3.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
2T	$\zeta_2$ (%)	2.5	2.5	2.5	2.5	5.2	3.4	3.1	7.5	5.0	4.5	2.5	1.7	3.9	2.2	2.5
2R	$\zeta_2$ (%)	2.8	6.1	2.5	2.5	2.5	9.4	9.1	8.0	2.5	5.0	2.5	3.4	3.5	2.5	2.9
	Azores L	13	14	14	22	20	20	22	14	22	45	19	22	9	5	4
	azof T	9	6	6	10	13	13	13	11	21	7	5	6	9	12	20
	Azof R	58	8	14	15	10	11	12	19	13	30	13	5	3	6	22
	Total	13	9	10	16	12	13	14	17	17	23	10	6	6	7	15

94

**Tabla A.3** Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 95-1

EVENTO	MOD0	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{des}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{des}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{des}$	CV (%)
95-1	1	0.15-0.46	0.17	0.01	8.1	0.11-0.45	0.16	0.01	8.1	0.18-0.56	0.45	0.05	11.1
	2	1.01-1.43	1.20	0.11	9.2	1.25-1.69	1.48	0.12	8.7	1.30-2.15	1.61	0.28	17.2

EVENTO	MOD0	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{des}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{des}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{des}$	CV (%)
95-1	1	1.01-9.15	4.1	2.1	48.4	2.50-5.84	4.8	1.9	27.1	0.86-6.89	1.2	1.6	48.9
	2	1.72-5.77	3.0	1.1	46.7	0.99-3.95	2.7	0.6	22.1	1.11-8.06	3.0	1.5	50.8

FRECUENCIA				
MOD0	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.46	0.46	0.35	0.36
1T	0.45	0.45	0.33	0.36
1R	0.56	0.56	0.38	0.46
2L	1.43	1.43	1.03	1.23
2T	1.69	1.69	1.25	1.32
2R	2.00	2.15	1.30	1.41

EVENTO 95-1

COMPONENTES L,T y R Modelo 1n3pc

MOD0	VELOCIDAD TI (M/S)	FRECUENCIA (%)																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1L	0.45	0.458	0.444	0.401	0.387	0.405	0.359	0.361	0.359	0.356	0.358	0.363	0.355	0.362	0.350	0.389	0.348	0.352	0.357	0.363
1T	0.45	0.447	0.414	0.404	0.372	0.366	0.367	0.353	0.352	0.347	0.341	0.348	0.343	0.345	0.355	0.347	0.345	0.311	0.351	0.363
1R	0.56	0.555	0.528	0.476	0.569	0.609	0.438	0.449	0.397	0.376	0.426	0.436	0.400	0.450	0.451	0.427	0.413	0.410	0.433	0.455
2L	1.43	1.430	1.350	1.300	1.230	1.240	1.180	1.150	1.150	1.150	1.210	1.030	1.040	1.250	1.140	1.090	1.180	1.120	1.08	1.23
2T	1.69	1.690	1.560	1.500	1.460	1.390	1.470	1.300	1.390	1.310	1.390	1.270	1.300	1.370	1.270	1.250	1.390	1.290	1.270	1.320
2R	2.00	2.000	2.120	2.070	2.150	1.790	1.770	1.680	1.630	1.470	1.560	1.300	1.510	1.590	1.380	1.360	1.430	1.340	1.530	1.410
1L	0.45	1.0	1.9	9.2	1.8	4.5	1.1	5.5	1.6	2.7	2.5	7.2	2.5	3.6	6.1	1.6	1.4	4.1	4.3	6.4
1T	0.45	5.8	1.1	2.5	5.7	1.7	1.6	2.5	1.6	5.4	2.6	2.5	4.0	1.6	4.0	2.9	4.5	4.1	3.9	5.0
1R	0.56	2.5	2.5	4.9	2.5	2.5	4.3	2.5	2.5	2.1	0.9	4.2	2.5	2.5	5.5	2.5	5.9	1.1	5.0	5.0
2L	1.43	2.5	2.0	1.7	3.5	2.0	1.5	5.8	2.5	2.5	2.5	5.0	2.5	2.5	4.0	2.5	2.5	2.5	4.6	2.5
2T	1.69	2.5	2.9	2.7	2.6	2.5	1.0	2.9	2.5	2.5	2.5	3.4	2.5	2.5	2.5	4.0	2.5	2.5	2.5	3.6
2R	2.00	4.1	8.1	4.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.5	2.5	4.4	1.1	2.1	1.7	2.5	3.6	2.5
Arbol		39	21	16	15	26	28	27	18	12	17	17	28	39	11	15	27	12	7	21
1Mód		48	36	16	16	30	35	35	11	7	14	26	11	10	9	8	5	29	10	11
2Mód		77	29	17	45	29	16	31	91	21	16	14	14	17	47	16	20	43	26	22
Total		45	20	20	22	28	37	25	41	13	16	18	14	19	24	13	17	27	12	17

Tabla A.4 Parámetros estimados en los tres componentes L, T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 95-2

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
95-2	1	0.34-0.43	0.36	0.02	5.6	0.32-0.40	0.35	0.02	5.7	0.39-0.49	0.43	0.02	4.7
	2	1.04-1.22	1.14	0.06	5.3	1.14-1.47	1.32	0.07	5.3	1.07-1.54	1.42	0.11	7.7

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
95-2	1	1.32-6.83	4.2	1.5	36.1	1.52-10.60	3.5	2.1	61.1	1.44-7.63	3.6	1.8	49.2
	2	1.24-14.10	3.5	3.0	84.8	1.15-5.05	2.5	0.8	30.1	2.19-9.67	3.1	1.8	58.3

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.35	0.43	0.34	0.38
1T	0.34	0.40	0.32	0.37
1R	0.47	0.49	0.39	0.45
2L	1.12	1.22	1.04	1.22
2T	1.37	1.47	1.14	1.34
2R	1.54	1.54	1.07	1.54

EVENTO 95-2

COMPONENTES L, T y R Modelo: 1n3gsc

MODO	VARIABLES	FRECUENCIA (%)																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1L	$f_1$ (Hz)	0.351	0.431	0.336	0.345	0.351	0.446	0.358	0.341	0.358	0.442	0.353	0.365	0.362	0.367	0.348	0.427	0.391
1T	$f_1$ (Hz)	0.340	0.349	0.345	0.349	0.344	0.347	0.345	0.345	0.349	0.345	0.348	0.340	0.345	0.340	0.345	0.347	0.346
1R	$f_1$ (Hz)	0.464	0.473	0.466	0.457	0.461	0.414	0.406	0.426	0.416	0.413	0.429	0.405	0.424	0.417	0.409	0.444	0.446
2L	$f_2$ (Hz)	1.120	1.180	1.191	1.191	1.160	1.160	1.160	1.160	1.120	1.130	1.220	1.160	1.220	1.190	1.070	1.220	1.220
2T	$f_2$ (Hz)	1.370	1.290	1.270	1.260	1.310	1.260	1.260	1.340	1.320	1.340	1.340	1.290	1.290	1.290	1.290	1.470	1.340
2R	$f_2$ (Hz)	1.540	1.440	1.370	1.410	1.470	1.350	1.470	1.420	1.360	1.400	1.390	1.430	1.490	1.460	1.470	1.070	1.540
1L	$\zeta_1$ (%)	5.3	1.3	5.7	5.5	2.5	4.2	4.5	5.8	3.7	6.8	3.7	5.2	3.7	3.3	2.3	2.5	5.8
1T	$\zeta_1$ (%)	2.5	4.3	10.6	4.1	2.7	3.4	2.2	2.5	4.5	5.9	2.0	3.3	3.1	2.4	2.5	1.5	2.0
1R	$\zeta_1$ (%)	2.6	5.2	2.5	4.5	4.5	3.6	2.5	1.8	7.6	1.4	2.5	2.5	4.1	2.5	2.8	7.1	2.9
2L	$\zeta_2$ (%)	3.2	2.5	2.5	1.8	2.5	2.5	2.5	4.9	5.8	1.7	1.2	2.5	2.5	4.1	14.1	2.5	2.5
2T	$\zeta_2$ (%)	1.9	2.5	2.5	2.3	2.3	1.2	2.5	2.5	2.6	5.1	1.9	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
2R	$\zeta_2$ (%)	3.8	2.5	2.5	5.2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	9.7	2.5	2.5	2.5	2.2
	Azóna L	4.1	2.2	6.6	2.1	1.8	1.1	8	13	10	9	9	11	21	2.2	3.6	6.2	2.3
ERROR	azóna T	9	9	20	2.2	1.2	7	10	17	14	4	8	5	12	8	12	2.2	1.1
(%)	Azóna R	2.2	4.1	2.4	2.8	1.2	8	15	7	15	16	2.8	10	1.6	1.2	1.7	3.5	1.3
	Total	2.2	2.4	2.7	2.5	1.2	8	11	13	14	8	15	8	15	12	19	3.2	1.3



**Tabla A.5** Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 97-2

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min} - f_{máx}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{máx}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{máx}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
97-2	1	0.37-0.44	0.40	0.02	5.0	0.35-0.48	0.37	0.01	2.7	0.43-0.53	0.46	0.03	6.5
	2	1.14-1.28	1.18	0.04	3.4	1.17-1.61	1.45	0.12	8.3	1.54-1.78	1.61	0.09	5.6

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min} - \zeta_{máx}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{máx}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{máx}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
97-2	1	2.50-8.22	4.2	1.8	44.4	1.22-7.91	4.0	1.8	45.0	1.88-11.10	4.9	2.9	59.4
	2	1.45-4.38	3.2	1.0	30.8	2.50-7.02	3.6	1.4	39.6	1.75-2.97	2.6	0.4	14.8

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.41	0.44	0.37	0.40
1T	0.38	0.38	0.35	0.35
1R	0.50	0.53	0.43	0.53
2L	1.28	1.28	1.14	1.20
2T	1.59	1.61	1.17	1.44
2R	1.78	1.78	1.54	1.59

EVENTO 97-2

COMPONENTES L,T y R Modelo: 1n3gsc

		5	15	27.5	35	45	55	65	75	85	95
MODO	VENTANAS TIEMPO (s)	0-10	10-20	20-35	30-40	40-55	50-60	60-70	8-8	80-90	90-95
1L	$f_1$ (Hz)	0.406	0.390	0.420	0.420	0.378	0.375	0.436	0.373	0.377	0.395
1T	$f_2$ (Hz)	0.379	0.381	0.364	0.367	0.371	0.369	0.376	0.353	0.356	0.351
1R	$f_3$ (Hz)	0.495	0.450	0.457	0.428	0.449	0.469	0.446	0.461	0.457	0.528
2L	$f_4$ (Hz)	1.280	1.180	1.160	1.150	1.140	1.190	1.170	1.160	1.160	1.200
2T	$f_5$ (Hz)	1.590	1.610	1.400	1.170	1.390	1.510	1.450	1.500	1.460	1.440
2R	$f_6$ (Hz)	1.780	1.730	1.560	1.550	1.550	1.540	1.550	1.670	1.570	1.590
1L	$\zeta_1$ (%)	2.5	4.7	8.2	2.5	4.3	4.5	2.5	4.4	5.5	2.6
1T	$\zeta_2$ (%)	3.7	3.8	2.7	4.5	4.5	7.9	4.1	1.2	2.5	5.3
1R	$\zeta_3$ (%)	4.9	11.1	2.5	7.5	5.0	4.2	1.9	6.4	2.5	2.5
2L	$\zeta_4$ (%)	4.4	2.5	4.2	2.1	1.5	3.9	3.6	3.5	3.4	2.5
2T	$\zeta_5$ (%)	7.0	2.9	3.4	2.5	1.0	2.5	4.4	3.1	2.5	4.9
2R	$\zeta_6$ (%)	1.8	2.5	2.5	2.2	2.9	2.5	3.0	2.9	2.5	2.9
	Azóna L	19	8	13	13	17	13	17	17	14	22
ERROR	azol T	13	14	18	20	19	18	12	12	10	16
(%)	Azol R	19	53	23	21	12	34	14	38	18	15
	Total	18	18	17	18	16	20	14	21	14	17

Tabla A.6 Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 99-1

EVENTO	MOD0	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
99 1	1	0.32-0.45	0.37	0.04	10.8	0.31-0.42	0.36	0.03	8.1	0.35-0.51	0.44	0.05	11.4
	2	1.10-1.34	1.16	0.07	6.0	1.10-1.41	1.31	0.08	6.1	1.28-1.62	1.44	0.09	6.3

EVENTO	MOD0	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
99 1	1	0.39-5.73	3.0	1.5	48.3	1.11-9.82	3.9	2.2	57.6	1.23-11.30	4.8	3.0	62.7
	2	1.23-8.13	3.9	2.0	50.6	1.33-6.36	3.5	1.7	48.4	1.14-6.67	3.1	1.4	43.8

FRECUENCIA				
MOD0	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.44	0.45	0.32	0.37
1T	0.42	0.42	0.31	0.37
1R	0.51	0.51	0.35	0.51
2L	1.15	1.34	1.10	1.34
2T	1.32	1.41	1.10	1.10
2R	1.56	1.62	1.28	1.54

EVENTO 99-1

COMPONENTES L,T y R Modelo: 1n3gpc

MOD0	VENTANAS	FRECUENCIA																	
		15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	120	140	145	155	165	175	180	195
1L	1. (1 Hz)	0.419	0.407	0.398	0.412	0.416	0.448	0.336	0.357	0.381	0.323	0.347	0.347	0.330	0.347	0.366	0.371	0.357	0.37
1T	1. (1 Hz)	0.424	0.407	0.396	0.415	0.414	0.391	0.411	0.350	0.381	0.319	0.314	0.344	0.311	0.396	0.334	0.351	0.340	0.367
1R	1.3 (1 Hz)	0.507	0.510	0.489	0.476	0.474	0.411	0.429	0.359	0.407	0.420	0.418	0.418	0.436	0.438	0.438	0.444	0.444	0.51
2L	1.4 (1 Hz)	1.190	1.190	1.160	1.209	1.120	1.160	1.340	1.170	1.140	1.130	1.100	1.120	1.150	1.120	1.100	1.130	1.134	
2T	1.5 (1 Hz)	1.120	1.360	1.380	1.240	1.170	1.170	1.380	1.120	1.290	1.170	1.190	1.190	1.190	1.190	1.190	1.290	1.410	1.300
2R	1.6 (1 Hz)	1.560	1.620	1.430	1.310	1.470	1.490	1.510	1.430	1.750	1.280	1.440	1.470	1.430	1.470	1.520	1.460	1.760	1.540
1L	1. (1 %)	12	44	25	25	25	25	25	25	57	36	48	53	04	25	51	25	19	21
1T	1. (1 %)	16	25	98	65	25	58	33	30	72	14	25	35	25	13	49	40	45	33
1R	1. (1 %)	25	25	25	25	56	25	113	28	12	50	85	34	34	47	29	105	53	88
2L	1. (1 %)	25	54	60	42	25	64	54	65	12	19	37	34	81	23	42	19	36	16
2T	1. (1 %)	33	23	25	57	62	51	61	33	64	25	25	30	27	15	33	25	25	25
2R	1. (1 %)	38	52	25	33	12	25	11	31	67	36	25	30	39	16	45	26	25	28
	Azonal	55	42	35	32	32	33	27	27	14	13	26	18	14	12	8	16	30	11
ERROR	azet R	37	21	23	17	22	26	11	11	10	13	23	10	11	20	6	5	19	5
(%)	Azet R	75	36	43	24	17	46	22	10	23	16	20	7	5	12	12	21	33	36
	Total	53	32	33	23	22	36	17	12	16	14	233	11	7	13	9	13	27	12

