

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

INFORME N° CEI-07-002-2003

**Reporte del
Sismo registrado el 13 de agosto de 2003**

**Por: Dr. Oscar M. Ramírez, Coordinador
Ing. José M. Gallardo, Analista
Lic. Carlos Ho, Instrumentación**

**Oscar M. Ramírez, Ph.D.
Director**

Panamá, Octubre de 2003

Sismo del 13 de agosto de 2003

INTRODUCCIÓN

La Junta Técnica de Ingeniería y Arquitectura de la República de Panamá adopta la Norma de Instrumentación Sísmica mediante la resolución N° 365 del 9 de diciembre de 1998. Esta norma establece que en todo edificio de más de 15 pisos o 5 mil metros cuadrados de construcción serán instalados acelerógrafos de movimientos fuertes con registros en tres componentes. Esta norma establece además que la Universidad Tecnológica de Panamá es responsable del mantenimiento, coordinación y análisis de la instrumentación sísmica.

El día 13 de Agosto de 2003, a las 3:29 a.m. (8:29 GMT) se registró un sismo en la costa norte de la república de Panamá. El epicentro del sismo fue localizado en las coordenadas 9.397 N, 79.927 O, a 70 km de la ciudad de Panamá y a 10 km de la ciudad de Colón (Ver figura 1), y con una profundidad del hipocentro de 16 km, según información suministrada por el Instituto Nacional de Geociencias de la Universidad de Panamá. La magnitud estimada del sismo fue de 5.3 en la escala de Richter.

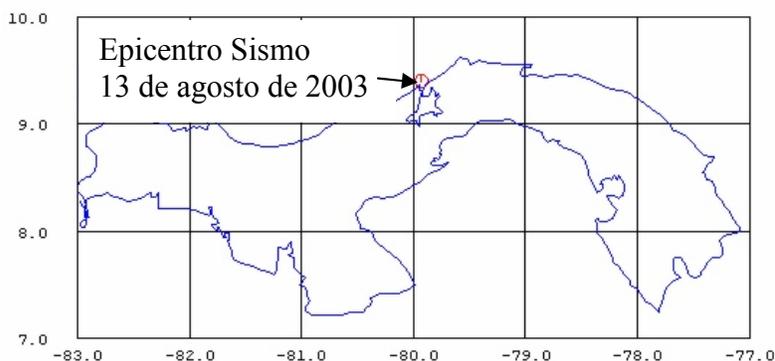


Figura 1. Epicentro de Sismo registrado el 13 de Agosto de 2003.

En este reporte se presenta un resumen de las características del movimiento, causado por el evento sísmico mencionado, medido en la base de 8 edificios en la ciudad de Panamá, instrumentados por la Universidad Tecnológica de Panamá, bajo lo establecido por la Norma de Instrumentación Sísmica.

1 LA ESTACIÓN DE REGISTRO

Las estaciones de los diferentes edificios instrumentados, constan de uno o dos acelerógrafos triaxiales, dependiendo de la cantidad de niveles que tenga el edificio. Estos acelerógrafos se encuentran ubicados en la base de los edificios y, en los casos que se cuenta con dos acelerógrafos, el segundo acelerógrafo se encuentra en la azotea.

Los instrumentos están calibrados para captar registros de aceleraciones pico de hasta 1.0 g. El movimiento es registrado en tres ejes, el eje longitudinal (x), el transversal (y) y el vertical (z). Los ejes horizontales se encuentran orientados en dirección de los ejes principales de la estructura.

2 REGISTROS DE ACELERACIONES

Las figuras 2 a 9, muestran los registros de aceleraciones medidas en la base de los edificios en las tres direcciones principales (vertical, longitudinal, y transversal). En general el sismo inicia con un movimiento suave, luego de aproximadamente 10 segundos se dan aceleraciones fuertes durante un periodo de entre 5 a 10 segundos y finalmente el movimiento se disipa progresivamente. En promedio se registró una aceleración máxima de 0.24 m/s^2 (0.024g). Las máximas aceleraciones registradas se presentan en la tabla 1.

