ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
Fondo
Prevención y
Atención Emergencias

DIRECCIÓN DE PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE EMERGENCIAS

CONCEPTO TÉCNICO No CT - 5131
Revisión de Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Artículo 7 - Decreto 193 de 2006

1 INFORMACIÓN GENERAL

ENTIDAD SOLICITANTE:	Arq. Adriana López Moncayo - Curaduría Urbana No 3.
PROYECTO:	**EDIFICIO BORA BORA**
LOCALIDAD:	11 Suba.
UPZ:	25 La Floresta
BARRIO:	Potosí
DIRECCIÓN:	Avenida Calle 116 No. 55C-40 Int 1
CHIP:	AAA0125YYCX
TIPO DE RIESGO:	Sísmico
EJECUTOR:	JEOPROBE Ltda.
FECHA DE EMISION:	Febrero 07 de 2008

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 **segunda revisión** realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del informe *"Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Avenida 116 No. 48A-36"* elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, a construirse en el predio ubicado en la Avenida Calle 116 No. 55C-40 Int 1 (Avenida 116 No. 48A-36 dirección antigua) en la ciudad de Bogota D.C. El cual fue radicado el 05 de Diciembre de 2007 mediante oficio ER-16446, por la Arq. Adriana López Moncayo de la Curaduría Urbana No.3, remitido como estudio sísmico local en cumplimiento a lo estipulado en el Decreto 193 de 2006 y del oficio aclaratorio ER235 de Enero 14 de 2008.

3 GENERALIDADES DEL PROYECTO

De acuerdo con el consultor, el proyecto arquitectónico contempla la construcción de cuatro edificios de quince pisos cada uno con dos sótanos.

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

111750 N 101200 E

El informe *"Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Avenida 116 No. 48A-36"* fue elaborado por el Ing. Jorge Alberto Rodríguez, con base en los datos de exploración del subsuelo de la firma AUS y Cía. Ltda., un ensayo Down Hole ejecutado por la firma Ulloa y Diez Ltda. y el apoyo del laboratorio de pruebas y ensayos de la Pontificia Universidad Javeriana.

4. PRIMERA REVISIÓN DEL ESTUDIO (DICIEMBRE DE 2007)

El concepto técnico 5082 de diciembre 18 de 2007 emitido por la DPAE relacionado con el estudio de respuesta local del subsuelo, se transcribe a continuación:

