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- 4143 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:	Gonzalo Parra Gómez
LOCALIDAD:	1- Usaquén
BARRIO:	Santa Bárbara Oriental
PROYECTO:	**Montemadero- Calle 124 con Kra 7**
UPZ:	14 Usaquén
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa y Restrepo- Ingeniería de Suelos.
FECHA DE EMISION:	Mayo 16 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.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

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 revisión realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del "Estudio de Suelos y Análisis de Microzonifiación Local para el Proyecto a Construírse en la Carrera 7 con Calle 124 de Bogota"- Informe EYR-S 6185 de Febrero 23 de 2005, realizado por Espinosa y Restrepo- Ingeniería de Suelos, en cumplimiento con lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO

El estudio, entregado para revisión por esta Sociedad, indica que el proyecto esta localizado en la Carrera 7 con Calle 124, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1). El estudio establece que se trata de una edificación "*de 12 pisos y 2 sótanos contra la carrera 7a y hasta 4 sótanos en la parte posterior, en pórticos de concreto con luces entre ejes de columnas hasta de 6.0m. Las cargas previstas, alcanzan valores entre 560.0 y 486.0 toneladas*". No se presenta un plano topográfico del lote, ni secciones con la edificación, ni tampoco se indica el tipo de cimentación que se va a emplear.

En el Informe, el lote del proyecto no trae las coordenadas planas para su ubicación. Según el plano de la DPAE, las coordenadas aproximadas del centro del lote son (Figura 1):

NORTE: 111,460 m ESTE:105,450 m

El perfil estratigráfico en el sitio del proyecto, de acuerdo a la descripción del Informe, consta de: (a) Rellenos superficiales heterogéneos arenosos con gravas, limo orgánico y raices con espesores entre 3.3m y 8.7m (b) Suelos arenosos y algunas intercalaciones de arcillas, todos con gravas, de consistencia variable, que aparecen a continuación de los rellenos, llegando hasta 30m de profundidad en un sitio (c) Conglomerado de bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa, que se presenta a partir de 30m de profundidad en un punto del lote.

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

El Estudio de Respuesta Sísmica Local para el sitio del proyecto Montemadero en la Carrera 7 con Calle 124, fue realizado por la firma Espinosa y Restrepo-Ingeniería de Suelos; los Ensayos de Down-Hole fueron realizados por la firma PSI S.A.. Los ensayos dinámicos sobre muestras inalteradas de suelos fueron realizados por el CIMOC de la Universidad de los Andes.

