Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

CONCEPTO TECNICO No. CT- 4281 de 2006

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

1. INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Camila Castell Curaduría Urbana No. 5
LOCALIDAD:	1. Usaquén
BARRIO:	Cedro Salazar
PROYECTO:	**Carrera 9 No. 151 - 52**
UPZ:	13. Los Cedros
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa & Restrepo- Ingeniería de Suelos.
FECHA DE EMISION:	Febrero 1 de 2006

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

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 la realización de una asesoría técnica por parte de la SCG 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 **segunda revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia al "Análisis de Microzonificación Local para el Edificio y las Casas a Construirse en la Carrera 9 No. 151-52 de Bogota"- Informe EYR-S 6274 de Diciembre 16 de 2005, realizado por la firma Espinosa & Restrepo - Ingeniería de Suelos, en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO A CONSTRUÍRSE EN LA CARRERA 9 No. 151-52

El estudio entregado para revisión por esta Sociedad, indica que el proyecto está localizado en la Carrera 9 No. 151-52, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1). El estudio establece que "*El edificio consta de una torre de 16 pisos con sótano y semisótano, en estructura convencional de concreto reforzado y luces entre ejes de columnas hasta de 7.0m. Las cargas previstas, estimadas por áreas aferentes son inferiores a 700 toneladas. Las casas constan de 5 pisos en estructura convencional de concreto reforzado y luces entre ejes de columnas hasta de 7.0 m. Las cargas previstas, estimadas por áreas aferentes son inferiores a 200 toneladas*".

De acuerdo con el plano general de localización del lote del proyecto presentado en el informe, así como con la hoja de remisión del estudio por parte de la DPAE, las coordenadas aproximadas del lote son (Figura 1):

NORTE: 114.701 ESTE: 105.043

El Estudio de Respuesta Sísmica Local para el sitio del proyecto a construirse en la carrera 9 No. 151-52 de Bogotá, D.C., fue realizado por la firma Espinosa & Restrepo-Ingeniería de Suelos; el Ensayo de Down-Hole fue realizado por la firma PSI S.A.. Los ensayos dinámicos

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

sobre muestras inalteradas de suelos fueron realizados por el CIMOC de la Universidad de los Andes.