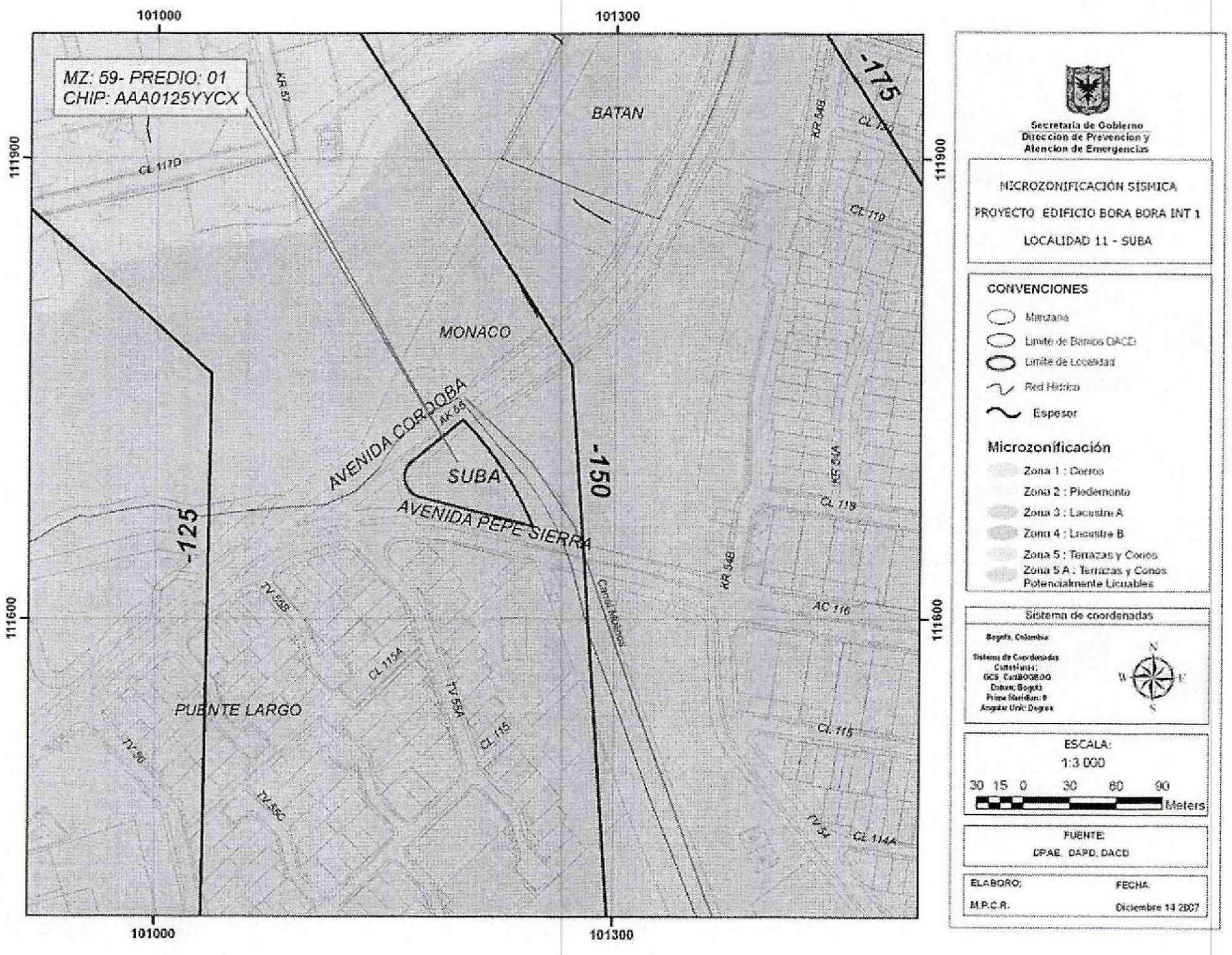


Figura 1. Localización del Proyecto Edificio Bora Bora.

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

En el numeral 1.1 y 3.2, se indica que el sitio del proyecto se encuentra localizado en la franja de transición entre la Zona 3 la Zona 4 de la microzonificación según el decreto 193 de 2006, lo 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 los Numerales 1.3.2 y 3.2, para conocer el perfil y propiedades del subsuelo en el lote del proyecto, la firma AUS y Cía. Ltda. realizó 6 perforaciones que alcanzaron profundidades comprendidas entre 10 y 50 metros, cuyos resultados fueron complementados con ensayos de veleta de campo y de penetración estándar. Adicionalmente en la perforación 3 se ejecutó el ensayo Down Hole. De esta perforación se obtuvieron muestras inalteradas para los ensayos dinámicos de laboratorio. Los registros de las perforaciones y el plano de localización se presentan en el informe.

Según el numeral 3.1 del estudio de suelos, 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 - 2/4 m: Rellenos heterogéneos conformados por escombros, arcillas y capa vegetal.
- De 2/4 a 4/7 m: Arcillas grises con tonos verdosos de consistencia media a dura.
- De 4/7 a 44/48 m: Limos arcillosos café, intercalados con lentes orgánicos y de arena, de consistencia blanda a media.
- De 44/48 m hasta la profundidad de exploración (50 metros): Arcillas café con lentes de arena de consistencia media.

Desde de los 50 m hasta los 60 m de profundidad el consultor extrapola el último estrato detectado en la exploración. A partir de los 60 m y hasta 100 m, donde el consultor basado en el mapa de espesores de sedimentos del estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá, indica que se encuentra el contacto del depósito de suelo con la roca, se asume la presencia de la Formación Subachoque. Esta estratificación se hace de acuerdo con los resultados del estudio de riesgo sísmico para la cuenca del Salitre (HMV, 2003).