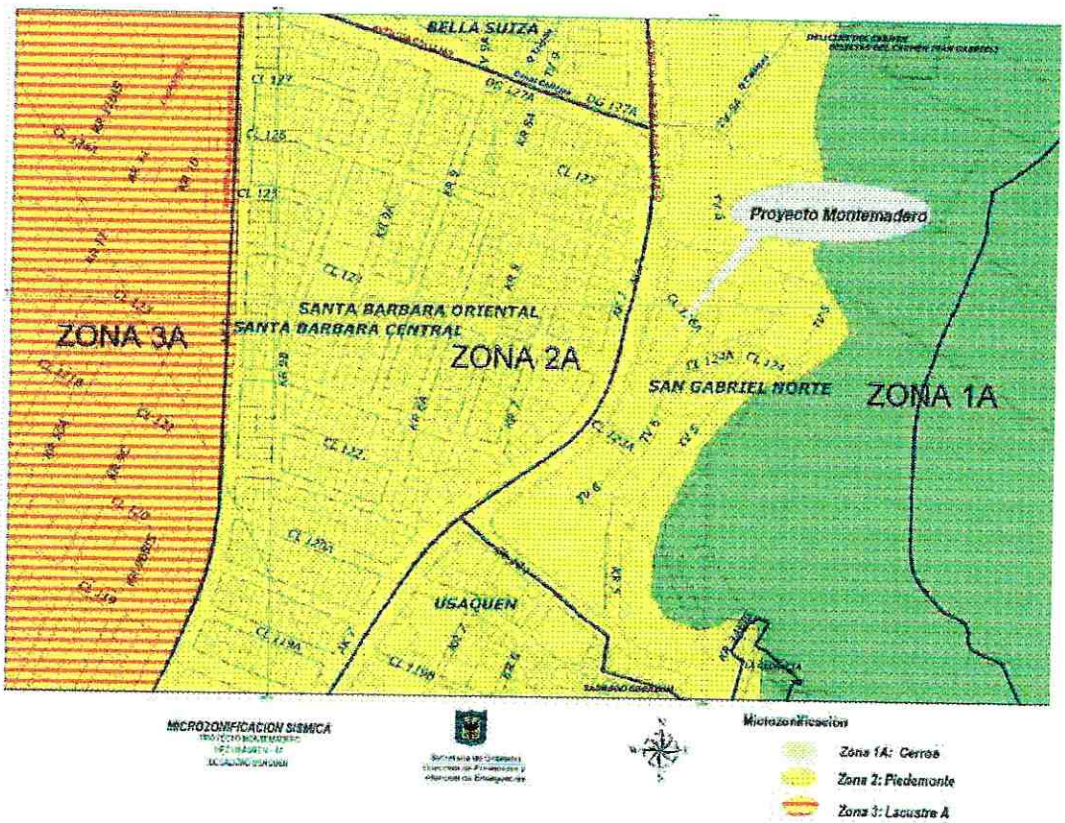


Figura 1 Localización de Proyecto Montemadero- Carrera 7- Calle 124

4. REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del Informe EYR-S 6185, correspondiente al "Estudio de Suelos y Análisis de Microzonificación Local para el Proyecto a Construírse en la Carrera 7 con Calle 124 de Bogota", se hace 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 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado, en especial aquellos contenidos en su Artículo 7o, que se listan a continuación.

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

En el Capitulo 1- Proyecto, del Informe, se define la localización del lote del proyecto de acuerdo con el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 2 - Piedemonte, lo cual es correcto.

EL ESTUDIO CUMPLE CON LA ASIGNACION DEL LOTE A LA ZONA 2 DE LA MICROZONIFICACION SISMICA DE BOGOTA.

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 seis (6) perforaciones: dos (2) con profundidad de 10.0 m, dos (2) con profundidad de 15.0 m, una (1) con profundidad de 20.0 m y una (1) con profundidad de 36.0 m. LOS SONDEOS ESTÁN UBICADOS EN PLANTA EN UNA FIGURA SIN ESCALA, SIN COORDENADAS Y SIN CURVAS DE NIVEL Y NO SE INDICA LA COTA DE LA BOCA DE CADA SONDEO. Con estas perforaciones se identificó que los suelos en la zona están conformados por: (a) Rellenos superficiales heterogéneos arenosos con gravas, limo orgánico y raices con espesores entre 3.3m y 8.7m (b) Suelos arenosos y algunas intercalaciones de arcillas, todos con gravas, de consistencia variable, que aparecen a continuación de los rellenos, llegando hasta 30m de profundidad en un sitio (c) Conglomerado de bloques de arenisca en matriz arcillo-arenosa, que se presenta a partir de 30m de profundidad en un punto del lote.

De los 6 sondeos realizados se obtuvieron muestras remoldeadas, de las cuales se ensayaron once (11) muestras para clasificación y humedad y de cinco (5) muestras inalteradas, dos (2) se ensayaron para compresión inconfinada y tres (3) para ensayos dinámicos, se hicieron 51 ensayos de SPT y se presentan los resultados. No hay sino cinco (5) datos de pesos unitarios. LA SOCIEDAD CONSIDERA QUE EL NÚMERO DE ENSAYOS EJECUTADOS NO ES SUFICIENTE PARA LA ADECUADA CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO DEL SITIO

Del mapa de espesores de sedimentos proveniente del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, es posible concluír que las unidades de suelo pueden llegar hasta los 50m de profundidad en el lote en estudio. COMO SE VERÁ EN 4.3, LAS PERFORACIONES NO ALCANZARON EL ESTRATO ROCOSO Y NO LLEGAN A MÍNIMO 50M DE PROFUNDIDAD.

Es necesario que el Consultor: (1) ubique las perforaciones en un plano a escala con curvas de nivel y coordenadas del sistema Bogotá, donde también se localice la planta de la edificación, y que indique la cota de boca de cada perforación; (2) adicione ensayos de caracterizacion de los materiales y (3).determine adecuadamente la profundidad a roca en por lo menos tres (3) puntos del lote o en (2) puntos en el perfil bajo la edificacion

EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO NO CUMPLE CON LAS EXIGENCIAS DEL DECRETO 074 DE 2001 PARA LA PROFUNDIDAD MÍNIMA DE EXPLORACIÓN Y SE ESTIMA QUE EL NUMERO DE ENSAYOS NO ES SUFICIENTE PARA CARACTERIZAR GEOTECNICAMENTE EN FORMA ADECUADA EL SUBSUELO DEL LOTE.