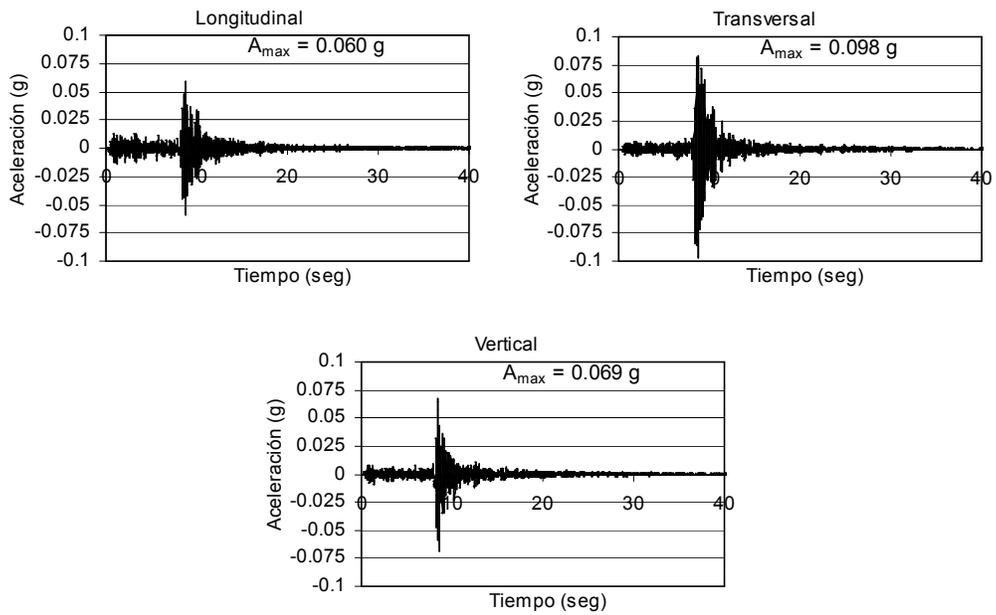


Figura 2 Aceleraciones registradas en Estación 01 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

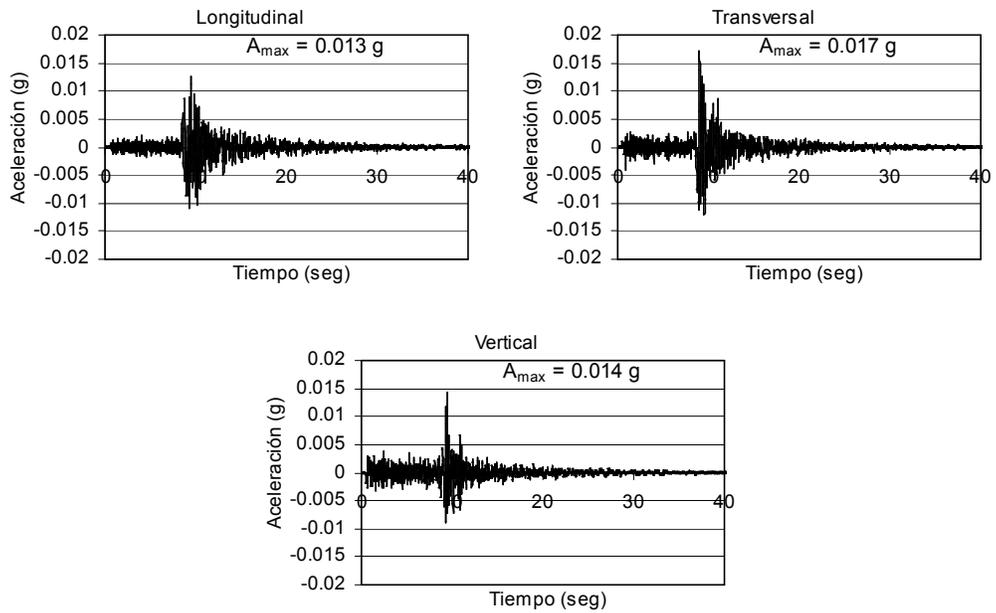


Figura 3 Aceleraciones registradas en Estación 02 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

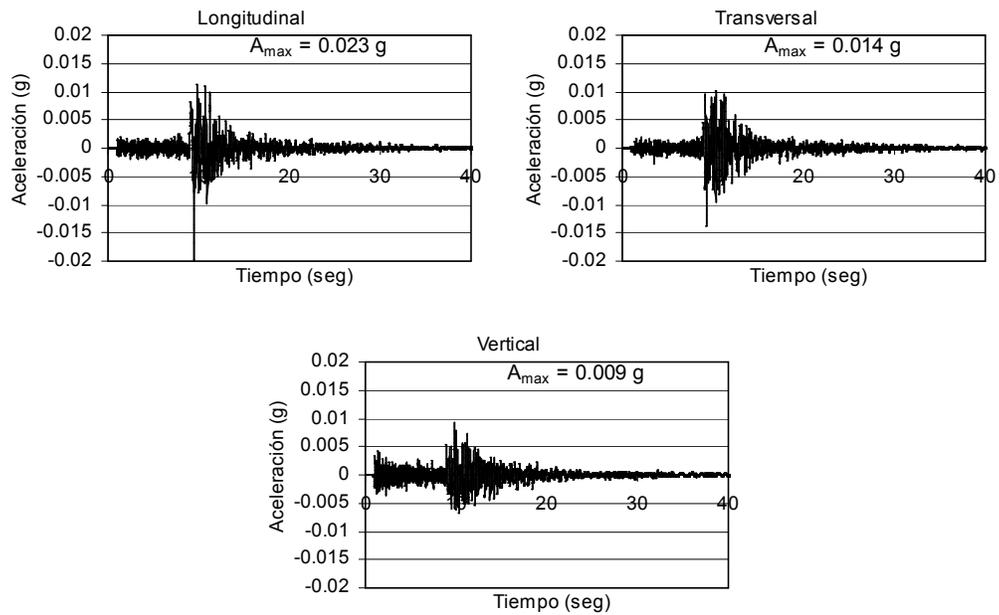


Figura 4 Aceleraciones registradas en Estación 05 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

