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- 4224 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:	Liliana Lozano C. A. S. A.
LOCALIDAD:	Suba
BARRIO:	San José del Prado
PROYECTO:	**CAMINO DE LA COLINA**
UPZ:	24 Niza
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa & Restrepo
FECHA DE EMISION:	Septiembre 28 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 BOGOTA D.C.
DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

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 celebrado un convenio que tiene por objeto realizar 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 **tercera revisión** realizada por la Sociedad Colombiana de Geotecnia del Estudio de Suelos y Análisis de Cimentaciones, el cual incluye el Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas, para el Edificio del Proyecto Camino de la Colina, localizado en la carrera 46a con calle 134, barrio San José del Prado de esta ciudad, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 074 de 2001.

3. GENERALIDADES DEL PROYECTO CAMINO DE LA COLINA

El estudio entregado a esta entidad indica que en el lote localizado en la carrera 46a con calle 134, barrio San José del Prado de la localidad de Suba, en la ciudad de Bogotá, D.C. (Figura 1), se contempla la construcción de una torre de apartamentos que se desarrollan a nivel en trece (13) pisos de altura, sótano y semisótano. Las cargas de los edificios de apartamentos se trasladan a nivel de fundación mediante columnas separadas por luces no mayores a 6.0 m. y cargas a nivel de cimentación, estimadas por áreas aferentes hasta de 522 toneladas para cargas puntuales.

El estudio de suelos y análisis de cimentaciones para los edificios del Proyecto Camino de la Colina fue realizado por la firma Espinosa y Restrepo Ingeniería de Suelos, mientras que en la sección 4 se presenta el Estudio de Amenaza Sísmica Local, que incluye el estudio particular de respuesta local de amplificación de ondas sísmicas y en el Anexo 2 los correspondientes ensayos de laboratorio, el cual fue elaborado por la misma firma.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