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.

Para el estudio se hizo un (1) ensayo de downhole hasta una profundidad de 35.8 m., con el fin de definir el perfil de la velocidad de onda de cortante Vs en profundidad. En el Informe se presenta la figura de Profundidad vs. Tiempo de Viaje, correspondiente al ensayo de downhole realizado por la firma PSI.

Para el material (c) Conglomerado, que aparece a partir de los 30m de profundidad en el Sondeo 6 y que el Consultor adopta como nivel rocoso, la velocidad Vs reportada es de 360 m/s, la cual no alcanza los 750 m/s asignados a roca en la norma NSR98 ni a los 400 m/s asignados por la misma norma a suelos duros. ENTONCES, DESDE EL PUNTO DE

VISTA SÍSMICO, NO SE ALCANZÓ PROFUNDIDAD A ROCA, NI AÚN A SUELOS DUROS.

Los ensayos de velocidad sísmica deben alcanzar como mínimo una profundidad de 50m o llegar a roca, para lograr el objetivo deseado Los ensayos realizados no cubren en su totalidad las profundidades necesarias para lograr una completa y correcta caracterización de los perfiles de los suelos, como lo exige el Decreto 074 de 2001. Además, para poder tener un perfil adecuado para análisis bidimensional, se necesitarían en la seccion de análisis, al menos dos puntos con profundidad a roca.

EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO NO CUMPLE CON LAS PROFUNDIDADES MINIMAS PARA LA ADECUADA CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS.

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 este estudio se adelantaron ensayos dinámicos (velocidad de onda, triaxial cícilico y columna resonante) para tres (3) muestras inalteradas del Sondeo 6, a profundidades de 5.75, 9.75 y 22.75 m., pero en el aparte 3.1-Metodología y Datos de Entrada, la tabla de Gmáx, la figura de un perfil bidimensional (sin escala horizontal) y las gráficas de amortiguamiento y de G/Gmáx, presentan seis (6) tipos de materiales.. El Consultor adicionalmente menciona que sólo usó los ensayos de laboratorio para los materiales arcillosos y que la caracterización de materiales arenosos o conglomeráticos se hizo por medio de correlaciones. Por otro lado, en el aparte 2.1-Descripción del Subsuelo, el Consultor presenta cinco (5) tipos de materiales, número igual a lo consignado en el aparte 2.5-Ensayos de Laboratorio.

Es necesario que el Consultor: (1) explique en detalle esta inconsistencia del número de materiales; (2) explique cual de las correlaciones que presenta fue la finalmente usada para los tres (3) materiales que no tienen ensayos dinámicos de laboratorio y (3) complemente la tabla de la página 21, que actualmente contiene sólo valores de Gmáx, con los valores, para cada tipo de material: (a) de profundidades en el perfil, (b) de pesos unitarios, (c) de velocidades de cortante y (d) de las ecuaciones de las curvas de G/Gmáx vs Deformación y de % de Amortiguamiento vs Deformación

EL ESTUDIO CUMPLE PARCIALMENTE EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE ENSAYOS DINÁMICOS. SE REQUIERE ACLARAR Y COMPLEMENTAR LA

INFORMACION DE LOS ENSAYOS Y DE LA CARACTERIZACION DINAMICA DE LOS MATERIALES PARA QUE HAYA CUMPLIMIENTO.

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, Cercano1.acc y Regional.acc, escalados a 0.03g, 0.25g y 0.20g, respectivamente.

En el Informe no se describe cual componente del movimiento se seleccionó para la modelación de la respuesta (Vertical, Transversal o Longitudinal), lo cual es de vital importancia para poder validar las modelaciones presentadas. Adicionalmente el sismo lejano debe escalarse a 0.038g y no a 0.03g.

EL ESTUDIO CUMPLE PARCIALMENTE EN CUANTO A LOS REQUERIMIENTOS DE EMPLEO DE ACELEROGRAMAS. DEBE EXPLICARSE LA COMPONENTE USADA Y REVISAR EL ESCALAMIENTO DEL SISMO LEJANO.