**Tabla A.7** Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 99-3

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min}-f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
99-3	1	0.34-0.50	0.37	0.03	8.1	0.31-0.41	0.35	0.02	5.7	0.38-0.52	0.43	0.03	7.0
	2	1.01-1.37	1.21	0.09	7.4	1.21-1.48	1.34	0.06	4.5	1.12-1.63	1.48	0.08	5.4

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min}-\zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
99-3	1	1.35-8.40	5.3	1.9	35.7	1.99-5.96	3.1	1.1	32.3	1.52-7.05	3.5	1.5	42.7
	2	2.50-7.95	4.2	2.1	50.8	1.42-11.60	3.5	2.2	62.6	2.50-8.85	4.7	2.3	49.8

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.50	0.50	0.34	0.39
1T	0.41	0.41	0.11	0.17
1R	0.52	0.52	0.10	0.43
2L	1.33	1.37	1.01	1.29
2T	1.48	1.48	1.21	1.38
2R	1.56	1.63	1.32	1.43

EVENTO 99-3

COMPONENTES L,T y R Modelo 1a3pc

MODO	VENTANAS	TIEMPO (s)																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1L	1 (1 Hz)	0.498	0.420	0.387	0.372	0.387	0.397	0.367	0.352	0.353	0.346	0.336	0.343	0.336	0.330	0.346	0.353	0.363	0.356	0.334	0.362	0.358	0.371	0.385	
1T	1 (1 Hz)	0.411	0.382	0.380	0.380	0.385	0.382	0.380	0.385	0.382	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	0.380	
1R	1 (1 Hz)	0.520	0.486	0.484	0.457	0.434	0.432	0.445	0.433	0.433	0.434	0.434	0.417	0.415	0.410	0.416	0.414	0.389	0.418	0.414	0.434	0.394	0.445	0.428	
2L	14 (1 Hz)	1.330	1.370	1.290	1.290	1.190	1.160	1.160	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	1.130	
2T	15 (1 Hz)	1.480	1.370	1.410	1.440	1.380	1.330	1.320	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	1.330	
2R	16 (1 Hz)	1.560	1.520	1.480	1.480	1.510	1.470	1.390	1.460	1.460	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	1.470	
1L	1 (1 Hz)	1.4	2.5	5.5	3.7	8.3	6.3	5.3	4.9	4.1	4.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	
1T	1 (1 Hz)	5.2	3.2	2.0	3.0	2.5	3.5	2.6	3.3	2.0	4.3	3.7	3.2	3.8	4.1	3.0	6.0	2.5	2.5	5.1	3.8	2.2	2.5	2.19	
1R	1 (1 Hz)	2.5	5.7	4.4	2.5	2.5	2.5	5.2	3.1	4.3	7.1	4.3	2.0	3.1	6.3	3.8	3.2	2.5	2.5	1.5	1.7	2.5	2.73	3.97	
2L	1 (1 Hz)	2.5	7.6	3.3	2.5	6.7	7.3	2.5	4.5	2.5	7.6	6.1	2.5	7.4	8.0	2.5	3.3	2.5	2.5	2.5	3.5	2.5	2.5	3.5	
2T	1 (1 Hz)	3.0	2.5	2.8	3.9	5.2	6.5	11.6	6.5	2.5	3.5	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	1.4	1.4	2.5	2.5	
2R	1 (1 Hz)	2.5	8.8	7.3	6.3	5.5	4.4	2.5	2.5	2.5	4.2	2.5	2.5	6.4	8.6	6.5	6.5	6.5	6.5	2.5	2.5	5.3	2.5	3.53	
ERROR	Aprox L	58	31	23	20	22	17	27	20	17	37	32	28	27	10	17	15	10	14	8	20	8	10	10	
	Aprox T	27	11	17	25	36	25	16	11	11	10	9	15	8	15	9	20	45	8	6	4	4	19	7	
(%)	Aprox R	68	58	34	25	33	32	31	24	82	33	43	22	32	11	10	30	21	50	22	16	6	30	70	
	Total	42	29	23	23	31	25	25	27	31	19	186	18	16	10	13	17	19	32	16	15	5	24	33	

Tabla A.8 Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo I correspondiente al evento 99-4

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{promedio}$	$f_{de}$	CV (%)
99-4	1	0.37-0.41	0.38	0.01	2.6	0.35-0.39	0.37	0.01	2.7	0.42-0.52	0.46	0.02	4.3
	2	1.12-1.27	1.18	0.05	4.2	1.28-1.46	1.39	0.06	4.3	1.49-1.63	1.57	0.04	2.5

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)	$\zeta_{min} - \zeta_{max}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{de}$	CV (%)
99-4	1	2.11-7.25	4.2	1.8	41.4	2.16-7.87	3.5	1.7	49.6	1.61-5.84	3.7	1.4	38.0
	2	1.75-6.21	3.4	1.3	39.9	2.40-5.53	3.0	1.0	33.1	2.26-5.41	3.1	1.0	32.7

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.38	0.41	0.37	0.39
1T	0.37	0.39	0.35	0.38
1R	0.52	0.52	0.42	0.47
2L	1.21	1.27	1.12	1.25
2T	1.46	1.46	1.28	1.45
2R	1.63	1.63	1.49	1.61

EVENTO 99-4  
COMPONENTES L,T y R Modelo: 1n3gsc

		5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	VENTANAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MODO	TIEMPO (s)	0.10	10.20	15.35	25.45	40.55	45.60	55.70	65.80	80.90	80-100
1L	$f_1$ (Hz)	0.101	0.305	0.371	0.408	0.371	0.381	0.382	0.377	0.410	0.391
1T	$f_1$ (Hz)	0.372	0.384	0.385	0.385	0.349	0.376	0.389	0.375	0.377	0.378
1R	$f_1$ (Hz)	0.518	0.446	0.455	0.458	0.455	0.463	0.484	0.423	0.461	0.466
2L	$f_2$ (Hz)	1.210	1.140	1.160	1.190	1.200	1.120	1.150	1.150	1.270	1.250
2T	$f_2$ (Hz)	1.460	1.280	1.320	1.370	1.370	1.320	1.410	1.430	1.450	1.450
2R	$f_2$ (Hz)	1.630	1.560	1.590	1.490	1.520	1.550	1.590	1.550	1.570	1.610
1L	$\zeta_1$ (%)	2.5	2.5	4.6	4.9	2.1	5.8	5.4	7.3	4.5	2.5
1T	$\zeta_1$ (%)	3.1	2.4	4.4	7.9	2.5	3.5	4.3	2.2	2.5	2.4
1R	$\zeta_1$ (%)	2.8	3.6	2.5	2.5	5.7	4.8	4.5	1.6	3.7	5.8
2L	$\zeta_2$ (%)	2.8	4.5	6.2	3.6	2.7	1.8	4.3	2.1	3.2	2.5
2T	$\zeta_2$ (%)	2.5	2.5	5.5	2.4	2.5	3.5	3.5	2.5	2.5	2.5
2R	$\zeta_2$ (%)	3.5	2.3	2.6	2.5	2.5	4.2	5.4	2.5	3.0	2.5
	Azules I	9	8	14	18	12	17	16	25	13	21
ERROR	Azul I	12	8	9	9	15	22	12	23	10	17
(%)	Azul R	16	18	36	26	14	13	14	31	10	23
	Total	12	12	17	15	14	18	13	26	10	19

**Tabla A.9** Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo II correspondiente al evento 95-1

EVENTO	MODO	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{min} - f_{max}$	$f_{prom}$	$f_{da}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{prom}$	$f_{da}$	CV (%)	$f_{min} - f_{max}$	$f_{prom}$	$f_{da}$	CV (%)
95-1	1	0.15-0.46	0.17	0.011	8.1	0.31-0.45	0.36	0.042	11.1	0.40-0.57	0.46	0.015	10.9
	2	0.97-1.42	1.21	0.12	9.9	1.08-1.58	1.36	0.14	10.3	1.09-1.53	1.38	0.12	8.7

EVENTO	MODO	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{max} - \zeta_{min}$	$\zeta_{prom}$	$\zeta_{da}$	CV (%)	$\zeta_{max} - \zeta_{min}$	$\zeta_{prom}$	$\zeta_{da}$	CV (%)	$\zeta_{max} - \zeta_{min}$	$\zeta_{prom}$	$\zeta_{da}$	CV (%)
95-1	1	1.97-10.50	4.5	2.2	49.2	1.96-10.90	4.1	2.3	55.7	1.05-6.60	1.2	1.3	30.8
	2	1.53-9.18	3.6	2.1	57.9	2.33-9.44	3.5	1.7	50.3	2.47-12.60	4.0	2.5	63.8

FRECUENCIA				
MODO	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
1L	0.46	0.46	0.35	0.35
1T	0.45	0.45	0.31	0.34
1R	0.53	0.57	0.40	0.43
2L	0.97	1.42	0.97	1.09
2T	1.47	1.58	1.08	1.34
2R	1.42	1.53	1.09	1.50

EVENTO 95-1  
COMPONENTES L,T y R Modelo 3rdgpc

MODO	VERTICAL	FRECUENCIA																		
		12%	25%	50%	75%	90%	95%	97%	98%	99%	100%	101%	102%	103%	104%	105%	106%	107%	108%	
1L	1.1 (Hz)	0.496	0.444	0.433	0.431	0.431	0.438	0.458	0.492	0.501	0.503	0.504	0.506	0.508	0.510	0.512	0.514	0.516	0.518	0.520
1T	1.1 (Hz)	0.447	0.434	0.431	0.429	0.431	0.440	0.448	0.457	0.465	0.473	0.481	0.489	0.497	0.505	0.513	0.521	0.529	0.537	0.545
1R	1.1 (Hz)	0.532	0.507	0.501	0.501	0.506	0.493	0.492	0.491	0.488	0.487	0.483	0.481	0.479	0.477	0.475	0.473	0.471	0.469	0.467
2L	1.4 (Hz)	0.967	1.150	1.130	1.130	1.270	1.220	1.130	1.180	1.140	1.200	1.190	1.340	1.260	1.200	1.240	1.280	1.320	1.360	1.400
2T	1.5 (Hz)	1.470	1.580	1.520	1.520	1.580	1.760	1.480	1.540	1.480	1.520	1.590	1.590	1.590	1.590	1.430	1.480	1.540	1.590	1.650
2R	1.6 (Hz)	1.420	1.440	1.580	1.580	1.290	1.460	1.290	1.310	1.370	1.380	1.240	1.240	1.470	1.470	1.470	1.530	1.520	1.590	1.660
3L	1.7 (%)	2.5	2.2	1.0	4.4	1.0	10.5	4.6	5.5	4.1	6.5	4.9	2.0	2.5	2.5	6.3	8.6	1.9	4.1	4.2
3T	1.7 (%)	4.9	2.7	1.1	4.2	1.0	2.7	10.4	2.4	2.5	2.0	2.5	4.4	2.5	5.9	4.1	1.5	5.0	8.7	1.4
3R	1.7 (%)	2.6	2.5	4.2	2.5	6.6	2.5	3.1	2.5	1.8	2.6	1.9	1.1	2.5	2.5	2.5	1.5	1.1	4.8	1.1
4L	2.1 (%)	4.4	2.5	2.3	8.0	4.9	1.9	5.9	2.5	2.5	4.2	2.5	2.5	2.5	2.5	2.4	9.2	2.5	1.5	3.1
4T	2.1 (%)	2.5	3.3	3.9	4.6	2.5	9.4	3.0	4.7	2.5	2.5	2.5	5.7	2.5	2.5	2.5	3.8	2.5	2.5	2.3
4R	2.1 (%)	2.5	2.5	6.5	2.5	12.6	2.5	4.1	4.7	4.5	7.1	5.2	2.5	2.5	10	2.5	2.5	3.0	2.5	2.5
5L	2.5 (%)	3.6	2.1	1.4	1.7	1.7	2.1	2.1	2.1	1.9	1.6	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	1.1	1.4	1.4	1.1
5T	2.5 (%)	2.9	2.4	1.3	1.2	1.5	2.1	2.1	1.6	1.8	4.1	1.4	1.8	2.4	3.2	1.9	1.2	1.5	1.1	1.1
5R	2.5 (%)	4.4	2.8	1.7	1.8	2.4	3.3	3.1	3.0	3.1	4.1	3.1	3.2	4.4	5.1	2.4	2.2	2.4	1.1	1.5
6L	3.0 (%)	5.0	1.1	1.1	2.0	2.1	2.2	1.5	1.7	2.1	1.1	1.5	4.6	1.2	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6T	3.0 (%)	5.2	1.2	1.1	1.8	1.9	2.1	1.4	1.5	1.5	2.1	1.1	1.5	2.9	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6R	3.0 (%)	6.4	2.6	2.7	4.4	4.1	3.5	3.0	2.9	3.0	3.0	3.4	5.5	2.3	1.7	1.4	1.3	1.3	4.3	1.5
7L	3.5 (%)	6.8	2.7	2.6	4.1	4.5	2.7	1.8	1.9	1.1	2.2	1.0	1.1	1.1	1.5	4.0	2.4	2.0	1.8	1.6
7T	3.5 (%)	8.6	2.6	2.4	4.1	5.0	2.8	1.6	1.7	2.4	2.0	1.3	1.4	1.4	1.6	4.0	2.5	2.0	1.9	1.4
7R	3.5 (%)	9.3	5.2	4.8	5.6	5.0	5.3	3.4	3.7	4.0	3.5	2.8	2.7	2.8	2.9	4.3	2.8	2.7	3.1	3.1
Total		5.4	2.0	1.7	2.3	2.4	2.5	1.8	1.9	2.3	2.2	1.4	1.7	1.5	1.7	2.2	1.6	1.4	1.4	1.1



Tabla A.11 Parámetros estimados en los tres componentes L,T y R utilizando el análisis paramétrico modal, modelo tipo II correspondiente al evento 99-3

EVENTO	MODOS	FRECUENCIA (Hz)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$f_{max}-f_{min}$	$f_{promedio}$	$f_{des}$	Cv (%)	$f_{max}-f_{min}$	$f_{promedio}$	$f_{des}$	Cv (%)	$f_{max}-f_{min}$	$f_{promedio}$	$f_{des}$	Cv (%)
99-3	1	0.34 0.28	0.31	0.01	3.1	0.31 0.19	0.36	0.02	5.6	0.38 0.52	0.41	0.01	7.0
	2	0.94 1.10	1.08	0.11	9.1	1.13 1.45	1.31	0.09	6.0	1.27 1.50	1.47	0.09	6.1