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 3.2 en el sitio del proyecto se realizó un ensayo Down Hole, a una profundidad de 50 m, en los anexos se presenta el registro de dicho ensayo realizado por la firma Ulloa y Diez Ltda. En la figura 3.5 se indican los resultados de los ensayos Down Hole ejecutados en el lugar del estudio y en los proyectos de la Avenida 116 con Avenida Suba y Pontevedra, comparados con la correlación propuestas por Rodríguez y Escallón en 2006. El perfil de Vs desde 38 m hasta 100 m de profundidad se adopta aumentando la velocidad en proporción a un exponente de 0.5 de la profundidad, para tener en cuenta el efecto del confinamiento. En la siguiente tabla se resumen los valores del perfil de velocidad de onda, determinado a partir de los resultados de la prueba Down-Hole. Así mismo, se incluyen los valores de la relación de Poisson, obtenidos de los datos de Vs y Vp de campo.

Profundidad (m)	Vs (m/s)	ν
0-5	213	0,39
5-26	145	0,42
26-31	200	0,40
31-43	189	0,40
43-50	215	0,39

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 10, 30 y 50 m, en el sondeo 3. Para cada profundidad se ejecutaron pruebas triaxiales cíclicas de esfuerzo controlado, cuyos resultados se presentan anexos al informe.

De acuerdo con el numeral 1 del artículo 7 del Decreto 193 de 2006, es necesario que el consultor presente la caracterización dinámica de los materiales a bajas deformaciones mediante pruebas de bender element, columna resonante o similar.

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 estudio se utilizaron los tres sismos empleados en el estudio de Microzonificación Sísmica de Bogotá y cinco acelerogramas adicionales tomados de la literatura que representan de forma aproximada las tres fuentes sismogénicas que afectan a la ciudad de Bogotá, 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 unidimensionales mediante la utilización del programa EERA (Bardet et al, 2000), que considera la propagación unidimensional de ondas de corte horizontal 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. Los datos de los análisis se presentan en las Tablas 3.1 y 3.2, mientras que las características de los materiales se indican gráficamente en la Figura 3.9.

Dentro del modelo unidimensional planteado por el consultor, se efectúa un análisis de sensibilidad de la respuesta sísmica local mediante la variación del perfil de velocidades de onda con valores mínimos y máximos típicos. Por otro lado, dentro de los análisis se consideran cuatro (4) diferentes tipos de materiales y 19 estratos de suelo, desde superficie hasta 100 m de profundidad donde el consultor consideró que se localiza en contacto con el basamento rocoso. Sin embargo es necesario que el consultor aclare:

- El criterio que se utilizó para asignar las curvas dinámicas a los diferentes materiales, ya que las curvas obtenidas mediante las pruebas de laboratorio no coinciden con las asignadas al modelo.

El estudio CUMPLE PARCIALMENTE con este requerimiento.

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

Debido a que durante 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 la figura 3.16 de estudio, el cual es presentado en la Figura 2 del presente concepto.

El espectro propuesto inicia con una Sa de 0.25 g, luego asciende hasta 0.6 g en 0.25 segundos, continuando con este valor hasta 1 segundo, donde desciende linealmente hasta 0.5 g en 1.4 segundos, a partir de este punto el espectro toma los valores mínimos para la Zona 3 de la Microzonificación Sísmica de Bogotá.

