ALCALDIA MAYOR
DE BOGOTA D.C.

Secretaría
GOBIERNO

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 4807
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Arq. Catherine Celi - Curaduría Urbana 4 Arq. Sergio Gallon Villegas – AIA AS.
PROYECTO:	**Centro Internacional Bancolombia**
LOCALIDAD:	3. Santafé
UPZ:	91. Sagrado Corazón
BARRIO:	San Martín
DIRECCIÓN:	Calle 30A No. 6-25
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Ing. Daniel T Ávila
FECHA DE EMISION:	Mayo 24 de 2007

2 ANTECEDENTES

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. Adicionalmente, 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 del mencionado decreto, adoptando el espectro de diseño y los coeficientes espectrales indicados 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.

El presente concepto técnico corresponde a la **tercera** revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe de respuesta sísmica "Estudio de suelos y microzonificación Ampliación Edificio Bancolombia Centro Internacional de Negocios Bogotá D.C", y del documento aclaratorio AM-CORR 055/07 de abril 20 de 2007, que se remiten como estudio sísmico local, en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

El propósito de la revisión es verificar que el estudio cumpla con lo exigido en el decreto, de manera que se pueda comprobar de manera razonable la validez del espectro de diseño recomendado, cuando dicho espectro es diferente al espectro de diseño definido por el Decreto 193.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

El proyecto consiste en una estructura aporticada con un área en planta de 1648m^2, de 6 pisos, 2 niveles adicionales livianos y un sótano que se transforma en 2 sótanos a la altura de la carrera 6. El edificio se destinará a estacionamientos y a uso social.