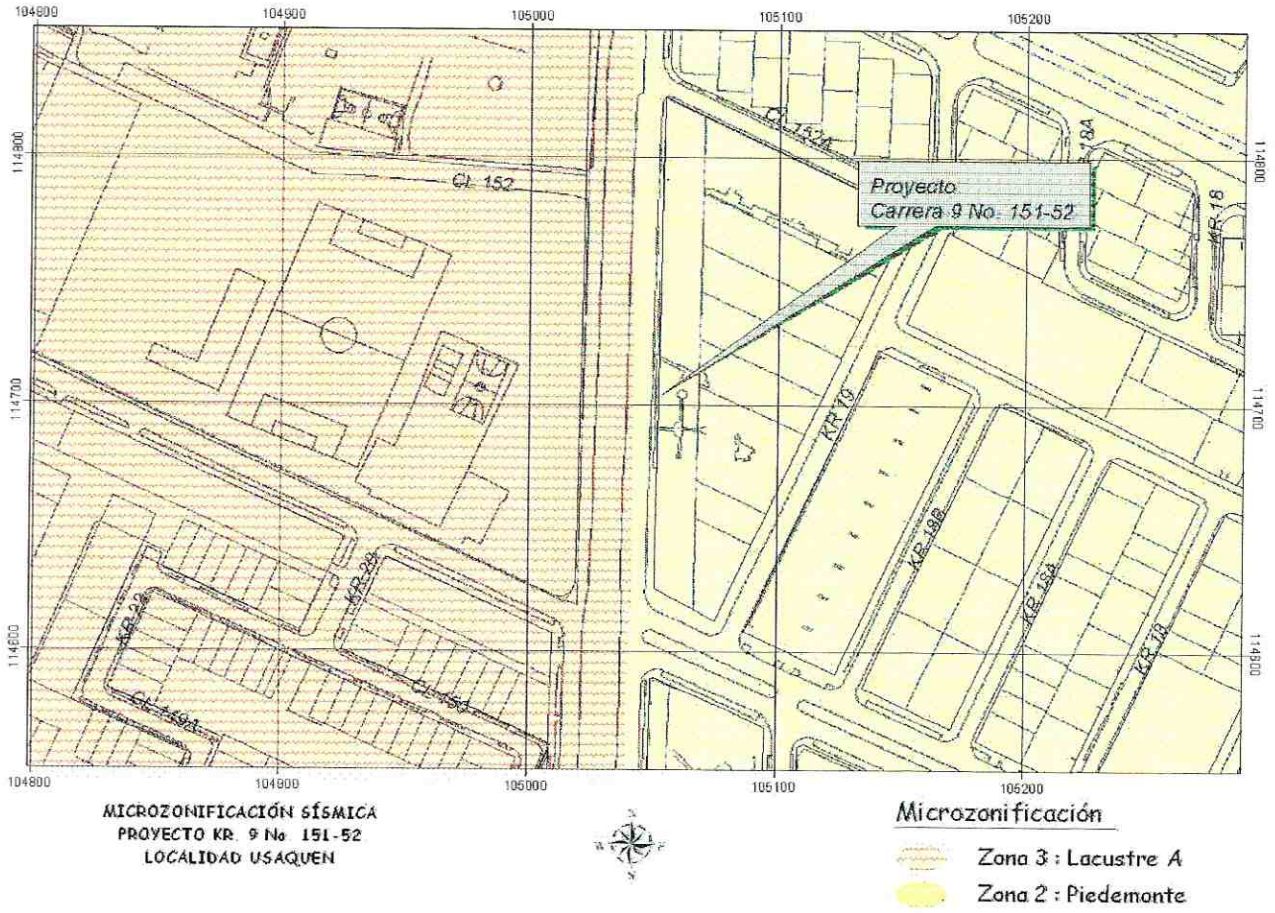


Figura 1 Localización del Proyecto Carrera 9 No. 151 - 52

4. REVISIÓN INICIAL DEL ESTUDIO

La revisión del Informe EYR-S 6274, correspondiente a "Análisis de Microzonificación Local para el Proyecto a Construirse en la Carrera 9 No. 151-52 de Bogota", se hizo a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 074 de 2001 para este tipo de estudios.

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 No. CT-4240 de Octubre 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, en especial aquellos contenidos en su Artículo 7.

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

En el numeral 4.0 ANÁLISIS DE EFECTOS SÍSMICOS LOCALES del Informe, se define la localización del lote del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 – Lacustre, lo cual NO ES CORRECTO. De acuerdo con la figura de localización del proyecto obtenida del SIRE en la DPAE, el proyecto se localiza en la Zona 2- Piedemonte, aunque relativamente cerca del límite con la Zona 3- Lacustre.

Así mismo, el consultor estima que la base rocosa en el sitio del proyecto se encuentra a una profundidad de 200m. Sin embargo, el mapa de espesor de sedimentos de la microzonificación de Bogotá, D.C. indica que el espesor de sedimentos en el sitio del proyecto puede variar entre 175 y 200 m. Se recomienda al consultor evaluar el impacto de esta variación en los resultados de los análisis de respuesta.

INCUMPLIMIENTO

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 pueden 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 lote del proyecto se realizaron ocho (8) sondeos: seis (6) con profundidad de 10.0 m, uno (1) con profundidad de 30.0 m y uno (1) con profundidad de 50.0 m. Los correspondientes registros se presentan en el

Secretaría
GOBIERNO
ALCALDIA MAYOR DE BOGOTA D.C.
DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTÉCNIA

Anexo 1, el cual desafortunadamente no incluye un plano de localización de los sondeos. Con estas perforaciones se identificó que los suelos en la zona están conformados por:

a) *0.0-0.50/2.0 m. Capa vegetal y/o relleno heterogéneo*
b) *O.5/2.0-18.0/21.5 m. Limo arcilloso y/o arcilla limosa habana a gris clara verdosa, de consistencia blanda a muy blanda.*
c) *18.0/21.5-28.0/30.0 m. Arcilla limosa café oscura a gris clara, bastante orgánica, con mantos intercalados de turba hasta de 2.0 m de espesor, de consistencia blanda.*
d) *28.0/30.0-50.0 m. Arcilla limosa café clara a gris, con trazas de turba, de consistencia medio firma a muy blanda.*