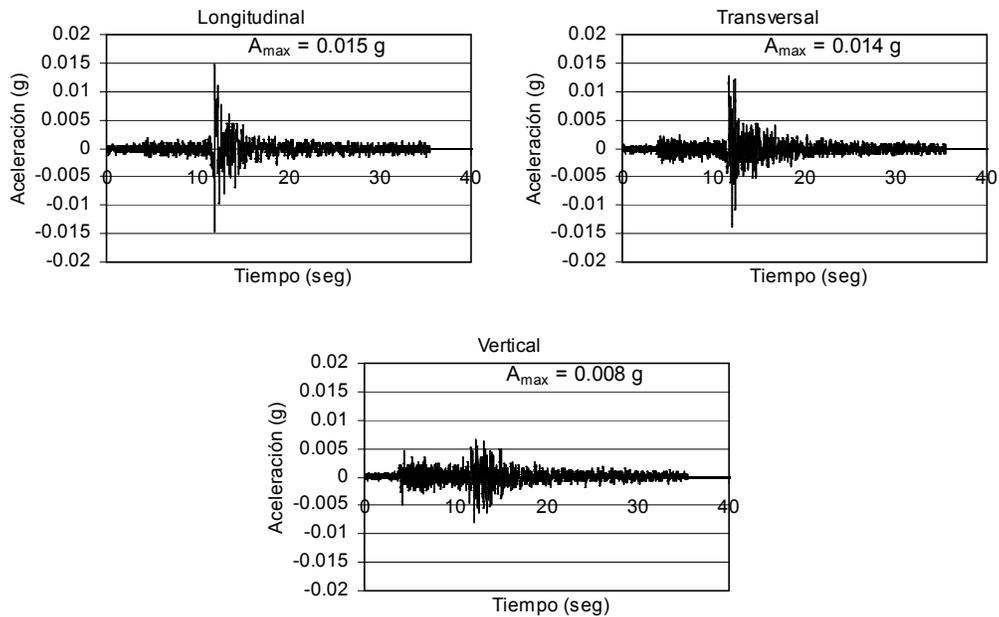


Figura 5 Aceleraciones registradas en Estación 08 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

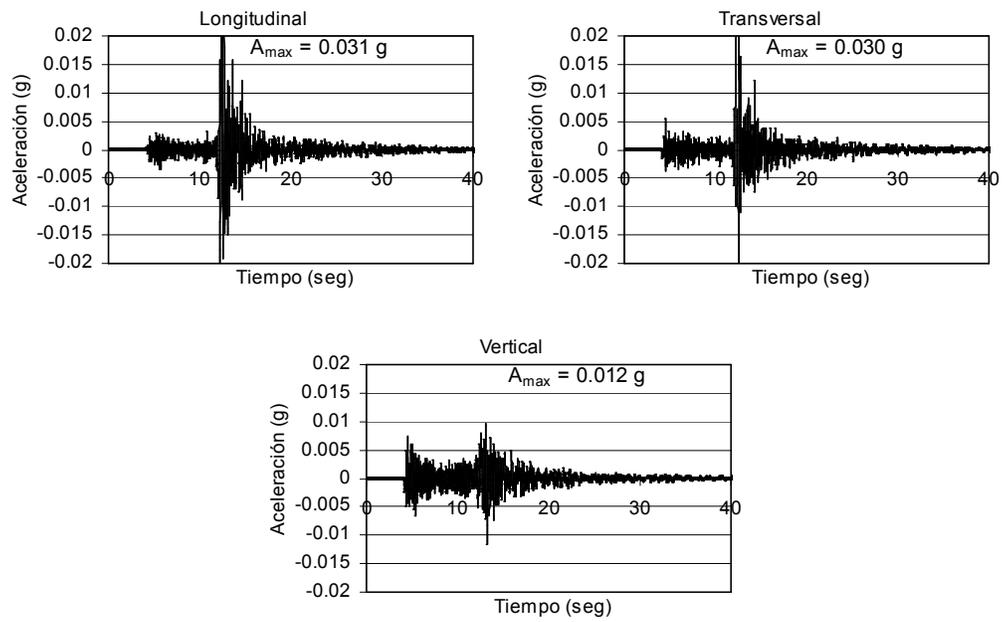


Figura 6 Aceleraciones registradas en Estación 12 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

