1 INFORMACIÓN DE REFERENCIA

1.1	CONCEPTO TÉCNICO No. CT:	6082
1.2	SUBDIRECCIÓN:	TÉCNICA Y DE GESTIÓN
1.3	COORDINACIÓN:	INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
1.4	REFERENCIA CRUZADA RADICADO FOPAE:	2010ER18145, 2011ER1526
1.5	RESPUESTA OFICIAL No. RO:	46160

2 INFORMACIÓN GENERAL

2.1	SOLICITANTE:	ARQ. ADRIANA LOPEZ MONCAYO CURADURÍA URBANA No.3
2.2	PROYECTO:	ACANTO
2.3	LOCALIDAD:	11 SUBA
2.4	UPZ:	18 BRITALIA
2.5	BARRIO O SECTOR CATASTRAL:	GRANADA NORTE
2.6	DIRECCIÓN:	CARRERA 54A No. 169-60
2.7	CHIP:	AAA01117OHMS
2.8	AREA APROX. DEL LOTE	3500 m²
2.9	FECHA DE EMISIÓN:	21 DE FEBRERO DE 2011
2.10	EJECUTOR DEL ESTUDIO:	ESPINOSA Y RESTREPO S.A.

3 INTRODUCCIÓN

En el Decreto 193 del 08 de junio de 2006, por el cual se complementa y modifica el Código de Construcción de Bogotá, D.C., se adoptan los espectros de diseño y las determinantes del estudio de Microzonificación Sísmica, se establece que las construcciones y edificaciones nuevas de cualquier índole que se levanten en Bogotá Distrito Capital, deberán diseñarse y construirse dependiendo de la zona en la cual se encuentren según la zonificación sísmica adoptada a través de los artículos anteriores, acogiendo al efecto el espectro 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 193 de 2006, 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.

Dado que mediante Decreto Distrital 413 de 2010, se suprimió, de la estructura organizacional de la Secretaría Distrital de Gobierno la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, se dispuso que todas las funciones establecidas en las leyes, decretos y demás normas vigentes son asignadas para su ejercicio al Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá D.C.

Por medio del Decreto 523 de 16 de Diciembre de 2010 "Por el cual se adopta la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C." se derogan las disposiciones del Decreto 193 de 2006; sin embargo, se realiza el presente concepto técnico por solicitud de la curaduría urbana siguiendo los lineamientos dados por el Decreto 193 de 2006 ya que se entiende que el proyecto fue radicado en debida forma antes del 15 de Diciembre de 2010.

El presente concepto técnico corresponde a la **segunda revisión** realizada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, del informe "Acanto a construirse en la Carrera 54 No. 169 – 12 en la ciudad de Bogotá" elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, a construirse en el predio ubicado en la Carrera 54A No. 169 - 60 de Bogotá. Este estudio fue radicado el 20 de Diciembre de 2010 mediante oficio 2010ER18145, por la Arq. Adriana López de la Curaduría Urbana No. 3 en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006. Posteriormente el Ing. Carlos Restrepo radicó el oficio 2011ER1526 el 7 de febrero de 2011 como respuesta a las observaciones dadas en la primera revisión.

4 GENERALIDADES DEL PROYECTO "ACANTO"

De acuerdo con lo consignado en el informe, el proyecto contempla la construcción de tres torres de 10 pisos, un club house de 3 pisos, una zona de plataforma y 1 semisótano. Las torres se construirán en muros de carga con luces entre ejes de muros entre 3 y 5 m. Las cargas previstas estimadas por areas aferentes con del orden de 20 ton/ml.

En la Figura 1 del presente concepto se ilustra la localización del predio del proyecto, que corresponde a las siguientes coordenadas planas aproximadamente:

117230 N 102680 E

El informe "Acanto a construirse en la Carrera 54 No. 169 – 12 en la ciudad de Bogotá" elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Espinosa y Restrepo

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

S.A., de un ensayo de Down Hole por la firma Ulloa y Diez Ltda. y ensayos de laboratorio realizados en la Pontificia Universidad Javeriana.