De los sondeos realizados se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas en tubo shelby, de las cuales se ensayaron diez (10) muestras para clasificación y humedad, diez (10) inalteradas se ensayaron para compresión inconfinada y una (1) fué ensayada en compresión unidimensional. Los resultados de estos ensayos se resumen en las figuras de la página 5 del informe y los correspondientes registros se presentan en el Anexo 2 - Ensayos de Laboratorio. La sociedad estima que si bien el número de ensayos podría haber sido superior, se puede considerar que el número de ensayos ejecutados es suficiente para la caracterización geotécnica del subsuelo del sitio.

Para completar el perfil hasta los 200 m, el consultor menciona que se decidió utilizar la perforación realizada en la calle 126 con 29 y otras perforaciones realizadas por la firma Espinosa & Restrepo - Ingeniería de Suelos, en las cercanías del predio. Sin embargo, ni en el informe ni en los anexos se presenta documentación alguna sobre estos perfiles. Se solicita al consultor referenciar y documentar la información del subsuelo utilizada para completar el perfil entre los 50 m y la profundidad de la base rocosa (200 m según el consultor).

CUMPLIMIENTO CONDICIONADO.

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 (1) ensayo de down-hole hasta una profundidad de 46 m., con el fin de definir el perfil de las velocidades de ondas sísmicas de cortante y de compresión. En el aparte 4.1 del Informe y en el Anexo 4 se presentan los resultados correspondientes al ensayo de down-hole realizado por la firma PSI.

El estudio interpreta los resultados del ensayo de down-hole con un perfil de dos (2)

capas, con velocidades de ondas de corte, Vs de 128 y 134 m/s, respectivamente. Sin embargo, aparentemente el consultor no correlaciona este perfil con el obtenido de las perforaciones, en el cual el estudio contempla al menos cinco (5) capas, como se indicó en el numeral anterior. Por otra parte, cómo se podrían explicar valores constantes de Vs en profundidad, en un depósito que dada la poca diferencia entre la humedad natural y el límite líquido, se puede inferir que a mayor profundidad tiende a ser normalmente consolidado ?.

La sociedad solicita revisar la interpretación de los resultados del ensayo de down-hole.

CUMPLIMIENTO PARCIAL.

4.4 Realizar ensayos dinámicos para determinar módulos de corte, G, y 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.).

En el aparte 4.2 del informe, el consultor comenta que se enviaron dos (2) muestras para ensayos de módulo de cortante en el laboratorio, triaxial cíclico y columna resonante, las cuales aparecen referenciadas con profundidades de 6.50 y 38.50 m, respectivamente. Los resultados de estos ensayos aparecen efectivamente en el Anexo 3 – Ensayos Dinámicos. Sin embargo, en dicho anexo también aparecen resultados de ensayos dinámicos para una muestra identificada como "muestra 10 Prof. 18.50-19.0". Se solicita al consultor resolver esta inconsistencia. Por otra parte, en la figura de la página 14 del informe solo aparecen los resultados de la muestra obtenida a 6.50m en el sondeo hasta 50m.

Como en el caso de otros estudios anteriores, el consultor insiste en utilizar el término "coeficiente de atenuación" para referirse a la "relación de amortiguamiento" del suelo, expresada en porcentaje (%). El consultor ha hecho caso omiso de esta reiterada observación de la Sociedad.

Adicionalmente, en las figuras de la páginas 18 y 19 el estudio hace referencia a los parámetros dinámicos de la muestra estrato 5, 6, etc. hasta muestra estrato 13, pero en ninguna parte se explica a que corresponden dichos números de estratos o de donde salieron esos resultados.

El estudio no presenta el perfil completo definido para los ensayos dinámicos, indicando por lo menos el número de estratos, las características geotécnicas de cada uno y las

curvas dinámicas adoptadas para cada estrato con la correspondiente justificación. En la página 15, aparte 4.3.1 el estudio indica que "a partir de los resultados obtenidos se preparó un perfil estratigráfico incorporando al mismo los resultados del ensayo de microzonificación seleccionado y correspondiente al sondeo efectuado sobre la calle 126 con 29. El perfil montado para el análisis con sus principales propiedades dinámicas e índice se ilustra a continuación:", el cual debería aparecer en la página 16 que está en blanco.