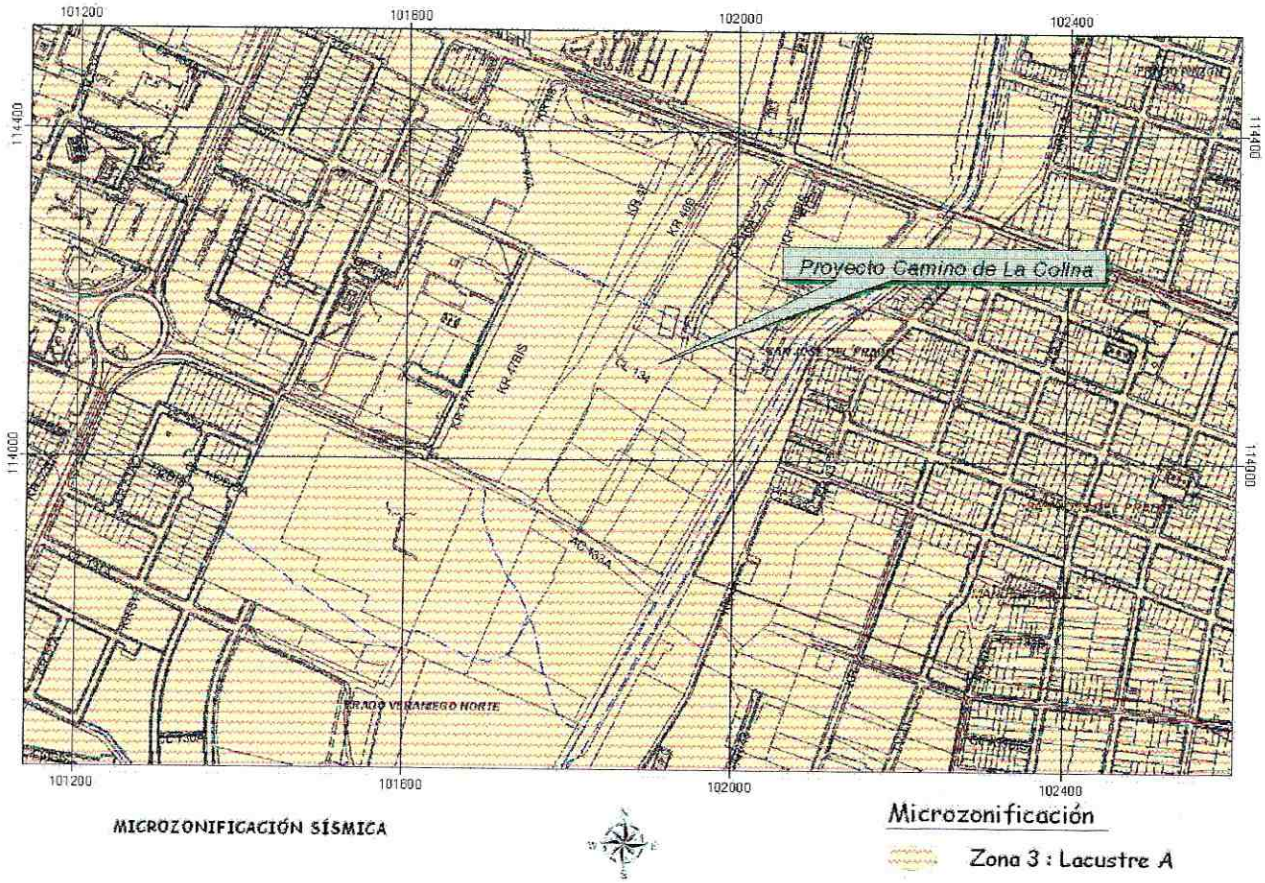


Figura 1 Ubicación del Proyecto Camino de la Colina

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe EYRS-6299 ¨ Estudio de Suelos para "Análisis de efectos locales para el edificio de la colina a construirse en la calle 134 con 46ª de 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 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.

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

CONVENIO FOPAE – SOCIEDAD COLOMBIANA DE GEOTECNIA

El concepto técnico No. CT- 4146 de mayo 18 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 la sección 4 del informe se define la localización del proyecto de acuerdo con en el mapa de Microzonificación Sísmica de Bogotá, ubicándolo en la Zona 3 Lacustre A. Esta ubicación esta de acuerdo con el Decreto 074 de 2001.

En la sección 11 de Análisis de Efectos Locales, se indica que el espesor del suelo es de 100 metros; Sin embargo, no se presenta el análisis o método de interpolación para definir esta profundidad y además de acuerdo con Estudio de Microzonificación de Bogotá, el espesor del depósito puede estar alrededor de los 200 m. Se realizó una nueva consulta al DPAE, sobre el espesor del depósito, informando a la Sociedad que está alrededor de los 200 metros.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

***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.**

En el estudio se menciona la realización de seis perforaciones una a 50 metros de profundidad y las cinco restantes a 8 metros de profundidad. En el estudio no se presenta el perfil de análisis dinámico completo y detallado hasta la roca, se asume que la profundidad total del depósito es de 105 m, cuando en realidad el espesor del depósito en esta zona fluctúa entre 175 y 200 metros, por tanto se solicita anexar el perfil comprendido entre 50 y 200 metros. De igual manera los autores toman como perforación de referencia la realizada en la Universidad Agraria, la cual a juicio de la Sociedad se encuentra muy lejana y las condiciones del subsuelo pueden ser bastante diferentes. Para ello, se recomienda al Ingeniero de Suelos, consultar perforaciones más cercanas, tal como la realizada en el puente de la calle 170..
Finalmente, recomendamos al consultor incrementar el número de ensayos básicos, ya que para los 50 primeros metros solamente se realizan 6 ensayos de clasificación (LL,LP,Wn) , detectándose capas con muy pocos o ningún ensayo.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

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 del que se define un perfil con dos (2) estratos, que no correlacionan completamente con la estratigrafía obtenida en las perforaciones, que corresponderían básicamente a siete (7) estratos. Se solicita aclarar esta inconsistencia. Esto es preocupante, ya que se ha notado reiterativamente la poca concordancia entre los resultados de Vs y la estratigrafía existente.
Adicionalmente, se solicita al consultor aclarar el criterio para simplificar de 7 capas, que se presentan en la descripción estratigráfica a solamente dos, más aún cuando los pocos ensayos de laboratorio realizadas, muestran la presencia de varios estratos. Esta simplificación no se acepta por parte de la Sociedad, más aún, cuando las respuesta local, estará controlada por los últimos 50 metros.

No se indican que propiedades se utilizaron para los suelos de 50 a 200 m de profundidad. Tampoco se menciona como se extrapolaron los valores de Vs en profundidad.

Estas observaciones hacen que el modelo de subsuelo asumido no corresponda al real, desde los puntos de vista de propagación de ondas, respuesta sísmica y espectros de respuesta

El estudio no cumple con este requerimiento

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.).

Se realizaron ensayos dinámicos (triaxial cíclico) sobre muestras de suelos de grano fino obtenidas a dos (2) diferentes profundidades.