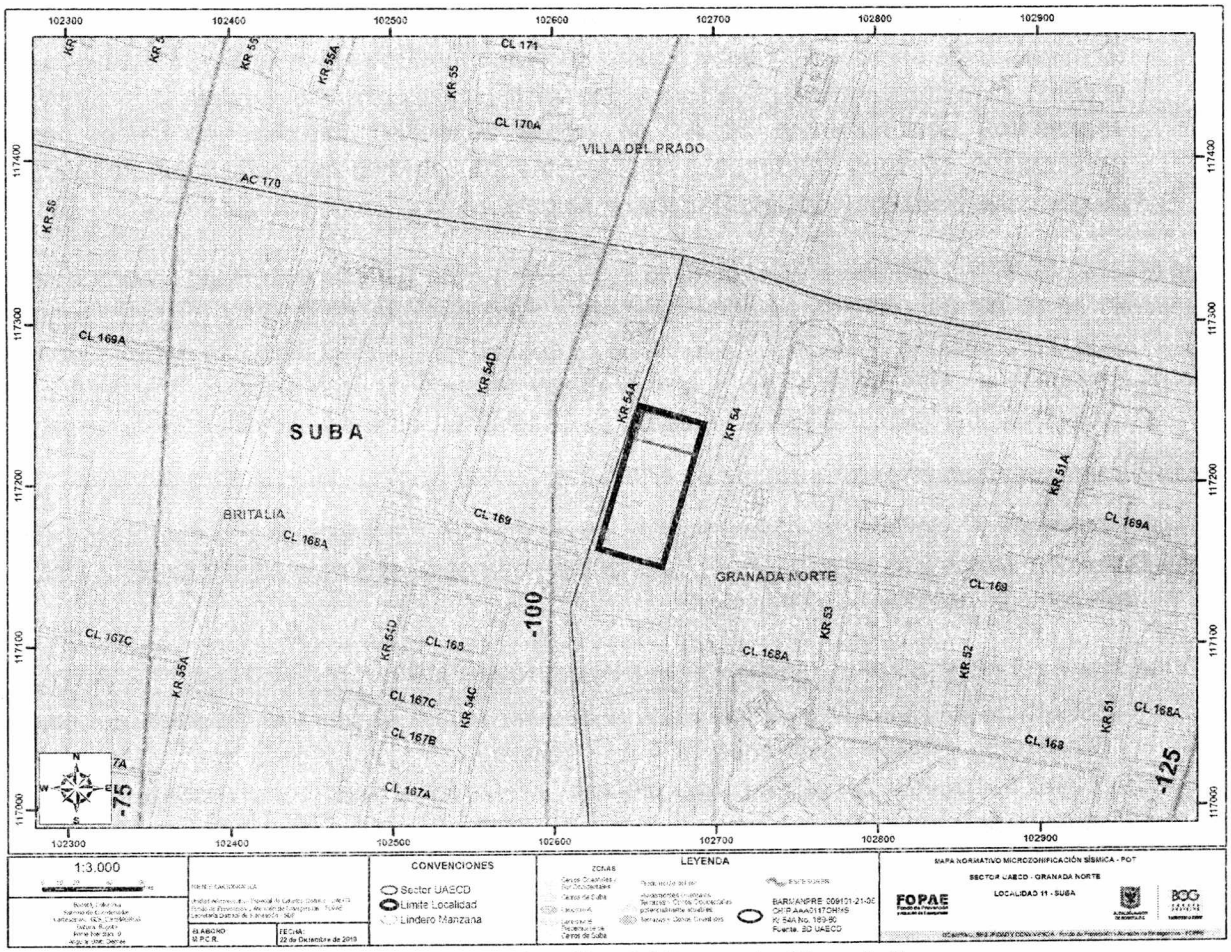


Figura 1. Localización del Proyecto "Acanto"

5 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO- RAD FOPAE: 2010ER18145

El concepto técnico CT-6021 del 29 de diciembre de 2010 emitido por el FOPAE relacionado con la primera revisión del estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación.

