

000007



ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.  
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

4095

CONCEPTO TECNICO No. CT- de 2005

Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local  
de Amplificación de Ondas Sísmicas  
Artículo 7 - Decreto 074 de 2001

1. INFORMACIÓN GENERAL

**ENTIDAD SOLICITANTE:** Mauricio Díaz Acevedo  
 Director Técnico (E) de Construcciones, IDU

**LOCALIDAD:** Límite Teusaquillo – Barrios Unidos

**BARRIO:** El Campín

**PROYECTO:** **Puente Calle 63 con NQS**

**UPZ:** Galerías 100

**TIPO DE RIESGO:** Sísmico

**EJECUTOR:**

**FECHA DE EMISION:** Enero 17 de 2005

2. ANTECEDENTES

De acuerdo con el Decreto 074 del 30 de enero de 2001, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se identifican los límites de Microzonificación Sísmica de Bogotá, D.C. y se adoptan los espectros de diseño, se establece que las construcciones y edificaciones de cualquier índole que se levanten en Bogotá, D. C. o que sean ampliadas, adecuadas o modificadas en forma tal que conlleven intervención estructural, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la Microzonificación Sísmica, acogiendo al efecto los espectros de diseño y sus coeficientes espectrales adoptados para cada zona.

Por otra parte, el artículo 5 del Decreto antes mencionado establece que podrán utilizarse espectros sísmicos de diseño diferentes a los definidos en dicho decreto, siempre y cuando se definan unos efectos locales particulares para el lugar donde se encuentra localizada la



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

edificación, utilizando estudios de amplificación de las ondas sísmicas que se realicen de acuerdo con lo prescrito en los ordinales (e) a (i) de la sección A.2.9.3 del Decreto 33 de 1998, o estudios especiales referentes a efectos topográficos, cuando sea del caso. Adicionalmente, el parágrafo único del artículo 7 del Decreto 074 de 2001, establece que la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias realizará la revisión de los Estudios Particulares de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas y emitirá concepto sobre el cumplimiento de los términos de referencia establecidos para la ejecución de dichos estudios.

El Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá, D.C. – FOPAE - y la Sociedad Colombiana de Geotecnia – SCG – han acordado una asesoría técnica por parte de la Sociedad al FOPAE en la Revisión de Estudios y Metodologías de Evaluación de Riesgo Sísmico y por Fenómenos de Remoción en Masa.

El presente concepto técnico corresponde a la revisión realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Geotecnia, el cual incluye el Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, para el Proyecto del Puente de la Avenida NQS con Calle 63 de la ciudad de Bogotá D.C., de conformidad con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001. Adicionalmente, en este caso se aclara que la revisión se hace en atención a la solicitud específica a la DPAE por parte del Instituto de Desarrollo Urbano, IDU.

### 3. GENERALIDADES DEL PROYECTO Puente Avenida NQS con Calle 63

El estudio entregado para revisión por esta sociedad indica que el Puente de estudio del proyecto se localiza en la Avenida NQS con Calle 63 en Bogotá, D.C. y este estudio hace parte del proyecto de Diagnostico de Puentes Vehiculares (Grupo 7) para Mantenimiento y Actualización Sísmica, en Bogotá D.C., contrato del Instituto de Desarrollo Urbano IDU 288-2003 con el Consorcio Puentes 2004. En el estudio entregado no se explican los fines con que se van a ser utilizados los espectros de diseño.

Los ensayos dinámicos y de geotecnia usados para el estudio fueron ejecutados por la Universidad de los Andes, mientras que para el Estudio de Amenaza Sísmica Local y de amplificación de ondas sísmicas, no se indica por quien fue elaborado.



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

### 4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe para el Puente de la Calle 63 con NQS del contrato Diagnóstico de Puentes Vehiculares (Grupo7) para Mantenimiento y Actualización Sísmica, en Bogotá D.C., se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con los requerimientos del decreto, de manera que se pueda verificar de manera razonable la validez del espectro de diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el Decreto 074.

El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.

- **Asignación de la zona del proyecto con respecto a la Microzonificación Sísmica de Bogotá.**

*EN EL PRESENTE INFORME NO SE PRESENTA EN NINGÚN LUGAR UNA ASIGNACIÓN DE LA ZONA PROYECTO CON RESPECTO A LA MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA DE BOGOTÁ, SOLAMENTE EN LA FIGURA 13 DEL CAPITULO 6 DEL ESTUDIO SE PRESENTA UNA GRAFICA DONDE SE COMPARAN LOS RESULTADOS OBTENIDOS CONTRA LOS ESPECTROS CORRESPONDIENTES A LA ZONA 3 DEL ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN. EN EL INFORME DEBE ESPECIFICARSE CLARAMENTE LA ZONA CORRESPONDIENTE.*

