CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5001
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Dr. Juan Reinaldo Suárez Medina – Curaduría Urbana No. 1
PROYECTO:	**EDIFICIO CARRERA 14**
LOCALIDAD:	2 Chapinero
UPZ:	97 Chicó Lago
BARRIO:	Chicó Norte
CHIP	AAA0095DOJZ
DIRECCIÓN:	Carrera 14 No. 93-40
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	Espinosa y Restrepo Ltda.
FECHA DE EMISIÓN:	Octubre 12 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, 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.

El presente concepto técnico corresponde a la **primera revisión** realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe *"Estudio de Microzonificación sísmica del edificio a construirse en la Carrera 14 No. 93-40 de Bogotá"* elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, a construirse en la Carrera 14 No. 93-40 de Bogotá. El cual fue radicado el 13 de septiembre de 2007 mediante oficio ER-12235, por el Dr. Juan Reinaldo Suárez Medina de la Curaduría Urbana No.1, como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico consta de un edificio de 5 niveles para oficinas, 2 niveles para parqueaderos y un sótano, en pórticos convencionales de concreto reforzado con luces entre ejes de columnas hasta de 6 m y un área de construcción aproximada de 2580 m^2.

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

108900 N 102975 E

El informe *"Estudio de Microzonificación sísmica del edificio a construirse en la Carrera 14 No. 93-40 de Bogotá"* fue elaborado por el Ing. Carlos Restrepo, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma Espinosa y Restrepo, un ensayo Down Hole realizado por la firma AM Ingenieros y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Universidad de los Andes.

4 REVISIÓN DEL ESTUDIO

La revisión del informe presentado para el proyecto Carrera 14 en Bogotá D.C., se hace a la luz de los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

En el numeral 1 del informe presentado por el consultor, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zonas 3 -Lacustre A-, de acuerdo con el Decreto 193 de 2006, la cual es consistente con la localización presentada en la Figura 1 del presente concepto.

El estudio CUMPLE 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.

De acuerdo con el Numeral 2 y el anexo 1, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el sitio del proyecto la firma Espinosa y Restrepo Ltda., realizó cinco perforaciones, 2 que alcanzaron los 41 y 50 m realizadas mediante un equipo de percusión y lavado, y 3 realizadas con equipo manual con una profundidad de 8 m. De las dos perforaciones profundas se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con ensayos de penetración estándar. En la perforación de 50 m se ejecutó la prueba de Down Hole, por parte de la firma de AM ingenieros, y se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de las perforaciones junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 2.1, 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:

- De 0 a 1.2/1.4 m: Limo orgánico carmelito de consistencia media a firme.
- De 1.2/1.4 a 2.2/3 m: Arcilla habana y/o gris con presencia de óxido, de consistencia media a firme.
- De 2.2/3 a 15/18 m: Limo arcillosos carmelito de consistencia blanda a media.
- De 15/18 a 40 m: Arcilla muy limosa y/o limo gris a carmelito de consistencia firme a blanda.