INCUMPLIMIENTO.

4.5 Utilizar todos los acelerógramas del proyecto de microzonificación sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.

En el estudio se menciona que se utilizan (3) acelerogramas: Lejano.acc, Regional.acc, Y Cercano1.acc escalados a 0.038g, 0.20g y 0.25g, respectivamente. Sin embargo, en el Informe no se describe cual componente del movimiento se seleccionó para la modelación de la respuesta (Vertical, Transversal o Longitudinal), ni tampoco se indican los nombres de los sismos específicos utilizados, lo cual es de vital importancia para poder validar las modelaciones presentadas.

CUMPLIMIENTO PARCIAL.

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. Para pendientes superiores a 10 grados se deben emplear modelos bidimensionales.

El estudio menciona la utilización del programa de elementos finitos, QUAKE, para los análisis de respuesta dinámica. Al respecto la SCG tiene los siguientes comentarios:
(1) Se debe aclarar si el modelo fue uni o bidimensional; (2) definir la sección de análisis e identificar los tipos de materiales de la sección; (3) explicar claramente los criterios de escogencia del tamaño de los elementos finitos; (4) suministrar los datos de los espectros obtenidos en superficie para los tres (3) acelerogramas.

EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO PRESENTADO NO CUMPLE CON TODOS LOS REQUISITOS DEL ANÁLISIS DINÁMICO.

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.

La validez del espectro de respuesta para diseño propuesto por el consultor en la figura de la página 22 del informe, está condicionada a aclarar las inconsistencias y dudas planteadas en especial en relación con las propiedades dinámicas y el modelamiento.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA DICIEMBRE 16 DE 2005

5.1 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.1

En el numeral 1.0 PROYECTO del Informe, se presenta un plano de localización general en donde se aclara que las edificaciones proyectadas se encuentran del costado occidental de la carrera 9, definiendo la localización del lote del proyecto, de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, en la Zona 3 – Lacustre A, lo cual ES CORRECTO. De acuerdo con la figura de localización del proyecto obtenida del SIRE en la DPAE, el proyecto se localiza en la Zona 3- Lacustre, aunque relativamente cerca del límite con la Zona 2- Piedemonte. El hecho de encontrar un perfil geotécnico con suelos blandos hasta 50m, evidencia que el lote se encuentra realmente sobre la Zona 3 Lacustre A.

Así mismo, el consultor estima que la base rocosa en el sitio del proyecto se encuentra a una profundidad de 200m, basándose en los registros de la perforación realizada en la carrera 29 con calle 127, como base del proyecto de MZSB, en donde la roca se encuentra a 190m de profundidad, aproximadamente. Sin embargo, el consultor no realizó un análisis de sensibilidad para tener en cuenta la variación de la profundidad del basamento rocoso entre 175m y 200m en la respuesta sísmica local.

No obstante que el consultor no atendió la recomendación de realizar el análisis de sensibilidad solicitado en la primera revisión, la SCG considera que el estudio CUMPLE con la corrección al numeral 4.1.

5.2 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.2

Dentro del ANEXO 5 del informe, el consultor presentó documentación y referencia de la información del subsuelo, registros de perforación y ensayos de laboratorio utilizados para completar el perfil entre los 50 m y la profundidad de la base rocosa a 200m.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.3 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.3

Se hizo un (1) ensayo de down-hole hasta una profundidad de 46 m., con el fin de definir el perfil de laS velocidades de ondas sísmicas de cortante y de compresión. En el aparte 4.0 del Informe y en el Anexo 3 se presentan los resultados correspondientes al ensayo de down-hole realizado por la firma PSI.

Dentro del estudio no se realizó la reinterpretación de los resultados del ensayo down-hole que define solo dos (2) estratos de velocidades diferentes dentro del modelo geotécnico. Sin embargo, el consultor realizó una comparación de los módulos de corte máximos obtenidos de la velocidad de onda de corte del ensayo down hole, con los obtenidos de correlaciones con la relación de vacíos y el estado de esfuerzos efectivos, todo esto con el fin de afinar la asignación de parámetros dinámicos y definir el modelo geotécnico de análisis.