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

102250 N 101075 E

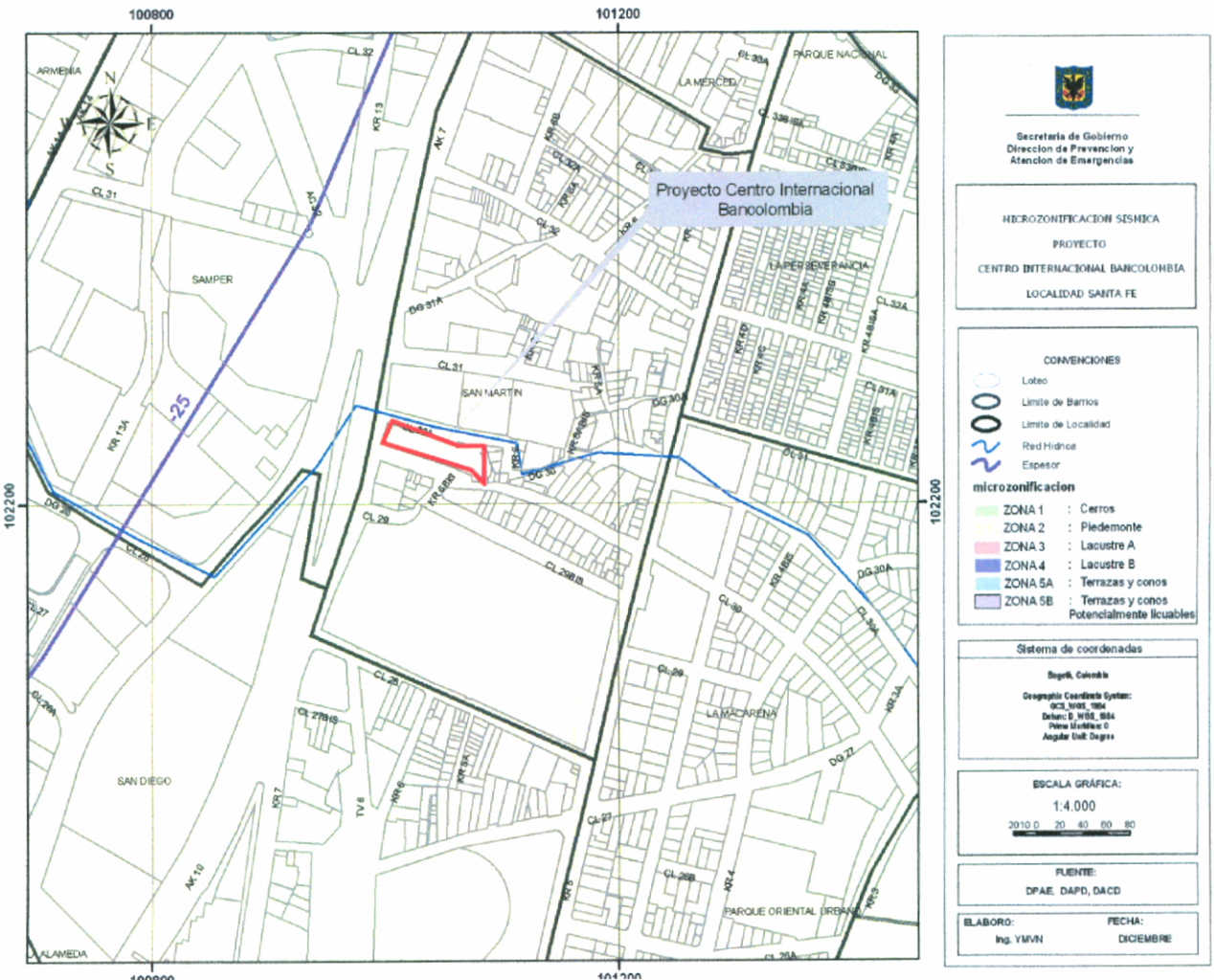


Figura 1. Localización del proyecto Centro Internacional Bancolombia

4 PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (DIC 26/2006)

Con base en la primera revisión la DPAE emitió el concepto técnico No 4565 de Diciembre de 2006 relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, el cual se transcribe a continuación.

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

En el numeral 3 se indica que el sitio del proyecto se ubica "en la transición entre los cerros y la zona plana", y en las conclusiones se señala que para el sitio "corresponderían los espectros especificados para la Zona 2 de la Microzonificación Sísmica de la ciudad". Sin embargo, en ningún aparte del documento se indica con claridad a que zona corresponde de la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con 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 numeral 1, se menciona que el estudio se basa en investigaciones previas del subsuelo realizadas por la empresa Maldonado Ingeniería, las cuales se completaron con una perforación a 50m realizada en el mes de septiembre por la misma firma. En el numeral 3, se describe el perfil estratigráfico de la siguiente manera:

- Los primeros 4m de profundidad están compuestos por arcillas con gravas y bloques de arenisca, con resistencia variable entre 4 golpes/pie y rechazo.
- Entre 4my 7.50m, limo arcilloso blando con resistencia variable entre 3 y 5golpes/pie.
- De 7.50m a 21.50m, arcillas con gravas y arenas. Su resistencia varía entre 24 y 43golpes/pie
- Entre 21.50m y 41.50m, arena con resistencia superior a 60golpes/pie
- Arcillolita de la Formación Bogotá.

A pesar de lo anterior, es necesario que se anexe al documento el registro de exploración del subsuelo de dicha perforación, y se indique con claridad su localización en una figura, así como las coordenadas de localización de la misma.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con 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.

Según el numeral 1, en el sondeo de 50m se desarrolló el ensayo Down-Hole DH1, por parte de la firma AM Ingenieros. Los resultados se indican en el Anexo 2. Sin embargo, el registro presentado indica que el ensayo se llevó solo hasta 38m de profundidad. Es necesario que se aclare esta inconsistencia.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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 a muestras obtenidas a una sola profundidad: 14.75m. A esa muestra se le efectuaron ensayos de velocidad de onda, columna resonante y triaxial cíclico de deformación controlada. Se debe hacer claridad en el documento porque se efectuaron ensayos dinámicos a una sola profundidad, si en el perfil estratigráfico se describen por lo menos 4 capas.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

En el numeral 4 del estudio, se indica que se utilizaron 7 acelerogramas, entre los cuales se encuentran los 3 empleados en el Estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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.

En el numeral 6. Conclusiones, el consultor señala que los resultados presentados se encontraron "mediante el desarrollo de modelos bidimensionales de respuesta dínámica para la propagación de onda y los espectros de peligro uniforme". Es necesario que el consultor anexe toda la información que permita la reproducibilidad de sus resultados, indicando claramente: software utilizado, modelo geométrico, condiciones frontera, modelo geomecánico de comportamiento, funciones de esfuerzos, de generación de presión de poros, componente vertical de la excitación sísmica, posición de los nodos en que se registraron las respuestas de aceleración, etc. De igual manera se deben mencionar las consideraciones para la asignación de las propiedades geomecánicas en cada una de las capas descritas en el perfil estratigráfico, particularmente de degradación del modulo de corte y de amortiguamiento.