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

De acuerdo al numeral 1.0 del informe, el proyecto se encuentra localizado en la Zona 3A – Lacustre A de la microzonificación sísmica de la ciudad, lo cual es consistente con la localización presentada en la Figura 1 del presente concepto.

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.2 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.

De acuerdo al estudio de suelos realizado en la zona del proyecto, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma Espinosa y Restrepo S.A. realizó seis (6) perforaciones que alcanzaron profundidades entre 10 y 50 m; donde se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas que se emplearon para la clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con ensayos de penetración estándar, mediciones de penetrómetro manual.

Según el numeral 2.1 del informe, la investigación de campo y los resultados de los ensayos de laboratorio realizados permitieron una caracterización de la estratigrafía en el sitio de proyecto hasta la profundidad explorada como se describe a continuación:

- ✓ De 0 a 1.5/2.5 m: Limo orgánico de consistencia blanda a muy dura, con raíces. Los resultados del ensayo de penetración estándar están entre 0.45 y 3.25 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar están entre de 4 y 13 golpes/pie. En los sondeos No. 1 y 2 se detectó un relleno compuesto por recebo, limo orgánico y material de escombro de construcción, con un espesor de 0.5 m.
- ✓ De 1.5/2.5 a 3.5/5.5 m: Arcilla limosa habana y/o carmelita grisácea de consistencia blanda con vetas de oxido. Los resultados del ensayo de penetración estándar están entre 0.25 y 0.5 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar es de 2 golpes/pie.
- ✓ De 3.5/5.5 a 18.0/20.0 m: Limo y/o arcilla carmelita y/o gris verdoso de consistencia muy blanda a blanda, con algunas pintas negras y habanas. Los resultados del ensayo de penetración estándar están entre 0.2 y 0.5 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar están entre de 2 y 3 golpes/pie.
- ✓ De 18.0/20.0 a 27.5 m: Arcilla limosa y/o limo arcilloso carmelito de consistencia blanda. Los resultados del ensayo de penetración estándar están entre 0.25 y 0.50 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar es de 2 golpes/pie.
- ✓ De 27.5 a 34.0 m: Arcilla limosa carmelita de consistencia blanda a medio firme. Los resultados del ensayo de penetración estándar están entre 0.40 y 0.75 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar es de 3 golpes/pie.
- ✓ De 34.0 a hasta la profundidad de la perforación (50 m): Arcilla arenosa y/o limosa carmelita grisácea de consistencia medio firme a firme. Los resultados del ensayo de penetración estándar están entre 0.5 y 1.0 kg/cm² y el resultado del ensayo de penetración estándar es de 4 golpes/pie.

De acuerdo a la información contenida en el informe, el nivel de agua se presenta a 1.0 y 2.8 m de profundidad. Después de los 50 m hasta los 110 m, donde el consultor indica que de acuerdo con el mapa de Espesor de Sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá se encuentra la profundidad del basamento rocoso, el perfil geotécnico se complementó teniendo en cuenta la información obtenida en la perforación profunda (130 m de profundidad) realizada en la Calle 170 con Autopista Norte ejecutado en el marco del estudio de microzonificación sísmica de Bogotá.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

Según el numeral 2.3 y la información consignada el anexo No. 4 del informe, en el lugar del estudio se realizó un ensayo de Down Hole ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda con el fin de obtener el perfil de velocidades de onda de corte del perfil de suelos. El ensayo se realizó en la perforación No. 6 de 50 m de profundidad. A continuación, se resumen los valores determinados a partir de los resultados de la prueba.