Sin embargo, si se aceptará la hipótesis de solamente dos estratos en los primeros 50 metros, esto implicaría, que se realizaron dos ensayos triaxiales para el primer estrato, el cual va hasta los 24 metros de profundidad (triaxiales a profundidades de 6.5 y 18.5 metros). Lo anterior implica que al segundo estrato no se le realizó ningún tipo de ensayo.
En general para este tipo de análisis se deben realizar al menos tres ensayos triaxiales en los primeros metros 50 metros.

Para la Sociedad, los consultores deberán investigar más sobre los valores de Vs adoptados para profundidades superiores a los 50 metros y no limitarse al uso de correlaciones de otros países, que es desde luego una solución muy aproximada. Además las correlaciones están basadas en el ensayo de penetración estandar, cuya validez para el caso de arcillas es muy cuestionada. Por tanto no se aceptan estas correlaciones.

Finalmente, los autores presentan una serie de curvas de degradación del módulo de corte, cuyo origen se desconocen, aunque bien podrían ser correlaciones empíricas (cuales?), o bien de otros estudios. Por tal motivo se solicita explicar y dar el respectivo soporte para la obtención de estas curvas.

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

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

El estudio cumple con este requerimiento pues se utilizaron los tres (3) registros de aceleración definidos por el Decreto 074 de 2001.

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 utiliza el programa de elementos finitos QUAKE, para los análisis dinámicos bidimensionales, por lo tanto se solicita aclarar los siguientes puntos:
- Que condiciones de contorno utilizan en la frontera?
- Se requiere construir una nueva malla, teniendo en cuenta que el espesor es de 200 metros y las condiciones de contorno muy bien definidas.
- Ancho de la zona analizada
- El tamaño del elemento es muy grande para el problema que se está abordando.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

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 revisión del espectro de respuesta propuesto por los asesores, esta supeditada a la aclaración de las dudas planteadas en las secciones anteriores. De igual manera, se le

recomienda al consultor anexar el espectro propuesto a manera de tabla con el fin de verificarlo.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO DE FECHA JULIO 21 DE 2005

5.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.1

En la revisión anterior se le mencionó al consultor la necesidad de revisar la profundidad a la cual se encuentra la roca. Adicionalmente se le solicitó explicar el análisis o método de interpolación para definir esta profundidad y además de acuerdo con Estudio de Microzonificación de Bogotá, el espesor del depósito puede estar alrededor de los 200 m. Se realizó una nueva consulta al DPAE, sobre el espesor del depósito, informando a la Sociedad que está alrededor de los 200 metros.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

5.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.2

En la primera revisión se le solicitó al consultor tomar como perforación de referencia algunas adicionales a la realizada en la Universidad Agraria, ya que a juicio de la Sociedad se encuentra muy lejana y las condiciones del subsuelo pueden ser bastante diferentes. Para ello, se recomienda al Ingeniero de Suelos, consultar perforaciones más cercanas, tal como:
- Puente vehicular Calle 134 con Autopista Norte.
- Almacén Exito de la Colina (calle 140 con Av. Boyacá) y
- Almacén Exito del Country (calle 134 con Cra. 9) o de otros proyectos ubicados cerca del sitio de interés, para así poder complementar la información del perfil del subsuelo.

Finalmente se recomendó al consultor incrementar el número de ensayos básicos, ya que para los 50 primeros metros solamente se realizan 6 ensayos de clasificación (LL,LP,Wn) , detectándose capas con muy pocos o ningún ensayo. Desafortunadamente, el consultor ha hecho caso omiso a las observaciones de la Sociedad.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

5.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.3

En la primera revisión se solicita al consultor aclarar el criterio para simplificar de 7 capas, que se presentan en la descripción estratigráfica a solamente dos, más aún cuando los pocos ensayos de laboratorio realizadas, muestran la presencia de varios estratos. Esta simplificación no es aceptable para la Sociedad, más aún, cuando las respuesta local, estará controlada por los últimos 50 metros. Tampoco se menciona como se extrapolaron los valores de Vs en profundidad. Desafortunadamente estas solicitudes no han sido tenidas en cuenta.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

5.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.4

En la primera revisión se mencionó al consultor que si se aceptaba la hipótesis de solamente dos estratos en los primeros 50 metros, esto implicaba que para el primer estrato se realizaban dos ensayos triaxiales, mientras que para el segundo no tendría ensayos dinámicos, recomendándosele al autor que se deberían realizar al menos tres ensayos triaxiales para futuros estudios; sin embargo no se aclara el criterio utilizado para la obtención de los parámetros de la segunda capa.