Además de lo anterior, se debe tener en cuenta que el consultor debe cumplir con lo exigido en el numeral 6 del artículo 4, y el numeral 2 del artículo 7 del decreto 193 de 2006.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento.

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

Dado que el proyecto no se encuentra en la zona 5B no es necesaria efectuar la evaluación del potencial de licuación.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

4.8 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.

En el numeral 5 del estudio el consultor presenta la Figura 5 con los espectros de respuesta en superficie. Es necesario que el consultor presente con fines de revisión,

la tabla de datos que representa el espectro de diseño recomendado, o bien los coeficiente espectrales correspondientes..

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

5 SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO (Febrero de 2007)

La segunda revisión se realizó con base en el documento aclaratorio AM 006C/07 del 1 de febrero de 2007 radicado ER1395 el 7 de febrero de 2007, de la cual la DPAE emitió el concepto técnico No 4710 de febrero de 2007 que se transcribe a continuación.

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

En el numeral 3.1 se indica que el sitio del proyecto se ubica "en la transición entre los cerros y la zona plana", y en las conclusiones se señala que para el sitio "corresponderían los espectros especificados para la Zona 2 de la Microzonificación Sísmica de la ciudad". Sin embargo, en ningún aparte del documento se indica con claridad a que zona corresponde de la Microzonificación Sísmica de Bogotá D.C. Es necesario que el consultor indique claramente en que zona de la Microzonificación Sísmica de Bogotá se encuentra el sitio del proyecto.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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.

En el numeral 1, se menciona que el estudio se basa en investigaciones previas del subsuelo realizadas por la empresa Maldonado Ingeniería, las cuales se completaron

con una perforación a 50m realizada en el mes de septiembre por la misma firma. En la planta de localización de sondeos y corte estratigráfico se presenta la localización de 7 sondeos y el registro de perforación de 2 (S-5 a 14.9m y S-6 a 17.8m de profundidad)

Se reitera que es necesario que se anexe al documento el registro de exploración del subsuelo de la perforación de 50m, y se indique con claridad su localización en una figura, así como las coordenadas de localización de la misma.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE 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 1, en el sondeo de 50m se desarrolló el ensayo Down-Hole DH1, por parte de la firma AM Ingenieros. Los resultados se indican en el Anexo 2. En el numeral 3.2 y en el documento aclaratorio AM 006C/07 anexo al informe, el consultor indica que el ensayo Down Hole solo alcanzó 38m de profundidad debido a problemas de estabilidad interna de las paredes de la perforación.

El estudio CUMPLE 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.).

En el numeral 3.2.1 del documento aclaratorio AM 006C/07, el consultor indica que dadas las características granulares de los materiales que conforman el subsuelo del sitio del proyecto, fue imposible obtener muestras adecuadas para la realización de ensayos dinámicos de laboratorio, con excepción de la muestra obtenida 14.75m de profundidad.

El estudio CUMPLE 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.

Teniendo en cuenta que el sitio del proyecto se puede encontrar en la Zona 2 de la microzonificación, es necesario que el consultor lleve a cabo análisis bidimensionales,

para lo cual el indica que utilizó el programa QUAD4M. Sin embargo, en la Tabla 1 del numeral 5 del documento aclaratorio AM 006C/07, el consultor indica que para este modelo, las señales de análisis utilizadas corresponden a las empleadas en la microzonificación pero solo para fuente cercana e intermedia.

El estudio NO 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.

En el numeral 5 "Análisis de la respuesta" del documento aclaratorio AM 006C/07, el consultor indica que los datos que permiten la reproducibilidad de los resultados se encuentran en el Anexo 3. Sin embargo, la información correspondiente para reproducir las corridas en QUAD4M es incompleta. Se sugiere incluir los listados completos que permiten la ejecución de los análisis numéricos.

Se reitera que el consultor debe tener en cuenta que debe cumplir con lo exigido en el numeral 6 del artículo 4, y el numeral 2 del artículo 7 del decreto 193 de 2006.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento.

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

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.

En el numeral 6 del documento aclaratorio AM 006C/07, el consultor presenta el espectro de diseño y los coeficientes sísmicos que lo definen. El espectro de diseño no es inferior al mínimo de Zona 2. Sin embargo no existe coherencia entre los coeficientes espectrales definidos y el espectro de diseño presentado en la Figura 6. Es necesario que el consultor aclare este aspecto.