EVENTO	MODOS	AMORTIGUAMIENTO (%)											
		COMPONENTE L				COMPONENTE T				TORSIÓN			
		$\zeta_{max}-\zeta_{min}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{des}$	Cv (%)	$\zeta_{max}-\zeta_{min}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{des}$	Cv (%)	$\zeta_{max}-\zeta_{min}$	$\zeta_{promedio}$	$\zeta_{des}$	Cv (%)
99-3	1	1.64 18.40	4.9	1.6	32.7	1.55 6.79	3.8	1.4	35.4	1.18 19.16	1.0	1.8	60.6
	2	1.66 8.21	1.6	2.0	55.6	2.17 5.41	3.0	1.0	33.6	1.41 8.96	3.7	2.1	55.1

FRECUENCIA				
MODOS	INICIAL	MAX	MIN	FINAL
L	0.48	0.48	0.34	0.43
T	0.39	0.39	0.31	0.37
R	0.52	0.52	0.38	0.45
Z	1.36	1.39	0.94	1.17
2T	1.41	1.45	1.13	1.31
2R	1.52	1.70	1.27	1.43

EVENTO: 99-3

COMPONENTES L,T y R Modelo Super

	MODOS	FRECUENCIA (Hz)																											
		17.5	20	25	35	45	55	65	75	85	95	105	117.5	125	135	147.5	155	167.5	180	197.5	166	205	215	227.5	235	245	257		
L	1	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48	0.48
	2	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
T	1	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
	2	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
R	1	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
	2	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
Z	1	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
	2	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
2T	1	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41	1.41
	2	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
2R	1	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52	1.52
	2	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70	1.70

## APÉNDICE B

**Tabas de factores de participación estimados con el método  
paramétrico modal**



Tabla B.1 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 90-1. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.773851	0.151270	0.000000	0.033341	0.014521	0.000000	0.972983
2	0.205062	0.737220	0.003878	0.000000	0.000305	0.005567	0.952032
3	0.870121	0.072958	0.000556	0.040590	0.000025	0.000000	0.984250
4	0.372134	0.555867	0.005308	0.032202	0.000448	0.000000	0.965959
5	0.176437	0.729647	0.034370	0.027797	0.000199	0.000000	0.968450
6	0.949446	0.000000	0.000120	0.026079	0.000991	0.000000	0.976636
7	0.965765	0.000000	0.013275	0.000001	0.000383	0.000803	0.980227
8	0.736107	0.000000	0.240539	0.004788	0.001999	0.003174	0.986607
9	0.859357	0.000000	0.103463	0.013458	0.000009	0.000764	0.977051
10	0.676470	0.000595	0.267565	0.000054	0.000231	0.000053	0.944968
11	0.972951	0.000000	0.000622	0.016316	0.000981	0.000001	0.990871
12	0.274943	0.675887	0.026977	0.007977	0.000067	0.000003	0.985854
13	0.548779	0.250162	0.008412	0.022664	0.000012	0.001400	0.831429

VENTANA	AZOT T						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.634715	0.295974	0.000310	0.000437	0.000000	0.037637	0.969073
2	0.073777	0.888399	0.008712	0.005822	0.009382	0.000625	0.986717
3	0.845826	0.110093	0.000407	0.001082	0.005845	0.011381	0.974634
4	0.122701	0.851728	0.005591	0.000000	0.001773	0.002311	0.984104
5	0.099189	0.881423	0.002776	0.000000	0.002140	0.006612	0.992140
6	0.000000	0.922641	0.036205	0.000037	0.003382	0.005253	0.967518
7	0.000000	0.953550	0.013277	0.017136	0.001472	0.000000	0.985435
8	0.020538	0.959912	0.014308	0.001528	0.000690	0.000000	0.996976
9	0.005130	0.927093	0.043852	0.000000	0.001723	0.001691	0.979489
10	0.033627	0.954094	0.008145	0.000004	0.000060	0.001307	0.997237
11	0.001468	0.905746	0.028268	0.000188	0.005070	0.002631	0.943371
12	0.000000	0.987451	0.009153	0.000003	0.000722	0.000140	0.997469
13	0.013398	0.974382	0.004768	0.000007	0.000820	0.000003	0.993378

VENTANA	AZOT R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.047930	0.135976	0.159895	0.000000	0.002190	0.080246	0.426237
2	0.458733	0.226576	0.144911	0.002396	0.041521	0.000000	0.874137
3	0.251903	0.164767	0.106598	0.012236	0.000000	0.106845	0.642349
4	0.000031	0.429042	0.307818	0.000077	0.000000	0.129656	0.866624
5	0.030551	0.611708	0.193985	0.000110	0.000000	0.081440	0.917794
6	0.002554	0.560403	0.283936	0.000110	0.000000	0.061440	0.908443
7	0.707676	0.122311	0.120855	0.000008	0.000000	0.014481	0.965331
8	0.282619	0.470209	0.202085	0.000000	0.007063	0.000014	0.961990
9	0.000000	0.454149	0.417726	0.000382	0.000000	0.003830	0.876087
10	0.370643	0.512012	0.081675	0.003549	0.005485	0.000672	0.974036
11	0.002051	0.800065	0.113519	0.001557	0.000082	0.019936	0.937210
12	0.288124	0.618362	0.063077	0.000547	0.001995	0.001902	0.974007
13	0.105060	0.757004	0.070966	0.000084	0.002472	0.001101	0.936687

Tabla B.2 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 94-3. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.004281	0.981053	0.000778	0.005149	0.001550	0.002534	0.995345
2	0.307426	0.263503	0.389042	0.017029	0.001266	0.000978	0.979244
3	0.857056	0.000000	0.119764	0.001057	0.002145	0.000098	0.980120
4	0.268367	0.006577	0.611586	0.060156	0.002245	0.001906	0.950837
5	0.628390	0.109884	0.090801	0.044117	0.000477	0.000141	0.873810
6	0.226846	0.025572	0.718880	0.004634	0.004789	0.001122	0.981843
7	0.509226	0.095005	0.305483	0.042399	0.000673	0.000349	0.953135
8	0.760346	0.196857	0.000000	0.001990	0.020909	0.000165	0.980267
9	0.610652	0.335485	0.000001	0.000035	0.006018	0.002775	0.954966
10	0.972966	0.000073	0.022419	0.000046	0.000178	0.000390	0.996072
11	0.506509	0.451968	0.000001	0.000151	0.003212	0.000606	0.962447
12	0.907649	0.018260	0.000000	0.017329	0.002526	0.007812	0.953576
13	0.530062	0.034136	0.424737	0.002621	0.000847	0.000131	0.992534
14	0.989016	0.002508	0.001941	0.003021	0.000477	0.000072	0.997035
15	0.996943	0.000132	0.000000	0.000006	0.001243	0.000043	0.998367

VENTANA	AZOT T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.046230	0.945422	0.000367	0.000002	0.000257	0.000013	0.992291
2	0.029789	0.912114	0.049379	0.000442	0.004234	0.000539	0.996497
3	0.034320	0.956526	0.002985	0.001340	0.000246	0.000188	0.995605
4	0.005579	0.647494	0.334017	0.000110	0.002140	0.000003	0.989343
5	0.517468	0.006375	0.433896	0.000690	0.000030	0.023857	0.982316
6	0.232541	0.460249	0.231117	0.019530	0.013832	0.000597	0.957866
7	0.001540	0.297342	0.677937	0.001481	0.003095	0.001652	0.983047
8	0.933564	0.046130	0.004217	0.000354	0.000497	0.003891	0.988653
9	0.325136	0.014132	0.610337	0.000061	0.000821	0.004586	0.955073
10	0.118026	0.261970	0.385525	0.021817	0.000950	0.004817	0.793105
11	0.001334	0.138043	0.854338	0.000444	0.002088	0.000402	0.996649
12	0.000099	0.748292	0.242479	0.000000	0.005014	0.000022	0.995906
13	0.140616	0.731783	0.112859	0.001460	0.004694	0.000296	0.991708
14	0.019153	0.075309	0.888207	0.000000	0.001654	0.001118	0.985441
15	0.000000	0.053651	0.898347	0.004634	0.000000	0.000092	0.956774

VENTANA	AZOT R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.003582	0.198837	0.436284	0.000348	0.021501	0.000000	0.660552
2	0.024814	0.398144	0.565746	0.001905	0.000690	0.001259	0.992558
3	0.689384	0.214244	0.073431	0.003662	0.000009	0.000662	0.981392
4	0.029370	0.157864	0.787426	0.000758	0.000000	0.001010	0.976428
5	0.018447	0.000727	0.971237	0.001457	0.000326	0.000125	0.992319
6	0.183387	0.001412	0.788585	0.006981	0.003479	0.005254	0.989098
7	0.031185	0.087404	0.861088	0.001790	0.003749	0.001518	0.986734
8	0.000977	0.000000	0.952810	0.007159	0.000762	0.000000	0.961708
9	0.113487	0.003524	0.861815	0.002315	0.000000	0.001940	0.983081
10	0.033336	0.050701	0.822640	0.004222	0.000397	0.000581	0.911877
11	0.000000	0.428001	0.547311	0.004083	0.001165	0.001086	0.981646
12	0.000000	0.053664	0.942645	0.000777	0.000251	0.000279	0.997616
13	0.045874	0.000000	0.951599	0.000015	0.001068	0.000400	0.998956
14	0.003086	0.006032	0.985910	0.000116	0.000921	0.000423	0.996488
15	0.024766	0.010753	0.911104	0.001467	0.000241	0.003034	0.951365

Tabla B.3 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 95-1. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.296880	0.452480	0.000392	0.084675	0.007149	0.000004	0.841580
2	0.839255	0.000000	0.019288	0.088225	0.000004	0.008004	0.954776
3	0.890922	0.000000	0.000468	0.073894	0.000592	0.006160	0.972036
4	0.907831	0.000000	0.001107	0.062803	0.000096	0.003873	0.975710
5	0.468087	0.384164	0.009771	0.042163	0.000279	0.000083	0.904547
6	0.908923	0.000004	0.000000	0.000000	0.007079	0.002707	0.918713
7	0.659618	0.224516	0.000000	0.040923	0.000664	0.000256	0.925977
8	0.928650	0.000000	0.005532	0.027153	0.000000	0.007308	0.968643
9	0.919782	0.000000	0.038533	0.002310	0.022440	0.002493	0.985558
10	0.631102	0.321432	0.000000	0.015530	0.001666	0.000000	0.969730
11	0.921381	0.018537	0.000000	0.007765	0.000000	0.023305	0.970988
12	0.104212	0.042865	0.751400	0.001865	0.020600	0.000180	0.921122
13	0.713590	0.100382	0.025308	0.000000	0.008726	0.000009	0.848015
14	0.869094	0.024671	0.081269	0.007435	0.000001	0.000006	0.982476
15	0.677396	0.213251	0.079218	0.004154	0.002774	0.000012	0.976805
16	0.583632	0.084267	0.243512	0.001797	0.000060	0.012637	0.925905
17	0.954423	0.029800	0.000171	0.000542	0.000724	0.000462	0.986122
18	0.818950	0.158273	0.009937	0.007459	0.000451	0.000178	0.995248
19	0.596150	0.357024	0.000000	0.001112	0.000741	0.000803	0.955830

VENTANA	AZOT T						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.075744	0.645582	0.002526	0.000000	0.113080	0.020349	0.857281
2	0.000000	0.907295	0.012155	0.000519	0.050578	0.002905	0.973452
3	0.000000	0.928682	0.006607	0.004402	0.033414	0.000170	0.973275
4	0.000000	0.886124	0.037003	0.000573	0.048435	0.000301	0.972436
5	0.000000	0.775839	0.070903	0.000280	0.061815	0.000305	0.909142
6	0.000000	0.880062	0.002645	0.039822	0.002809	0.000085	0.925423
7	0.050162	0.820860	0.089110	0.000005	0.016846	0.000150	0.977133
8	0.000000	0.977359	0.002741	0.000000	0.000759	0.000717	0.981576
9	0.011860	0.971030	0.010222	0.000000	0.000581	0.000119	0.993812
10	0.163162	0.105419	0.702471	0.000815	0.000326	0.007451	0.979644
11	0.195095	0.634533	0.093342	0.002641	0.000172	0.005201	0.930984
12	0.000043	0.183871	0.797442	0.001518	0.003150	0.000228	0.986252
13	0.005775	0.981609	0.001861	0.000124	0.000298	0.000682	0.990349
14	0.003236	0.978240	0.010265	0.000022	0.000000	0.000927	0.992690
15	0.037396	0.924953	0.030913	0.000002	0.000344	0.000742	0.994350
16	0.009528	0.968632	0.016996	0.000010	0.001077	0.000678	0.989621
17	0.054906	0.170905	0.685628	0.003729	0.000023	0.000832	0.916023
18	0.736034	0.252140	0.000000	0.000407	0.000014	0.001373	0.989968
19	0.058347	0.917073	0.012538	0.000016	0.000004	0.000781	0.988759

VENTANA	AZOT R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.094894	0.016930	0.097787	0.017283	0.025017	0.154719	0.406630
2	0.295785	0.469223	0.100159	0.014446	0.033585	0.000000	0.913198
3	0.056547	0.395626	0.335494	0.047435	0.027668	0.000000	0.862770
4	0.112052	0.252856	0.343743	0.052821	0.050634	0.000000	0.812106
5	0.220966	0.563231	0.116288	0.006078	0.004615	0.021135	0.932313
6	0.001329	0.000001	0.960193	0.013254	0.006395	0.002795	0.983967
7	0.000000	0.084932	0.805797	0.001021	0.004710	0.004625	0.901085
8	0.040053	0.045251	0.002664	0.000810	0.016015	0.000000	0.104793
9	0.456005	0.094707	0.396411	0.008232	0.000001	0.000000	0.955356
10	0.030230	0.000000	0.939148	0.000230	0.000140	0.003419	0.973167
11	0.001436	0.000000	0.972771	0.000000	0.005928	0.000001	0.980136
12	0.002394	0.145387	0.824878	0.002775	0.002713	0.004258	0.982405
13	0.917228	0.000000	0.038915	0.009691	0.000011	0.004184	0.970029
14	0.003826	0.139182	0.630201	0.000533	0.003027	0.000515	0.777284
15	0.336579	0.033473	0.593202	0.000462	0.000131	0.003795	0.967642
16	0.715842	0.140370	0.099035	0.000766	0.001139	0.002997	0.960149
17	0.290444	0.207425	0.326007	0.008316	0.003188	0.000029	0.835409
18	0.000651	0.092245	0.835422	0.000000	0.000940	0.001008	0.930266
19	0.709140	0.002862	0.233572	0.000231	0.000826	0.003337	0.949968