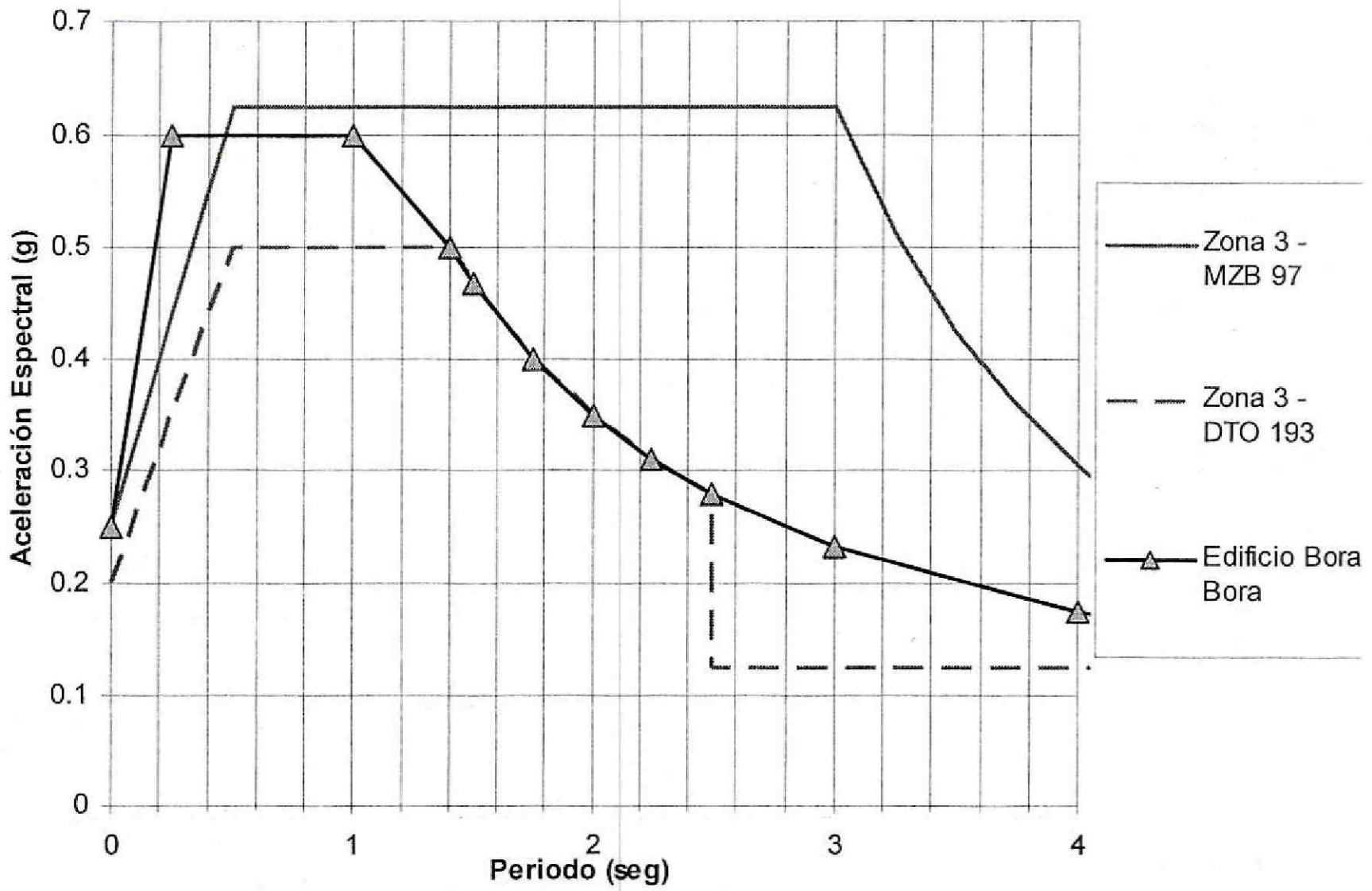


Figura 2. Espectro de diseño recomendado para el proyecto Edificio Bora Bora.

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

5. SEGUNDA REVISIÓN DEL ESTUDIO

La segunda revisión realizada por la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias, del *"Estudio Particular de Respuesta Local de Amplificación de Ondas Sísmicas Avenida 116 No. 48A-36"* que se remite como estudio sísmico local y del oficio aclaratorio ER235 de Enero 14 de 2008, se efectúa siguiendo los requerimientos consignados en el Decreto 193 de 2006 para este tipo de estudios.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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 oficio aclaratorio ER235 de Enero 14 de 2008 el consultor, aclara que no fue posible realizar la caracterización dinámica de los materiales a bajas deformaciones debido a que el equipo se averió, por lo cual se empleó para caracterización dinámica a bajas deformaciones referencias bibliográficas.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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 oficio aclaratorio ER235 de Enero 14 de 2008 el consultor, explica el criterio utilizado para la asignación de las curvas dinámicas a los diferentes materiales del modelo así:

- Las curvas 1, 2 y 3 se obtuvieron a partir de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras obtenidas a 10, 30 y 46 m de profundidad, teniendo en cuenta los datos reportados por Vucetic y Dobry (1991).
- La curva 4 corresponde a la Formación Subachoque, caracterizada por la presencia de materiales granulares y se obtuvo a partir de los datos reportados por Vucetic y Dobry (1991) y Kokoshu (1980).

El estudio CUMPLE con este requerimiento.

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

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

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.

El estudio CUMPLE con este requerimiento desde la primera revisión.

4 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.

GUILLERMO ESCOBAR CASTRO
DIRECTOR