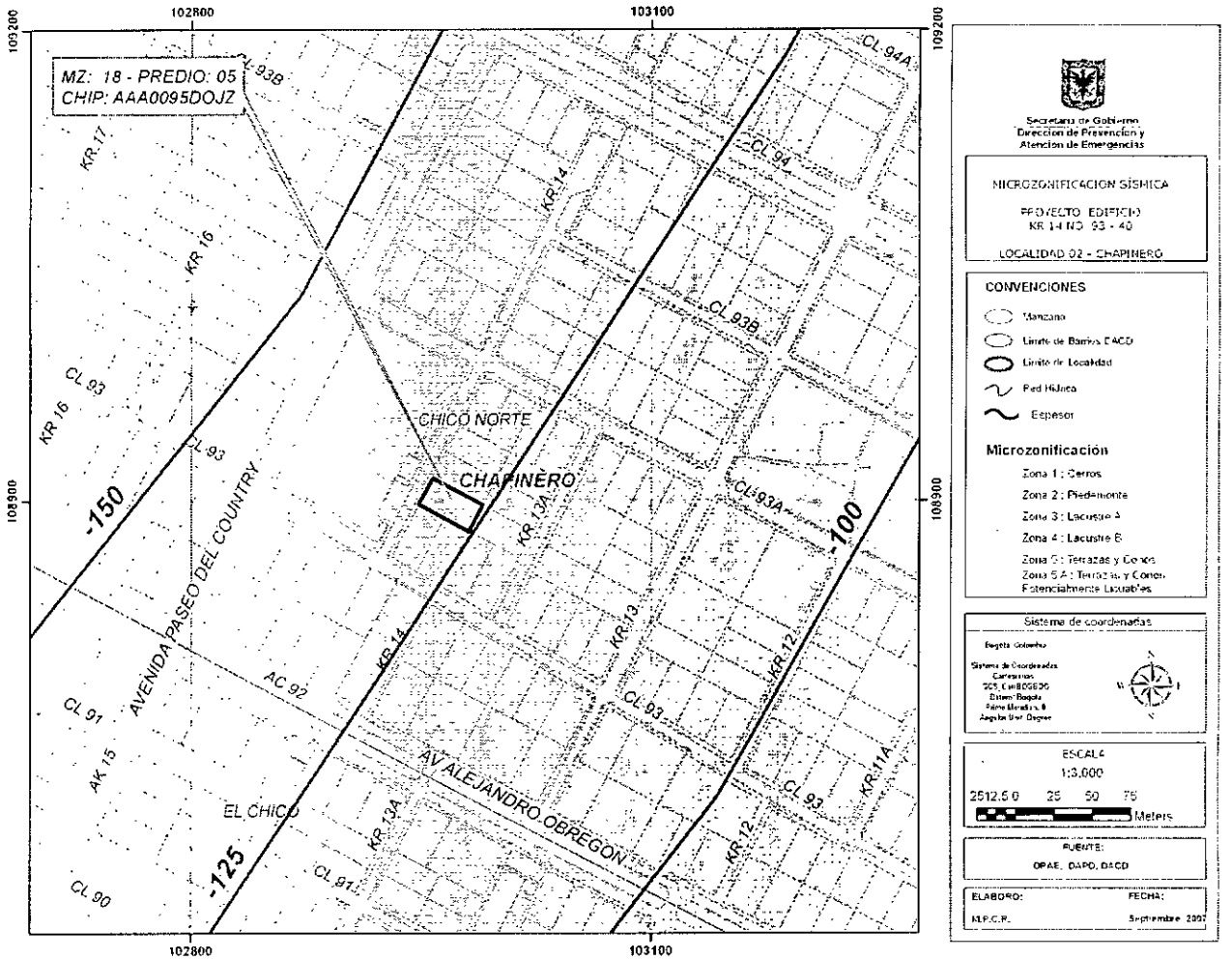

Figura 1. Localización del Proyecto Carrera 14.

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 193.

El concepto técnico relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo se presenta, con referencia a los requerimientos pertinentes del decreto antes mencionado que se listan a continuación.

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

En el numeral 1 del informe presentado por el consultor, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la Zonas 3 -Lacustre A-, de acuerdo con el Decreto 193 de 2006, la cual es consistente con la localización presentada en la Figura 1 del presente concepto.

El estudio CUMPLE 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.

De acuerdo con el Numeral 2 y el anexo 1, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el sitio del proyecto la firma Espinosa y Restrepo Ltda., realizó cinco perforaciones, 2 que alcanzaron los 41 y 50 m realizadas mediante un equipo de percusión y lavado, y 3 realizadas con equipo manual con una profundidad de 8 m. De las dos perforaciones profundas se obtuvieron muestras remoldeadas e inalteradas que se utilizaron para su clasificación visual y realización de ensayos de laboratorio. El resultado de estas perforaciones fue complementado con ensayos de penetración estándar. En la perforación de 50 m se ejecutó la prueba de Down Hole, por parte de la firma de AM ingenieros, y se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de las perforaciones junto con el plano de la localización se presentan anexos al informe.

Según el numeral 2.1, 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:

- De 0 a 1.2/1.4 m: Limo orgánico carmelito de consistencia media a firme.
- De 1.2/1.4 a 2.2/3 m: Arcilla habana y/o gris con presencia de óxido, de consistencia media a firme.
- De 2.2/3 a 15/18 m: Limo arcillosos carmelito de consistencia blanda a media.
- De 15/18 a 40 m: Arcilla muy limosa y/o limo gris a carmelito de consistencia firme a blanda.

- De 40 a 45 m: Arcilla muy limosa y/o limo gris a carmelito de consistencia firme.
- De 45 a 50 m: Limo arenoso gris en algunos sectores orgánico y con lentes de arena densos.

Desde los 50 m hasta los 90 m, donde el consultor indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca (basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá), el perfil geotécnico se complementó extrapolando el último estrato detectado en la exploración de subsuelo.

El estudio CUMPLE 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 2.3, en el sondeo de 50 m se ejecutó un ensayo de Down-Hole realizado por la firma AM Ingenieros. El perfil de Vs desde 50 m hasta 90 m de profundidad se adopta tomando el resultado de Vs del último estrato evaluado que corresponde a 125 m/s. A continuación se resumen los valores determinados a partir de los resultados del ensayo ejecutado en el sitio del proyecto.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-15	100	0,47
15-30	97	0,47
30-40	103	0,47
40-45	106	0,47
45-50	125	0,46

El estudio 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 a muestras obtenidas con tubo Shelby a dos profundidades diferentes: 15 y 25.5 m. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas de triaxiales cíclicos de deformación controlada, columna resonante y de bender element. Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan anexos al informe.

El estudio CUMPLE 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 estudio se utilizaron un total de 14 acelerogramas de los sismos alternativos aprobados por la DPAE, acogiéndose a lo establecido en el numeral 3 del artículo 7 del decreto 193 de 2006.