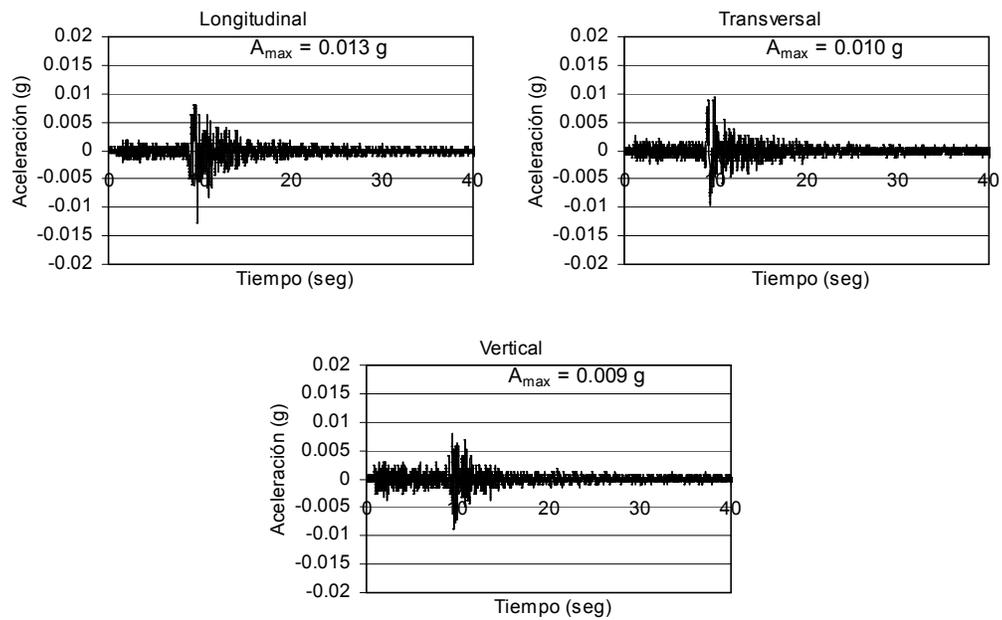


Figura 7 Aceleraciones registradas en Estación 14 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

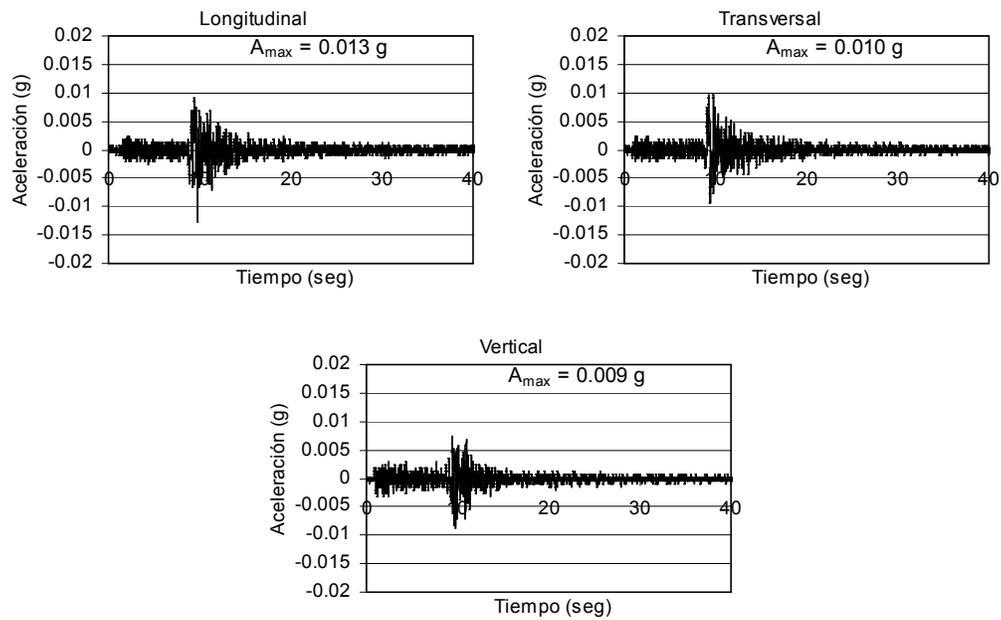


Figura 8 Aceleraciones registradas en Estación 15 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

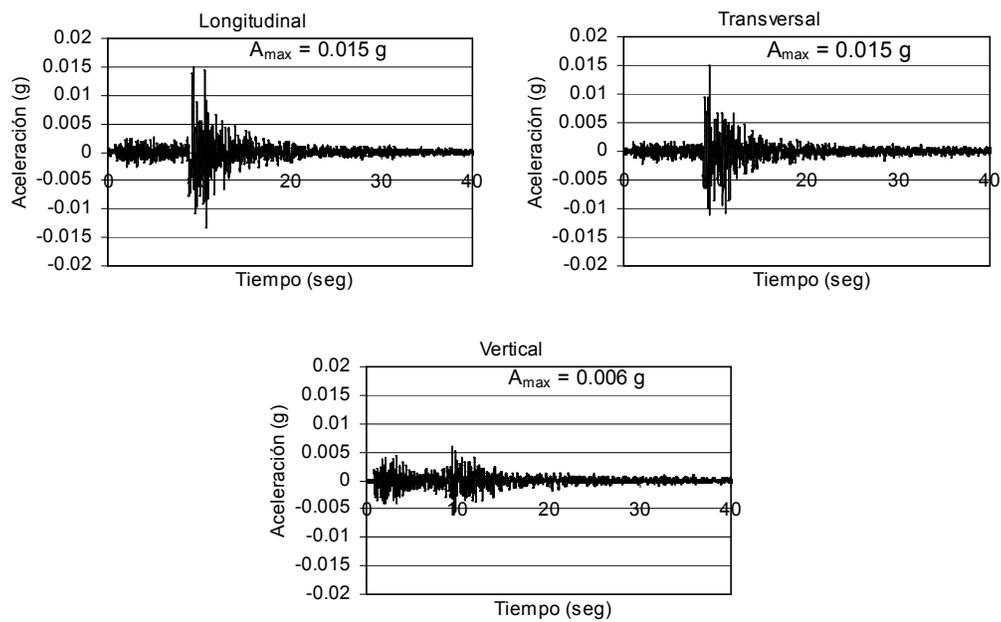


Figura 9 Aceleraciones registradas en Estación 16 durante sismo del 13 de agosto de 2003.