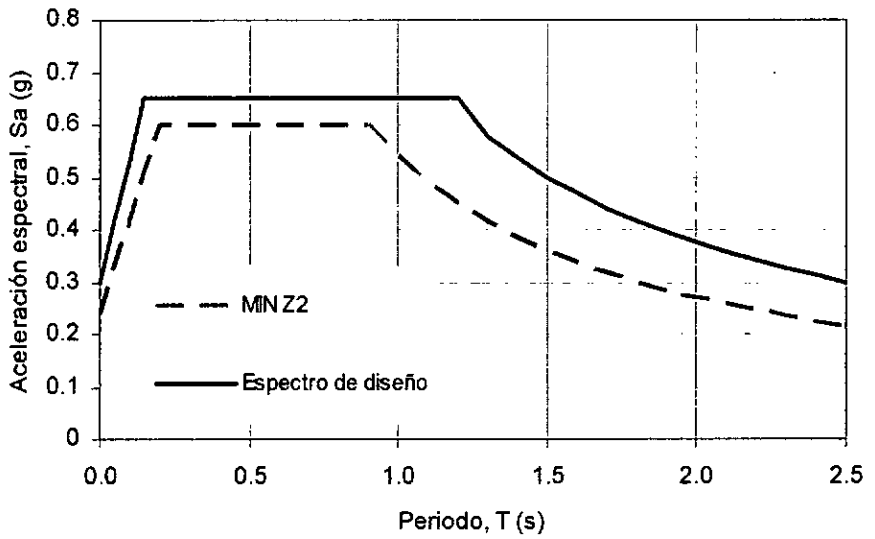


Figura 2. Espectro de diseño del proyecto Centro Internacional Bancolombia

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

6 TERCERA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La tercera revisión se realizó con base en el documento aclaratorio AM-CORR 055/07 del 20 de abril de 2007 radicado ER5240 el 7 de mayo de 2007. A continuación se presentan las observaciones a los requerimientos pertinentes del Decreto 193 de 2006.

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

En el documento aclaratorio AM-CORR 055/07, se indica que el sitio del proyecto se encuentra en la Zona 2 de la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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.

En el Anexo 1 del documento aclaratorio AM-CORR 055/07 se presenta el registro de perforación del sondeo S-7 efectuado en julio 27 de 2006 –y no en septiembre de 2006 como se señaló en documentos anteriores de R Maldonado Ingenieros E.U.-. En el Plano No. 1 del "Estudio de suelos y microzonificación Ampliación Edificio Bancolombia Centro Internacional de Negocios Bogotá D.C" se muestra la localización en planta de la exploración del subsuelo.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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 estudio CUMPLE con este requerimiento desde la segunda revisión.

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.).

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la segunda revisión.

6.5 Utilizar todos los acelerogramas del proyecto de Microzonificación Sísmica de Bogotá, en la obtención del espectro de respuesta en superficie.

En el documento aclaratorio AM-CORR 055/07 se indica que en los análisis desarrollados se utilizaron los registros de los sismos empleados en la Microzonificación Sísmica de Bogotá. Sin embargo, se muestran los resultados desarrollados con el programa SHAKE, de carácter unidimensional.

Teniendo en cuenta que el sitio del proyecto se encuentra en la Zona 2 de la microzonificación y a pesar que en la primera revisión se dio concepto aprobatorio acerca de este aspecto, en la segunda revisión se indicó que era necesario presentar los resultados de los análisis bidimensionales correspondientes a dichos sismos. Por este motivo se insiste en que es necesario que el consultor aclare y demuestre que acelerogramas fueron utilizados en el desarrollo de los análisis bidimensionales.

El estudio NO CUMPLE con este requerimiento.

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.

En revisiones anteriores se solicitó al consultor anexar la información suficiente que permitiera la reproducibilidad de los análisis bidimensionales efectuados en QUAD4M y específicamente se solicitaron los listados o archivos de texto utilizados para ello. Sin embargo, en el documento aclaratorio AM-CORR 055/07 se presentan resultados de análisis llevados a cabo con la aplicación SHAKE. Este software desarrolla análisis de tipo unidimensional que no se ajustan a lo requerido para la Zona 2 de la Microzonificación al respecto de realizar análisis numéricos bidimensionales.