- **Para estos estudios, todos los datos de campo deben provenir de mínimo una perforación de 50 m en suelos blandos y se debe realizar un número suficiente de ensayos para caracterizar el perfil. Para complementar la información del perfil del subsuelo, cuando la profundidad de sedimentos sea mayor a 50 m, se puede consultar: estudios geofísicos, estudios geotécnicos, ensayos de campo y laboratorio y los estudios de zonificación incluidos en el proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá.**



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



**CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA**

*Para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lugar del proyecto se realizaron perforaciones hasta 120 m. Sin embargo, en el estudio presentado no se especifican el número de perforaciones realizadas. Siguiendo la tabla 1 del capítulo 6, se puede observar que se recuperaron muestras de suelo hasta 120 m. Adicional a la perforación o perforaciones realizadas, también se ejecutó un ensayo de down hole que va a una profundidad de 84 m., según la figura 10 del capítulo 6.*

*La investigación de campo, información de otros estudios, y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados permitió una caracterización de la estratigrafía en el sitio de proyecto hasta la profundidad explorada de 120 m, y extenderla hasta los 200 m donde se ubica el techo de la roca según el mapa de espesor de sedimentos del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá. Los datos de velocidad de onda de corte fueron extendidos a partir de los resultados específicos del ensayo de down hole que fue hasta 84 m.*

*El estudio cumple en cuanto los requerimientos de exploración.*

- **Realizar ensayos de velocidad de onda de corte, Vs, por medio de métodos de campo como down hole, cross hole y otros equivalentes.**

*Se hizo un ensayo de Down-Hole hasta 84 m de profundidad (como se puede deducir de la figura 10 del capítulo 6), del que se pueden definir las variaciones de la velocidad de onda, Vs con la profundidad.*

*El perfil para la evaluación de los efectos locales se define hasta 200 m., pero la información de Down-Hole solo alcanza los 84 m., es necesario explicar detalladamente como se determinaron las velocidades hasta 200 m., o mostrar que correlaciones fueron usadas para tal fin, así como tampoco se definen el tipo de material donde esas correlaciones son validas. En el perfil después de los 200 m., se define un estrato de roca con una velocidad de 1000 m, la escogencia de este valor es critico para los resultados finales del estudio, se necesita que se explique bajo que criterios se asignaron los valores de velocidad y densidad para la roca. Es necesario ampliar en este particular con el objeto de validar el perfil propuesto.*



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

- **Realizar ensayos dinámicos para determinar módulos de corte,  $G$ , relaciones de amortiguamiento,  $D$ , sobre muestras inalteradas que cubran todo el intervalo de deformaciones (Velocidad de onda de corte en laboratorio, columna resonante, corte simple cíclico, triaxial cíclico, etc.).**

*Como se dice en el informe se realizaron ensayos dinámicos (triaxial cíclico) sobre muestras de suelos obtenidas a diferentes profundidades. Con los resultados obtenidos de estos ensayos se determinaron las propiedades de rigidez y amortiguamiento del suelo, pero en el informe no se presentan los ensayos como tal, hay que incluir la ficha de cada una de los ensayos, mostrando los diferentes ciclos a que fueron sometidas las muestras, también hay que especificar si los ensayos se realizaron para condiciones de deformación controlada o carga controlada, esto es muy importante con el fin de validar los resultados obtenidos en los ensayos. Por otra parte las curvas en los modelo 2, 3 y 5 solo cubren una parte muy pequeña del intervalo de deformación, y solo se incluyen tres (3) datos para definir las curvas de degradación de la rigidez y de cambio de amortiguamiento. Por ejemplo en el caso del modelo 2 y 3 solo cubren deformaciones de 0.0001 a 0.001. A la luz de los datos presentados las curvas para los modelos 2, 3 y 5 no son válidas, y no deben ser usadas en las modelaciones de respuesta dinámica.*

- **Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de microzonificación sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.**

*El estudio inicialmente cumple con este requerimiento pues se utilizaron en total doce (12) acelerogramas, dentro de los cuales se incluyeron los tres (3) registros de aceleración definidos por el Decreto 074 de 2001, seis (3) acelerogramas de sismos reales, dos (2) registrados en Estados Unidos y uno en Turquía. Los seis (6) restantes provienen de acelerogramas sintéticos. Los registros no se presentan en el informe, excepto los sismos sintéticos que si son presentados. En el informe se deben presentar todas las señales que se utilizan, incluyendo sus correspondientes espectros de respuesta a 5% de amortiguamiento. También sería importante presentar las señales y sus espectros de respuesta que se utilizaron para la evaluación de las funciones de transferencia. Tampoco se describe en el informe que componente del movimiento se seleccionó para la modelación de la respuesta, también se debe aclarar si para la modelación de la respuesta se uso toda la señal del registro o solo se uso la ventana del registro que corresponde a las ondas de corte, esto es muy importante desde que el programa para modelación de la respuesta (SHAKE91) solo considera ondas de corte.*