Tabla 1 Aceleración máxima registrada en cada una de las estaciones

Estación	Aceleración máxima		
	Lateral	Longitudinal	Vertical
Estación 01 (Patacón)	0.060 g	0.098 g	0.069 g
Estación 02 (Paitilla)	0.013 g	0.017 g	0.014 g
Estación 05 (Marbella)	0.023 g	0.014 g	0.009 g
Estación 08 (Cangrejo)	0.015 g	0.014 g	0.008 g
Estación 12 (Locería)	0.031 g	0.030 g	0.012 g
Estación 14 (Paitilla)	0.013 g	0.010 g	0.009 g
Estación 15 (Paitilla)	0.013 g	0.010 g	0.009 g
Estación 16 (Paitilla)	0.015 g	0.015 g	0.006 g

3 ESPECTROS DE RESPUESTA

Uno de las herramientas más utilizadas en la caracterización de la demanda sísmica para edificios es el espectro de respuesta para un 5% de amortiguamiento, ya que en base a este se desarrolla el método de “Fuerza Lateral Equivalente”, aceptado por muchos códigos de diseño y reglamentos a nivel mundial, entre ellos el REP-94.

En las figuras de la 10 a la 17 se muestra el espectro de respuesta elástico de los registros para un 5 % de amortiguamiento. En las gráficas se muestra el periodo predominante del movimiento en cada una de los ejes, los cuales se resumen en la tabla 2. En promedio se identifica un período predominante en las tres direcciones del movimiento de aproximadamente 0.15 segundos. También se observan valores importantes de aceleración espectral para períodos cercanos a 0.60 segundos.

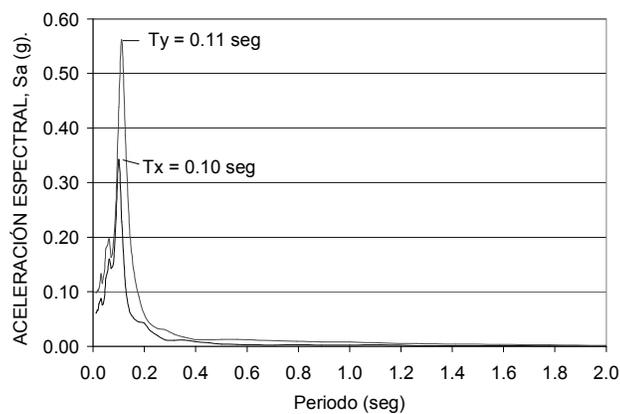


Figura 10 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 01.

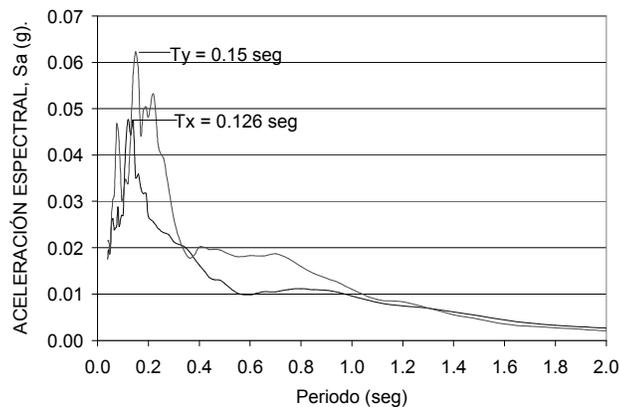


Figura 11 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 02.

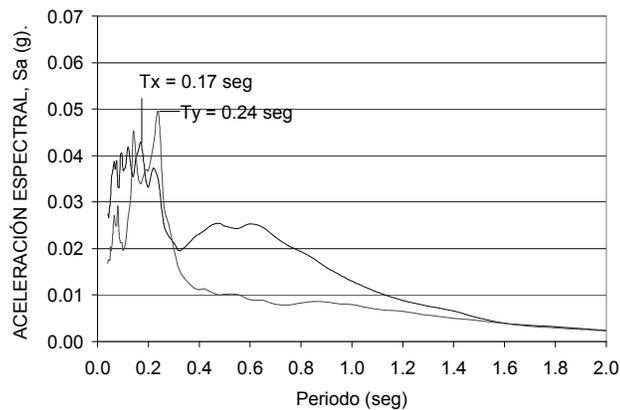


Figura 12 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 05.