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.

De acuerdo al Anexo 1- Formato de Campo del Informe, la pendiente del terreno estimada en el lote en estudio es del 20% que corresponde a 11.31°, superior a 10° y por lo tanto se requiere análisis bidimensional.

El Consultor presenta la figura de la página 21 que tiene un modelo bidimensional (sin escala horizontal, ni referencia sobre su localización en la planta del lote, ni explicación sobre los criterios para determinar el tamaño de los elementos, pues este tamaño limita el intervalo de frecuencias válido para las modelaciones), pero en el aparte 3.1- Análisis de Respuesta Dinámica y Espectros, el Consultor dice, con subrayado del Revisor, "...se procedió a efectuar el modelo unidimensional que sirve para establecer la respuesta sísmica del sitio. Para el análisis se utilizó el programa QUAKE basado en métodos de elementos finitos"

No hay ningún listado de entrada ni de salida del programa ni un resumen numérico de los espectros obtenidos con el programa empleado.

El Consultor, luego de clarificar la profundidad a roca solicitada en los puntos 4.2 y 4.3, debe: (1) aclarar si el modelo fue uni o bidimensional, (2) ubicar la sección de análisis en el plano solicitado en 4.2; (3) colocar escalas adecuadas a la sección de análisis e identificar los tipos de materiales de la sección; (4) explicar claramente los criterios de escogencia del tamaño de los elementos finitos; (5) suministrar los listados de los espectros obtenidos en superficie para los tres acelerogramasn y por lo menos para dos (2) puntos del perfil bidimensional.

EN CONSECUENCIA EL ESTUDIO PRESENTADO NO CUMPLE CON LOS REQUISITOS DE 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.

El Informe presenta en la figura de la página 24, tres (3) espectros correspondientes a los tres acelerogramas empleados, un espectro promedio, un espectro propuesto y el espectro mínimo de Zona 2 En la tabla de la página 25 se dan los parámetros de una envolvente propuesta, que no son otra cosa que los parámetros del espectro mínimo de la Zona 2 de la Microzonificación de Bogotá..

Las comparaciones deben realizarse con respecto a los espectros de la zona donde se encuentre localizado en proyecto, en este caso en la Zona 2 de Piedemonte. EN LA FIGURA FALTA EL ESPECTRO DE ZONA 2, PUES SOLAMENTE ESTÁ EL MÍNIMO DE DICHA ZONA.

Las comparaciones deben realizarse con respecto a los espectros obtenidos en cada caso para cada registro por separado, si el Consultor desea calcular promedios y colocarlos como referencia en las comparaciones, bien puede hacerlo, pero el decreto 074 de 2001, claramente exige la utilización de cada una de las señales, y de la comparación de cada una de esta señales con los espectros de la microzonificación para determinar la validez de los espectros propuestos por los estudios locales.

El espectro de diseño resultante en este caso debe corresponder, bien al de la Zona 2 de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, o bien al espectro propuesto por el Estudio Local, intermedio entre el máximo y mínimo de la misma zona, o en su defecto el espectro mínimo para la zona 2, como lo indica el Decreto 074 de 2001, en caso de que el espectro suavizado propuesto tenga ordenadas menores que el espectro mínimo de la

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

Zona 2 de la Microzonificación Sísmica de Bogotá, en todos el intervalo de periodos hasta 2.5 segundos..

LA VALIDEZ DEL ESPECTRO DE RESPUESTA EN SUPERFICIE PROPUESTO POR EL CONSULTOR ESTÁ CONDICIONADA A ACLARAR LAS INCONSISTENCIAS Y DUDAS PLANTEADAS, EN ESPECIAL EN LA EXPLORACION Y EN LA MODELACIÓN. ADEMÁS EL ESPECTRO PROPUESTO DEBE CUMPLIR A CABALIDAD CON LOS REQUISITOS DEL DECRETO 074 DE 2001.

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 Montemadero en la Carrera 7 con Calle 124 de Bogotá D.C, 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, deben aclararse y corregirse TODOS los puntos mencionados en la revisión..

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.

Revisó y Aprobó:

ADOLFO ALARCÓN GUZMÁN
Presidente y Representante Legal
Sociedad Colombiana de Geotecnia

VoBo:

ING. SAMUEL E. MARTINEZ A.
Grupo de Riesgo Sísmico
DPAE