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

*Observando con detalle los sismos seleccionados para la modelación de la respuesta, llama la atención el registro del evento de Kocaeli – Gebze en Turquía, el cual tiene una magnitud de 7.4 a una distancia hipocentral de 17 Km., el punto es si un sismo de tal magnitud ( $M_w=7.4$ ) a esa distancia tan corta (17 Km) es posible de presentarse para el lugar de estudio. En particular este evento seleccionado es incompatible con el escenario de amenaza para Bogotá. Es necesario que se expliquen los criterios para la escogencia de este registro.*

*Para el cálculo de las funciones de transferencia y el análisis de respuesta de sitio se utilizaron señales sintéticas, para las cuales la metodología usada para el cálculo se explica en el informe, pero no se dan a conocer cada uno de los parámetros usados para tal fin. Es necesario que se presenten y se justifiquen los valores usados para la caída de esfuerzos del sismo pequeño (real) y del sismo grande (sintético), así como la frecuencia esquina, por otra parte es necesario explicar porque el uso de un modelo omega cuadrado es valido para sismos en Colombia.*

*En cuanto a la parte de amenaza sísmica y para el calculo de los espectros uniforme de amenaza, se utiliza una tabla con valores de aceleración para diferentes combinaciones de magnitudes que van de 4.0 a 8.0 y distancias que van de 10 a 1000 Km., para el calculo de cada uno de los valores se sigue una metodología explicada en el texto, la cual a partir de algunos parámetros se calculan los valores de aceleración, es necesario que se muestren y se justifiquen los valores asignados a cada parámetro, tales como, de atenuación regional ( $Q_0$  y  $\epsilon$ ), de velocidad de onda de corte  $\beta$ , caída de esfuerzo, densidad del material, patrón de radiación, y factor de sitio  $k$ .*

*En el tercer párrafo del capítulo 6, bajo el título “Evaluación de Amenaza del sitio con efecto del suelo”, en el quinto renglón dice, “los dos primeros grupos de variables (mecanismo focal y trayecto recorrido por las ondas) son tenidos en cuenta mediante un programa...”, primero, son tenidos en cuenta para que? pues en el texto no es claro. Segundo, que programa? y más importante aun que hace el programa?.*

- **Realizar mínimo un análisis unidimensional (SHAKE, EERA, etc), para todas las zonas de la microzonificación, siempre y cuando la pendiente del terreno sea inferior a 10 grados.**

*El estudio cumple con este requerimiento mediante la utilización del programa SHAKE91 que considera la propagación unidimensional de ondas de corte. La utilización del*



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



## CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

*programa es valida desde que la pendiente del terreno para la zona de estudio es plana (pendiente inferior a 10 grados).*

- **Para todas las zonas, el espectro de diseño obtenido no puede ser menor que el espectro mínimo establecido para cada zona en la Microzonificación Sísmica de Bogotá.**

*Después de revisar el espectro de diseño propuesto, el estudio cumple con este requerimiento, el informe presenta en la figura 13 del capítulo 6 la comparación de los espectros mínimo y máximo para la zona 3, y los obtenidos mediante los análisis propuestos en el informe, claramente se aprecia que el espectro de diseño sugerido cumple lo establecido en referencia al espectro mínimo. Sin embargo, la validez de los espectros de respuesta en superficie está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas, en cada uno de los apartes anteriores, especialmente en la parte de la validez de los ensayos dinámicos de suelo, y la parte de cálculo de espectros sintéticos y evaluación de amenaza sísmica.*

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión, se concluye que el estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del proyecto en referencia está incompleto a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y del recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y corregirse los puntos antes mencionados, ya que existen algunas dudas sobre la confiabilidad de dichos resultados.

Una vez realizadas las correcciones y aclaraciones solicitadas, se recomienda enviar el estudio nuevamente a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, con el fin de emitir concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.



Secretaría  
**GOBIERNO**

ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y  
ATENCIÓN DE EMERGENCIAS



**CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA**

Revisó y Aprobó:

  
**ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN**  
Presidente y Representante Legal  
Sociedad Colombiana de Geotecnia

VoBo:

  
**ING. MAURICIO TAPIAS CAMACHO**  
Grupo de Conocimiento  
DPAE

VoBo:

  
**ING. JAVIER PAVA SÁNCHEZ**  
Coordinador Técnico  
DPAE