Profundidad	Vs (m/s)
0.0 – 30.0	130.8
30.0 – 50.0	153.2

Se solicita al consultor

- ✓ Anexar el resultado del ensayo Down Hole debidamente firmado por el profesional responsable del mismo.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

5.4 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.).

Según el numeral 2.5 del informe y el registro de la perforación No. 6, se obtuvieron muestras inalteradas con tubo Shelby a diferentes profundidades; sin embargo tan solo las muestras obtenidas a las profundidades de 15.5 y 39.5 m fueron seleccionadas para la ejecución de ensayos dinámicos. Se realizaron pruebas de Bender element y ensayos Triaxiales cíclicos de esfuerzo controlado. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan de manera anexa en el informe.

A partir de los resultados obtenidos se establecieron las curvas dinámicas de los materiales empleados en el perfil del modelo empleado, las cuales se presentan en el numeral 3.1 del informe. Las curvas de los

estratos 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11 y 12 presentan comportamientos razonables de acuerdo con comportamiento dinámico de estos materiales ya que fueron obtenidas a partir de modelos de comportamiento dinámico dados en la bibliografía técnica internacional; sin embargo, en el caso de las curvas dinámicas propuestas para los estratos 3 y 6 obtenidas con base en los datos de laboratorio, la degradación del modulo es mucho mayor que lo que corresponde a este tipo de materiales debido a que la interpretación de los resultados es incorrecta porque las curvas dinámicas de estos materiales son graficadas con la deformación axial obtenida en los resultados de laboratorio de los ensayos triaxiales cíclicos, por lo que antes de graficar es necesario calcular la deformación cortante correspondiente y realizar las gráficas de comportamiento dinámico con la deformación cortante.

Se solicita al consultor

- ✓ Calcular correctamente las curvas dinámicas de los materiales de los estratos 3 y 4, con el fin de que presenten un comportamiento razonable dentro de los rangos normales reportados en la literatura científica nacional e internacional para este tipo de materiales.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

Según el numeral 2.4 del informe, se utilizaron un total de 9 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE, empleados en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7 del Decreto 193 de 2006.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.6 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.

De acuerdo con lo enunciado en el numeral 3.2 del informe, para la realización del análisis de respuesta dinámica se realizó un modelo bidimensional del sitio de estudio el cual fue ejecutado mediante el programa QUAKE, basado en el método de los elementos finitos que considera la propagación de ondas de corte horizontales con un método lineal equivalente para tener en cuenta las variaciones del amortiguamiento y el módulo de corte con la deformación en los suelos del perfil. El modelo bidimensional propuesto por el consultor se presenta en la Figura 8 del informe y en la tabla 3 se presentan los propiedades dinámicas e ingenieriles de los estratos adoptados para el modelo

Se solicita al consultor:

- ✓ Realizar nuevamente la modelación teniendo en cuenta lo expuesto en el numeral 5.4 del presente informe.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

5.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.

De acuerdo con los registros de exploración presentados, ninguna de las seis (6) perforaciones realizadas reportan capas de arena limpia y suelta entre los primeros 20 m de profundidad, por lo que es no necesaria la evaluación del potencial de licuación en la zona.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5.8 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.

Este numeral se revisará una vez sean aclaradas las observaciones de los puntos 5.2, 5.4 y 5.6 del presente concepto técnico.

Adicionalmente se solicita al consultor:

- ✓ Revisar el espectro propuesto, ya que la reclasificación promedio Zona 3 – Zona 4 no es consistente con los espesores y propiedades del depósito de esta zona, conforme con la descripción realizada en el artículo 2 del Decreto 193 de 2006.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento

6 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO – RAD FOPAE: 2011ER1526.

La segunda revisión realizada por el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, del informe "Acanto a construirse en la Carrera 54 No. 169 – 12 en la ciudad de Bogotá" que se remite como estudio sísmico local y del oficio que atiende las observaciones de la primera revisión 2011ER1526 del 7 de febrero de 2011, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

El propósito de la revisión es corroborar 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 193.