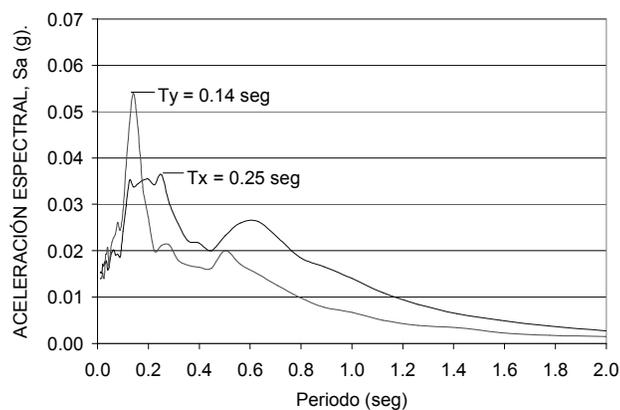


Figura 13 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 08.

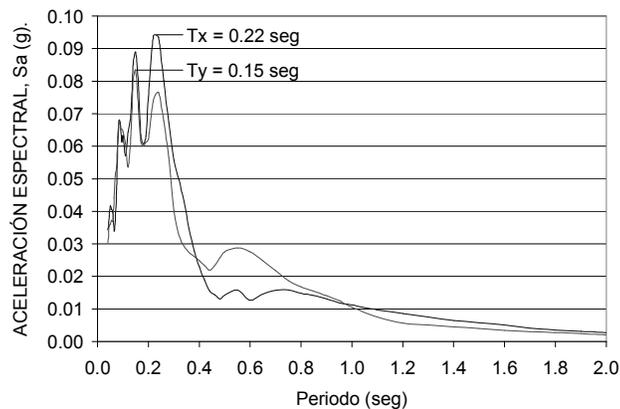


Figura 14 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 12.

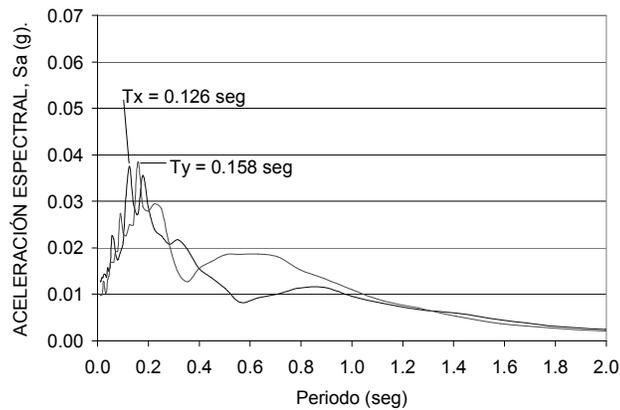


Figura 15 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 14.

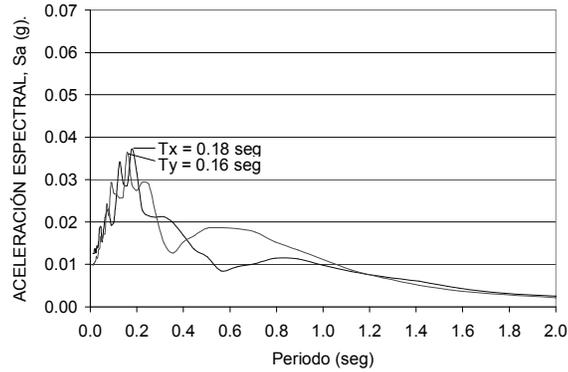


Figura 16 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 15.

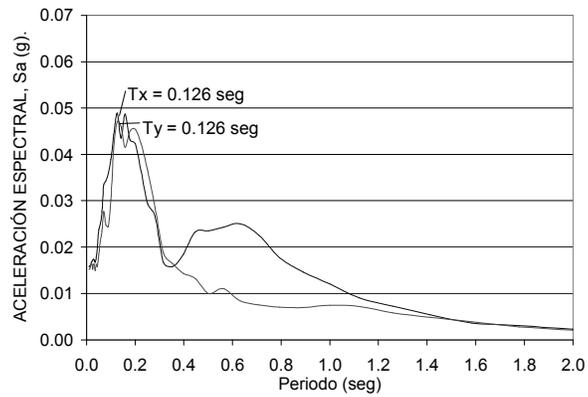


Figura 17 Espectro de respuesta elástico de movimiento en ejes horizontales de Estación 16.

Tabla 2 Período de vibración predominante para las distintas estaciones.

Estación	Período de vibración predominante		
	Lateral	Longitudinal	Vertical
Estación 01 (Patacón)	0.10 seg	0.11 seg	0.11 seg
Estación 02 (Paitilla)	0.13 seg	0.15 seg	0.13 seg
Estación 05 (Marbella)	0.17 seg	0.24 seg	0.20 seg
Estación 08 (Cangrejo)	0.25 seg	0.14 seg	0.14 seg
Estación 12 (Locería)	0.22 seg	0.15 seg	0.16 seg
Estación 14 (Paitilla)	0.13 seg	0.16 seg	0.14 seg
Estación 15 (Paitilla)	0.18 seg	0.16 seg	0.14 seg
Estación 16 (Paitilla)	0.13 seg	0.13 seg	0.14 seg

3 ANÁLISIS DE LOS REGISTROS

Las aceleraciones en la base del edificio son bajas, con un promedio de 0.0244 g lo cual representa aproximadamente un 18 % de la aceleración horizontal pico para suelo rígido a medianamente rígido ($S = 1.2$) especificada por el REP-94 para la ciudad de Panamá. Hay que notar que la aceleración medida en el sótano de este edificio no representa necesariamente la aceleración del suelo, ya que la rigidez de la base del edificio probablemente modifique la aceleración de entrada.