Es necesario que el consultor presente toda la documentación necesaria que sustente y permita la reproducibilidad de los análisis sísmicos bidimensionales como: software utilizado, modelo geométrico, condiciones frontera, modelo geomecánico de comportamiento, funciones de esfuerzos, de generación de presión de poros, componente vertical de la excitación sísmica, posición de los nodos en que se registraron las respuestas de aceleración, etc

El estudio NO 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.

En el Anexo 3 del documento aclaratorio AM-CORR 055/07, se presentan tanto los coeficientes sísmicos como los datos numéricos que configuran el espectro de diseño de manera coherente. En la Figura 3 de este documento se reproduce el espectro de diseño del documento aclaratorio AM-CORR 055/07, en comparación con el espectro mínimo de Zona 2.

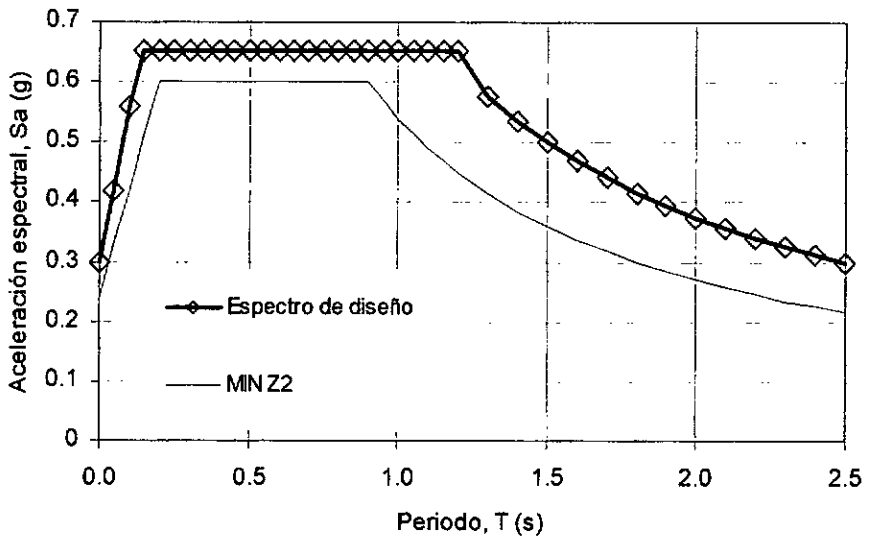


Figura 3. Espectro de diseño del proyecto Centro Internacional Bancolombia presentado en el documento aclaratorio AM-CORR 055/07

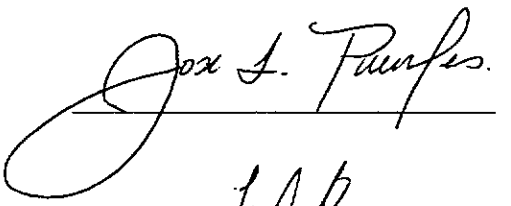
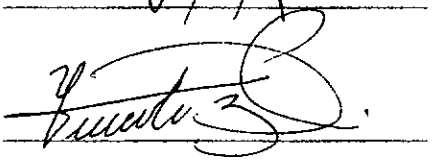
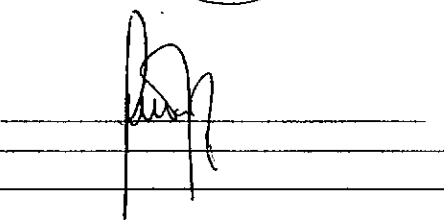
La aprobación de este numeral queda sujeta a la solución por parte del consultor, de las observaciones efectuadas en los puntos anteriores de la tercera revisión.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado de la **tercera** 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 completo** 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 193 de 2006. Precisamos que no se realizarán más revisiones de aclaraciones del estudio, debido a que se presentan inconsistencias entre los documentos aclaratorios.

Elaboró	**ING. JOSÉ L. PUENTES O.** Ingeniero Civil – Sp. Geotecnia M.P. 25202-60915 CND	
Revisó	**JUAN CARLOS PADILLA RODRIGUEZ** Grupo de Estudios Técnicos	
Revisó	**FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA** Grupo de Estudios Técnicos	
Aprobó	**GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ** Subdirector Investigación y Desarrollo	
Vo.Bo.	**DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS** Directora	