Tabla B.4 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 95-2. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.040343	0.603789	0.158371	0.024931	0.002776	0.000406	0.830616
2	0.814420	0.059987	0.065061	0.003851	0.007164	0.000612	0.951095
3	0.190365	0.031567	0.283286	0.029213	0.029916	0.000780	0.565127
4	0.674429	0.267053	0.000127	0.005524	0.007127	0.002884	0.957144
5	0.542954	0.370509	0.049580	0.001646	0.002248	0.000056	0.966993
6	0.569946	0.304918	0.097748	0.012857	0.001934	0.000180	0.987583
7	0.601255	0.372052	0.005953	0.009247	0.003413	0.001668	0.993588
8	0.808441	0.069034	0.089940	0.014439	0.000010	0.000413	0.982277
9	0.533084	0.449161	0.000000	0.005798	0.000494	0.002002	0.990539
10	0.518440	0.443659	0.024289	0.004282	0.000000	0.001756	0.992426
11	0.984927	0.004085	0.000294	0.002630	0.000083	0.000131	0.992150
12	0.596951	0.224417	0.159851	0.006753	0.000485	0.000710	0.989170
13	0.833780	0.060442	0.056699	0.001285	0.000175	0.001787	0.954168
14	0.748214	0.018249	0.174380	0.009114	0.000297	0.000008	0.950262
15	0.541065	0.091512	0.226203	0.012560	0.000765	0.000401	0.872506
16	0.455958	0.041182	0.110490	0.006593	0.005475	0.000000	0.619702
17	0.883183	0.002635	0.052281	0.007491	0.000233	0.000338	0.946161

VENTANA	AZOT T						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.963530	0.026684	0.000011	0.000062	0.000306	0.000375	0.990968
2	0.022234	0.964914	0.003752	0.000001	0.000085	0.000000	0.990990
3	0.005632	0.947359	0.001915	0.000337	0.003435	0.000266	0.958944
4	0.010388	0.319934	0.612383	0.001145	0.003152	0.002378	0.949380
5	0.057707	0.019289	0.905323	0.002490	0.000750	0.001132	0.986691
6	0.026746	0.689709	0.274623	0.000392	0.001464	0.001568	0.994522
7	0.843343	0.114833	0.032666	0.000042	0.000100	0.000000	0.990985
8	0.789856	0.162207	0.016984	0.000000	0.000060	0.001413	0.970541
9	0.060243	0.660436	0.254083	0.000502	0.000415	0.002903	0.978585
10	0.000186	0.986658	0.010496	0.000001	0.000850	0.000340	0.998578
11	0.003389	0.943496	0.046608	0.000020	0.000225	0.000020	0.993762
12	0.029816	0.864971	0.102238	0.000000	0.000000	0.000439	0.997465
13	0.000033	0.490123	0.492860	0.000757	0.000703	0.000782	0.985258
14	0.000555	0.785789	0.207341	0.000727	0.000025	0.000000	0.994440
15	0.367336	0.614076	0.001221	0.002367	0.000000	0.000200	0.985213
16	0.023435	0.831212	0.093889	0.000240	0.001160	0.001140	0.951103
17	0.000024	0.889387	0.097253	0.000012	0.000090	0.000033	0.986799

VENTANA	AZOT R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.030742	0.681450	0.235429	0.000001	0.000955	0.002851	0.951469
2	0.345406	0.001908	0.467834	0.002140	0.012250	0.003577	0.833162
3	0.129104	0.095216	0.712399	0.000000	0.000035	0.005284	0.942039
4	0.000375	0.285225	0.628447	0.000301	0.003445	0.002573	0.920369
5	0.110842	0.022128	0.837482	0.001148	0.012250	0.002227	0.986088
6	0.000000	0.132872	0.858243	0.000235	0.001675	0.000807	0.993836
7	0.252379	0.679923	0.038182	0.000016	0.000000	0.006951	0.977462
8	0.276946	0.003074	0.712806	0.000366	0.001050	0.000002	0.994278
9	0.001450	0.187893	0.787605	0.001098	0.000114	0.000126	0.978286
10	0.259671	0.633988	0.075057	0.000867	0.000562	0.005424	0.975569
11	0.005001	0.317016	0.599924	0.001257	0.000963	0.000087	0.924248
12	0.005324	0.790583	0.192290	0.001099	0.000868	0.000040	0.990224
13	0.000250	0.275621	0.695388	0.001939	0.000000	0.000092	0.973290
14	0.000297	0.108613	0.874950	0.000003	0.001100	0.000403	0.985366
15	0.691984	0.197976	0.079059	0.001196	0.000113	0.000207	0.970535
16	0.034033	0.003611	0.823616	0.000348	0.005524	0.009449	0.876581
17	0.000245	0.497963	0.483892	0.000025	0.001210	0.001043	0.984385

Tabla B.5 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 97-2. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.881356	0.009165	0.027157	0.042235	0.001542	0.001299	0.962754
2	0.747580	0.205161	0.000069	0.000134	0.027181	0.000690	0.980815
3	0.335655	0.596189	0.000000	0.000199	0.033055	0.001850	0.966948
4	0.033355	0.475412	0.422184	0.000000	0.014515	0.014943	0.960409
5	0.563840	0.130416	0.230485	0.001224	0.039543	0.000440	0.965948
6	0.859991	0.064739	0.002070	0.005640	0.017997	0.000000	0.950437
7	0.185392	0.554765	0.102554	0.127539	0.000009	0.000751	0.971010
8	0.837696	0.067996	0.041719	0.024841	0.000016	0.000340	0.972608
9	0.779394	0.142048	0.060467	0.000463	0.006729	0.000000	0.989101
10	0.797957	0.085723	0.011424	0.051861	0.000354	0.003252	0.950571

VENTANA	AZOT T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.102416	0.835972	0.004791	0.028083	0.004754	0.005358	0.981314
2	0.030659	0.933021	0.000009	0.029482	0.000075	0.000092	0.993338
3	0.042243	0.883725	0.015718	0.042745	0.000000	0.000028	0.984459
4	0.035257	0.856440	0.015678	0.072602	0.000003	0.000086	0.984066
5	0.533735	0.392070	0.000000	0.043829	0.000109	0.001776	0.971519
6	0.022480	0.911952	0.011442	0.036792	0.000122	0.001219	0.984007
7	0.040206	0.876955	0.057743	0.003276	0.007678	0.000000	0.985868
8	0.832160	0.116414	0.024487	0.000057	0.011852	0.000115	0.985085
9	0.678579	0.202866	0.064300	0.035199	0.000001	0.000293	0.981240
10	0.641569	0.315063	0.004686	0.000122	0.007264	0.007630	0.976354

VENTANA	AZOT R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.506199	0.131471	0.280710	0.026930	0.005887	0.011524	0.962721
2	0.000318	0.012149	0.619927	0.042177	0.028938	0.012969	0.716478
3	0.450975	0.392364	0.075032	0.004175	0.018356	0.009023	0.949925
4	0.059876	0.354377	0.516292	0.002506	0.005774	0.015472	0.954237
5	0.292006	0.017369	0.657484	0.003689	0.004433	0.008677	0.983658
6	0.141981	0.226436	0.369197	0.073486	0.000008	0.028024	0.839132
7	0.074191	0.010576	0.865983	0.010910	0.000000	0.018791	0.980391
8	0.116050	0.108755	0.622344	0.001613	0.000119	0.006292	0.855173
9	0.000628	0.089456	0.870504	0.000881	0.000000	0.005416	0.966985
10	0.804434	0.065670	0.081107	0.012726	0.000000	0.013823	0.977700

Tabla B.6 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-1. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.532605	0.015726	0.000007	0.004336	0.100018	0.046373	0.699065
2	0.568062	0.000001	0.089179	0.162832	0.000005	0.000990	0.821069
3	0.121900	0.331343	0.189447	0.232107	0.000020	0.000004	0.874821
4	0.098943	0.505708	0.184851	0.034074	0.074379	0.000001	0.897956
5	0.359904	0.106331	0.285998	0.041348	0.097845	0.004072	0.895498
6	0.121704	0.562321	0.140544	0.065016	0.000000	0.004056	0.893641
7	0.591119	0.137874	0.128020	0.068994	0.000000	0.000964	0.926971
8	0.840049	0.016556	0.000556	0.066170	0.000000	0.001877	0.925208
9	0.508143	0.244263	0.194741	0.028403	0.000000	0.002979	0.978529
10	0.797271	0.077996	0.083990	0.025556	0.000004	0.000000	0.984817
11	0.564030	0.322858	0.020881	0.023578	0.000024	0.000694	0.932065
12	0.373420	0.190893	0.359678	0.042013	0.000231	0.000492	0.966727
13	0.357631	0.191121	0.398811	0.031477	0.000026	0.000122	0.979188
14	0.236304	0.483667	0.204212	0.063745	0.000047	0.000006	0.987981
15	0.844649	0.123923	0.020023	0.004925	0.000216	0.000031	0.993767
16	0.745693	0.113270	0.049615	0.058109	0.003292	0.005341	0.975320
17	0.513828	0.346766	0.008647	0.043557	0.000220	0.000971	0.913999
18	0.180703	0.787431	0.018062	0.000002	0.002710	0.000007	0.988915

VENTANA	AZOT T						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.000365	0.337315	0.000050	0.004479	0.002292	0.516219	0.860720
2	0.004791	0.863575	0.012993	0.007185	0.054872	0.011384	0.954800
3	0.223921	0.656689	0.001409	0.003594	0.000521	0.062494	0.949028
4	0.016398	0.881749	0.020712	0.004665	0.044147	0.001892	0.969563
5	0.273927	0.633508	0.002074	0.002957	0.037677	0.000000	0.950143
6	0.029875	0.842633	0.004129	0.000002	0.053254	0.000811	0.930734
7	0.003232	0.960905	0.004185	0.000858	0.018564	0.000900	0.988644
8	0.000144	0.654625	0.313705	0.000333	0.016551	0.001708	0.987466
9	0.098244	0.844855	0.034687	0.000000	0.007529	0.003720	0.989034
10	0.050158	0.102338	0.823943	0.000568	0.003769	0.001010	0.981786
11	0.535181	0.183742	0.218702	0.000034	0.002795	0.003182	0.943636
12	0.084073	0.661477	0.237931	0.000704	0.006613	0.000524	0.991322
13	0.086416	0.824802	0.068420	0.000023	0.008716	0.000000	0.988379
14	0.207079	0.724328	0.017134	0.000035	0.010375	0.000484	0.959436
15	0.748222	0.238472	0.000082	0.000225	0.006795	0.001103	0.994899
16	0.002143	0.993790	0.000080	0.000023	0.000454	0.000821	0.997311
17	0.077458	0.875164	0.008131	0.000800	0.001907	0.000000	0.963460
18	0.038876	0.954137	0.001380	0.002677	0.000112	0.000469	0.997651

VENTANA	AZOT R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.015393	0.075718	0.021788	0.004433	0.095285	0.224298	0.436915
2	0.721495	0.000290	0.085427	0.007506	0.012268	0.042195	0.869201
3	0.365676	0.399229	0.049672	0.004451	0.000042	0.000027	0.819097
4	0.835080	0.003175	0.057473	0.002285	0.040520	0.005933	0.944526
5	0.847270	0.081001	0.013270	0.000908	0.017927	0.011078	0.971454
6	0.011062	0.371053	0.341910	0.013122	0.004263	0.028029	0.769459
7	0.007493	0.014638	0.885041	0.013321	0.003579	0.026238	0.950310
8	0.000193	0.164697	0.815984	0.000217	0.006365	0.003200	0.990659
9	0.479130	0.000004	0.442390	0.000514	0.022750	0.001050	0.945838
10	0.193935	0.055408	0.704366	0.000312	0.000666	0.019066	0.973753
11	0.494271	0.075158	0.384216	0.003671	0.001854	0.002433	0.961603
12	0.003968	0.079805	0.904589	0.001730	0.002390	0.002716	0.995198
13	0.002465	0.007883	0.984470	0.001553	0.000000	0.001598	0.997969
14	0.001255	0.000675	0.977313	0.001244	0.000006	0.005148	0.985606
15	0.303912	0.551358	0.115347	0.000116	0.009857	0.005041	0.985631
16	0.001769	0.001166	0.933168	0.009165	0.000350	0.008186	0.953804
17	0.165966	0.058089	0.655143	0.003176	0.000154	0.006945	0.889473
18	0.112311	0.199799	0.517030	0.031434	0.008907	0.002454	0.871935

ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DINÁMICOS DEL EDIFICIO PC

Tabla B.7 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-3. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.296231	0.171914	0.070135	0.000781	0.113931	0.011141	0.664133
2	0.742963	0.000000	0.044188	0.085274	0.006480	0.000000	0.879035
3	0.656582	0.000000	0.097571	0.193424	0.000612	0.000000	0.848189
4	0.866526	0.000000	0.014377	0.078458	0.000000	0.000061	0.959422
5	0.818483	0.068108	0.000000	0.060213	0.000938	0.003573	0.951315
6	0.904744	0.002169	0.000000	0.064066	0.01298	0.000000	0.972277
7	0.914881	0.000499	0.000000	0.000324	0.000000	0.011164	0.926868
8	0.891123	0.006748	0.014996	0.042004	0.002944	0.000297	0.958112
9	0.946352	0.000000	0.000039	0.011442	0.000121	0.013121	0.971075
10	0.742156	0.165172	0.019643	0.042530	0.000078	0.001401	0.970980
11	0.596835	0.386345	0.000296	0.000029	0.001231	0.000291	0.985027
12	0.874161	0.041389	0.000000	0.000159	0.000000	0.001582	0.917291
13	0.450254	0.395534	0.053732	0.025463	0.000026	0.000710	0.925719
14	0.110426	0.856626	0.018497	0.001628	0.000000	0.000608	0.987785
15	0.232167	0.063640	0.669339	0.000139	0.003667	0.002759	0.971711
16	0.545188	0.135210	0.289657	0.005295	0.000481	0.000511	0.976342
17	0.990784	0.000053	0.000000	0.000099	0.000092	0.000000	0.991028
18	0.971690	0.001593	0.000179	0.005694	0.000520	0.000148	0.979824
19	0.988827	0.003996	0.000000	0.000454	0.000000	0.000001	0.993278
20	0.955125	0.000044	0.000000	0.001634	0.001424	0.000000	0.958227
21	0.520212	0.069576	0.403536	0.000059	0.000418	0.000002	0.993803
22	0.953096	0.004727	0.000000	0.000162	0.000000	0.000142	0.988127
23	0.975682	0.000000	0.010881	0.003031	0.000000	0.001361	0.990955

VENTANA	AZOT T						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.000035	0.996911	0.008323	0.005680	0.001609	0.012586	0.925144
2	0.000000	0.946694	0.017189	0.000000	0.002732	0.018682	0.986297
3	0.000056	0.934774	0.000000	0.000000	0.008877	0.028364	0.972071
4	0.000000	0.763575	0.064147	0.000000	0.085387	0.024743	0.937852
5	0.228466	0.311660	0.179488	0.000001	0.013535	0.134935	0.868085
6	0.000000	0.577484	0.328182	0.000000	0.006294	0.023532	0.935492
7	0.000000	0.753911	0.200946	0.005107	0.013962	0.000000	0.973926
8	0.000895	0.270494	0.602936	0.000847	0.012045	0.001360	0.888577
9	0.000000	0.924031	0.034548	0.000093	0.016935	0.010188	0.985795
10	0.434084	0.540106	0.007566	0.000522	0.002992	0.004490	0.989760
11	0.017944	0.966560	0.000286	0.000313	0.000269	0.006972	0.992344
12	0.000000	0.865214	0.122432	0.003228	0.001318	0.000258	0.992450
13	0.018360	0.752060	0.200427	0.000315	0.003900	0.000355	0.975417
14	0.075318	0.913802	0.000000	0.000155	0.004353	0.000584	0.994212
15	0.008717	0.480626	0.487443	0.000082	0.000395	0.000238	0.977501
16	0.016805	0.668430	0.004845	0.000018	0.000021	0.001449	0.991618
17	0.000000	0.292059	0.668899	0.000210	0.000000	0.000067	0.961235
18	0.153758	0.337576	0.300152	0.000000	0.000622	0.000819	0.793215
19	0.000000	0.573439	0.418030	0.000000	0.000099	0.000000	0.992543
20	0.000000	0.688589	0.007046	0.000000	0.000001	0.000903	0.996539
21	0.012599	0.638138	0.347639	0.000179	0.000000	0.000049	0.998604
22	0.000000	0.320803	0.641841	0.000000	0.000443	0.000006	0.963093
23	0.000000	0.945559	0.040851	0.000000	0.000736	0.000151	0.987297