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

6.2 **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.**

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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

El consultor anexa junto con el oficio aclaratorio 2011ER1526 los resultados de un ensayo Down Hole realizado en el sondeo No. 6 de 50 m por la firma Ulloa y Diez Ltda. debidamente firmados por el responsable del mismo.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

6.4 **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.).**

De acuerdo con lo consignado en el oficio aclaratorio 2011ER1526, el consultor reinterpreto las curvas dinámicas obtenidas para los estratos 3 y 6 del modelo; sin embargo, el resultado obtenido no fue lo suficientemente satisfactorio por lo que asume las curvas dinámicas obtenidas mediante modelos de comportamiento dinámico que tienen en cuenta el esfuerzo de confinamiento y el índice de plasticidad.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

6.5 **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 desde la primera revisión.

BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

6.6 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.

De acuerdo con lo enunciado en el numeral 3.2 del informe adjunto con el oficio aclaratorio 2011ER1526, para la realización del análisis de respuesta dinámica se realizó un modelo bidimensional del sitio de estudio el cual fue ejecutado mediante el programa QUAKE, basado en el método de los elementos finitos que considera la propagación de ondas de corte horizontales con un método lineal equivalente para tener en cuenta las variaciones del amortiguamiento y el módulo de corte con la deformación en los suelos del perfil. El modelo bidimensional propuesto por el consultor se presenta en la Figura 8 del informe y en la tabla 3 se presentan los propiedades dinámicas e ingenieriles de los estratos adoptados para el modelo, y de la figura 10 a 33 se encuentran las curvas dinámicas que empleo en la modelación.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

6.7 Evaluación del potencial de licuación en los suelos susceptibles a licuarse.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

6.8 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.

Con base en los resultados de las modelaciones realizadas que atienden las observaciones hechas en la primera revisión de este estudio, el consultor cambia el espectro inicialmente propuesto y recomienda emplear en el diseño del proyecto el espectro mínimo Zona 3 – Lacustre A; Sin embargo el espectro propuesto no cubre adecuadamente la respuesta obtenida para periodos comprendidos entre 0.25 y 1.0 segundo y entre los 1.9 a 2.9 segundos, de acuerdo a las figuras 50, 51, 52, 53, 54 y 55 del informe. Es importante mencionar que el espectro propuesto para el proyecto debe considerar tanto las edificaciones bajas (club house de 3 pisos), como las altas (torres de 10 pisos). Así mismo las posibles edificaciones de mayor altura.

Se solicita al consultor

- ✓ Efectuar los ajustes necesarios al espectro propuesto para que cubra adecuadamente las respuestas obtenidas para periodos entre 0.25 y 1.0 segundos y entre 1.9 y 2.9 segundos.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento.

BOG BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co

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 193 de 2006. Para poder conocer con certeza la validez de los espectros de respuesta obtenidos y del recomendado en el estudio evaluado, primero deben aclararse y complementarse los puntos antes mencionados.

Una vez realizadas las correcciones y aclaraciones solicitadas, se recomienda enviar el estudio nuevamente el Fondo de Prevención y Atención de Emergencias, con el fin de emitir concepto de cumplimiento, de acuerdo con lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

Elaboró: **GERARDO RODRÍGUEZ ROMERO** Ingeniero Civil. M.P. 25202-153294 CND	Revisó: **FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA** Responsable de Grupo
Aprobó: **LINDON LOSADA PALACIOS** Profesional Especializado Investigación y Desarrollo	

BOGOTÁ POSITIVA
GOBIERNO DE LA CIUDAD

Diagonal 47 No. 77A -09 Interior 11 - Conmutador: 4292801 Fax. 4292833 - Bogotá D.C. - Colombia
Página Web: www.fopae.gov.co y www.sire.gov.co mail: fopae@fopae.gov.co