4 ESPECTROS DE RESPUESTA ELÁSTICOS

Los niveles de aceleración registradas en estas estaciones de medición son ciertamente muy bajos, para que sea representativo de un sismo de diseño para la ciudad de Panamá. Sin embargo, la información que se puede generar a partir de estos registros es de mucha importancia para la práctica de diseño y construcción en Panamá.

Independientemente de que la aceleración horizontal pico del suelo (PGA) haya sido baja, las características del movimiento del suelo, tales como el contenido de frecuencias, son inherentes al suelo, sin importar la magnitud del PGA siempre que el suelo se mantenga en el rango elástico. En consecuencia, es posible escalar estos registros para valores de PGA mayores y generar espectros de respuesta elásticos representativos de sismos que se generen desde esta fuente.

Por otro lado, para la caracterización de la demanda sísmica es usual la utilización del espectro de respuesta normalizado a PGA, el cual muestra la relación S_a / PGA (aceleración espectral entre la aceleración máxima en la superficie), y presenta la forma del espectro de respuesta para cualquier nivel de aceleración en la superficie. En la figura 18 se muestra el espectro de respuesta normalizado para todas las estaciones señaladas en este informe.

Espectro de Respuesta Normalizado (5% amortiguamiento)
Sismo 13/08/2003

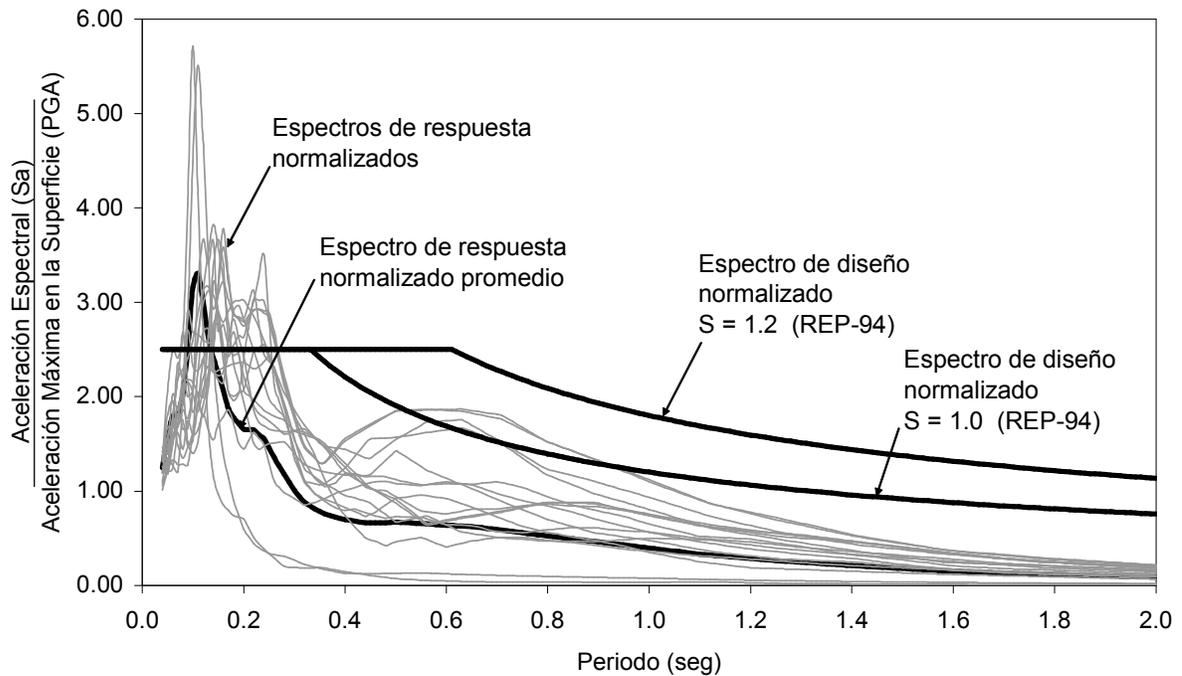


Figura 18 Espectros de respuesta normalizados para movimiento captado en ejes horizontales de las 8 estaciones.

El espectro de respuesta, del movimiento sísmico en un sitio, depende del tipo de suelo entre la roca y la superficie (entre otros factores), por lo que un buen criterio es promediar los espectros de respuesta de estaciones que se encuentren en sitios con estratigrafías similares. En la figura 19 se muestra el promedio de los espectros de respuesta de las estaciones ubicadas en Paitilla y de las estaciones ubicadas fuera de Paitilla. Es importante recordar que el comportamiento plástico del suelo modifica la forma del espectro de respuesta, así, para mayores aceleraciones, el espectro de respuesta normalizado probablemente adopte una nueva forma.

