Nuevas mediciones de micro trepidaciones se llevaron a cabo en 68 localizaciones de la ciudad de Guayaquil entre enero de 1992 y diciembre de 1993, con un equipo donado para el efecto por el UNDHA. Los registros obtenidos fueron procesados mediante la Transformada Rápida de Fourier hasta encontrar los espectros de Amplitud de Fourier y Densidad Espectral de Potencia. Para la interpretación de los períodos dominantes se utilizó la técnica de Nakamura, en base a la cual se obtuvo un rango de períodos de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo de Suelo	Rango de Períodos
Roca Sedimentaria (Tipo I)	0.07 - 0.28 segundos
Depósitos Aluviales de poca potencia (Tipo II)	0.07 - 0.5 segundos
Planicie Aluvial (Tipo III)	0.25 - 0.5 segundos

Con esta información se calcularon los espectros de diseño para los diferentes tipos de estructuras, en función de su factor de importancia y se realizaron algunas recomendaciones para el uso del suelo.

C. Micro zonificación urbana de Guayaquil

Mediante monografías de grado se efectuó la micro zonificación urbana de Guayaquil para fines de estudios de vulnerabilidad sísmica. Para el efecto se llevó a cabo un censo de las edificaciones de dos áreas importantes de la ciudad de Guayaquil que constituyen aproximadamente un 30% de toda el área metropolitana de la ciudad que, en términos de importancia social, económica y de servicios, concentra aproximadamente el 80% de su infraestructura. Un total de 39,700 edificios fueron censados y están registrados en una base de datos diseñada para poder hacer consul-

tas y estadística descriptiva. Estos registros pueden organizarse de acuerdo con diferentes tipologías, referidas a las características de su estructura, piso, cubierta, paredes, uso y grado de vetustez.

Gracias a este estudio, se cuenta con una base de datos en la que están ingresadas las características y tipología de 39.700 edificios de la ciudad

D. Pruebas de vibración ambiental de edificios de Guayaquil

Estas pruebas se realizaron con el fin de determinar el período natural de vibración de estructuras en hormigón armado y acero. Para el efecto se utilizó el equipo donado por el UNDHA al proyecto, el mismo que consiste de un sismógrafo digital y tres sensores que operan en modo vertical u horizontal, un computador tipo "laptop" y el software necesario. Un total de 40 edificios de diferente altura (desde 4 hasta 35 pisos), destinados a diferentes usos (colegios, hospitales, hoteles, oficinas, museos, etc.), con estructuras de hormigón armado (90%) y acero (10%), ya sea a base de pórticos dúctiles o una combinación de muros de cortantes y pórticos, fueron seleccionados para llevar a cabo dichas mediciones. Estos edificios constituyen una muestra representativa para la ciudad de Guayaquil.

Este ejercicio permitió establecer que la relación establecida por el Código Ecuatoriano de la Construcción para determinar el período fundamental de vibración de un edificio debe ser modificada para la ciudad de Guayaquil.

E. Análisis matemático de edificios

Doce edificios fueron objeto de este análisis matemático realizado en base a programas de computación de análisis estructural. Las estructuras fueron analizadas en su comportamiento dinámico, sometidas a la acción de un histograma de aceleraciones de sismos seleccionados. El estudio permitió apreciar la contribución de las paredes de mampostería en el grado de rigidez del edificio. Se encontró que los períodos de vibración de la estructura, sin las paredes de mampostería se duplica con respecto a los mismos períodos cuando se incluyen las paredes de mampostería.

Las pruebas de vibración ambiental se llevaron a cabo en 40 edificios de entre 4 y 35 pisos, con el fin de determinar su período natural de vibración

F. Estimación de vulnerabilidad de la ciudad de Guayaquil

Para este componente del Proyecto se consideran las hipótesis justificadas en este estudio, es decir, un sismo de origen lejano y uno de origen cercano, con períodos de recurrencia de 100 y 50 años. Los potenciales efectos de estos sismos fueron determinados en base a la información obtenida del censo de edificios realizado por el IIFIUC, los estudios de micro zonificación sísmica, el análisis matemático de 12 edificios y las mediciones experimentales de 40 edificios tipo.