VENTANA	AZOT R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.049364	0.366038	0.092473	0.003955	0.021550	0.000199	0.533577
2	0.248357	0.367486	0.000000	0.000501	0.000000	0.004046	0.604070
3	0.000000	0.190549	0.626789	0.032880	0.000000	0.032520	0.827338
4	0.140759	0.155201	0.503152	0.15323	0.070006	0.050498	0.934939
5	0.015069	0.000000	0.826423	0.007271	0.017012	0.023403	0.889178
6	0.033081	0.000000	0.824951	0.004973	0.000000	0.034220	0.897225
7	0.000663	0.000000	0.881363	0.000000	0.019122	0.002310	0.903458
8	0.012646	0.093585	0.823305	0.005720	0.001645	0.007006	0.943907
9	0.003606	0.230256	0.000000	0.000009	0.013242	0.086659	0.333772
10	0.184826	0.210302	0.470683	0.011432	0.004170	0.009464	0.890877
11	0.250910	0.312147	0.233250	0.015745	0.003089	0.000613	0.815754
12	0.049295	0.000000	0.890384	0.000555	0.011396	0.000705	0.952335
13	0.007745	0.229843	0.741658	0.002185	0.001816	0.003352	0.986599
14	0.000640	0.000000	0.981750	0.001964	0.002481	0.001392	0.988227
15	0.002576	0.114773	0.868757	0.001161	0.000560	0.001470	0.989297
16	0.063933	0.327735	0.513279	0.000043	0.005048	0.000161	0.910199
17	0.000466	0.000000	0.958740	0.000000	0.000079	0.000049	0.959336
18	0.235554	0.126597	0.379928	0.003247	0.000061	0.007115	0.752502
19	0.024346	0.000000	0.893957	0.020147	0.011220	0.003009	0.952679
20	0.000035	0.000000	0.971182	0.000390	0.000000	0.001344	0.972951
21	0.002822	0.170900	0.819939	0.002647	0.000000	0.000384	0.996692
22	0.006718	0.000000	0.896418	0.000004	0.007113	0.000000	0.910253
23	0.089394	0.389774	0.000000	0.000705	0.027289	0.000000	0.507162

Tabla B.8 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-4. Modelo tipo I

VENTANA	AZOT L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.976592	0.000000	0.011694	0.003025	0.000025	0.000000	0.991339
2	0.896520	0.005092	0.068769	0.004690	0.003310	0.000929	0.979310
3	0.516175	0.447431	0.000319	0.013653	0.002274	0.000274	0.980126
4	0.953680	0.000000	0.001049	0.014127	0.000163	0.000156	0.969175
5	0.889568	0.053123	0.033760	0.007572	0.000002	0.000254	0.984279
6	0.587944	0.357846	0.021649	0.003170	0.000355	0.000702	0.971664
7	0.866081	0.094871	0.005157	0.006743	0.000113	0.000027	0.972992
8	0.553212	0.321558	0.057439	0.005256	0.000127	0.000160	0.937752
9	0.217427	0.599370	0.156605	0.010091	0.000463	0.000066	0.984022
10	0.431414	0.498498	0.017192	0.008395	0.000309	0.000156	0.955964

VENTANA	AZOT T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.000000	0.980886	0.003083	0.000000	0.000414	0.000471	0.984854
2	0.057668	0.932827	0.000000	0.000806	0.000255	0.001589	0.993185
3	0.054442	0.933368	0.000634	0.000594	0.001627	0.001245	0.991910
4	0.006482	0.981582	0.000101	0.000056	0.002978	0.000406	0.991605
5	0.196777	0.679211	0.097446	0.000015	0.002655	0.002311	0.978396
6	0.298632	0.610811	0.034215	0.001406	0.004655	0.000351	0.950074
7	0.002582	0.862704	0.119182	0.000000	0.001157	0.000617	0.986282
8	0.729120	0.206212	0.005942	0.001859	0.000002	0.004741	0.947876
9	0.007504	0.904629	0.075510	0.000055	0.002731	0.000012	0.990440
10	0.005438	0.918141	0.046354	0.000045	0.002113	0.000342	0.972438

VENTANA	AZOT R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.700753	0.164023	0.102313	0.000041	0.000642	0.005494	0.973266
2	0.331869	0.005028	0.652837	0.002427	0.000000	0.007528	0.999689
3	0.114074	0.519527	0.200001	0.021703	0.003153	0.009914	0.868412
4	0.206769	0.464151	0.234283	0.006085	0.010341	0.008673	0.930302
5	0.054842	0.359126	0.558960	0.000564	0.005231	0.000015	0.978737
6	0.020984	0.547548	0.409114	0.000001	0.000555	0.003255	0.981488
7	0.046802	0.144107	0.789278	0.000037	0.000023	0.001856	0.982108
8	0.526202	0.016756	0.356100	0.001241	0.002333	0.000065	0.902703
9	0.000786	0.289204	0.696683	0.001275	0.000055	0.000330	0.988364
10	0.000893	0.246729	0.699788	0.001410	0.000314	0.000000	0.949194



Tabla B.9 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 95-1. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.196922	0.549446	0.009691	0.104249	0.009659	0.000048	0.870015
2	0.793802	0.047293	0.018144	0.091862	0.000000	0.004233	0.955334
3	0.581085	0.321758	0.019913	0.055963	0.000756	0.002769	0.982244
4	0.897887	0.000140	0.006437	0.000000	0.067438	0.000191	0.972093
5	0.882766	0.000165	0.001154	0.085703	0.000062	0.001048	0.970898
6	0.512716	0.395275	0.000655	0.039418	0.000913	0.000220	0.949197
7	0.895637	0.004885	0.006538	0.051227	0.000001	0.000673	0.958961
8	0.863333	0.031156	0.008148	0.043424	0.000131	0.002008	0.948200
9	0.803660	0.036812	0.091140	0.025347	0.005900	0.000000	0.962859
10	0.637200	0.305391	0.000000	0.012413	0.001193	0.009069	0.965266
11	0.307756	0.267715	0.362939	0.001115	0.023134	0.000244	0.962903
12	0.542037	0.030295	0.334524	0.000680	0.037959	0.001556	0.947051
13	0.115958	0.019948	0.756016	0.021903	0.000603	0.000506	0.914934
14	0.556186	0.000000	0.352359	0.021168	0.000000	0.001424	0.931137
15	0.955100	0.000005	0.023269	0.009674	0.000086	0.000016	0.988150
16	0.699160	0.090939	0.187390	0.003088	0.000000	0.000000	0.980577
17	0.893603	0.006597	0.077810	0.000000	0.001892	0.000575	0.980477
18	0.976562	0.001022	0.006345	0.009244	0.001032	0.000010	0.994215
19	0.905135	0.059755	0.022854	0.005772	0.000460	0.000009	0.993985

VENTANA	NIVEL 6L						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.474171	0.404613	0.016542	0.020113	0.002161	0.000125	0.917725
2	0.861436	0.042504	0.033989	0.000000	0.002055	0.001678	0.941662
3	0.624691	0.334407	0.013408	0.010501	0.000377	0.000015	0.983399
4	0.973570	0.000478	0.000072	0.012109	0.000000	0.000036	0.986265
5	0.955505	0.001900	0.001849	0.017694	0.000228	0.000026	0.977202
6	0.570630	0.382977	0.001127	0.000000	0.000024	0.000049	0.954807
7	0.931005	0.000070	0.021153	0.000000	0.000146	0.004279	0.956653
8	0.923607	0.035211	0.010718	0.005724	0.001031	0.000079	0.976370
9	0.853190	0.035259	0.076993	0.001227	0.000215	0.000021	0.966905
10	0.332705	0.077733	0.420123	0.003478	0.000004	0.000364	0.834407
11	0.321572	0.253760	0.404402	0.000110	0.000382	0.000086	0.980312
12	0.536437	0.031302	0.397714	0.000453	0.000009	0.000357	0.966272
13	0.120828	0.024162	0.795181	0.002000	0.000750	0.000864	0.943785
14	0.010342	0.544303	0.286425	0.000000	0.005017	0.000059	0.846146
15	0.920315	0.011364	0.032349	0.000745	0.000165	0.000001	0.964939
16	0.726335	0.103008	0.154684	0.001477	0.000001	0.000017	0.985522
17	0.894380	0.006666	0.075882	0.000084	0.000069	0.000401	0.977482
18	0.987419	0.000347	0.007497	0.000755	0.000048	0.000096	0.996162
19	0.918067	0.049114	0.026421	0.000615	0.000003	0.000000	0.994220

VENTANA	NIVEL EL						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.351243	0.034074	0.085898	0.306841	0.026589	0.000000	0.804645
2	0.445281	0.011150	0.000002	0.438478	0.027751	0.000000	0.922662
3	0.440851	0.181927	0.002100	0.337324	0.005503	0.003830	0.971535
4	0.495140	0.009031	0.000009	0.457334	0.000908	0.003431	0.965853
5	0.445734	0.000327	0.000193	0.495843	0.000585	0.001129	0.943811
6	0.299639	0.217645	0.000003	0.330813	0.041431	0.000000	0.889531
7	0.500650	0.008262	0.015700	0.335648	0.041312	0.000000	0.901572
8	0.714097	0.017474	0.009438	0.154229	0.010966	0.003272	0.909476
9	0.748896	0.037262	0.057099	0.037285	0.000063	0.008116	0.888721
10	0.286283	0.078973	0.416042	0.033336	0.000000	0.002355	0.816989
11	0.304637	0.212664	0.364593	0.012002	0.006298	0.000322	0.900516
12	0.496420	0.012688	0.358908	0.022009	0.003785	0.001562	0.895372
13	0.103259	0.058690	0.567401	0.019933	0.054105	0.000323	0.803711
14	0.000009	0.561341	0.175785	0.005842	0.000141	0.000000	0.743118
15	0.784975	0.033579	0.028347	0.094132	0.000003	0.000271	0.941307
16	0.732232	0.059923	0.099121	0.058538	0.000014	0.000282	0.950110
17	0.873634	0.000067	0.060640	0.000993	0.004917	0.000117	0.940368
18	0.951645	0.000006	0.006672	0.028586	0.000088	0.000404	0.987401
19	0.876802	0.050195	0.033882	0.015997	0.000004	0.000026	0.976906

Tabla B.9 (cont.) Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 95-1. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.152422	0.574308	0.004799	0.004798	0.001735	0.017192	0.755254
2	0.004498	0.910552	0.008779	0.000022	0.059744	0.000313	0.983908
3	0.016262	0.895720	0.019917	0.000495	0.051101	0.000055	0.983550
4	0.008207	0.848123	0.037617	0.000205	0.003614	0.047726	0.945492
5	0.012139	0.883559	0.014658	0.002357	0.043814	0.000213	0.956740
6	0.074804	0.753080	0.067824	0.004417	0.050363	0.000004	0.950492
7	0.000262	0.934604	0.000119	0.000309	0.039386	0.000921	0.975601
8	0.109274	0.517977	0.283433	0.000007	0.060326	0.000028	0.971045
9	0.826641	0.094211	0.029139	0.000085	0.001142	0.004172	0.955390
10	0.398952	0.284201	0.299602	0.000179	0.004461	0.000643	0.988038
11	0.060731	0.227577	0.682240	0.000596	0.000764	0.007040	0.978948
12	0.401650	0.350365	0.000003	0.010132	0.022118	0.002641	0.786909
13	0.000001	0.238055	0.743618	0.003562	0.001336	0.000381	0.986953
14	0.002449	0.837649	0.146099	0.000000	0.002363	0.000028	0.988588
15	0.001701	0.983846	0.009456	0.000035	0.000789	0.000050	0.995877
16	0.011699	0.943143	0.038295	0.000348	0.000467	0.000263	0.994215
17	0.000615	0.989646	0.003485	0.000901	0.000171	0.000008	0.994826
18	0.093225	0.876985	0.000000	0.000378	0.000055	0.003740	0.974383
19	0.698565	0.199328	0.084118	0.000118	0.000585	0.000218	0.982932

VENTANA	NIVEL 6T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.056710	0.594015	0.061093	0.003418	0.001004	0.010406	0.726646
2	0.000083	0.954920	0.000000	0.000131	0.029515	0.000535	0.985184
3	0.032520	0.925638	0.000098	0.000326	0.026519	0.001349	0.986450
4	0.003288	0.910259	0.000097	0.000016	0.000182	0.041309	0.955151
5	0.028805	0.896303	0.000686	0.000974	0.033533	0.001733	0.962034
6	0.074612	0.817644	0.027553	0.000266	0.032782	0.000611	0.953468
7	0.002046	0.915943	0.036851	0.000164	0.024477	0.000287	0.979768
8	0.207980	0.625070	0.077219	0.001083	0.062729	0.001025	0.975106
9	0.810904	0.130360	0.008795	0.000890	0.002160	0.003792	0.956901
10	0.419306	0.350908	0.212006	0.000263	0.000578	0.000156	0.983217
11	0.078045	0.361965	0.529536	0.001603	0.003923	0.003159	0.978231
12	0.514324	0.366977	0.026646	0.003694	0.000240	0.001986	0.913867
13	0.000359	0.357783	0.626040	0.000091	0.000032	0.000810	0.985115
14	0.001100	0.903281	0.080918	0.001407	0.000372	0.001030	0.988108
15	0.000006	0.996877	0.000005	0.000017	0.001123	0.000131	0.998159
16	0.014402	0.974736	0.007516	0.000013	0.000429	0.000161	0.997257
17	0.009681	0.984986	0.000429	0.000961	0.000349	0.000003	0.996409
18	0.029344	0.420562	0.399701	0.000000	0.000300	0.000035	0.849942
19	0.675024	0.263797	0.042872	0.000001	0.000331	0.000291	0.982316

