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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4241 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:	Lino Baena Calle Director Técnico de Construcciones IDU
LOCALIDAD:	Límite Teusaquillo – Barrios Unidos
BARRIO:	El Campín
PROYECTO:	**Puente Calle 63 con NQS**
UPZ:	Galerías
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Consorcio Puentes 2004
FECHA DE EMISION:	Noviembre 15 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

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 **tercera 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.

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La primera 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 hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

El propósito de la revisión fue 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 No. CT 4095 de Enero 17 de 2005 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se transcribe a continuación, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado.

4.1 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.

4.2 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.

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 capitulo 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 capitulo 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.

4.3 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 capitulo 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.

4.4 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 validas, y no deben ser usadas en las modelaciones de respuesta dinámica.

4.5 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, tres (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 al 5% de amortiguamiento. También seria 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.

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 (Mw=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: atenuación regional (Qo y ε), velocidad de onda de corte β, caída de esfuerzo, densidad del material, patrón de radiación, y factor de sitio k.

En el tercer parágrafo del capitulo 6, bajo el titulo "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?.

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

4.7 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 capitulo 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. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA MAYO 16 DE 2005 (CT- 4145)

5.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

En una carta anexa donde se trata de dar algunas respuestas a los puntos planteados en la pasada revisión se indica que el proyecto se encuentra ubicado en la zona 3 de la microzonificación, pero el informe como tal, aún no contiene esa información. Se le solicita al consultor incluir esta información dentro del informe.

EL ESTUDIO NO CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO

5.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

EL INFORME CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO DESDE LA ANTERIOR REVISIÓN

5.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

Se le solicita al consultor referirse de manera decente en sus comunicados, evitando escribir comentarios y comparaciones que no están relacionadas con el tema tratado, sentencias como, "demandaría una explosión nuclear en la superficie", no ayudan a mejorar el informe.

En la anterior revisión al consultor se le solicitaron aclaración en dos aspectos, el primero en la manera como se extrapolaron los valores de velocidad hasta los 200 m de profundidad, el consultor indica que se hizo a través de otros estudios y las relaciones del estudio de microzonificación de Bogotá. El otro aspecto que se necesita aclarar es el de la velocidad de cortante en la roca, para lo cual el contratista dice que uso el mismo valor de la microzonificación de Bogotá.

Los comentarios que aclaran los aspectos acá mencionados están en una carta anexa, pero no están presentes en el informe, el informe debe contener los comentarios.

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO.

5.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

El consultor en la carta anexa da respuesta a las observaciones planteadas, pero estas no están incluidas en el informe. Si las fichas de los ensayos dinámicos hacen parte de otro informe dentro del estudio general, es necesario referenciar los estudios, y dejar el CD como parte del informe. Nuevamente, el informe debe contener las explicaciones necesarias que justifiquen las extrapolaciones que se realicen.

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO.

5.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

En la anterior revisión se mencionaron aspectos que deben ser tenidos en consideración, de manera que el informe pueda ser aprobado, de manera resumida los aspectos que aun no cumplen con los requerimientos son:

a. Los registros no se presentan en el informe, excepto los sismos sintéticos que si son presentados. En el informe se deben presentar las formas de onda de todas las señales que se utilizan, incluyendo sus correspondientes espectros de respuesta de cada una con un 5% de amortiguamiento.

b. 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. Según la carta del consultor, dice que usa la "componente SH del registro", al consultor se le recuerda que "componente SH del registro" no existe, existe componente transversal del movimiento que es la componente que contiene el tren de ondas SH polarizadas, se le solicita al consultor que presente las componentes transversales del movimiento, y que también describa de que manera las calculo, ya que usualmente éstas no están disponibles, y siempre toca calcularlas, teniendo en consideración las localizaciones del sismos y de la estación que se esta usando.

c. 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 (Mw=7.4), y esa distancia tan corta (17 Km), es posible para el lugar de estudio. En particular este evento seleccionado es incompatible con el escenario de amenaza para Bogotá. La explicación que se presenta en la carta no es valida, pues la falla la cajita no tiene ningún parecido

con el sistema de fallas de anatolia del norte (Sistema de fallas asociadas al sismo de Kocaeli).

d. 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 acaso valido para sismos en Colombia?. Al respecto se tienen los siguientes comentarios, basados en las respuestas del consultor, cuando se calculan los sismogramas sintéticos por primera vez se entiende que los valores de aceleración máxima no alcancen precisamente la aceleración de 0.2, sin embargo, estos valores se ajustan con facilidad, haciendo nuevos cálculos con diferentes valores de momento sísmico, con el objetivo de obtener los valores de aceleración deseados, esa es la manera de ajustar los sismogramas sintéticos, y no a través de un factor escalamiento (factor de escalamiento se usa para registros reales). Es necesario que el consultor ajuste los sismogramas sintéticos de la manera sugerida y además presente y justifique de manera detallada cada uno de los parámetros usados para el cálculo. El consultor debe demostrar con hechos (no con palabras!!) que el modelo omega cuadrado sea valido para Colombia.

e. En cuanto a la parte de amenaza sísmica y para el cálculo 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 cálculo 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 (Qo y ε), de velocidad de onda de corte β, caída de esfuerzo, densidad del material, patrón de radiación, y factor de sitio k. El consultor hace caso omiso a este aspecto, nuevamente se le recuerda que los valores correspondientes a estos parámetros y su respectiva justificación deben ser presentados.

Cada uno de los puntos anteriores deben ser explicados e incluidos en el informe.

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO.

5.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

Se deben tomar en consideración las anotaciones planteadas en la anterior revisión y en la presente, y estas deben ser presentadas dentro del informe.

EL INFORME CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO DESDE LA ANTERIOR REVISIÓN

5.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

EL ESTUDIO NO CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO.

6. TERCERA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA OCTUBRE DE 2005

6.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.1

EL INFORME EN LA PRESENTE VERSIÓN CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO.

6.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.2

EL INFORME CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO DESDE LA ANTERIOR REVISIÓN

6.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.3

EL INFORME EN LA PRESENTE VERSIÓN CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO.

6.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.4

EL INFORME EN LA PRESENTE VERSIÓN CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO.

6.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.5

EL INFORME EN LA PRESENTE VERSIÓN CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

6.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.6

EL INFORME CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO DESDE LA ANTERIOR REVISIÓN

6.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.7

EN LA PRESENTE VERSIÓN EL ESTUDIO CUMPLE CON ESTE REQUERIMIENTO.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión (tercera), se concluye que el estudio de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas del proyecto en referencia, cumple con los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001.

Revisó y Aprobó: **ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN** Presidente y Representante Legal Sociedad Colombiana de Geotecnia	
Revisó: **ING. JUAN CARLOS PADILLA R.** Grupo de Riesgo Sísmico DPAE	VoBo: **GEO. DORIS SUAZA ESPAÑOL** Coordinadora Técnica DPAE