Los resultados obtenidos para el caso de un sismo cercano establecen que un total de 2.891 edificios para un período de recurrencia de 100 años y 1.469 edificios para uno de 50 años, podrían ser dañados por dicho tipo de sismo. Principalmente los edificios de entre uno y cuatro pisos serían los más afectados.

Para el sismo de origen lejano, aproximadamente 937 edificios para un período de recurrencia de 100 años y 586 para uno de 50 años, serían dañados. En este caso, los edificios de entre 5 y 15 pisos serían los más afectados.

Según los resultados obtenidos, un sismo cercano con un período de recurrencia de 100 años, podría causar daño a cerca de 3.000 edificios

En términos de personas damnificadas por un sismo de las características antes citadas, su número se calculó en base a la información censal disponible, correlacionada con los datos sobre el número de edificios potencialmente dañados. Fue necesario calcular un número promedio de personas por piso en cada uno de los sectores bajo estudio; este número fue multiplicado por las edificaciones dañadas parcial o totalmente y por el número de pisos existentes. El número de posibles muertos y heridos se calculó multiplicando el número de personas po-

tencialmente damnificadas por un coeficiente de mortandad y morbilidad por damnificado, determinado en base a información estadística sobre número de víctimas a causa de terremotos en el mundo.

2. Determinación de las características dinámicas de suelos y edificios

Este componente fue desarrollado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL. Su objetivo fue el de determinar los períodos naturales del suelo y las estructuras en base a la medición de vibraciones ambientales, para luego obtener dichos períodos mediante un enfoque matemático que considera el análisis estadístico de registros aleatorios, contrastados luego con procedimientos analíticos derivados de registros reales de sismos moderados.

Características geotécnicas de la ciudad de Guayaquil.

Como resultado de las perforaciones realizadas en diferentes lugares se pudo determinar que gran parte de la ciudad está construida sobre suelo arcilloso blando con profundidades que oscilan entre 15 y 50 metros. Dado el alto nivel freático y las características mecánicas de las arcillas suaves, los límites líquidos encontrados en las muestras de las perforaciones están entre el 85 y 130%, condiciones que favorecen la amplificación de las ondas sísmicas.

En la página siguiente se puede apreciar el mapa de factores de amplificación del suelo para la ciudad de Guayaquil, producto de este estudio.

Medición de vibraciones ambientales.

Utilizando los isosismos del tremor ocurrido en 1980, 600 puntos, la mayoría de ellos sobre suelo arcilloso suave y algunos sobre suelo rocoso, fueron instrumentados con dos sismómetros horizontales y uno vertical de cinco segundos. En cada uno de estos puntos se tomaron 2 registros de un minuto con una tasa de muestreo de 100 lecturas por segundo.

Evaluación de los períodos de edificios.

Otra importante investigación efectuada con los equipos para la medición de vibraciones ambientales fue realizada para determinar las características dinámicas de los edificios. Un total de quince edificios fueron evaluados. Tres edificios para cada uno de los siguientes rangos: 1 a 3, 4 a 8, 9 a 12, 13 a 16 y más de diecisiete pisos. Se tomaron registros en la base y en el tope de los edificios. A través de una teoría matemática se obtuvo la función de transferencia, es decir la función matemática del edificio y consecuentemente su período.

Resultados.

- Mapas de isoperíodos y los factores de amplificación de la ciudad de Guayaquil fueron elaborados bajo el marco de este proyecto.
- Se obtuvieron espectros de respuesta diseñados para uso con los códigos o normas de construcción.
- El período para edificios de concreto construidos en Guayaquil, de acuerdo con la función de transferencia, está estimado en $T=0.85 N$, en donde N es igual al número de pisos.