VENTANA	NIVEL ET						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.011992	0.047423	0.162658	0.006090	0.005026	0.064794	0.297983
2	0.000831	0.564754	0.008912	0.002223	0.353630	0.002025	0.932375
3	0.011399	0.541840	0.026009	0.000010	0.345720	0.003761	0.928739
4	0.000073	0.350495	0.011787	0.007711	0.012648	0.419424	0.802138
5	0.028695	0.399220	0.020233	0.042879	0.377586	0.000069	0.868682
6	0.038172	0.466726	0.004011	0.000815	0.345538	0.024932	0.880194
7	0.013228	0.621185	0.027969	0.000985	0.243797	0.004725	0.911889
8	0.111049	0.280182	0.028429	0.035176	0.456118	0.000023	0.910977
9	0.690204	0.108540	0.008006	0.000062	0.029559	0.013505	0.849876
10	0.352686	0.313515	0.217398	0.001466	0.021784	0.001527	0.908376
11	0.064064	0.261963	0.504853	0.005398	0.028987	0.016302	0.881567
12	0.371587	0.225376	0.012318	0.006125	0.085187	0.001342	0.701935
13	0.005578	0.315751	0.619710	0.000206	0.000623	0.007831	0.949699
14	0.000268	0.895207	0.065810	0.000028	0.006683	0.001188	0.969184
15	0.000883	0.958572	0.001438	0.000277	0.016292	0.001340	0.978802
16	0.014338	0.954367	0.003565	0.001456	0.007884	0.001250	0.982860
17	0.017090	0.946141	0.000100	0.011466	0.007667	0.000360	0.982824
18	0.033985	0.382002	0.405059	0.000282	0.001442	0.007520	0.830290
19	0.668546	0.264993	0.033476	0.000171	0.006954	0.004353	0.978493

Tabla B.9 (cont.) Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 95-1. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.080089	0.013914	0.110540	0.010261	0.000000	0.004663	0.219467
2	0.344250	0.442112	0.093440	0.022817	0.020341	0.002135	0.925095
3	0.475378	0.331245	0.094259	0.011177	0.020417	0.000000	0.932476
4	0.146747	0.284821	0.281126	0.051427	0.000155	0.045773	0.810049
5	0.021375	0.574225	0.096105	0.056544	0.043608	0.006936	0.798793
6	0.175521	0.573701	0.151406	0.002452	0.014147	0.007730	0.924957
7	0.001842	0.000118	0.948518	0.001649	0.013063	0.002407	0.967597
8	0.028086	0.009530	0.923237	0.000118	0.003090	0.000000	0.964061
9	0.133479	0.094275	0.667135	0.000002	0.000000	0.009076	0.903967
10	0.046174	0.162418	0.741067	0.001219	0.000000	0.000085	0.950963
11	0.000000	0.039087	0.945488	0.000461	0.000280	0.003923	0.989239
12	0.016311	0.000068	0.964136	0.000004	0.001038	0.004962	0.986519
13	0.000792	0.103414	0.870419	0.002176	0.003547	0.003285	0.983633
14	0.007249	0.699603	0.266158	0.002415	0.002746	0.000026	0.978197
15	0.034103	0.065200	0.734389	0.000727	0.002029	0.000000	0.836448
16	0.000000	0.239833	0.697762	0.000000	0.003370	0.002176	0.943141
17	0.227248	0.008436	0.720053	0.003411	0.000179	0.000673	0.960000
18	0.201586	0.000555	0.761114	0.000990	0.000172	0.000247	0.964664
19	0.000024	0.216022	0.758273	0.000000	0.000635	0.000212	0.975156

VENTANA	NIVEL 6R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.099917	0.036215	0.110132	0.008619	0.000050	0.000898	0.255831
2	0.621611	0.196906	0.096932	0.011189	0.003759	0.001693	0.932090
3	0.678429	0.107320	0.146195	0.005075	0.002608	0.003512	0.943139
4	0.212919	0.178211	0.390036	0.014961	0.000059	0.014008	0.810194
5	0.048049	0.452580	0.187776	0.018712	0.042685	0.000030	0.749832
6	0.177153	0.463712	0.272386	0.005026	0.004584	0.000058	0.922919
7	0.002340	0.005644	0.956724	0.006211	0.002096	0.000140	0.973155
8	0.019531	0.003356	0.945392	0.002326	0.000837	0.000071	0.971513
9	0.251507	0.056522	0.626594	0.000000	0.000389	0.006076	0.941788
10	0.011255	0.099083	0.842705	0.004236	0.000265	0.000214	0.957758
11	0.000006	0.029406	0.954343	0.000280	0.000021	0.000000	0.984056
12	0.010421	0.000389	0.969745	0.000226	0.000244	0.000206	0.981231
13	0.002672	0.067548	0.907780	0.001431	0.000240	0.000437	0.980108
14	0.010673	0.519171	0.440381	0.000248	0.000692	0.003282	0.974447
15	0.037122	0.000034	0.798554	0.000146	0.000002	0.002518	0.838376
16	0.002916	0.092724	0.834555	0.006747	0.000075	0.000503	0.937520
17	0.199529	0.015478	0.740541	0.002591	0.000737	0.000671	0.959547
18	0.269004	0.014955	0.677821	0.000502	0.000002	0.001124	0.963408
19	0.052275	0.106287	0.817552	0.001898	0.000083	0.001064	0.979159

VENTANA	NIVEL 6R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.019555	0.014663	0.028096	0.031946	0.016001	0.015603	0.125864
2	0.148189	0.285849	0.005508	0.199659	0.037626	0.048972	0.725803
3	0.267936	0.206077	0.051830	0.108291	0.043395	0.091786	0.769315
4	0.084883	0.198224	0.011241	0.288423	0.009827	0.094684	0.687282
5	0.009999	0.213218	0.000287	0.285254	0.174898	0.061436	0.745092
6	0.101623	0.277602	0.078379	0.152157	0.110884	0.001521	0.722166
7	0.003589	0.012597	0.711503	0.107886	0.030055	0.017928	0.883558
8	0.022523	0.034136	0.747837	0.007233	0.029194	0.024455	0.865378
9	0.045726	0.100563	0.583092	0.008162	0.000609	0.106505	0.844117
10	0.041780	0.133453	0.651042	0.014995	0.012833	0.024846	0.878949
11	0.002366	0.073380	0.841624	0.003338	0.000887	0.001322	0.922917
12	0.023974	0.000289	0.893426	0.000047	0.005528	0.005866	0.929130
13	0.003271	0.138397	0.696219	0.020750	0.049992	0.013024	0.921653
14	0.012884	0.682067	0.189933	0.007730	0.010340	0.011780	0.914734
15	0.030602	0.099840	0.648835	0.011210	0.011733	0.014989	0.817209
16	0.000190	0.350715	0.511864	0.041356	0.001755	0.012362	0.918242
17	0.197191	0.066219	0.637610	0.000759	0.012352	0.014911	0.929042
18	0.167791	0.001347	0.685962	0.027397	0.000158	0.020426	0.903081
19	0.013387	0.258911	0.568042	0.030303	0.018467	0.011142	0.900252

Tabla B.10 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-1. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.127477	0.007411	0.009003	0.009233	0.357323	0.000031	0.510478
2	0.375230	0.000001	0.007022	0.258940	0.000005	0.001711	0.642909
3	0.499478	0.027432	0.000321	0.164754	0.026803	0.005268	0.724056
4	0.732315	0.117067	0.000166	0.090678	0.000022	0.001001	0.941249
5	0.816366	0.015740	0.012559	0.078678	0.000443	0.000007	0.923793
6	0.384833	0.227907	0.009948	0.256230	0.002839	0.000088	0.881845
7	0.767511	0.185573	0.017004	0.000705	0.030682	0.019957	1.021432
8	0.279182	0.082693	0.350350	0.161516	0.008824	0.000902	0.883467
9	0.278307	0.248275	0.298486	0.101704	0.000000	0.001433	0.928205
10	0.813218	0.010909	0.025560	0.053371	0.010236	0.000728	0.914022
11	0.829841	0.016154	0.001478	0.060338	0.002890	0.003321	0.914022
12	0.333030	0.385236	0.226516	0.026985	0.000859	0.002445	0.975071
13	0.851689	0.029435	0.045963	0.027096	0.000035	0.000461	0.954679
14	0.282458	0.044281	0.616788	0.006004	0.002409	0.008442	0.960382
15	0.865860	0.005500	0.071985	0.039855	0.000004	0.00138	0.983342
16	0.289515	0.203889	0.409561	0.040848	0.000212	0.000224	0.944249
17	0.279007	0.403776	0.243963	0.040581	0.000282	0.000343	0.967952
18	0.806838	0.000091	0.130786	0.036556	0.000428	0.000093	0.974792
19	0.798841	0.039646	0.113144	0.012062	0.000000	0.000327	0.964020
20	0.611546	0.121620	0.001074	0.101406	0.000217	0.000978	0.836841
21	0.831038	0.068093	0.040376	0.018752	0.001678	0.000100	0.960037
22	0.158394	0.803107	0.018266	0.003576	0.000856	0.000363	0.984562

VENTANA	NIVEL 6L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.595728	0.149000	0.011331	0.001007	0.047228	0.000301	0.804595
2	0.787541	0.007200	0.001894	0.050282	0.000085	0.001125	0.848127
3	0.797243	0.004878	0.000181	0.034508	0.006182	0.002507	0.845499
4	0.812524	0.105556	0.000085	0.015392	0.003826	0.004669	0.942052
5	0.874271	0.004641	0.024947	0.028985	0.000560	0.000110	0.933514
6	0.512351	0.217221	0.004692	0.100407	0.000107	0.009140	0.843918
7	0.848846	0.136565	0.010705	0.001371	0.006014	0.003260	1.006761
8	0.335209	0.048627	0.417615	0.029105	0.024027	0.001200	0.855783
9	0.286615	0.279204	0.357134	0.020086	0.000013	0.000121	0.945173
10	0.877843	0.014093	0.024652	0.010796	0.001369	0.000000	0.928753
11	0.895205	0.032702	0.008156	0.009208	0.004308	0.002569	0.952148
12	0.318437	0.400131	0.267542	0.004740	0.000000	0.000716	0.991566
13	0.873102	0.031516	0.063981	0.005002	0.000134	0.001049	0.974784
14	0.270345	0.045969	0.637526	0.003466	0.001411	0.000126	0.958843
15	0.900209	0.005134	0.068769	0.009944	0.000279	0.000017	0.984352
16	0.304643	0.204316	0.435297	0.007508	0.000001	0.000036	0.951801
17	0.292285	0.389913	0.283067	0.007097	0.000286	0.000095	0.972743
18	0.810177	0.000018	0.164050	0.004024	0.000589	0.000001	0.978859
19	0.829106	0.031868	0.104132	0.000002	0.000662	0.000000	0.965770
20	0.654882	0.122862	0.002340	0.001356	0.004594	0.000739	0.786773
21	0.841750	0.067287	0.047719	0.003009	0.000011	0.000051	0.959827
22	0.154438	0.817457	0.011575	0.000360	0.000510	0.000075	0.984415

VENTANA	NIVEL EL						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.289783	0.087512	0.008826	0.019879	0.373782	0.000076	0.779858
2	0.305885	0.000330	0.004720	0.412997	0.001424	0.042184	0.767540
3	0.213989	0.024529	0.002008	0.413420	0.043664	0.009200	0.706810
4	0.529965	0.024099	0.001972	0.357526	0.000190	0.007381	0.921133
5	0.473418	0.006429	0.022209	0.367679	0.001438	0.000105	0.871278
6	0.011616	0.005308	0.000177	0.823656	0.000016	0.007633	0.848406
7	0.553998	0.033860	0.000202	0.000000	0.206835	0.109518	0.904413
8	0.062349	0.002235	0.132162	0.595548	0.067375	0.000007	0.859676
9	0.091531	0.172943	0.176575	0.452946	0.094004	0.004307	0.907706
10	0.484550	0.001369	0.016293	0.312305	0.345222	0.002534	0.851573
11	0.500898	0.024068	0.007891	0.347830	0.015104	0.003557	0.899348
12	0.211850	0.384860	0.222761	0.137453	0.000465	0.000103	0.957492
13	0.662891	0.018356	0.075285	0.162039	0.000020	0.016722	0.935313
14	0.164517	0.041580	0.647302	0.071583	0.002803	0.002949	0.930734
15	0.561514	0.012076	0.048060	0.332705	0.000024	0.000616	0.954995
16	0.251996	0.180349	0.333072	0.182821	0.003378	0.000013	0.951629
17	0.221654	0.300298	0.208871	0.210230	0.001361	0.001978	0.944392
18	0.614535	0.000951	0.126333	0.182034	0.000881	0.002614	0.927348
19	0.785869	0.027988	0.064406	0.049103	0.000350	0.001316	0.929032
20	0.463164	0.020503	0.000008	0.273765	0.016189	0.010747	0.788926
21	0.686553	0.029923	0.045817	0.179181	0.001365	0.000137	0.942976
22	0.147292	0.731964	0.001035	0.036245	0.017894	0.002112	0.936542

Tabla B.10 (cont.) Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-1. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.000606	0.432560	0.000003	0.001028	0.005275	0.328729	0.768201
2	0.000001	0.464156	0.008518	0.008210	0.364670	0.000006	0.845561
3	0.001320	0.326400	0.000005	0.000000	0.551353	0.019436	0.898514
4	0.447550	0.494790	0.000007	0.002271	0.036544	0.000227	0.981389
5	0.006965	0.847636	0.000784	0.000042	0.000000	0.112662	0.968089
6	0.012946	0.843438	0.000095	0.001728	0.109724	0.001918	0.968949
7	0.747061	0.203124	0.001272	0.001879	0.000000	0.050683	1.004019
8	0.004939	0.693454	0.204749	0.000000	0.062058	0.005394	0.970594
9	0.051720	0.381721	0.436379	0.009482	0.006450	0.033171	0.918923
10	0.006405	0.328192	0.505381	0.000437	0.005305	0.020981	0.866701
11	0.000046	0.712776	0.259627	0.000197	0.016176	0.000000	0.988822
12	0.172853	0.719142	0.079647	0.003358	0.001313	0.012606	0.988919
13	0.068274	0.136766	0.747833	0.004219	0.002676	0.015742	0.975510
14	0.278931	0.126248	0.492930	0.000013	0.014122	0.000980	0.913224
15	0.000009	0.840997	0.136263	0.000123	0.006403	0.000847	0.984642
16	0.165613	0.275615	0.493713	0.000398	0.000177	0.002521	0.938037
17	0.082516	0.718488	0.179823	0.000000	0.003288	0.001129	0.985244
18	0.007781	0.532451	0.097199	0.001145	0.050810	0.008825	0.698211
19	0.656062	0.319438	0.000000	0.000060	0.006834	0.002069	0.984463
20	0.001794	0.991613	0.001090	0.000086	0.000464	0.000000	0.995047
21	0.137826	0.797912	0.032549	0.003013	0.002525	0.000109	0.973934
22	0.049502	0.943519	0.000513	0.000009	0.000464	0.003780	0.997787