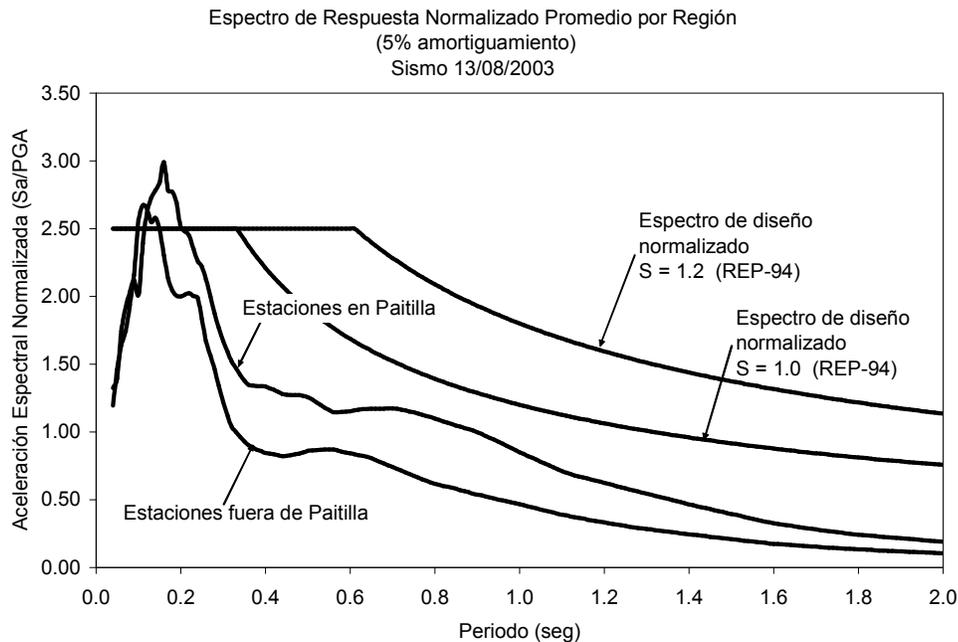


Figura 19 Espectro de respuesta normalizado promedio de movimiento captado en ejes horizontales de las 8 estaciones.

El interés de generar estos espectros es el de comparar el espectro actual explícito en el REP-94 y los posibles espectros de sismos más fuertes que se podrían generar en la fuente bajo estudio. Según lo observado en la figura 19 se puede decir que, si se produce un sismo en la misma fuente, con el mismo mecanismo de fractura, y el suelo se mantiene en el régimen elástico durante el movimiento, entonces el espectro de diseño del REP-94 es conservador para estructuras con períodos mayores de 0.3 segundos, y predice adecuadamente la demanda de aceleraciones para estructuras de periodo menor a este.

Estas observaciones se hacen desde el punto de vista de la demanda de aceleraciones. Sin embargo, hay que recordar que el sismo analizado es un evento aislado, y no tiene representación estadística, pero que cada evento que ocurra en el futuro aportará información similar a la mostrada en este informe y así, luego de cierta cantidad de eventos se podrá realizar un estudio con mayor representación estadística.

5 CONCLUSIONES

El 13 de Agosto de 2003, se produjo un sismo con magnitud Richter de 5.3, y epicentro a unos 70 Km. al norte de la ciudad de Panamá, y a unos 16 Km. de profundidad. El sismo fue registrado en por lo menos 8 acelerógrafos, ubicados en la base y/o azotea de edificios instrumentados en la ciudad de Panamá.

El rango de aceleraciones máximas registradas en la base de los edificios osciló entre 0.006g y 0.098g. La máxima aceleración horizontal medida a nivel de la superficie fue de 0.098 g, y se registró en la dirección longitudinal en la base del edificio No.1 de la sede Víctor Levi de la Universidad Tecnológica de Panamá, ubicada en el sector de Patacón. Este edificio está cimentado sobre un estrato de suelo de consistencia intermedia a blanda, de unos 17 m de espesor sobre roca dura. En el área de Paitilla se registró una aceleración máxima de 0.017g, mientras que en el área de Marbella se registró una aceleración máxima de 0.023g.

La forma geométrica de los espectros de respuesta elásticos, tanto en roca como en suelo intermedio es consistente con los espectros generados en ambos sitios para el sismo del 26 de Febrero de 2000. Esta información, aunque limitada estadísticamente, nos indica que el espectro de diseño utilizado en Panamá es correcto; es decir, con máxima demanda para la zona de dominio de aceleraciones (edificios rígidos, $T < 0.6$ seg.) y demanda decreciente para la zona de dominio de velocidades (edificios flexibles, $T > 0.6$ seg.).

Actualmente, personal especializado del departamento de Investigación y Desarrollo del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá, se encuentra procesando la información registrada en todos los edificios instrumentados, para comparar el comportamiento dinámico medido, con el comportamiento dinámico de los modelos matemáticos. Este proceso ayudará a calibrar el modelo matemático de los edificios con

estructuración típica en Panamá, y en el futuro hacer recomendaciones a las regulaciones de diseño sísmico en Panamá.

Oscar M. Ramírez, Ph.D.

Director