La SCG considera que, si bien el consultor no atendió en su totalidad la observación 4.3, se realizaron esfuerzos por obtener un modelo geotécnico y propiedades dinámicas de los materiales más ajustados a las condiciones dadas en campo, con diferentes valores de módulo cortante inicial.

CUMPLIMIENTO.

5.4 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.4

El consultor realizó ensayos dinámicos sobre tres (3) muestras inalteradas, con el fin de determinar la velocidad de onda en el laboratorio, triaxial cíclico y columna resonante , las cuales aparecen referenciadas con profundidades de 6.50, 18.50 y 38.50m, respectivamente. Los resultados de estos ensayos aparecen efectivamente en el Anexo 4 de Ensayos Dinámicos del informe.

Como en el caso de otros estudios anteriores, el consultor insiste en utilizar el término "coeficiente de atenuación" para referirse a la "relación de amortiguamiento" del suelo, expresada en porcentaje (%). El consultor ha hecho caso omiso de esta reiterada observación de la Sociedad.

El estudio presenta el perfil del subsuelo y el modelo geotécnico definido para los análisis dinámicos, indicando el número de estratos, espesores, profundidades, características geotécnicas de cada uno y las curvas dinámicas adoptadas para el modelo, con la correspondiente justificación.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.5 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.5

En el estudio se menciona nuevamente que se utilizaron tres (3) acelerogramas: Lejano.acc, Regional.acc, y Cercano1.acc, escalados a 0.038g, 0.20g y 0.25g, respectivamente. Sin embargo, el consultor hizo caso omiso a la observación de la SCG resaltada en la primera revisión, en donde se debía especificar cual componente del movimiento se seleccionó para la modelación de la respuesta (Vertical, Transversal o Longitudinal), e indicar los nombres de los sismos específicos utilizados, lo cual es de vital importancia para poder validar las modelaciones presentadas. El consultor asume la responsabilidad plena por la utilización de los sismos con las componentes apropiadas.

CUMPLIMIENTO.

5.6 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio menciona la utilización del programa de elementos finitos QUAKE, para los análisis de respuesta dinámica, el cual utiliza una aproximación mediante el modelo lineal equivalente. El consultor no aclaró si el modelo de análisis utilizado fue unidimensional o bidimensional; sin embargo, dentro del numeral 5.2 de MODELO DE QUAKE Y ANÁLISIS, se definió la sección de análisis y se identificaron los tipos de materiales de la sección; así mismo, dentro del numeral 5.1 de METODOLOGÍA Y DATOS DE ENTRADA se explicaron los criterios de escogencia del tamaño de los elementos finitos definidos en la malla. Finalmente, en el numeral 5.3 de ANÁLISIS DE RESPUESTA DINÁMICA Y ESPECTROS, se presenta la figura con los espectros obtenidos en superficie para los tres (3) acelerogramas de diseño.

CUMPLIMIENTO.

5.7 ATENCIÓN A LA OBSERVACIÓN 4.7

En la figura anexa dentro del numeral 5.3 de ANÁLISIS DE RESPUESTA DINÁMICA Y ESPECTROS, el consultor presenta el espectro propuesto por el consultor, el cual se

encuentra por encima del mínimo definido dentro del decreto 074, para periodos inferiores a 1.4 segundos, por lo tanto el espectro recomendado CUMPLE con los requerimientos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la presente revisión, se concluye que el "Análisis de Microzonificación Local para el Proyecto a Construirse en la Carrera 9 No. 151-52 de Bogota", está completo a la luz de los requerimientos mínimos consignados en el Decreto 074 de 2001 y por lo tanto se recomienda su aprobación.

Revisó y Aprobó: **ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN** Presidente y Representante Legal Sociedad Colombiana de Geotecnia	
Revisó: **ING. JUAN CARLOS PADILLA R.** Grupo de Estudios Técnicos y Conceptos DPAE	VoBo: **ING. DIANA AREVALO SANCHEZ** Jefe Estudios Técnicos y Conceptos Area de Investigación y Desarrollo DPAE