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 estudio se realizan análisis bidimensionales mediante la utilización del programa Quake (Geo-slope Internacional, 2000), 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. La malla utilizada para los análisis se presenta en la Figura 8, donde se indica el sitio del proyecto y nodo donde se registra la respuesta; mientras que las curvas asignadas a los diferentes estratos se presentan en las Figuras 10 a 21 junto con los criterios empleados para determinar el comportamiento dinámico.

Dentro del modelo bidimensional planteado por el consultor, se efectúa la discretización del medio teniendo en cuenta el criterio de la longitud de onda, planteando un modelo con un ancho de tres veces a profundidad a fin de evitar los efectos de borde.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

Debido a que el sitio del estudio se encuentra en la Zona 3 -Lacustre A- y a que en la exploración del subsuelo no se identificaron superficialmente capas de arenas sueltas, limpias y saturadas, no es necesaria 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.

Con base en los resultados de la modelación el consultor recomienda utilizar como espectro de diseño el mostrado en las Figuras 39 y 40 del informe, el cual se presenta en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.21 g, luego asciende hasta 0.525 g en 0.2 segundos, donde continua con este valor hasta los 3 segundos. Luego desciende de forma inversamente proporcional al periodo elevado a la 2.5.

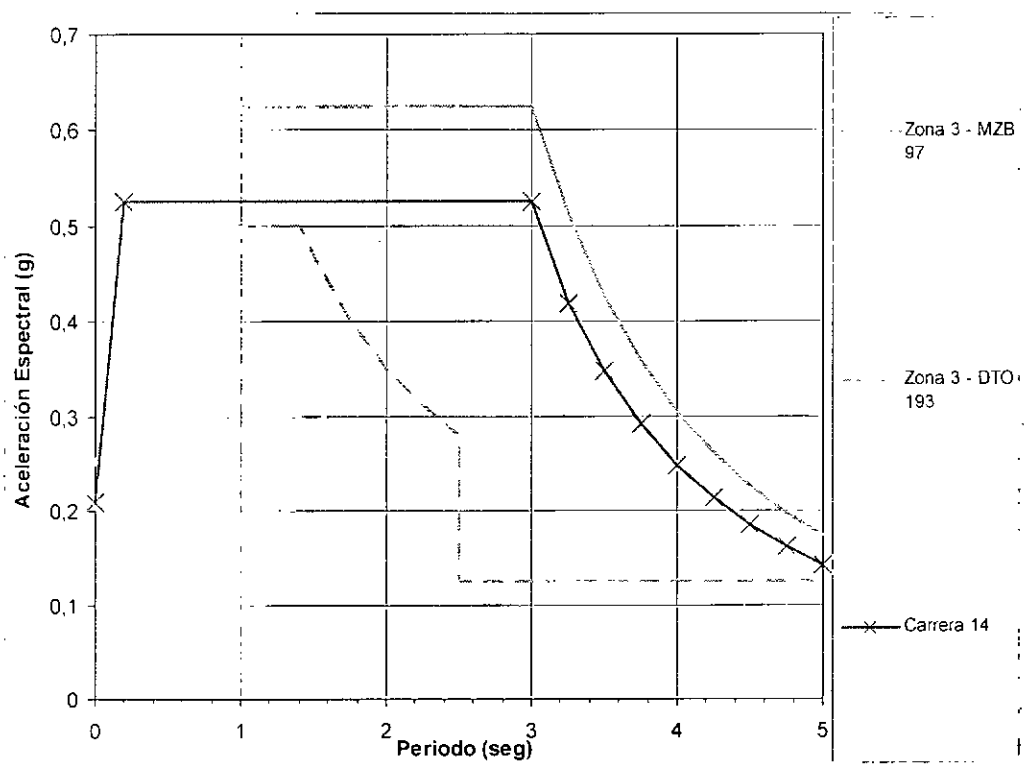

Figura 2. Espectro de diseño recomendado del proyecto Carrera 14

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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 en referencia, cumple con los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006.

Se debe aclarar que, el alcance del concepto técnico es la verificación de los aspectos contemplados en el Decreto 193 de 2006 con fundamento en el informe suministrado y no implica hacer un juicio de valor sobre la validez de los sondeos, ensayos, parámetros adoptados, el empleo de software, los análisis de respuesta, los resultados de los análisis y el espectro de diseño recomendado, por lo que la responsabilidad de los mismos recae en el consultor como lo refrenda con su firma en el informe del estudio, limitándose la revisión a verificar el cumplimiento del Decreto.

Elaboró

CARLOS JAVIER PEDRAZA A.
Ingeniero Civil, MSc. Geotecnia
M.P. 15202098211BYC

Revisó

FERNANDO JAVIER DÍAZ PARRA
Coordinación Estudios Técnicos

Aprobó

GUILLERMO ÁVILA ÁLVAREZ
Subdirector Investigación y Desarrollo

Vo.Bo.

DIANA MARCELA RUBIANO VARGAS
DIRECTORA