VENTANA	NIVEL 6T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.062417	0.568918	0.001495	0.000418	0.000361	0.138020	0.771629
2	0.000060	0.563319	0.002381	0.012091	0.224464	0.000223	0.802538
3	0.000011	0.389265	0.002711	0.000677	0.468634	0.004299	0.865597
4	0.629301	0.338661	0.001895	0.000450	0.015416	0.000112	0.985835
5	0.000042	0.871047	0.004014	0.000219	0.080418	0.000441	0.965181
6	0.009692	0.848720	0.011558	0.002297	0.094912	0.002680	0.969859
7	0.717250	0.211128	0.000504	0.000468	0.002816	0.003618	0.962784
8	0.014059	0.836587	0.079708	0.000132	0.038006	0.003963	0.972455
9	0.051478	0.513018	0.313491	0.007056	0.005084	0.015566	0.905693
10	0.006766	0.437221	0.380916	0.001559	0.000614	0.010897	0.837973
11	0.001122	0.878563	0.106651	0.000012	0.004594	0.000056	0.990998
12	0.085359	0.770510	0.128490	0.002139	0.000195	0.004848	0.991541
13	0.122145	0.208575	0.630232	0.000047	0.000430	0.004398	0.965827
14	0.193564	0.071573	0.680531	0.001363	0.000027	0.002054	0.949112
15	0.000093	0.933776	0.048362	0.000009	0.005096	0.000223	0.987559
16	0.163827	0.391000	0.352129	0.000030	0.001447	0.002722	0.911155
17	0.071754	0.876912	0.028770	0.000480	0.004742	0.000266	0.982924
18	0.010215	0.384687	0.406770	0.001859	0.000410	0.000020	0.803961
19	0.531482	0.437071	0.012021	0.000020	0.004797	0.001084	0.986475
20	0.009632	0.978756	0.004378	0.000350	0.001308	0.000796	0.995220
21	0.013884	0.925681	0.018956	0.000277	0.003777	0.000007	0.962582
22	0.060049	0.934114	0.000337	0.000059	0.000163	0.001700	0.996422

VENTANA	NIVEL 5T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.051923	0.144838	0.006901	0.004859	0.004487	0.485314	0.698322
2	0.000689	0.039678	0.016889	0.048287	0.664563	0.000338	0.770444
3	0.006308	0.007298	0.003045	0.002141	0.847252	0.011412	0.877456
4	0.455338	0.156225	0.014168	0.001280	0.278261	0.005645	0.910717
5	0.002258	0.273923	0.013163	0.002541	0.558896	0.003328	0.854109
6	0.001905	0.196318	0.004422	0.005226	0.657916	0.001360	0.866847
7	0.444091	0.034576	0.009257	0.002190	0.021605	0.381213	0.852932
8	0.016775	0.430572	0.051415	0.006622	0.316261	0.020511	0.842156
9	0.040060	0.404753	0.208401	0.074044	0.023684	0.118353	0.869265
10	0.001531	0.378384	0.276564	0.011861	0.004547	0.133113	0.806000
11	0.000577	0.826317	0.074214	0.000763	0.051605	0.002784	0.956260
12	0.048170	0.717564	0.122453	0.032111	0.001994	0.040889	0.963181
13	0.074902	0.231343	0.539961	0.002817	0.008648	0.063540	0.921211
14	0.150987	0.059626	0.653650	0.003381	0.005096	0.020632	0.893372
15	0.000112	0.831160	0.058781	0.001118	0.054869	0.005221	0.951261
16	0.123722	0.348834	0.390669	0.002849	0.007809	0.027713	0.901596
17	0.054635	0.797708	0.044721	0.007567	0.037471	0.002329	0.944431
18	0.012438	0.365072	0.301150	0.002844	0.087611	0.005951	0.775066
19	0.519972	0.366720	0.007293	0.000070	0.067814	0.018130	0.979999
20	0.012558	0.930151	0.004331	0.001363	0.012573	0.009205	0.970221
21	0.017215	0.834272	0.016626	0.024543	0.034643	0.000031	0.927330
22	0.033565	0.893846	0.000666	0.000023	0.004489	0.051105	0.983694

Tabla B.10 (cont.) Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-1. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.057816	0.024763	0.028524	0.019861	0.155432	0.000015	0.284311
2	0.034341	0.094123	0.004577	0.200602	0.000000	0.150869	0.484512
3	0.017914	0.070050	0.018528	0.113715	0.183349	0.152225	0.555781
4	0.648226	0.166559	0.020589	0.014579	0.002260	0.044524	0.896737
5	0.766325	0.040428	0.022156	0.019745	0.008642	0.001250	0.858546
6	0.000256	0.001090	0.853844	0.022189	0.017663	0.014249	0.909291
7	0.237517	0.007013	0.609152	0.006745	0.000010	0.059245	0.919682
8	0.006778	0.044046	0.887514	0.007226	0.006351	0.008357	0.960312
9	0.001024	0.299240	0.501183	0.040754	0.005674	0.009758	0.857633
10	0.000098	0.252968	0.544132	0.013395	0.000422	0.008069	0.819084
11	0.000332	0.119381	0.856311	0.000000	0.008176	0.002469	0.986669
12	0.567996	0.004445	0.346172	0.004169	0.007982	0.006472	0.937236
13	0.113738	0.056745	0.788827	0.001196	0.011870	0.001644	0.974020
14	0.008166	0.027590	0.867997	0.008342	0.004784	0.000664	0.917543
15	0.021153	0.139996	0.796005	0.004854	0.000375	0.010333	0.946316
16	0.000719	0.192713	0.743747	0.002485	0.000693	0.000000	0.945757
17	0.000396	0.022390	0.968067	0.002057	0.000562	0.001691	0.995363
18	0.000655	0.003961	0.976728	0.002071	0.000100	0.002120	0.985635
19	0.312850	0.325737	0.321681	0.000550	0.006851	0.003001	0.970670
20	0.098689	0.001811	0.784408	0.009295	0.000001	0.010734	0.904938
21	0.849659	0.082918	0.049177	0.002797	0.000118	0.001601	0.986270
22	0.106158	0.216495	0.480352	0.009382	0.005638	0.027169	0.845194

VENTANA	NIVEL 6R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.000576	0.043797	0.014860	0.052711	0.118440	0.016449	0.246833
2	0.001053	0.005160	0.082573	0.115774	0.061158	0.170578	0.436296
3	0.000919	0.007537	0.063963	0.042767	0.035464	0.129681	0.280331
4	0.508895	0.312641	0.029221	0.004846	0.003382	0.022487	0.881472
5	0.812194	0.005069	0.019614	0.004406	0.002308	0.000606	0.844197
6	0.001775	0.010122	0.882208	0.014217	0.001495	0.012167	0.921984
7	0.369545	0.235936	0.034337	0.000726	0.000973	0.005613	0.647130
8	0.012182	0.010579	0.944701	0.000937	0.000006	0.001786	0.970191
9	0.000700	0.213508	0.637711	0.004839	0.001556	0.006157	0.864471
10	0.000019	0.173116	0.666312	0.003740	0.000249	0.004381	0.847817
11	0.000038	0.053098	0.930129	0.000577	0.000054	0.001536	0.985432
12	0.663091	0.007923	0.261840	0.004007	0.000045	0.000249	0.937155
13	0.096153	0.021832	0.856718	0.003762	0.000011	0.003480	0.981956
14	0.001552	0.043425	0.843265	0.001688	0.002322	0.001108	0.893360
15	0.013635	0.072318	0.868071	0.006456	0.000398	0.001971	0.962839
16	0.000060	0.142421	0.810978	0.001209	0.002117	0.000002	0.956787
17	0.001951	0.010768	0.981601	0.001050	0.000029	0.000604	0.996003
18	0.001029	0.000987	0.981978	0.000403	0.001425	0.000817	0.986639
19	0.452726	0.206311	0.317477	0.000286	0.001316	0.001144	0.979260
20	0.087672	0.023938	0.799506	0.000724	0.000535	0.000447	0.912822
21	0.889348	0.045740	0.049033	0.001646	0.000032	0.000409	0.986208
22	0.057268	0.508750	0.338324	0.011450	0.000003	0.001273	0.917608

VENTANA	NIVEL 6R						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.076511	0.045212	0.001264	0.019860	0.365358	0.020627	0.528632
2	0.080303	0.001991	0.024643	0.426096	0.066287	0.038113	0.637433
3	0.036100	0.014706	0.010941	0.365580	0.123478	0.226354	0.777159
4	0.426548	0.033531	0.043907	0.271627	0.006552	0.004935	0.787100
5	0.477908	0.075353	0.001136	0.156769	0.000017	0.005525	0.716708
6	0.003282	0.048973	0.391032	0.330831	0.002371	0.001221	0.777710
7	0.059914	0.207960	0.060287	0.007294	0.002933	0.039261	0.377649
8	0.029946	0.024705	0.555762	0.142466	0.000480	0.051710	0.805609
9	0.000183	0.217994	0.283517	0.193895	0.030660	0.064560	0.790809
10	0.004888	0.213165	0.303504	0.173611	0.022228	0.035292	0.752688
11	0.000815	0.148104	0.685164	0.022653	0.043973	0.008294	0.909303
12	0.410878	0.032718	0.291316	0.097926	0.005009	0.038022	0.875950
13	0.078220	0.061706	0.632278	0.068596	0.005978	0.044390	0.991168
14	0.003233	0.008196	0.847791	0.007885	0.001166	0.000106	0.868367
15	0.002316	0.168974	0.512769	0.127626	0.027915	0.054581	0.894181
16	0.000483	0.191799	0.624521	0.050620	0.025745	0.008596	0.901764
17	0.000558	0.032370	0.874364	0.034805	0.017778	0.008728	0.968603
18	0.000636	0.008539	0.911828	0.010739	0.012764	0.020128	0.964634
19	0.127225	0.328897	0.369598	0.011009	0.057732	0.043780	0.938241
20	0.082769	0.023563	0.706596	0.028791	0.015435	0.017802	0.874956
21	0.664279	0.180101	0.029173	0.057332	0.008022	0.006393	0.945300
22	0.141026	0.033867	0.510733	0.030891	0.008465	0.010544	0.735526

Tabla B.11 Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-3. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.331881	0.092810	0.242485	0.112741	0.003434	0.000232	0.783563
2	0.668847	0.033193	0.113885	0.002158	0.095815	0.003957	0.917855
3	0.317885	0.415504	0.029791	0.173489	0.006848	0.002940	0.946457
4	0.876167	0.010123	0.003344	0.001229	0.078272	0.001146	0.970281
5	0.859401	0.023196	0.000000	0.070475	0.004022	0.000527	0.957621
6	0.784468	0.084228	0.000000	0.063502	0.001855	0.000440	0.970855
7	0.890150	0.014994	0.000000	0.032711	0.000031	0.000000	0.940449
8	0.511153	0.358780	0.000000	0.077167	0.001553	0.003380	0.949123
9	0.944139	0.000566	0.000329	0.014940	0.012605	0.000000	0.972579
10	0.841044	0.021439	0.040860	0.067103	0.000056	0.000728	0.971230
11	0.594493	0.384957	0.000755	0.002570	0.000000	0.000041	0.982816
12	0.566775	0.287680	0.065672	0.009172	0.000811	0.000000	0.930110
13	0.692445	0.306422	0.026378	0.027373	0.000044	0.000000	1.052662
14	0.246699	0.664160	0.074302	0.000057	0.000529	0.000000	0.985747
15	0.878130	0.023194	0.016204	0.001689	0.002463	0.012757	0.941137
16	0.277059	0.008475	0.684757	0.000285	0.000000	0.000092	0.970668
17	0.863515	0.115873	0.000000	0.000602	0.001792	0.000490	0.982272
18	0.423694	0.471096	0.086349	0.000433	0.000275	0.000215	0.982062
19	0.971787	0.003652	0.006671	0.000065	0.010066	0.001425	0.993666
20	0.962362	0.000000	0.017233	0.000128	0.000231	0.000001	0.979955
21	0.826179	0.166138	0.000713	0.002772	0.000019	0.000134	0.995955
22	0.869877	0.022232	0.072206	0.000433	0.000007	0.000277	0.965032
23	0.631697	0.000000	0.349201	0.006019	0.000354	0.000000	0.987271
24	0.654734	0.338264	0.000958	0.000428	0.000008	0.000003	0.994355
25	0.445035	0.459205	0.068330	0.002001	0.000357	0.000470	0.975398

VENTANA	NIVEL 6L						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.442039	0.098225	0.199097	0.019278	0.003567	0.008493	0.770659
2	0.683418	0.043672	0.155479	0.000146	0.029577	0.000481	0.912773
3	0.351896	0.502211	0.045548	0.055162	0.004181	0.000003	0.959001
4	0.952113	0.000176	0.010796	0.000401	0.014176	0.001979	0.979641
5	0.919877	0.019070	0.009633	0.018457	0.000783	0.000105	0.968525
6	0.832706	0.107754	0.029123	0.010876	0.001190	0.000267	0.981916
7	0.161883	0.009089	0.618571	0.003528	0.000485	0.000336	0.793852
8	0.251650	0.299599	0.276169	0.015502	0.000948	0.006947	0.859345
9	0.882018	0.000470	0.000470	0.000470	0.002600	0.000000	0.911300
10	0.892852	0.017693	0.049409	0.013942	0.002958	0.000307	0.971651
11	0.590825	0.395477	0.000023	0.001659	0.000048	0.000193	0.988225
12	0.590130	0.273187	0.060689	0.002289	0.000224	0.000746	0.927265
13	0.702620	0.331599	0.014793	0.003099	0.000087	0.000004	1.052222
14	0.244886	0.657672	0.085625	0.000023	0.000091	0.000239	0.988536
15	0.885536	0.021790	0.014583	0.012466	0.000779	0.003826	0.938980
16	0.286214	0.005733	0.683656	0.001055	0.001923	0.000157	0.978738
17	0.815592	0.114084	0.038854	0.000789	0.001023	0.000192	0.970534
18	0.424107	0.463745	0.100416	0.000303	0.000000	0.000189	0.988760
19	0.981033	0.003018	0.009716	0.000047	0.000000	0.000107	0.995005
20	0.556806	0.311776	0.023016	0.000625	0.000858	0.001636	0.902427
21	0.833090	0.162129	0.000088	0.000826	0.000014	0.000117	0.996264
22	0.869114	0.021597	0.073618	0.000683	0.000136	0.000127	0.965275
23	0.611859	0.022105	0.346601	0.000022	0.000391	0.002422	0.983400
24	0.662609	0.332277	0.000022	0.000261	0.000035	0.000009	0.995213
25	0.421365	0.491993	0.063364	0.000093	0.000188	0.000084	0.977087

VENTANA	NIVEL EL						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.139425	0.072833	0.032233	0.526158	0.004109	0.032918	0.807676
2	0.276125	0.010016	0.108563	0.006989	0.430418	0.049709	0.881800
3	0.085228	0.168683	0.029291	0.190334	0.000399	0.000000	0.220688
4	0.548215	0.005807	0.021828	0.054581	0.297170	0.009187	0.936798
5	0.546277	0.006455	0.014068	0.343955	0.008055	0.003033	0.921843
6	0.535304	0.078388	0.011896	0.281119	0.000434	0.001686	0.908827
7	0.091484	0.011704	0.422253	0.225012	0.017974	0.006602	0.775029
8	0.104942	0.177190	0.176528	0.384665	0.017434	0.004945	0.865704
9	0.719188	0.000055	0.011844	0.066168	0.115972	0.005433	0.918660
10	0.483189	0.000527	0.059869	0.395688	0.000080	0.003923	0.943276
11	0.481183	0.350328	0.000214	0.100667	0.005025	0.000022	0.937439
12	0.547264	0.228446	0.040324	0.015126	0.008840	0.002978	0.842978
13	0.492222	0.339293	0.046522	0.143772	0.000254	0.000048	0.902811
14	0.193322	0.636806	0.108292	0.002030	0.001880	0.003052	0.943581
15	0.842341	0.019904	0.013766	0.010820	0.001305	0.008309	0.896445
16	0.288971	0.009575	0.574053	0.005752	0.016858	0.000066	0.895275
17	0.722275	0.085445	0.064718	0.006902	0.005340	0.004362	0.889042
18	0.409953	0.435819	0.116436	0.002022	0.000004	0.001252	0.965486
19	0.944195	0.002437	0.018593	0.000258	0.009807	0.001715	0.977005
20	0.529649	0.309360	0.050769	0.003729	0.003871	0.000025	0.897403
21	0.798088	0.154258	0.000909	0.026753	0.000065	0.000493	0.980566
22	0.812842	0.021311	0.097747	0.010648	0.000195	0.000116	0.942859
23	0.621194	0.037188	0.307032	0.002477	0.000698	0.001356	0.971365
24	0.613528	0.324006	0.004427	0.005657	0.000368	0.000368	0.971365
25	0.377147	0.526755	0.044833	0.009835	0.000038	0.000021	0.958629