Para la Sociedad, los consultores deberán investigar más sobre los valores de Vs adoptados para profundidades superiores a los 50 metros y no limitarse al uso de correlaciones de otros países, que es desde luego una solución muy aproximada. Además las correlaciones están basadas en el ensayo de penetración estándar, cuya validez para el caso de arcillas es muy cuestionada. Por tanto, estas correlaciones no son válidas.

La Sociedad se reafirma en que no se pueden aplicar las correlaciones de Ohta y Goto (1976) e Imai (1982), ya que son válidas únicamente para arenas, como se desprende de la tabla 6.6 del libro de Kramer.

Finalmente, en la primera revisión se les solicitó a los autores dar el respectivo soporte de las curvas de degradación del módulo de corte y del amortiguamiento, cuyo origen se desconoce, aunque bien podrían ser correlaciones empíricas (cuales?), o bien de otros estudios. Por tal motivo se solicita explicar y dar el respectivo soporte para la obtención de estas curvas.

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

5.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la primera revisión

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

5.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.6

El estudio utiliza el programa de elementos finitos QUAKE, para los análisis dinámicos bidimensionales, en la primera revisión se solicitó aclarar lo siguiente:
- Que condiciones de contorno utilizan en la frontera ?
- Se requiere construir una nueva malla, teniendo en cuenta que el espesor es de 200 metros y las condiciones de contorno muy bien definidas.
- Ancho de la zona analizada (solamente se presenta el espesor)
- El tamaño del elemento es muy grande para el problema que se está abordando.

Desafortunadamente los consultores no han realizado ninguna de las anteriores aclaraciones.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

5.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 4.7

La revisión del espectro de respuesta propuesto por los asesores, esta supeditada a la aclaración de las dudas planteadas en las secciones anteriores.

6. TERCERA REVISIÓN DEL ESTUDIO ACTUALIZADO DE FECHA SEPTIEMBRE DE 2005

6.1 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.1

El estudio cumple con este requerimiento

6.2 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.2

El estudio toma como referencia la perforación de Ingeominas, la cual a juicio de la Sociedad se encuentra aún más lejana que la anterior. Se le recomienda de nuevo al consultor hacer uso de la siguiente información, la cual es más cercana a la zona de estudio:

- Puente vehicular Calle 134 con Autopista Norte.
-Almacén Exito de la Colina (calle 140 con Av. Boyacá) y
- Almacén Exito del Country (calle 134 con Cra. 9) o de otros proyectos ubicados cerca del sitio de interés, para así poder complementar la información del perfil del subsuelo.

La anterior información se puede consultar en la Biblioteca de la DPAE.

Cumplimiento parcial de este requerimiento

6.3 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.3

El autor menciona que se consultó la información de Vs correspondiente al ensayo Down – Hole realizado en la intersección de la avenida 30 con calle 63. Sin embargo los valores no se encuentran en el informe, además de encontrarse muy lejano el ensayo al sitio de interés. Para este caso es recomendable construir un perfil donde se presente el intervalo de valores obtenidos en las dos perforaciones.
De igual manera los autores mencionan que la relación de vacíos necesaria para el cálculo del módulo de corte máximo la evalúan asumiendo suelo saturado, mediante la siguiente expresión:

$$e=Gs*w$$

Sin embargo en la tabla No3 se presentan los valores de Gs constantes de 2.6, lo cual no es posible, ya que el tipo de material no es el mismo y el contenido de humedad también es variable. Se recomienda utilizar información de estudios cercanos (sección 6.2).

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

6.4 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.4

Es necesario revisar las curvas de G/Gmáx y amortiguamiento (D), ya que al no aceptarse la perforación de Ingeominas, es necesario utilizar las curvas de la nueva perforación (para el perfil comprendido entre 50 y 200 metros).

Cumplimiento parcial de este requerimiento.

6.5 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.5

El estudio cumple con este requerimiento desde la primera revisión

6.6 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 5.6

Para futuros estudios se recomienda incrementar el tamaño de la malla con el fin de evitar el rebote de ondas. Se sugiere que la relación entre profundidad y ancho sea de

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

Sociedad Colombiana de Geotecnia

al menos 6. (Esto es debido a que los autores restringen en la dirección vertical). La aceptación de la malla depende en gran medida del perfil de análisis utilizado.

CUMPLIMIENTO PARCIAL DE ESTE REQUERIMIENTO

6.7 ATENCION DADA A LA OBSERVACIÓN 6.7

La revisión del espectro de respuesta propuesto por los asesores, esta supeditada a la aclaración de las dudas planteadas en las secciones anteriores.

7. 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 el 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.

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: **ING. DIANA AREVALO SANCHEZ** Coordinadora Técnica DPAE