Tabla B.11 (cont.) Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-3. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.004062	0.940205	0.014629	0.000259	0.000003	0.007852	0.977010
2	0.005280	0.949737	0.010706	0.000249	0.000000	0.002613	0.988985
3	0.010804	0.900039	0.037933	0.001991	0.038599	0.003053	0.990119
4	0.012399	0.835058	0.002029	0.000000	0.031684	0.002424	0.933594
5	0.000000	0.734740	0.114574	0.000141	0.000000	0.003479	0.932934
6	0.614310	0.328168	0.000000	0.002347	0.000000	0.000000	0.980558
7	0.000000	0.800300	0.152422	0.000159	0.020452	0.003005	0.970033
8	0.052324	0.344568	0.071912	0.001279	0.007485	0.002476	0.980044
9	0.000001	0.924008	0.032322	0.013833	0.000000	0.002734	0.983808
10	0.288013	0.695586	0.001447	0.000026	0.004421	0.003309	0.992802
11	0.016444	0.966112	0.000654	0.000000	0.000784	0.007479	0.991473
12	0.013770	0.972193	0.002813	0.000053	0.000621	0.003414	0.992864
13	0.008655	0.976370	0.000000	0.001589	0.002515	0.000695	0.998824
14	0.066597	0.885453	0.038748	0.000813	0.000298	0.002937	0.994846
15	0.791911	0.100738	0.071549	0.000334	0.011125	0.001900	0.977647
16	0.008275	0.421059	0.523373	0.001902	0.001588	0.000000	0.956197
17	0.006428	0.949877	0.034856	0.000000	0.000034	0.000005	0.991200
18	0.276076	0.709729	0.004338	0.000034	0.002035	0.000314	0.992526
19	0.092027	0.834983	0.049637	0.000000	0.000066	0.000054	0.976767
20	0.000000	0.911454	0.065301	0.008065	0.000002	0.000684	0.985506
21	0.389508	0.260964	0.343548	0.000026	0.001085	0.000354	0.995485
22	0.225682	0.765823	0.000103	0.000483	0.001322	0.000104	0.993517
23	0.014239	0.979119	0.003033	0.000000	0.000375	0.000786	0.997552
24	0.219911	0.163539	0.595077	0.000557	0.000209	0.000052	0.985342
25	0.094890	0.802974	0.094293	0.000114	0.000036	0.000163	0.992470

VENTANA	NIVEL 6T						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.006250	0.964864	0.001339	0.000002	0.000341	0.009608	0.982404
2	0.000798	0.971657	0.001891	0.000243	0.000297	0.016492	0.991378
3	0.000754	0.944475	0.011871	0.002802	0.021239	0.000312	0.988273
4	0.003676	0.730605	0.004595	0.016086	0.051257	0.005316	0.859735
5	0.178921	0.647780	0.008211	0.000168	0.006621	0.0051761	0.893462
6	0.602067	0.314517	0.019851	0.000038	0.019910	0.017452	0.973835
7	0.03105	0.902441	0.048344	0.000572	0.002916	0.001687	0.980245
8	0.055959	0.504701	0.400016	0.004810	0.008826	0.003457	0.904577
9	0.059985	0.879273	0.002469	0.008859	0.004675	0.000682	0.962133
10	0.176301	0.810998	0.000061	0.000009	0.004600	0.002384	0.994353
11	0.009209	0.971458	0.003465	0.000000	0.001096	0.002778	0.988006
12	0.003391	0.975215	0.001239	0.000002	0.000092	0.001636	0.981575
13	0.003836	0.990001	0.042679	0.000025	0.003937	0.000052	1.040530
14	0.058094	0.936701	0.001619	0.000270	0.000037	0.000755	0.997476
15	0.626610	0.208162	0.139507	0.001881	0.000457	0.000990	0.977607
16	0.005087	0.545828	0.387671	0.002201	0.001789	0.000497	0.943073
17	0.008271	0.895993	0.079731	0.000914	0.000834	0.000045	0.985797
18	0.314350	0.670733	0.005489	0.000826	0.000254	0.000132	0.991784
19	0.018553	0.941521	0.026288	0.001700	0.000016	0.000550	0.968628
20	0.038959	0.934053	0.021025	0.000477	0.000047	0.000144	0.994705
21	0.488172	0.330936	0.173856	0.000102	0.000275	0.000029	0.993370
22	0.350928	0.635450	0.002075	0.000573	0.000461	0.000101	0.989588
23	0.000484	0.982753	0.013956	0.000050	0.000313	0.000246	0.997802
24	0.305308	0.262978	0.412449	0.000093	0.000094	0.000029	0.980951
25	0.138588	0.797218	0.054347	0.000040	0.000053	0.000325	0.990571

VENTANA	NIVEL ET						TOTAL
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	
1	0.012820	0.807234	0.002441	0.003033	0.002475	0.113577	0.941510
2	0.001699	0.842070	0.000132	0.002373	0.002804	0.010772	0.959850
3	0.000014	0.710935	0.006627	0.002703	0.189556	0.00304	0.949539
4	0.005015	0.008566	0.002733	0.042434	0.334957	0.74357	0.568052
5	0.093701	0.343266	0.002601	0.003340	0.059102	0.289887	0.791897
6	0.395063	0.147729	0.003377	0.034467	0.164252	0.142508	0.887396
7	0.003774	0.589797	0.043537	0.000011	0.268654	0.004190	0.909963
8	0.028404	0.364099	0.240458	0.026997	0.162054	0.041513	0.863525
9	0.038785	0.694538	0.004887	0.085258	0.065335	0.026533	0.915336
10	0.115438	0.737266	0.003276	0.003394	0.038049	0.035679	0.933102
11	0.010005	0.889953	0.001871	0.000087	0.007414	0.010809	0.929139
12	0.008522	0.901742	0.002754	0.000021	0.002327	0.007467	0.923333
13	0.000778	0.826165	0.041669	0.014224	0.018627	0.002194	0.904829
14	0.053532	0.895691	0.007197	0.007944	0.003738	0.006924	0.975926
15	0.665525	0.175117	0.114362	0.000024	0.000000	0.000987	0.956015
16	0.001623	0.571669	0.325757	0.004629	0.001043	0.004351	0.909072
17	0.015817	0.877328	0.065040	0.012062	0.001113	0.000026	0.971386
18	0.328681	0.629812	0.006677	0.000149	0.005463	0.000061	0.970843
19	0.010854	0.906838	0.013617	0.017524	0.003684	0.002877	0.955394
20	0.056061	0.876403	0.039997	0.000698	0.006242	0.000421	0.979822
21	0.531211	0.252916	0.182564	0.000698	0.013228	0.002243	0.982860
22	0.288722	0.671665	0.000567	0.000479	0.011985	0.000342	0.973760
23	0.000010	0.714564	0.000560	0.000000	0.000000	0.000000	0.984859
24	0.286268	0.294403	0.382938	0.001846	0.003865	0.000154	0.969274
25	0.119004	0.769487	0.079074	0.001446	0.000854	0.006108	0.978583



Tabla B.11 (cont.) Participaciones totales de cada componente a las formas modales 1L, 1T, 1R, 2L, 2T y 2R. Evento 99-3. Modelo tipo II

VENTANA	AZOT R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.024174	0.380164	0.447329	0.026463	0.007029	0.000000	0.885059
2	0.277255	0.364275	0.222730	0.000650	0.033142	0.004184	0.902236
3	0.006768	0.223599	0.615996	0.067575	0.001947	0.036400	0.952285
4	0.376506	0.001388	0.232547	0.184447	0.172905	0.079020	0.910020
5	0.017586	0.000000	0.844350	0.020519	0.022486	0.011270	0.916211
6	0.000000	0.008846	0.899946	0.005404	0.002138	0.028916	0.945250
7	0.0000782	0.000000	0.911493	0.000775	0.009665	0.006822	0.929837
8	0.000000	0.111425	0.831998	0.005907	0.003731	0.002189	0.955250
9	0.001585	0.218454	0.674185	0.000000	0.014792	0.008841	0.917857
10	0.773717	0.060537	0.093285	0.080807	0.013046	0.001166	0.949838
11	0.262191	0.317508	0.217385	0.002153	0.011877	0.000000	0.810114
12	0.637769	0.000000	0.274601	0.002938	0.011224	0.000099	0.926631
13	0.005986	0.000000	0.939917	0.003376	0.000000	0.001819	0.951098
14	0.000003	0.092181	0.884737	0.000605	0.000000	0.003185	0.980711
15	0.000000	0.933658	0.045223	0.000883	0.001612	0.000234	0.981610
16	0.000314	0.327590	0.624539	0.000413	0.000021	0.000008	0.952885
17	0.000000	0.259521	0.629247	0.062998	0.013987	0.003177	0.879224
18	0.043409	0.026664	0.914986	0.000151	0.000273	0.000000	0.986660
19	0.665292	0.215740	0.078528	0.002778	0.001643	0.000027	0.964008
20	0.011500	0.665981	0.000000	0.036273	0.008382	0.021867	0.744003
21	0.038053	0.018647	0.935448	0.000048	0.001273	0.000000	0.993469
22	0.882335	0.007033	0.040179	0.000842	0.001320	0.000241	0.931950
23	0.085129	0.012758	0.893496	0.000296	0.001132	0.000184	0.993395
24	0.034583	0.031775	0.923192	0.000000	0.000248	0.000000	0.990248
25	0.496475	0.183611	0.290515	0.000868	0.000044	0.000000	0.971513

VENTANA	NIVEL 6R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.008758	0.085387	0.726764	0.025130	0.000162	0.005243	0.851444
2	0.489679	0.080312	0.289783	0.000328	0.035501	0.000834	0.896437
3	0.021238	0.051304	0.618626	0.043496	0.000006	0.017997	0.950867
4	0.567674	0.076907	0.161938	0.000373	0.018582	0.000000	0.879293
5	0.013747	0.227487	0.600368	0.153117	0.006849	0.008088	0.871856
6	0.167525	0.000222	0.711384	0.000001	0.006136	0.011793	0.897061
7	0.000837	0.018204	0.947543	0.001817	0.000230	0.001772	0.970403
8	0.014682	0.054883	0.908000	0.000464	0.000388	0.000727	0.979144
9	0.009287	0.101191	0.744507	0.038251	0.013499	0.001280	0.908015
10	0.859749	0.016321	0.079598	0.002349	0.000335	0.003073	0.965555
11	0.254115	0.478135	0.313793	0.000748	0.000748	0.000148	0.875224
12	0.344743	0.533989	0.006450	0.003190	0.007273	0.002210	0.897855
13	0.002836	0.004772	0.938036	0.000000	0.000078	0.000062	0.954793
14	0.001514	0.035016	0.848063	0.000706	0.000391	0.000382	0.986072
15	0.651579	0.206163	0.128888	0.000094	0.000249	0.000093	0.987066
16	0.000488	0.188119	0.770666	0.000149	0.000537	0.000130	0.961259
17	0.001410	0.429064	0.490723	0.000014	0.000672	0.000487	0.928370
18	0.013913	0.079535	0.893457	0.000776	0.000000	0.000021	0.989069
19	0.748704	0.109689	0.086410	0.000004	0.000609	0.001214	0.946630
20	0.070582	0.412094	0.401018	0.036207	0.000000	0.001485	0.921386
21	0.010187	0.010878	0.973447	0.000000	0.000041	0.000503	0.995056
22	0.837176	0.043829	0.047123	0.001577	0.000644	0.000408	0.930757
23	0.090753	0.000002	0.903789	0.000105	0.000047	0.000834	0.995530
24	0.015147	0.012514	0.966379	0.000013	0.000390	0.000448	0.994891
25	0.434972	0.038130	0.506685	0.000055	0.000385	0.000001	0.980228

VENTANA	NIVEL 6R						
	1L	1T	1R	2L	2T	2R	TOTAL
1	0.005518	0.291386	0.110395	0.331015	0.003837	0.044975	0.787126
2	0.106616	0.252646	0.044276	0.042302	0.310520	0.004817	0.761177
3	0.013271	0.115356	0.180865	0.493420	0.006519	0.050909	0.860340
4	0.172107	0.000570	0.002301	0.000182	0.493746	0.102334	0.771240
5	0.013559	0.205868	0.149187	0.189997	0.090573	0.122195	0.771279
6	0.095144	0.048474	0.431865	0.078493	0.134117	0.035589	0.791133
7	0.000112	0.059680	0.764962	0.016976	0.016955	0.020806	0.879337
8	0.023288	0.066617	0.734270	0.008946	0.004844	0.037843	0.875808
9	0.094479	0.123872	0.056910	0.226537	0.206344	0.015190	0.723332
10	0.626703	0.063564	0.097381	0.068071	0.020258	0.026461	0.902438
11	0.389015	0.103567	0.120939	0.019684	0.044992	0.000300	0.678497
12	0.450411	0.222250	0.023330	0.000384	0.048672	0.035939	0.780986
13	0.008010	0.018470	0.829071	0.000000	0.132717	0.028004	0.891922
14	0.000420	0.086986	0.821859	0.010128	0.006274	0.000000	0.924336
15	0.576918	0.217950	0.142756	0.004989	0.000110	0.003427	0.946150
16	0.001805	0.360484	0.499808	0.000298	0.000019	0.050745	0.913159
17	0.000710	0.125032	0.561601	0.010430	0.014805	0.004373	0.816951
18	0.056182	0.010181	0.811022	0.063086	0.000000	0.000550	0.941021
19	0.528631	0.299271	0.064356	0.007981	0.012112	0.003373	0.915724
20	0.074284	0.000000	0.090075	0.000000	0.157235	0.068501	0.912033
21	0.077851	0.049222	0.832825	0.004521	0.009320	0.000597	0.924336
22	0.858016	0.002176	0.037435	0.008398	0.015919	0.000873	0.922817
23	0.106154	0.017344	0.849522	0.002034	0.005188	0.004002	0.984244
24	0.052239	0.064979	0.840262	0.000130	0.000107	0.015494	0.973211
25	0.355345	0.218559	0.306791	0.007958	0.003228	0.005153	0.897034